



FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
MİMARLIK PROGRAMI

TÜRKİYE AHŞAP KONUT SEKTÖRÜNDEKİ
FİRMALARA YÖNELİK YALIN İNŞAAT TABANLI
SÜREÇ İYİLEŞTİRME MODELİ

DOKTORA TEZİ

MUHAMMET EMİN ŞİŞMAN

İSTANBUL, 2024



FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
MİMARLIK PROGRAMI

TÜRKİYE AHŞAP KONUT SEKTÖRÜNDEKİ
FİRMALARA YÖNELİK YALIN İNŞAAT TABANLI
SÜREÇ İYİLEŞTİRME MODELİ

DOKTORA TEZİ

MUHAMMET EMİN ŞİŞMAN
(181201003)

Danışman
(Doç. Dr. Burcu Balaban Ökten)

İSTANBUL, 2024

05/11/2024

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Mimarlık Anabilim Dalı Mimarlık Doktora programı öğrencisi 181201003 numaralı Muhammet Emin Şişman'ın hazırladığı “Az katlı Ahşap Konutlarda Yapım Süreçlerinin İyileştirilmesine Yönelik Kalite Yönetim Modeli Önerisi“ konulu Doktora tezi ile ilgili Tez Savunma Sınavı, 05/11/2024 günü saat 14:30’da yapılmış, sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin **Kabulüne Oy Birliği** ile karar verilmiştir.

Tez adı değişikliği yapılması halinde: Tez adının TÜRKİYE AHŞAP KONUT SEKTÖRÜNDEKİ FİRMALARA YÖNELİK YALIN İNŞAAT TABANLI SÜREÇ İYİLEŞTİRME MODELİ şeklinde değiştirilmesi uygundur.

Jüri Üyesi	Karar
1. (Danışman) Doç. Dr. Burcu Balaban Ökten	Kabul
2. Prof. Dr. Selin Gündeş	Kabul
3. Prof. Dr. Özlem Eren	Kabul
4. Dr. Öğr. Üyesi Yaprak Arıcı Üstüner	Kabul
5. Dr. Öğr. Üyesi Hakkı Can Özkan	Kabul
6. (İkinci Danışman)*.....	

*2. Danışman varsa doldurulması gerekmektedir.

ETİK BİLDİRİM

Bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bağlı olduğum üniversite veya bir başka üniversitedeki başka bir çalışma olarak sunulmadığını beyan ederim.

Muhammet Emin Şişman

TÜRKİYE AHŞAP KONUT SEKTÖRÜNDEKİ FİRMALARA YÖNELİK YALIN İNŞAAT TABANLI SÜREÇ İYİLEŞTİRME MODELİ

Muhammet Emin Şişman

ÖZET

İnşaat sektöründe israfların giderilmesi ve üretkenliğin artırılması uzun yıllardır küresel ölçekte bir sorun olarak ele alınmaktadır. İnşaatlardaki verimsizliklerin kaynağı araştırıldığında bir taraftan sektörün sahadaki emek yoğun doğasının, diğer taraftan mesleki becerilerde azalan seviyenin temel faktörler olduğu görülmüştür. Geleneksel inşaatlardaki (şantiye -*onsite*) üretkenlik sorununun giderilmesi için yapılan çalışmalar, ön imalata dayalı ‘saha dışı inşaat’ (*offsite construction*) yöntemlerinin uygulanmasını önemli bir çözüm yolu olarak ortaya koymaktadır. Yapının bölümlerinin şantiye dışında kontrollü koşullarda altında üretildiği saha dışı inşaat (SDİ) yaklaşımı sayesinde; kalite, güvenlik, maliyet, inşaat süreleri, sürdürülebilirlik ve genel olarak üretkenlik bağlamında önemli avantajlar sağlanabilmektedir. Bu faydalarıyla SDİ, ahşap konutların daha verimli inşa edilebilmesi için de literatürde yaygın bir şekilde önerilmekte ve İsveç, ABD, Birleşik Krallık ve Japonya gibi birçok ülkede az katlı ahşap konutların inşasında yüksek seviyelerde kullanılmaktadır.

Araştırmanın odak noktasını oluşturan Türkiye ahşap konut sektöründeki üretkenliğin çoğalması ve ahşap yapıların daha rekabetçi bir hale gelebilmesi için de saha dışı üretim oranlarının ve verimliliğinin artması önem arz etmektedir. Araştırma kapsamında Türkiye’de yüksek düzeyde saha dışı inşaat yöntemleriyle ahşap konut üretimi yapan firmalar tespit edilmiş ve yetkilileriyle ön görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Yapılan görüşmeler sonucunda yüksek oranlarda saha dışı inşaat yöntemleri kullanılmasına rağmen firmaların ahşap konut üretimlerinde süreç israflarının (process waste) meydana geldiği tespit edilmiştir. Bununla beraber

firmalar tarafından yapım süreçlerini analiz etme ve iyileştirme noktasında herhangi bir bilimsel yöntem veya araç kullanılmadığı gözlemlenmiştir. Buradan hareketle, Türkiye’de ahşap konut üretimlerini saha dışı inşaat yöntemleriyle gerçekleştiren firmalar için özelleştirilmiş bir süreç iyileştirme modelinin; bu alandaki verimsizliklerin giderilmesi, üretkenliğin artması ve genel olarak Türkiye ahşap yapı sektörünün gelişmesi noktasında faydalı olacağı düşünülmüştür.

Tez çalışmasının birincil amacı Türkiye ahşap yapı sektöründe üretimlerini saha dışı inşaat yöntemleriyle gerçekleştirmeyi hedefleyen ahşap konut üreticisi firmalara yönelik yalın inşaat tabanlı süreç iyileştirme modeli geliştirmektir. İkincil amacı saha dışı inşaat yöntemleriyle ahşap konut üreten firmaların yapım süreçlerindeki temel verimsizlikleri ve sorunları tespit etmektir. Üçüncü amacı ise Türkiye yapı sektöründe saha dışı inşaat yöntemleriyle ahşap konut üretimi faaliyetlerinin genel durumunu ortaya koyabilmektir.

Araştırma kapsamında öncelikle ahşap konut yapı ve inşaat sistemleri ile dünyada ve Türkiye’de ahşap konut sektörünün durumuyla ilgili literatür incelemesi yapılmıştır. Ardından ahşap konut üretim süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik literatürde yer alan çalışmalar ve modeller incelenmiştir. Bu araştırmalar sonucunda saha dışı yöntemlerle ahşap konut üretimiyle ilgili uluslararası literatürde ve kurumlarda yaygın teorik yaklaşım olarak ‘Yalın İnşaat’ın (lean construction) kullanıldığı görülmüştür. İmalat sektörü temelli bir süreç iyileştirme yaklaşımı olan Yalın inşaatın, Türk ahşap konut firmalarının endüstriyel üretime geçişi için de itici bir etki sağlayacağı düşüncesiyle araştırmanın kavramsal zemininde yer almasına karar verilmiştir. Sonrasında literatür çalışmasından elde edilen bilgiler ışığında Türkiye’de yüksek ön imalat değeriyle ahşap konut üretimi yapan firmalar belirlenmiş ve firmalardan bir kısmıyla ön görüşmeler yapılarak sektördeki mevcut uygulamalar ve sorunlar tespit edilmiştir. Daha sonra ön görüşmelerden elde edilen bulgular ve bu bulguların literatürden elde edilen bilgiler ile karşılaştırılması sonucunda sektördeki firmaların yapım süreçlerini iyileştirmeye yönelik yalın inşaat tabanlı taslak model geliştirilmiştir. Ardından modelin uygulanabilir düzeyde bir olgunluğa ve detaylılığa kavuşabilmesi için firmalarla derinlemesine görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Derinlemesine görüşmelerden elde edilen bulguların değerlendirilmesi sonucunda

Türkiye ahşap konut sektöründeki firmalara yönelik yalın inşaat tabanlı yapım süreçlerini iyileştirme modeli oluşturulmuştur.

Yalın inşaat araçlarının sektördeki firmaların yapısına özgü bir şekilde uyarlanarak bir araya getirilmesiyle oluşturulan model; incelenecek yapım sürecinin seçimi, verilerin toplanması, israfların tespiti, israfların analizi ve iyileştirme önerilerinin belirlenmesi ana aşamalarını içermektedir. Modelde ifade edilen adımlar takip edildiği takdirde, iyileştirilmek istenen süreçlerde oluşan israflar tespit edilip, yalın israf kategorileri altında kök-neden analizi yapılabilmektedir. Bu sayede firmalar israfa yol açan nedenleri tespit edebilmekte ve yapım süreçlerini iyileştirme önerilerini belirleyebilmektedir.

Önerilen modelin yapım süreçlerinin iyileştirilmesi noktasında çözüm üretebileceği vaka çalışması üzerinden ortaya konmaya çalışılmıştır. Modelin uygulandığı çalışma sonucunda; incelenen inşaat faaliyetinin tüm ana ve alt süreçleri tanımlanmış ve meydana gelen süreç israfları nicel olarak belirlenmiştir. İsrafların hangi süreçte, hangi oranda oluştuğu da tespit edilmiştir. Bununla beraber israfların kök nedenleri ve etkileri de ortaya çıkarılmıştır. Böylece yapım süreçlerinde oluşan israfların giderilebilmesi yönünde atılacak adımlar belirlenebilmiştir.

Ahşap konut sektöründeki firmaların basit ve düşük maliyetli çözüm önerilerine ihtiyacı olduğu ortadadır. Geliştirilen modelin yapım süreçlerindeki sorunların tespit edilmesi ve genel olarak süreçlerin iyileştirilmesi için faydalı olacağı düşünülmektedir. Ayrıca yapılan bu çalışmanın alanda yapılacak ileriki çalışmalar için de bir kaynak oluşturması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ahşap Yapım Sistemleri, Ahşap Konut Sektörü, Saha Dışı İnşaat, Yalın İnşaat, Süreç İyileştirme

LEAN CONSTRUCTION BASED PROCESS IMPROVEMENT MODEL FOR COMPANIES IN THE TURKISH TIMBER HOUSING SECTOR

Muhammet Emin Şişman

ABSTRACT

Eliminating process waste and boosting productivity in construction has been a global challenge for years. The sector's labor-intensive nature and a decline in professional skills have been identified as major factors limiting productivity gains. Research shows that adopting offsite construction (OFC) methods, which use prefabrication, offers a promising solution to these challenges. In OFC, parts of the structure are manufactured under controlled conditions offsite, yielding notable benefits in quality, safety, cost, time, sustainability, and productivity. Due to these advantages, OFC is widely recommended for efficient wooden house construction and is prevalent in low-rise housing in countries like Sweden, the USA, the UK, and Japan.

To improve productivity in Turkey's wooden housing sector, it is important to increase the offsite production rates and efficiency in construction. Preliminary interviews with Turkish companies using high levels of OFC for wooden houses revealed persistent process inefficiencies despite their adoption of these methods. However, none of the companies utilized scientific tools or methods to analyze and improve their construction processes. This highlighted a need for a customized process improvement model to enhance productivity, reduce inefficiencies, and foster sector-wide growth.

The primary goal of this thesis is to develop a lean construction-based process improvement model for Turkish wooden house manufacturers employing OFC methods. The secondary goal is to identify common inefficiencies in the construction processes of these companies, and the third is to provide an overview of OFC practices within Turkey's wooden housing sector.

This research included a literature review on wooden housing construction systems and wooden housing sectors in Türkiye and World. Relevant studies and models aimed at improving wooden housing production were examined, revealing that “Lean Construction” is a widely applied approach internationally in this field. So it was decided to include it in the conceptual basis of the research with the idea that it would provide a driving effect for Turkish wooden housing companies as a process improvement approach. Following the literature review, preliminary interviews with Turkish companies helped identify current practices and challenges in the sector. Based on these findings and literature insights, a draft lean construction model was developed, which was then refined through in-depth interviews to ensure practical applicability.

The study identified several forms of waste in construction processes, including faulty designs, manufacturing errors, rework, delays, extra processing, and unnecessary transportation, leading to wasted labor, time, and money. Despite these losses, companies lacked scientific tools for detailed waste analysis at each construction stage, leaving many issues and root causes undiagnosed.

To address this, a lean construction-based process improvement model was proposed to identify, analyze, and minimize waste in construction processes. Tailored to the sector’s needs, the model outlines steps for selecting the process to examine, gathering data, identifying and analyzing waste, and recommending improvements. Following these steps allows companies to pinpoint the root causes of waste and develop targeted process improvements. A case study demonstrated the model’s effectiveness by quantitatively identifying waste across all main and sub-processes, revealing their root causes, and outlining actionable steps for waste reduction.

The Turkish timber housing sector requires simple, cost-effective solutions, and this model provides a valuable framework for identifying and improving process inefficiencies. Additionally, this study aims to serve as a resource for future research in this field.

Keywords: Timber Construction Systems, Timber Housing Sector, Offsite Construction, Lean Construction, Process Improvement

ÖN SÖZ

Ahşap yapılara yönelik uzun yıllara dayanan eğitim hayatım ve sektördeki tecrübelerim göstermiştir ki Türkiye ahşap yapı sektörünün daha çağdaş ve verimli üretim anlayışına ihtiyacı vardır. Bu minvalde hazırladığım doktora tezi, Türkiye ahşap konut sektöründe faaliyet gösteren firmaların yapım süreçlerinin incelenmesi ve iyileştirilmesine odaklanmaktadır.

Bu çalışmanın yapılmasında bana destek veren ve yol gösteren birçok kişiye teşekkür etmek isterim. Öncelikle tez danışmanım Doç. Dr. Burcu Balaban Ökten'e akademik rehberliği ve değerli tavsiyeleri için en içten şükranlarımı arz ederim. Tez izleme jüri üyesi hocalarım Prof. Dr. Selin Gündeş ve Dr. Öğr. Üyesi Yaprak Arıcı Üstüner'e değerli görüş ve katkıları için teşekkürlerimi sunarım. Bununla beraber başta dekanımız Prof. Dr. İbrahim Numan olmak üzere bu süreçte desteklerini esirgemeyen fakülteadaki tüm çalışma arkadaşlarıma da minnettarlığımı bildirmek isterim. Ayrıca sektörle ilgili bilgi ve tecrübelerinden istifade ettiğim eniştem Celaleddin Akça'ya ve akademik çalışmalarımı geliştirmemde her zaman yanımda olan ablam Zeynep Şişman Mercan'a hususi olarak teşekkür ederim.

Ve son olarak hayatım boyunca karşılaştığım zorlukları aşmamda her zaman yardımcı olan aileme; Anneme, Babama, Kardeşlerime ve Eşime bana olan inançları, destekleri ve sabırları için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Kasım, 2024

Muhammet Emin Şişman

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iv
ABSTRACT	vii
ÖN SÖZ.....	ix
SEMBOLLER	xiii
TABLO LİSTESİ	xiv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvi
KISALTMALAR.....	xix
GİRİŞ	1
BİRİNCİ BÖLÜM.....	7
1. AHŞAP KONUT ÜRETİMİ LİTERATÜRÜ	7
1.1. AHŞAP KONUT YAPI SİSTEMLERİ	7
1.1.1. Geleneksel Ahşap Yapı Sistemleri.....	7
1.1.1.1. Ahşap Yığma Sistem	8
1.1.1.2. Geleneksel Ahşap İskelet Sistemler	9
1.1.2. Endüstriyel Ahşap Yapı Sistemleri	12
1.1.2.1. Endüstriyel Ahşap Yapı Ürünleri.....	12
1.1.2.2. Hafif Ahşap Çerçeve Sistemler	14
1.1.2.2.1. Balon Çerçeve Sistem.....	15
1.1.2.2.2. Platform Çerçeve Sistem	16
1.1.2.3. Kolon-Kiriş Sistemler	19
1.1.2.4. Ahşap Panel Sistemler	20
1.1.2.5. Hacimsel Sistemler	22
1.1.2.6. Karma Sistemler.....	23
1.2. AHŞAP KONUT İNŞAAT YÖNTEMLERİ	25
1.2.1. Geleneksel İnşaat Yöntemleri.....	25
1.2.2. Saha Dışı İnşaat Yöntemleri	26
1.2.2.1. Saha Dışı İnşaatın Faydaları.....	32
1.2.3. Modern İnşaat Yöntemleri.....	33
1.2.3.1. MİY Kategorileri.....	34
1.2.3.2. Ön İmalat Değeri.....	36
1.3. DÜNYADA AHŞAP KONUT SEKTÖRÜ	38
1.3.1. Ahşap Yapı Teşvik Politikaları ve Etkileri.....	39
1.3.1.1. Türkiye’de Ahşap Yapı Teşvik Politikaları.....	44
1.4. TÜRKİYE AHŞAP KONUT SEKTÖRÜ	47
1.4.1. Ahşap Konut Üreticisi Firmalar, İnşaat Uygulamaları ve Sınıflandırılması.....	53
İKİNCİ BÖLÜM	60
2. YALIN İNŞAAT.....	60
2.1. ARAŞTIRMANIN KAVRAMSAL ARKAPLANINDA YALIN İNŞAAT YAKLAŞIMININ TERCİH EDİLMESİNİN NEDENLERİ	60
2.2. YALIN ÜRETİM DÜŞÜNCESİ.....	62

2.3. YALIN ÜRETİM İLKELERİ	63
2.3.1. Değerin Belirlenmesi	63
2.3.2. Değer Akışının Tanımlanması	64
2.3.3. Akışın Oluşturulması.....	64
2.3.4. Çekme	64
2.3.5. Mükemmellik	65
2.4. YALIN İNŞAAT YAKLAŞIMI.....	65
2.4.1. Yalın İnşaatın Tanımı ve Bileşenleri.....	66
2.4.2. Yalın İnşaat ile Yalın Üretimin Farkları	69
2.4.3. Yalın İnşaatta İsraf Kavramı	69
2.5. YALIN İNŞAAT ARAÇLARI.....	71
2.5.1. Eşzamanlı Mühendislik	73
2.5.2. Günlük Geniş Katılımlı Toplantılar.....	74
2.5.3. İlk Çalıştırma İncelemeleri	74
2.5.4. İnşaat Endüstrisinde Plan Koşulları ve Çalışma Çevresi (PCMAT). ..	75
2.5.5. Görsel Yönetim	75
2.5.6. A3 Raporlama	75
2.5.7. Tam Zamanında.....	75
2.5.8. 5S	76
2.5.9. Poka-Yoke	77
2.5.10. Kaizen (Sürekli İyileştirme).....	77
2.5.11. İş Standartlaştırma	77
2.5.12. Son Planlayıcı Sistem (LPS).....	78
2.5.13. Beş Neden	79
2.5.14. Balık Kılçığı Diyagramı.....	80
2.5.15. İş Yapılandırma	81
2.5.15.1. İş Kırılım Yapısı	82
2.5.16. Değer Akış Haritalama.....	83
2.5.16.1. Değer Akış Haritalama Sembolleri.....	84
2.5.16.2. Değer Akış Haritalama Adımları	86
2.5.16.2.1. DAH'da Veri Toplama ve Değer Akışı Seçimi	87
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM	89
3. SEKTÖRDEKİ AHŞAP KONUT FİRMALARIYLA GÖRÜŞMELER.....	89
3.1. ÖN GÖRÜŞMELER	89
3.1.1. Ön Görüşmelerin Yapısı	89
3.1.1.1. Örneklem Seçimi	89
3.1.1.2. Ön Görüşmelerin Tasarımı	90
3.1.2. Ön Görüşme Bulguları	92
3.1.2.1. A Firması Görüşme Bulguları.....	92
3.1.2.2. B Firması Görüşme Bulguları.....	94
3.1.2.3. C Firması Görüşme Bulguları.....	96
3.1.2.4. D Firması Görüşme Bulguları.....	98
3.1.3. Ön Görüşme Bulgularının Değerlendirilmesi.....	99
3.1.3.1. Ön Görüşme Bulgularının Modele etkileri	103
3.1.4. Ön Görüşme Bulguları Sonrasında Geliştirilen Taslak Model	108
3.2. DERİNLEMESİNE GÖRÜŞMELER.....	111
3.2.1. Derinlemesine Görüşmelerin Yapısı	111

3.2.1.1. Örneklem Seçimi	112
3.2.1.2. Görüşmelerin Tasarımı	112
3.2.2. Derinlemesine Görüşme Bulguları	114
3.2.2.1. A Firması Derinlemesine Görüşme Bulguları	114
3.2.2.2. B Firması Derinlemesine Görüşme Bulguları	116
3.2.2.3. C Firması Derinlemesine Görüşme Bulguları	117
3.2.3. Derinlemesine Görüşme Bulgularının Değerlendirilmesi	119
3.2.3.1. Derinlemesine Görüşme Bulgularının Modele Etkileri	121
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM	126
4. TÜRKİYE AHŞAP KONUT SEKTÖRÜNDEKİ FİRMALARA YÖNELİK	
YALIN İNŞAAT TABANLI SÜREÇ İYİLEŞTİRME MODELİ	126
4.1. MODELİN AŞAMALARI	126
4.1.1. İncelencek Sürecin Belirlenmesi	128
4.1.2. Verilerin Toplanması	128
4.1.3. İKY'nın ve İş Akış Planının Oluşturulması	128
4.1.4. Haritalama Düzeyinin Belirlenmesi	130
4.1.5. DAH Ölçüm Kriterlerinin Belirlenmesi	131
4.1.6. Gözlem ve Raporlama	132
4.1.7. Mevcut Durum DAH'larının Oluşturulması	134
4.1.8. Mevcut Durum DAH Analizi	135
4.1.9. İsrafların Kök-Neden Analizi	135
4.1.10. Süreç İyileştirme Önerilerinin Oluşturulması	138
4.2. MODELİN YALIN İNŞAAT İLKELERİYLE İLİŞKİSİ	140
4.3. MODELİN ÖZGÜNLÜĞÜ	141
BEŞİNCİ BÖLÜM	143
5. VAKA ÇALIŞMASI: MODELİN UYGULANMASI	143
5.1. VAKA ÇALIŞMASININ AŞAMALARI	143
5.1.1. İncelencek Sürecin Belirlenmesi	143
5.1.2. Verilerin Toplanması	144
5.1.2.1. CVZ101 Evi	144
5.1.3. İKY'nın ve İş Akış Planının Oluşturulması	148
5.1.4. Haritalama Düzeyine Karar Verilmesi	152
5.1.5. DAH Parametrelerinin Belirlenmesi	152
5.1.6. Gözlem ve Raporlama	153
5.1.7. Mevcut Durum DAH'nın Oluşturulması	155
5.1.8. Mevcut Durum DAH'nın Analizi	159
5.1.9. İsrafların Kök Neden Analizlerinin Yapılması	160
5.1.10. Süreç İyileştirme Önerilerinin Belirlenmesi	167
5.2. VAKA ÇALIŞMASININ DEĞERLENDİRİLMESİ	169
SONUÇ VE ÖNERİLER	172
KAYNAKÇA	180
EKLER	197

SEMBOLLER

<i>i</i>	: İşçi sayısı
<i>a</i>	: Alt süreçler / aktiviteler
<i>Hs</i>	: Hedeflenen işlem süresi
<i>Gs</i>	: Gerçekleşen işlem süresi



TABLO LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 1.1: Araştırmanın Aşamaları	6
Tablo 1.2: Kütük yığma sistemden platform çerçeve sisteme malzeme verimliliği .	17
Tablo 1.3: Literatürde saha dışı inşaatın sınıflandırılması	27
Tablo 1.4: SDİ Kategorileri ve içerikleri	28
Tablo 1.5: Saha dışı inşaatın faydaları	32
Tablo 1.6: MİY’nde kullanılan yapısal sistemler ve bileşenleri	36
Tablo 1.7: Dünyada ahşap teşvik politikaları.....	40
Tablo 1.8: Altı ülkede ahşap teşvik politikaları ve ahşap konut oranları	43
Tablo 1.9: 1990-2019 yılları arası ahşap yapı oranları	48
Tablo 1.10: Türkiye ahşap yapı sektörünün durumuyla ilgili akademik çalışmalar .	48
Tablo 1.11: 2002’li yılların başlarında ahşap konut üretiminde yaşanan sorunlar ..	51
Tablo 1.12: 2002’li yılların başlarında ahşap konut üretiminde yaşanan talep eksikliğinin nedenleri	52
Tablo 1.13: 2019 yılında ahşap konut üretiminde yaşanan sorunlar	52
Tablo 1.14: Türkiye ahşap konut sektöründe faaliyet gösteren firmalar	54
Tablo 1.15: Ahşap yapım sistemine göre firma sayıları ve oranları	55
Tablo 1.16: Yalnızca tekil yapı bileşenlerinin saha dışında üretildiği firmalar	57
Tablo 1.17: 2 boyutlu yapı bileşenlerinin de saha dışında üretildiği firmalar	58
Tablo 2.1: Saha dışı yöntemlerle ahşap konut inşaatı sektöründe yalın inşaat yaklaşımının yer aldığı akademik çalışmalar	61
Tablo 2.2: Yalın inşaat tanımlarından örnekler	67
Tablo 2.3: Yalın israf kategorileri ve tanımları	71
Tablo 2.4: Yaygın yalın inşaat araçları	72
Tablo 2.5: Yalın inşaat araçları ve amaçları	73
Tablo 2.6: Değer akış haritalama sembolleri	85
Tablo 3.1: Ön Görüşme Formu	91

Tablo 3.2: Görüşme bulguları özeti.....	100
Tablo 3.3: Ön görüşme bulguları değerlendirme özeti	102
Tablo 3.4: Ön görüşme bulguları ve modele etkileri	107
Tablo 3.5: Derinlemesine görüşme formu.....	113
Tablo 3.6: Derinlemesine görüşme bulguları değerlendirme özeti	121
Tablo 3.7: Derinlemesine görüşme bulgularının modele etkileri.....	124
Tablo 4.1: Mevcut durum DAH parametreleri.....	132
Tablo 4.2: Ahşap konut yapım süreçlerinde oluşabilecek süreç israfları	136
Tablo 4.3: Ahşap konut yapım süreçlerindeki süreç israflarının olası kök nedenleri ve yalın iyileştirme yöntemleri	139
Tablo 5.1: A firması çalışan sayıları	144
Tablo 5.2: CVZ101 evi şartnamesinde yer alan kalite gereksinimleri.....	146
Tablo 5.3: Duvar paneli üretim istasyonundaki iş gücü ve metrekare üretim süresi	150
Tablo 5.4: Ana süreç düzeyi mevcut durum DAH parametreleri	153
Tablo 5.5: CVZ101 evi ana ve alt süreçlerdeki israf oranları	160
Tablo 5.6: CVZ101 evi üretimindeki israfların kök neden analizi	161
Tablo 5.7: Detay tasarımı sürecinde DKMF ve kök-neden ilişkisi.....	162
Tablo 5.8: İmalat sürecinde DKMF ve kök-neden ilişkisi	163
Tablo 5.9: Nakliye sürecinde DKMF ve kök-neden ilişkisi.....	164
Tablo 5.10: Montaj sürecinde DKMF ve kök-neden ilişkisi.....	165
Tablo 5.11: CVZ101 evinin üretiminde israfa yol açan kök-nedenlerin oransal dağılımı	166
Tablo 5.12: CVZ101 evinin üretiminde israfa yol açan kök-nedenlerin kendi aralarındaki oransal dağılımı.....	166
Tablo 5.13: DKMF sürelerinin yalın israf kategorilerine göre dağılımı	167

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1: Tezin araştırma yöntemi	5
Şekil 1.2: Yığma ahşap ev sistemi	8
Şekil 1.3: Ahşap yığma sistem birleşim detayı örnekleri	8
Şekil 1.4: Yığma sistem için endüstriyel ahşap yapı elemanları	9
Şekil 1.5: Endüstriyel ahşap yığma sistem konut örneği	9
Şekil 1.6: Geleneksel ahşap iskelet sistem duvar strüktürü	10
Şekil 1.7: Türkiye'deki geleneksel ahşap karkas yapılarda duvar oluşumu	10
Şekil 1.8: Sırasıyla İngiltere, Almanya ve Amerika'dan half-timbering ahşap karkas sistem örnekleri	11
Şekil 1.9: Bağdadi sıva örneği	11
Şekil 1.10: Endüstriyel ahşap yapı ürünleri	13
Şekil 1.11: Balon karkas sistemde yer alan elemanlar	15
Şekil 1.12: Platform çerçeve sistem strüktürü, Platform çerçeve sistem elemanları	17
Şekil 1.13: Platform karkas sistem örneği	18
Şekil 1.14: Endüstriyel kolon-kiriş ahşap yapı sistemi	19
Şekil 1.15: GLULAM kolon ve kirişler ile CLT döşemelerin kullanıldığı kolon-kiriş ahşap yapı örneği	20
Şekil 1.16: Ahşap panel sistem	21
Şekil 1.17: a) CLT panel sistem; b) CLT panel sistem yapı örneği	22
Şekil 1.18: Hacimsel ahşap birimlerin dış membranlar ve pencerelerle işlendiğinin görüldüğü fabrika ortamı	23
Şekil 1.19: Karma sistemler; a) çelik-ahşap b) betonarme-ahşap c) ahşap-betonarme	24
Şekil 1.20: Betonarme-ahşap karma sistem örneği.....	24
Şekil 1.21: a) açık panel; b) kapalı panel	29
Şekil 1.22: Ön üretimli banyo ünitesi	30

Şekil 1.23: Modüler ahşap yapı örneği	31
Şekil 1.24: Bütün binanın saha dışında üretildiği bir yapı.....	31
Şekil 1.25: Modern inşaat yöntemleri – Saha Dışı İnşaat ilişkisi	33
Şekil 1.26: Modern İnşaat Yöntemleri kategorileri	34
Şekil 1.27: ÖİD hesaplama formülü	37
Şekil 1.28: Ön imalat değeri ile saha dışında üretilen yapı birimi ilişkisi	38
Şekil 1.29: 2002 yılı üretim sistemleri dağılım değerleri	49
Şekil 1.30: 2003 yılı üretim sistemleri dağılım değerleri	49
Şekil 1.31: 2003 yılı ahşap yapı üretim teknikleri oranları	50
Şekil 1.32: Geleneksel inşaat ÖİD ve “israf” seviyesi.....	56
Şekil 1.33: ÖİD oranı ile MİY kategorileri ve ön yapımı gereken yapı elemanları ilişkisi	57
Şekil 1.34: ÖİD oranına göre firmaların dağılım oranı	59
Şekil 2.1: Yalın inşaat yaklaşımının Türk ahşap konut firmalarına etkisi.....	62
Şekil 2.2: Yalın düşüncenin 5 temel ilkesi	63
Şekil 2.3: Yalın inşaatın ortaya çıkış süreci.....	66
Şekil 2.4: İnşaat israfı türleri	70
Şekil 2.5: Beş Neden tekniği	80
Şekil 2.6: Balık kılçığı diyagramı	80
Şekil 2.7: İş kırılım yapısı örneği	82
Şekil 2.8: Değer akış haritalama bölümleri	86
Şekil 3.1: Abdul-Rahman vd. (2012)’nin israf yönetimi için oluşturduğu yalın inşaat araçları çerçevesi.....	104
Şekil 3.2: Modelin süreç iyileştirme döngüsü	105
Şekil 3.3: Ön görüşme bulguları sonrasında ahşap konutların yapım süreçlerini iyileştirme modeli ana yapısı	108
Şekil 3.4: Yapım süreçlerini iyileştirme modeli ‘geliştirilmiş’ ana döngüsü	110
Şekil 3.5: Ön görüşme bulguları sonrasında ahşap konutların yapım süreçlerini iyileştirme modeli taslağı	110
Şekil 4.1: Türkiye ahşap konut sektöründeki firmalara yönelik yalın inşaat tabanlı süreç iyileştirme modeli	127
Şekil 4.2: İş kırılım yapısı seviyeleri	129

Şekil 4.3: Aşama bazlı iş kırılım yapısı örneği.....	130
Şekil 4.4: İş akış planı Gannt çizelgesi.....	130
Şekil 4.5: Gözlem ve raporlama aşamasında verilerin toplanma yöntemi	132
Şekil 4.6: A3 israf tespit çizelgesi	133
Şekil 4.7: Ahşap konut inşaatı için ana süreçler düzeyinde mevcut durum değer akış haritalama örneği.....	134
Şekil 4.8: Kök-Neden Analizi Çizelgesi.....	137
Şekil 4.9: Ahşap konut yapım süreçlerindeki israfların olası kök nedenleri doğrultusunda yalın yöntemler ile iyileştirilmesi.....	139
Şekil 5.1: Üstte konsept ev görseli, altta revize edilmiş CVZ101 evi görseli	145
Şekil 5.2: CVZ101 evinin kat planları.....	145
Şekil 5.3: CVZ101 evi yarı açık duvar paneli yapısı.....	147
Şekil 5.4: CVZ101 evi dış duvar detayı.....	147
Şekil 5.5: CVZ101 evinin üretimindeki İKY seviyeleri.....	148
Şekil 5.6: CVZ101 evinin iş kırılım yapısı.....	149
Şekil 5.7: CVZ101 evinin üretiminde hedeflenen iş akış planı	151
Şekil 5.8: CVZ101 evi gerçekleşen iş akışı.....	154
Şekil 5.9: CVZ101 evinin ana üretim süreçleri düzeyinde mevcut durum değer akış haritası	155
Şekil 5.10: CVZ101 evi detay tasarımı süreci mevcut durum değer akış haritası...	156
Şekil 5.11: CVZ101 evi imalat süreci mevcut durum değer akış haritası	157
Şekil 5.12: CVZ101 evi nakliye süreci mevcut durum değer akış haritası	157
Şekil 5.13: CVZ101 evi montaj süreci mevcut durum değer akış haritası	158
Şekil 5.14: CVZ101 evinin yapım süreçlerindeki israflar, kök nedenler ve yalın iyileştirme yöntemleri ilişkisi.....	168

KISALTMALAR

a.e.	Aynı eser/yer
a.g.e.	Adı geçen eser
a.y.	Yazara ait son zikredilen yer
b.a.	Eserin bütününe atıf
bkz.	Bakınız
bkz.: aş.	Eserin kendi içinde aşağıya atıf
bkz.:yuk.	Eserin kendi içinde yukarıya atıf
C.	Cilt
çev.	Çeviren
ed. veya haz.	Editör/yayına hazırlayan
k.g.	Karşı görüş
karş.	Karşılaştırınız
s.	Sayfa/sayfalar
t.y.	Basım tarihi yok
vd.	Çok yazarlı eserlerde ilk yazardan sonrakiler
y.y.	Basım

GİRİŞ

Bu bölümde ilk olarak doktora çalışmasının problem tanımı yapılacaktır. Ardından araştırmanın amacı ve kapsamı açıklanacaktır. Sonrasında araştırmada kullanılan yöntem aktarılacaktır. Son olarak doktora tezinin organizasyonu anlatılacaktır.

PROBLEMİN TANIMI

Geçtiğimiz on yıllar boyunca birçok ülkede inşaat sektörü düşük performans ve azalan üretkenlik düzeyiyle karşı karşıya kalmıştır (Nadim & Goulding, 2010). Birleşik Krallık'ta yapılan çalışmalar inşaatların % 30 oranında yeniden yapım, % 40-60 arasında işçilik verimi ve en az % 10 oranında malzeme israfı ile gerçekleştirildiğini göstermektedir (Love vd., 2003). Yalın İnşaat Enstitüsü (2004) ise inşaatlarda zaman israfı oranını yaklaşık % 57 olarak belirtmektedir. İnşaatlardaki verimsizliklerin kaynağı araştırıldığında bir taraftan sektörün sahadaki emek yoğun doğasının, diğer taraftan mesleki becerilerde azalan seviyenin temel faktörler olduğu görülmüştür (Doloi, 2007; Abdel-Wahab & Vogl, 2011). Geleneksel inşaatlardaki (şantiye -*onsite*) üretkenlik sorununun giderilmesi için yapılan çalışmalar, ön imalata dayalı 'saha dışı inşaat' (*offsite construction*) yöntemlerinin uygulanmasını önemli bir çözüm yolu olarak ortaya koymaktadır (Alazzaz & Whyte, 2012).

'Saha dışı inşaat' (SDİ) genel olarak yapının bölümlerinin şantiye dışında üretilip sahada birleştirilmesi ana düşüncesine dayanan bir yaklaşımdır. Kontrollü koşullarda endüstriyel üretimin yapıldığı saha dışı inşaat yaklaşımında kalite, güvenlik, maliyet, inşa süreleri, sürdürülebilirlik ve genel olarak üretkenlik bağlamında önemli avantajlar sağlanabilmektedir (Mossman & Sarhan, 2021; Miles & Whitehouse, 2013; RIBA, 2016; House of Lords, 2018).

Belirtilen faydalarıyla SDİ, ahşap konutların da daha verimli inşa edilebilmesi için literatürde yaygın bir şekilde önerilmektedir (Mossman & Sarhan, 2021; Höök & Stehn, 2008a; Pasquire & Connolly, 2002). Araştırmalar saha dışı inşaat yöntemlerinin kullanılması sayesinde ahşap konut inşaatlarında toplam kalitenin artması,

malîyetlerin azalması, yapım sürelerinin kısalması ve güvenliğin daha iyi sağlanması gibi birçok iyileştirmenin mümkün hale geldiğini ortaya koymaktadır (Mossman & Sarhan, 2021; Miles & Whitehouse, 2013). SDİ'nin sağladığı bu avantajlar göz önünde bulundurularak İsveç, Finlandiya, ABD, Birleşik Krallık ve Japonya gibi birçok ülkede az katlı ahşap konutlar yüksek oranlarda saha dışı inşaat yöntemleriyle inşa edilmektedir (Jang vd., 2021; POST, 2003; Lovell, 2012). Ayrıca Birleşik Krallık'ta (UK) hükümet tarafından konutların en az % 55 “ön imalat değeri” (ÖİD) ile inşa edilmesi talep edilmektedir (Cast Consultancy, 2021).

Türkiye ahşap konut sektöründeki üretkenliğin artması ve rekabetçi bir hale gelebilmesi için de saha dışı üretim oranlarının ve verimliliğinin artması önem arz etmektedir. Araştırma kapsamında Türkiye’de yüksek ön imalat değeri (ÖİD) ile ahşap konut üretimi yapan firmalar tespit edilmiş ve yetkilileriyle ön görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Yapılan görüşmeler sonucunda yüksek oranlarda saha dışı inşaat yöntemleri kullanılmasına rağmen firmaların ahşap konut yapım süreçlerinde verimsizlikler meydana geldiği tespit edilmiştir. Bununla beraber firmalar tarafından yapım süreçlerini analiz etme ve iyileştirme noktasında herhangi bir bilimsel yöntem veya araç kullanılmadığı gözlemlenmiştir.

Buradan hareketle, Türkiye’de ahşap konut üretimlerini saha dışı inşaat yöntemleriyle gerçekleştiren firmalar için özelleştirilmiş bir süreç iyileştirme modelinin; bu alandaki verimsizliklerin giderilmesi, üretkenliğin artması ve genel olarak Türkiye ahşap yapı sektörünün gelişmesi noktasında faydalı olacağı düşünülmektedir.

ARAŞTIRMANIN AMACI

Tez çalışmasının birincil amacı Türkiye ahşap yapı sektöründe üretimlerini saha dışı inşaat yöntemleriyle (yüksek ön imalat değeriyle) gerçekleştirmeyi hedefleyen ahşap konut üreticisi firmalara yönelik yalın inşaat tabanlı süreç iyileştirme modeli geliştirmektir. İkincil amacı saha dışı inşaat yöntemleriyle ahşap konut üreten firmaların yapım süreçlerindeki temel verimsizlikleri ve sorunları tespit etmektir. Üçüncü amacı ise Türkiye yapı sektöründe saha dışı inşaat yöntemleriyle ahşap konut üretimi faaliyetlerinin genel durumunu ortaya koyabilmektir.

Araştırmanın amacına ulaşabilmesi için çalışmada aşağıda listelenmiş sorulara da cevap aranmıştır.

- Türkiye’de ahşap konut sektörünün genel durumu nedir?
- Türkiye inşaat sektöründe saha dışı inşaat yöntemleriyle ahşap konut üreten firmaların iş modelleri / yapım yöntemleri / yapım süreçleri nelerdir?
- Türkiye inşaat sektöründe saha dışı inşaat yöntemleriyle ahşap konut üreten firmaların yapım süreçlerindeki temel verimsizlikler/israflar nelerdir? Bu israfların ana kaynakları nelerdir?
- Ahşap konut yapım süreçlerindeki israflar nasıl tespit ve kategorize edilebilir?
- Ahşap konut yapım süreçlerindeki israfların giderilmesi ve yapım süreçlerinin iyileştirilmesi için basit uygulanabilir bir model önerilebilir mi?
- Önerilen model sektördeki firmaların yapım süreçlerindeki verimsizlikleri tespit etme ve iyileştirme noktasında çözüm üretebilir mi?

ARAŞTIRMANIN KAPSAMI

Tez çalışmasının temel araştırma alanı Türkiye ahşap konut inşaatı sektörüdür. Türkiye’de ahşap konutlar çok az saydaki özel yapılar hariç az katlı (3 kata kadar) olarak inşa edilmektedir. Bu nedenle araştırmanın kapsamı az katlı ahşap konut inşaatlarıyla sınırlandırılmıştır. Çok katlı veya konaklama haricinde farklı fonksiyonlara sahip köprü, hangar, restoran gibi ahşap yapılar araştırmanın kapsamı dışında bırakılmıştır.

Tez çalışmasının odağını yüksek oranda saha dışı yöntemlerle ahşap konut üretimi yapan firmaların yapım süreçlerinin incelenmesi ve iyileştirilmesi oluşturmaktadır. Bu nedenle araştırma için ahşap yapıların az katlı ve konut fonksiyonuna sahip olmasının yanı sıra bir başka kısıt daha vardır. Ahşap konutların yüksek ön imalat değeriyle saha dışı inşaat yöntemleriyle üretilmesidir. Cast Consultancy (2021)’e göre ön imalat değeri (ÖİD) %55’in altında olan ahşap konutların yapım süreçleri geleneksel inşaat yöntemlerine çok yakın bir şekilde gerçekleşmektedir. Bu nedenle araştırmanın kapsamı Türkiye’de yüksek oranda (% 55

ÖİD üzerinde) saha dışı inşaat yöntemleriyle ahşap konut inşaatı yapan firmaların yapım süreçlerinin incelenmesi olarak belirlenmiştir.

Bunların yanı sıra tez çalışmasının kavramsal alt yapısının temelini ‘saha dışı inşaat’ (*offsite construction*) ve ‘yalın inşaat’ (*lean construction*) yaklaşımları oluşturmaktadır. Saha dışı inşaat, direkt olarak araştırmanın kapsamını belirleyen inşaat pratiğiyle ilgili olduğu için kavramsal yapının odağında bulunmaktadır. Yalın inşaatın çalışmanın teorik zemininde yer almasının ardındaki en önemli unsur ise saha dışı ahşap konut üretimi alanındaki uluslararası literatürde (Sarden, 2005; Höök & Stehn, 2008; Jansson vd., 2009) ve kurumlarda (Cast Consultancy, 2021) hâkim yaklaşım olarak öne çıkmasıdır. Ayrıca imalat sektörü temelli bir yaklaşım olarak yalın inşaatın, geleneksel inşaat pratiklerini daha endüstriyel bir düzeye çıkarmak isteyen Türk ahşap konut firmaları için itici bir etki sağlaması beklenmektedir. Araştırmanın kavramsal alt yapısında yalın inşaat yaklaşımının kullanılmasının nedenlerine dair detaylı bilgi Yalın İnşaat bölümü altında paylaşılmaktadır (Bkz. Bölüm 3.1).

ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Türkiye’de yüksek ÖİD ile ahşap konut üreten firmaların uygulamalarının ve sorunlarının tespit edilmesi ve yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik kolay uygulanabilir bir model önerilmesinin amaçlandığı bu çalışmada literatür araştırmalarının yanı sıra nitel araştırma yöntemleri kullanılmıştır.

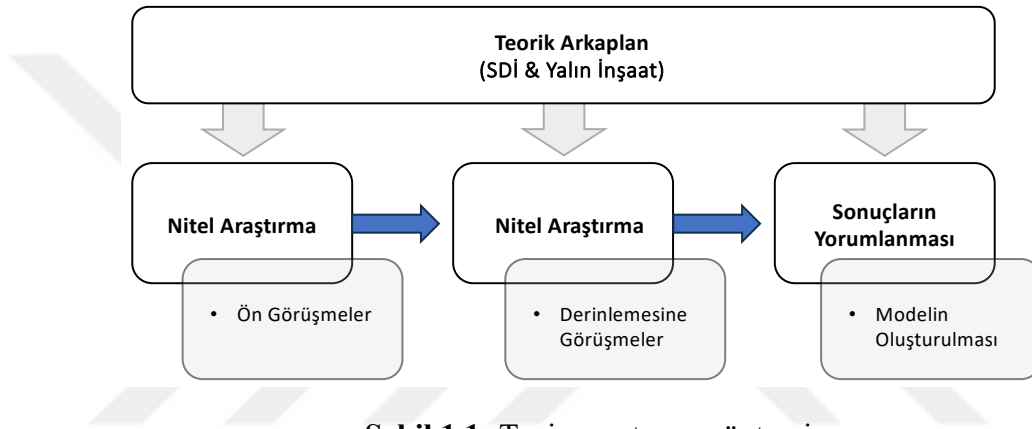
Araştırmada ahşap konutların yapı ve üretim sistemleri, dünyada ve Türkiye’de ahşap konut sektörünün genel durumu ve yalın inşaat yaklaşımına dair bilgiler literatürdeki kaynaklardan elde edilmiştir.

Türkiye’de yüksek ön imalat değeriyle ahşap konut inşaatı sektörünün mevcut durumunun tespiti ve yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik model ortaya konması ise yalın inşaat yaklaşımı temelinde aşamalı nitel görüşmeler yapılarak gerçekleştirilmiştir (**Şekil 1.1**).

Literatürde konuyla ilgili yeterli bilginin olmaması ihtiyaç duyulan verilerin sahadan elde edilmesini zorunlu kılmaktadır. Ancak araştırma kapsamı ölçeğinde sektörde 9 firma faaliyet göstermektedir ve bu firmaların da yalnızca birkaçından nitelikli bilgi alınabilmektedir. Bu durumda çok az sayıdaki örneklemden detaylı ve

kapsayıcı veriler elde etmeyi mümkün kılan bir araştırma yöntemine ihtiyaç duyulmaktadır.

Nicel görüşmeler ve anket çalışmalarında çok sayıda kişiden standartlaştırılmış bilgi elde edilir. Nitel görüşmeler ise az kişiden detaylı bilgiler elde etmeyi sağlayan görüşmelerdir (Aziz, 2011). Araştırma kapsamında az sayıdaki örneklemden derinlemesine veriler toplayabilmek için nitel görüşme yöntemi tercih edilmiştir. Bu doğrultuda belirlenen firma yetkilileriyle iki aşamalı görüşmeler gerçekleştirilerek nihai model ortaya çıkarılmıştır.



Şekil 1.1: Tezin araştırma yöntemi

Tablo 1.1 'de araştırmanın aşamaları gösterilmektedir. İlk olarak ahşap konut yapı ve üretim sistemleri, saha dışı inşaat yöntemleri, dünyada ve Türkiye'de ahşap konut sektörü ve yalın inşaat yaklaşımıyla ilgili literatürde yapılan çalışmalar incelenmiştir. İkinci olarak Türkiye ahşap konut sektöründeki firmalar tespit edilmiş ve araştırma kriterlerine göre sınıflandırılmıştır. Ardından belirlenen ön imalat değeri seviyesinde ahşap konut üretimi yapan firmalarla ön görüşmeler yapılarak firmaların yapım süreçlerindeki mevcut durum tespit edilmeye ve ahşap konut yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik taslak model oluşturulmaya çalışılmıştır. Dördüncü aşamada taslak modelin geliştirilmesi için ön görüşmelerden elde edilen veriler ve literatürden faydalanılarak firmalarla derinlemesine görüşmeler düzenlenmiştir. Bunu takiben önceki aşamalarda elde edilen bilgilerle Türkiye'deki ahşap konut üreticisi firmalara yönelik yalın inşaat tabanlı süreç iyileştirme modeli geliştirilmiştir. Son olarak oluşturulan modelin bir vaka çalışması üzerinde uygulaması yapılmıştır.

Tablo 1.1: Araştırmanın Aşamaları

<u>ASAMALAR</u>	<u>CIKTILAR</u>
1. Literatür araştırması	◦ Ahşap Konut Yapı ve Üretim Sistemleri ◦ Dünyada ve Türkiye’de Ahşap Konut Sektörü ◦ Saha Dışı İnşaat Yöntemleri (Offsite Construction) ◦ Yalın İnşaat (Lean Construction)
2. Sektördeki ahşap konut firmalarının tespiti ve sınıflandırılması	◦ Sektörde faaliyet gösteren firmaların tespit edilmesi ◦ Sektörde faaliyet gösteren firmaların sınıflandırılması ◦ Araştırma konusu kapsamına giren firmaların belirlenmesi
3. Ön görüşmelerin yapılması	◦ Kapsam dahilindeki ahşap konut firmalarının üretim süreçlerindeki mevcut durumun tespit edilmesi (Üretim süreçleri, yapım yöntemleri, israflar..) ◦ Yapım süreçlerindeki israfların tespiti, analizi ve iyileştirilmesi için yararlanılacak yalın inşaat yaklaşımları ve yöntemlerinin belirlenmesi ◦ Ahşap konut yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik taslak modelin oluşturulması
4. Derinlemesine görüşmelerin yapılması	◦ Derinlemesine görüşme bulgularının elde edilmesi
5. Önceki aşamaların çıktıları kullanılarak modelin oluşturulması	◦ Ahşap Konut Üreticisi Firmalara Yönelik Yalın İnşaat Tabanlı Süreç İyileştirme Modeli
6. Modelin uygulanması	◦ Modelin işlerliğinin örnek üzerinden detaylı olarak ortaya konması

TEZ ORGANİZASYONU

Bu tez çalışmasında öncelikle ahşap konut yapı ve inşaat sistemleri ile dünyada ve Türkiye’de ahşap konut sektörünün durumuyla ilgili literatür paylaşılmaktadır. Sonrasında modelin kavramsal çerçevesinin temelini oluşturan yalın inşaat yaklaşımı aktarılmaktadır. Ardından Türkiye ahşap konut sektöründe yüksek ön imalat değeriyle ahşap konut inşaatı yapan firmaların yetkilileriyle yapılan görüşmelerin aktarıldığı bölüm bulunmaktadır. Görüşmelerden sonra oluşturulan model önerisi anlatılmaktadır. Daha sonra modelin uygulanması olarak vaka çalışması yer almaktadır. Tez araştırması sonuç ve öneriler bölümü ile tamamlanmaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

1. AHŞAP KONUT ÜRETİMİ LİTERATÜRÜ

Bu bölümde ilk olarak ahşap konut yapı sistemleri, ardından ahşap konut inşaat yöntemleri açıklanacaktır. Sonrasında dünyada ahşap konut sektörüne dair literatür aktarılacaktır. Son olarak Türkiye ahşap konut sektörünün durumuyla ilgili bilgiler paylaşılacaktır.

1.1. AHŞAP KONUT YAPI SİSTEMLERİ

Ahşap yapı, farklı boyutlardaki doğal ya da endüstriyel ahşap yapı elemanlarının uygulanan sistemler dahilinde taşıyıcı veya hem taşıyıcı hem de bölücü eleman olarak kullanılmasıyla oluşan bir yapı sistemidir. Günümüzde yaşanmakta olan teknolojik gelişmelerle beraber ahşap konutlar, birbirinden farklı çeşitli sistemler ve diğer yapı malzemeleriyle beraber karma sistemler dahilinde üretilmektedirler.

Ahşap yapı üretim sistemleri literatürde farklı sınıflandırmalar altında aktarılmaktadır. Ulusal birçok kaynakta ise temel olarak geleneksel sistemler ve endüstriyel sistemler olmak üzere kategorize edilmektedir (Toğay, 2002; Ohannesyan, 2012).

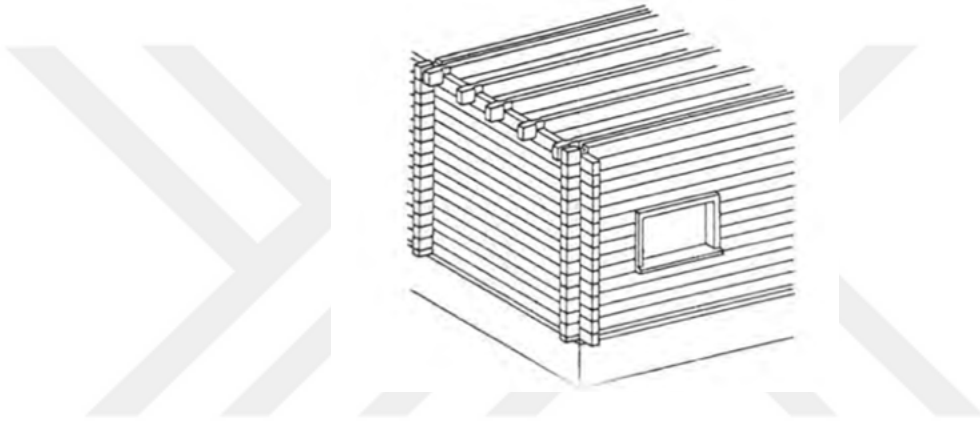
1.1.1. Geleneksel Ahşap Yapı Sistemleri

Geleneksel yöntemler, yoğun el işçiliğinin kullanıldığı, makineleşmenin az olduğu, sınırlı oranda hazır bileşenlerin kullanıldığı, yapı üretimi ile ilgili basamakların neredeyse tümünün sahada gerçekleştirildiği yapım yöntemidir (Eren, 2004).

Geleneksel ahşap taşıyıcı sistemleri iki bölümde incelemek mümkündür. Birincisi ahşap malzemenin doğal yöntemler ile birbirleri üzerine yerleştirme tekniği ile oluşturulan ahşap yığma sistemi, ikincisi ise ahşap dikmeler ve aşıklar yardımıyla bir konstrüksiyon oluşturarak oluşturulan ahşap iskelet sistemidir (Çobanoğlu, 1998).

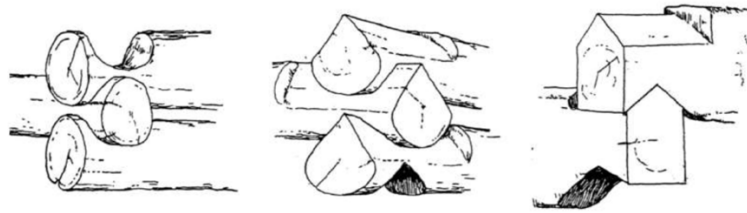
1.1.1.1. Ahşap Yığma Sistem

Ahşap yığma sistem ağaç malzemenin doğal halde veya işlenerek yatay bir düzende birbiri üstüne konması ve köşelerin birbiri üzerine kertme geçmesi sonucu elde edilen sistemdir (Çobanoğlu, 1988). Diğer bir deyişle yığma sistem, tümüyle veya kısmen işlenmiş malzemenin üst üste konularak çeşitli yöntemlerle birbirine bağlanmasıyla duvar hazırlama esasına dayanır (Şekil 1.2). Bu sistemin en önemli özellikleri, bina ağırlığını duvarlardan temele iletmesi ve dış etkenlerden korunmak için ek bir kaplama yapılmasına ihtiyaç olmamasıdır.



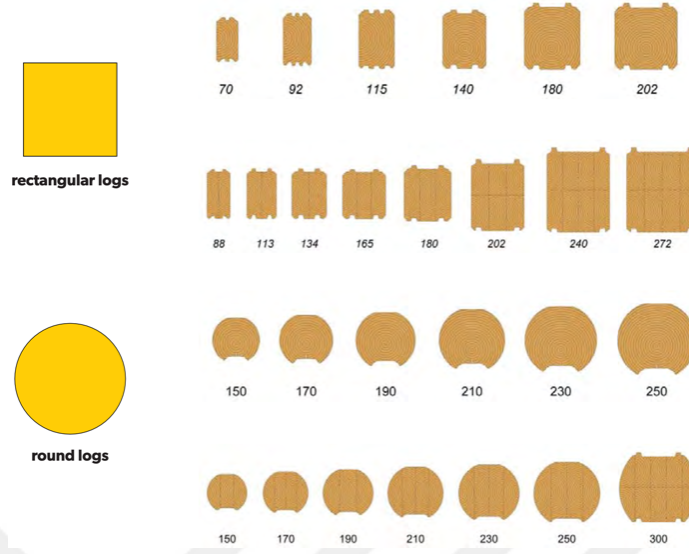
Şekil 1.2: Yığma ahşap ev sistemi (Bejder, 2012)

Ahşap yığma sistemde köşe kısımlar birbirine çok farklı şekillerde bağlanabilir (Şekil 1.3). Ancak, bu noktadaki bağlantıların iyi bir şekilde bağlanması gerekmektedir. Bunun için çoğunlukla ankraj demirleri veya bulonlar kullanılır (Çolak, 1995).



Şekil 1.3: Ahşap yığma sistem birleşim detayı örnekleri (Kniffen & Glassie, 1966)

Geçmişte tamamen konvansiyonel tekniklerle üretilen ahşap yığma sistem, günümüzde endüstriyel yöntemlerle ve çok farklı formlarda ahşap elemanlarla üretilmektedir (Şekil 1.4). Bu sayede kısa sürede ve daha uygun maliyetli ahşap konutlar inşa edilebilmektedir. Endüstriyel ahşap elemanlarla inşa edilmiş yığma ahşap sistem bir konut Şekil 1.5'te gösterilmektedir.



Şekil 1.4: Yığma sistem için endüstriyel ahşap yapı elemanları

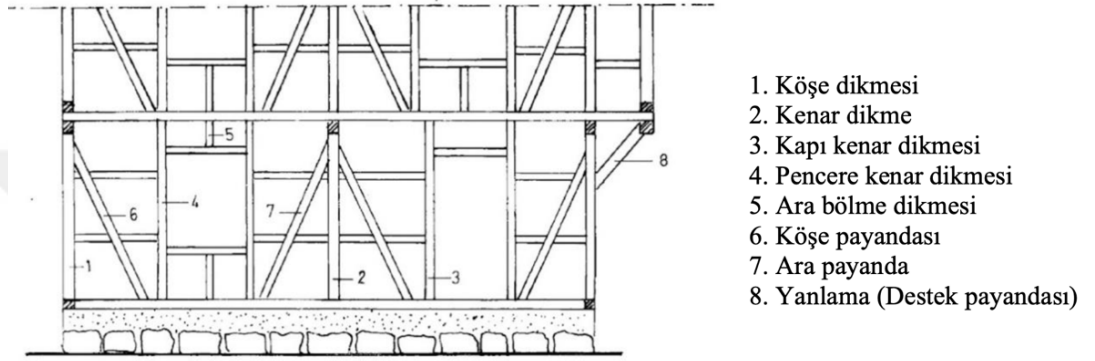


Şekil 1.5: Endüstriyel ahşap yığma sistem konut örneği (Url-1)

1.1.1.2. Geleneksel Ahşap İskelet Sistemler

Ahşap iskelet sistem ahşap malzemeler ile oluşturulmuş bir iskelet ve bu iskeletin arasında kalan boşlukların çeşitli dolgu malzemeleri yardımıyla doldurulmasından meydana gelmektedir. Bu sistemde iskelet bölüm yapıya gelen yatay ve dikey yüklerin temele aktarılması ve yapının ayakta kalmasını sağlarken, dolgu bölümü ise yapının iskelet kısmına gelebilecek muhtemel zararların karşılanması yanı sıra ses ve ısı yalıtım görevi üstlenmektedir.

Geleneksel ahşap iskelet yapılar genel olarak; alt ve üst tabanlar, ana ve ara dikmeler, payandalar ile yatay ve düşey bağlantı elemanlarından oluşmaktadır (Aksoy, 2003). Bu sistemde duvarlar; dikmelerin arasındaki boşlukların kerpiç, tuğla, taş veya ağaç malzeme ile doldurulması ya da dikme yüzeylerinin kaplanmasıyla tamamlanmaktadır (Çobanoğlu, 1988; Avlar ve Yıldırım, 2021). **Şekil 1.6**'da geleneksel ahşap iskelet sistemin duvar strüktürü gösterilmektedir.



Şekil 1.6: Geleneksel ahşap iskelet sistem duvar strüktürü (Şenkal, 1996)

Geleneksel ahşap iskelet sistemlerin cepheleri çeşitli biçimlerde oluşturulabilmektedir. Taşıyıcı elamanlar ve ara dolgu malzemesi açık bir şekilde bırakılabileceği gibi (hımış), sıva uygulaması (bağdadi) ya da ahşap kaplama yapılabilmektedir (**Şekil 1.7**).



Şekil 1.7: Türkiye'deki geleneksel ahşap karkas yapılarda duvar oluşumu (Avlar ve Yıldırım, 2018)

Kagir dolgulu ahşap karkas olarak tanımlanan hımış tekniği, antik Roma'dan günümüze kadar dünyanın birçok yerinde tarih boyunca var olan ortak bir yapı

geleneğidir (Doğangün vd., 2006). Yığma yapılara göre sismik özellikleri daha iyidir. Amerika ve Avrupa’da hımmış tekniğinin benzeri yapılar için *half-timbering* tabiri kullanılmaktadır. Şekil 1.8’de dünyanın farklı bölgelerinden half-timbering ahşap iskelet yapı örnekleri gösterilmektedir.



Şekil 1.8: Sırasıyla İngiltere, Almanya ve Amerika’dan half-timbering ahşap karkas sistem örnekleri (Url-2; Url-3; Kniffen & Glassie, 1966)

Ülkemizdeki geleneksel ahşap iskelet yapılarda sıva yöntemi olarak ise bağdadi tekniği yaygın olarak uygulanmaktadır. Bu yöntem 3 ila 5 cm aralığındaki çıtaların 3’er cm aralıklar ile karkas aralarına yerleştirilerek ara dikmelere tespit edilip sıvanması ile yapılmaktadır (Şekil 1.9).



Şekil 1.9: Bağdadi sıva örneği (Url-4)

Geleneksel ahşap yapılardaki bir diğer kaplama türü ise ahşap kaplama yöntemidir. Ahşap kaplamalar yatay ve dikey olarak uygulanabilmektedir. Dikey kaplama uygulamasında kaplamalar arkasına tespit edilecek 3-4 cm genişliğinde çıtalara dikey ahşap kaplama malzemesi tek tarafından çakılmalıdır, böylece ahşap kaplama malzemesi şişme ve uzamalara karşı serbest kalacaktır (Şenkal, 1996).

1.1.2. Endüstriyel Ahşap Yapı Sistemleri

Endüstriyel ahşap yapı sistemleri, 19. Yüzyılda hızlanan sanayileşmeyle birlikte ortaya çıkmaya başlamıştır. Üretim alanındaki teknik gelişmeler ahşap yapı elemanlarının endüstriyel olarak üretilmesini mümkün kılmıştır. Bu sayede ahşap yapı ürünleri ve ahşap yapılarda kullanılan metal bağlantı elemanları daha hafif, mukavemetli ve standart bir şekilde üretilbilir hale gelmiştir.

Ahşabın doğal haline göre daha hafif ve mukavemetli olan endüstriyel ahşap ürünler de ahşap yapı sistemlerinin gelişerek çeşitlenmesine yol açmıştır.

1.1.2.1. Endüstriyel Ahşap Yapı Ürünleri

Endüstriyel ahşap yapı ürünleri; kereste, levha, yonga, lif, talaş gibi ahşap malzemelerin yapıştırıcı ve bağlayıcı maddelerle çeşitli şekillerde fabrika ortamında bir araya getirilmesiyle üretilen ürünlerdir. Bu ürünlerin en üstün özelliği ağaçtan tek parça olarak elde edilen ahşabın boyutundan daha büyük boyutta ve istenen formda yapı elemanı üretilmesidir (Avlar & Ustaoglu, 2017). Endüstriyel ahşap ürünlerin temel özellikleri aşağıdaki gibi sayılabilir (Dündar, 2019):

- Budak, çatlak, yarık vb. direnç azaltan kusurlardan arındırılmıştır.
- Gereken rutubet derecelerine kadar kurutulmuş ve tekrardan rutubetten etkilenmesi sınırlandırılmıştır.
- Çalışma etkisi azaltılmış ve boyutsal stabilite sağlanmıştır.
- Yüksek yük taşıma kapasitesi sağlanmış ve ağır konstrüksiyonlarda kullanılabilir hale getirilmiştir.
- Teknolojik özelliklerindeki değişkenlikler minimize edilmiş ve standardize edilmiştir.
- İstenen formda üretilen ve çok çeşitli boyut seçeneğine sahiptir
- Yüksek katma değer sağlamış yapısal malzemelerdir.

Endüstriyel ahşap yapı elemanlarından öne çıkanlar aşağıda listelenmiştir. Belirtilen endüstriyel ahşap yapı elemanlarının görüşleri ise Şekil 1.10'da paylaşılmaktadır.

- Tutkallı Tabakalı Ahşap (Glued Laminated Timber- Glulam)
- Çapraz Tabakalı Ahşap (Cross Laminated Timber- CLT)
- Çivili Tabakalı Ahşap (Nail Laminated Timber- NLT)

- Kavelalı Tabakalı Ahşap (Dowel Laminated Timber- DLT)
- Yapısal Kompozit Ahşap (Structural Composite Lumber- SCL)
- Tabakalı Kaplama Ahşap (Laminated Veneer Lumber- LVL)
- Paralel Yonga Ahşap (Parallel Strand Lumber- PSL)
- Tabakalı Yonga Ahşap (Laminated Strand Lumber- LSL)
- I-Kiriş (I-Joist)



Şekil 1.10: Endüstriyel ahşap yapı ürünleri (Avlar, 2022)

GLULAM olarak bilinen tutkallı tabakalı ahşap, ahşap tabakalarının lif yönüne paralel uç uca eklenmesi ve üst üste yapıştırılmasıyla elde edilen, iki veya daha fazla tabakadan oluşan endüstriyel üründür (Gong, 2019). Glulam üretiminde, tomruktan elde edilen tabakalar 25-50 mm kalınlığında ve 1,5-5 m uzunluğundadır. Tutkallı tabakalı ahşap elemanlara istenen biçim verilebildiği için, diğer malzemelerle olanaksız veya çok zor olan farklı eğrisel formlarda taşıyıcı elemanlar tasarlamak mümkündür. Aynı zamanda kereste için kullanılan ağaçlardan çok daha büyük yapısal elemanlar üretilmektedir. Bu özellikleri sayesinde büyük açıklıklı yapı elemanlarının oluşturulmasında, özel kirişlerin ve kolonların üretiminde kullanılmaktadır (Kuzman vd., 2010).

CLT ise ahşap levhaların birbirlerine dik açıyla yapıştırılması sonucunda elde edilmektedir. Bu ahşap levhalar 3-7 katman arasında değişiklik gösterebilmektedir.

CLT paneller, yatay ve dikey düzlemlerde yüksek dayanım gücüne sahiptir ve genellikle duvar ya da döşeme olarak tasarlanıp kullanılmaktadır (Mohammad vd., 2012). CLT panellerde tabaka genişlikleri 60-240mm, kalınlıkları 16-51mm arasında değişebilmektedir (Karacabeyli & Douglas, 2013). Panellerin genişliği genellikle 0,60-3,00 m arasındadır, ancak 5,00 metreye kadar üretim yapılabilir. Panel uzunluğu 8,00-20,00 m arasında, panel kalınlığı ise 500 mm'ye kadar çıkabilmektedir (Avlar, 2022).

CLT paneller ön yapımlı olduğundan montaj süresi büyük ölçüde azalır, bu da verimliliği artırır ve süreç daha düşük yatırım maliyetleri ve daha hızlı kullanım ile sonuçlanır. Kapılar, pencereler, merdivenler, servis kanalları ve borular için duvar, döşeme ve çatı elemanları önceden kesilebilir. Kurulumdan önce yalıtım ve kaplamalar da uygulanabilir, bu da şantiyedeki nitelikli işçiliğe olan gereksinimi azaltır (Wood Products Council, 2012). CLT paneller duvar, döşeme ve çatılarda yük taşıyan elemanlar olarak kullanılabilir ve taşıyıcı yapıyı oluşturur; ayrıca hava koşullarına karşı koruma ve iç cephe kaplaması olarak da işlev görmektedir. Bu sayede bina kabuğunun katmanlı yapısı basitleştirilmiş olur (Bejder, 2012).

LVL olarak bilinen yapısal kompozit ahşap türü, ahşap kaplamanın uzunlamasına paralel olarak sıkıştırılmasıyla üretilmekte; yapılardaki geniş açıklıkların geçilmesinde ve kompozit I kirişlerin başlıklarında kullanılmaktadır.

LSL ve PSL ise diğer yapısal kompozit ahşap türlerine örnek olarak gösterilebilmektedir. Bu ahşap türleri, yonga levhaların yüksek basınç ve ısı altında yapıştırılmasıyla oluşmaktadır (Stark vd., 2010).

1.1.2.2. Hafif Ahşap Çerçeve Sistemler

Geleneksel ahşap iskelet yapılar teknik ilerlemeler sayesinde daha ince kesitli ahşap malzemeler ve hafif metal bağlantı elemanlarıyla inşa edilebilir hale gelmiştir. İlk olarak 1830'larda ABD'nde ortaya çıkan (Loferski, 2015) ve günümüzde de halen kullanılan bu sistemler, uluslararası birçok çalışmada ve organizasyonda "hafif ahşap çerçeve" (light timber frame) olarak isimlendirilmektedir (Li vd., 2018; Thinkwood, t.y., Naturallywood, t.y.).

Hafif ahşap çerçeve sistem tipik olarak duvar, zemin ve çatı sistemlerini oluşturmak için kontrplak veya OSB panelleri ile kaplanmış ahşap çerçeve

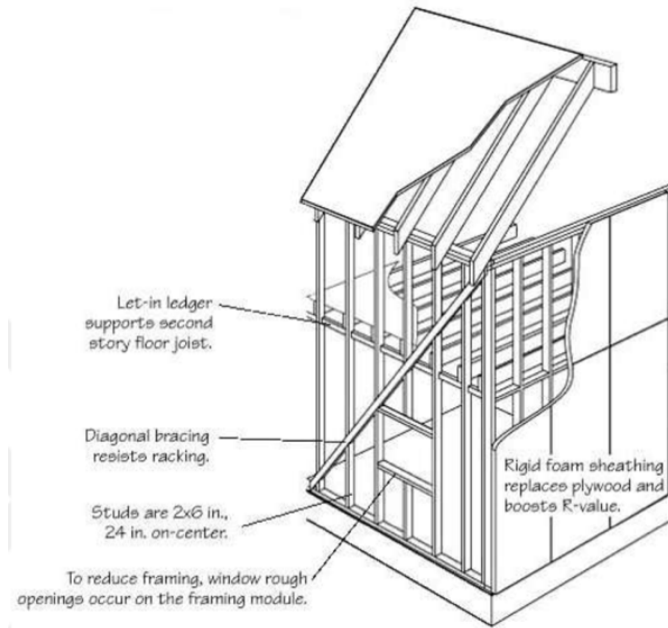
elemanlarından oluşur. Hafif ahşap çerçeveli yapılar, yük paylaşım düzenlemelerinde birbirine yakın aralıklı daha küçük boyutlu ahşap elemanlar kullanır ve sadece konutlar için değil, aynı zamanda büyük ticari binalar için de ekonomik ve esnek çözümler sunar (Li vd., 2018).

Hafif ahşap çerçeve sistemler şantiyede tamamlanmayı gerektiren prefabrik “açık panel” veya ön imalat değerini artıran prefabrik “kapalı panel” sistemlerini de içermektedir. Genel olarak alçak binalar için verimli, güvenli ve sürdürülebilir bir inşaat aracı olarak kabul edilmektedir (WTA, 2023).

Hafif ahşap çerçeve sistemler genel olarak balon çerçeve sistem ve platform çerçeve sistem olmak üzere ikiye ayrılır.

1.1.2.2.1. Balon Çerçeve Sistem

Balon ahşap çerçeve sistem genel olarak standart boyutlardaki hafif ahşap dikme, kiriş ve mertek gibi elemanların hafif metal parçalar ile birbirine bağlanması ve sonrasında ahşap levha veya kaplama tahtalarıyla kaplanması prensibine dayanır (Şekil 1.11). ABD’de ortaya çıkan bu sistemde genellikle 2x4 inch, 2x6 inch, 2x8 inch kesitlerinde çam veya ladin ağacından üretilen dikmeler, yapının zemininden çatı kirişlerine kadar kesintisiz bir şekilde uzanır (Monteyne, 2004).



Şekil 1.11: Balon karkas sistemde yer alan elemanlar (Url-5)

Balon çerçeve sistemin genel tasarım prensipleri aşağıdaki gibi açıklanabilir (Çakır, 2000);

- Döşeme kirişlerinin orta doğrultuları dikmelerin orta doğrultuları ile bir eleman kalınlığı kadar sapmış olmaktadır. Bu durumda dikmelere tespit edilmiş ahşap kuşaklar yardımıyla kirişler dikmelerin kenarlarına bağlanır.
- Duvar dikmeleri küçük kesitli ve kısmen uzun bileşenlerden oluşturulur ve korunmaz.
- Uygulama öncesinde bu iskeletin rijitliği tek katlı iskelet sistemin rijitliğine oranla daha azdır.
- Dikmelerin sürekliliği ve dikmeler kirişlerin direk olarak bağlanması sistemin rijitliğini artırır.
- Döşeme konstrüksiyonundan bağımsız bir şekilde tek bir işlemde duvar iskelet sistemi çatı seviyesine kadar kurulmuş olur. Bu da döşemelerin uygulanmasını beklemeden çatı konstrüksiyonunun kurulabilmesi ve kaplamasının uygulanabilmesini sağlamaktadır. Fakat bu uygulamada çatı uygulamasında ve ara kat döşemesinin oluşturulmasında daha fazla oranda yapı iskelesi kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır.
- Daha uzun ve kesitleri düşük bileşenler kullanıldığında yüksek kalitede dikmelere ihtiyaç vardır.

1.1.2.2.2. Platform Çerçeve Sistem

Platform çerçeve sistem hafiflik ve strüktür açısından birçok özellikleriyle balon çerçeve sistemle benzerlikler göstermesine karşın dikmelerin uzunluğu, döşeme ve yatay elemanların bağlanma biçimleri ve inşa düzeninde farklılıklar göstermektedir. Balon çerçevede dikmeler zeminden çatıya kadar uzanır ve döşeme, çatı kirişleri gibi yatay elemanlar bu dikmelere direk tutturulurken; platform çerçevede dikmeler ara kat döşemesi seviyesinde biter ve döşeme dikmelerin üzerine oturur (**Şekil 1.12**).

Platform çerçeve sistemin genel tasarım prensipleri 6 başlıkta incelenebilir (Çakır, 2000);

- Döşeme kirişlerinin merkez doğrultuları dikme merkez doğrultusu ile kesişmelidir.
- Dikme boyları 1 kat yüksekliğinde olmalı ve bu dikmeler bulundukları duvarları taşıyacak kesitlerde olmalıdır.
- Döşeme platformunda ahşap çalışması tüm yapı boyunca eşittir.
- Döşeme platformları duvarların tam anlamıyla kurulma aşamasından sonra kurulmalıdır. Döşeme duvardan ayrıdır ve kurulum tamamlandığında duvar panelleri döşemelerin üzerine dayanmaktadır.
- Tavan ve taban platformları tavan ve döşeme düzeyinde bir yangın direnci sağlar. Yangın engelleyici malzemeler en az 30 mm kalınlığında olmalıdır.
- Tek katlı duvar panellerinin kurulumunda orta uzunluktaki çiviler kullanılmaktadır.

Platform çerçeve sistem günümüzde ABD, Kanada, Birleşik Krallık ve İskandinav ülkeleri başta olmak üzere malzeme verimliliği ve endüstriyel üretime uygunluğu nedeniyle ahşap konutlarda en yaygın kullanılan sistemdir (WTA, 2023; Mettem vd., 1998). Şekil 1.13'te platform çerçeve sistemin kullanıldığı ahşap yapı örnekleri gösterilmektedir.



Şekil 1.13: Platform karkas sistem örneği (Loferski, 2015)

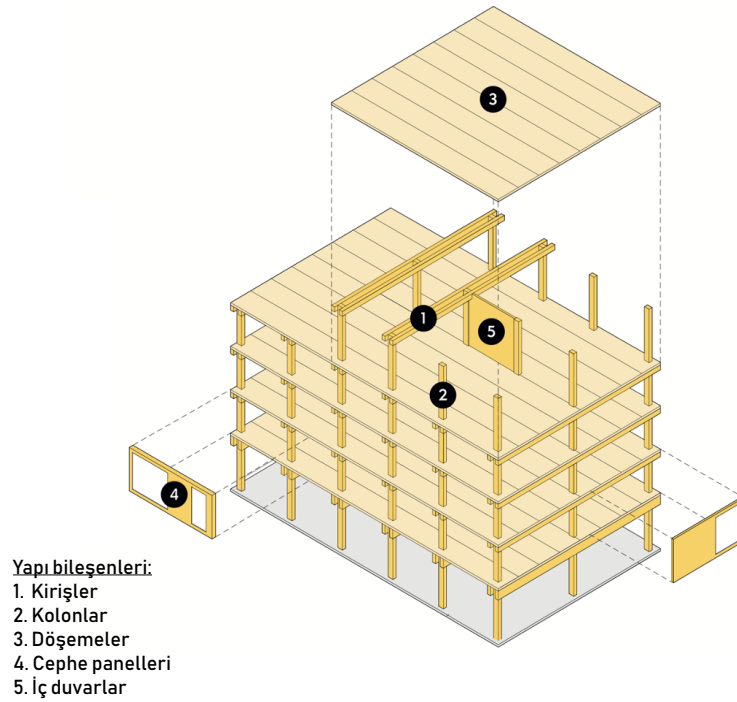
1.1.2.3. Kolon-Kiriş Sistemler

Ahşap kolon-kiriş (post & beam) sistemler, ahşap kolon ve kirişler kullanılarak büyük açıklıkların geçilebilmesini ve farklı ölçülerdeki mekanların bir bütün halinde üretimini sağlamaktadır. Bu sistemde taşıyıcı elemanlar, kolonlar ve kirişlerdir.

Kolon ve kirişlerin belirli bir aralıkta yerleştirilerek ızgara şeklinde dizilmesi ile oluşturulan bir iskelet yapım sistemidir (**Şekil 1.14**). Dikme aralıkları; yapının oluşumuna, yapıda kullanılan döşeme sistemine ve kirişlerin türüne bağlı olarak ayarlanmaktadır.

Bu sistem kurgusunda, taşıyıcı olan veya olmayan yatay, düşey veya çapraz elemanların bir noktada veya düğüm noktasında birleştirilme şekillerine göre taşıyıcı sistem farklı şekillerde düzenlenebilmektedir. Bu elemanların birleştirilmesinde özel metal bağlantı elemanları kullanılmaktadır (Avlar ve Limoncu, 2001).

Taşıyıcı elemanların arasında bulunan duvarlar ise; dolgu, yalıtım ve mekanları oluşturan bölme işlevlerini görmektedir. Duvarlar taşıyıcı olmayan ahşap paneller ile oluşturulur. Ahşap paneller aynı zamanda çatı ve döşemede yer alan çatı kirişleri ve döşeme kirişlerinin üst kısımlarının kaplanması da kullanılır.



Şekil 1.14: Endüstriyel kolon-kiriş ahşap yapı sistemi (WTA, 2023)

Günümüzde geniş açıklıklı yapılarda kullanılan bu sistemde kolon ve kirişler çoğunlukla GLULAM (tutkallı tabakalı ahşap) veya LVL (lamine kaplama ahşap) olarak adlandırılan ahşap yapı ürünlerinden oluşmaktadır (**Şekil 1.15**). Döşemelerin yapımında ise CLT panellere yönelik bir eğilim vardır (WTA, 2023). Duvar panelleri de CLT panel veya masif ahşap ürünlerle oluşturulabilmektedir.



Şekil 1.15: GLULAM kolon ve kirişler ile CLT döşemelerin kullanıldığı kolon-kiriş ahşap yapı örneği (WTA, 2023)

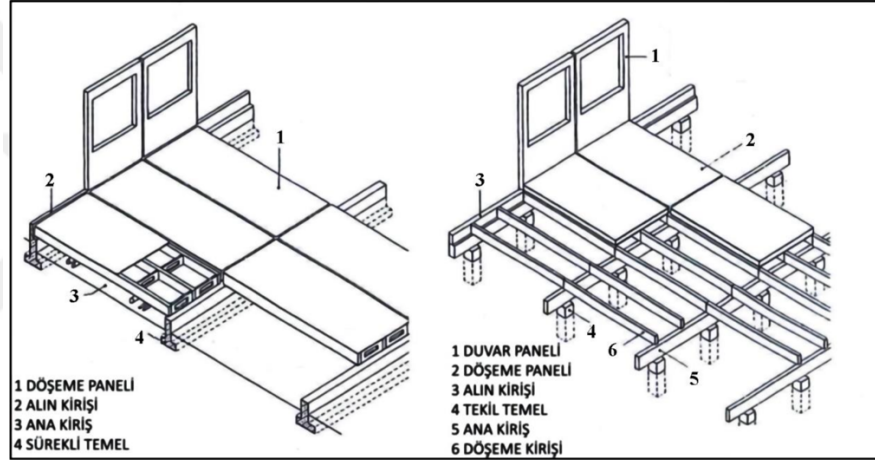
1.1.2.4. Ahşap Panel Sistemler

Ahşap panel sistemler, kendi kendini taşıyabilen ön üretimli panellerden meydana gelmektedir. Bu sistemde paneller; hafif ahşap çerçevenin kaplanmasıyla veya CLT gibi kütsel ahşap elemanlardan üretilebilir. Fabrika ortamında üretilen ahşap paneller yapı alanına taşındıktan sonra montaj işlemleri yapılır. Böylelikle ahşap yapının oldukça kısa bir sürede tamamlanması mümkün olmaktadır. Kuru ve seri bir üretim olması nedeniyle panel sistemde iklimsel koşullarının üretimi aksatması da minimize edilmektedir.

Hafif ahşap çerçeveye üretilen panel sistemde panelin üzerine uygulanan kaplama ve panel içinde kullanılan diyagonal köşebent, iskeletin sert ve bükölmez olmasını sağlamaktadır. Panel içinde kullanılan ahşap dikmeler ise dikey ağırlığı taşımaktadır. Ayrıca, sistem oluşumunda kullanılan duvar panellerinin her biri strüktür içinde ahşap dikmeler gibi görev yapmakta, yatay ve dikey yüklere karşı güçlü ve

stabil duvar etkisi oluşturmaktadır. Sistem içinde kullanılan sağlamlaştırıcı metal ve çelik elemanlar ise yatay yüklerin taşınmasını sağlamaktadır (Götz, 1989).

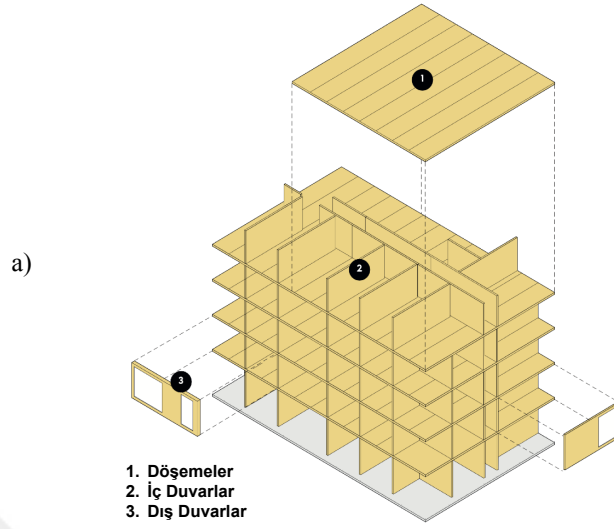
Ahşap çerçeve panel sistemin temel kurgusu; temel, taşıyıcı kirişler, döşeme kirişleri ve panellerden oluşmaktadır (**Şekil 1.16**). Temel üzerine taşıyıcı ana kirişler yerleştirilir. Temel yüzeyi ve taşıyıcı kirişlerin arasına metal koruyucu eşikler konulmaktadır. Sonrasında taşıyıcı kirişler üzerine döşeme kirişleri, taşıyıcı kirişlere ters yönde olacak şekilde konumlandırılır. Döşeme kirişlerinin üzeri ise ahşap panellerle kaplanmaktadır. Panel sistemin çatı kısmı ise duvar panellerinin üzerine yerleştirilen çatı kirişlerinin ahşap panellerle kaplanması ile oluşmaktadır. Bu sistemde çatıdan gelen dikey yükler duvar panelleri ile direkt zemine iletilmektedir.



Şekil 1.16: Ahşap panel sistem (Götz, 1989)

Ahşap panel yapı sistemi olarak günümüzde yaygın kullanılan yöntem ise CLT panel sistemidir (**Şekil 1.17**). CLT panellerin hem zemin döşemeleri hem de duvarlar için kullanıldığı bu sistemde, dikey ve yanal yüklerin taşınması için CLT panellerin iki yönlü yayılma kabiliyetinden istifade edilir. Bu sistemde duvarlar yapısal yükü taşır ve hava geçirmezliğini artırır. Bunlara ek olarak CLT paneller az katlı ve orta yükseklikteki binalarda yapının çekirdeğinin inşasında da kullanılabilir (WTA, 2023).

CLT panel sistem konstrüksiyonu, daha kısa yapısal açıklıkların olduğu ve iç duvar sayısı ile akustik gereksinimlerin sistemi avantajlı hale getirdiği konut binalarında yaygın olarak benimsenmiştir. Paneller arasındaki bağlantılar, duvarların ve zeminlerin birlikte hareket etmesini sağlayarak sağlam, dayanıklı ve yapısal olarak verimli bir bina sağlayan petek benzeri bir yapı oluşturur (WTA, 2023).



Şekil 1.17: a) CLT panel sistem; b) CLT panel sistem yapı örneği (Url-6)

1.1.2.5. Hacimsel Sistemler

Hacimsel ahşap yapı, prefabrik ahşap bileşenler kullanılarak elde edilebilecek doğruluk ve kalite nedeniyle etkili bir yapım aracıdır. Ahşap hacimsel sistemler, kusurları en aza indirmek, kaliteyi ve kullanım performansını artırmak için duvarlar ve plakalar için CLT veya kapalı ahşap paneller kullanır (WTA, 2023).

Hacimsel modüller birkaç ahşap bileşen kullanılarak yapılabilir: örn. CLT paneller, GLULAM kirişler ve hafif ahşap çerçeve panelleri. Ayrıca hibrit montajlar oluşturmak için çelik ile birleştirilebilirler. Modüler sistem; tekrarlama, yapısal kapasite ve bina performansının- yani akustik, hava sızdırmazlığı ve nem kontrolü- zorlu olduğu büyük ölçekli uygulamalar için uygundur. Modüller arasında yangın yayılımı ve nem girişini tasarlamak için özen gösterilmelidir. Membran, kaplama veya pencere gibi dış elemanlar şantiyede veya saha dışında monte edilebilir. Şekil 1.18’de hacimsel ahşap yapıların üretim süreci gösterilmektedir.



Şekil 1.18: Hacimsel ahşap birimlerin dış membranlar ve pencerelerle işlendiğinin görüldüğü fabrika ortamı (WTA, 2023)

1.1.2.6. Karma Sistemler

Karma ahşap yapı sistemleri, çelik ve beton dahil olmak üzere diğer malzemelerle birlikte kütleli ahşap bileşenleri kullanır. Hibrit sistemler, yapısal verimliliği en üst düzeye çıkarmak, kullanılan malzeme miktarını en aza indirmek ve maliyeti düşürmek için her yapı malzemesinin performansından ve yapısal özelliklerinden yararlanır.

Karma bir sistem, hafif ahşap çerçeveyi kütleli ahşap (mass timber) elemanlarla birleştiren tam bir ahşap çözümünden, ahşap-çelik veya ahşap-beton yaklaşımına kadar değişebilir (WTA, 2023). Karma ahşap yapı sistemleri (Şekil 1.19); çelik-ahşap, betonarme-ahşap ve ahşap-betonarme olmak üzere üç ana başlık altında incelenebilir (WTA, 2023).

Çelik-ahşap karma sistemler:

Genellikle açık plan alanları elde etmek ve yüksek bir tabandan zemin yüksekliğini korumak için geniş açıklıkların gerekli olduğu ticari binalarda kullanılır. Çelik petek kirişler, hizmetlerin kirişlerin derinliği içinde çalışmasına izin vererek, genel zemin birikimini ve buna karşılık gelen bina yüksekliğini azaltır, hizmetlerin gelecekteki uyarlanmasını kolaylaştırır ve ahşap yüzeylerin iç kaplama olarak açıkta kalmasını sağlar.

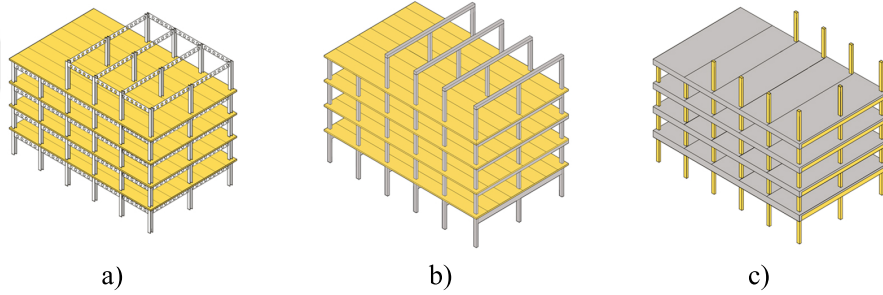
Betonarme-ahşap karma sistemler:

CLT plakalarını prekast beton sütunlar ve kirişlerle birleştirmek yoluyla oluşturulan bu sistem, genel olarak iç mekân alanını en üst düzeye çıkarmaya yardımcı olur. Bileşenler prefabrik olduğu için taşıma ve kurulum gereksinimleri tam ahşap bir yapının gereksinimlerine benzer. Beton bileşenlerin ağırlığı ve malzemeler arasındaki arayüze özellikle dikkat edilmelidir.

Betonarme-ahşap hibrit yapıların bir diğer türü de yapının çekirdeğinin veya alt katlarının betonarme ile inşa edilip diğer unsurların ahşap elemanlar kullanılarak oluşturulduğu strüktürlerdir (**Şekil 1.20**). Bu sistem sayesinde çok katlı yüksek ahşap yapıların daha rijit bir şekilde üretilmesi mümkün hale gelmektedir.

Ahşap-betonarme karma sistemler:

Genellikle ticari binalarda kullanılan bu sistem, kütsel ahşap sütunları prefabrik kompozit ahşap levhalarla birleştirir- örn. Beton tepeli CLT. Kompozit plakaların kullanımı, titreşimi azaltmaya, zemin kalınlığını en aza indirmeye ve bina kütsesini artırmaya yardımcı olarak daha uzun binalarda etkili bir çözüm haline getirir.



Şekil 1.19: Karma sistemler; a) çelik-ahşap b) betonarme-ahşap c) ahşap-betonarme



Şekil 1.20: Betonarme-ahşap karma sistem örneği (Url-7)

1.2. AHŞAP KONUT İNŞAAT YÖNTEMLERİ

Yapı özellikle de konut üretiminde teknolojilerin gelişmesi, malzeme çeşitliliğinin artması gibi etkenlerden dolayı farklı yapım teknikleri ortaya çıkmıştır. İlkel yapım sistemlerinden ön imalatlı yapım sistemlerine kadar geçen süredeki teknolojik, sosyal ve iş idaresi ile birçok faktördeki gelişmeler her aşamada yapım sistemlerini de etkilemiştir. Gelişim sürecine göre ahşap konut inşaat yöntemleri kabaca geleneksel ve endüstriyel yapım teknikleri olarak ifade edilebilir (Toğay, 2002). Ancak inşaat faaliyetlerinin büyük bir kısmının şantiye dışında endüstriyel olarak yapıldığı inşaat yöntemlerini ifade etmek için literatürde zamanla “saha dışı inşaat” (*offsite construction*), “prefabrik inşaat” (*prefabricated construction*), “endüstriyel inşaat” (*industrialised construction*) ve “modern inşaat yöntemleri” (*modern methods of construction*) terimleri ortaya çıkmıştır (Jang vd., 2021). Bu kavramlar arasından “saha dışı inşaat” (SDİ), 21. Yüzyılda farklı seviyelerde prefabrikasyon ve endüstriyel yapım tekniklerini kapsayan bir terim olarak literatürde ön plana çıkmıştır (Taylor, 2010). Bu nedenle tez kapsamında da “saha dışı inşaat” terimi tercih edilmiştir.

Bununla beraber 2010’lu yıllarda Birleşik Krallık’ta saha dışı inşaat yaklaşımı temelinde “modern inşaat yöntemleri” (*modern methods of construction-MMC*) adıyla bir çerçeve geliştirilmiştir (van Vuuren & Middleton, 2019). Farklı saha dışı üretim düzeylerini detaylandırarak tanımlayan bu çerçeve, aynı zamanda şantiye öncesinde üretilen değeri ölçmeye yönelik parametreler sunmaktadır. Bu yanıyla ahşap konutların saha dışında üretim oranlarının hesaplanması için etkin bir yöntem ortaya koymaktadır (Cast Consultancy, 2021).

Buradan hareketle ahşap konut inşaat yöntemleri altında geleneksel inşaat yöntemleri ve saha dışı inşaat yöntemlerinin (SDİ) yanı sıra modern inşaat yöntemleri (MİY) çerçevesi açıklanacaktır.

1.2.1. Geleneksel İnşaat Yöntemleri

Geleneksel inşaat yöntemleri uzun yıllardan beri denenmiş, alışlagelmiş yöntemlerle yöresel malzeme kullanarak gerçekleştirilen sistemdir (Halıcıoğlu, 1999). Konvansiyonel yapım tekniği adı da verilen bu sistem, Türkiye’de konut inşaatlarında genellikle uygulanan şantiye tekniklerini içermektedir. Bu yöntemde;

- El işçiliği hakimdir.
- Tüm temel işlemler şantiyede gerçekleştirilir.
- Bazı ön yapımlı yapı elemanları şantiyeye dışarıdan hazır halde getirilir.
- İş bölümü yer almaktadır (Kaya, 1997).

1.2.2. Saha Dışı İnşaat Yöntemleri

Saha dışı inşaat (SDİ), literatürde *offsite consruction* olarak yer alan ingilizce kavramın Türkçe tercümesi olarak kullanılmaktadır. SDİ genel olarak; yapıya ait bileşenlerin, elemanların veya modüllerin inşaat sahasından uzakta üretildiği ve daha sonra yerinde kurulmak üzere sahaya getirildiği bir inşaat yöntemi olarak tanımlanmaktadır (Gibb & Pendlebury, 2013).

Saha dışı inşaat, bileşen standardizasyonu ve montajından tamamlanmış hacimsel modüllere kadar tüm seviyeleri içerir. Bu faaliyetler, sahaya yakın özel üretim tesislerinde veya geçici atölyelerde yürütülebilir (Farmer, 2016).

SDİ, geleneksel inşaat yöntemlerini dışlayan bir alternatif değildir ve çoğu inşaat projesinde değişen derecelerde uygulanan bir dizi uygulama ve yöntemi ifade eder (van Vuuren & Middleton, 2019). Bu bağlamda saha dışında yapılan inşaat faaliyetinin türü ve tamamlanma seviyesine göre kategorize edilmektedir.

Saha dışı inşaat, araştırmacılar tarafından farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır (**Tablo 1.3**). Bu sınıflandırmalarda bazı terimler birbirlerinin yerine kullanılabilmekte ve kategori sayıları değişebilmektedir. Ancak çoğunlukla saha dışı inşaatın; bileşenler, paneller/hacimsel olmayan elemanlar (2D), hacimsel birimler/üniteler (3D) ve modüller/komple yapı olmak üzere dört kategoride ele alındığı görülmektedir:

1. Bileşenler (ör. lento, kolon, kiriş vs.)
2. Paneller/Hacimsel olmayan elemanlar (ör. duvar panelleri, döşeme panelleri)
3. Hacimsel birimler/Üniteler (ör. banyo ünitesi, mutfak ünitesi, asansör şaftları)
4. Modül/komple yapı (ör. otel modülleri, komple tamamlanmış bir tiny house)

Tablo 1.3: Literatürde saha dışı inşaatın sınıflandırılması (Ginigaddara (2019)'dan uyarlanmıştır.)

SAHA DIŞI İNŞAAT TÜRLERİ SINIFLANDIRMASI

	Gibb (2001); Gibb and Isack (2003)	POSTnote (2003)	Blismas et al. (2009)	Kempton (2010)	Boyd et al. (2013)	Steinhardt and Manley (2016)	Goh and Loosenore (2016)	Abanda et al. (2017)	Nguyen et al. (2018)	Lawson et al. (2014)	
1	Component manufacture and sub-assembly			Component manufacture and sub-assembly	Offsite pre-assembly		Offsite prefabrication	Component manufacture and sub-assembly	Manufactured components	Manufactured components	Kapı mobilyaları, ışık armatürleri, pencereler..
2	Non-volumetric pre-assembly	Panels	Non-volumetric pre-assembly	Panellised construction	Panellised system	Significant assemblies		Panellised	Linear or 2D manufactured assemblies	Elemental / planar systems	Duvar panelleri, boru tesisatı montajları, yapısal kesitler, kaplama panelleri..
3	Volumetric pre-assembly	Modules	Volumetric pre-assembly	Volumetric construction	Pods	Non-structural volumetric	Pods	Volumetric	3D volumetric modules	Modular and mixed construction systems	Tesis odası, tuvalet bölmeleri, asansör şaftları, merdiven..
4	Modular / Complete building		Modular building		Modular building	Structural volumetric	Complete modular	Modular systems	Complete building systems/ Modular	Complete building systems	Perakende satış noktaları, ofisler, hâpishaneler, çok katlı konut birimleri, otel odası..
				Hybrid				Hybrid			

Literatürde çoğunlukla 4 kategori altında aktarılmasında rağmen Ginigaddra vd. (2022) göre karmaşıklığın giderilmesi için modül ile komple bina tipolojileri ayrılmalıdır. Böylece SDİ; bileşenler, paneller/hacimsel olmayan elemanlar, hacimsel birimler/üniteler, modüller ve komple yapı olmak üzere 5 kategori altında ele alınabilir (Tablo 1.4).

Tablo 1.4: SDİ Kategorileri ve içerikleri

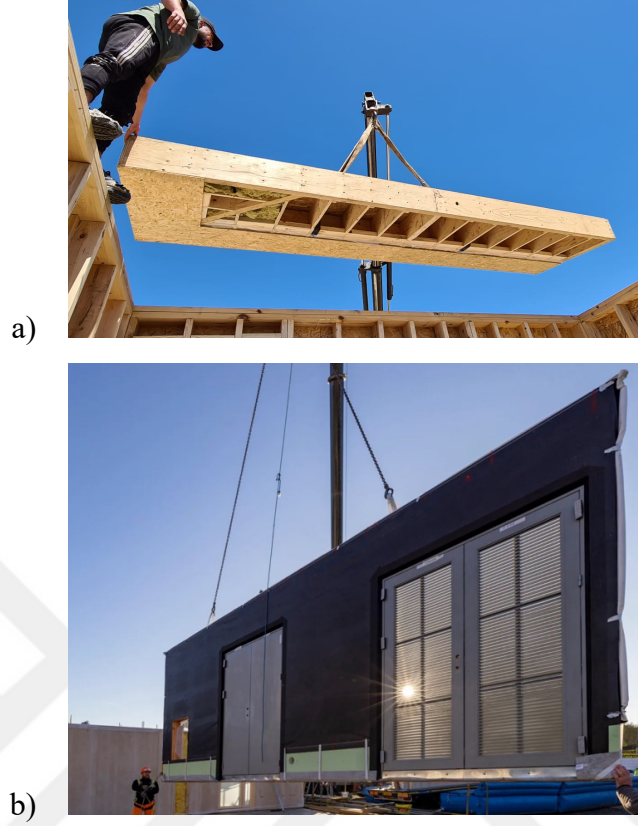
	<u>SDİ Kategorileri</u>	<u>İçerik</u>
1.	Bileşenler	Lento, kolon, kiriş, kapı, pencere...
2.	Paneller	Duvar panelleri, döşeme panelleri, çatı panelleri...
3.	Hacimsel Birimler/Üniteler	Banyo üniteleri, mutfak üniteleri, hapishane üniteleri ve bitki odası üniteleri...
4.	Modüller	Satış mağazaları, ofis blokları, okul binaları, çok katlı konut birimleri ve apartman blokları...
5.	Komple Bina	Küçük evler, ofis yapıları...

1) Bileşenler:

Yapıda bileşenler (*components*); kapı, pencere gibi yapısal olmayan yapı elemanları ile lento, kolon ve kiriş gibi tekil yapısal elemanlardır. Bileşenler daha küçük ölçekte gerekli, tam sistem kapsamına girmeyen ancak yapının bir parçası haline gelen parçalardır. Ayrıca bileşenler teslimat, depolama ve yerinde ustaca montaj gerektirir; bu da nihai kullanımdan önce önemli miktarda yerinde inşaat gerektirir (Taylor, 2010).

2) Paneller/Hacimsel olmayan elemanlar:

Paneller/hacimsel olmayan elemanlar duvar, çatı, döşeme gibi yatay yapı elemanlarıdır. Açık paneller, kapalı paneller, kompozit paneller ve perde duvarlar gibi çeşitli panel türleri (Şekil 1.21) bulunmaktadır (Ginigaddara vd., 2019).



Şekil 1.21: a) açık panel; b) kapalı panel (Url-8)

3) Hacimsel birimler/Üniteler:

Saha dışı inşaatın üçüncü tipolojisi, ayrılabilir, taşıyıcı olmayan ve kendi kendine yeten kapalı 3 boyutlu ünitelerdir. Bu türden üniteler için “kapsül” (pod) terimi de kullanılmaktadır (Ginigaddara vd., 2019). Örnekler arasında banyo üniteleri (Şekil 1.22), mutfak üniteleri, hapishane üniteleri ve bitki odası üniteleri sayılabilir. Üniteler, bağımsız bir yapısal çerçevenin içine veya üzerine yerinde kurulmaktadır (Gibb, 2001). Bu nedenle, SDİ’nin bu tipolojisinde mekanik iç donanıma sahip ünitelerin taşınması ve şantiyede montajı büyük miktarda beceri gerektirir (Taylor, 2010).



Şekil 1.22: Ön üretimli banyo ünitesi (Url-9)

4) Modüller:

Saha dışı inşaatın bu kategorisinde yapı, farklı veya benzer modüllerin bir araya getirilmesiyle oluşturulmaktadır (Şekil 1.23). Modüler bir üretimde birimler, SDİ'nin üçüncü kategorisindeki hacimsel birimlere/ünitelere benzetilebilir ancak bu durumda modüller kullanılabilir alanı kapsamanın yanı sıra yapıyı oluşturmaktadır (Gibb, 2001).

Bir modül, komple demirbaşlar ve bağlantı parçaları dahil olmak üzere saha dışında üretildiği için kullanıma hazır bir yapı elemanıdır (Pan vd., 2008). Modüller tam binalar değildir ve karmaşık bir yapının bir kısmını oluşturur. Binanın tüm kullanılabilir alanı, iç kaplamalar ve yerinde taşınacak mekanik hizmetler, dikilme ve dış kaplamaların tamamlanması dahil olmak üzere çeşitli farklı modüller halinde saha dışında üretilebilmektedir (Gibb, 2001).

Perakende satış mağazaları, ofis blokları, okul binaları, çok katlı konut birimleri ve apartman blokları modüler binalara örnek gösterilebilir (Johansson ve Meiling, 2009).



Şekil 1.23: Modüler ahşap yapı örneği (Url-10)

5) Komple Yapı:

Komple yapı, tüm binanın tek bir ünite olarak saha dışında üretildiği ve daha sonra kurulmak ve temele bağlanmak üzere yerine taşındığı SDİ'nin son seviyesidir (Şekil 1.24). Komple binalar, bir fabrika tesisi içindeki binanın genel olarak tamamlanması nedeniyle önemli miktarda saha dışı beceri ve son derece minimum miktarda yerinde inşaat beceri içerir.

SDİ'taki komple binaların kritik yönlerinden biri lojistik yönetimidir. Çünkü binanın kendisi saha konumuna taşınacaktır ve bu sadece saha erişimini değil, aynı zamanda rota erişim denetimini de içerir (Ginigaddara vd., 2019).



Şekil 1.24: Bütün binanın saha dışında üretildiği bir yapı (Url-11)

1.2.2.1. Saha Dışı İnşaatın Faydaları

Geleneksel inşaat faaliyetleri doğası gereği emek yoğunudur ve esas olarak işçilerin performansı üretkenliği etkileyen kritik faktördür. Saha dışı inşaat, kontrollü bir fabrika ortamında üretimi kolaylaştırmaya ve otomatikleştirmeye çalışır (Vernikos vd., 2013; Gbadamosi vd., 2019). Bu sayede SDİ, kaynakların etkili ve verimli kullanımı; kusur, yeniden işleme, kaza ve atıkların azaltılması; projelerdeki değişkenliği karşılama yeteneği, üretilen projelerin kalitesinin ve değerinin artması ve daha sürdürülebilir bir son ürün için kanıtlanmış faydalara sahiptir (Yu, 2010; Xu & Wang, 2014). Ayrıca, saha dışı inşaat yöntemlerinin kullanımıyla bina üretimlerinin geleneksel tekniklere kıyasla daha az maliyetli, daha kısa inşaat süresine sahip ve daha çevre dostu bir inşaat süreciyle sonuçlanması beklenmektedir (Moghadam, 2014).

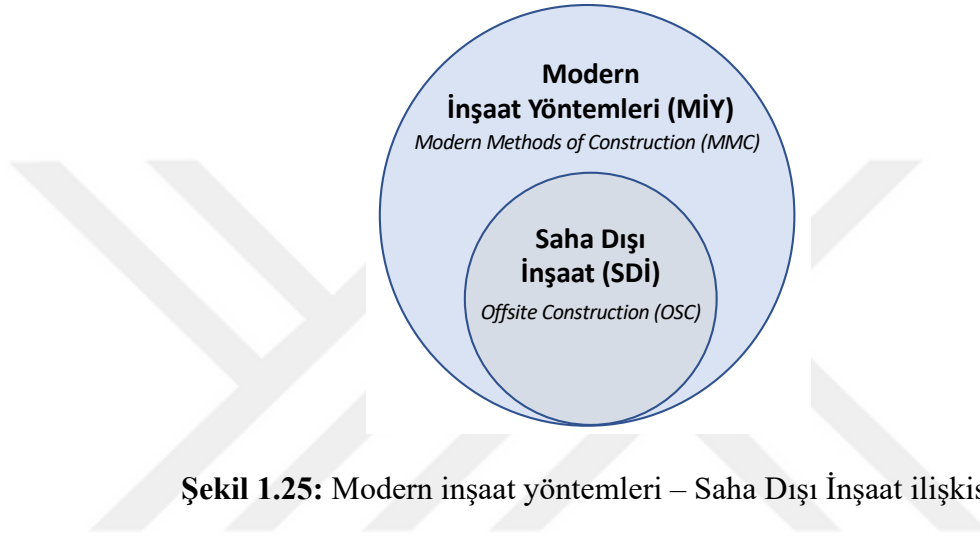
SDİ'nin faydaları genel olarak beş kategori altında incelenebilir: süreç, ürün, organizasyonel, pazarlama ve sosyal/çevresel faydalar (Ayinla vd. 2021). Tablo 1.5'te her bir kategori için temel yönler ve fayda örnekleri özetlenmiştir.

Tablo 1.5: Saha dışı inşaatın faydaları (Ayinla vd. (2021)'dan uyarlanmıştır).

Faydaları	Anahtar Yönler	Örnek
Süreç Faydaları	Zaman	Geleneksel yöntemlere göre %50-60'a kadar daha az teslimat hızı. Şantiyede daha az alışveriş olması nedeniyle daha iyi lojistik.
	Üretkenlik	Standardizasyon ve ölçek ekonomisi. İyileştirilmiş çalışma ortamı ve daha az dikkat dağıtıcı. Bir çeşit otomasyonun dahil edilmesi.
	Güvenlik	İyileştirilmiş çalışma koşulları ile artan iş sağlığı ve güvenliği. Kuru inşaat süreci.
	Performans	Yalın üretim yaklaşımı: resmi prosedürlere, uzmanlaşmaya ve kontrollü bir üretim sürecine yol açan süreçlerin standartlaştırılması.
Ürün Faydaları	Kalite	İyileştirilmiş çalışma koşulları ve kalite yönetimi sonucu daha kaliteli ürünler.
	Maliyet	Seri üretim ve standardizasyondan sağlanan tasarruflar sonucu bileşenlerin birim maliyetinin düşmesi. Artan maliyet kesinliği.
Organizasyonel Faydalar	Yönetim	Proje yönetimi ve program iyileştirmeleri ("yapısal faktör" olarak da adlandırılmaktadır.)
Pazarlama Faydaları	Müşteri Memnuniyeti	Kitlesel özelleştirmenin bir sonucu olarak müşteri memnuniyeti – müşterilerin SDİ tedarikçileriyle etkileşime girmesine ve değişimde ilişkiler kurmasına olanak tanır.
Sosyal/Çevresel Faydalar	Atık	Saha dışında üretim yapılması sayesinde projelerin en az atık üretimiyle yürütülmesi avantajını sunmaktadır.
	Etki	Çevresel etkinin azaltılması.
	Sağlık	İyileştirilmiş sağlık ve güvenlik uygulamaları.

1.2.3. Modern İnşaat Yöntemleri

“Modern İnşaat Yöntemleri” (Modern Methods of Construction- MMC) geleneksel ev inşasına alternatifler sağlayan saha dışı imalat ve şantiyede uygulanan teknikleri kapsayan geniş bir terimdir (**Şekil 1.25**). MİY, tüm evlerin fabrikada inşa edilmiş hacimsel modüllerden inşa edilmesinden, sahada beton blok döşemek için yenilikçi tekniklerin kullanılmasına kadar uzanır (van Vuuren & Middleton, 2019).



Şekil 1.25: Modern inşaat yöntemleri – Saha Dışı İnşaat ilişkisi

20. yüzyılın başlarından bu yana özellikle savaş sonrası dönemde, UK konut inşaatı üretimini artırmak amacıyla çeşitli alternatif inşaat yöntemlerine başvurulduğu önceki dönemler olmuştur. Her yinelemede yeni yaklaşımlar önemli faydalarla ilişkilendirilmiştir. Teslimat hızı, artan kalite, azaltılmış işçilik maliyetleri ve öngörülebilirlik bunlardan birkaçıdır (NHBC, 2018). “Modern İnşaat Yöntemleri tanım çerçevesi” (*The Modern Methods of Construction definition framework*), MİY için terminolojiyi standartlaştırmak ve MİY'nin kapsadığı inşaat tekniklerinin kapsamını tanımlamak amacıyla Birleşik Krallık'ta Konut, Topluluklar ve Yerel Yönetim Bakanlığı (Ministry of Housing, Communities & Local Government- MHCLG) tarafından geliştirilmiş ve yayımlanmıştır (MHCLG, 2019).

MİY; saha dışı inşaat, sahaya yakın üretim, yerinde ön imalat, süreç iyileştirmeleri ve teknoloji uygulamalarını kapsayan bir dizi yaklaşımdır. Bununla beraber akıllı inşaat, dijital teknikler ve saha dışı inşaatı kapsayan genel bir terimdir (MHCLG, 2019).

MİY tanım çerçevesinde yedi kategori bulunmaktadır ve kategori sistemi standart saha dışı inşaat literatüründeki sınıflandırmadan farklı bir yapıya sahiptir.

1.2.3.1. MİY Kategorileri

Modern inşaat yöntemleri çerçevesinde yer alan kategoriler 2019 yılında MHCLG (UK Konut, Topluluklar ve Yerel Yönetim Bakanlığı) tarafından tanımlanarak standartlaştırılmıştır (MHCLG, 2019). Kategorilerin ilk beşi “önceden imalat” yani “saha dışı inşaat” olarak kategorize edilir; altıncısı malzeme yeniliğidir ve yedincisi şantiye temelli iyileştirmelerle ilgilidir (Şekil 1.26).



Şekil 1.26: Modern İnşaat Yöntemleri kategorileri (MHCLG (2019)'dan uyarlanmıştır.)

Modern inşaat yöntemlerinin 7 kategorisi, MHCLG (2019) tarafından hazırlanan çerçevede aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır.

1) Üç Boyutlu Birincil Yapısal Sistemler: Hacimsel yapıya dayalı, kontrollü fabrika koşullarında üç boyutlu ünitelerin nihai kurulumdan önce üretilmesini içeren sistematik bir yaklaşımdır. Hacimsel üniteler, tüm iç-dış kaplamaları ve hizmetleri kurulu bir şekilde olabileceği gibi yalnızca temel bir hacimsel yapı olarak da sahaya getirilebilir. Bu kategori; apartman binalarındaki tam hacimsel üniteler, mini hacimsel yapısal üniteler, yapısal olarak istiflenmiş ve yüklenmiş banyo bölmeleri ve benzerlerini içerebilir.

2) İki Boyutlu Birincil Yapısal Sistemler: Çeşitli malzemelerden fabrika ortamında yapılmış zemin, duvar ve çatı yapıları için düz panellerin yerinde bir araya getirildiği bir yaklaşımdır. Bunlar genellikle iskelet yapılı 'açık' paneller veya servisleri, pencereleri, kaplamaları ve kaplamayı içerebilen 'kapalı' paneller olabilir.

3) Sistematik olmayan birincil yapısal bileşenler: Çerçevesel veya kütsel ahşap elemanlar, haddelenmiş çelik veya prekast betondan yapılmış ön üretimli yapısal elemanların kullanımı ifade eder. Yük taşıyan kirişler, kolonlar, duvarlar, çekirdek yapılar bu elemanlara dahildir. Bu kategori üst yapı elemanlarına odaklanmış olsa da önceden üretilmiş halka kirişler, kazık başlıkları, çakılmış kazıklar ve vida kazıkları gibi alt yapı elemanlarını da içermektedir.

4) Eklemeli Üretim: Dijital tasarım ve üretim tekniklerine dayalı olarak çeşitli malzemelerle bina parçalarının uzaktan, yerinde veya nihai çalışma yüzeyine basılması olarak ifade edilir. Bu kategoride üç boyutlu yazıcılara benzer teknolojiler kullanılmaktadır.

5) Yapısal olmayan düzenekler ve alt düzenekler: Mutfak ve banyo bölmeleri, yardımcı dolaplar ve yükselticiler gibi yapısal sistemin parçası olmayan hacimsel, panelize ve doğrusal düzenekleri içerir.

6) Malzeme veya ürün yenilikleri: Kurulum için gereken saha emeğinin kapsamını azaltmak için geniş formatta, önceden kesilmiş konfigürasyonlarda veya kolay birleştirme özelliklerine sahip geleneksel tek bina ürünlerini içerir.

7) Şantiye süreci iyileştirmeleri: Sahadaki süreçlerin iyileştirmesi için yenilikçi saha tabanlı inşaat tekniklerini kullanan yaklaşımları kapsar. Bu kategori ayrıca yalın inşaat tekniklerini, fiziksel ve dijital işçi artırımını, işgücü robotlarını, dış iskeletleri ve diğer giyilebilir cihazları, dronları, doğrulama araçlarını ve yeni teknoloji liderliğindeki tesis ve makinelerin benimsenmesini de içermektedir.

MİY çerçevesinde saha dışı inşaat ve şantiye sürecinin iyileştirilmesi bağlamında kullanılan farklı yapısal sistemler ve bileşenler bulunmaktadır. Tablo 1.6'da MİY'nde kullanılan yapısal sistemler ve bileşenleri özetlenmiştir.

Tablo 1.6: MİY’nde kullanılan yapısal sistemler ve bileşenleri (Kyjaková vd. (2014)’den uyarlanmıştır.)

	Sistemler	Bileşenler
Saha Dışı MİY (<i>offsite MMC</i>)	Hacimsel	Modüler İnşaat
		Ünite (Pod) İnşaatı
	Hibrit	Yarı Hacimsel İnşaat
	Panel	Açık Paneller
		Kapalı Paneller
		Yapısal Yalıtımlı Paneller- SIPS
		Kompozit Yapısal Olmayan Yalıtımlı Paneller
		Prefabrike Parçalar
		Prefabrike Hafif ve Çatı Panelleri
	Doğal Malzemeler	Ahşap Çerçeve konstrüksiyonu
		Çok Katmanlı Masif Kereste
		Yenilenebilir Malzemelerden Bileşenler
	Hafif cepheler	Ahşap çerçeveli yığma blok duvarlar
		Metal çerçeveli yığma blok duvarlar
		Havalandırılmalı Cephe sistemi
	Alt Montajlar ve Aksesuar Sistemleri	Zemin veya Çatı Kasetleri
		Prekast beton temel montajları
		Önceden monte edilmiş ürünler
Sahada MİY (<i>onsite MMC</i>)	Ön Üretimli Yardımcı Strüktürler (sahada monte edilen)	Tünel Kalıp
		Geleneksel Ahşap Çerçeve
		Yalıtımlı Beton Kalıbı (IFC)
		Kil Blok
		Ağır Ahşap Çerçeveli Binalar
		GLULAM Çerçeveli Binalar

1.2.3.2. Ön İmalat Değeri

Saha dışı inşaatın faydalarını ölçerken, farklı projelerden elde edilen sonuçları birbiriyle karşılaştırmaya ve analiz etmeye yardımcı olmak için bir projedeki saha dışı inşaatın olgunluğunu veya kapsamını tespit etmek önemlidir. “Ön imalat değeri” (premanufactured value- PMV), bir projede saha dışı inşaatın kapsamını ölçmenin bir yoludur (van Vuuren & Middleton, 2019).

“Ön imalat değeri” (ÖİD), ilk olarak 2016 yılında ‘The Farmer Review’da önceden üretilen bileşenlerin toplam inşaat projesi maliyeti içindeki oranını ölçmek

için bir ölçü olarak belirlendi. ÖİD daha sonra UK İnşaat Sektörü Anlaşması'nın 2018 Uygulama Planında inşaat sektöründe iyileştirme için birincil önlemlerden biri olarak kabul edildi (Cast Consultancy, 2021).

Yüzde olarak ifade edilen ölçü; projelerin saha işçiliğini ve ön hazırlık yoğunluğunu azaltan yenilikçi inşaat tekniklerini ne kadar uyguladığını belirlemeyi amaçlamaktadır. ÖİD ölçü sistemi, endüstri tarafından modernizasyona doğru bir yolculukta ilerlemenin grafiğini çıkarmak için kullanılacak katı, ölçülebilir ve genellikle fiziksel olarak görünür bir parametre olarak oluşturulmuştur (Cast Consultancy, 2021).

Ön imalat değeri belirlenirken;

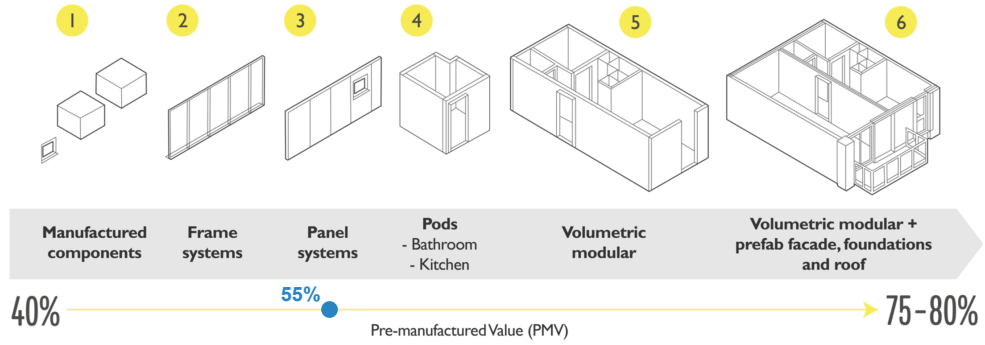
- Tüm malzemeler,
- Üretim öncesi süreçlerde uygulanan toplam işçilik, sabit ve değişken genel üretim giderleri,
- İlgili fabrika, lojistik ve nakliye maliyetleri,

dahil olmak üzere şantiyedeki nihai kurulumdan önce ortaya çıkan tüm maliyetler hesaba katılır (van Vuuren & Middleton, 2019). ÖİD, kabaca bir inşaat projesinin ön imalat giderlerinin brüt inşaat maliyetine oranıdır (**Şekil 1.27**).

$$\text{PMV \%} = \frac{\text{Pre-manufactured value (£)}}{\text{Gross Construction Cost (£)}} \times 100$$

Şekil 1.27: ÖİD hesaplama formülü (Cast Consultancy, 2021)

UK hükümeti konut üretimlerinde ÖİD değerinin en az % 55-60 olmasını talep etmektedir. Cast Consultancy (2021) ÖİD hesaplama programına göre geleneksel yöntemlerle inşa edilen bir konutun ÖİD değeri % 40'a yakındır. Aynı programa göre sadece bileşenlerin saha dışında üretilmesiyle ise ancak % 50'lik bir 'Ön İmalat Değeri'ne ulaşılabilmektedir. Bu bağlamda bir yapı üretiminin talep edilen %55-60 ÖİD seviyesine ulaşabilmesi için en azından 2 boyutlu elemanlar (panel) düzeyinde saha dışında üretilmesi gerekmektedir (**Şekil 1.28**).



Şekil 1.28: Ön imalat değeri ile saha dışında üretilen yapı birimi ilişkisi (Hong vd. (2023)’den uyarlamıştır.)

1.3. DÜNYADA AHŞAP KONUT SEKTÖRÜ

Dünya nüfusu her geçen gün hızlı bir şekilde artmakta ve insanların büyük çoğunluğu kırsaldan ziyade artık yapıli çevrelerin oluşturduğu büyük şehirlerde yaşamaktadır (UN-DESA, 2014). Şehir merkezlerine olan talebin artması mevcut az katli yapı stokunun yüksek katli yapılara dönüşmesi için baskı oluşturmaktadır. Yüksek katli yapıların üretiminde ise yoğun olarak kullanılan malzemeler beton ve çeliktir. Ancak, bu malzemelerin fazla üretimi ve kullanılması dünyadaki sınırlı maddi kaynakların tükenmesi ile atmosferin, suyun ve toprakların zehirlenmesinde önemli paya sahiptir (Organschi vd., 2015).

Küresel ölçekte inşaat endüstrisinin sebep olduğu çevresel zararlar karşısında yapısal ahşap kullanımının artırılması ve çok katli ahşap yapılar (WMC) oldukça dikkat çeken bir alternatif olarak ön plana çıkmaktadır (Organschi vd., 2015). Bilindiği üzere ahşap; karbon tutma, çevreye zarar vermeden sürdürülebilir bir şekilde üretilebilme gibi özellikleriyle doğal ve çevre dostu; kolay işlenebilme, hafif olma, hızlı ve kuru olarak inşa edilebilme gibi özellikleriyle de rekabetçi bir yapı malzemesidir. Bu sebeple birçok ülkede özellikle az katli konut yapılarında -20. yüzyılın sonlarına kadar yüksek ahşap yapıların yapımında hukuki kısıtlamalar olduğu için- sıklıkla tercih edilmiştir. Örneğin, İsveç’te ve ABD’de müstakil evlerin yaklaşık %90’ı (Hurmekoski vd., 2015; Dietz, 2020), Finlandiya’da %80’i (Kuzman vd., 2017), Avusturya’da %40’ı (Hurmekoski vd., 2015) ahşap taşıyıcı strüktür ile inşa edilmektedir. Az katli konut sektöründe yoğun olarak kullanılan yapısal ahşap, teknolojinin gelişimiyle yüksek katli yapıların taşıyıcı sistemlerinde de kullanılabilir

hale gelmiştir. Ancak çok katlı yapı sektöründe yaygınlaşabilmesi için ülkelerde yasal düzenlemelere ve teşvik politikalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

1.3.1. Ahşap Yapı Teşvik Politikaları ve Etkileri

Ahşap malzemesi teknolojik olarak yüksek yapıların üretimi için elverişli hale gelmiş olmasına rağmen inşaat sektörünün alışık olmadığı yeni bir yüksek katlı yapı üretim sistemine geçişi hızlı olamamaktadır. Bunun sebebi sektörün üretim biçimlerine göre alt sektörlerin oluşmasının ve yeni bir endüstrinin bu üretim biçimine göre şekillenmesinin gerekliliğidir. Bu durum inşaat sektörü için büyük bir değişimdir. İnşaat sektörü, genellikle teknolojik değişikliklerin birkaç on yıl aldığı, oturmuş ve yavaş değişen bir sektör olarak kabul edilir (Gann, 1994). Ayrıca, mevcut yerleşik bir inşaat sisteminin yol bağımlılığı, inşaat endüstrisindeki yeniliklerin yayılmasına direnebilir (Mahapatra & Gustavsson, 2009).

Ahşap çerçevelerin yavaş benimsenmesini açıklamak için yapılan araştırmalar, çok katlı binalardaki yapısal çerçevelerin seçiminde yerleşik malzemelere (betonarme ve çelik) güçlü yol bağımlılıkları (path dependency) olduğunu göstermektedir (Hemström vd., 2017).

Yerleşik bir sosyo-teknik rejimi değiştirmenin genellikle zor olduğu düşünülmektedir. Çünkü rejimin devamından yararlanan görevdeki aktörlerin bu yeni sisteme geçebilmek için mevcut uygulamalarını iyileştirmeleri ve yeni üretim biçimlerine yatırım yapmaları gerekmektedir. Dolayısıyla değişim sektörün direndiği bir durumdur (Geels, 2002; Geels & Schot, 2007). Bu sebeple de yapısal ahşabın kullanımının yaygınlaşmasını isteyen ülkelerde ahşap teşvik politikaları ile sektörün değişimi desteklenmektedir (**Tablo 1.7**)

Tablo 1.7: Dünyada ahşap teşvik politikaları (Şişman ve Balaban Ökten, 2023)

	DÜNYADA AHŞAP TEŞVİK POLİTİKALARI				
	Ülke	Yıl	Yasal Girişimler	Tür	Kapsam
1	FİNLANDİYA	1997	Time for Wood	Program	Ulusal
		2004	Ahşap Yapı İçin Arazi Kullanım Planlama Teşvikleri	Yasa	Ulusal
		2011	National Wood Construction Programme (2011–2015)	Program	Ulusal
		2016	The Wood Building Programme	Program	Ulusal
2	İSVEÇ	1997	Mevzuat Değişikliği	Yasa	Ulusal
		1997	Wood, Construction and Furniture Program	Program	Ulusal
		2006	Ulusal Ahşap Yapı Stratejisi	Program / Strateji	Bölgesel
		2012	Wood City 2012	Program / Strateji	Bölgesel
3	KANADA	2009	Wood First Act (British Columbia)	Yasa	Bölgesel
		2009	İnşaat için Ahşap Kullanım Stratejisi (Québec)	Yasa	Bölgesel
		2012	Wood First (Ontario)	Yasa	Bölgesel
		2018	Green Construction through Wood Program (GCWood)	Program	Ulusal
4	JAPONYA	1987	Mevzuat Değişikliği (BSL)	Yönetmelik	Ulusal
		1998	Mevzuat Değişikliği (BSL)	Yönetmelik	Ulusal
		2010	Act for Promotion of Use of Wood in Public Buildings	Yasa	Ulusal
		2014	Roadmap for Disseminating CLT (MLIT)	Strateji	Ulusal
5	İSVİÇRE	2009	Wood Resource Policy & Wood Action Plan	Yasa / Program	Ulusal
6	AB	2006	AB Sürdürülebilir Kalkınma Stratejisi	Program / Strateji	Uluslararası
		2011	EU Roadmap 2050	Strateji	Uluslararası
		2011	İnşaat Ürün Yönetmeliği	Yasa	Uluslararası
		2013	FTP Vision 2030	Strateji	Uluslararası
7	ALMANYA	1990	Ahşap Satışlarını Teşvik Fonu Yasası	Yasa	Ulusal
		2000	Offensive Holz & Natürlich Holz	Kampanya	Ulusal
		2002	Mevzuat Değişikliği (Musterbauordnung)	Yönetmelik	Ulusal
		2002	Charta für Holz (Ahşap Sözleşmesi)	Program	Ulusal
8	HOLLANDA	2013	Hollanda Tasarım Girişimi - Bir Ev İçin Bir Dime (10 cent)	Program	Ulusal
9	FRANSA	2016	ADIVBOIS	Program	Ulusal
		2020	Sustainability Law	Yasa	Ulusal
10	UK	1991	Mevzuat Değişikliği	Yönetmelik	Ulusal
		2000	Timber 2000	Kampanya	Ulusal
		2003	Modern Methods of Construction (MMC)	Strateji	Ulusal
		2008	Greener homes for the future	Kampanya	Ulusal
		2012	Timber First	Kampanya	Ulusal
11	AVUSTRALYA	2015	Ahşap Teşvik Politikaları (WEP)	Yasa	Bölgesel
12	YENİ ZELANDA	2015	Wood First Policy	Yasa	Bölgesel
13	TÜRKİYE	2018	Ahşap Kullanımını Yaygınlaştırma Projesi	Program / Strateji	Ulusal
		2023	Düşük Maliyetli Enerji Verimli Ahşap Binaların Teşvik Edilmesi	Program / Strateji	Ulusal

Dünyanın farklı coğrafyalarında birçok ülkede gerçekleştirilen politikalar genel olarak beş kategori altında incelenebilir: bilgi sağlayan ve gönüllü eylemi teşvik eden politikalar, çevresel normları geliştiren politikalar, binalardaki ahşabın oranına odaklanan politikalar, teknik özellikleri ve yapısal normları (yükseklik vb.) geliştiren politikalar ve kamu ihale politikaları olarak sıralanmaktadır (UNECE, 2016).

Tüm bu politikaların amaçları temel olarak üç maddede özetlenebilir. Bunlar, sera gazı (GHG) emisyonlarının azaltılması ve/veya iklim değişikliği politikalarının desteklenmesi, inşaat malzemelerinin çevresel etkilerinin azaltılması (gömülü enerji, su, atık vb. gibi) ve yerel bir ahşap ekonomisi ve kültürünün teşvik edilmesi olarak gruplanabilir (UNECE, 2016).

Araştırmada incelenen ülkelerden İsveç'te 1997'ye kadar üç katlı ahşap yapı üretimine izin yoktur. 1997'de yeni mevzuat ile özel izinler olmaksızın ahşap çerçeveli ve ahşap cepheli üç veya dört katlı konut ve ticari binaların inşasına izin verilmiştir (Kuzman vd., 2017). Mevzuattaki bu değişiklik çok katlı ahşap yapıların inşaatı ile ilgili çok sayıda geliştirme projesine yol açmıştır. 2006 yılında Ulusal Ahşap Yapı Stratejisi yayınlanmıştır. Bu strateji çerçevesinde Vaxjö, Falun ve Skelleftea kasabalarında çok katlı binaların inşasını içeren “girişim projeleri” ve inşaat sektöründe aktif olarak yer alanlar için sürekli eğitimler dahil olmak üzere bir dizi önlem uygulanmıştır (Bengtsson, 2009). Bu stratejiye göre kamu arazileri, yatırımcılara ahşap esaslı inşaat zorunlu olacak şekilde satılmaktadır. Bu stratejinin devamında 2012 yılında daha fazla belediye ve bölgeyi kapsayan Wood City adlı bir çalışma üniversite iş birlikleri ile başlatılmıştır. Bu politikalar sayesinde İsveç'te 2000'li yıllarda çok katlı ahşap yapı üretimi hiç bulunmazken, on beş yıl içinde çok katlı ahşap konut üretimi %15 oranına yükselmiştir (Kuzman vd., 2017).

Kanada'ya baktığımızda da 2009 yılında tüm yeni eyalet destekli binalarda temel yapı malzemesi olarak ahşabın kullanılmasını zorunlu kılan ve bir ahşap kültürünü hayata geçirmeyi amaçlayan yönetmelikler yayınlanmıştır (Bowyer, 2016). Bu düzenleme ile Kanada'da ilk kez altı katlı ahşap çerçeveli konut inşaatına izin verecek şekilde bina kodu değiştirilmiştir. 2018 yılında ise GCWood Programı ile yenilikçi ahşap kereste ürünleri ve sistemlerinin kullanılması için ekstra maliyetlerin % 100'üne kadar geri ödemesiz finans desteği devlet tarafından sağlanmıştır. Bu tür destekler endüstrinin yenilikçi ahşap üretimini desteklemek için kullandığı teşvik politikalarıdır. Bu sayede yenilikçi ürün üretimi desteklenerek gelecek ile ilgili ülke ekonomisine katma değer sağlayacak ürünler teşvik edilmiş olmaktadır. Bu politikalar sayesinde 2009'dan bu yana en az 400 çok katlı ahşap yapı projesi inşa edilmiştir (NRC, 2021).

İsviçre’de 2009 yılında Wood Resource Policy ve Wood Action Plan (Orman Kaynağı Politikası ve Ahşap Eylem Planı) yürürlüğe girmiştir. Orman kaynağı politikasının amacı, İsviçre ormanlarından elde edilen ahşabın sürdürülebilir ve kaynak açısından verimli bir şekilde tedarik edilmesini, işlenmesini ve kullanılmasını sağlamaktır. Ahşap eylem planı, orman kaynağı politikasının uygulanması için en önemli politika aracıdır. Program hedeflerine ulaşılmasına katkıda bulunan 200’ün üzerinde proje, 2009-2016 yılları arasında uygulanmıştır. İsviçre’de çok aileli konutlar için yeni yangın güvenliği yönetmeliklerinin geliştirilmesi, ilk kez yeni yapı formlarında ahşap pazarını açmıştır. Yeni yangın güvenliği yönetmeliğinin 2005 yılında yürürlüğe girmesinden bu yana, İsviçre’de yaklaşık 1.500 çok katlı ahşap çerçeveli bina tamamlanmıştır (UNECE, 2016).

Japonya’da 1987’de yangın yönetmeliğinde yapılan değişiklik yangından korunma alanları dışındaki tüm alanlara üç katlı ahşap bina inşa etmeyi mümkün kılmıştır. Bu değişiklik, Japonya’da ahşap yapıların yeniden canlanması için bir dönüm noktası olmuştur. 2010 yılında yürürlüğe giren “Act for Promotion of Use of Wood in Public Buildings” kanunu, üç ve daha az katlı kamu binaları ile özel olarak finanse edilen kamusal fonksiyonlu binalar için ahşabın birincil yapı malzemesi olarak kullanılmasını zorunlu kılınmıştır (Goto vd., 2018). Kanun aynı zamanda nitelikli ahşap malzeme üreticilerine verilen devlet kredilerinin vade tarihini uzatmakta ve nitelikli ahşap malzeme üreticileri için geliştirme izinlerini kolaylaştırmaktadır. 2014 yılında CLT üretimini teşvik eden politikalar yayınlanmıştır. Böylece 2015 yılında Japonya’da ağırlıklı olarak konut kullanımı amaçlı ve üç kattan yüksek olmayan toplam 52 milyon m2 yeni ahşap bina inşa edilmiştir (Passarelli & Koshihara, 2018).

Genel olarak bakıldığında ülkelerde uygulanan ahşap teşvik politikalarının olumlu sonuçları görülmektedir. Politikaların uygulandığı birçok ülkede ahşap yapı inşaatlarında artış olmuştur. Özellikle de ahşap konut inşaatlarında belirgin bir artış gözlemlenmektedir. Bu durum İsveç, Finlandiya, Birleşik Krallık (UK), Almanya, İsviçre ve Japonya’ya ait farklı yıllardaki ahşap teşvik uygulamaları ve ahşap konut oranları verilerinin yer aldığı Tablo 1.8’de net bir şekilde görülebilir.

Tablo 1.8: Altı ülkede ahşap teşvik politikaları ve ahşap konut oranları (Şişman ve Balaban Ökten, 2023)

Ülke	Politika	Tür	Kapsam	Yıl	Yapı Türü	Yıl	Ahşap Yapı Oranı
İSVEÇ	Mevzuat Değişikliği	Yönetmelik	Ulusal	1997	Müstakil konut	1994	90%
	Wood, Construction and Furniture Program	Program	Ulusal	1997		2017	90%
	Ulusal Ahşap Yapı Stratejisi (Växjö)	Program	Bölgesel	2006	Çok katlı konut	1994	0%
	Wood City	Program	Bölgesel	2012		2017	15%
FİNLANDIYA	Time for Wood	Kampanya	Ulusal	1997	Müstakil konut	1997	80%
	Ahşap Yapı İçin Arazi Kullanım Planlama Teşvikleri	Yasa	Ulusal	2004		2015	80%
	National Wood Construction Programme	Program	Ulusal	2011	Çok katlı konut	2010	1%
	The Wood Building Programme	Program	Ulusal	2016		2015	10%
UK	Mevzuat Değişikliği	Yönetmelik	Ulusal	1991	Müstakil konut	1998	8%
	Timber 2000	Kampanya	Ulusal	2000		2016	28%
	Modern Methods of Construction (MMC)	Strateji	Ulusal	2003	Çok katlı konut	1998	0%
	Greener homes for the future	Kampanya	Ulusal	2008		2014	0%
ALMANYA	Ahşap Satışlarını Teşvik Fonu Yasası	Yasa	Ulusal	1990	Konut	2000	2,7%
	Offensive Holz & Natürlich Holz	Kampanya	Ulusal	2000		2014	14%
	Mevzuat Değişikliği (Musterbauordnung)	Yönetmelik	Ulusal	2002	Çok katlı konut	2000	0%
	Charta für Holz (Ahşap Sözleşmesi)	Program	Ulusal	2002		2014	2%
İSVİÇRE	Yangın yönetmeliğinin güncellenmesi	Yönetmelik	Ulusal	2005	Müstakil konut	2005	11,4%
						2017	18,2%
	Wood Resource Policy & Wood Action Plan	Yasa/Program	Ulusal	2009	Çok aileli konut	2005	3,6%
						2017	14,5%
JAPONYA	Mevzuat Değişikliği (BSL)	Yönetmelik	Ulusal	1987	Müstakil Konut	1990	42%
	Mevzuat Değişikliği (BSL)	Yönetmelik	Ulusal	1998		2020	80%
	Act for Promotion of Use of Wood in Public Buildings	Yasa	Ulusal	2010	Konut	1990	42%
	Roadmap for Disseminating CLT (MLIT)	Strateji	Ulusal	2014		2020	56%

Literatür üzerinden elde edilen verilere göre çok katlı ahşap konut oranı İsveç'te yaklaşık 20 yılda % 0'dan % 15'e, Finlandiya'da da 5 yılda % 0'dan % 10'a çıkmıştır. Birleşik Krallık'taki uygulamalar ise etkisini müstakil konutlarda göstermiştir. Müstakil konutlardaki ahşap yapı oranı 1998'de % 8 iken 2016'da % 28'e yükselmiştir. Almanya'da konutların genelinde ahşap kullanım oranında artış olmuştur. Yaklaşık 15 yılda konutlardaki ahşap yapı oranı % 2,7'den % 14'e gelmiştir. İsviçre'de hem müstakil konutlarda hem de çok aileli konutlarda ahşap yapı oranları artış göstermiştir. Özellikle çok aileli ahşap konutlar yaklaşık 10 yılda yüzde olarak 4

katına çıkmıştır. Japonya’da da genel olarak konutların ahşap yapıyla inşa edilme oranları artmıştır. Ancak müstakil konutlardaki ahşap yapı oranındaki gelişme oldukça dikkat çekicidir. 1990’da % 42 olan ahşap yapı oranı 2020’ye gelindiğinde % 80’e ulaşmıştır.

Ahşap teşvik politikalarının ilk olarak 1990’lı yıllarda İskandinav ülkeleri, Birleşik Krallık (UK) ve Japonya’da uygulanmaya başladığı görülmektedir. Daha sonra birçok ülke tarafından farklı varyasyonlarla uygulanan ve kamu/kültür yapılarını da içeren geniş kapsamlı bu politikaların en çok konut sektöründe etkili olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumun ortaya çıkmasında dünya genelinde ahşap yapıların büyük çoğunluğunu konut yapılarının oluşturmasının etkili olduğu söylenebilir. Uygulanan politikalar sayesinde çok katlı ahşap konutlarda İsveç ve Finlandiya, müstakil ahşap konutlarda ise Birleşik Krallık (UK) ve Japonya en fazla artışın yaşandığı ülkeler olarak dikkat çekmektedir. Dünyadaki tabloya genel olarak bakıldığında ahşap teşvik politikalarının doğru ve kararlı bir şekilde uygulanmasıyla ülkelerde ahşap konut oranlarında net bir artış elde etmenin mümkün olduğu görülmektedir.

1.3.1.1. Türkiye’de Ahşap Yapı Teşvik Politikaları

Dünyada orman varlığının bulunduğu birçok ülkede olduğu gibi ülkemizin yer aldığı coğrafyada da köklü bir ahşap yapı geleneği bulunmaktadır. Özellikle Osmanlı döneminde inşa edilen konutların çoğunluğu ahşap karkas yapılardır (Avlar & Yıldırım, 2021). Öyle ki 20. yüzyılın başında İstanbul evlerinin % 95’inin ahşap karkas yöntemlerle inşa edildiği bildirilmektedir (Günay, 2016).

20. yüzyıla kadar konut varlığının büyük bir kısmı ahşap malzeme ile inşa edilen Türkiye’de 1940’lı yıllardan itibaren inşaat sektöründe belirgin bir dönüşüm görülmektedir. Hızlı kentleşmeye bağlı olarak artan nüfus dolayısıyla arsa fiyatlarının yükselişi ve inşaat maliyetlerinin azaltılma çabası yapıları dikey gelişime yönlendirmiştir (Avlar, 2008; Çalışkan vd., 2019). Böylece Türkiye’de geleneksel sivil ahşap mimari yapılar yerini yüksek katlı betonarme yapılara bırakmıştır (Çalışkan vd., 2019). Yıllar geçtikçe betonarme yapıım sistemine olan yönelim artarak devam etmiş ve 21. yüzyıla gelindiğinde ahşabın yapılarda taşıyıcı olarak kullanımı % 0,28 gibi oldukça düşük bir noktaya gerilemiştir (TÜİK, 2020).

Endüstriyel anlamda gelişmiş ülkeler tarafından sağladığı birçok yapısal ve çevresel avantajlar nedeniyle özellikle konut yapılarında yaygın bir şekilde tercih edilen ve yeni yapıların inşasında da kullanımı teşvik edilen ahşabın, ülkemizde 20. Yüzyıldan itibaren yeterli düzeyde ilgi gördüğünü ve teşvik edildiğini söylemek güçtür. Ancak, 2000 yılında kurulan Ulusal Ahşap Birliği (UAB) ve 1993'te faaliyete geçen TORİD derneğinin ortaya koyduğu çabalar sonucunda son yıllarda bu alanda bir takım gelişmelerden bahsedilebilir. Özellikle ahşap yapılara yönelik eğitim ve toplumsal farkındalığı artırma faaliyetlerinde bulunan bu dernekler ahşap yapı standartları, yönetmelikleri ve teşvik politikalarının üretilmesi için de gayret göstermektedirler.

Türkiye'de ahşap teşvik politikaları bağlamındaki en önemli gelişmelerin başında Türkiye Cumhuriyeti Strateji Bütçe Başkanlığı'nın 2018 yılında OGM / UNDP / UAB / TORİD işbirliğiyle yürürlüğe koyduğu "Ahşap Kullanımını Yaygınlaştırma Projesi" gelmektedir (SBB, 2018). Bu proje kapsamında ülkemizde Masif Ahşap Sektörü Raporu hazırlanmıştır (Özertan & Çoşkun, 2021). Ayrıca yapı malzemesi olarak kullanılacak Karaçam, Gökmar, Kızılçam, Sarıçam, Sedir ve Ladin ağaç türlerinin mukavemet testleri yapılmış ve sınıfları belirlenmiştir. Bunlardan Karaçam ve Gökmar ağaç türleri uluslararası CEN onayı alarak TS EN 1912 standardında yayımlanmıştır. Diğer türlerin onay ve yayın süreçleri devam etmektedir. Bunların yanı sıra mimar ve mühendisler için yol göstermesi amacıyla örnek çok katlı konut ve eğitim binası projeleri hazırlanmıştır (OGM, 2022).

Yine bu teşvik projesi kapsamında UAB ve TORİD işbirliğiyle uzun soluklu seminer dizileri düzenlenmiştir. Bu etkinliklerle mimar ve mühendisler başta olmak üzere sektörde faaliyet gösteren paydaşların ahşap alanındaki bilgileri ve farkındalığı artırılmaya çalışılmıştır. Bu faaliyetlere katılanların sayısının yıllar geçtikçe artması yapılan çalışmaların toplumsal farkındalık açısından olumlu etkileri olduğuna işaret etmektedir.

Ahşap yapıların tekrar yaygınlaşabilmesi ve inşaat sektöründe yer edinebilmesi için eğitim ve toplumsal farkındalığın yanında hukuki zeminde kurallar, yönetmelikler ve standartlar gerekmektedir. Türkiye'de cumhuriyet döneminde ahşap yapılarla ilgili yayımlanan yönetmelikler ve standartlar şu şekilde sıralanabilir:

- İtalyan Yapı Talimatnamesi 1940,

- TS 647; Ahşap Yapıların Hesap ve Yapım Kuralları 1979,
- Genel Teknik Şartname 1985,
- ABYYHY 1997; Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik,
- İstanbul İmar Yönetmeliği 2007,
- TBDY 2018; Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği,
- TS EN 1995-1-1; Ahşap Yapıların Tasarımı Bölüm 1-1.

Tüm bu yönetmelikler ve standartlar incelendiğinde her birinde farklı açılardan eksiklikler olduğu, bu nedenle belirli aralıklarla güncellendiği görülmektedir (Avlar & Yıldırım, 2021; Çalışkan vd., 2019). En son yayımlanan 2018 Türkiye Bina Deprem Yönetmeliğinde ahşap yapılarla ilgili bir bölüm yer almaktadır. Ancak bu yönetmelikte de özellikle CLT ve GLULAM gibi endüstriyel ahşap elemanlarla ve modern yöntemlerle inşa edilecek yapılar için yeterli bilgilerin olmadığı ve yapısal tasarım detaylarına bağlı olarak yükseklik sınırlamalarının çok kısıtlı olduğu gözlemlenmektedir. Bu nedenle 2021 yılında OGM, UAB ve TORİD’in desteğiyle Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından ahşap binaların tasarım, hesap ve yapım esaslarına dair yönetmelik hazırlama çalışmaları başlatılmıştır.

2023’ün Mart ayında taslak olarak tamamlanıp görüş ve öneriler için uzmanlara yönlendirilen yönetmelik, kontrol ve onay sürecinden sonra 24 Mart 2024 tarihinde yayımlanmıştır. Ancak, yönetmeliğin 01 Ocak 2025 tarihi itibarıyla yürürlüğe gireceği belirtilmiştir (ResmiGazete, 2024).

Bu gelişmelerin dışında Türkiye Cumhuriyeti Strateji Bütçe Başkanlığı’nın On Birinci Kalkınma Planı’nda (2019-2023) “odun hammadde ihtiyacının karşılanmasına yönelik olarak hızlı gelişen türlerle endüstriyel plantasyonların kurulmasına imkan verilecektir” (415.4. madde) ve “ahşap kullanımının yaygınlaştırılması ve standartlarının belirlenmesi sağlanacaktır” (415.5. madde) kararları yer almıştır (SBB, 2019).

2019 yılı Tarım Orman Şurası Kararlarının 42. maddesinde de “ahşap kullanımının yaygınlaştırılması, yapısal ahşap standartlarının belirlenmesi ve ahşap yapı mevzuatlarının düzenlenmesi” ibaresi bulunmaktadır. Ayrıca, Türkiye Cumhuriyeti Strateji Bütçe Başkanlığı’nın yayımladığı Yeni Ekonomik Plan 2021-2023 programında “Depreme dayanıklılığı ve ısı yalıtımını artırmak, çevre dostu

malzemelerin kullanımını yaygınlaştırmak için inşaat sektöründe yapısal ahşap kullanımını artıracak, endüstriyel ve ekonomik değeri olan ağaçların dikimi yaygınlaştırılacaktır” ifadesine yer verilmiştir (SBB, 2020).

Yerel kurumların yanı sıra uluslararası kuruluşlar da iklim değişikliği ve çevre sorunları bağlamında Türkiye inşaat sektöründe ahşabın payının artırılmasını desteklemektedir. Bu doğrultuda UNDP, OGM, UAB ve TORİD işbirliği ile 2018 yılında GEF (Küresel Çevre Fonu) nezdinde “Türkiye’de Düşük Maliyetli Enerji Verimli Ahşap Binaların Teşvik Edilmesi” başlıklı bir proje çalışması başlatılmıştır. Uluslararası BM onay aşamalarını tamamlayan ve 2023 yılı içerisinde uygulanmaya başlayan proje kapsamında 49.200.000 \$ destek bütçesiyle 2028 yılına kadar yaklaşık 575,000 m2 yeni ahşap yapı yapılması hedeflenmektedir. Farklı fonksiyonlarda en az 6 pilot binanın inşa edileceği projenin tamamlanmasının ardından üç yıl içerisinde ise yeni inşa edilen ahşap yapı miktarının 1,5 milyon m2’ye ulaşması beklenmektedir (GEF, 2023).

Dünya geneline bakıldığında Türkiye’nin hem ahşap yapı stoku olarak hem de ahşap teşvik politikalarını uygulama noktasında diğer ülkelere nazaran geriden geldiği ortadadır. Ancak son beş yılda yapılan çalışmalar ve uygulanma aşamasına gelen projeler göz önüne alınırsa Türkiye ahşap yapı sektöründe kısa süre içerisinde ivmeli bir gelişme görmek mümkün olabilir.

1.4. TÜRKİYE AHŞAP KONUT SEKTÖRÜ

Ülkemizin yer aldığı coğrafyada asırlar boyu süren ahşap konut geleneği bulunmaktadır. Özellikle Osmanlı döneminde inşa edilen konutların çoğunluğu ahşap karkas yapılardır (Avlar & Yıldırım, 2021). 20. yüzyıla kadar konut varlığının büyük bir kısmı ahşap malzeme ile inşa edilen Türkiye inşaat sektöründe 1940’lı yıllardan itibaren belirgin bir dönüşüm yaşanmıştır. Hızlı kentleşmeye bağlı olarak artan nüfus dolayısıyla arsa fiyatlarının yükselişi ve inşaat maliyetlerinin azaltılma çabası yapıları dikey gelişime yönlendirmiştir (Avlar, 2008; Çalışkan vd., 2019). O dönemde ülkemizde ahşap alanındaki teknolojik gelişmeler yeterince takip edilmediği ve bu alanda yeterli Ar-Ge çalışmaları yapılmadığı için gereksinimi karşılayacak yüksek katlı ahşap yapılar yapılamamıştır. Böylece Türkiye’de geleneksel sivil ahşap mimari yapılar yerini yüksek katlı betonarme yapılara bırakmıştır (Çalışkan vd., 2019). Yıllar

geçtikçe betonarme yapım sistemine olan yönelim artarak devam etmiş ve 1955'te yapı ruhsatı alınan betonarme yapı oranı % 5,6 iken 2000 yılında % 90'7'ye ulaşmıştır (Tekin ve Akpınar, 2014). Buna karşılık TÜİK raporlarından elde edilen verilere göre 1990-2019 yılları arası ahşap yapı sayısının tüm bina inşaatlarına oranı % 0,39 gibi oldukça düşük seviyeye gerilemiştir (**Tablo 1.9**).

Tablo 1.9: 1990-2019 yılları arası ahşap yapı oranları (Kurul, 2019; Gün; 2021)

Yıllar	Ahşap Yapı Sayısı (Ad.)	Toplam Bina Sayısı (Ad.)	Ahşap Yapı Oranı (%)
1990-2000	11401	2381642	0,47%
2001-2019	5573	1960358	0,28%
TOPLAM	16974	4342000	0,39%

TÜİK'in son 30 yılı kapsayan verilerinden anlaşılacağı üzere ülkemizde ahşap yapı sektörü toplam konut inşaatı sektörünün %1'ini bile oluşturamamaya aşırdı derecede daralmıştır. Son yüz yılda farklı nedenlerle çok fazla küçülen sektörle ilgili veri sunan kaynaklar da oldukça sınırlıdır. TÜİK'in taşıyıcı sistemlerine göre yıllar içinde alınan yapı ruhsatı verilerinin dışında birkaç akademik çalışma bulunmaktadır (**Tablo 1.10**).

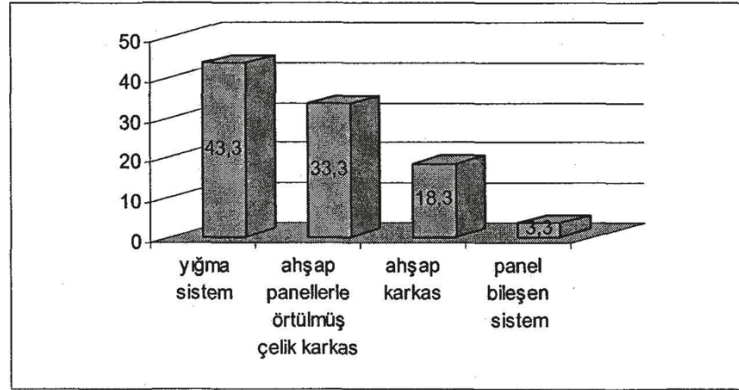
Tablo 1.10: Türkiye ahşap yapı sektörünün durumuyla ilgili akademik çalışmalar

Tür	Adı	Yazar	Yıl	Konu
1 DR Tezi	Ahşap Yapılar, Türkiye'de Ahşap Yapı Endüstrisinin Durumu, Sorunlar ve Çözüm Önerileri	Abdullah TOĞAY	2002	Sektörün durumu ve genel öneriler
2 Makale	Ahşap Yapı Endüstrisinin Tanımı, Sınıflandırılması, Türkiye'de Uygulanan Üretim Teknikleri	Yalçın ÖRS; Abdullah TOĞAY	2003	Sektörün durumu ve genel öneriler
3 YL Tezi	Türkiye'de Ahşap Yapı Endüstrisi	Fatih KURUL	2019	Sektördeki firmaların durumu ve genel öneriler

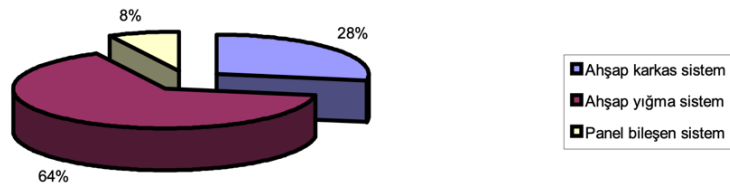
Literatüre bakıldığında Abdullah Toğay'ın 2002 yılında hazırladığı "Ahşap Yapılar, Türkiyede Ahşap Yapı Endüstrisinin Durumu, Sorunları ve Çözüm Önerileri" başlıklı doktora tezi, 2003 yılında Yalçın Örs ile beraber yayımladığı makalesi ve Fatih Kurul'un 2019 yılında tamamladığı "Türkiye'de Ahşap Yapı Endüstrisi" başlıklı yüksek lisans tezi bu alanda istisna olarak durmaktadır. Bu araştırmalar hazırlandıkları dönemlerde sektörde faaliyet gösteren firmalar, kullanılan ahşap yapı sistemleri ve yapım yöntemlerine dair veriler aktarmaktadır.

Bu araştırmalardan önce Prof. Dr. Erkan Avlar'ın 1995 yılında tamamladığı “Türkiye’deki konut açığının giderilebilmesinde önyapımlı ahşap konut üretiminin uygulanabilirliği yönünde bir model önerisi” başlıklı doktora tezinde bazı firmalar ve kullandıkları yapım sistemleri paylaşılsa da, sektördeki firmaların genelini kapsayan ve nicel oransal değerleri içeren bir veri bulunmamaktadır. Bu nedenle, Türkiye ahşap yapı sektörünün durumunu tespit etmeye yönelik kapsamlı ilk akademik çalışma olarak Toğay’ın 2002 yılındaki doktora tezi çalışması gösterilebilir. Sektörle ilgili birçok veri de bu çalışmaya dayanmaktadır.

Toğay’ın (2002) çalışmasına göre 2002 yılında ahşap yapı sektöründe faaliyet gösteren 60 işletme bulunmaktadır. Bu dönemde sektör içerisindeki firmaların %43,3’ü yığma sistemle (kütük ev), % 18,3’ü ahşap karkas sistemle, % 33,3’ü ahşap panellerle örtölmüş elik taşıyıcı karkas sistemle, % 3,3’ü panel bileşen sistemle üretim gerçekleştirmektedir (Şekil 1.29). Bu oranlar Örs ve Toğay’ın 2003 yılında 40 firmayla görüşerek hazırladığı araştırmada güncellenmiştir. Bu çalışmada ahşap panellerle örtölmüş elik taşıyıcı karkas sistem kategorisi kaldırılmış ve yeni ahşap yapı üretim sistemi dağılım değerleri % 64 ahşap yığma, % 28 ahşap karkas ve % 8 panel bileşen sistem olarak tespit edilmiştir (Şekil 1.30).

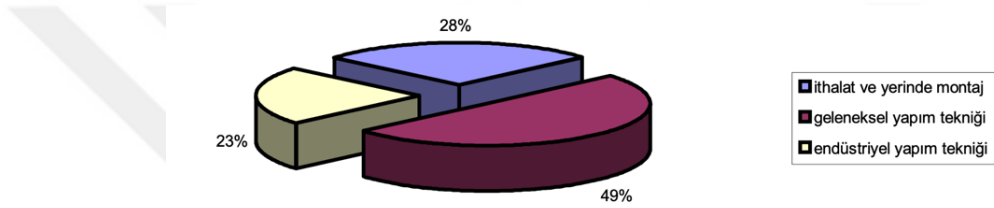


Şekil 1.29: 2002 yılı üretim sistemleri dağılım değerleri (Toğay, 2002)



Şekil 1.30: 2003 yılı üretim sistemleri dağılım değerleri (Örs ve Toğay, 2003)

Araştırmada kabul edilen ahşap konut tanımı gereği çelik taşıyıcılı yapıların dışarıda bırakıldığı 2003 yılındaki üretim sistemi dağılım oranları daha doğru bir veri olarak gözükmektedir. Bu çalışmada ayrıca Türkiye ahşap yapı sektöründeki üretimin % 49 oranında geleneksel teknikler ve % 51 oranında endüstriyel yapım teknikleri kapsamında gerçekleştirildiği belirtilmektedir. Endüstriyel olarak üretildiği belirtilen % 51’lik bölümün % 28’ini ön imalatı tamamlanmış yapıları ithal edip sadece montajını yapan firmalar oluşturmaktadır (Şekil 1.31). Endüstriyel yapım teknikleriyle kendi üretimlerini yapan firmaların oranı ise % 23 olarak bildirilmektedir (Örs ve Toğay, 2003).



Şekil 1.31: 2003 yılı ahşap yapı üretim teknikleri oranları (Örs ve Toğay, 2003)

Örs ve Toğay’ın (2003) çalışmasında ahşap konut üretim teknikleri endüstriyel ve geleneksel olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Ancak ‘modern inşaat yöntemleri’ yaklaşımında endüstriyel üretim teknikleri ‘saha dışı inşaat’ (offsite construction) kavramıyla beraber ön imalat değerine göre derecelendirilmektedir. Örneğin, bir uluslararası danışmanlık şirketi olan Cast Consultancy’nin raporuna göre geleneksel bir inşaatla bile ön imalat değeri % 40 civarındadır ve saha dışı inşaat yaklaşımı altında Birleşik Krallık’ta bu oranın en az % 55-60 değerini yakalaması beklenmektedir (Cast Consultancy, 2021). Dolayısıyla bir üretim sisteminin endüstriyel olarak tanımlanması günümüzde tek başına bir veri olarak yeterli olmamaktadır. Yapının üretimindeki ön imalat değerinin tespiti hangi seviyede endüstriyel bir üretim olduğu ya da saha dışı inşaat olgunluğunun belirlenmesi noktasında sınıflandırma yapılabilmesi için önem arz etmektedir.

Örs ve Toğay’ın 2003 yılında tamamladıkları sektör araştırmasından yaklaşık 15 yıl sonra orman endüstri mühendisi Fatih Kurul yüksek lisans tezi kapsamında benzer bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu araştırmayla aradan geçen zaman diliminde sektördeki benzerlikler ve değişimler ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

Kurul'un araştırmasına göre 2019 yılında sektörde faaliyet gösteren firma sayısı 41'dir ve 2002'de tespit edilen 60 firmadan sadece 1 tanesi halen aktiftir. Bu araştırma kapsamında yapılan anket çalışmasına 41 firmadan 21 firma'ı (% 51) katılım göstermiştir ve anket verilerine göre sektördeki firmaların tamamı orta veya küçük ölçeklidir (Kurul, 2019). Bu çalışmada da firmaların kullandıkları yapım yöntemleri ve ahşap yapı sistemlerine dair oransal veriler paylaşılmaktadır. Ancak araştırmadaki yapım sistemi belirleme kriterlerinin tartışmalı olması nedeniyle bu veriler sağlıklı gözükmemektedir. Araştırmada belirlenen kriterler nedeniyle Burak Gün'ün (2021) yüksek lisans tez çalışmasında 2000-2019 yılları arası ahşap yapı oranları ortalaması % 0,28 iken, Kurul'un (2019) çalışmasında 2002-2018 arası ahşap yapı oranları ortalaması % 0,97 olarak hesaplanmaktadır (Gün, 2021; Kurul, 2019). Bu aradaki fark normal gözükmemektedir. Ayrıca Kurul'un çalışmasına göre firmaların % 80'inin panel sistemli üretim yaptığı belirtilmektedir. Ancak, ileride detayları paylaşılacak olan firmalarla yapılan telefon görüşmeleri sonucunda üretim sistemi oranlarının bu şekilde olmadığı anlaşılmıştır.

Toğay (2002) ve Kurul'un (2019) araştırmaları sektördeki firmalar ve ahşap yapı sistemi oranlarının yanı sıra genel sorunlar ve çözüm önerisiyle ilgili de önemli veriler sunmaktadır. Toğay'ın (2002) araştırmasına göre ahşap konut üretiminde 2000'li yılların başlarında yaşanan sorunlar önem sırasına göre Tablo 1.11'de gösterilmektedir.

Tablo 1.11: 2002'li yılların başlarında ahşap konut üretiminde yaşanan sorunlar
(Toğay, 2002)

1.	Yasa ve yönetmeliklerdeki eksiklik (% 28)
2.	Yerli hammadde yetersizliği (% 22)
3.	Eğitimli kalifiye eleman eksikliği (% 14)
4.	Mali sorunlar (% 11)
5.	Ruhsat alımında belediyelerde yaşanan zorluklar (% 8)
6.	İşçi sorunları (% 7)
7.	İthal hammadde yetersizliği (% 4)
8.	KDV oranının yüksekliği (% 3)
9.	Yerli mallarda yaşanan standardizasyon sorunu (% 3)

Yine bu çalışmaya göre sektörde ahşap konutlara yönelik talep eksikliği vardır. Bu talep eksikliğinin nedenleri Tablo 1.12’de gösterilmektedir.

Tablo 1.12: 2002’li yılların başlarında ahşap konut üretiminde yaşanan talep eksikliğinin nedenleri (Toğay, 2002)

1.	Ahşapla ilgili bilgi eksikliği veya yanlış bilgiler (% 28),
2.	Bilinçsiz üretimler sonucu ortaya çıkan yanlış tanıtım (% 21),
3.	Hızlı üretim nedeniyle tüketicinin yaşadığı ödeme güçlüğü (% 19),
4.	Tanıtım eksikliği (% 16),
5.	Ahşap yapıların yangında göstereceği davranışlara ilişkin kaygılar (% 8)
6.	Ülkenin içerisinde bulunduğu ekonomik durum (% 5)
7.	Üretim teknolojisinde yetersizlik (% 2),
8.	Ülke insanının kültürel anlamda ahşap yapıya yatkın olmayışı (% 1)

Kurul’un 2019’daki çalışmasının sonuçlarına göre ahşap konut üretim ve uygulamalarında yaşanan sorunlar ise Tablo 1.13’de yer almaktadır.

Tablo 1.13: 2019 yılında ahşap konut üretiminde yaşanan sorunlar (Kurul, 2019)

1.	Kalifiye elaman eksikliği (% 23)
2.	Yasa ve yönetmeliklerden kaynaklanan sorunlar (% 20)
3.	Mali sorunlar (% 19)
4.	İşçi sorunları (% 13)
5.	Teknoloji yetersizliği (% 11)
6.	İlişkide olunan sektörlerden kaynaklanan sorunlar (% 7)
7.	Hammadde temin etmekte yaşanan zorluklar (% 7)

Her iki çalışmada da yasa ve yönetmelik eksikliği ile kalifiye eleman yetersizliği en önemli sorun olarak dikkat çekmektedir.

Yapılan bu araştırmalar sektörle ilgili birçok verinin elde edilmesi açısından oldukça fayda sağlamıştır. Ancak her iki çalışma da farklı nedenlerle güncel durumu ortaya koymak noktasında ek araştırmaları gerektirmektedir. Toğay’ın araştırmalarının yapıldığı 2002-2003 yıllarından bugüne ahşap konut sektöründeki firmalar ve ahşap konut inşaatlarındaki yönelimler değişmiştir. Kurul’un araştırması nispeten yakın bir dönemde gerçekleştirilmesine rağmen firmaların yarıya yakınının ankete katılmaması, araştırmanın tamamlanmasından bu yana sektörün pandemi gibi

farklı dinamiklerle değişmesi ve yapı sistemi belirleme kriterlerinin tartışmalı olması nedeniyle güncel ve güvenilir veri sağlayamamaktadır. Ayrıca her iki çalışmada da ahşap konut üretimleri çalışmanın kavramsal çerçevesinde yer alan ‘n imalat değeri’ (D) yaklaşımına göre sınıflandırılmamıştır. Buradan hareketle, Türkiye’deki ahşap konut sektöründeki firmalar ve inşaat faaliyetlerine yönelik güncel veriler elde etmek adına web tabanlı araştırma ve telefon görüşmelerine dayalı bir çalışma gerçekleştirilmiştir.

1.4.1. Ahşap Konut reticisi Firmalar, İnşaat Uygulamaları ve Sınıflandırılması

Türkiye ahşap yapı sektörüyle ilgili yapılan önceki çalışmalardan elde edilen verilere göre Türkiye’de taşıyıcı sistemine göre yapı sayısı istatistiklerinin tutulmaya başladığı 1990 yılından 2019 yılına kadar ahşap konut oranları ortalama % 0,39 olarak karşımızda durmaktadır. Ülkemizdeki toplam bina inşaatı sayısının % 1’ini bile oluşturamayan ahşap yapı sektörü özellikle 2000 sonrası oldukça küçülmüştür. Ancak, ilk belirtilerinin 2019 yılında ortaya çıktığı Covid-19 salgınının etkisiyle ülkemizde doğal yaşama doğru bir ilgi meydana gelmiştir. Pandemiyle beraber ev ortamında kapalı olarak yaşamak zorunda olan birçok kişi, kırsalda doğal malzemelerle inşa edilmiş konutlarda yaşama eğilimi göstermiştir. Bu yaklaşım doğal olarak ahşap evlere olan talebi de artırmıştır. Bu vesileyle son bira yılda özellikle bungalov ve tiny house olmak üzere belirli tipolojilerde ahşap evlere ilgi yoğunlaşmıştır. Örneğin, Vagoon House firmasının kurucusu salgın sonrası tiny house taleplerinin 5 kat arttığını belirtmektedir. Tüm bu gelişmelerin etkisiyle Türkiye’de ahşap konut sektörü az da olsa canlanarak farklı dinamiklerle yeni bir sürece girmiştir.

Bu yeni dönemde ahşap konut sektöründe faaliyet gösteren firmalar ve inşaat yönelimlerinin tespit edilmesi için web tabanlı araştırma ve telefon görüşmelerine dayalı bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Öncelikle web tabanlı arama motorları ve sosyal medya uygulamaları üzerinden Türkiye genelinde ahşap konut inşaatı yapan firmalar belirlenmeye çalışılmıştır. Bu süreçte tiny house üretimi dışında ahşap konut faaliyeti olmayan firmalar, bütünüyle tamamlanmış bir ürün satışında bulundukları için araştırma kapsamı dışında bırakılmıştır. Ayrıca internet sayfası veya sosyal medya hesabı olmayan küçük ölçekli yerel üreticilerin inşaat faaliyetleri de verilerine

ulaşılamadığı için araştırmaya dahil edilememiştir. Çalışma sonucunda Türkiye’de ahşap konut üretimi yapan 36 firma tespit edilmiştir. Belirlenen firmalar hakkında web sayfaları ve telefonla görüşme üzerinden bilgiler elde edilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda firmalar inşa ettikleri yapı türleri, ahşap konut yapım sistemleri ve inşaat yöntemlerine göre sınıflandırılmıştır (**Tablo 1.14**).

Tablo 1.14: Türkiye ahşap konut sektöründe faaliyet gösteren firmalar

	Firma Adı	Yapı Türü	Ahşap Konut Yapım Sistemi	Yer
1	Sisneli İnşaat	Özelleşmemiş (Konut-Ticari-Endüstriyel-Kent ve Bahçe Mobilyası)	Yığma	İstanbul
2	Konak Ahşap	Özelleşmemiş (Konut-Ticari-Endüstriyel-Kent ve Bahçe Mobilyası)	Yığma	İstanbul
3	Atalar Ahşap ve Kereste	Bungalov Kent ve Bahçe Mobilyası	Yığma	İstanbul
4	SerMimar KütükVilla	Konut	Yığma	İstanbul
5	Tomruk Evler	Konut	Yığma	İzmit
6	Modi Ahşap	Konut Bungalov	Yığma	Artvin
7	Ahmet Demirel Orman Ürünleri	Konut	Yığma	İstanbul
8	Turkuaz Park Ahşap	Özelleşmemiş (Konut-Ticari-Endüstriyel-Kent ve Bahçe Mobilyası)	Yığma	İstanbul
9	Şirin Home Ahşap Evler	Konut	Yığma	Ankara
10	Kurgu Yapı	Konut	Yığma	Sakarya
11	Fulya Ahşap Yapılar	Konut	Yığma	Çanakkale
12	Garden Mobilya	Bungalov Kent ve Bahçe Mobilyası	Yığma	Balıkesir
13	Kontio (Türkiye)	Konut	Yığma Karkas	İstanbul
14	Honka (Türkiye)	Konut	Yığma Karkas	İstanbul
15	MSA Timber	Konut	Yığma Karkas	İstanbul
16	Eker Ahşap	Konut Kent ve Bahçe Mobilyası	Karkas Hafif Çerçeve	Bursa
17	Hitit Ahşap	Konut Bungalov	Karkas Hafif Çerçeve	Çorum
18	Arslan Ahşap Yapı	Konut Pergola	Karkas Hafif Çerçeve	Bursa
19	Baneva Ahşap Yapılar	Özelleşmemiş (Konut-Ticari-Endüstriyel-Kent ve Bahçe Mobilyası)	Yığma Karkas	İstanbul
20	Kayalar Kereste	Bungalov Kent ve Bahçe Mobilyası	Hafif Çerçeve	Kocaeli
21	İstanbul Ahşap	Özelleşmemiş (Konut-Ticari-Kent ve Bahçe Mobilyası)	Yığma Karkas Hafif Çerçeve	İstanbul
22	Gardian Ahşap Yapılar	Konut	Yığma Karkas	İstanbul
23	Dost Ahşap	Özelleşmemiş (Konut-Ticari-Kent ve Bahçe Mobilyası)	Yığma Karkas	Manisa

24	Mandu Mobilya	Konut Bungalov Tiny House	Yığma Karkas	Muğla
25	Mavore Ahşap Evleri	Konut Bungalov Tiny House	Yığma Karkas Hafif Çerçeve	İzmir
26	Dekorbella	Konut	Hafif Çerçeve	İstanbul
27	Woodlife	Konut Bungalov	Yığma Karkas Hafif Çerçeve	İstanbul
28	Enderun Ahşap Mimari	Konut Hotel	Karkas Hafif Çerçeve	Denizli
29	3 Ceviz	Konut	Hafif Çerçeve	İstanbul
30	Massiv Yapı ve Ahşap	Özelleşmemiş (Konut-Ticari-Endüstriyel-Kent ve Bahçe Mobilyası)	CLT Karkas Hafif Çerçeve	İstanbul
31	Asmaz Ahşap	Özelleşmemiş (Konut-Ticari-Endüstriyel-Kent ve Bahçe Mobilyası)	CLT Karkas Hafif Çerçeve	Yalova
32	Teknowood	Özelleşmemiş (Konut-Ticari-Endüstriyel-Kent ve Bahçe Mobilyası)	CLT Yığma Karkas	İstanbul
33	Masifev	Konut Bungalov	Karkas Hafif Çerçeve	Ankara
34	Naswood	Özelleşmemiş (Konut-Ticari-Endüstriyel-Kent ve Bahçe Mobilyası)	CLT Yığma Karkas	Antalya
35	Saral İnşaat	Konut	Hafif Çerçeve	İstanbul
36	Tapin İnşaat	Konut	Hafif Çerçeve	İstanbul

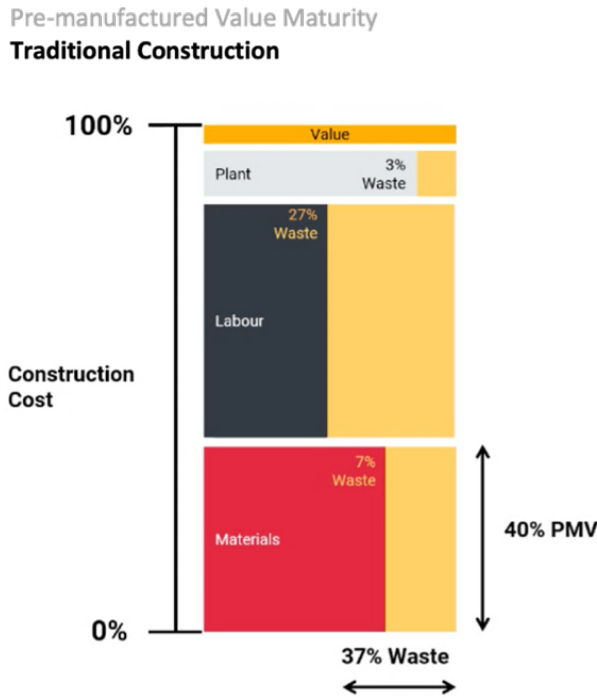
Çalışmadan elde edilen verilere göre Türkiye’de faaliyet gösteren firmaların 12’si (%33,3) yalnızca yığma sistemle, 7’si (%19,4) ise yalnızca yığma sistem veya karkas sistemle konut inşaatı yapmaktadır. Yalnızca hafif çerçeve sistem kullanan firma sayısı 3 (%9) iken, hafif çerçeve sistem kullanan firmaların toplam sayısı 15 (% 41,6)’tir. CLT sistemle konut inşaatı yapabilen firma sayısı ise 4 (% 11,1) olarak görülmektedir. Bu verilere göre sektörde en çok hafif çerçeve sistem ve yığma sistem uygulayan, en az CLT sistem uygulayan firmalar yer almaktadır (**Tablo 1.15**).

Tablo 1.15: Ahşap yapım sistemine göre firma sayıları ve oranları

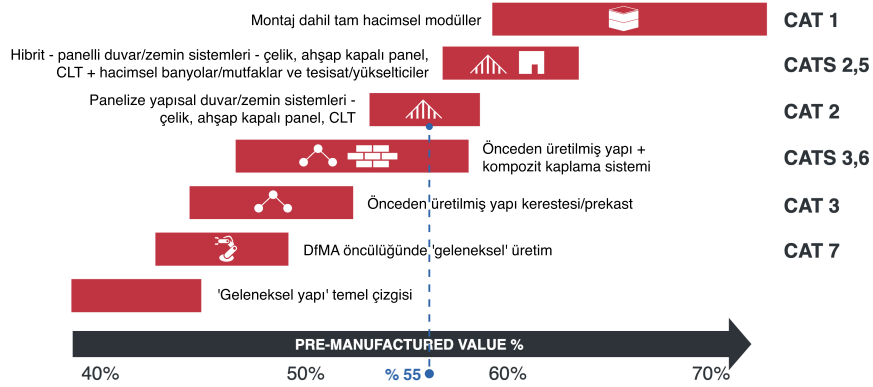
Ahşap Yapım Sistemi	Firma Sayısı	Oran
Yalnızca Yığma	12	% 33,3
Yığma veya Karkas	7	% 19,4
Yalnızca Hafif Çerçeve	4	% 11,1
Hafif Çerçeve	15	% 41,6
CLT	4	% 11,1

Türkiye ahşap konut sektöründe çeşitli yapım sistemi uygulamaları bulunan firmalar, kullandıkları inşaat yöntemlerinde benzerlik bulunmasına rağmen ‘ön imalat değeri’ (ÖİD) seviyesi açısından farklılık göstermektedir. İşletmelerin tamamı inşaat yöntemi olarak şantiye dışında ön kesimi yapılan yapı bileşenlerinin sahada montajının yapılması prensibiyle faaliyet göstermektedir. Ancak Modern İnşaat Yöntemleri (MİY) çerçevesinde yer alan ‘ön imalat değeri’ kriterine göre firmaların saha dışı inşaat seviyeleri değişmektedir.

Birleşik Krallık’ta resmi kurumlar tarafından kabul gören Cast Consultancy firmasının ÖİD hesaplama programına göre geleneksel yöntemlerle inşa edilen bir konutun ön imalat değeri % 40’a yakındır ve böyle bir üretimde yaklaşık % 37 oranında israf oluşmaktadır (Şekil 1.32). Bu nedenle, Birleşik krallık’ta konut üretimlerinde inşaat yöntemleri kaynaklı verimsizliklerin minimize edilmesi için en az % 55-60 oranında ÖİD’nin yakalanması talep edilmektedir (Cast Consultancy, 2021). Cast Consultancy (2021)’e göre talep edilen asgari oran olan % 55 ÖİD’ne ulaşılabilmek için ise en az 2 boyutlu elemanların (panellerin) ön yapımlı olarak üretilmesi gerekmektedir (Şekil 1.33).



Şekil 1.32: Geleneksel inşaatta ÖİD ve “israf” seviyesi (Cast Consultancy, t.y.)



Şekil 1.33: ÖİD oranı ile MİY kategorileri ve ön yapımı gereken yapı elemanları ilişkisi (Cast Consultancy (t.y)'den uyarlanmıştır.)

Buradan hareketle, tez araştırmasında Türkiye’de faaliyet gösteren ahşap konut üreticisi firmaların saha dışı inşaat seviyelerinin belirlenebilmesi için Birleşik Krallık’ta resmi olarak kabul edilen MİY çerçevesinin ÖİD parametresinden faydalanılmıştır.

Sektördeki firmalarla ilgili yapılan araştırmalar ve görüşmeler sonucunda firmaların 27’sinin yalnızca tekil bileşenleri saha dışında üreterek ahşap konut inşaatı yaptığı tespit edilmiştir (**Tablo 1.16**). 9 firma ise panel gibi 2 boyutlu elemanları da saha dışında üreterek inşaat yapabilmektedir (**Tablo 1.17**). Bu durumda Cast Consultancy’nin (2021) ortaya koyduğu çerçeveye göre Türkiye’deki ahşap konut üreticisi firmaların yalnızca % 25’i, % 55 ÖİD’ni aşabilmekte ve MİY yaklaşımının kategori 2 seviyesinde saha dışı inşaat yöntemi uygulayabilmektedir (**Şekil 1.34**).

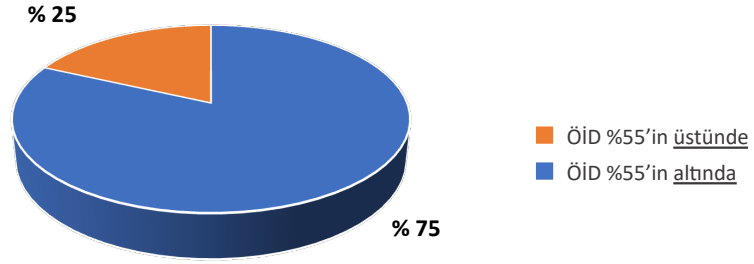
Tablo 1.16: Yalnızca tekil yapı bileşenlerinin saha dışında üretildiği firmalar

Firma Adı	Ahşap Konut Yapım Sistemi	İnşaat Yöntemi
1 SİSNEİ İNŞAAT	Yığma	Tekil yapı bileşenlerinin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
2 KONAK AHŞAP	Yığma	Tekil yapı bileşenlerinin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
3 ATALAR AHŞAP VE KERESTE	Yığma	Tekil yapı bileşenlerinin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
4 SERMİMAR KÜTÜK VİLLA	Yığma	Tekil yapı bileşenlerinin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
5 TOMRUK EVLER	Yığma	Tekil yapı bileşenlerinin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
6 MODİ AHŞAP	Yığma	Tekil yapı bileşenlerinin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
7 AHMET DEMİREL ORMAN ÜRÜNLERİ	Yığma	Tekil yapı bileşenlerinin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
8 TURKUAZ PARK AHŞAP	Yığma	Tekil yapı bileşenlerinin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
9 ŞİRİN HOME AHŞAP EVLER	Yığma	Tekil yapı bileşenlerinin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
10 KURGU YAPİ	Yığma	Tekil yapı bileşenlerinin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
11 FULYA AHŞAP YAPILAR	Yığma	Tekil yapı bileşenlerinin saha dışında ön kesimi + sahada montaj

12	Garden Mobilya	Yığma	Tekil yapı bileşenlerinin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
13	Kontio (Türkiye)	Yığma Karkas	Tekil yapı bileşenlerinin saha dışında ön kesimi + sahada montaj (ithal ürün temini – firma tarafından üretim yapılmıyor)
14	Honka (Türkiye)	Yığma Karkas	Tekil yapı bileşenlerinin saha dışında ön kesimi + sahada montaj (ithal ürün temini – firma tarafından üretim yapılmıyor)
15	MSA Timber	Yığma Karkas	Tekil yapı bileşenlerinin saha dışında ön kesimi + sahada montaj (ithal ürün temini – firma tarafından üretim yapılmıyor)
16	Eker Ahşap	Karkas Hafif Çerçeve	Tekil yapı bileşenlerinin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
17	Hitit Ahşap	Karkas Hafif Çerçeve	Tekil yapı bileşenlerinin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
18	Arslan Ahşap Yapı	Karkas Hafif Çerçeve	Tekil yapı bileşenlerinin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
19	Baneva Ahşap Yapılar	Yığma Karkas	Tekil yapı bileşenlerinin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
20	Kayalar Kereste	Hafif Çerçeve	Tekil yapı bileşenlerinin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
21	İstanbul Ahşap	Yığma Karkas Hafif Çerçeve	Tekil yapı bileşenlerinin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
22	Gardian Ahşap Yapılar	Yığma Karkas	Tekil yapı bileşenlerinin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
23	Dost Ahşap	Yığma Karkas	Tekil yapı bileşenlerinin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
24	Mandu Mobilya	Yığma Karkas	Tekil yapı bileşenlerinin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
25	Mavore Ahşap Evleri	Yığma Karkas Hafif Çerçeve	Tekil yapı bileşenlerinin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
26	Dekorbella	Hafif Çerçeve	Tekil yapı bileşenlerinin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
27	Woodlife	Yığma Karkas Hafif Çerçeve	Tekil yapı bileşenlerinin saha dışında ön kesimi + sahada montaj

Tablo 1.17: 2 boyutlu yapı bileşenlerinin de saha dışında üretildiği firmalar

	Firma Adı	Ahşap Konut Yapım Sistemi	İnşaat Yöntemi
1	Enderun Ahşap Mimari	Karkas Hafif Çerçeve	Tekil yapı bileşenlerinin ve/veya hafif çerçeve panellerin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
2	3 Ceviz	Hafif Çerçeve	Tekil yapı bileşenlerinin ve hafif çerçeve panellerin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
3	Massiv Yapı ve Ahşap	CLT Karkas Hafif Çerçeve	Tekil yapı bileşenlerinin, hafif çerçeve ve/veya CLT panellerin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
4	Asmaz Ahşap	CLT Karkas Hafif Çerçeve	Tekil yapı bileşenlerinin, hafif çerçeve ve/veya CLT panellerin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
5	Teknowood	CLT Yığma Karkas	Tekil yapı bileşenlerinin ve/veya CLT panellerin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
6	Masifev	Karkas Hafif Çerçeve	Tekil yapı bileşenlerinin ve hafif çerçeve panellerin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
7	Naswood	CLT Yığma Karkas	Tekil yapı bileşenlerinin ve/veya CLT panellerin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
8	Saral İnşaat	Hafif Çerçeve	Tekil yapı bileşenlerinin ve hafif çerçeve panellerin saha dışında ön kesimi + sahada montaj
9	Tapin İnşaat	Hafif Çerçeve	Tekil yapı bileşenlerinin ve hafif çerçeve panellerin saha dışında ön kesimi + sahada montaj



Şekil 1.34: ÖİD oranına göre firmaların dağılım oranı

Türkiye ahşap konut sektöründe geleneksel inşaat yöntemleriyle üretim yapan firmalar çoğunlukta olsa da uluslararası birçok kurum ve literatüre göre sektörün geleceği saha dışı inşaat yöntemlerinde olgunlaşmaya ve bunların yaygınlaşmasına bağlıdır. Bu doğrultuda Türkiye’de belirtilen seviyede saha dışı inşaat yöntemlerini kullanan firmaların, saha dışı inşaat faaliyetlerinin gelişmesi ve yapım süreçlerindeki verimsizliklerin giderilmesi önem arz etmektedir.

Halihazırda literatürde Türkiye’de belirtilen şartları sağlayarak üretim yapan firmalarla ilgili verilerin elde edilebileceği çalışmalar bulunmamaktadır. Bu nedenle sektörde yüksek oranda saha dışı inşaat yöntemlerini kullanarak ahşap konut üretimi yapan firmaların mevcut durumlarını tespit etmek ve iyileştirme önerileri geliştirebilmek adına görüşme yoluyla bilgiler toplanmaya çalışılmıştır.

İKİNCİ BÖLÜM

2. YALIN İNŞAAT

Bu bölümde Türkiye’de yüksek oranlarda saha dışı inşaat yöntemleriyle ahşap konut üretimi yapan firmaların yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik geliştirilen modelde kullanılan yalın inşaat yaklaşımı ve tercih edilme nedenleri anlatılmaktadır.

2.1. ARAŞTIRMANIN KAVRAMSAL ARKAPLANINDA YALIN İNŞAAT YAKLAŞIMININ TERCİH EDİLMESİNİN NEDENLERİ

Ülkemizde saha dışı inşaat yöntemleriyle ahşap konut üretimi süreçlerinde meydana gelen kayıpların detaylı bir şekilde tespit edilmesi, analizi ve iyileştirme önerilerinin geliştirilebilmesi için kavramsal yaklaşımlara ve uygulama araçlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu doğrultuda konuyla ilgili literatürde yer alan akademik çalışmalar, teorik yaklaşımlar ve uygulama teknikleri incelenmiştir.

Saha dışı inşaat; iş akışı, çeşitli eş zamanlı ve yinelenen etkinlikleri, yapılandırılmış üretim dizilerini ve çeşitli otomasyon düzeylerini içerir. Geleneksel şantiyedeki doğrusal iş akışına uygun faaliyetlerden, inşaat sırasından, tesis ve makinelerin kullanımından önemli ölçüde farklıdır (Zhang vd., 2020). Bu yanıyla endüstriyel üretim ile geleneksel inşaatın arasında konumlanmaktadır. Ayrıca yerinde inşaatın özelliği olan nesne yönelimli bir taahhütten ziyade, tekrar eden işlemlere sahip olmanın avantajlarından yararlanabilen süreç odaklı bir taahhüt olarak ele alınmaktadır (Fernández-Solís, 2008; Meiling ve Johnsson, 2008). Bu nedenle üretim süreçlerinin iyileştirilmesi için saha dışı inşaatla özgü iş sıralarını, malzeme türlerini ve çalıştırma araçlarını dikkate alan süreç odaklı bir yaklaşım gerekmektedir (Zhang vd., 2020).

Koskela tarafından endüstriyel imalat sektöründen uyarlanan yalın inşaat yaklaşımı, süreç israfına odaklanan yapısıyla saha dışı inşaat sektörünün pratikleriyle oldukça örtüşmektedir (Aynla vd., 2021). Bu nedenle saha dışı yöntemlerle ahşap konut inşaatı sektöründe yaygın kullanılan bir çerçeve haline gelmiştir (Sarden, 2005; Höök & Stehn, 2008; Jhonsson & Sarden, 2008; Meiling vd.,

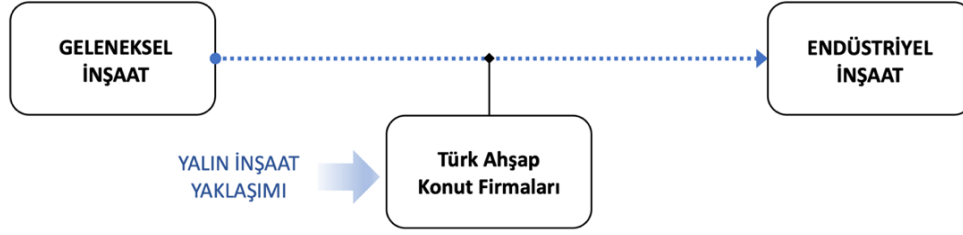
2012). Tablo 2.1’de saha dışı yöntemlerle ahşap konut inşaatı sektöründe yalın yaklaşımın yer aldığı akademik çalışmalar gösterilmektedir.

Tablo 2.1:Saha dışı yöntemlerle ahşap konut inşaatı sektöründe yalın inşaat yaklaşımının yer aldığı akademik çalışmalar

Yazar	Araştırmanın Adı	Araştırmanın İçeriği
Sarden, 2005	Complexity and learning in timber frame housing: The case of a solid wood pilot project	Ahşap yapı inşaatlarında belirsizliklerin daha verimli yönetimi için yalın inşaat yaklaşımının uygulanması
Björnfort & Sthen, 2007	Value Delivery through Product Offers: A Lean Leap in Multi-Storey Timber Housing Construction	Çok katlı ahşap konut yapımlarında yalın uygulamaların kullanımı
Höök & Stehn, 2008	Lean principles in industrialized housing production: the need for a cultural change	Endüstrileşmiş ahşap ev üretiminde yalın ilkelerin uygulanması için gereken kültürel değişim
Höök & Stehn, 2008	Applicability of lean principles and practices in industrialized housing production	Endüstrileşmiş ahşap ev üretiminde yalın ilkelerin uygulanabilirliği
Jhonsson & Sarden, 2008	Industrialized Timber housing: from trial to production	İsveç’te endüstrileşmiş ahşap konutların gelişimi ile yalın inşaat ilişkisi
Jansson vd., 2009	Design Process Organization at Industrial House Builders – A Case Study of Two Timber Housing Companies in Sweden	Endüstrileşmiş ahşap ev üretiminde tasarım süreçlerinin yalın yaklaşımla geliştirilmesi
Meiling vd., 2012	Managing for continuous improvement in offsite construction	Saha dışı yöntemlerle ahşap konut inşaatlarında yalın yönetim ilkelerinin değerlendirilmesi

Ahşap konutların çoğunun saha dışı inşaat yöntemleriyle üretildiği Birleşik Krallık ve Japonya’daki uygulamalarda ise *modern inşaat yöntemleri* (modern methods of construction-MMC) çerçevesi altında yalın inşaat düşüncesi benimsenmektedir (MHCLG, 2019). Modern inşaat yöntemlerinin (MİY) hem genel teorik yaklaşımında hem de inşaat süreçlerindeki verimsizliklerin kategorize edilmesi bağlamında yalın inşaat kavramları kullanılmaktadır (MHCLG, 2019; Cast Consultancy, 2021).

Küresel ölçekte saha dışı yöntemlerle ahşap konut üretimiyle ilgili çalışmalarda yaygın bir şekilde kullanılan yalın inşaat düşüncesinin Türkiye’de ahşap konut üretimi alanındaki verimsizliklerin tespiti ve giderilmesiyle ilgili çalışmalarda da faydalı olacağı düşünülmektedir. Ayrıca endüstriyel üretim temelli bir yaklaşım olarak yalın inşaatın, geleneksel inşaat pratiklerini daha endüstriyel bir düzeye çıkarmak isteyen Türk ahşap konut firmaları için itici bir etki sağlaması beklenmektedir (**Şekil 2.1**).



Şekil 2.1:Yalın inşaat yaklaşımının Türk ahşap konut firmalarına etkisi

2.2. YALIN ÜRETİM DÜŞÜNCESİ

Yalın üretim düşüncesi ikinci dünya savaşı sonrasında Japonya'da ortaya çıkmıştır. “Yalın üretim” terimi, “kitle üretimi” yaklaşımının aksine Toyota'nın imalat konusundaki yaklaşımını dikkat çekici bir şekilde tanımlamak amacıyla ortaya atılmıştır (Hines vd., 1999; Taylor & Brunt, 2001). İlk olarak Toyota Üretim Sistemi (TÜS) olarak ortaya çıkan yalın üretim anlayışı, daha sonra inşaat sektörü de dahil çok farklı üretim alanlarında uygulanır hale gelmiştir.

Yalın kavramı çoğu araştırmacı tarafından israfı ortadan kaldırmak amacıyla yararlanılan bir yaklaşım olarak tanımlanmaktadır. Yalın kavramı, insan ve süreç faktörleri aracılığıyla, israfı ortadan kaldırarak müşterilere en yüksek değeri sunma yöntemidir (Shah & Ward, 2003). Yalın felsefenin temeli, yüksek kalite ve düşük üretim maliyetleri elde etmek için olası israf kaynaklarının tespit edilip ortadan kaldırılmasıdır (Rymaszewska, 2014; Shah & Ward, 2003). Değer katmayan faaliyetler olarak tanımlanan israfların ortadan kaldırılmasıyla operasyonel verimliliği artırmak ve maliyetleri azaltmayı amaçlamaktadır (Moyano-Fuentes & Sacristán-Díaz, 2012; Shah & Ward, 2003). Dolayısıyla sürekli iyileştirme ve israfların ortadan kaldırılması yoluyla müşteri ihtiyaçlarının karşılanmasına dayanan bir yaklaşımdır (Womack & Jones, 1996).

Bunların yanı sıra yalın düşünce minimum atık miktarıyla üretim, sürekli ve kesintisiz akış, bakımlı ekipman ve iyi kurulmuş kalite sistemini içeren çok boyutlu bir yaklaşımdır. İşletmelerin tedarik zinciri, tasarım, üretim gibi süreçlerinde yer alan her türlü israfın belirlenerek ortadan kaldırılması/azaltılması üzerinde durmaktadır (Rahani & Al-Ashraf, 2012; Taj & Morosan, 2011).

2.3. YALIN ÜRETİM İLKELERİ

Yalın üretim genel konsept olarak belirli prensipler çevresinde yapılandırılmış bir felsefedir. Yalın düşüncenin temel prensiplerini; son tüketici açısından ürün ailesine göre değerin belirlenmesi, tüm adımların değer katan adımlara bölünmesi, müşteri için en iyi akışın oluşturulması, israfın yok edilmesi, üretimin müşterinin çekme oranına mümkün olduğunca yakın olarak gerçekleştirilmesi, değer akışının tanımlanması ve sürecin sürekli bir iyileştirme döngüsü içerisinde tekrarlanması oluşturmaktadır (Kumar & Kumar, 2012; Shah & Ward, 2007).

Womack & Jones (2003)'a göre yalın düşüncenin ilkeleri; değeri tanımlamak, değer akışını tanımlamak, değer akışını oluşturmak, çekme ve mükemmellik olmak üzere beş başlık altında incelenmektedir. Şekil 2.2'te yalın düşüncenin beş ilkesi gösterilmektedir (Womack & Jones, 2003).



Şekil 2.2: Yalın düşüncenin 5 temel ilkesi

2.3.1. Değerin Belirlenmesi

Yalın üretim, müşterilerin yalnızca aldıkları ürün veya hizmetlerin değerini ödeyecekleri, hataların/israfların bedelini ödemeyecekleri düşüncesini benimsemektedir (Rawabdeh, 2005). Bu düşünceye göre israf, kaynakları boşuna tüketen, ancak bir parçanın/malzemenin müşteri ihtiyaçlarına dönüştürülmesine katkıda bulunmayan insan faaliyetleridir. Değer ise müşterinin ödeme yapmayı kabul edeceği herhangi bir eylem veya süreçtir. Bu sebeple bir ürünün değeri müşteri tarafından belirlenmektedir (Carlborg vd., 2013; Womack & Jones, 1996). Bir başka deyişle yalın düşüncede “değer”; belirli bir müşteri için belirli bir fiyatla, belirli özellikleri olan belirli bir ürün olarak tanımlanır (Akil, 2019).

2.3.2. Değer Akışının Tanımlanması

Değer akışı yalın üretimin ikinci ögesidir ve her bir adımın değer oluşturduğundan emin olmak amacıyla değer akışının belirlenmesini içerir. Değer akışında müşteri değeri referans olarak kullanılır ve bu değere katkı sağlayan tüm faaliyetler belirlenir. Bu adımda değer oluşturan ve değer oluşturmeyen faaliyetler tespit edilir.

Bir değer akışı, hammaddenin müşterinin eline ulaşacak bitmiş ürüne dönüşmesi için gerekli olan bağlantılı faaliyetler, süreçler ve fonksiyonlardır. Süreçteki tüm faaliyetler değer katan faaliyetler (DKF) ve değer katmayan faaliyetler (DKMF) olarak belirlenir.

2.3.3. Akışın Oluşturulması

Değerin tanımlanması ve değer akışının oluşturulmasından sonraki aşama olan sürekli akışın sağlanması, organizasyonlarda süreçlerin yeniden düzenlenerek ürünlerin değer yaratan adımlarda sorunsuz bir şekilde ilerlemesini sağlamaktadır (Čiarnienė & Vienažindienė, 2012).

Değer akışı boyunca israf olan faaliyetlerin mümkün olduğunca elenmesi ve geri kalan faaliyetlerin değer üretecek akışının düzenlenmesidir. Böylece üretim hattı sürelerini optimal tutma gayretini ifade eder (Womack & Jones, 1996).

Burada temel husus parti veya büyük miktar üretim mantığı yerine düşük partiler ile üretimin hedeflenmesidir. Bu yaklaşımda en büyük hedef tek parçalık akışa ulaşabilmek olarak belirlenmektedir. Bunun için fonksiyonel yerleşim yerine, tüm değer akışı boyunca bütünleşik ürün ekiplerinin oluşturulması gerçekleştirilmelidir (Womack & Jones, 1996).

2.3.4. Çekme

Çekme prensibinde başlama noktası müşteri talepleridir. Çekme sisteminde her adımın, bir önceki adımdan müşteri talebiyle üretime başlaması düşüncesi uygulanmaktadır (Şeker, 2016). Organizasyonlar, ürünlerini müşterilere doğru itmek yerine değer sonrakı adımda yer alan müşteri tarafından çekilmesine müsaade etmelidir. Bu sistemde üretimin talep doğrultusunda gerçekleştirilmesi sayesinde stok bağlamında avantaj elde edilmektedir.

2.3.5. Mükemmellik

Mükemmellik, müşteri ihtiyaçlarını karşılamak ve süreci sıfır hata doğrultusunda iyileştirmek için sürekli çaba göstermeyi gerektirmektedir. Bu noktada sıfır hata terimi, sadece kusursuz ürün üretimini değil, sürecin tüm işlevlerini kapsamaktadır. Akış ve çekme oluşturma, süreç adımlarını temelden yeniden düzenlemekle başlar. İsraf unsurları ortaya çıkarılıp elimine edildikçe süreç, her faaliyetin nihai müşteri için değer kattığı teorik mükemmellik noktasına doğru ilerler.

Bunun yanı sıra mükemmellik, müşterinin ihtiyaç ve beklentilerini karşılayan ürünün, mutabık kalınan zaman çizelgesi içinde, kusursuz bir durumda teslim edilmesi için üretim süreçlerinin sürekli iyileştirilmesini ifade eder (Aziz & Hafez, 2013).

Yalın düşüncenin beş temel ilkesinin (Değer, Değer Akışı, Sürekli Akış, Çekme ve Mükemmellik) uygulanması firmaların süreçlerini sürekli gözden geçirerek genel organizasyon stratejisine doğru ilerlemesini sağlayacaktır (Čiarnienė & Vienažindienė, 2012).

2.4. YALIN İNŞAAT YAKLAŞIMI

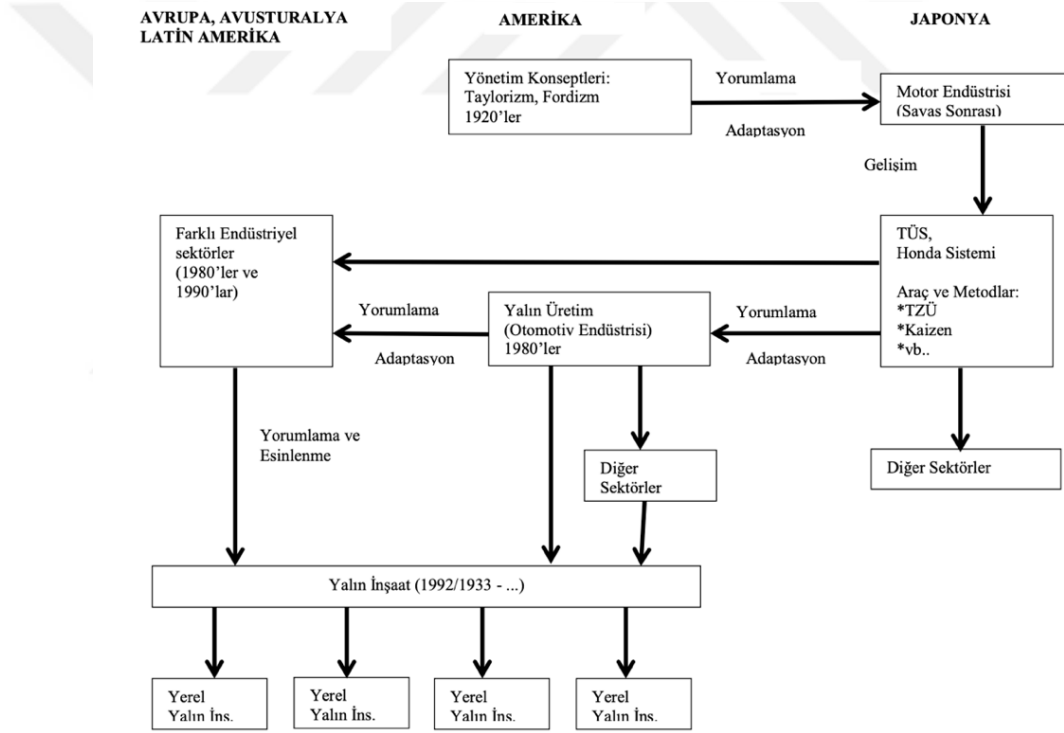
İnşaat projelerinin çoğunun uzun zamandan beri maliyet ve zaman aşımalarının yanı sıra üretkenlik ikilemiyle karşı karşıya olduğu birçok araştırmacı tarafından tespit edilmiştir (Dozzi ve Abourizk, 1993; Al-Momani, 2000; Aljohani vd., 2017). İnşaat sektörü hem inşaat yönetimi hem de teknolojik boyutları dikkate alarak bu sorunların üstesinden gelmek için büyük çaba sarf etmektedir.

Amerika, İskandinavya ve İngiltere’de yapılan araştırmalar inşaat çalışmalarının %30’unu yeniden işlemenin oluşturduğunu, işçilerin potansiyel verimliliklerinin %40-60 oranında kullanıldığını, iş kazalarının toplam proje bütçesinin %3-6’sı arasında olduğunu ve toplam malzemenin %10’unun israf olarak ortaya çıktığını göstermektedir (Egan, 1998).

Doğası gereği çok fazla israf oluşan inşaat sektörü için 1992 yılında Koskela tarafından yeni yönetim felsefesinin inşaata uyarlanması bağlamında Yalın üretim anlayışına dayalı bir yaklaşım ortaya konmuştur (Koskela, 1992). “Application of The New Production Philosophy to Construction- Yeni Üretim Felsefesinin İnşaata Uygulanması” adlı çalışmada Koskela (1992), inşaat endüstrisinin geleneksel inşaat üretim sistemleri yerine yalın üretim felsefesi doğrultusunda yeni üretim sistemine

ihtiyaç duyduğunu ve bu yeni felsefenin araştırılması incelenmesi ve sektöre uyarlanması gerektiğini belirtmiştir.

Koskela'nın bu araştırmasıyla birlikte yalın üretim yaklaşımının inşaat sektörü için uyarlanma çalışmaları başlamıştır. 1997 yılında ise inşaat sektöründe Yalın ilkelerin benimsenmesini teşvik etmek için Ballard ve Howell tarafından ortaklaşa Yalın İnşaat Enstitüsü (Lean Construction Institute-LCI) kurulmuştur (Uğurlu vd., 2021). Daha sonra İngiltere'de yayınlanan Egan raporu ile Yalın İnşaat sektöre tanıtılmış ve o zamandan beri tüm dünyaya yayılmıştır (Pekuri vd., 2012). Yalın inşaatın ortaya çıkışındaki sistematik etkileşim Şekil 2.3'te gösterilmektedir.



Şekil 2.3: Yalın inşaatın ortaya çıkış süreci (Akil, 2019)

2.4.1. Yalın İnşaatın Tanımı ve Bileşenleri

Yalın inşaat Koskela (2002) tarafından; “mümkün olan en yüksek değeri üretmek için efor, zaman ve malzeme israflarını en aza indirgeyecek olan üretim sisteminin tasarlanmasının bir yolu” olarak tanımlanmaktadır. Ancak, literatürde araştırmacılar tarafından daha çeşitli şekillerde de açıklamalar getirilmiştir. Tablo 2.2’de literatürde yer alan ‘Yalın İnşaat’ tanımlamalarından örnekler verilmiştir.

Tablo 2.2: Yalın inşaat tanımlarından örnekler (Marhani vd., 2013)

Yazar/Kurum	Tanım
Yalın İnşaat Enstitüsü (2012)	Yalın inşaat, üretim veya hizmet tesislerinin tasarımı ve inşaatında proje teslimi için, üretim yönetimi temelli bir yaklaşımdır. Yalın inşaat yönetimi; üretim, tasarım, tedarik ve montaj aşamaları için devrimsel bir etki ortaya koymuştur. Yalın inşaat, yalın üretimin hedeflerinden (değerlerin artırılması ve israfların azaltılması) başlayarak daha spesifik yöntemlere doğru ilerleyerek bunları proje teslimi için yeni bir yöntem olarak ortaya koymuştur.
Lukowski (2010)	Yalın inşaat, yalın üretim prensiplerinin ya da yalın üretim düşüncesinin inşaat süreçlerine uygulanması ile inşaat faaliyetlerinin yürütülmesini sağlayan bir felsefe ve teknikler bütünüdür.
Abdelhamid vd. (2008)	Yalın inşaat, tasarım ve inşaatla yöneylem araştırmaları ile pratik gelişmelerin yalın prensip ve uygulamalar ile birlikte uçtan uca tasarım ve inşaat süreçlerine uyarlanması bir kombinasyonudur.
Lim (2008)	Yalın, dengelenmiş insan gücü, malzeme ve kaynakların elde edilmesidir. Bu yaklaşım firmalara maliyetlerin azaltılması, israfların azaltılması ve projelerinin zamanında teslim etmelerine yardım eder. Ayrıca bu yaklaşım tüm kaynaklardan kesinti yapılması anlamında olmayıp eldeki kaynakların daha sıkı ve uygun kullanılması anlamına gelmektedir.
Green ve May (2005)	Yalın inşaat ve yalın üretim, yaygın olarak bir teknikler seti, bir söylem veya hatta bir kültürel emtia olarak anlaşılmaktadır.
Bertelsan (2004)	Yalın inşaat, Japon üretim prensipleri ve konseptlerinin inşaat süreçlerine geniş ölçekli bir uyarlamasıdır.
Howell (1999)	Yalın inşaat, mevcut uygulamalarına benzer şekilde her şeyin daha az kullanılmasıyla, müşteri ihtiyaçlarının daha iyi karşılanmasını amaçlar.
Koskela (1992)	Yeni üretim felsefesinin, üretkenlik, kalite ve gösterge avantajları, yeni tekniklerin hızlı bir şekilde yayılımının sağlanması konusunda oldukça sağlam bir yapıya sahiptir.

Yalın inşaat genel olarak bakıldığında tasarım, inşaat, aktivasyon, bakım, kurtarma ve geri dönüşüm gibi inşaat ve doğal çevrenin tüm boyutlarının sürekli iyileştirilmesi, düzenlenmesi ve bütünsel olarak takip edilmesini amaçlar (Abdelhamid vd. 2008). Bununla beraber inşa edilen projenin yürütülmesinde mükemmelliğin yakalanması, tüm değer akışına odaklanması, müşterinin tüm ihtiyaçlarının karşılanması ve israfların giderilmesi için uygulanan sürekli bir süreçtir (Diekman, 2004).

Kısaca ifade etmek gerekirse Yalın inşaat, yalın üretim prensiplerinin inşaat süreçlerine uygulanması ile inşaat faaliyetlerinin yürütülmesini sağlayan bir felsefe ve teknikler bütünüdür.

Yalın İnşaat Enstitüsü'ne (2007) göre yalın inşaatın bileşenleri;

- 1) İş atamaları seviyesinde planlama ve iş akışlarının güvenilir olduğu konusunda emin olmak için üretim kontrolü,
- 2) Planlama sisteminin performansının ölçülmesi ve geliştirilmesi,
- 3) Ana üretim planının kullanılmasıyla uzun termin sürelerinin ve proje dönüm noktalarının tanımlanması,
- 4) Kısıtların gösterilmesi ile belirsizliğin azaltılması ve ileri bakış sürecinde kaynakların itilmesi,
- 5) Şantiye montajları için hızlı ve güvenilir iş akışları için çalışma yapılandırılması,
- 6) Müşteri ihtiyaçlarının daha iyi karşılanması, yeni değer üretimi ve israf aşamaların en aza indirilmesi için tasarımın yönetilmesi,
- 7) Teslim sistemleri ile proje amaçlarının desteklenmesi ve proje durumunun şeffaf olmasını sağlamadır.

Bunların yanı sıra Koskela (2000) inşaat görevlerinin başarılı bir şekilde yerine getirilmesi için gerekli olan ön şartları şu şekilde tanımlamıştır:

- 1) Uygun planlamanın başarılması için doğru bilgiler (ör: inşaat tasarımı)
- 2) Görev için gerekli doğru bileşen ve malzemeler
- 3) Yeterli çalışanlar (işgücü)
- 4) Doğru ekipmanlar
- 5) Kaza risklerini de azaltmaya yardımcı olacak uygun alanlar (ör: Erişilebilir bir şantiye alanı)
- 6) Önceki faaliyetlerin tamamlanması anlamına gelen bağlantıların hazır olması
- 7) İnşaatın dış şartlarının hazır olması (ör: yerel izinlerin alınmış olması)

Yalın inşaat yaklaşımını diğer çağdaş uygulamalardan farklı kılan yanlar ise Howell (1999) tarafından şu şekilde belirtilmektedir:

- Teslim süreçleri için net amaç setleri vardır.
- Müşteri değerini proje aşamasında maksimum yapmayı hedefler.
- Ürün ve süreç eşzamanlı tasarlanır.
- Projenin yaşamı boyunca üretim kontrolü uygulanır.

2.4.2. Yalın İnşaat ile Yalın Üretimin Farkları

Yalın inşaat, temel yaklaşım olarak yalın üretim felsefesini benimsemesine karşın inşaatın yapısından kaynaklı olarak farklı yöntemlerin kullanılmasını gerektirmektedir.

Yalın üretim teknolojisinin imalattan inşaat sektörüne transferinin sınırları vardır. İmalat üretimi fabrika kontrollü koşullar altında gerçekleştirildiğinden üretim hattı boyunca akan ürünü görmek kolaydır. Bu da süreçleri, ana adımları ve kısıtlamaları tanımlamayı kolaylaştırır. İnşaat sektöründe ise her inşaat projesinin kendine özgü fiziksel, çevresel veya sosyal özellikleri olduğundan, üretim sayıları çok daha düşüktür ve bileşenler çok sayıda ve geniş kapsamlıdır.

İnşaat alanında imalattan çok daha fazla süreç, malzeme, ticaret ve uzman çeşitliliği vardır. Diğer faktörlerin yanı sıra eşzamanlı faaliyetler, hava durumu, üretilen bileşenlerin boyutu ve türü arasındaki ilişki gibi daha karmaşık konularla ilgilenme ihtiyacı vardır (Choy ve Ruwanpura, 2006).

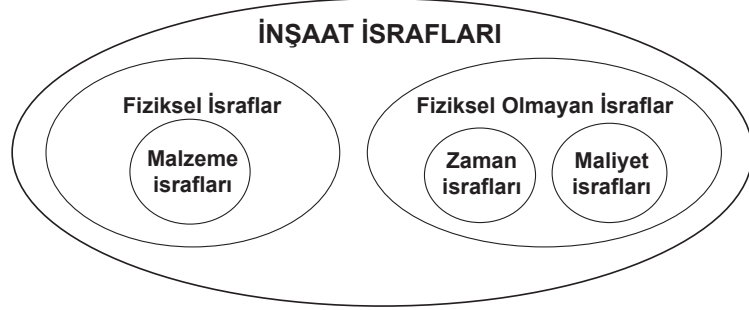
Bunun yanı sıra inşaatta farklı profesyonelleri içeren birçok farklı aşama, işleri ilk seferde doğru yapmayı zorlaştırıyor. Ayrıca, inşaat işlerinde yeniden yapım için gereken zaman ve maliyet çok fazla olabildiğinden kesinlikle hataya yer yoktur. Örneğin, müteahhit projeyi öngörülen tamamlanma süresini karşılayamazsa tazminat ödemek zorunda kalabilir. Tüm bu zorluklara karşılık yalın inşaat, iyileştirme alanlarını belirleyerek değer katan faaliyetlerin (value/değer) mükemmelliğini ve değer katmayan faaliyetlerin (waste/israf) en aza indirilmesini sağlamayı amaçlar (Womack ve Jones, 2003).

2.4.3. Yalın İnşaatta İsraf Kavramı

Türk Dil Kurumu (TDK) sözlüğünde israf kavramı gereksiz yere para, zaman, emel ve bunun gibi şeylerin harcanması ile savurganlık olarak tanımlanmaktadır (TDK, t.y.). İnşaatı israf (waste) ise para kaybı olabileceği gibi zaman kaybı, işgücü kaybı veya elde edilebilecek performansın elde edilememesi ile kalite kaybı olarak karşımıza çıkabilmektedir (X, ?).

İnşaat israflarını türleri ve içerikleri gibi farklı özelliklerine göre sınıflandırmak için birçok araştırma yapılmıştır. Farklı sınıflandırmalara rağmen literatürde inşaat israfları genel olarak fiziksel ve fiziksel olmayan olmak üzere iki grupta ele

alınmaktadır (Nagapan vd., 2012). Şekil 2.4'te fiziksel ve fiziksel olmayan inşaat israflarının sınıflandırılması gösterilmektedir.



Şekil 2.4: İnşaat israfı türleri (Nagapan vd. (2012)'den uyarlanmıştır.)

Fiziksel israflar; arazi kazısı veya oluşumu, yapı inşaatı, saha temizliği, yıkım faaliyetleri, yol çalışması ve bina yenileme dahil olmak üzere inşaat, yenileme ve yıkım faaliyetlerinden kaynaklanan atıklar olarak tanımlanır (Kofoworola & Gheewal, 2009; Shen, vd., 2004) Ancak bu israfların bazıları doğrudan katı atık olarak da tanımlanır: kum, tuğla, blok, çelik, beton döküntüleri, kiremit, bambu, plastik, cam, ahşap, kâğıt, bitki örtüsü vb. atıklar (Katz & Baum, 2011; Hao vd., 2008).

Fiziksel olmayan inşaat israfları ise inşa sürecinde ortaya çıkar ve süreç israfları (process waste) olarak ele alınmaktadır. Maddi atıkların aksine süreç israfları inşaat projelerinde zaman ve maliyet aşımına neden olur (Hosseini vd., 2012; Nagapan vd., 2012). Bekleme, yeniden işleme, gereksiz nakliye hareketleri, aşırı envanter, aşırı kalite maliyetleri, elverişsiz tasarım gibi unsurlar bu kategoride yer almaktadır.

Yalın üretimin temel prensibi değer katan faaliyetlerin iyileştirilmesi ve değer katmayan faaliyetlerin (israfların) ortadan kaldırılması üzerinedir. Bu bağlamda yalın inşaat yaklaşımı fiziksel atıklardan ziyade süreç israflarının minimize edilmesine odaklanmaktadır (Hosseini vd., 2012).

Yalın inşaat yaklaşımında süreç israfları ilk olarak Taiichi Ohno tarafından 7 başlık altında sınıflandırılmıştır (Ohno, 1988):

1. Ürün/Süreç Kusurları (Defects)
2. İhtiyaç duyulmayan malların fazla miktarda üretimi (Over Production)
3. İşlenmeyi ve tüketilmeyi bekleyen parça stokları (Inventory)
4. Gereksiz İşlem (Over Processing)
5. Gereksiz Taşıma (Transportation)
6. Gereksiz Hareket (Excessive Motion)

7. Bekleme (Waiting)

Ohno'nun israf kategorilerine daha sonra Womack ve Jones (1996) tarafından 'çalışanların yeteneklerinden faydalanılamaması' eklenmiştir. Bu tarihten itibaren Yalın inşaatta süreç israfları sekiz temel başlık altında sınıflandırılmaktadır. Yalın inşaat yaklaşımındaki sekiz israf kategorisi ve tanımları Tablo 2.3'te gösterilmektedir.

Tablo 2.3: Yalın israf kategorileri ve tanımları (Ismael & Yusof (2016)'dan uyarlanmıştır.)

	Yalın İsrar Kategorisi	Tanım
1	Kusur (Defect)	Yeniden işleme ve hurda oluşumuna neden olan eylemler
2	Bekleme (Waiting)	Üretimde durma veya bekleme süresi. Bir süreçte bir sonraki adımı beklerken boşa harcanan zaman.
3	Taşıma (Transportation)	Kötü veya planlama eksikliği nedeniyle malzemelerin saha içinde ve dışında gereksiz taşınması
4	Stok (Inventory)	Şantiyede çok fazla inşaat malzemesi depolanıyorsa. Alanı tıkalabilir, malzemelerin zarar görmesine neden olabilir.
5	Hareket (Motion)	Malzemelerin, aletlerin ve işçilerin inşaat sahası çevresinde gereksiz hareketi
6	Aşırı Üretim (Over Production)	İhtiyaçtan fazla veya ihtiyaç duyulmadan önce üretim.
7	Aşırı İşlem (Over Processing)	Müşteri için gerekenden daha fazla iş veya daha yüksek kalite
8	Kullanılmayan Yetenek (Unutilized Talent)	İnsanların yeteneklerini, becerilerini ve bilgilerini yeterince kullanmamak.

2.5. YALIN İNŞAAT ARAÇLARI

Yalın inşaat araçları, yalın felsefeyi uygulamayı kolaylaştırmak için farklı uygulama tekniklerinin benimsenmesiyle zenginleştirilmiştir. Teknikler çoğunlukla Toyota Motors ve Motorola gibi imalat şirketlerinden kaynaklanmaktadır ve inşaatta

uygulanabilirlikleri için birçok kez modifiye edilmiştir (Koskela, 1992; Abdelhamid, 2003). Halihazırda yaygın olan yalın inşaat araçları Tablo 2.4'te aktarılmaktadır.

Tablo 2.4: Yaygın yalın inşaat araçları (Ansah vd., 2016; Aslam vd., 2020)

No	Araç	Kısaltma	Referans
1	5S	5S	Alireza and Sorooshian (2014), Abdul-Rahman vd. (2012), Muhammad vd. (2013)
2	Eşzamanlı Mühendislik (Concurrent Engineering)	CE	Aziz and Hafez (2013), Abdul-Rahman vd. (2012)
3	Kontrol Çizelgesi (Check Sheet)	CS	ASQ (2015), Abdul-Rahman vd. (2012)
4	Altı Sigma (Six Sigma)	SS	Alireza and Sorooshian (2014), Abdul-Rahman vd. (2012)
5	Hata Türü ve Etkileri Analizi (Failure mode and effects analysis)	FMEA	ASQ (2015); Abdul-Rahman vd. (2012)
6	İlk Giren, İlk Çıkar (First In, First Out)	FIFO	Alireza and Sorooshian (2014)
7	A3 Raporlama	A3	Shetty & Rao (2019)
8	Kanban	KAN	Abdul-Rahman vd. (2012), Alireza & Sorooshian (2014)
9	Kaizen	KAIZ	Alireza & Sorooshian (2014)
10	Son Planlayıcı Sistem (Last Planner System)	LPS	Abdul-Rahman vd. (2012), Muhammad vd. (2013), Aziz & Hafez (2013)
11	Poka-Yoke	PY	Muhammad vd. (2013), Alireza & Sorooshian (2014)
12	İlk Çalıştırma İncelemeleri (First Run Studies)	FRS	Salem vd. (2005), Abdul-Rahman vd. (2012), Muhammad vd. (2013)
13	Görsel Yönetim (Visual Management)	VM	Abdul-Rahman vd. (2012), Muhammad vd. (2013), Alireza & Sorooshian (2014)
14	İş Yapılandırma (Work Structuring)	WS	Tsao vd. (2004), Abdul-Rahman vd. (2012)
15	Beş Neden (5 Whys)	5W	Tsao vd. (2004), Muhammad vd. (2013)
16	Günlük Toplantılar (Daily Huddle Meetings)	DHM	Salem vd. (2005), Muhammad vd. (2013)
17	PUKÖ (Plan, Do, Check, Act)	PDCA	Leanproduction.com (2015)

18	İş Standartlaştırma (Work Standardization)	WS	Muhammad vd. (2013), Alireza & Sorooshian (2014)
19	Tam Zamanında (Just-in-Time)	JIT	Abdul-Rahman vd. (2012), Muhammad vd. (2013), Aziz & Hafez (2013), Alireza & Sorooshian (2014)
20	Değer Akış Haritalama (Value Stream Mapping)	VSM	Abdul-Rahman vd. (2012), Leanproduction.com (2015)

Yalın inşaat yaklaşımında farklı amaçlar ve fonksiyonlar için çeşitli araçlar kullanılmaktadır. İnşaat faaliyetleri belirli proje ortamlarından, ekonomik koşullardan ve bu işi yürütmek için gereken insan gücünden büyük ölçüde etkilenir. Bu nedenle her inşaat faaliyetinin, dikkatle seçilmesi gereken farklı tipteki yalın araçlarla yönetilmesi gerekir. İşlevsel farklılıklar nedeniyle, yalın araçlar ile inşaat süreçleri/faaliyetleri arasındaki uyumluluk dikkatli bir şekilde kontrol edilmelidir (Pearce ve Pons, 2013).

Tablo 2.5'te farklı yalın araçların odaklandıkları farklı alanlar gösterilmektedir. Yalın inşaatın tüm ilkelerine ulaşmak için inşaat projelerinde kullanılabilecek tek bir araç yoktur. Bir organizasyonun gerçekten yalın olarak adlandırılabilmesi için tüm yalın ilkeleri kapsayacak şekilde yalın araçların bir kombinasyonunu kullanmak gerekmektedir (Aslam vd., 2020).

Tablo 2.5: Yalın inşaat araçları ve amaçları (Aslam vd. (2020)'den uyarlanmıştır.)

AMAÇLAR	LPS	VM	DHM	FRS	SS	FSQS	SS	KAN	JIT	KAIZ	CE	PF	LOB	PY	TOC	SP	BIM	IPD	SBD	TVD	VSM	FMEA
Planlama Değişkenliklerini Azaltın	*								*			*			*		*	*	*	*	*	*
Tasarım Değişkenliklerini Azaltın		*									*	*			*		*	*	*	*	*	*
Süreç Değişkenliklerini Azaltın	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Malzeme Akışını Koruma					*			*	*				*		*						*	
Devam Eden İyileştirmeler	*	*	*	*	*		*			*						*						
Daha İyi Görselleştirme	*	*		*								*				*	*				*	
Müşteri odaklı	*						*				*	*					*			*	*	
İş akışını iyileştirme	*		*	*					*	*	*	*	*	*	*			*	*		*	
Hata analizi ve kontrolü						*	*			*								*	*		*	*
İletişimi geliştirin	*	*															*	*	*			
Çalışma prosedürlerinin iyileştirilmesi		*	*	*	*							*										
Güvenliği Artırır	*	*			*	*		*		*				*		*						*

2.5.1. Eşzamanlı Mühendislik

Eşzamanlı mühendislik (Concurrent Engineering), en uygun ürünlerin elde edilmesi amacıyla işlevsellik, kalite ve üretkenlik ile ilgili çeşitli görevlerin çok disiplinli şekilde paralel olarak yürütülmesi olarak tanımlanabilir. Organizasyondaki

birçok fonksiyonun eş zamanlı çalıştırılması ile iyileştirmeler, planlamalar, tasarımlar ve operasyonlar daha etkin ve verimli şekilde gerçekleştirilir.

Eşzamanlı mühendislik, tasarım süreçlerinde bağlantılı faaliyetlerin dikkate alınarak değer katmayan faaliyetlerin elenmesi ve disiplinler arası takımların oluşturulmasıyla, binaların tasarlanması ve inşa edilmesi aşamalarında eş zamanlı ve bütünlük yaklaşım ile inşaatın bütüncül performansının artırılmasına yardımcı olabilmektedir (Love ve Gunasekaran, 1997). Yalın inşaat boyutunda tedarikçi ve taşeronların tasarım süreçlerine başlangıç aşamasında dahil edilmesi ile eşzamanlı mühendislik çabaları yalın inşaatın başarı oranına olumlu katkı sağlamaktadır.

2.5.2. Günlük Geniş Katılımlı Toplantılar

Yalın üretim ve yalın inşaat prensiplerine uygun olarak tüm kademelerin birbirleri ile iki yönlü olarak etkileşim ve iletişim içinde olmaları projenin ortak bir anlayış ile belirlenen hedefler doğrultusunda sürdürülebilmesine olumlu katkı yapmaktadır. Çalışan katılımının sağlanması için iki yönlü iletişim günlük geniş katılımlı toplantıların (Daily Huddle Meetings) anahtar noktası olmaktadır. İyileştirme döngüsünün parçası olarak günlük kısa başlangıç toplantıları, takım üyelerinin bir önceki toplantıdan beri yaptıkları çalışmaları birbirleri ile paylaşmaları ve özellikle görevi engelleyecek bir durumun oluşması durumunda bunun ile ilgili bilgi paylaşımını sağlamaktadır (Salem vd., 2005). Günlük toplantılar genellikle hızlı bilgi alışverişinin olduğu 5 veya 10 dakikalık toplantılar şeklinde gerçekleşmektedir.

2.5.3. İlk Çalıştırma İncelemeleri

İlk çalıştırma incelemeleri (First Run Studies), sürekli gelişme çabalarındaki kritik atama parçalarının yeniden tasarlanması için kullanılmakta ve üretkenlik incelemeleri ile çalışma şekillerinin gözden geçirilmesini içermektedir. Çalışmalar genellikle süreçlerin veya çalışma şekillerinin görüntüleri veya fotoğrafları üzerinden görsel hale getirilmeleri ile işlenmektedir. Çalışma için seçilen bir çalışma operasyonu, detaylı bir şekilde incelenerek, bu çalışmanın yerine getirilmesi için alternatif öneri ve fikirler oluşturulur.

2.5.4. İnşaat Endüstrisinde Plan Koşulları ve Çalışma Çevresi (PCMAT)

Projenin gerçekleştirilmesi aşamasında kullanılmak üzere sağlık ve iş güvenliğine yönelik olarak hazırlanan planlardır. Bu şekilde iş atamalarında iş güvenliği uygulamalarından kaynaklı bir kısıtlama olması durumunda oluşturulacak planların daha gerçekleştirilebilir ve güvenli olması hedeflenmektedir. Güvenlik uygulamaları kısa dönemli planlamalarla entegre edilerek sahadan elde edilen günlük veriler ile gerekli izlemeler gerçekleştirilir (Aziz & Hafez, 2013).

2.5.5. Görsel Yönetim

Görsel yönetim proje durumu, iş süreçleri ve olası sorunlar hakkında bilgi iletmek için görsel ipuçları (grafikler, işaretler ve etiketler gibi) kullanır. Bu teknik şeffaflığı artırmaya yardımcı olur, herkesi bilgilendirir ve hızlı karar almayı kolaylaştırır (Liker, 2004). Görsel yönetim araçları, operasyonların mevcut durumunu görmeyi ve sorunları erken tespit etmeyi kolaylaştırır.

2.5.6. A3 Raporlama

A3 raporlama, sorunları bildirme ve bunları ele alma yollarını sunma konusunda Yalın bir yaklaşımdır. Toyota tarafından geliştirilen basit yöntem; sorunları, mevcut sonuçlarını ve önerilen değişiklikleri beraberce tek bir A3 kâğıt üzerine belgelemeye dayanır ve adını da buradan alır. A3 raporlama bir süreç değişikliği teklifi yapmak, proje durumu hakkında rapor vermek veya bir sorunu çözmek için kullanılabilir. A3 raporlamanın öne çıkan avantajı sorunların kök nedenlerini ve en iyi çözümlerini bulmak için ucuz ve pratik bir yapısal bir araç olmasıdır.

2.5.7. Tam Zamanında

Yalın üretim sisteminin temel uygulamalarından olan tam zamanında üretim yalın üretim felsefesine paralel olarak sistem içerisinde gerekli olan faaliyet, üretim ve tedariklerin istenen zamanda, istenen miktarda ve istenen kalitede gerçekleşmesini sağlamaya yöneliktir.

İşletme içerisindeki zaman, kaynak ve malzeme israflarının önlenmesi ve yok edilmesi yoluyla süreçlerin etkin çalışması ve verimliliğin artırılması yoluyla sürekli

iyileşmeyi amaçlayan TZÜ yaklaşımı tüm birimlerin katılımı ile gerçekleşen bir yöntemdir.

2.5.8. 5S

İş yerinin organizasyonu için kullanılan 5S tekniği adını her bir aşama için kullanılan kelimelerin ilk harflerinden almaktadır. Amaçlanan hedef çalışma alanının sistematik, temiz ve güvenlik öncelikli olarak organize edilmesidir. Bu yapı sayesinde çalışanların verimliliği, iş standartlaştırma çabaları etkin hale gelirken görsel yönetimi kolaylaştırmaktadır. 5S kapsamındaki kullanılan teknikler sırasıyla şunlardır: Seiri (Sıralama), Seiton (Düzen), Seiso (Temizlik), Seiketsu (Standardizasyon), Shitsuke (Sürdürmek).

- Seiri (Sıralama): Mevcut operasyon ve faaliyetler için gereken ekipman ve aletlerin çalışma alanında tutulması, gerekli olmayanların ise çalışma alanından uzaklaştırılması.
- Seiton (Düzen): Tüm ekipman ve aletler için kendilerine uygun bir yer oluşturulması ve yerlerin uygun bir şekilde etiketlenerek çalışacak kişilerin gerekli malzemeleri kolaylıkla bulması ve çalışma sonucunda malzemelerin kendi yerlerine kolayca konulması için gerekli olan düzenlemeler.
- Seiso (Temizlik): Çalışma alanının ve ekipmanların temiz tutulması, ekipmanların her zaman kullanım için en uygun durumda olmalarını sağlarken temiz ekipman, malzeme ve çalışma ortamı üretimde hatalı veya kalitesiz sonuçlara yol açabilecek olan durumların çok daha önceden ve kolay tespit edilmesine yardımcı olur.
- Seiketsu (Standardizasyon): Oluşturulan yapının devam ettirilmesi, izlenmesi ve bakımı için geliştirilen sistem standardizasyon olarak adlandırılmaktadır. Bu sayede sistemin olması beklenen normal hali görsel olarak daha kolay kontrol edilebilmekte ve ortaya çıkan standart dışı durumlar hızlı bir şekilde tespit edilerek müdahale edilebilmektedir.

- Shitsuke (Sürdürmek): Standardize edilmiş olan çalışma alanının bakımının yapılması ve bu yapının sürekli gelişim doğrultusunda dinamik bir şekilde işletilmesi.

2.5.9. Poka-Yoke

Hata engelleme için kullanılan Poka-Yoke üretim süreçlerindeki hataların oluşmadan engellenmesi yöntemidir. Terim olarak Shigeo Shingo tarafından ortaya konan teknik ile dikkatsizlik sonucu oluşabilecek hataların, ekipmanların veya çalışma tekniklerinin tekrar düzenlenmesi yoluyla önüne geçmeyi hedeflemektedir. Poka-Yoke elemanları sonlandırıcı şalterler, ışıklı uyarılar, şablonlar, kılavuzlar, sensörler, basınçlı şalterler, ayar pimleri, sayaçlar vb. donanımdan oluşur. Temel fonksiyonları kapatma / durdurma, kontrol ve uyarıdır.

2.5.10. Kaizen (Sürekli İyileştirme)

Kaizen Japonca sürekli anlamına gelen KAI ve iyi anlamına gelen ZEN kelimelerinin birleşiminden oluşmuştur. Temel hedef ne kadar küçük olduğuna bakılmaksızın değer katmayıp maliyet oluşturan tüm israf kaynaklarının elenmesi sonucunda sistemin iyileştirilmesidir (Liker ve Meier, 2007). Bu hedefin başarılması için temel yöntem tüm çalışanların bu yaklaşımı benimseyerek küçük fakat sürekli olarak iyileştirmeye yönelik faaliyetlerde ve önerilerde bulunmasıdır.

Kaizen Enstitüsü, Kaizeni şu prensiplerin takip edilmesine bağlı olan sürekli gelişim yöntemi olarak tanımlamaktadır:

- İyi süreçler iyi sonuçlar getirir.
- Güncel durumu kavrayabilmek için gidip durumu kendin görmelisin.
- Verilerle konuşmak, gerçeklerle yönetmek
- Problemlerin kök nedenlerini kapsayacak çözecek faaliyetlerde bulunun.
- Takım olarak çalışın
- Kaizen herkesin işidir

2.5.11. İş Standartlaştırma

Womack ve Jones'un (1996) yalın düşüncenin beş ilkesine ilişkin öncü önermesinden bu yana, akış ilkesi bu felsefenin temel taşı olarak vurgulanmıştır. Bu

ilkeyi uygulamaya koymak için yaygın olarak kullanılan önemli bir unsur ise üretimi mümkün olduğunca sürekli akışa yakın tutmayı amaçlayan işlerin standartlaştırılmasıdır (Liker, 2004). İş Standartlaştırma (İS); israfı ve iş akışını azaltır, iş yükünü ve kaza riskini düşürür ve üretkenlik ile çalışan memnuniyetini artırır (Kishida vd., 2006).

İş Standartlaştırma, üç ögeye dayalı olarak her operatörün çalışması için kesin prosedürler oluşturmak anlamına gelir (LEI, 2003). İS öğeleri:

- Takt süresi: Takt süresi, bir ürünün müşteri beklentilerini karşılamak için ne sıklıkta tamamlanması gerektiğidir. Müşteri talebi ve mevcut zaman kullanılarak hesaplanır. Takt süresi, standart iş için ritmi belirler (Rother ve Harris, 2002);
- Sıralama: Sıralama, bir operatörün sürecin manuel adımlarını gerçekleştirdiği belirli sıradır. İş sırası, süreç sırasından farklı olabilir. Sıraya odaklanmak israfı belirler ve süreci dengeler (Mondem, 1998);
- Devam eden iş (Work-in-process): Devam eden iş, operatörün ürünü verimli bir şekilde akıtmasına izin verecek hat üzerindeki minimum envanter miktarıdır (Ohno, 1997).

Temel öğelerin yanı sıra İS'yi uygulamak için belgeler çok önemlidir. LEI (2003)'e göre İS'nin oluşturulmasında genellikle üç temel belge kullanılır:

- a. Üretim Kapasite Tablosu: Gerçek kapasiteyi doğrulamak ve darboğazları belirleyip ortadan kaldırmak için bir dizi işlemdeki her makinenin kapasitesini hesaplamak için kullanılır (Mondem, 1998);
- b. Standardize İş Kombinasyon Tablosu: Bir dizideki her operatör için manuel çalışma süresi, yürüme süresi ve makine işleme süresinin birleşimini gösterir (LEI, 2003);
- c. Standardize İş Şeması: Operatör hareketini ve malzeme konumunu makineye ve genel işlem düzenine göre gösterir (Liker ve Meier, 2007).

2.5.12. Son Planlayıcı Sistem (LPS)

Son planlayıcı sistemin amacı, iş akışının güvenilirliğini sağlamak; bu sayede projenin zaman ve bütçe sınırları dışına çıkmadan, ürün verimliliğini arttırmak ve istenilen kaliteyi elde etmektir (Ballard & Howell, 1997). Yalın İnşaat Enstitüsü

tarafından Son Planlayıcı sistem; proje sürecinde yapılması gerekli, yapılabilecek ve yapılan işler arasında bütünlüğün sağlanması için kullanılan iş birliğine dayalı ve taahhüt esaslı bir planlama tekniği olarak tanımlanmaktadır.

Son planlayıcı sistemin ana prensipleri;

- Detaylı planlama yapılması,
- Planların tüm proje ekipleriyle iş birliği içinde hazırlanması,
- Kısıtlamaların ortaya çıkarılması ve kaldırılması,
- Proje ekiplerinin gerçekçi ve güvenilir taahhütlerde bulunması için ortam oluşturulması,
- Geçmiş hatalardan ders çıkarılması şeklindedir (Ballard & Howell, 1997).

Son planlayıcı sistemde kontrol iki ana bileşen üzerinden yapılmaktadır. Bunlar; üretim birimi kontrolü ve iş akışı kontrolüdür.

Üretim birimi kontrolü için dikkat edilmesi gereken konular; görevlerin iyi tanımlanması, her bir görevin tamamlanacağı zaman aralıklarının doğru hesaplanması, doğru görev miktarı seçilmesi, seçilen görevlerin gerçekçi ve güvenilir olup olmadığının kontrol edilmesidir.

Son planlayıcı sisteminde üretim biriminin kontrolü ‘tamamlanan iş yüzdesi’ (Percent Plan Complete-PPC) üzerinden yapılmaktadır. ‘Tamamlanan iş yüzdesi’; oran olarak bir üretim sürecinde tamamlanan işin tamamlanması beklenen işe bölünmesi ile elde edilmektedir.

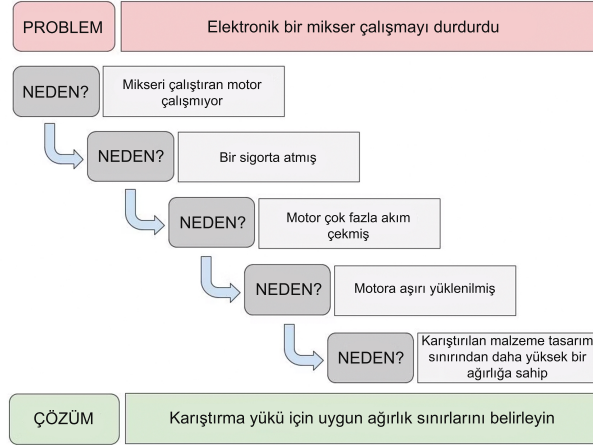
İş akışı kontrolü ise üretim birimleri arasında tasarım akışı, tedarik, kurulum gibi görevlerin kontrolünü kapsamaktadır. Son planlayıcı sistemde iş akışının kontrolü ‘İleriye Yönelik Planlama (Look Ahead)’ planlar ile sağlanmaktadır. ‘İleriye Yönelik Planlama’ LPS sürecinde işin tamamlanmasına 2-6 hafta kala yapılan ve işin tamamlanması için sorun yaratabilecek tüm engellerin kaldırılmasını sağlayacak 2-6 haftalık iş planlarıdır.

2.5.13. Beş Neden

‘Beş Neden’ tekniği Toyota fabrikası için Sakichi Toyoda tarafından geliştirilmiş bir kök neden bulma yöntemidir (Serrat, 2009). Yöntem bir sorunu

çözmeye çalışırken buna neyin sebep olduğunu düşünmek ve cevabı beş kez sorgulamak üzerine kuruludur (Şekil 2.5).

Beş Neden tekniğinin etkili bir şekilde kullanılması için üç temel unsur vardır: (i) sorunların doğru ve eksiksiz ifade edilmesi, (ii) soruları yanıtlarken tam dürüstlük, (iii) sorunların temeline inme kararlılığı (Serrat, 2017).

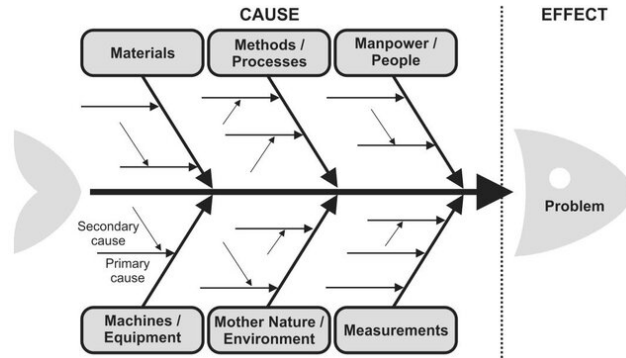


Şekil 2.5: Beş Neden tekniği

2.5.14. Balık Kılçığı Diyagramı

Balık kılçığı diyagramı da belirli bir soruna neden olan tüm faktörleri ortaya çıkarmaya ve sonuca en fazla etki eden faktörleri bulup iyileştirmeye yön veren bir kök-neden analizi tekniğidir (Atalay ve Kılıç, 2015). Balık kılçığı diyagramı, belirli bir problemin veya durumun nedenlerini belirlemek ve görsel olarak sunabilmek için kullanılmaktadır (Şekil 2.6).

Ishikawa diyagramı olarak da isimlendirilen balık kılçığı diyagramı, bireysel sorunlardan kurumsal boyutlara kadar herhangi bir konuda uygulanabilen, uygulaması basit, oldukça yararlı ve kapsamlı bir sorun çözme tekniğidir (Atalay ve Kılıç, 2015).



Şekil 2.6: Balık kılçığı diyagramı (Hristoski vd., 2017)

2.5.15. İş Yapılandırma

Yalın İnşaat Enstitüsü'ne (YİE) göre iş yapılandırması; mühendislik tasarımı, tedarik zinciri, kaynak tahsisi ve montaj çabalarını uyumlu hale getirmeye çalışırken bir projenin süreç tasarımını geliştirmek anlamına gelir (Howell ve Ballard, 1999). İş yapılandırmanın amacı, müşteriye değer sunarken iş akışını daha güvenilir ve hızlı hale getirmektir. Özellikle iş yapılanması, bir projeyi üretim birimlerinden ve iş parçalarından oluşan bir süreç olarak görür (Ballard, 1999).

İş yapılandırma, yalın yaklaşımın temel prensibi olan müşteri değeri üretebilmek için projedeki tüm aşamaların ve aşamaları oluşturan faaliyetlerin iş akışlarının öngörülebilir ve gerçekleştirilebilir şekilde oluşturulmasını amaçlamaktadır. İş yapılandırma YİE tarafından operasyon geliştirilmesi ve süreç tasarımlarının, ürün tasarımı, tedarik zinciri yapısı, kaynak yerleştirme ve montaj faaliyetleri ile uyumlu bir yapıda olduğunun gösterilmesi için oluşturulmuştur. İş yapılandırmanın temel amacı, oluşturulacak değerlerin müşteriye tesliminin hızlı ve daha güvenilir bir biçimde yapılmasını sağlayacak iş akışlarının gerçekleştirilmesidir (Akil, 2019).

İş yapılandırma süreç tasarımlarındaki en temel seviye olup şu sorulara cevap verir (Ballard, 2000):

- 1) Özel üretim birimlerine atanmış olan işlerden hangileri gerçekleştirilecek?
- 2) Çeşitli üretim birimleri arasında yapılacak olan işler hangi sırada yerine getirilecek?
- 3) Bir üretim biriminden diğerine aktarılan işlerden hangileri gerçekleştirilecek?
- 4) Belirlenmiş ara stoklara nerelerde ihtiyaç duyulacak ve büyüklükleri ne olacak?
- 5) Farklı iş yığınları ne zaman bitirilmiş olacak?

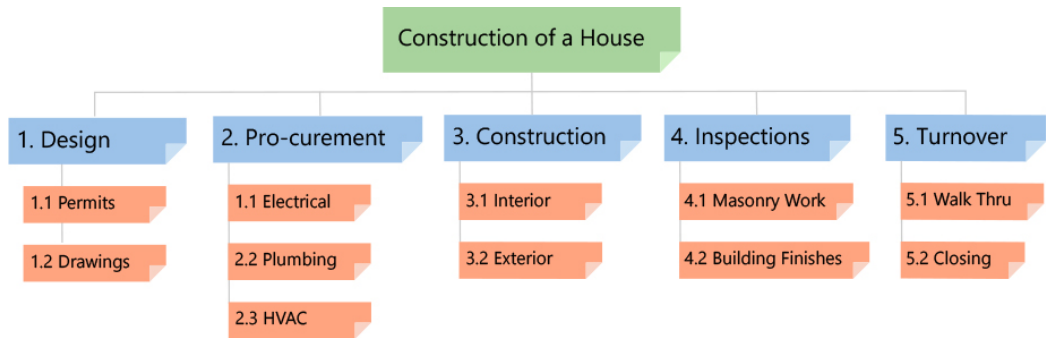
Sürekli ilerleme ve iyileştirme amacının gerçekleştirilmesi için ise bir öğrenme döngüsü oluşturularak, sistemin sonraki projelerde daha iyi bir yapıya ulaşması sağlanmaktadır.

İş yapılandırmanın en temel işlevlerinden biri projedeki işlerin tanımlanması ve projenin aşamalı olarak daha küçük birimlere bölünmesidir. Bu amaç için öne çıkan proje yönetim aracı ise ‘İş Kırılım Yapısı’ (Work Breakdown Structure-WBS) dır.

2.5.15.1. İş Kırılım Yapısı

İş kırılım yapısı (İKY), projenin aşamalı olarak daha küçük birimlere bölündüğü iş içeriklerinin hiyerarşik bir temsildir. İş paketlerini tanımlamanın da temelidir (Rad, 1999; Colenso, 2000). İşi daha küçük görevlere bölmek, işi daha yönetilebilir ve ulaşılabilir kılmak için kullanılan yaygın bir üretkenlik tekniğidir. İKY, inşaat sektöründeki profesyoneller ve araştırmacılar tarafından projeleri verimli ve etkili bir şekilde yönetmek ve kontrol etmek için kullanılan temel yaklaşımlardan biridir (García-Fornieles vd., 2003; Rad ve Cioffi, 2004). Ayrıca proje planlarının uyumlu olmasını sağlayarak kapsam, maliyet ve zamanlama temellerini tek başına entegre edebilir (İbrahim vd., 2009)

Proje Yönetimi Enstitüsü (PMI) iş kırılım yapısını, “proje ekibi tarafından yürütülecek işin teslim edilebilir odaklı hiyerarşik bir şekilde ayrıştırılması” olarak tanımlamaktadır (PMI, 2017). İş kırılım yapısının en üst seviyesi tüm projeyi temsil eder. Bu daha sonra hiyerarşideki bir sonraki seviyeyi temsil eden daha küçük öğelere bölünür. İşlem, tüm projenin yeterince ayrıştırıldığı kabul edilen bir seviyeye kadar devam eder. Yapıdaki son seviye girişleri ise ‘iş paketleri’ (work package) olarak adlandırılır ve her iş paketindeki çalışmanın performansından sorumluluğun bir bireye veya kuruluşa atandığı seviyeyi temsil eder (Haugan, 2002). Şekil 2.7’de bir evin inşaat süreçleri için hazırlanan iş kırılım yapısı örneği gösterilmektedir.



Şekil 2.7: İş kırılım yapısı örneği (Url-12)

İş kırılım yapısı oluşturulurken takip edilecek adımlar sırasıyla şu şekilde özetlenebilir:

- 1) Verilerin toplanması
- 2) Seviyelerin tanımlanması
- 3) İKY sözlüğünün oluşturulması
- 4) İş kırılım yapısının oluşturulması
- 5) Gannt şemasının oluşturulması

İKY oluşturulurken öncelikle yapım süreçlerine dair dokümanlar ve veriler toplanır. Ardından inşaat faaliyetinin büyüklüğüne göre İKY seviyeleri tanımlanır. Daha sonra İKY'deki her bir alt aşamada/seviyede ele alınan işin anlatımlı bir açıklamasının bulunduğu İKY sözlüğü oluşturulur. İKY'ndaki en düşük seviyedeki unsurlara ise 'iş paketleri' denir. İş paketlerinin ve her bir seviyede yer alan faaliyetlerin tanımlanmasının ardından İKY oluşturulur ve daha iyi bir proje takibi için Gannt şemasına aktarılır.

2.5.16. Değer Akış Haritalama

Yalın üretimin en önemli araçlarından biri olan 'değer akış haritalama' (value stream mapping-VSM) hataların, kayıpların ve teslim süresinin belirlenmesine ve azaltılmasına, değer yaratma süresinin iyileştirilmesine ve maliyetlerin azaltılmasına olanak tanımaktadır (Dadashnejad & Valmohammadi, 2019).

Değer akış haritalama (DAH), değer zinciri boyunca bilgi ve malzeme akışının görselleştirilmesini ve anlaşılmasını sağlayan, yaygın uygulama alanına sahip yalın üretim araçlarından birisidir (Lacerda vd., 2016). Organizasyonun mevcut durumunu haritalamak, israfları ortadan kaldırma fırsatlarını belirlemek ve iyileştirme uygulamalarına karar vermek amacıyla kullanılan grafiksel bir araç olarak da tanımlanabilir (Pavnaskar vd., 2003).

Bir sürecin iyileştirilmesini temel alan değer akış haritalama yöntemi, teslim süresinde ve kalitede iyileşme, üretkenlikte artış, kusurlar, gereksiz envanter ve gereksiz hareketlerde azalma gibi avantajlar sağlamaktadır (Goriwondo vd., 2011; Singh vd., 2010; Wang vd., 2020).

Değer akış haritalama, diğer değer zinciri haritalama tekniklerine kıyasla çeşitli avantajlara sahiptir. Değer akış haritası, herhangi bir üretim veya idari süreç için hem

malzeme hem de bilgi akışını görselleştirmek için kullanılan, bilgi akışı ile malzeme akışı arasındaki bağlantıyı görmeye yarayan güçlü bir araçtır. DAH, kullanıcıya malzeme ve bilgi akışını aynı haritada görme kolaylığı sağlar. Haritalama yöntemi, ortaya çıkan iyileştirmeleri gerçekleştirmek amacıyla yalın kavramları/teknikleri birbirine entegre eder ve işletmelerin gelecek durum haritası için gerekli iyileştirme faaliyetlerine öncelik vermesini sağlar. Üretimin yalnızca tek bir süreç düzeyinde değil, tesis düzeyinde görselleştirilmesine yardımcı olur (Lin, 2004). DAH yöntemi ile iş süreçleri kolaylaştırılabilir, teslim ve çevrim süreleri kısaltılabilir, değer katan süre arttırılabilir, değer katmayan süre azaltılabilir, kusurlar iyileştirilebilir ve maliyetler azaltılabilir (Alzubi vd., 2019; Heravi & Firoozi, 2017; Mishra vd., 2019; Shou vd., 2017).

Rother ve Shook'a (1999) göre DAH, bilgi akışı ile malzeme akışı arasındaki başka hiçbir aracın yapamadığı bağlantıyı gösterir. Katma değeri olmayan adımların, tedarik süresinin, kat edilen mesafenin, envanter miktarının vb. bir çetelesini oluşturan nicel araçlardan ve yerleşim şemalarından çok daha kullanışlıdır. Ayrıca akışı görselleştirmek hem bilginin hem de ürünün nerede, ne zaman ve nasıl aktığını görme ve sonuç olarak israfın kaynağını tanıma ve ortadan kaldırma yeteneği yaratır. Bu nedenle DAH, inşaat sürecinde yalın prensibin uygulanması ve üretkenliğin artırılması için ideal bir yalın araçtır (Pasqualini & Zawislak, 2005; Xia & Sun, 2013).

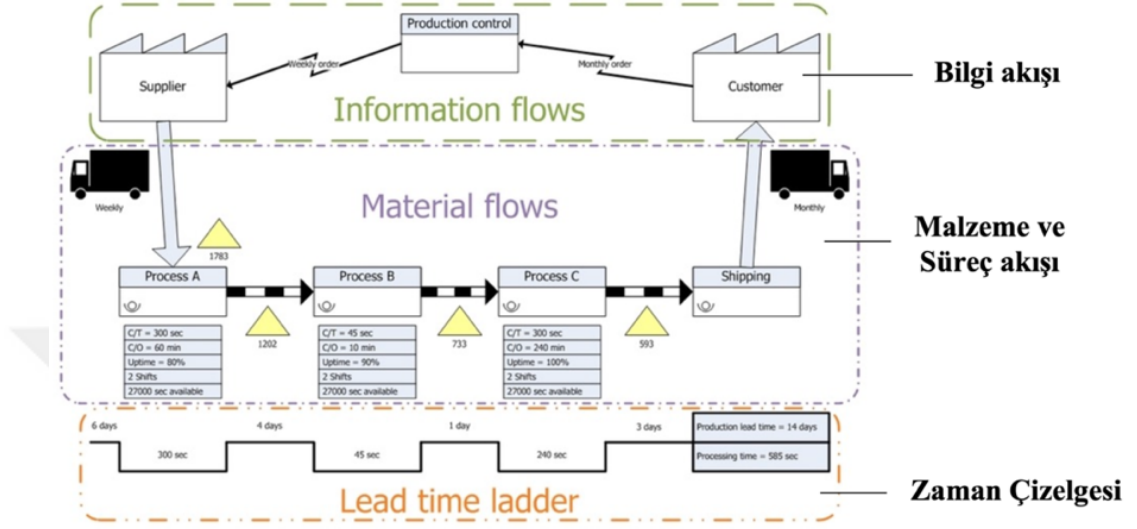
2.5.16.1. Değer Akış Haritalama Sembolleri

Değer akış haritalandırma kullanılan semboller malzeme akışı sembolleri, bilgi akışı sembolleri ve genel semboller olarak üç ana grupta ele alınabilir. Genel olarak standart bir işaret dili kullanılsa da firmalar ihtiyaçlarına göre kendilerine özgü semboller ekleyebilmektedir. Değer akış haritalamada kullanılan standart semboller Tablo 2.6'da gösterilmektedir.

Tablo 2.6: Değer akış haritalama sembolleri (Akın, 2022)

Bilgi Akış Sembolü	Tanım	Açıklama
	Elektronik bilgi akışı	İnternet yoluyla elektronik ortamda yapılan bilgi akışıdır.
	Manuel bilgi akışı	Çizelgeleme ya da evrak yoluyla yapılan bilgi akışıdır.
	Bilgi	Bilgi akışını gösterir.
	Çekme kanbanı	Taşıyıcıya önceki prosesin süpermarketinden parça çekme emrini veren karttır.
	Üretim kanbanı	Prosesi hangi parçadan ne kadar üretilceğini bildiren karttır.
	Yük seviyelendirme	Birim zaman dilimindeki üretim hacmini ve ürün karmasını gösterir.
	Sinyal kanban	Süpermarketteki stok düzeyinin, yeniden sipariş noktasına düşmesi halinde sinyal verir. Model değişikliği gerektirdiğinden dolayı seri üretim yapan tedarikçi proseslerde kullanılır.
	Kanban kutusu	Kanban kartlarının tutulduğu kutudur.
	Sıralı çekme topu	Süpermarket sisteminin kullanılmadığı alt montaj proseslerini gösterir. Daha önceden belirlenmiş adette hemen üretim yapılması emrini verir.
	"Git Gör" üretim çizelgeleme	Stok seviyelerini kontrol edip çizelgenin düzeltilmesi.
Malzeme Akış Sembolü	Tanım	Açıklama
	Üretim süreci	Her kutu bir procese aittir ve proses ile operatör sayısını gösterir.
	Dış kaynak	Müşteriyi, tedarikçiyi ya da dışarıda gerçekleştirilen üretim prosesini gösterir.
	Bilgi kutusu	Çevrim zamanı, hazırlık süresi, güvenilirlik oranı, parti büyüklüğü gibi bilgiler yer alır.
	Stok	Miktar ve zaman bilgisi yazılır.
	Sevkiyat	Sevkiyat sıklığı yazılır. (Gün, hafta, ay vb.)
	İtme hareketi	Bir sonraki prosesin ihtiyacından önce üretilen ve sonraki procese itilen malzemeyi gösterir.
	Bitmiş ürünün müşteriye hareketi	Bitmiş ürünün akışını sembolize eder.
	İlk giren ilk çıkar (Sıralı akış)	Önceki prosesin fazla üretim yapmasını engelleyen ve akışı sıralayan bir araçtır.
	Süpermarket	Bir önceki prosesin üretimini kontrol altına almak için kullanılan parça stokudur.
	Çekiş	Süpermarketten malzeme çekilmesini gösterir.
Genel Semboller	Tanım	Açıklama
	Kaizen	Yapılması planlanan iyileştirmeler, gelecek durum haritasında bu sembol ile gösterilir.
	Emniyet stoku	Müşteri siparişlerindeki ani değişime ya da sistemde yaşanacak aksaklığa karşı emniyet amacıyla tutulan stoktur.
	Operatör	Mevcut prosesteki çalışan sayısı ile birlikte gösterilir.

Değer akış haritalamanın bütüncül grafik gösterimi ise genellikle bilgi akışı yukarıda, malzeme ve süreç akışı ortada ve zaman çizelgesi aşağıda konumlanacak şekilde düzenlenmektedir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8: Değer akış haritalama bölümleri (Url-13)

2.5.16.2. Değer Akış Haritalama Adımları

Değer akış haritalama tekniği endüstriyel imalat ortamı için geliştirilmiş ve imalat sektörünün özellik ve gereksinimlerini dikkate alan bir araçtır. Bu bağlamda geleneksel DAH adımları; bir ürün ailesinin seçimi, mevcut durum değer akış haritasının oluşturulması, mevcut durum değer akış haritasının analizi ve gelecek durum değer akış haritasının hazırlanmasından oluşmaktadır. Ancak inşaat sektörü imalat ortamından farklı özelliklere sahip olduğu için DAH yönteminin inşaat faaliyetlerinde uygulanması için her aşamada bazı değişiklikler yapılması gerekmektedir (Pasqualini ve Zawislak 2005).

Buradan hareketle, Pasqualini & Zawislak (2005) inşaat faaliyetleri için DAH adımları aşağıdaki gibi düzenlemiştir.

(1) İnşaat faaliyeti dizisinin seçimi:

İnşaat her büyük aşama, uzun bir süre boyunca aşamalı olarak gerçekleştiğinden ve farklı ürünlerle sonuçlanan farklı süreçlere sahip olduğundan, her aşama bir tür alt yapı (sub-construction) olarak düşünülebilir. Böylece, inşaat DAH'nı başlatmak için bir ürün ailesi seçmek yerine, bireysel bir süreç oluşturan bir

dizi ardışık aktivite seçilebilir. Örneğin, bir bina projesi olması durumunda sadece 'temelin inşaatını' oluşturan faaliyetler seçilebilir.

(2) Mevcut durum haritasının oluşturulması:

Mevcut durum haritası, mevcut değer akışını tam olarak kopyalaması gerektiğinden bilgilerin doğrudan şantiyede toplanması gerekir. İnşaatta üretim süresi imalattan çok daha fazladır. Bu nedenle, bir inşaat görevi için tek bir günde mevcut durum haritası için veri elde etmek pratik olarak imkansızdır. Bu nedenle, mevcut durum haritası için inşaat faaliyetinin tüm sürecinin makul sayıda izlenmesi ve genel bir ortalama alınması gerekmektedir.

(3) Mevcut durum haritasının analizi:

Mevcut durum haritasının analizinin amacı israfları belirlemek ve iyileştirmeler önermektir. Bu amaçla haritanın bekleme süresi, teslim süresi, işçilik ve ekipman verimliliklerini içeren her yönü incelenmelidir.

(4) Gelecekteki durumun haritasının oluşturulması:

İmalata benzer şekilde inşaat faaliyetleri için gelecek durum haritası, mevcut durum haritasından ve süreç iyileştirmeleri için gerçekleştirilen analizlerden sürüklenerek açıklanmalıdır.

2.5.16.2.1. DAH'da Veri Toplama ve Değer Akışı Seçimi

DAH'daki önemli bir kural, malzeme ve bilgi akışının gerçek yolları boyunca yürürken kronometreyi getirmek ve yalnızca ilk elden elde edilen bilgilere güvenmektir (Rother ve Shook, 2003). Ancak bu kural inşaatta geçerli değildir. İnşaat sürecindeki kuyruk süreleri ve karmaşıklığın yanı sıra görev sürelerindeki yüksek değişkenlik, küçük bir araştırmacı ekibinin yalnızca saha gözlemleri yoluyla yeterli veri toplamasını imkânsız kılmaktadır. Bunun yerine, saha yöneticilerinin inşaat sürecindeki her görevin rezervasyon tarihini, teyit edilen başlangıç tarihini, fiili başlangıç tarihini ve fiili bitiş tarihini kaydettiği bir üretim takip sistemi kullanılmıştır.

Bu nedenle değer akış haritalamaya başlamadan önce iki yönetim kararı alınmalıdır:

(1) İncelenecek inşa faaliyeti dizisini belirlemek.

(2) Haritalama düzeyine karar vermek.

Değer akışı, bir ürünü veya hizmeti ham halden müşteriye getirmek için gereken bir dizi faaliyettir. Bir üretim tesisi genellikle her biri benzersiz bir dönüştürme işlemiyle birden fazla ürün ürettiğinden, genellikle iyileştirmelere odaklanılacak hedef olarak en yüksek üretim hacmine sahip ürün ailesi seçilir (Tapping vd., 2002). Bir ev inşaat şirketinin ürünleri ise tam tersine, tek bir ürün ailesi olarak görülebilir, çünkü genellikle benzer işlem adımlarını izleyerek ve aynı alt ticaret havuzunu kullanırlar. Ancak konut yapım süreci, onlarca ticaret müteahhidini içeren ve yüzlerce inşaat faaliyetinden oluşan karmaşık bir sistemdir (Yu vd., 2009). Tüm süreci kapsayan tek bir harita, bir DAH ekibinin işlemesi için çok büyük ve hantal olur. Uygulanabilir bir çözüm tüm üretim akışını, bir tedarik zincirinde her bir aşamanın bağımsız bir değer akışı olarak kabul edildiği aşamalara bölmektir. İnşaat sürecini bölümlere ayırmanın bir başka nedeni, sürecin bir takt zamanı ile senkronize edilemeyecek kadar uzun olmasıdır.

Değer akışının tanımlanmasında dikkate alınması gereken bir diğer önemli konu da haritalama düzeyidir. İmalatta, haritalama genellikle tek bir tesisteki üretim süreci seviyesinde başlar ve aktivite kutusu sürekli bir ürün akışını gösterir. Başka bir deyişle haritadaki görevler, ürün akışının durduğu ve süreç içi envanterin biriktiği yerlere bölünür. İnşaatta evler (ürünler) bir üretim hattı boyunca hareket etmez, bunun yerine işçiler bir evden (ürün) diğerine geçer. Böylece, bir firmanın operasyonları sürekli bir akış olarak kabul edilebilir ve harita üzerinde tek bir etkinlik kutusu ile gösterilebilir (Yu vd., 2009).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

3. SEKTÖRDEKİ AHŞAP KONUT FİRMALARIYLA GÖRÜŞMELER

Türkiye’de yüksek ön imalat değeriyle ahşap konut inşaatı sektörü oldukça az sayıda firmanın faaliyet gösterdiği bir alandır. Sektörle ilgili yapılan akademik çalışmalar ve üretilen bilgiler de son derece kısıtlıdır. Buradan hareketle araştırma kapsamında ihtiyaç duyulan veriler sektördeki az sayıdaki firmanın yetkilileriyle yapılan iki aşamalı nitel görüşmelerle elde edilmeye çalışılmıştır.

3.1. ÖN GÖRÜŞMELER

Bu bölümde ilk olarak yapılan ön görüşmelerin yapısı, ikinci olarak yapılan ön görüşmelere ait bulgular, ardından ön görüşme bulgularının değerlendirilmesi ve modele etkileri, son olarak da ön görüşmeler sonrasında oluşturulan taslak model aktarılmaktadır.

3.1.1. Ön Görüşmelerin Yapısı

Türkiye’de saha dışı inşaat yöntemleriyle ahşap konut inşaatı alanındaki mevcut uygulamaların ve sorunların tespiti için sektörde faaliyet gösteren firmalar ile ön görüşmeler gerçekleştirilmiştir.

Bu alt bölümde örneklem seçim yöntemi ve ön görüşmelerin tasarımı yer almaktadır.

3.1.1.1. Örneklem Seçimi

Araştırma kapsamında gerçekleştirilen görüşmelerde örneklem belirlenirken birincil belirleyici kriter sektördeki firmaların ahşap konut üretimlerindeki ön imalat değerleri (ÖİD) olmuştur. Ön imalat değerinin hesaplanmasında ve ÖİD’ne göre firmaların inşaat faaliyetlerinin kategorize edilmesinde ise Birleşik Krallık’ta resmi makamlar tarafından onaylanan Cast Consultancy danışmanlık firmasının verileri ve sınıflandırmaları kullanılmıştır.

Bu bağlamda görüşmelerin örnekleme ahşap konut üretimlerini Birleşik Krallık'ta konut inşaatlarında talep edilen en az ÖİD olan % 55'in (MHCLG, 2019) üzerinde bir oranla yapabilen firmalardan oluşturulmuştur.

Cast Consultancy'ye (2021) kriterlerine göre ülkemizde ahşap konutları talep edilen yüksek ön imalat değerleriyle üretebilen 9 firma bulunmaktadır. Farklı ahşap yapım sistemleri kullanan firmaların ortak özelliği tekil yapı bileşenlerinin yanı sıra 2 boyutlu ahşap elemanların da saha dışında üretiminin yapıldığı bir inşaat modeli kullanmalarıdır. Bu sayede MİY çerçevesinde talep edilen en alt ÖİD (% 55) seviyesini sağlayabilmektedirler.

Araştırma kapsamında belirtilen kriterleri sağlayan 9 firma arasından görüşmeyi kabul eden 4 firmayla görüşmeler yapılmıştır.

3.1.1.2. Ön Görüşmelerin Tasarımı

Ön görüşmeler araştırma kapsamında belirlenen firmaların yetkilileriyle yüz yüze veya telefonla yarı yapılandırılmış görüşme formatında gerçekleştirilmiştir. Görüşmelerde ses kaydı alınmasına izin verilmediği için bilgiler not alınarak saklanmıştır.

Yarı yapılandırılmış olarak tasarlanan ön görüşmelerde soruların bir kısmı standartlaştırılmış, bir kısmı ise açık uçlu olarak hazırlanmıştır. Böylece derinlemesine bilgi elde etmek mümkün olmaktadır (Polat, 2022). Ön görüşmelerde firmalar ve üretim süreçlerine dair kapsamlı bilgiler edinebilmek adına 19 sorudan oluşan bir görüşme formu hazırlanmıştır (**Tablo 3.1**). Ön görüşme formundaki sorular firmaların;

- iş modeli,
- çalışan sayısı,
- yıllık üretim miktarı,
- inşa ettiği yapı türleri,
- ahşap yapı sistemleri,
- ahşap yapım yöntemleri,
- saha dışı üretim teknikleri ve oranları,
- yapı üretim süreçleri,
- yapım süreçlerindeki verimsizlikler,
- yapım süreçlerini iyileştirme faaliyetleri, ve

Yalın inşaatla dair görüşleriyle ilgili bilgi almaya yönelik oluşturulmuştur. Bu sayede sektördeki firmaların organizasyonel yapıları ve inşaat faaliyetlerine dair genel bilgilerin yanı sıra Türkiye’de saha dışı inşaat yöntemleriyle ahşap konut üretiminde oluşan verimsizlikler ve nedenleriyle ilgili veriler elde edilmeye çalışılmıştır.

Tablo 3.1: Ön Görüşme Formu

ÖN GÖRÜŞME FORMU	
* Yapılan görüşme, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi - Mimarlık Doktora programı kapsamında yürütülen "Türkiye Ahşap Konut Sektöründeki Firmalara Yönelik Yalın İnşaat Tabanlı Süreç İyileştirme Modeli" başlıklı doktora çalışması için düzenlenmiştir. Görüşmeye katıldığınız için teşekkür ederiz.	
Firma Adı:	Görüşme Tarihi:
Ön Görüşme Soruları	
1. Hangi tür ahşap yapılar üretiyorsunuz? (Konut, ofis...)	
2. İş modelinizi nasıl tanımlarsınız?	
3. Ahşap konutlarınız ön tasarımı mı, yoksa projeye özel mi tasarlıyorsunuz? Kaç farklı ev tasarımınız bulunmaktadır?	
4. Yılda kaç adet ahşap konut üretiyorsunuz? Şu ana kadar toplam kaç konut inşa ettiniz?	
5. Firmanızda hangi pozisyonlarda, kaç kişi çalışıyor?	
6. Hangi ahşap yapım sistemlerini kullanıyorsunuz? (Karkas, kolon-kiriş, cft...)	
7. Saha dışı inşaat tekniklerinden hangilerini kullanıyorsunuz? (Ön kesim, panel, hacimsel...)	
8. Saha dışı inşaat oranınızı yaklaşık yüzde kaç olarak tanımlarsınız?	
9. Hangi panel türünü yaygın olarak kullanıyorsunuz? (Açık, yarı açık, kapalı, cft...) Neden?	
10. Panel boyutlarınızı nasıl belirliyorsunuz? (Yazılım programı kullanıyor musunuz?)	
11. Panel katmanları nasıl belirleniyor?	
12. Konut üretim süreçlerinizde hangi yazılım programlarını kullanıyorsunuz?	
13. Ön üretimi yapılacak elemanların iş akışı ve üretim sıralaması nasıl belirleniyor?	
14. Yapım süreçlerinin yönetimiyle ilgili özel bir personel var mı?	
15. Konut inşaatınızda ana üretim süreçlerinizi nasıl tanımlarsınız?	
16. Konut inşaatınızda alt üretim süreçlerinizi nasıl tanımlarsınız?	
17. Firmanızın ahşap konut inşaat faaliyetlerindeki verimsizlikler/problemler nelerdir?	
18. Verimsizliklerin iyileştirilmesi için ne önerirsiniz? Bunun için belirli bir yöntem/uygulamanız var mı?	
19. Yalın inşaat yaklaşımıyla ilgili bilginiz var mı? Yalın inşaat araçlarından faydalananıyor musunuz?	

Firmalarla yapılan görüşmelerde belirlenen soruların cevapları dışında verilen ek bilgiler de not alınarak araştırma bulgularına eklenmiştir. Görüşmeler sonucunda elde edilen veriler derlenerek görüşme bulguları başlığı altına aktarılmıştır.

3.1.2. Ön Görüşme Bulguları

Bu bölümde ahşap konut üreticisi 4 firmanın yetkilileriyle gerçekleştirilen görüşmelerin bulguları ve firmalara ait genel bilgiler paylaşılmaktadır.

3.1.2.1. A Firması Görüşme Bulguları

A firması, uzun yıllar ahşap yapı sektöründe hizmet veren bir şirketin alt firması olarak 2021 yılında faaliyete geçmiştir. Modern ahşap karkas ev üretimi odaklı kurulan firma, kişiye özel tasarımların yanı sıra hazır konsept modelleriyle ön plana çıkmaktadır.

Araştırma kapsamında firmanın yetkilisiyle yüz yüze görüşme yapılmıştır. Yapılan görüşmenin bulguları belirlenen görüşme sorularının sıralamasına göre aşağıda aktarılmıştır.

Firma iş modeli olarak arsası bulunan müşterilerine sipariş üzerine anahtar teslim ahşap konut inşaatı hizmeti vermektedir. Firma, bünyesinde çalışan mimarlar ile müşterilerine hazır konsept tasarımların yanı sıra kişiye özel tasarım imkânı sunmaktadır. Müşteriler firmanın hazırladığı konsept ahşap ev tasarımlarından seçtiği takdirde model üzerinden kişiye özgü revizyonlar da yapılabilmektedir.

Firmanın yıllık ahşap konut üretimi 1-2 adet olarak belirtilmektedir. Toplam inşa ettiği konut sayısı da yeni kurulan bir işletme olması nedeniyle henüz 5 olarak bildirilmektedir. Firmada halihazırda daimî olarak 5 işçi, 2 mimar, 1 mühendis ve 2 yönetici çalışmaktadır. İhtiyaç halinde proje bazlı işçi sayılarında artış olabilmektedir.

Firmanın ahşap konut yapılarında platform hafif ahşap çerçeve sistem (light timber frame) kullanılmaktadır. Firma bu sistemin az katlı ahşap konut yapıları için daha elverişli olduğunu belirtmektedir. Bununla beraber döşeme, duvar ve çatı birimleri hafif çerçeve yarı açık paneller şeklinde üretilip sahada montajı yapılmaktadır. Bu bağlamda döşeme panelleri, zemin kat duvarlarının üzerine bindirilmektedir. Çatı panelleri de 1. Kat duvar panellerinin üzerine monte edilmektedir.

Firma yetkilisi ahşap konut inşaatlarında yaklaşık % 75 oranında saha dışı üretimleri olduğunu belirtmektedir. Yapıların büyük oranda önceden imal edilmiş yarı açık paneller ile inşa edildiği göz önüne alınırsa belirtilen oranın yakalanabilmesi mümkün gözüküyor. Kapalı panel sistemi ise tesisat döşemenin zorluğu ve birleşim detaylarının tam çözülememesi nedeniyle ön imalat değerini (ÖİD) artırmasına rağmen tercih edilmemektedir.

Firmanın ahşap konutlarında panel boyutları, endüstriyel ahşap levhaların (OSB, kontraplak vs.) boyutları dikkate alınarak standart bir ölçüye bağlanmıştır. Tek kat yüksekliğindeki panellerin yüksekliği 250 cm olarak sabitlenmiştir. Panellerin genişliği ise projenin detaylarına göre değişiklik gösterebilmektedir. Döşeme ve çatı panelleri için ise herhangi bir standart ölçü bulunmamaktadır. Geçilen açıklığın eni ve boyuna göre panel boyutları firmanın detay tasarımı ekibi tarafından belirlenmektedir. Panel boyutlarının belirlenmesi için herhangi bir yazılım programı kullanılmamaktadır.

Firmanın hazır konsept modelleri için standart bir dış duvar katmanlaşması tanımlanmıştır. Duvarların iç tarafında alçıpan kaplama ve boya, duvarın içinde taş yünü, dış tarafta ise buhar kesici, OSB levha ve üzerine ahşap lambri kaplama yer almaktadır. Ancak müşterinin talepleri doğrultusunda iç ve dış kaplamalar değiştirilebilmektedir.

Firmada mimari tasarım ve imalat çizimleri için Autocad programı kullanılmaktadır. Bunun dışında herhangi bir faaliyet için yazılım programı kullanılmamaktadır.

Firmanın ahşap konut inşaat süreçleriyle ilgili tüm planlamalar firmanın ahşap işleri sorumlusu tarafından yapılmaktadır. Yapım süreçlerindeki denetimlerde ise firmada çalışan mimar, mühendis ve ahşap işleri sorumlusu görev almaktadır.

Firmanın ahşap konut üretimleriyle ilgili sorunlar; maliyetlerdeki sık değişkenlik nedeniyle finansal planlamanın zorluğu, dışardan alınan hizmetlerdeki aksamalar (gecikmeler, kusurlar), eğitilmiş personel bulamamak, sektördeki paydaşların (belediye personeli, mühendis, işveren...) ahşap yapılarla ilgili yeterli donanımda olmamalarından dolayı proje onay süreçlerinin uzaması olarak belirtilmektedir.

Firmada, ahşap konut yapım süreçlerindeki verimsizliklerin tespiti ve iyileştirilmesi amacıyla belirli bir uygulama veya yöntem kullanılmamaktadır. Firmanın yetkilileri uzun yıllar sektörde olmanın avantajıyla önceki süreçlerden dersler çıkararak bir sonraki projeyi ve çalışma düzenini organize etmektedir. Firma yetkilisi yalın inşaat yaklaşımına dair herhangi bir bilgilerinin olmadığını belirtmektedir. Ayrıca, ahşap konut üretimlerindeki verimsizliklerin tespiti ve genel olarak yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik uygulanabilir bir sistemin kendileri için faydalı olacağı görüşünü paylaşmaktadır.

3.1.2.2. B Firması Görüşme Bulguları

İnşaat sektöründe 1971'den beri birçok farklı alanda faaliyet gösteren B firması, 1999 yılındaki büyük depremin ardından ahşap konut inşaatlarına yönelmiştir. Bu dönemde inşa ettikleri site, Türkiye'deki hafif ahşap taşıyıcı sistemle inşa edilen ilk büyük konut projelerinin başında gelmektedir. Firma günümüzde de ahşap konut inşa faaliyetlerine devam etmektedir.

Araştırma kapsamında firmanın yetkilisiyle yüz yüze görüşme yapılmıştır. Yapılan görüşmenin bulguları belirlenen görüşme sorularının sıralamasına göre aşağıda aktarılmıştır.

Firma iş modeli olarak arsa satın alıp üzerine az katlı ahşap konutlardan oluşan projeler inşa etmektedir. Konutlar inşaat sürecinde veya sonrasında anahtar teslim olarak satılmaktadır. Firma sipariş üzerine veya müşteri talebine göre konut inşaatı yapmamaktadır. Firmanın projelerinde iki tip konut tasarımı bulunmaktadır. Tüm konutlar bu tasarımlarla inşa edilmektedir. Firma yakın dönemde yılda ortalama 50-60 ev inşa etmektedir. Firmanın toplamda inşa ettiği ahşap konut sayısı ise yaklaşık 900 olarak belirtilmektedir. Firmanın ahşap inşaatlarıyla ilgili biriminde 18 usta, 2 yönetici, 1 mimar ve 1 mühendis çalışmaktadır.

Firma yapılarında platform hafif ahşap çerçeve sistem (light timber frame) kullanmaktadır. Bu bağlamda önceden imal edilmiş döşeme kirişleri duvar panellerinin üzerine binmektedir. Yapı sisteminin ve detaylarının belirlenmesinde firma personellerinin Kanada'da aldığı eğitimler etkili olmuştur. Bu nedenle kiriş yüksekliği gibi birçok ölçü ve yapı detayında Kanada'da ahşap yapım sistemlerindeki

bilgiler kullanılmaktadır. Örneğin kiriş yüksekliği tüm döşemeler için 42 cm olacak şekilde sabitlenmiştir.

Firma yetkilisi konut inşaatlarında % 90 oranında saha dışı üretimleri olduğunu belirtmektedir. Duvar panelleri, kirişler ve çatı makasları gibi yapı elemanları atölyede önceden imal edilmektedir. Duvar panellerinde yarı açık panel sistemi kullanılmaktadır. Kapalı panel sistemi tesisat döşemenin zorluğu ve birleşim detaylarının çözülmemesi nedeniyle tercih edilmemektedir.

Firma yetkilisi konut inşaatlarında % 90 oranında saha dışı üretimleri olduğunu belirtmektedir. Ancak duvar panellerinin ön imalatı yarı açık ve kaplamasız bir şekilde yapılmaktadır. Ayrıca döşemeler panel halinde önceden üretilmemektedir. Yalnızca kirişler ve duvar panelleri ön imalatı yapılmış bir halde sahaya gelmektedir. O nedenle % 60 ÖİD'ni geçebilmesi pek mümkün gözükmemektedir.

Firmanın ahşap konutlarında kat yükseklikleri Kanada inşaat yönetmeliklerine göre standart bir ölçüye bağlanmıştır. Bu nedenle duvar panellerinin yükseklikleri sabit tutulmaktadır. Panellerin genişliklerine ise projeye göre taşınabilir bir ölçü olacak şekilde ustabaşı karar vermektedir. Bu iş için herhangi bir yazılım programı kullanılmamaktadır.

Firmanın tip projeleri için standart bir duvar katmanlaşması tanımlanmıştır. Duvarın iç tarafında alçıpan kaplama, içeride taş yünü, dış tarafta ise OSB üzerine ahşap görünümlü betopan kaplama yer almaktadır.

Firma çeşitli amaçlar için farklı yazılımlar kullanmaktadır. Tasarım çizimleri için Autocad, statik hesaplama işleri için SEMA, kiriş presleme makinası için Dietrichs, ahşap makas yapımı için ise VERTEX vb. programlar kullanılmaktadır.

Firmanın ahşap konut inşaat süreçleriyle ilgili tüm planlamalar ustabaşı ile firmanın ahşap işleri sorumlusu tarafından yapılmaktadır. Yapım süreçlerindeki denetimler de bu iki kişi tarafından gerçekleştirilmelidir.

Firmanın ahşap konut üretimleriyle ilgili sorunlar; olumsuz hava şartları, kalifiye eleman bulamamak, nakliye, dışardan alınan hizmetlerdeki aksamalar (doğrama, elektrik vs.) ve takvimde olmayan araya giren hatır işleri olarak belirtilmektedir. Nakliye açısından da uzak mesafelerdeki işlere ulaşım, malzeme ve personel taşımada sıkıntılar olabilmektedir. Dışarıdan alınan hizmetlerde ise özellikle doğramalarda hatalara rastlanmaktadır.

Firmada, ahşap konut yapım süreçlerindeki verimsizliklerin tespiti ve iyileştirilmesi amacıyla belirli bir uygulama veya yöntem kullanılmamaktadır. Firmanın yetkilileri uzun yıllar sektörde olmanın avantajıyla önceki süreçlerden dersler çıkararak bir sonraki projeyi ve çalışma düzenini organize etmektedir. Firma yetkilisi yalın inşaat yaklaşımına dair herhangi bir bilgilerinin olmadığını belirtmektedir. Ayrıca, ahşap konut üretimlerindeki verimsizliklerin tespiti ve genel olarak yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik uygulanabilir bir sistemin kendileri için faydalı olacağı görüşünü paylaşmaktadır.

3.1.2.3. C Firması Görüşme Bulguları

C firması, uzun yıllar başka bir firmada ahşap işleri uzmanı olarak çalışan bir şahıs tarafından 2009 yılında kurulmuştur. C firması, başka bir firmanın atölye alt yapısını kullanmakla beraber farklı bir satış ve üretim stratejisi uygulamaktadır. Genel olarak ahşap yapı tasarımı ve uygulaması hizmeti veren firma ağırlıklı olarak konut inşaatı sektöründe faaliyet göstermektedir.

Araştırma kapsamında firmanın yetkilisiyle yüz yüze görüşme yapılmıştır. Yapılan görüşmenin bulguları belirlenen görüşme sorularının sıralamasına göre aşağıda aktarılmıştır.

Firmanın iş modeli sipariş üzerine anahtar teslim ahşap yapı inşaatı olarak belirtilmektedir. Restoran ve kafe gibi farklı işlevlere sahip yapılar da inşa eden firma ağırlıklı olarak ahşap konut inşaatı faaliyeti yürütmektedir.

Firma müşterilerine hazır konsept tasarımların yanı sıra kişiye özel tasarım imkânı sunmaktadır. Müşteriler firmanın hazırladığı konsept ahşap ev tasarımlarından seçtiği takdirde model üzerinden kişiye özgü revizyonlar da yapılabilir.

Firma yakın dönemde yılda ortalama 10-20 arası ahşap konut inşa etmektedir. Firmanın toplamda inşa ettiği ahşap konut sayısı ise yaklaşık 200 olarak belirtilmektedir. Firmanın bünyesinde 18 usta, 2 yönetici, 1 mimar ve 1 mühendis çalışmaktadır.

Firma yapılarında hafif ahşap çerçeve sistem (light timber frame) kullanmaktadır. Yapı sisteminin ve detaylarının belirlenmesinde firma personellerinin Kanada'da aldığı eğitimler etkili olmuştur. Bu nedenle kiriş yüksekliği gibi birçok

ölçüde ve yapı detayında Kanada'da ahşap yapım sistemlerindeki bilgiler kullanılmaktadır.

Firma yetkilisi konut inşaatlarında % 90 oranında saha dışı üretimleri olduğunu belirtmektedir. Duvar panelleri, kirişler ve çatı makasları gibi yapı elemanları atölyede önceden imal edilmektedir. Duvar panellerinde yarı açık panel sistemi kullanılmaktadır. Kapalı panel sistemi tesisat döşemenin zorluğu ve birleşim detaylarının çözülmemesi nedeniyle tercih edilmemektedir.

Firmanın ahşap konutlarında kat yükseklikleri Kanada inşaat yönetmeliklerine göre standart bir ölçüye bağlanmış. Bu nedenle duvar panellerinin yükseklikleri sabit tutulmaktadır. Panellerin genişliklerine ise projeye göre taşınabilir bir ölçü olacak şekilde ustabaşı karar vermektedir. Bu iş için herhangi bir yazılım programı kullanılmamaktadır.

Firma projeye bağlı olarak dış duvarlarda farklı katmanlar kullanılabilir. Buna rağmen genellikle duvarların iç tarafında alçıpan levha ve boya, içinde taş yünü, dış tarafta ise buhar kesici ve OSB levha standart olarak uygulanmaktadır. Duvarların dış kaplaması ise müşterilerin talepleri doğrultusunda değişebilmektedir.

Firmada mimari tasarım ve imalat çizimleri için Autocad programı kullanılmaktadır. Bunun dışında herhangi bir yazılım programı kullanılmamaktadır.

Firmanın ahşap konut inşaat süreçleriyle ilgili tüm planlamalar ustabaşı ile firmanın ahşap işleri sorumlusu tarafından yapılmaktadır. Yapım süreçlerindeki denetimler de bu iki kişi tarafından gerçekleştirilmelidir.

Firmanın ahşap konut üretimleriyle ilgili sorunlar; dışardan alınan hizmetlerdeki aksamalar (doğrama, tesisat döşeme vs.), nitelikli eleman bulamamak, nakliye zorlukları, olumsuz hava şartları ve iş takviminde olmayan ek faaliyetlerin çıkması olarak belirtilmektedir. Özellikle dışarıdan alınan hizmetlerde gecikme ve hatalı uygulamalara sıklıkla rastlanılmaktadır.

Firmada, ahşap konut yapım süreçlerindeki verimsizliklerin tespiti ve iyileştirilmesi amacıyla belirli bir uygulama veya yöntem kullanılmamaktadır. Firmanın yetkilileri uzun yıllar sektörde olmanın avantajıyla önceki süreçlerden dersler çıkararak bir sonraki projeyi ve çalışma düzenini organize etmektedir. Firma yetkilisi yalın inşaat yaklaşımına dair bilgilerinin olmadığını belirtmektedir. Ayrıca,

ahşap konut üretimlerindeki verimsizliklerin tespiti ve genel olarak yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik uygulanabilir bir sistemin kendileri için faydalı olacağı görüşünü paylaşmaktadır.

3.1.2.4. D Firması Görüşme Bulguları

D firması, ahşap yapı malzemeleri üretimi ve uygulama işleri konusunda 40 yılı aşkın birikime sahip olan bir ekip tarafından 2010 yılında kurulmuştur. Firma restorasyon uygulamaları, cephe kaplamaları, bahçe mobilyası üretimi de dahil ahşap yapıların tasarımı, projelendirilmesi ve uygulamasına yönelik geniş yelpazede hizmetler sunmaktadır.

Araştırma kapsamında firmanın yetkilisiyle yüz yüze görüşme yapılmıştır. Yapılan görüşmenin bulguları belirlenen görüşme sorularının sıralamasına göre aşağıda aktarılmıştır.

Firma ahşap yapı sektörüyle ilgili çok farklı sahalarda hizmet verdiği için iş modeli bağlamında da çeşitlilik arz etmektedir. Ancak genel olarak müşterilerin siparişi veya talebi doğrultusunda belirlenen iş prosedürlerinin tamamlanarak teslim edilmesi yönünde bir yaklaşım bulunmaktadır.

Firma ahşap konutlarını kişiye özel tasarımlar ile inşa etmektedir. Bu bağlamda müşterilerin talepleri doğrultusunda firma tarafından mimari tasarım ve uygulama projeleri üretilmektedir.

Firmanın iş yoğunluğunun büyük kısmını restorasyon veya cephe kaplamaları gibi yeni konut inşaatı dışındaki faaliyetler oluşturmaktadır. Bu nedenle yıllık ahşap konut üretimi ortalama 1-2 adet olarak belirtilmektedir. Toplam inşa ettiği konut sayısı ise 16 olarak bildirilmektedir. Firmada halihazırda daimî olarak 4 işçi, 1 mimar, 1 mühendis ve 2 yönetici çalışmaktadır. İhtiyaç halinde proje bazlı işçi sayılarında artış olabilmektedir.

Firmanın ahşap konut yapılarında genellikle hafif ahşap çerçeve sistemler (light timber frame) kullanılmaktadır. Ancak müşteri talebi doğrultusunda bazı özel projelerde CLT panel çözümlerinin uygulandığı bildirilmektedir.

Firma yetkilisi ahşap konut inşaatlarındaki saha dışı üretim oranları hakkında net bilgilerinin olmadığını belirtmektedir. Projeye bağlı olarak saha dışı inşaat oranlarının değiştiğini ifade etmektedir.

Firmanın ahşap konut inşaatlarında standartlaşmış panel boyutlarının bulunmadığını, panellerle inşa edilecek yapılarda proje bağlamında panel ölçülerinin belirlendiği ifade edilmektedir. Panel boyutlarının belirlenmesi noktasında da herhangi bir yazılım programı kullanılmamaktadır.

Firmanın ahşap konutlarında kullandığı dış duvar katmanlaşmaları proje bağlı olarak değişmektedir. Genellikle duvarların iç tarafında alçıpan levha, duvarların içinde taş yünü, dış tarafta ise buhar kesici ve OSB levha standart olarak uygulanmaktadır. Ancak duvarların iç ve dış kaplamaları müşterilerin talepleri doğrultusunda değişebilmektedir.

Firmada mimari tasarım ve imalat çizimleri için Autocad programı kullanılmaktadır. Bunun dışında herhangi yazılım programı kullanılmamaktadır.

Firmanın ahşap konut inşaat süreçleriyle ilgili tüm planlamalar firmanın ahşap işleri sorumlusu tarafından yapılmaktadır. Yapım süreçlerindeki denetimlerde ise firmada çalışan mimar, mühendis ve ahşap işleri sorumlusu görev almaktadır.

Firmanın ahşap konut üretimleriyle ilgili sorunlar; sektördeki paydaşların (belediye personeli, mühendis, işveren...) ahşap yapılarla ilgili yeterli donanımda olmamalarından dolayı imalat süreçlerinde gecikme ve yeniden yapımların yaşanması, olumsuz hava şartları, kalifiye eleman bulamamak, dışardan alınan hizmetlerdeki aksamalar (gecikme, kusur...), nitelikli ahşap yapı ürünlerinin (Glulam, CLT...) ancak yurtdışından bulunabilmesi nedeniyle uzun bekleme süreleri olarak belirtilmektedir.

Firmada, ahşap konut yapım süreçlerindeki verimsizliklerin tespiti ve iyileştirilmesi amacıyla belirli bir uygulama veya yöntem kullanılmamaktadır. Firmanın yetkilileri uzun yıllar sektörde olmanın avantajıyla önceki süreçlerden dersler çıkararak bir sonraki projeyi ve çalışma düzenini organize etmektedir. Firma yetkilisi yalın inşaat yaklaşımına dair bilgilerinin olmadığını belirtmektedir. Ayrıca, ahşap konut üretimlerindeki verimsizliklerin tespiti ve genel olarak yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik uygulanabilir bir sistemin kendileri için faydalı olacağı görüşünü paylaşmaktadır.

3.1.3. Ön Görüşme Bulgularının Değerlendirilmesi

Türkiye ahşap konut sektöründe yüksek ön imalat değeriyle faaliyet gösteren dört firmanın yetkilileriyle yapılan görüşmeler sonucunda firmaların ahşap konut inşa

faaliyetleri ve üretim süreçlerindeki verimsizliklerle ilgili genel bulgular elde edilmiştir.

Görüşmelerde firmaların verdiği yanıtlar Tablo 3.2’de ana hatlarıyla karşılaştırmalı olarak gösterilmektedir.

Tablo 3.2: Görüşme bulguları özeti

	A Firması	B Firması	C Firması	D Firması
<i>Ahşap yapı türü</i>	Konut	Konut	Konut, Endüstriyel yapı, Sosyal tesis	Konut, Endüstriyel yapı, Sosyal tesis
<i>İş modeli</i>	Sipariş üzerine	Müteahhitlik	Sipariş üzerine	Sipariş üzerine
<i>Yıllık konut üretim miktarı</i>	2-3	50-60	~ 10	~ 2
<i>Çalışan sayısı</i>	10 Kişi (2 yönetici, 2 mimar, 1 mühendis, 5 işçi)	22 Kişi (2 yönetici, 1 mimar, 1 mühendis ve 18 işçi)	13 Kişi (1 yönetici, 1 mimar, 1 mühendis ve 10 işçi)	8 Kişi (2 yönetici, 1 mimar, 1 mühendis, 4 işçi)
<i>Taşıyıcı sistem</i>	Hafif ahşap çerçeve sistem (light timber frame)	Hafif ahşap çerçeve sistem (light timber frame)	Hafif ahşap çerçeve sistem (light timber frame)	Ahşap Karkas, Hafif Ahşap Çerçeve, CLT
<i>Saha dışı inşaat yöntemi</i>	Duvarlar ile kat ve çatı döşemeleri panel olarak saha dışında üretilmektedir.	Duvar panelleri, döşeme kirişleri ve çatı makasları saha dışında üretilmektedir.	Projeye ve yapı sistemine bağlı olarak duvar panelleri, döşeme kirişleri ve çatı makasları saha dışında üretilmektedir.	Projeye ve yapı sistemine bağlı olarak duvar panelleri, döşeme kirişleri ve çatı makasları saha dışında üretilmektedir.
<i>ÖİD oranları</i>	~ % 75	~ % 60	% 40-70	% 40-70
<i>Panel türü</i>	Yarı açık panel sistemi	Yarı açık panel sistemi	Yarı açık panel sistemi	Yarı açık panel sistemi, CLT
<i>Panel boyutları</i>	Projeye göre değişmektedir.	Kanada inşaat yönetmeliklerine göre standart bir ölçüye bağlanmış.	Projeye göre değişmektedir.	Projeye göre değişmektedir.
<i>Duvar paneli katmanlaşması</i>	Alçıpan levha, ahşap çerçeve, taş yünü ısı yalıtımı, OSB plak, nem bariyeri, ahşap lambri kaplama.	Alçıpan levha, ahşap çerçeve, taş yünü ısı yalıtımı, OSB plak, nem bariyeri, betopan kaplama.	Projeye göre değişmektedir.	Projeye göre değişmektedir.
<i>Yazılım programları</i>	Autocad	Autocad, SEMA, Dietrichs	Autocad	Autocad
<i>Ahşap konut ana üretim süreçleri</i>	Mimari Tasarım, İmalat, Nakliye, Montaj	Mimari Tasarım, İmalat, Nakliye, Montaj	Projeye bağlı olarak değişmektedir.	Projeye bağlı olarak değişmektedir.
<i>Ahşap konut alt üretim süreçleri</i>	Alt üretim süreçleri tanımlanmamıştır.	Alt üretim süreçleri tanımlanmamıştır.	Alt üretim süreçleri tanımlanmamıştır.	Alt üretim süreçleri tanımlanmamıştır.

<i>Ahşap konut yapım süreçlerinde karşılaşılan problemler</i>	Proje onay süreçlerinin uzaması, Kalifiye eleman bulamamak, dışardan alınan hizmetlerdeki aksamalar, yapım süreçlerinde gecikme ve yeniden yapımlar	Olumsuz hava şartları, kalifiye eleman bulamamak, nakliye zorlukları, dışardan alınan hizmetlerdeki aksamalar, takvimde olmayan işlerin çıkması	Olumsuz hava şartları, kalifiye eleman bulamamak, nakliye zorlukları, dışardan alınan hizmetlerdeki aksamalar, takvimde olmayan işlerin çıkması	Nitelikli eleman bulamamak, imalat süreçlerinde gecikme ve yeniden yapımlar, dışardan alınan hizmetlerdeki aksamalar
<i>Süreç iyileştirme uygulamaları</i>	Yapım süreçlerinin iyileştirilmesi için herhangi bir bilimsel yöntem ya da uygulama kullanılmamaktadır.	Yapım süreçlerinin iyileştirilmesi için herhangi bir bilimsel yöntem ya da uygulama kullanılmamaktadır.	Yapım süreçlerinin iyileştirilmesi için herhangi bir bilimsel yöntem ya da uygulama kullanılmamaktadır.	Yapım süreçlerinin iyileştirilmesi için herhangi bir bilimsel yöntem ya da uygulama kullanılmamaktadır.
<i>Yalın inşaata dair görüşler</i>	Yalın inşaat yaklaşımına dair bilgilerinin olmadığı belirtilmektedir.	Yalın inşaat yaklaşımına dair bilgilerinin olmadığı belirtilmektedir.	Yalın inşaat yaklaşımına dair bilgilerinin olmadığı belirtilmektedir.	Yalın inşaat yaklaşımına dair bilgilerinin olmadığı belirtilmektedir.
<i>Yapım süreçlerini iyileştirme modeline dair görüşler</i>	Yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik kolay uygulanabilir bir çerçevenin geliştirilmesinin faydalı olacağı belirtilmektedir.	Yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik kolay uygulanabilir bir çerçevenin geliştirilmesinin faydalı olacağı belirtilmektedir.	Yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik kolay uygulanabilir bir çerçevenin geliştirilmesinin faydalı olacağı belirtilmektedir.	Yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik kolay uygulanabilir bir çerçevenin geliştirilmesinin faydalı olacağı belirtilmektedir.

Sektördeki firmalarla yapılan ön görüşmelerden elde edilen bulgulara göre firmaların büyük çoğunluğu küçük ve orta ölçekli işletmelerdir. Firmaların yıllık ortalama ahşap konut üretimleri ise 5'in altındadır.

Firmaların biri hariç sipariş üzerine ahşap konut üretimlerine başlamaktadır. Dolayısıyla sektörde ön üretimli elemanlar stok yapılmayıp, projeye göre zamanında üretilmektedir.

Ahşap konutlar çoğunlukla hafif ahşap çerçeve sistemle inşa edilmektedir. Saha dışı inşaat yöntemi olarak ise yarı açık panel sisteminin hâkim olduğu görülmektedir.

Firmaların çoğunda proje yönetim programları kullanılmamaktadır. Buna bağlı olarak iş akış planları da detaylı olarak yapılmamaktadır. Bunun yanı sıra ahşap konutların ana ve alt yapım süreçleri tam olarak tanımlı değildir.

Firmalarda BIM tabanlı tasarım ve endüstriyel imalat yazılımları kullanılmamaktadır. Bu bağlamda sektördeki ahşap konut üretimi yüksek ön imalat

değerlerini (%55 ÖİD üzeri) aşabilse bile geleneksel üretime yakın bir saha dışı inşaat faaliyetidir.

Firmaların ahşap konut yapım süreçlerinde; kusurlu imalat, planlama eksikliği, yeniden yapım, hatalı tasarım ve organizasyonel hatalar gibi verimsizliklere yol açan durumlar oluşabilmektedir.

Ancak, yapım süreçlerinde meydana gelen verimsizliklerin tespiti, analizi ve süreçlerin iyileştirilmesi için herhangi bilimsel bir yöntem ya da uygulama kullanılmamaktadır.

Firmaların ahşap konut yapım süreçlerinde meydana gelen verimsizliklerin tespiti, analizi ve süreçlerin iyileştirilmesine yönelik uygulanabilir bir çerçeve geliştirilmesinin faydalı olacağı belirtilmektedir.

Ön görüşme bulgularının değerlendirilmesi sonucunda yüksek ön imalat değeriyle ahşap konut inşaatı sektöründeki firmalar ve inşaat faaliyetleriyle ilgili temel bulgular Tablo 3.3'te özetlenmiştir.

Tablo 3.3: Ön görüşme bulguları değerlendirme özeti

▪ Ahşap konut sektöründe faaliyet gösteren firmalar orta veya küçük ölçeklidir (KOBİ).
▪ Ahşap konut üretimlerinde BIM tabanlı tasarım ve imalat programları kullanılmamaktadır.
▪ Yapım süreçlerinin yönetimi için bilgisayar destekli proje yönetim araçları kullanılmamaktadır.
▪ Yapım süreçleri öncesinde iş akış planları detaylı bir şekilde tanımlanmamaktadır.
▪ Yapım süreçlerindeki ana ve alt aşamalar detaylı olarak tanımlanmamaktadır.
▪ Yapım süreçlerinin farklı aşamalarında hatalı üretim, yeniden yapım, ekstra bekleme, ekstra işlem vb. çeşitli süreç israfları oluşmaktadır.
▪ Yapım süreçlerindeki israflar/verimsizlikler detaylı bir şekilde tespit edilmemektedir.

▪ Yapım süreçlerindeki israfların tespiti ve analizi için herhangi bilimsel bir yöntem ya da araç kullanılmamaktadır.
▪ Yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik herhangi bilimsel bir yöntem ya da araç kullanılmamaktadır.
▪ Firmalar yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik uygulanabilir bir model geliştirilmesinin faydalı olacağı belirtmektedir.

3.1.3.1. Ön Görüşme Bulgularının Modele etkileri

Ön görüşme bulgularının değerlendirilmesi sonucunda ahşap konutların yapım süreçlerinin iyileştirmesine yönelik geliştirilecek model için bazı temel çıkarımlar elde edilmiştir. Bu bölümde ön görüşmeler sonucunda modelin oluşumuna etki eden değerlendirmeler paylaşılmaktadır.

Ön görüşme bulgularından anlaşılabileceği üzere firmalar orta veya küçük ölçeklidir. Bu nedenle önerilecek süreç iyileştirme modeli fazla yatırım gerektirmeyen ve uygulanabilir bir yapıda geliştirilmelidir.

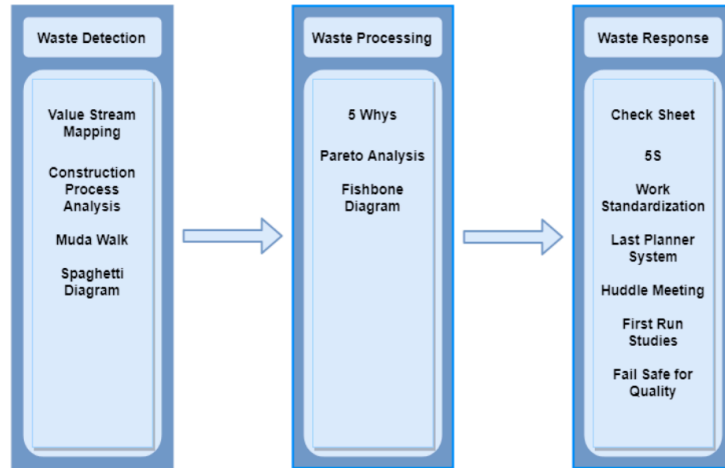
Bunun yanı sıra firmalarda BIM tabanlı tasarım ve endüstriyel üretim sistemlerinin kullanılmaması nedeniyle süreç iyileştirme önerileri tam otomatik endüstriyel üretim ortamından ziyade geleneksel ile endüstriyel üretim anlayışı arasında konumlanan bir yaklaşımla oluşturulmalıdır. Bu doğrultuda önerilecek modelde endüstri temelinde ortaya çıkan yalın inşaat yaklaşımının ve araçlarının sektörün dinamiklerine uygun bir şekilde değerlendirilmesi ve uyarlanması gerekmektedir.

Firmaların yapım süreçlerinde proje yönetimi için geliştirilmiş bilgisayar programları kullanılmadığı, bununla beraber inşaat faaliyetlerine dair iş akış planları ile üretim süreçlerinin detaylı olarak tanımlanmadığı görülmektedir. Buna bağlı olarak da süreç takibi ve israfların tespiti noktasında problemler olduğu anlaşılmaktadır. Bu bulgular ışığında firmalar tarafından iş paketlerinin ana ve alt aşamalar olarak tanımlanmasını ve iş akış planının oluşturulmasını sağlayacak bir proje yönetim aracının model çerçevesine eklenmesi elzem görülmektedir. Bunun için Yalın inşaat literatüründe yer alan ve belirtilen yönetimsel fonksiyonları karşılayabilen ‘İş Kırılım Yapısı (İKY) yönteminin faydalı olacağı düşünülmektedir. Ayrıca uygun maliyetli ve

kolay kullanılabilir proje yönetimi amaçlı bilgisayar programlarının kullanılması önerileri de model kapsamında yer almaktadır.

Ön görüşme bulgularına göre firmaların ahşap konut yapım süreçlerinde yalın inşaat yaklaşımında israf olarak tanımlanan çeşitli verimsizliklerin ortaya çıktığı görülmektedir. Yalın inşaat yaklaşımında yapım süreçlerinin iyileştirilmesi, değer katmayan faaliyetler (DKMF) olarak tanımlanan israfların/verimsizliklerin en aza indirilmesi ile gerçekleştirilmektedir (Rymaszewska, 2014; Shah & Ward, 2003). Buradan hareketle tez çalışması kapsamında oluşturulacak süreç iyileştirme modeli, firmaların üretim süreçlerindeki değer katmayan faaliyetlerin tespitine, analizine ve en aza indirilmesine odaklanmaktadır.

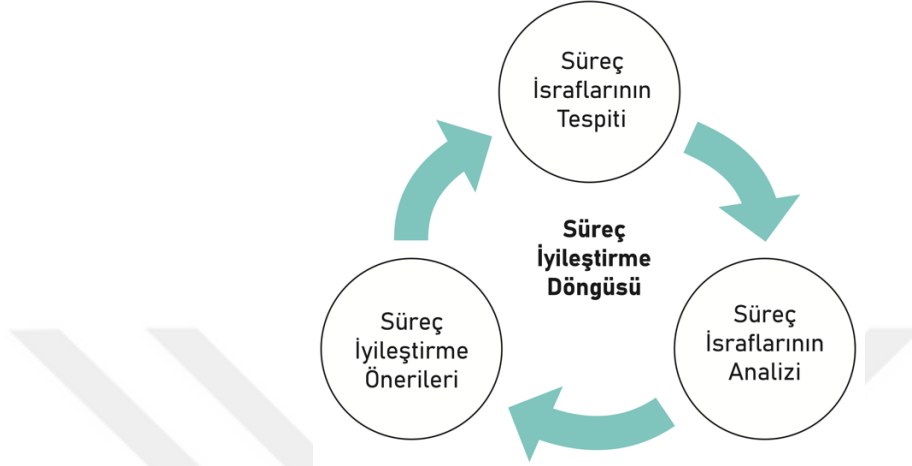
Bunların yanı sıra yalın düşüncede farklı amaçlar için farklı yalın araçlar kullanılmaktadır. Bu bağlamda yalın araçların inşaat sektöründeki kullanımıyla ilgili Abdul-Rahman vd. (2012), Shetty ve Rao (2019), Aslam vd. (2020) ve daha birçok araştırmacı yalın araç çerçeveleri önermiştir. Abdul-Rahman vd. (2012)'nin çerçevesi ise inşaat *waste* kavramıyla ele alınan israfların (değer katmayan faaliyetler) yönetimiyle ilgili yalın araçları sınıflandırmaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1: Abdul-Rahman vd. (2012)'nin israf yönetimi için oluşturduğu yalın inşaat araçları çerçevesi (Shetty, 2019)

Abdul-Rahman vd. (2012)'nin taslağına göre inşaat sektöründe süreçlerin iyileştirilmesini sağlayan israf yönetimi 3 temel adımdan oluşmaktadır. Bunlar; israfların tespiti, israfların işlenmesi/analizi ve israflara müdahale edilmesidir. Bu ana aşamalar ve yalın araçlar Türkiye ahşap konut sektöründeki firmalar için geliştirilen

süreç iyileştirme modeli için de temel teşkil etmektedir. Bu doğrultuda modelin temel süreç iyileştirme döngüsü de israfların tespiti, israfların analizi ve israfların giderilmesi ana adımlarından oluşturulmuştur (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: Modelin süreç iyileştirme döngüsü

Abdul-Rahman vd. (2012)'nin çerçevesinde görüldüğü üzere israfların tanımlanması ve tespit edilmesi için 4 yalın inşaat aracı önerilmektedir. Bu araçlar arasından 'değer akış haritalama (DAH)' (value stream mapping -VSM) en çok yalın inşaat amacını ve fonksiyonunu karşılayan yöntem olarak ön plana çıkmaktadır (Aslam vd., 2020). Ayrıca üretimdeki bilgi ve malzeme akışının görselleştirilmesi açısından da diğer yalın araçlardan daha güçlü bir araçtır. Akışın görselleştirilmesi ise hem bilginin hem de ürünün nerede, ne zaman ve nasıl aktığını görme ve sonuç olarak israfın kaynağını tanıma ve ortadan kaldırma yeteneği yaratır (Pasqualini & Zawislak, 2005; Xia & Sun, 2013). Bunların yanı sıra Picchi (2000) yalın inşaatın sistematik bir şekilde uygulanmasını mümkün kılmanın bir yolu olarak değer akış haritalama (DAH) uygulamasını önerir. Çünkü DAH tam olarak üretim sürecini bir bütün olarak görmeye izin verir ve böylece iyileştirmelerin gerçekten nerede aranması gerektiğini göstererek mevcut atıkları belirler (Picchi, 2000). Bu sebeplerle çalışmada süreç israflarının belirlenmesi için yalın inşaat yaklaşımında yer alan değer akış haritalama (DAH) aracından faydalanılmasına karar verilmiştir.

DAH israfların belirlenmesinin yanı sıra nicel olarak analiz edilmesine olanak sağlamaktadır. Buradan hareketle israfların analiz kısmında da DAH yönteminden istifade edilmektedir. Bununla beraber DAH aracı kök-neden analizi yapmak için elverişli değildir. Bu sebeple israfların kök-nedenlerini bulmak için farklı yalın inşaat

araçlarının kullanılması gerekmektedir. Abdul-Rahman vd. (2012)'nin oluşturduğu çerçeve dikkate alındığında bu amaç için 3 tekniğin öne çıktığı görülmektedir (**Şekil 3.1**). Bu araçlar arasından teknik anlamda sektördeki firmaların kolayca uygulayabileceği ve sorunların köküne inmek noktasında etkin olan '5 Neden' yönteminin kullanılmasına karar verilmiştir.

Bu noktada ön görüşme bulguları sonrasında ahşap konutların yapım süreçlerini iyileştirme modeline dair alınan ana kararlar şu şekilde özetlenebilir:

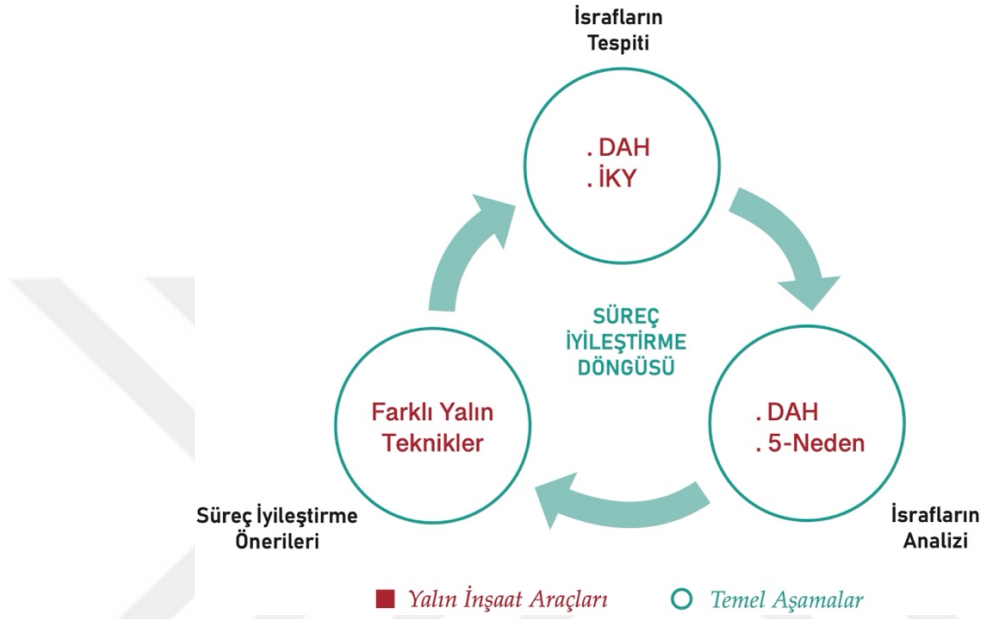
- Firmaların orta veya küçük ölçekli olması nedeniyle süreç iyileştirme modeli fazla yatırım gerektirmeyen ve uygulanabilir bir yapıda geliştirilmelidir.
- BIM tabanlı tasarım ve üretim sistemlerinin olmaması nedeniyle süreç iyileştirme önerileri tam otomatik endüstriyel üretim ortamından ziyade geleneksel ile endüstriyel üretim anlayışı arasında konumlanmalıdır.
- Firmalara proje yönetimi için kolay kullanılabilen düşük maliyetli bilgisayar destekli proje yönetimi programları önerilebilir.
- Model çerçevesinde ana ve alt süreçlerinin tanımlanması ve iş akış planlarının oluşturulması için İş Kırılım Yapısı (İKY) önerilmektedir.
- Model kapsamında yapım süreçlerinde oluşan israfların tanımlanması ve sınıflandırılması için yalın inşaat yaklaşımındaki israf kategorilerinden faydalanılmaktadır.
- Yapım süreçlerinin iyileştirilmesi modelinde, firmaların üretim süreçlerindeki israfların yani değer katmayan faaliyetlerin tespitine, analizine ve en aza indirilmesine/giderilmesine odaklanılmalıdır.
- Yapım süreçlerinde oluşan israfların detaylı bir şekilde tespit edilebilmesi için modelde yalın inşaat araçlarından 'Değer Akış Haritalama (DAH)' temel yaklaşım olarak belirlenmiştir.
- Firmaların yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik kolay uygulanabilir bir model ortaya koyulmaya çalışılmalıdır.
- İsrafların tespit edilme sürecinde düşük maliyetli ve uygulanabilir olması nedeniyle yalın araçlardan A3 raporlama tekniği kullanılabilir.

Ön görüşme bulguları ile modelin oluşumuna dair alınan kararlar arasındaki etki ilişkisi Tablo 3.4'te gösterilmektedir.

Tablo 3.4: Ön görüşme bulguları ve modele etkileri

Ön Görüşme Bulguları		Modele Etkileri
1	Ahşap konut sektöründe faaliyet gösteren firmalar orta veya küçük ölçeklidir (KOBİ).	Firmaların orta veya küçük ölçekli olması nedeniyle süreç iyileştirme modeli fazla yatırım gerektirmeyen ve uygulanabilir bir yapıda geliştirilmelidir.
2	Ahşap konut üretimlerinde BIM tabanlı tasarım ve imalat programları kullanılmamaktadır.	BIM tabanlı tasarım ve üretim sistemlerinin olmaması nedeniyle süreç iyileştirme önerileri tam otomatik endüstriyel üretim ortamından ziyade geleneksel ile endüstriyel üretim anlayışı arasında konumlanmalıdır.
3	Yapım süreçlerinin yönetimi için bilgisayar destekli proje yönetim araçları kullanılmamaktadır.	Firmalara proje yönetimi için kolay kullanılabilen düşük maliyetli bilgisayar destekli proje yönetimi programları önerilebilir.
4	Yapım süreçleri öncesinde iş akış planları detaylı bir şekilde tanımlanmamaktadır.	Model çerçevesinde ana ve alt süreçlerinin tanımlanması ve iş akış planlarının oluşturulması için 'İş Kırılım Yapısı (İKY)' önerilmektedir.
5	Yapım süreçlerindeki ana ve alt aşamalar detaylı olarak tanımlanmamaktadır.	
6	Yapım süreçlerinin farklı aşamalarında hatalı üretim, yeniden yapım, ekstra bekleme, ekstra işlem vb. çeşitli süreç israfları oluşmaktadır.	Model kapsamında yapım süreçlerinde oluşan israfların tanımlanması ve sınıflandırılması için yalın inşaat yaklaşımındaki israf kategorilerinden faydalanılmaktadır.
7	Yapım süreçlerindeki israflar/verimsizlikler detaylı bir şekilde tespit edilmemektedir.	Yapım süreçlerinde oluşan israfların detaylı bir şekilde tespit edilebilmesi için modelde Yalın inşaat araçlarından 'Değer Akış Haritalama (DAH)' temel yaklaşım olarak belirlenmiştir.
8	Yapım süreçlerindeki israfların tespiti ve analizi için herhangi bilimsel bir yöntem ya da araç kullanılmamaktadır.	
9	Yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik herhangi bilimsel bir yöntem ya da araç kullanılmamaktadır.	Firmaların yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik kolay uygulanabilir bir model ortaya konulmalıdır.
10	Firmalar yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik uygulanabilir bir model geliştirilmesinin faydalı olacağı belirtmektedir.	

Ön görüşmeler sonrasında alınan kararlar doğrultusunda Türkiye’de yüksek ön imalat değeriyle üretilen ahşap konutların yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik modelin ana döngüsü -temel aşamalarda kullanılması düşünülen yalın araçlarla birlikte- oluşturulmuştur (Şekil 3.3).



Şekil 3.3: Ön görüşme bulguları sonrasında ahşap konutların yapım süreçlerini iyileştirme modeli ana yapısı

3.1.4. Ön Görüşme Bulguları Sonrasında Geliştirilen Taslak Model

Modelin ana yapısının oluşturulmasının ardından yalın inşaat yaklaşımı, ilkeleri ve araçları derinlemesine incelenmiş ve ön görüşme bulgularıyla beraber değerlendirilerek ahşap konutların yapım süreçlerini iyileştirme taslak modeli ortaya çıkarılmıştır. Bu bölümde taslak model ve gelişimi paylaşılmaktadır.

Modelin ana yapısında israfların tespiti aşamasında DAH ve İKY yalın araçlarının kullanılması planlanmaktadır. Bu araçlardan DAH yapısı gereği daha kapsayıcı ve modelin temel işleyişini oluşturacak mahiyette bir yöntemdir. Buradan yola çıkarak modelin ana taslağı oluşturulurken büyük oranda DAH yönteminin işleyişinden faydalanılmıştır. Ancak değer akış haritalama imalat sektörü temelli bir araç olması nedeniyle bütünüyle araştırmanın özgün durumu olan sipariş üzerine yapım (*make-to-order*) ve tekil üretim (*single production*) ortamıyla örtüşmemektedir. Bu durum yalın üretim ilkesi ve araçlarında uyarlamaları zorunlu kılmaktadır (Chitturi vd., 2007). Bu nedenle DAH yönteminin bazı adımları modelin

dışında bırakılmış, bazı adımlarda ise başka yalın yöntemlerle ekleme ve revizyonlar yapılmıştır. Böylece farklı yalın araçların revizyonu ve birbirine entegrasyonu ile araştırma içeriğine özgü bir model ortaya konmaya çalışılmıştır.

Değer akış haritalama kendi içinde 4 temel adımdan oluşmaktadır. Bunlar; (1) inşaat faaliyeti dizisinin (incelenecek sürecin) seçimi, (2) mevcut durum değer akış haritasının oluşturulması, (3) mevcut durum değer akış haritasının analizi ve (4) gelecek durum değer akış haritasının oluşturulmasıdır (Ramani & KSD, 2019). Bu adımların ilk üçü araştırmanın içeriğiyle örtüşürken gelecek durum değer akış haritalama modelde yer almamaktadır. Çünkü gelecek durum değer akış haritalama endüstriyel üretimde aynı üretim akışının iyileştirilmesiyle ilgili geleceğe yönelik bir projeksiyon olarak yapılmaktadır (Koch & Lödding, 2014). Araştırma kapsamında üretilen ahşap evler ise *tekil üretim* (single production) kavramıyla inşa edilmektedir ve bir sonra üretilecek olan evin üretim süreçleri incelenen evden farklılık gösterebilmektedir. Buradan hareketle iyileştirme önerileri seri üretimdeki bir ürünün daha verimli üretilmesine yönelik olmayıp tekil üretim yapan ahşap inşaat firmalarının genel olarak yapım süreçlerinin iyileştirilmesini hedeflemektedir.

İsrafların tespiti, israfların analizi ve iyileştirme önerilerinin geliştirilmesi adımlarından oluşan modelin ana döngüsü, değer akış haritalama yönteminde bulunan bazı alt süreçlerin eklenmesi ile geliştirilmiştir.

İlk olarak DAH yönteminin adımlarından yola çıkılarak modelin başlangıcına incelenecek sürecin seçimi adımı eklenmiştir. Bu bir panelin montajı, bir evin tamamının inşası veya birkaç evin inşası olabilir.

Bunun yanı sıra israfların tespit edilebilmesi için öncelikle operasyonel verilerin toplanması gerekmektedir. Bu sebeple modelin ana yapısında israfların tespiti aşamasının önüne verilerin toplanması aşaması eklenmiştir. Modelin geliştirilen ana yapısı Şekil 3.4'te görülebilir.

inşası ana aşamalar seviyesinden de gözlemlenebilir, döşemelerin montajı gibi alt aşamalar düzeyinden de incelenebilir.

Üretim süreçleriyle ilgili gerekli tüm operasyonel verilerin toplanmasının ardından mevcut durum değer akış haritalamasının yapılması ve israfların tespit edilmesi aşaması gelmektedir.

Üçüncü aşamada ise süreçlerdeki israflar analiz edilmektedir. Bu aşamada mevcut durum değer akış haritası analizi ile israflara dair nicel veriler elde edilirken, israfların kök-neden analizi için 5-Neden yönteminin kullanılması planlanmaktadır.

Modelin son aşamasında ise tespit edilen süreç israflarının içeriğine göre yalın inşaat teknikleri arasından iyileştirme önerileri getirilmesi adımı bulunmaktadır.

3.2. DERİNLEMESİNE GÖRÜŞMELER

Yapılan ön görüşmeler sayesinde Türkiye’de yüksek ön imalat değeriyle ahşap konut inşaatı sektöründeki genel durum ile yapım süreçlerindeki israflar ortaya konmuş ve yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik taslak model geliştirilmiştir. Ancak, taslak modelin uygulanabilir düzeyde bir olgunluğa ve detaylılığa kavuşabilmesi için daha kapsamlı bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Literatürde yeterli verinin bulunmadığı ve sektörde çok az sayıda firmanın faaliyet gösterdiği göz önünde bulundurularak konuyla ilgili ihtiyaç duyulan detaylı bilgiler örnekleme yer alan firmalarla yapılan derinlemesine görüşmelerle elde edilmeye çalışılmıştır.

Bu bölümde sırasıyla derinlemesine görüşmelerin yapısı, bulguları ve değerlendirilmesi paylaşılmaktadır.

3.2.1. Derinlemesine Görüşmelerin Yapısı

Derinlemesine görüşmeler, ön görüşme bulgularının değerlendirilmesi sonucunda elde edilen veriler ve yalın inşaat yaklaşımı doğrultusunda, ahşap konut firmalarının yapım süreçlerini iyileştirmeye yönelik hazırlanan taslak modeli geliştirmek üzere gerçekleştirilmiştir. Derinlemesine görüşmeler yapılmadan önce görüşmelerin yapılacağı firmalar belirlenmiş ve görüşmeler yarı yapılandırılmış olarak tasarlanmıştır.

3.2.1.1. Örneklem Seçimi

Araştırmanın önceki aşamalarında Türkiye’de yüksek oranda saha dışı inşaat yöntemleriyle (ÖİD %55 üzeri) ahşap konut inşaatı yapabilen 9 firma tespit edilmiş ve bu firmaların 4 tanesi ile ön görüşme yapılmıştır. Derinlemesine görüşmeler ise, ön görüşmelerin yapıldığı firmalar arasından görüşmeyi kabul eden 3 firma ile gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.2. Görüşmelerin Tasarımı

Saha dışı inşaat yöntemleriyle üretilen ahşap konutların yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik yalın inşaat tabanlı bir model geliştirmek amacıyla gerçekleştirilen detaylı görüşmeler yarı yapılandırılmış olarak tasarlanmıştır. Görüşmelerin yarı yapılandırılmış olarak yapılmasının ardında, ön görüşme bulguları ve yalın inşaat yaklaşımının incelenmesi sayesinde belirli verilerin önceden elde edilmiş olması ve nihai bir model ortaya koymak üzere firmaların yönlendirilmesi amacı bulunmaktadır.

Derinlemesine görüşme soruları yalın inşaat yaklaşımıyla ön görüşme bulgularının değerlendirilmesi ile taslak olarak hazırlanan ahşap konutların yapım süreçlerini iyileştirme modelini geliştirmek üzere hazırlanmıştır. Bu doğrultuda sorular model taslağında yer alan her bir aşamanın detaylandırılması için gereken verilerin toplanmasına yönelik tasarlanmıştır.

Görüşme sorularının yer aldığı derinlemesine görüşme formu Tablo 3.5’te gösterilmektedir.

Tablo 3.5: Derinlemesine görüşme formu

DERİNLEMESİNE GÖRÜŞME FORMU	
* Yapılan görüşme, Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi- Mimarlık Doktora programı kapsamında yürütülen "Türkiye Ahşap Konut Sektöründeki Firmalara Yönelik Yalın İnşaat Tabanlı Süreç İyileştirme Modeli" başlıklı doktora çalışması için düzenlenmiştir. Görüşmeye katıldığınız için teşekkür ederiz.	
Firma Adı:	Görüşme Tarihi:
Derinlemesine Görüşme Soruları	
1. İş akışınızdaki ana ve alt süreçlerinizden bahsedebilir misiniz? (Tasarım süreci, imalat süreci, montaj vs.) Cevap:	
2. Yapım süreçlerinizden önce detaylı iş akış planı oluşturuyor musunuz? Evet ise iş planı için hangi bilgisayar programlarını kullanıyorsunuz? Hayır ise, iş akışını nasıl takip ediyorsunuz? Cevap:	
3. Yapım süreçlerinizle ilgili süreç takip ve raporlama sistemi/programı kullanıyor musunuz? Cevap:	
4. Firmanızın organizasyon yapısına ve işleyişine dair bilgiler kayıt altına alınıyor mu? Alınıyorsa hangi birimde ve formatta depolanıyor? (Dijital, matbu vs..) Cevap:	
5. Yalın üretimde kullanılan DAH aracına göre yapım süreçlerinizdeki israfları tespit etmek ve oransal değerler elde etmek için süreye bağlı belirli ölçüm değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu doğrultuda yapım süreçlerinizle ilgili hedeflenen ya da ortalama tamamlanma süreleriniz bulunmakta mıdır? Belirli ise nasıl hesapladığınızı söyleyebilir misiniz? Cevap:	
6. Yalın inşaat yaklaşımında gereksiz bekleme, kusur, aşırı üretim, nakliye hataları, personelin verimsiz kullanımı gibi israf kategorileri bulunmaktadır. Bu bağlamda üretim süreçlerinizde en çok rastlanan israfları nasıl tanımlarsınız? Cevap:	
7. Hangi ana/alt süreçlerinizde israflar meydana gelmektedir? Birbirlerine kıyasla hangi oranlarda ortaya çıktığını belirtebilir misiniz? Cevap:	
8. Yapım süreçlerinizde oluşan israfların temel sebeplerini ve yol açtığı olumsuz etkileri açıklayabilir misiniz? Cevap:	
9. Yapım süreçlerinizdeki israfların giderilmesine yönelik bir uygulamanız var mı? Firmanızın sürekli iyileştirme bağlamında uyguladığı bir öz değerlendirme sistemi mevcut mu? Cevap:	
10. Yapım süreçlerinizi iyileştirmeye yönelik kolay uygulanabilir bir model geliştirilmesi halinde kullanmayı düşünür müsünüz? Cevap:	

3.2.2. Derinlemesine Görüşme Bulguları

Bu bölümde ahşap konut üreticisi 3 firmanın yetkilileriyle gerçekleştirilen derinlemesine görüşmelerin bulguları paylaşılmaktadır.

3.2.2.1. A Firması Derinlemesine Görüşme Bulguları

Araştırma kapsamında firmanın yetkilisiyle yüz yüze görüşme yapılmıştır. Yapılan derinlemesine görüşmenin bulguları belirlenen görüşme sorularının sıralamasına göre aşağıda aktarılmıştır.

Firmanın yapım süreçleri ana ve alt süreçler bağlamında tam olarak tanımlamadığı, ancak ana süreçlerin genel olarak mimari tasarım, detay tasarımı, imalat, nakliye ve montaj olduğu belirtilmektedir. Bunun yanı sıra imalat çizimlerinin yapılması, döşeme paneli imalatı, duvar paneli imalatı, çatı paneli imalatı, duvarların montajı, tesisat döşenmesi ve cephe boyama gibi alt süreçlerin olduğu ancak bunların sistemli bir şekilde organize edilmediği ifade edilmektedir.

Firmanın yapım süreçleri öncesinde kabaca bir iş akış planının oluşturulduğu belirtilmektedir. Ana yapım süreçlerinin tecrübeye dayalı olarak belirlenen yaklaşık tamamlanma süreleri baz alınarak Excel programı yardımıyla tahmini iş akış planı oluşturulmaktadır.

Yapım süreçlerinin takibi ve raporlanması noktasında herhangi bir program kullanılmamaktadır. Firmada üretim ve yapım süreçlerinin organizasyonu ile ilgilenen personelin gözlemleri üzerinden aldığı notlar ile süreç takibi ve raporlama yapılmaktadır.

Firma organizasyonel yapısına ve inşaa faaliyetlerine dair bilgilerin çok sistematik olmasa da kayıt altına alındığını bildirmektedir. Maliyet ve harcamalarla ilgili genel bilgiler, mimari ve imalata yönelik çizim dokümanları, şartnameler ve şantiye sahasındaki günlük bazı operasyonel veriler firmadaki yetkili birkaç kişinin bilgisayarlarında dijital olarak saklanmaktadır.

Firma yapım süreçleriyle ilgili ortalama ve ideal tamamlanma sürelerine dair kısmi bir çalışma yaptığını belirtmektedir. Bu minvalde duvar paneli imalatları için hem ortalama üretim sürelerinin hem de gereken iş gücünün belirlenmesine yönelik bir hesaplama yapılmıştır. Bu sayede 1m² duvar panelinin kaç işçiyle ne kadar sürede üretileceği hesaplanarak hedeflenen tamamlanma süreleri ortaya çıkarılmaktadır.

Ancak tüm ana ve alt süreçler için ortalama veya hedeflenen tamamlanma sürelerini belirlemeye yönelik bir yaklaşım bulunmamaktadır.

Firmanın yapım süreçlerinde yalın israf kategorileri bağlamında hatalı üretimlerin, yeniden yapımın, kusur oluşumunun, beklemeye yol açan durumların meydana geldiği ifade edilmektedir. Bunların yanı sıra ekstra işlemlere neden olan tasarım ve planlama eksiklikleri olabildiği belirtilmektedir.

Firmanın yapım süreçlerinde meydana gelen israfların hangi ana ve alt süreçlerde meydana geldiğinin tam olarak tespit edilmediği belirtilmektedir. Bununla beraber imalat sırasında bekleme, hatalı üretim, yeniden üretim gibi yalın israf kategorisine giren durumların olduğu, detay tasarımı süreçlerinde hatalar olabildiği, montaj aşamasında yanlış uygulamaların gözlemlendiği bildirilmektedir. Ayrıca oluşan israfların yapım süreçleri bağlamındaki yüzdesel dağılımına yönelik verilerin bulunmadığı ifade edilmektedir.

Firmanın yapım süreçlerinde meydana gelen israfların tamamının temel sebeplerinin ve olumsuz etkilerinin araştırılmadığı belirtilmektedir. Bununla beraber bazı süreç israfları için tespitler paylaşılmaktadır. Örneğin, imalat sürecindeki bekleme israflarının çizimlerin zamanında bitirilmemesi, yanlış detay tasarımı veya ustaların eğitimsizliğinden kaynaklanabildiği bildirilmektedir. Ayrıca şantiyede oluşan bekleme kayıplarının bir kısmının dışarıdan hizmet alımı yapılan işlerde tedarikçinin taahhüdünde durmamasından kaynaklandığı ifade edilmektedir. Bunların yanı sıra planlama hatalarının işlerin hedeflenenden daha uzun sürmesine yol açabildiği söylenmektedir.

Firmanın yapım süreçlerinde oluşan verimsizliklerin giderilmesi doğrultusunda sistemli bir yaklaşımın uygulanmadığı, buna karşın her bir üretim sürecinden dersler çıkarıldığı ve bu çıkarımlar doğrultusunda yeni üretim süreçlerinin daha iyi bir şekilde organize edilmeye çalışıldığı belirtilmektedir.

Firma yetkilileri, yapım süreçlerinde meydana gelen israfların tespiti ve genel olarak ahşap konut yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik uygulanabilir bir model geliştirilmesi halinde uygulamak istediklerini belirtmektedir. Ayrıca böyle bir modelin ortaya çıkarılabilmesi için memnuniyetle katkı sağlayabileceklerini de ifade etmektedir.

3.2.2.2. B Firması Derinlemesine Görüşme Bulguları

Araştırma kapsamında firmanın yetkilisiyle yüz yüze görüşme yapılmıştır. Yapılan derinlemesine görüşmenin bulguları belirlenen görüşme sorularının sıralamasına göre aşağıda aktarılmıştır.

Firmanın yapım süreçlerini ana ve alt süreçler bağlamında tam olarak tanımlamadığı, ancak ana süreçlerin genel olarak mimari tasarım, imalat, nakliye ve montaj olduğu belirtilmektedir. Bunun yanı sıra imalat çizimlerinin yapılması, kiriş imalatı, duvar paneli imalatı, duvarların montajı ve cephe boyama gibi alt süreçlerin olduğu ancak bunların ana ve alt süreçler olarak organize edilmediği ifade edilmektedir.

Firmanın yapım süreçleri öncesinde genel bir iş akış planının oluşturulduğu belirtilmektedir. Bu bağlamda ana yapım süreçlerinin tecrübeye dayalı olarak belirlenen yaklaşık tamamlanma süreleri baz alınarak Excel programı yardımıyla tahmini iş akış planı oluşturulmaktadır.

Yapım süreçlerinin takibi ve raporlanması noktasında herhangi bir yazılım programı kullanılmamaktadır. Firmanın üretim ve yapım süreçlerinin organizasyonu ile ilgilenen personelin gözlemleri üzerinden alınan notlar ile süreç takibi ve raporlama yapılmaktadır.

Firma organizasyonel yapısına ve inşaa faaliyetlerine dair bilgilerin çok düzenli olmasa da kayıt altına alındığını bildirmektedir. Maliyet ve harcamalarla ilgili genel bilgiler, mimari ve imalata yönelik çizim dokümanları, şartnameler ve şantiye sahasındaki günlük bazı operasyonel veriler firmadaki yetkili birkaç kişinin bilgisayarlarında dijital olarak saklanmaktadır.

Firma yapım süreçleriyle ilgili ortalama ve ideal tamamlanma sürelerine dair kısmi bir çalışma yaptığını belirtmektedir. Bu minvalde döşeme kirişi imalatları için hem ortalama üretim sürelerinin hem de gereken iş gücünün belirlenmesine yönelik bir hesaplama yapılmıştır. Bu sayede yüksekliği 42cm olarak sabitlenen kirişlerin 1 metresinin kaç işçiyle ne kadar sürede üretileceği hesaplanarak hedeflenen tamamlanma süreleri ortaya çıkarılmaktadır. Ancak tüm ana ve alt süreçler için ortalama veya hedeflenen tamamlanma sürelerini belirlemeye yönelik bir yaklaşım bulunmamaktadır.

Firmanın yapım süreçlerinde yalın israf kategorileri bağlamında hatalı imalat, kusur oluşumu, yeniden yapım ve ekstra bekleme gibi durumların meydana geldiği ifade edilmektedir. Bunların yanı sıra ekstra işlemlere neden olan uygulama hataları ve planlama eksiklikleri olabildiği belirtilmektedir.

Firmanın yapım süreçlerinde meydana gelen israfların hangi ana ve alt süreçlerde meydana geldiğinin tam olarak tespit edilmediği belirtilmektedir. Bununla beraber imalat sürecinde hatalı üretim, yeniden yapım, işçilerin gereksiz hareketi gibi yalın israf kategorisine giren durumların olduğu aktarılmaktadır. Ayrıca montaj aşamasında yanlış uygulamaların gözlemlenebildiği fakat genel olarak oluşan israfların yapım süreçleri bağlamındaki yüzdesel dağılımına yönelik verilerin bulunmadığı bildirilmektedir.

Firma bünyesinde yapım süreçlerinde oluşan israfların temel sebepleri ve olumsuz etkilerine yönelik kapsamlı bir araştırmanın yapılmadığı belirtilmektedir. Bununla beraber bazı süreç israfları için tespitler paylaşılmaktadır. Örneğin, imalat aşamasındaki bekleme israflarının planlamada olmayan ek işlerin araya girmesi nedeniyle olduğu bildirilmektedir. Ayrıca şantiyede oluşan bekleme ve yeniden yapım gibi durumların bir kısmının dışarıdan hizmet alımı yapılan işlerde tedarikçinin hatalı üretim yapmasından kaynaklandığı ifade edilmektedir.

Firmanın yapım süreçlerinde oluşan verimsizliklerin giderilmesi doğrultusunda sistemli bir yaklaşımın uygulanmadığı, buna karşın her bir üretim sürecinden dersler çıkarıldığı ve bu çıkarımlar doğrultusunda yeni üretim süreçlerinin daha iyi bir şekilde organize edilmeye çalışıldığı belirtilmektedir.

Firma yetkilileri, yapım süreçlerinde meydana gelen israfların tespiti ve genel olarak ahşap konut yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik uygulanabilir bir model geliştirilmesi halinde uygulamak istediklerini belirtmektedir. Ayrıca böyle bir modelin ortaya çıkarılabilmesi için memnuniyetle katkı sağlayabileceklerini de ifade etmektedir.

3.2.2.3. C Firması Derinlemesine Görüşme Bulguları

Araştırma kapsamında firmanın yetkilisiyle yüz yüze görüşme yapılmıştır. Yapılan derinlemesine görüşmenin bulguları belirlenen görüşme sorularının sıralamasına göre aşağıda aktarılmıştır.

Firmanın yapım süreçleri ana ve alt süreçler bağlamında tam olarak tanımlamadığı, ancak ana süreçlerin genel olarak mimari tasarım, imalat, nakliye ve montaj olduğu belirtilmektedir. Bununla beraber giriş imalatı, duvar paneli imalatı, duvarların montajı, tesisat döşenmesi ve cephe boyama gibi alt süreçlerin olduğu ancak bunların da sistemli bir şekilde düzenlenmediği ifade edilmektedir.

Firmanın yapım süreçleri öncesinde genel bir iş akış planının oluşturulduğu belirtilmektedir. Bu aşamada tecrübeye dayalı olarak yapım süreçlerinin yaklaşık tamamlanma süreleri dikkate alındığı ve bu doğrultuda excel programı yardımıyla tahmini iş akış planı oluşturulduğu ifade edilmektedir.

Firmada yapım süreçlerinin takibi ve raporlanması noktasında herhangi bir program kullanılmamaktadır. Firmanın üretim ve yapım süreçlerinin organizasyonundan sorumlu personelin gözlemleri ile süreç takibi ve raporlama yapılmaktadır.

Firma organizasyonel yapısına ve inşaa faaliyetlerine dair bilgilerin çok düzenli olmasa da kayıt altına alındığını bildirmektedir. Maliyet ve harcamalarla ilgili genel bilgiler, mimari ve imalata yönelik çizim dokümanları, şartnameler ve şantiye sahasındaki günlük bazı operasyonel veriler firmadaki yetkili birkaç kişinin bilgisayarlarında dijital olarak saklanmaktadır.

Firma yetkilileri yapım süreçleriyle ilgili ortalama veya ideal tamamlanma sürelerine dair bir çalışmalarının olmadığını belirtmektedir. Ancak, uzun yıllar sektörde yapılan işler nedeniyle tecrübeye dayalı olarak işlerin yaklaşık tamamlanma sürelerini tahmin edebildiklerini ifade etmektedir. Dolayısıyla firma organizasyonunda ana ve alt süreçler için ortalama veya hedeflenen tamamlanma sürelerini belirlemeye yönelik bir yaklaşım bulunmamaktadır.

Firmanın yapım süreçlerinde yalın israf kategorileri bağlamında hatalı üretimlerin, yeniden yapımın, kusur oluşumunun, beklemeye yol açan durumların meydana geldiği ifade edilmektedir. Bunların yanı sıra ekstra işlemlere neden olan tasarım ve planlama eksiklikleri olabildiği de belirtilmektedir.

Firmanın yapım süreçlerinde meydana gelen israfların hangi ana ve alt süreçlerde meydana geldiğinin tam olarak tespit edilmediği paylaşılmaktadır. Bununla beraber imalat sırasında hatalı üretim, yeniden üretim, bekleme gibi yalın israf kategorisine giren durumların oluştuğu, montaj aşamasında da yanlış uygulamaların

gözlemlendiği bildirilmektedir. Ayrıca oluşan israfların yapım süreçleri bağlamındaki yüzdesel dağılımına yönelik verilerin bulunmadığı ifade edilmektedir.

Firmanın yapım süreçlerinde meydana gelen israfların tümüne dair temel sebeplerin ve olumsuz etkilerin araştırılmadığı belirtilmektedir. Bununla beraber bazı süreç israfları için tespitlerin elde edildiği söylenmektedir. Örneğin, imalat sürecinde oluşan hatalı üretimlerin detay tasarımının yanlışlığından kaynaklanabildiği, nakliye süreçlerindeki planlama hatalarının da ekstra beklemlere yol açabildiği aktarılmaktadır. Şantiyede meydana gelen bazı yeniden yapım durumlarının da dışarıdan hizmet alımı yapılan işlerde tedarikçinin hatalı işlemleri sonucu oluştuğu ifade edilmektedir.

Firmanın yapım süreçlerinde oluşan verimsizliklerin giderilmesi doğrultusunda sistemli bir yaklaşımın uygulanmadığı, buna karşın her bir üretim sürecinden dersler çıkarıldığı ve bu çıkarımlar doğrultusunda yeni üretim süreçlerinin daha iyi bir şekilde organize edilmeye çalışıldığı belirtilmektedir.

Firma yetkilileri, yapım süreçlerinde meydana gelen israfların tespiti ve genel olarak ahşap konut yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik uygulanabilir bir model geliştirilmesi halinde uygulamak istediklerini belirtmektedir. Ayrıca böyle bir modelin ortaya çıkarılabilmesi için memnuniyetle katkı sağlayabileceklerini de ifade etmektedir.

3.2.3. Derinlemesine Görüşme Bulgularının Değerlendirilmesi

Bu bölümde Türkiye ahşap konut sektöründe faaliyet gösteren üç firmanın yetkilileriyle yapılan derinlemesine görüşmeler sonucunda elde edilen bulgular sıralama yapılmaksızın değerlendirilmektedir.

Derinlemesine görüşmelerden elde edilen bulgulara göre firmaların inşaa faaliyetleri farklı ölçeklerde gerçekleştirebilmekte ve buna bağlı olarak iyileştirmeyi planladıkları süreçler de farklılık gösterebilmektedir. Örneğin bir firma giriş üretim süreçlerine odaklanmak isterken, diğeri bir evin bütünün yapım sürecini iyileştirmeyi hedeflemektedir. Ayrıca, firmaların bazıları parke döşeme gibi alt seviyelerdeki yapım süreçlerini incelemek için uygun şartlarının olmadığını ve bu nedenle ana süreçler düzeyinde bir iyileştirme adımı atabileceklerini ifade etmektedir. Bu bağlamda aynı yapım süreçleri farklı seviyede bir analize tabi tutulmak istenebilmektedir.

Çoğu firmada ana ve alt süreçlerin tam olarak tanımlanmadığı ve buna bağlı olarak iş akış planlarının detaylandırılmadığı görülmektedir. Buna ek olarak firmalarda iş akışını takip etmek ve yapım süreçlerini raporlamak için sistemli bir uygulama kullanılmadığı belirtilmektedir.

Firmaların yapım süreçlerinde oluşan israflardan genel olarak bahsedilirken hangi ana veya alt süreçlerde ortaya çıktığı net olarak ortaya konamamaktadır. Böylelikle israfların giderilebilmesi için hangi yapım sürecinin incelenmesi gerektiği belirlenememektedir.

Firma organizasyonlarında yapım süreçlerinin ortalama tamamlanma sürelerine dair kesin veriler de bulunmamaktadır. Firmalar yaklaşık süre tahmini üzerinden faaliyetlerini sürdürmektedir. Bunların yanı sıra firmaların yapım süreçlerine dair operasyonel verilerin profesyonel bir şekilde arşivlenmediği buna bağlı olarak önceki inşa faaliyetlerinden süreç iyileştirme noktasında yeterince istifade edilemediği anlaşılmaktadır.

Firmaların yapım süreçlerinde hangi tür yalın israfların ortaya çıktığı ancak genel olarak belirtilebilmektedir. Bununla beraber tespit edebildikleri israfların temel nedenleri de bütünüyle aktarılamamaktadır.

Firmalar tarafından ahşap konut inşaatlarında meydana gelen israfların giderilmesine yönelik bir takım münferit önlemler alınmaktadır. Ancak yapım süreçlerini iyileştirmeye yönelik kapsamlı ve sistemli bir uygulama bulunmamaktadır. Ayrıca, firma yetkilileri ahşap konut yapım süreçlerini iyileştirmeye yönelik kolay uygulanabilir bir çerçevenin oluşturulması halinde faydalı olacağını ve kullanmak istediklerini belirtmektedir.

Derinlemesine görüşme bulgularının değerlendirilmesinin ardından elde edilen bilgiler Tablo 3.6'da özetlenmiştir.

Tablo 3.6: Derinlemesine görüşme bulguları değerlendirme özeti

▪ Firmaların inşa faaliyetleri farklı ölçeklerde olduğundan dolayı iyileştirmeyi planladıkları süreçler de farklılık göstermektedir.
▪ Çoğu firmada ana ve alt süreçlerin tam olarak tanımlanmadığı ve buna bağlı olarak iş akış planlarının detaylandırılmadığı görülmektedir.
▪ Firmalarda iş akışını takip etmek ve yapım süreçlerini raporlamak için sistemli bir uygulama kullanılmamaktadır.
▪ Firmaların bir kısmı parke döşeme gibi alt seviyelerdeki yapım süreçlerini inceleme imkanları olmadığını ve bu nedenle ana süreçler düzeyinde bir iyileştirme adımı atabileceklerini ifade etmektedir.
▪ Firmalar yapım süreçlerindeki israflardan genel olarak bahsedip hangi ana veya alt süreçlerde ortaya çıktığını net olarak belirtememektedir. Dolayısıyla mevcut koşullarda israfların giderilebilmesi için net veriler bulunmamaktadır.
▪ Firma organizasyonlarında yapım süreçlerinin ortalama tamamlanma sürelerine dair net veriler bulunmamaktadır. Firmalar yaklaşık süre tahmini üzerinden faaliyetlerini sürdürmektedirler.
▪ Firmaların yapım süreçlerine dair operasyonel verilerin düzenli bir şekilde arşivlenmemektedir. Buna bağlı olarak önceki inşa faaliyetlerinden süreç iyileştirme noktasında yeterince istifade edilememektedir.
▪ Firmalar yapım süreçlerinde genel anlamda hangi tür yalın israfların ortaya çıktığını belirtememektedir. Ayrıca tespit edebildikleri israfların temek nedenlerini de tam olarak aktaramamaktadır.
▪ Firmalar ahşap konut inşaatlarında meydana gelen israfların giderilmesine yönelik bir takım münferit önlemler almaktadır. Ancak yapım süreçlerini iyileştirmeye yönelik kapsamlı ve sistemli bir uygulama bulunmamaktadır.
▪ Firmalar ahşap konut yapım süreçlerini iyileştirmeye yönelik kolay uygulanabilir bir çerçevenin oluşturulması halinde faydalı olacağını ve kullanmak istediklerini belirtmektedir.

3.2.3.1. Derinlemesine Görüşme Bulgularının Modele Etkileri

Derinlemesine görüşme bulgularının değerlendirilmesiyle ahşap konutların yapım süreçlerinin iyileştirmesine yönelik oluşturulacak model için bazı çıkarımlar elde edilmiştir. Bu bölümde derinlemesine görüşme bulgularının modele etkileri paylaşılmaktadır.

Derinlemesine görüşme bulgularından anlaşılabileceği üzere firmaların inşa faaliyetleri farklı ölçeklerde gerçekleşebilmektedir. Buna bağlı olarak iyileştirmeyi

planladıkları yapım süreçleri de farklı düzeyde ve çeşitte olabilmektedir. Buradan hareketle oluşturulacak modelin farklı düzeylerdeki süreçlerin iyileştirilmesine imkân veren bir yapıda olması gerekmektedir. Ayrıca yapım süreçlerini iyileştirme adımları öncesinde incelenecek yapım süreci belirlenmelidir.

Firmaların işleyişinde genel olarak ana ve alt süreçlerin tam olarak tanımlanmadığı ve buna bağlı olarak iş akış planlarının da detaylandırılmadığı görülmektedir. Yapım süreçlerinin iyileştirilebilmesi için incelenen süreçlerin tanımlı ve takip edilebilir olması elzemdir. Bunun için iş paketleri tanımlanarak iş kırılım yapısı (İKY) oluşturulmalı ve detaylı iş akış planı oluşturmalıdır.

Ahşap konut yapım süreçlerinin analiz edilebilmesi için iş akışının takibi ve uygun maliyetli raporlama sistemi gerekmektedir. Bununla beraber firmalarda yapım süreçlerine dair operasyonel verilerin düzenli bir şekilde arşivlenmediği görülmektedir. Buna bağlı olarak önceki inşa faaliyetlerinden süreç iyileştirme noktasında yeterince istifade edilememektedir. Yapım süreçlerinin iyileştirilebilmesi için tüm üretim ve yapım faaliyetlerinin düşük bütçeli bir şekilde gözlemlenerek kayıt altına alınması elzemdir. Bu noktada Gantt çizelgesi ve A3 raporlama formu gibi pratik araçlardan faydalanılabilir.

Firmaların organizasyonel ve ekonomik yapılarına bağlı olarak iyileştirilmek istenen yapım süreçleri farklı seviyelerde ele alınmak istenebilmektedir. Örneğin bir firma inşa ettiği bir ahşap konutun tüm yapım sürecini yalnızca ana süreçler seviyesinde incelenme kararı alabilirken, diğeri parke döşeme gibi alt aktivitelerin yapımındaki israfları da tespit etmek isteyebilir. Bu nedenle mevcut durum analizi yapılırken haritalama düzeyi firmanın talepleri doğrultusunda belirlenmelidir.

Firmaların yapım süreçlerinde oluşan israflar ancak genel olarak aktarılabilmekte, hangi ana veya alt süreçlerde ortaya çıktıkları net olarak belirtilememektedir. Dolayısıyla israfların tam olarak hangi ana veya alt süreçte ve hangi oranda gerçekleştiğini tespit edebilecek yalın araç ve yöntemlerin kullanılması gerekmektedir.

Firmaların yapım süreçlerinde hangi tür israfların ortaya çıktığı da detaylı olarak belirlenememektedir. Bunun yanı sıra tespit edebildikleri israfların temel nedenleri de tam olarak tanımlanamamaktadır. Bunun için yapım süreçlerindeki

israflar net bir şekilde tespit edildikten sonra kök-neden analiziyle temel sebepleri de ortaya çıkarılmalıdır.

Firma organizasyonlarında yapım süreçlerinin bütünü için ortalama ve ideal tamamlanma sürelerine dair net veriler bulunmamaktadır. Firmalar yaklaşık süre tahmini üzerinden faaliyetlerini sürdürmektedirler. Bu noktada yapım süreçlerindeki zamansal kayıpların tespit edilebilmesi için ortalama veya ideal üretim/yapım sürelerini hesaplamaya yönelik parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir.

Firmalar ahşap konut inşaatlarında meydana gelen israfların giderilmesine yönelik bir takım yüzeysel önlemler almaktadır. Ancak yapım süreçlerini iyileştirmeye yönelik kapsamlı ve sistemli bir uygulama bulunmamaktadır. Bunun yanı sıra yapım süreçlerini iyileştirmeye yönelik kolay uygulanabilir bir çerçevenin oluşturulması durumunda faydalı olacağı ve kullanılacağı belirtilmektedir.

Buradan hareketle Türkiye ahşap konut sektöründeki firmaların yapım süreçlerini iyileştirmeye yönelik geliştirilecek modelin kolay uygulanabilir bir şekilde düzenlenmesi gerekmektedir.

Derinlemesine görüşme bulgularının modelin oluşumuna olan etkileri Tablo 3.7’de özet olarak gösterilmektedir.

Tablo 3.7: Derinlemesine görüşme bulgularının modele etkileri

	Derinlemesine Görüşme Bulguları	Modele Etkileri
1	Firmaların inşa faaliyetleri farklı ölçeklerde olduğundan dolayı iyileştirmeyi planladıkları süreçler de farklılık göstermektedir.	Model farklı düzeylerdeki süreçlerin iyileştirilmesine imkân veren bir yapıda olmalı. Öncelikle incelenecek yapım süreci belirlenmeli.
2	Çoğu firmada ana ve alt süreçlerin tam olarak tanımlanmadığı ve buna bağlı olarak iş akış planlarının detaylandırılmadığı görülmektedir.	İş kırılım yapısı (İKY) ve iş akış planının detaylandırılarak oluşturulmalı.
3	Firmalarda iş akışını takip etmek ve yapım süreçlerini raporlamak için sistemli bir uygulama kullanılmamaktadır.	İş akış takibi ve yapım süreçlerini raporlamak için uygun maliyetli araçlar kullanılmalı. Bunun için A3 raporlama ve Gannt şemasından faydalanılabilir.
4	Firmaların bir kısmı parke döşeme gibi alt seviyelerdeki yapım süreçlerini inceleme imkanları olmadığını ve bu nedenle ana süreçler düzeyinde bir iyileştirme adımı atabileceklerini ifade etmektedir.	İncelenecek yapım süreçleri için haritalama düzeyine karar verilmeli.
5	Firmalar yapım süreçlerindeki israflardan genel olarak bahsedip hangi ana veya alt süreçlerde ortaya çıktığını net olarak belirtmemektedir. Dolayısıyla mevcut koşullarda israfların giderilebilmesi için net veriler bulunmamaktadır.	İsrafların tam olarak hangi ana veya alt süreçte ve hangi oranda gerçekleştiğini tespit edebilecek araç ve yöntemler gerekmektedir.
6	Firma organizasyonlarında yapım süreçlerinin ortalama tamamlanma sürelerine dair net veriler bulunmamaktadır. Firmalar yaklaşık süre tahmini üzerinden faaliyetlerini sürdürmektedirler.	Firmaların ortalama veya ideal üretim/yapım sürelerini hesaplamaya yönelik parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir.
7	Firmaların yapım süreçlerine dair operasyonel verilerin düzenli bir şekilde arşivlenmemektedir. Buna bağlı olarak önceki inşa faaliyetlerinden süreç iyileştirme noktasında yeterince istifade edilememektedir.	Yapım süreçlerinin iyileştirilebilmesi için tüm üretim ve yapım faaliyetlerinin düşük bütçeli bir şekilde gözlemlenerek kayıt altına alınması gerekmektedir.
8	Firmalar yapım süreçlerinde genel anlamda hangi tür yalın israfların ortaya çıktığını belirtmemektedir. Ayrıca tespit edebildikleri israfların temel nedenlerini de tam olarak aktaramamaktadır.	İsraflar net bir şekilde tespit edildikten sonra kök-neden analiziyle temel sebepleri ortaya çıkarılmalıdır.
9	Firmalar ahşap konut inşaatlarında meydana gelen israfların giderilmesine yönelik bir takım münferit önlemler almaktadır. Ancak yapım süreçlerini iyileştirmeye yönelik kapsamlı ve sistemli bir uygulama bulunmamaktadır.	Ahşap konut yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik kullanılabilecek yalın araçlar ve yöntemler belirlenmelidir.
10	Firmalar ahşap konut yapım süreçlerini iyileştirmeye yönelik kolay uygulanabilir bir çerçevenin oluşturulması halinde faydalı olacağını ve kullanmak istediklerini belirtmektedir.	Türkiye ahşap konut sektöründeki firmaların yapım süreçlerini iyileştirmeye yönelik geliştirilecek modelin kolay uygulanabilir bir şekilde düzenlenmesi gerekmektedir.

Derinlemesine görüşmelerin ardından alınan kararlar doğrultusunda ahşap konut yapım süreçlerini iyileştirmeye yönelik hazırlanan taslak model geliştirilmiştir. Bu bağlamda taslak modelde ana başlıklar olarak yer alan süreç iyileştirme adımları alt aşamalarıyla birlikte detaylı olarak tanımlanmıştır. Ayrıca taslak modelde verilerin toplanması aşamasında yer alan “Haritalama düzeyine karar verilmesi” adımının ardına “DAH parametrelerinin belirlenmesi” adımı eklenmiştir.

Türkiye ahşap konut sektöründeki firmalara yönelik geliştirilen yalın inşaat tabanlı süreç iyileştirme modelinin detaylı açıklaması beşinci bölümde yapılmaktadır.



DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

4. TÜRKİYE AHŞAP KONUT SEKTÖRÜNDEKİ FİRMALARA YÖNELİK YALIN İNŞAAT TABANLI SÜREÇ İYİLEŞTİRME MODELİ

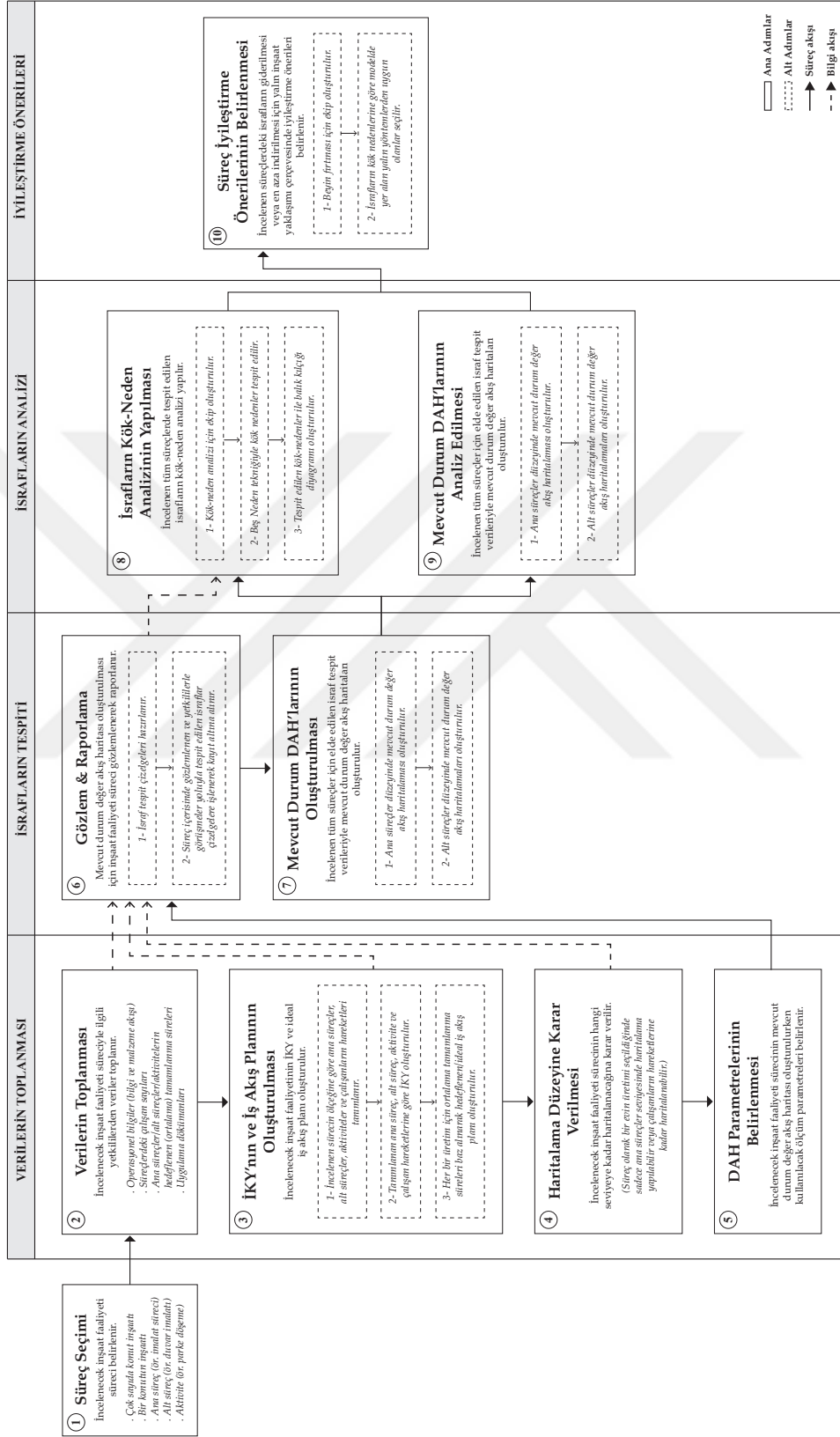
Türkiye ahşap konut sektöründe yüksek ön imalat değeriyle faaliyet gösteren firmaların yapım süreçlerinin iyileştirilmesi amacıyla yürütülen çalışma sonucunda yalın inşaat tabanlı süreç iyileştirme modeli ortaya çıkarılmıştır. Bu bölümde sırasıyla modelin aşamaları, yalın inşaat ilkeleriyle ilişkisi ve özgünlüğü açıklanmaktadır.

4.1. MODELİN AŞAMALARI

Türkiye ahşap konut inşaat sektöründe faaliyet gösteren firmalarla yapılan iki aşamalı nitel görüşmelerden elde edilen verilerin yalın inşaat yaklaşımı çerçevesinde değerlendirilmesiyle oluşturulan model, beş ana aşama içerisinde yer alan on adımdan oluşmaktadır (**Şekil 4.1**).

Modelin ana aşamaları; (1) incelenecek sürecin belirlenmesi, (2) verilerin toplanması, (3) israfların tespit edilmesi, (4) israfların analiz edilmesi ve (5) süreç iyileştirme önerilerinin belirlenmesidir. Beş ana aşamanın altında yer alan temel adımlar ise sırasıyla aşağıdaki gibidir:

1. İncelenecek Sürecin Belirlenmesi
2. Verilerin Toplanması
3. İKY'nın ve İş Akış Planının Oluşturulması
4. Haritalama Düzeyine Karar Verilmesi
5. DAH Parametrelerinin Belirlenmesi
6. Gözlem ve Raporlama
7. Mevcut Durum DAH'nın Oluşturulması
8. Mevcut Durum DAH'nın Analizi
9. İsrafların Kök Neden Analizlerinin Yapılması
10. Süreç İyileştirme Önerilerinin Belirlenmesi



Alışıp Konut Yapım Süreçleri İyileştirme Modeli

Şekil 4. 1: Türkiye ahşap konut sektöründeki firmalara yönelik yalın inşaat tabanlı süreç iyileştirme modeli

4.1.1. İncelenecek Sürecin Belirlenmesi

Modelin ilk aşaması incelenecek inşaat faaliyeti dizisinin belirlenmesidir. Yalın tekniklerden değer akış haritalama literatürde farklı ölçeklerde araştırmalar için kullanılmaktadır. Örneğin, Ramani & KSD (2019) bir yapıda yalnızca kolonların üretilip yerine monte edilme sürecini incelerken, Yu vd. (2013) ise 5 binadan oluşan bir projenin yapım süreçlerini iyileştirmeye yönelik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Araştırmanın ölçeği elde edilen verilerin türü ve kapsamını da belirlemektedir. Küçük ölçekli çalışmalarda ustaların hareketlerindeki duraksamaların tespitine kadar detaylı bir veri sağlanabilirken, çok sayıda yapının ele alındığı bir çalışma da ise organizasyondaki genel verimsizlikler ortaya konabilmektedir. Buradan hareketle, firmanın hedefleri ve imkanları doğrultusunda öncelikle iyileştirilmek istenen ahşap konut yapım sürecine karar verilmelidir.

4.1.2. Verilerin Toplanması

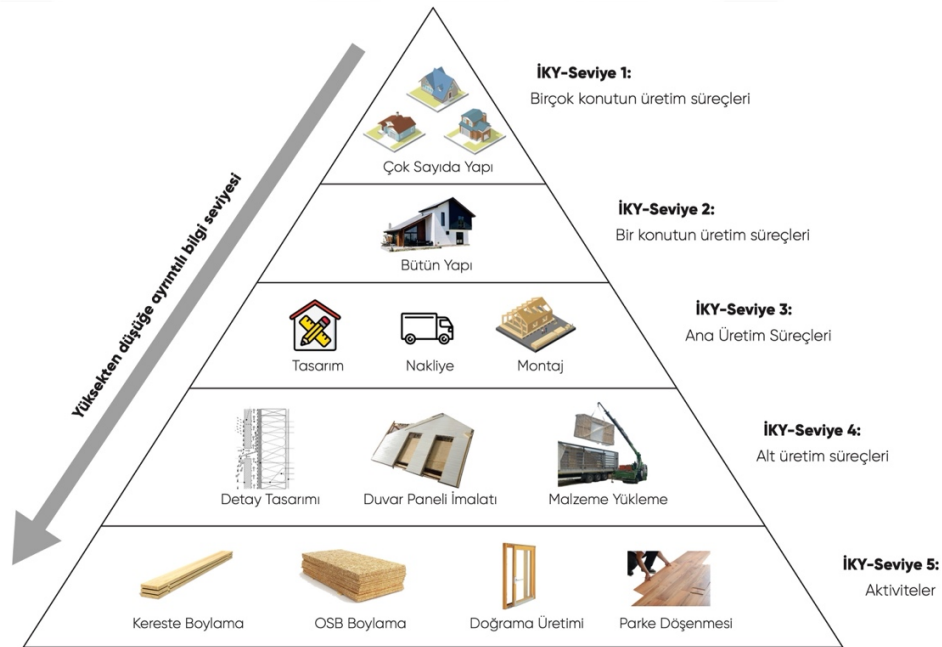
İncelenecek yapım sürecinin belirlenmesinin ardından firmanın mevcut durumdaki faaliyetlerine yönelik verilerin toplanması aşaması gelmektedir. Bu noktada firmanın operasyonel verileri (bilgi ve malzeme akışı, çalışan sayıları, ana ve alt süreçler, yapım süreçlerinin hedeflenen/ortalama tamamlanma süreleri vb.) ile uygulama ve kalite dokümanları (çizimler, şartnameler...) modelin ilerleyen aşamalarında kullanılmak üzere toplanır.

4.1.3. İKY'nın ve İş Akış Planının Oluşturulması

Üçüncü aşama incelenen yapım sürecinin iş kırılım yapısının ve iş akış planının oluşturulmasıdır. İş kırılım yapısı, projenin aşamalı olarak daha küçük birimlere bölüldüğü iş içeriklerinin hiyerarşik bir temsidir. Eğer firma halihazırda iş paketlerinin tanımlı olduğu bir iş kırılım yapısına ve detaylı iş akış planına sahipse modelin bir sonraki aşamasına geçilebilir. Ancak, firma organizasyonunda ahşap konut yapım süreçleri ve iş akış planı tam olarak tanımlanmamış ise bu aşamada belirlenmelidir.

İş kırılım yapısının oluşturulabilmesi için öncelikle İKY seviyelerinin belirlenmesi gerekmektedir. İKY uygulamalarında seviyelendirme inşaat faaliyetinin büyüklüğüne göre değişiklik gösterebilmektedir. Araştırmanın ölçeği dikkate alınarak

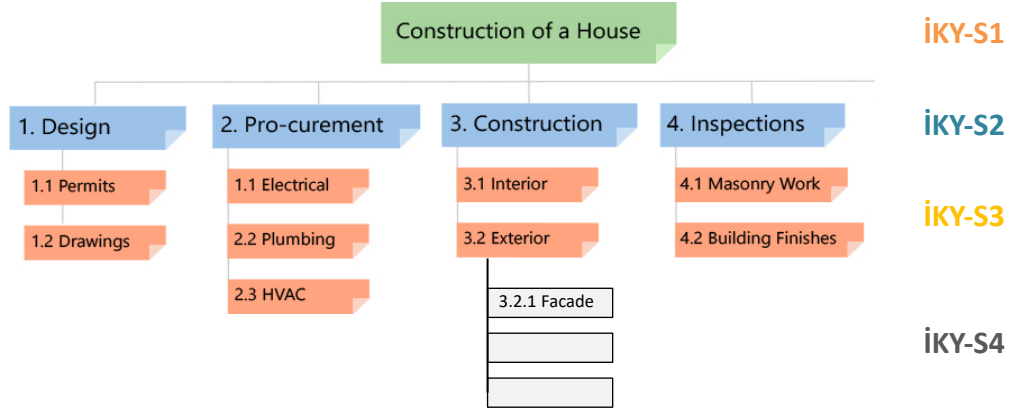
iş kırılım yapısı 5 seviyeye kadar kurgulanabilir. İş kırılım yapısının birinci seviyesi birden fazla konutun yapım süreçlerini ifade ederse ikinci seviye bir evin tüm üretim sürecini yansıtmaktadır. Üçüncü seviyede tasarım, imalat, nakliye ve montaj gibi ana süreçler yer almaktadır. Dördüncü seviye ana süreçlerin alt süreçleri olan detay tasarımı, duvar paneli imalatı ve malzeme yükleme gibi aşamaları içermektedir. Beşinci seviye ise alt süreçlerin içerisinde bulunan kereste boylama, doğrama üretimi ve parke döşeme gibi aktivitelerden oluşmaktadır. Bu durumda İKY seviyeleri “birçok konutun üretim süreçleri”, “bir konutun üretim süreçleri”, “ana süreçler”, “alt süreçler” ve “aktiviteler” olarak tanımlanır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2: İş kırılım yapısı seviyeleri

İncelenecek yapım sürecine göre İKY seviyeleri belirlenmelidir. Örneğin yalnızca bir alt süreç olan “duvar paneli imalatı” ele alınacaksa, İKY seviyeleri alt süreçler ve aktiviteler olmak üzere iki düzeyden oluşacaktır. Ancak, bir evin tüm üretim süreci incelenecek ise ‘tüm evin üretim süreçleri’, ‘ana süreçler’, ‘alt süreçler’ ve ‘aktiviteler’ olmak üzere dört seviyeli bir İKY ortaya çıkmaktadır.

İKY seviyelerinin belirlenmesinin ardından aşama bazlı iş kırılım yapısı oluşturulmalıdır. Bunun için her bir İKY seviyesinde yer alan iş paketleri tanımlanır ve altında yer aldığı seviyeye konumlandırılarak İKY oluşturulur (Şekil 4.3). Ardından iş paketlerinin hedeflenen/ortalama tamamlanma süreleri doğrultusunda iş akış planı hazırlanır ve Gannt çizelgesine işlenir (Şekil 4.4).



Şekil 4.3: Aşama bazlı iş kırılım yapısı örneği

AHŞAP KONUT PROJESİ

Firma adı Ltd.

Ana Aşama			Hafta 1							Hafta 2							Hafta 3							Hafta 4						
	Alt-Aşama 1	Alt-Aşama 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
MİMARİ TASARIM	Müşterinin Talepleri																													
	Proje Tasarımı																													
DETAY TASARIMI	Detay Tasarımı																													
	Projenin kesinleştirilmesi																													
	İmalat Çizimleri	CAD dosyalarının hazırlanması																												
İMALAT	Duvar Panelleri	Çerçeve + OSB + Cephe kaplaması + paketlenme																												
	Ara kat Döşeme Panelleri	Çerçeve + OSB + paketlenme																												
	Çatı Panelleri	Çerçeve + OSB + paketlenme																												
	Doğramalar	Kapı + Pencere (Tedarik)																												
	Tekil Elemanlar	Kolon + Kiriş + Pervaz																												
NAKLİYE	Malzemelerin Hazırlanması	Tüm materyallerin nakliyeye hazır hale getirilmesi																												
	Malzemeleri Taşınması	Malzemelerin yüklenmesi + Şantiyeye ulaşması																												
	Malzemelerin İndirilmesi	Malzemelerin doğru sıralamayla istiflenmesi																												
MONTAJ	Temel	Temel Kazısı																												
		Kalıp hazırlanması + Donatı																												
		Tesisat döşenmesi																												
		beton dökülmesi																												
		Yalıtım																												
	Binanın Kurulumu	Zemin latası yerleştirme																												

Şekil 4.4: İş akış planı Gantt çizelgesi

4.1.4. Haritalama Düzeyinin Belirlenmesi

Ahşap konutun incelenecek tüm süreçleri tanımlanıp, her biri için ideal süreler belirlendikten ve buna dayalı iş akış planı oluşturulduktan sonra mevcut durum değer akış haritasının çıkarılması aşaması gelmektedir. Ancak bunun için ilk olarak mevcut durumun hangi düzeyde haritalanacağına karar verilmelidir. Çünkü haritalama düzeyi araştırmada elde edilecek verilerin detay ölçeğini de belirlemektedir. Örneğin, parke döşeme aktivitesinde işçilerin gereksiz hareketleri nedeniyle kaybedilen dakikaların gözlemlenmesi inşaat sektörü için detay seviyesinde bir haritalandırmadır. Tüm inşaat sürecinin bu seviyede gözlemlenebilmesi ise bir kişi veya ekibin üstesinden gelemeyeceği kadar büyük ve külfetlidir. Sadece ana süreçlerdeki faaliyetlerin tamamlanma sürelerinin hedeflenen süreden sapmasının ölçülmesi ise oldukça düşük

düzeyde bir haritalama anlamına gelmektedir. Bu tür bir haritalamada sürecin büyük resmi ortaya konabilirken operasyonlara dair çok az detay paylaşılabilmektedir. Ayrıca alt süreçlerden kaynaklanan verimsizliklerle ilgili kök-neden analizi yapılamamaktadır (Yu vd., 2013).

Bu noktada firmanın süreç iyileştirme hedefleri ve imkanları doğrultusunda ele alınacak sürecin hangi düzeyde mevcut durum değer akış haritalamasının yapılacağına karar verilmelidir.

4.1.5. DAH Ölçüm Kriterlerinin Belirlenmesi

Yalın üretim yaklaşımında bir üretim sürecinin mevcut durum değer akış haritalaması yapılırken ürünün türü ve araştırmanın düzeyine göre değer katmayan faaliyet (DKMF) tanımları ve onları ölçmek için parametrelere ihtiyaç duyulmaktadır. Endüstriyel bir ürünün üretiminde bir gün içerisinde yüz binlerce ürün benzer işlem adımlarından geçerek üretilebilir. Böyle bir üretimde her bir ürün için kaybedilen birkaç saniye bile israf olarak kabul edilebilir. Ancak, şantiyede montajı yapılan bir kat döşemesi için kaybedilen dakikalar önemsenmeyebilir. Ayrıca, endüstriyel bir üretim tesisinde müşterinin aylık ürün talebi, günlük üretim miktarı ve fabrikanın üretim kapasitesi gibi veriler önemli etken olabilirken müstakil bir konutun inşasında bu ölçütler bir anlam ifade etmemektedir.

Türkiye’de faaliyet gösteren firmaların ahşap konutun üretiminde tekrarlanan işlemler olmasına rağmen endüstri sektörüne nazaran seri üretim oldukça sınırlıdır. Ayrıca aylık müşteri talebi, bir ürünün günlük üretim miktarı gibi parametreler geçerli değildir. Bu tür tam otomasyona geçilmemiş üretimlerde işçilerin farklı fonksiyonlar (duvar paneli yapımı, makas giriş üretimi vs.) için çeşitli istasyonları dolaştıkları bir süreç işlemektedir (Yu vd., 2013). Bu nedenle mevcut durum değer akış haritasının çıkarılması için; süreçler, süreçlerdeki işçi sayıları, hedeflenen işlem süresi, gerçekleşen işlem süresi vb. ölçütler kullanılmaktadır (Zhang vd., 2020; Yu vd., 2009).

Buradan hareketle model kapsamında sektördeki firmaların mevcut durum değer akış haritalamasında kullanılacak performans parametreleri; alt süreçler/aktiviteler (a), işçi sayıları (i), hedeflenen işlem süresi (Hs), gerçekleşen işlem süresi (Gs) ve hedeflenen tamamlanma süresinden sapma oranı (HSS) olarak belirlenmiştir (**Tablo 4.1**).

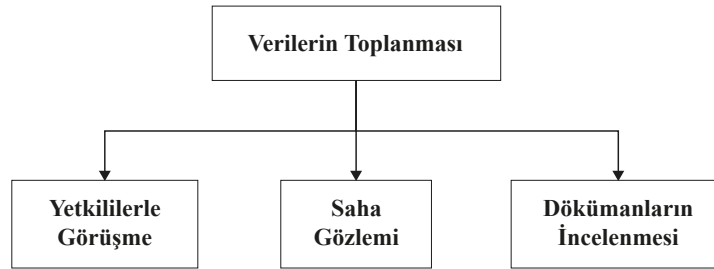
Tablo 4.1: Mevcut durum DAH parametreleri

DAH Parametreleri

i	İşçi sayısı
a	Alt süreçler / Aktiviteler
H_s	Hedeflenen işlem süresi
G_s	Gerçekleşen işlem süresi
HSS	Hedeflenen tamamlanma süresinden sapma oranı

4.1.6. Gözlem ve Raporlama

Mevcut durum değer akış haritasının haritalama düzeyi ve parametrelerinin belirlenmesinin ardından firmanın mevcut durumdaki üretim ve inşaa faaliyetleri gözlemlenerek raporlanması aşaması gelmektedir. Bu aşamada veriler; saha gözlemi, firmadaki ilgili kişilerle görüşme ve uygulama belgelerinin incelenmesi olmak üzere üç kaynaktan beslenerek elde edilmelidir (Şekil 4.5). Verilerin üç farklı kaynaktan elde edilmesinin temel sebebi bu unsurların tek başına yeterli bilgi sağlayamamasıdır (Zewde, 2020). İnşaat süreci çok uzun ve eş zamanlı işleri kapsadığı için sadece saha gözlemiyle kayıt altına alınması mümkün olamamaktadır. Yalnızca görüşme yapılması durumunda ise sahada yetkililerin fark edemediği eksiklikler gözden kaçabilmektedir. Firmanın operasyonel belgeleri ise üretim süreçlerinde ideal olan ile gerçekleşen durumlar arasındaki farkın ortaya konmasında yardımcı olmaktadır.



Şekil 4.5: Gözlem ve raporlama aşamasında verilerin toplanma yöntemi

Gözlem ve raporlama adımıında firmanın yapım faaliyetleri takip edilirken gözlemlenen süreç israfları; belirlenen performans ölçütlerinin yanı sıra yer aldıkları üretim süreçleri, nedenleri ve etkileri gibi birçok yönüyle ‘A3 israf tespit çizelgesine’ (Şekil 4.6) işlenerek kayıt altına alınmalıdır. Böylece üretim sürecinde oluşan verimsizliklerin kök-neden analizlerinin yapılabilmesine ve iyileştirme önerilerinin geliştirilmesine olanak sağlayacak veriler elde edilmiş olmaktadır.

Süreç Adı						
İKY seviyesi	Alt süreçler/aktiviteler	İşçi sayısı	Hedeflenen işlem süresi	Gerçekleşen işlem süresi	Hedeflenen tamamlanma süresinden sapma oranı	
-	.	.	.	.	.	.

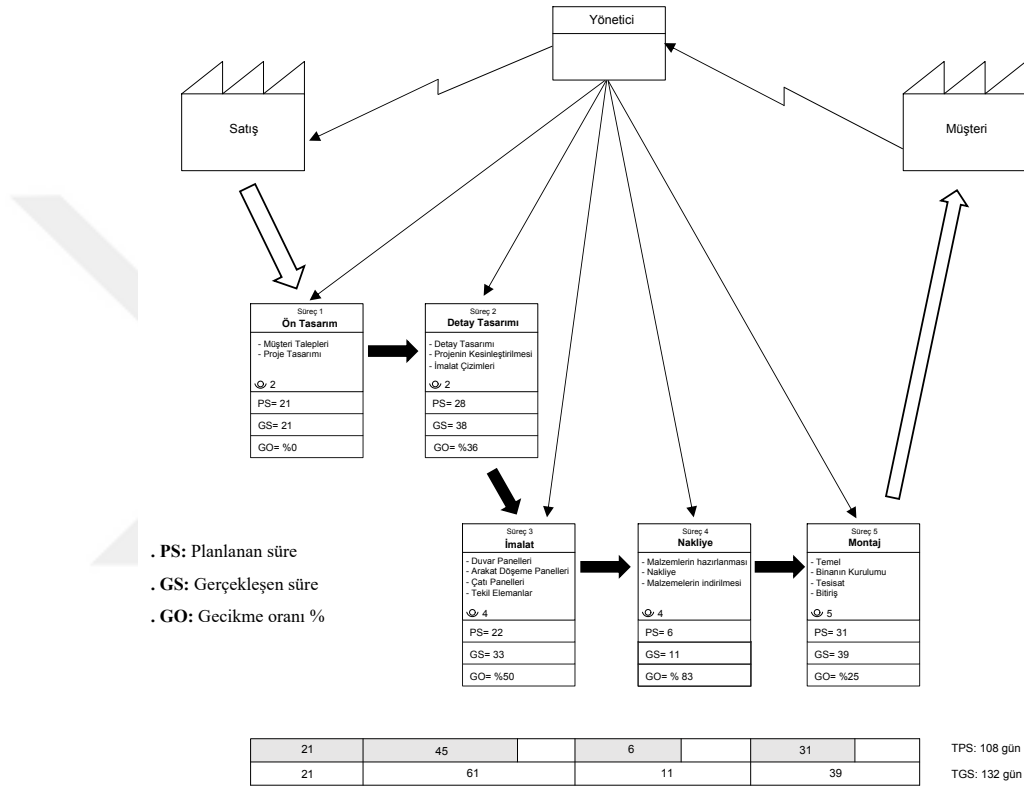
Verimsizlik / İsrar	Süreç (Seviye)	Birincil neden	Etkisi
1	Zemin latalarının dengelenme süresi 1 gün uzadı.	Betonarme temel için çok bozuk yapılması (Tedarikçinin taahhüdüne uymaması)	Zemin kat duvarlarının montajı gecikti
2	-	-	-
3	-	-	-
4	-	-	-
5	-	-	-
6	-	-	-
7	-	-	-

Şekil 4.6: A3 israf tespit çizelgesi

Ahşap konutun yapım süreçleri boyunca gözlemlenen tüm israflar A3 tespit çizelgelerine işlendikten sonra zamansal kayıplar gannt çizelgesine aktarılarak ‘gerçekleşen iş akışı’ tablosu oluşturulur. Bu sayede mevcut durum değer akış haritası çıkarılması için gereken hedeflenen tamamlanma sürelerinden sapma oranları daha net bir şekilde ortaya çıkarılır.

4.1.7. Mevcut Durum DAH'larının Oluşturulması

Mevcut durum değer akış haritası çıkarmak için gerekli olan tüm veriler toplandıktan sonra incelenen yapım süreci için belirlenen haritalama düzeyinde mevcut durum değer akış haritaları oluşturulur. Şekil 4.7'de bir ahşap konutun ana süreçler düzeyinde mevcut durum değer akış haritalama örneği gösterilmektedir.



Şekil 4.7: Ahşap konut inşaatı için ana süreçler düzeyinde mevcut durum değer akış haritalama örneği

Mevcut durum değer akış haritalamaları için kullanılan ölçütler sayesinde üretim süreçlerinin hangi aşamasında hangi oranda ve sürede kayıplar olduğu tespit edilir. Böylelikle verimsizliklerin süreçler bağlamındaki durumu ve zaman kayıplarına yönelik etkileriyle ilgili genel resim ortaya çıkarılır.

Mevcut durum değer akış haritalama tekniğinde bir ana süreçte yaşanan verimsizliklerin alt süreçlerdeki hangi 'değer katmayan faaliyetlerden' (DKMF) kaynaklandığı bilgisi yansıtamamaktadır. Bu nedenle her bir sürecin alt süreçleri için de ayrı ayrı mevcut durum değer akış haritalaması oluşturulmalıdır.

İncelenen tüm yapım süreçleri için mevcut durum değer akış haritalarının oluşturulmasıyla yapım süreçlerindeki değer akışı, zaman kayıpları ve DKMF oranları ortaya çıkarılmaktadır. Üretim süreçlerinde oluşan israfların tespit edildiği bu aşamanın ardından mevcut durum DAH analizi safhası gelmektedir.

4.1.8. Mevcut Durum DAH Analizi

Mevcut durum değer akış haritalarının analizi ile DKMF'lerin oluşturduğu zaman israflarının hangi aşamalarda ve hangi oranlarda yaşandığı nicel olarak tespit edilmektedir. Böylece israfların yoğunlaştığı ana ve alt süreçler belirlenerek odaklanılması gereken noktalar ortaya çıkarılmaktadır. Ancak israfların giderilmesi için temel nedenlerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle bir sonraki aşama israfların kök-neden analizidir.

4.1.9. İsrafların Kök-Neden Analizi

Yapım süreçlerini iyileştirme modelinde israfların kök nedenlerinin tespit edilebilmesi için yalın üretim tekniklerinden 5-Neden yöntemi kullanılmaktadır. Bu noktada israflara dair verilerin firmalar tarafından analiz edilebilmesi ve iyileştirme önerilerinin geliştirilebilmesi için süreç israflarının, yalın israf kategorileri ve kök nedenlerle ilişkisinin bilinmesi gerekmektedir. Bunun için ahşap konut üretim süreçlerinde olması muhtemel israfların, yalın israf kategorileri ve kök-nedenlerin eşleştirildiği bir liste hazırlanmıştır (**Tablo 4.2**).

Bu aşamada israfların 5-Neden tekniğiyle kök nedenlerinin bulunabilmesi için firmadaki uzmanlardan bir ekip oluşturulur. Oluşturulan ekip daha önceden elde edilen israflarla ilgili verileri Tablo 5.2'de yer alan bilgiler doğrultusunda değerlendirerek 'Kök-Neden Analizi Çizelgesi'ne işler (**Şekil 4.8**). Böylece yapım süreçlerinde meydana gelen israfların kök nedenleri ortaya çıkarılır.

Kök neden analizinin yapılmasıyla ahşap konut yapımında hangi süreçte, hangi oranlarda ve hangi nedenlerle israfların meydana geldiği ortaya çıkarılmaktadır. Bu aşamadan sonra elde edilen veriler ışığında süreç iyileştirme önerileri getirilmesi mümkün hale gelmektedir.

Tablo 4.2: Ahşap konut yapım süreçlerinde oluşabilecek süreç israfları (Ayınla vd., 2021; Ismael & Yusof, 2016 ve Eivindson vd., 2017; Nath vd., 2019'den uyarlanarak oluşturulmuştur.)

	Yalın İsrar Kategorisi	Tanımı	Örnek İsrar Nedenleri
1	KUSUR	Yeniden işleme ve hurda oluşumuna neden olan eylemler	Tasarımdaki hatalardan dolayı imalattaki kusurlar Talimatlara uyulmaması nedeniyle imalat hataları Plakaların kesilmesi sırasında hurdaya neden olan kusurlar Tasarımlardaki değişikliklerden kaynaklanan kusurlar ve yeniden işleme Güvenlik önlemlerinin göz ardı edilmesinden kaynaklanan kusurlar ve kazalar
2	BEKLEME	Üretimde durma veya bekleme süresi. Bir süreçte bir sonraki adımı beklerken boşa harcanan zaman	Ekipmanın onarımı bekleniyor Üretimde etkili personelin sakatlanması ya da hastalanması Fabrikasyon elemanların proje sahasında beklemesi Müşteri tarafından sağlanan fonları beklemek Yeni haritaların onayı bekleniyor Ürünlerin proje sahasına gönderilmesi bekleniyor
3	TAŞIMA	Malzemelerin saha içinde ve dışında kötü veya gereksiz taşınması	Ekipmanın gereksiz taşınması Gereksiz malzeme taşımacılığı Malzemelerin elverişsiz taşınması
4	STOK	Atölyede veya şantiyede gereğinden fazla malzemenin/ürünün depolanması	Planlanan gereksinimleri aşan malzemelerin stoklanması Denetimden geçen elemanlar Malzemelerin depolanması için yeterli alan eksikliği
5	HAREKET	Malzemelerin, aletlerin ve işçilerin atölyede ya da inşaat sahası çevresinde gereksiz hareketi	Elverişsiz yerleşim nedeniyle ekipmanların gereksiz taşınması Elverişsiz yerleşim nedeniyle gereksiz malzeme hareketleri Uygun olmayan saha yerleşimi nedeniyle personelin gereksiz hareketleri
6	EKSTRA ÜRETİM	İhtiyaçtan fazla veya ihtiyaç duyulmadan önce üretim	Parçaların (kolonlar ve kirişler) kullanımdan çok erken üretimi
7	EKSTRA İŞLEM	Müşteri için gerekenden daha fazla iş veya daha yüksek kalite	Gerekenden daha yüksek kapasiteye sahip ekipman kullanımı Gerekenden daha yüksek niteliklere sahip malzemelerin kullanımı (daha kalın plakalar) Malzeme ve ekipman israfına yol açan gereksiz işlemler (örneğin, gerekenden daha fazla kalınlığa sahip boyaların uygulanması)

4.1.10. Süreç İyileştirme Önerilerinin Oluşturulması

Süreç iyileştirme çabalarındaki temel amaç, sürecin ortaya çıkardığı verilerden yararlanarak neyin yanlış gittiğini tespit etmek ve süreci geliştirmektir (Arıkan ve Öztürk, 2011). Yapım süreçlerini iyileştirmek, süreç israfını ortadan kaldırarak ve iş faaliyetini tamamlamanın en iyi yolunun kullanılmasını sağlayarak iş faaliyetinin yürütülme şeklinin iyileştirilmesiyle ilgilidir. Ayrıca, iş faaliyetini tamamlamak için gereken döngü süresini kısaltmayı, üretkenliği artırmayı, ilk seferde doğru kaliteyi sağlamayı ve güvenli çalışmayı desteklemeyi amaçlar (O'Connor & Swain, 2013).

Süreç iyileştirme önerileri geliştirme aşamasında israfları analiz etmek için oluşturulan ekiple beyin fırtınası yapmak adına tekrar toplanılır. Bu aşamada değer katmayan her bir faaliyetin giderilmesi veya en aza indirilmesi için yalın inşaat yaklaşımı çerçevesinde iyileştirme önerileri belirlenir.

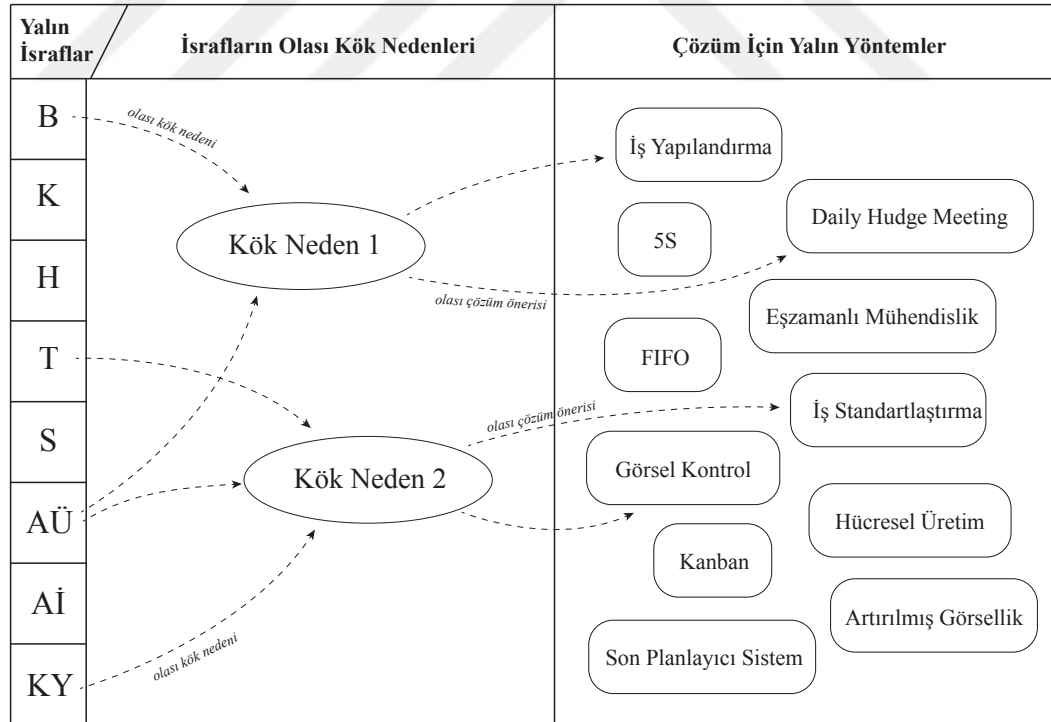
Süreç iyileştirme çalışmalarını gerçekleştirebilmek amacıyla tercih edilen süreç iyileştirme yöntemleri oldukça önemlidir. İstenen verimliliğin sağlanmasında iş süreçlerinin birbirinden farklı olması göz önünde bulundurularak her işletmenin kendi süreçlerine uygun olan iyileştirme yöntemiyle uygulamaya geçmesi gerekmektedir (Deste ve Berber, 2018). Ancak, doğru yöntemlerin tercihi ile beklenen verimlilik sağlanabilecektir.

Tablo 4.3'te firmaların ahşap konut yapım süreçlerinde oluşabilecek israfların muhtemel kök nedenleri için kullanılabilecek yalın yöntemler listelenmiştir. Ayrıca yalın israf kategorileri, kök nedenler ve yalın iyileştirme yöntemlerinin birbiriyle ilişkisini görülebilmesi adına bir şema geliştirilmiştir (**Şekil 4.9**).

Firma bünyesinde beyin fırtınası için oluşturulan ekip, Şekil 4.9'da gösterilen şema doğrultusunda israflar için tespit ettikleri kök nedenlere göre kendileri çözüm önerileri getirebilecekleri gibi Tablo 4.3'te yer alan yalın yöntemler arasından uygun olanları seçerek süreç iyileştirme önerileri de oluşturabilecektir.

Tablo 4.3: Ahşap konut yapım süreçlerindeki süreç israflarının olası kök nedenleri ve yalın iyileştirme yöntemleri

İsrafların olası kök nedenleri	Yalın yöntemler
Etkin olmayan planlama	İş Yapılandırma; İş Standartlaştırma
Çalışanlar arasında etkileşim eksikliği	Daily Hudge Meeting
Ustaların deneyim eksikliği	Kurum İçi Eğitim; İş Standartlaştırma
İmalat çizimlerindeki hatalar	İş Standartlaştırma; Kontrol
Gerekli ekipman zamanında mevcut olmaması	Kurum İçi Eğitim; İş Standartlaştırma
Malzeme teslimatında gecikme	İş Standartlaştırma;
Personel yetersizliği	İş Yapılandırma
Elverişsiz tasarım	BIM; İş Standartlaştırma
Süpervizör tarafından sağlanan yetersiz talimatlar	İş Standartlaştırma; Daily Hudge Meeting
Haftalık değerlendirme toplantılarının olmaması	Daily Hudge Meeting



Şekil 4.9: Ahşap konut yapım süreçlerindeki israfların olası kök nedenleri doğrultusunda yalın yöntemler ile iyileştirilmesi

4.2. MODELİN YALIN İNŞAAT İLKELERİYLE İLİŞKİSİ

Ahşap konutların yapım süreçlerinin iyileştirilmesi amacıyla geliştirilen modelin kavramsal arkaplanında yalın inşaat düşüncesi bulunmaktadır. Bu nedenle model yalın inşaatın beş temel prensibiyle örtüşen bir yapıda tasarlanmıştır.

Yalın üretimin; (1) değerin tanımlanması, (2) değer akışının tanımlanması, (3) değer akışının oluşturulması, (4) çekme sistemi ve (5) mükemmellik olmak üzere beş temel ilkesi bulunmaktadır (Womack & Jones, 1996).

Yalın inşaat düşüncesinde “değer”, müşteri talepleri doğrultusunda belirlenir. Dolayısıyla değer; belirli bir müşteriye belirli bir fiyatla, belirli özellikleri olan belirli bir ürün olarak tanımlanır (Akil, 2019). Bu bağlamda model kapsamında değer, firmanın müşteriyle imzaladığı şartname ile tanımlanmaktadır. Dolayısıyla ahşap konutların yapım süreçlerindeki değer, şartnamede yer alan kalite standartlarındaki ürünün belirtilen süre ve fiyatta teslim edilmesidir. Buradan hareketle firmaların yapım süreçlerindeki israflar, müşterinin talepleri doğrultusunda tanımlanan değere ulaşılması nispetinde belirlenir.

İnşa edilen ahşap konutların şartname gereği anlaşılan kalite ve fiyatın dışında müşteriye teslim edilemeyeceği göz önüne alındığında, yapım süreçlerinde oluşan israflar firmalara zaman ve nakit kaybı olarak yansımaktadır. Araştırma, kapsamı gereği nakit kayıplarının rakamsal tespitinden ziyade zamansal kayıplara yol açan süreç israflarına odaklanmaktadır.

Yalın ilkelerin ikincisi değer akışının tanımlanmasıdır. Değer akışının tanımlanması, oluşturulan değerın elde edilmesi için gereken tüm adımların belirlenmesidir. Bu aşamada ürünlerin tasarımı, üretimi ve montajı dahil tüm ana ve alt adımların belirlenmesi gerekmektedir. Bu aynı zamanda müşteri için değer katan faaliyetlerin tanımlanması anlamına da gelmektedir (Spisakova, 2013).

Yalın düşüncenin değer akışının tanımlanması ilkesi bağlamında modelde “değer akış haritalama” aracından istifade edilmektedir. Model kapsamında verilerin toplanmasından, mevcut durum değer akış haritasının oluşturulmasına kadarki tüm adımlar yalın düşüncenin bu ilkesiyle örtüşmektedir.

Yalın prensiplerin üçüncüsü olan değer akışının oluşturulması, tanımlanan değer akışının en iyi şekilde sürdürülmesi anlamına gelmektedir. Değer akışı, israf faaliyetlerinin mümkün olduğunca elenmesi ve geri kalan faaliyetlerin değer üretecek

şekilde düzenlenmesidir (Akil, 2019). Böylece üretim hattı sürelerini optimal tutma gayretini ifade eder. Modelde yer alan mevcut durum değer akış haritalama analizleri, kök-neden analizleri ve süreç iyileştirme önerilerinin geliştirilmesi yalın düşüncenin bu ilkesini karşılamaya yönelik adımlardır.

Yalın ilkelerin dördüncüsü çekme sistemidir. Konsept olarak müşterinin tam olarak istediğini, müşterinin ihtiyaç duyduğu anda ve müşterinin yaptığı değişikliklere her zaman hazırlıklı olarak üretmek anlamına gelir (Aziz, 2013). Böylece depolama ihtiyacının ve gereksiz üretimin azaltılması hedeflenmektedir.

Türkiye'deki ahşap konut üreticisi firmalar sektörün yapısı gereği sipariş üzerine üretim yaptıkları için yalın üretimin çekme ilkesiyle oldukça örtüşen bir yapıda faaliyetlerini sürdürmektedir. Bu nedenle geliştirilen süreç iyileştirme modeli de çekme ilkesiyle uyumlu bir şekilde uygulanabilmektedir.

Yalın üretimin son ilkesi mükemmelliktir. Mükemmel çözümü ve sürekli iyileştirmeyi hedefler. Müşterinin ihtiyaç ve beklentilerini karşılayan ürünün, mutabık kalınan zaman çizelgesi içinde, kusursuz bir durumda teslim edilmesi için üretim süreçlerinin sürekli iyileştirilmesini ifade eder (Aziz, 2013). Genel olarak modelin ana gayesini oluşturan bu durum, özellikle süreç iyileştirme önerilerinin getirilmesi adımıyla ilişkilidir. İsrafların tespit ve analiz edilmesinden sonraki bu aşamada yalın inşaat teknikleriyle süreçlerin sürekli iyileştirilmesi amaçlanmaktadır.

4.3. MODELİN ÖZGÜNLÜĞÜ

Türkiye'de ahşap konut sektöründeki firmalar için yalın inşaat temelinde geliştirilen yapım süreçlerini iyileştirme modeli birçok açıdan özgünlük taşımaktadır.

Yalın üretim genel anlamıyla temel ilkeleri ve bu ilkelere dayanan bazı uygulamaya dönük araç setlerinin üretildiği yönetsel bir yaklaşımdır. Bu yanı sıra firmaların süreçlerini iyileştirmek için direkt uygulayabilecekleri bir çerçeve sunmamaktadır. Buradan hareketle akademik birçok araştırmada yalın felsefe ve araçların konfigürasyonu ile farklı alanlara özel çerçeveler geliştirilmektedir (Yu vd., 2013; Sarden, 2005).

Literatürde yalın inşaatla ilgili yer alan araştırmalar arasında ahşap konutların üretim süreçlerinin verimliliğinin artmasına yönelik bazı çalışmalar da bulunmaktadır (Yu vd., 2009; Zhang vd., 2020). Ancak bu çalışmalarda ele alınan ahşap konut üretim

süreçleri, yüksek oranlarda endüstriyel tekniklerle ve seri üretim yaklaşımıyla yapılmaktadır. Dolayısıyla endüstriyel üretim anlayışına uygun teorik çerçeveler ve yöntemler kullanılmaktadır. Tez araştırmasında incelenen ahşap konut üretimleri ise geleneksel inşaat ile endüstriyel üretim arasında konumlanmaktadır. Ayrıca tekil üretim süreçlerini içermektedir. Araştırma içeriğindeki bu farklılıklar nedeniyle geliştirilen süreç iyileştirme modeli literatürdeki yalın çerçevelerden ayrılmaktadır.

Bunun yanı sıra modelde yer alan yalın tekniklerin inşaat sektörüyle ilgili araştırmalarda münferit olarak kullanılmasına rağmen modelde farklı tekniklerin araştırma konusuna özgü bir şekilde bir araya getirilmesi söz konusudur. Örneğin, değer akış haritalama tekniği literatürde seri üretim anlayışıyla yapılan inşaat uygulamalarında tercih edilen bir yöntemdir (Mudgal vd. 2020; O'Connor & Swain, 2013). Ancak, model kapsamında tekil üretim anlayışı çerçevesinde revize edilerek yer almaktadır. Bu noktada değer katmayan faaliyetlerin tespitinde seri üretim anlayışındaki parametreler yerine duruma özgü ölçüm kriterleri belirlenmiştir. Ayrıca, DAH yönteminin gelecek durum değer akış haritalama gibi bazı adımları konuya özgü durum gereği modelde bulunmamaktadır.

Bunlara ek olarak literatürde yer alan süreç iyileştirme modelleri çoğunlukla uygulanabilirlik açısından karmaşık ve firmaların dışarıdan hizmet almalarını gerektirecek bir teknik seviyededir. Bu nedenle de ek maliyetlere sebep olabilmektedir. Ancak önerilen model kolay takip edilebilir yapısı sayesinde firmaların kendi bünyelerinde oluşturacakları bir analiz ekibiyle ek hizmet almadan düşük maliyetli bir şekilde uygulanabilmektedir.

Buradan hareketle, Türkiye ahşap konut inşaatı sektörünün kendine has dinamikleri dikkate alınarak farklı yalın tekniklerin duruma özgü bir şekilde uyarlanmasıyla oluşturulan modelin literatüre ve sektördeki firmalara katkı sağlaması hedeflenmektedir.

BEŞİNCİ BÖLÜM

5. VAKA ÇALIŞMASI: MODELİN UYGULANMASI

Türkiye’de yüksek ön imalat değeriyle ahşap konut üreten firmaların yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik yürütülen tez araştırmasında modelin oluşturulmasının ardından işlerliğinin detaylı bir şekilde ortaya konabilmesi için bir vaka çalışmasıyla modelin uygulaması yapılmıştır. Bu bağlamda Türkiye’de yüksek ön imalat değeriyle ahşap konut üretimi yapan firmalardan A firmasıyla inşaatını tamamladığı bir ahşap konutun üretim süreçlerinin incelenmesi üzerine anlaşılmıştır.

Bu bölümde ilk olarak modelin uygulandığı vaka çalışmasının aşamaları anlatılmaktadır. Ardından vaka çalışmasının değerlendirilmesi paylaşılmaktadır.

5.1. VAKA ÇALIŞMASININ AŞAMALARI

Vaka çalışması boyunca ahşap konutların yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik geliştirilen modelde yer alan adımlar takip edilmiştir. Bu doğrultuda vaka çalışması kapsamında yapılan çalışmalar modeldeki sıralamaya göre aktarılmaktadır.

5.1.1. İncelenecek Sürecin Belirlenmesi

Vaka çalışmanın ilk aşaması incelenecek inşaat faaliyeti sürecinin belirlenmesidir. Tez araştırması kapsamında Türkiye’de yüksek ön imalat değeriyle ahşap konut üretiminde oluşan verimsizliklerin tespiti ve genel olarak yapım süreçlerinin iyileştirilmesi amaçlanmaktadır. Bunun için vaka çalışmasının ölçeği ülkemizdeki ahşap konut inşaatı sektörünün yapısına uygun bir şekilde belirlenmelidir. Sadece duvar imalatı ya da temel inşaatı gibi alt süreçlere odaklanılması firmadaki organizasyonel problemleri tespit edememeyle sonuçlanabilir. Çok sayıda konutun inşa edildiği büyük bir projenin incelenmesi ise iki açıdan elverişli olmamaktadır.

Birincisi ülkemizdeki firmaların çoğunluğu tekil veya birkaç konuttan oluşan küçük ölçekli projeler inşa etmektedir ve inceleme yapılabilecek geniş ölçekli ahşap konut projesi sayısı da oldukça azdır. İkinci olarak geniş ölçekli bir araştırmada çok

sayıda yapı aynı anda üretildiği için bir yapının yapım süreçlerindeki verimsizliklerin kaynaklarını tespit etmek zorlaşmaktadır. Bu sebeplerle vaka çalışması kapsamında incelenecek inşaat faaliyeti süreci bir ahşap konutun sipariş edilişinden teslim edilişine kadarki yapım süreci olarak belirlenmiştir.

Bu doğrultuda firmayla görüşülmüş ve vaka çalışması kapsamında inşaatı tamamlanan CVZ101 kodlu ahşap konutun başından sonuna kadar tüm üretim süreçlerinin incelenmesi üzerine anlaşılmıştır.

5.1.2. Verilerin Toplanması

İncelenecek sürecin belirlenmesinin ardından modelin ikinci adımında verilerin toplanması aşaması gelmektedir. Bu bağlamda firma yetkilileriyle görüşülerek firmanın organizasyonu, çalışan sayıları, operasyonel faaliyetleri ve yapım süreçleri incelenecek olan CVZ101 evinin teknik bilgilerine dair veriler elde edilmiştir.

Elde edilen bilgilere göre üretimlerini İstanbul'daki atölyesinde gerçekleştiren A firmasında 5 işçi, 2 mimar, 1 inşaat mühendisi, 1 şantiye şefi ve 2 yönetici olmak üzere toplamda 11 kişi çalışmaktadır (**Tablo 5.1**). Bunun yanı sıra firma projeye bağlı olarak işçi sayısını kısa süreli artırabilmektedir.

Tablo 5.1: A firması çalışan sayıları

Yönetici	2
Mimar	2
Mühendis	1
Şantiye Şefi	1
İşçi	5

Vaka çalışmasında incelenecek olan CVZ101 eviyle ilgili operasyonel ve teknik bilgiler ise alt başlık olarak paylaşılmaktadır.

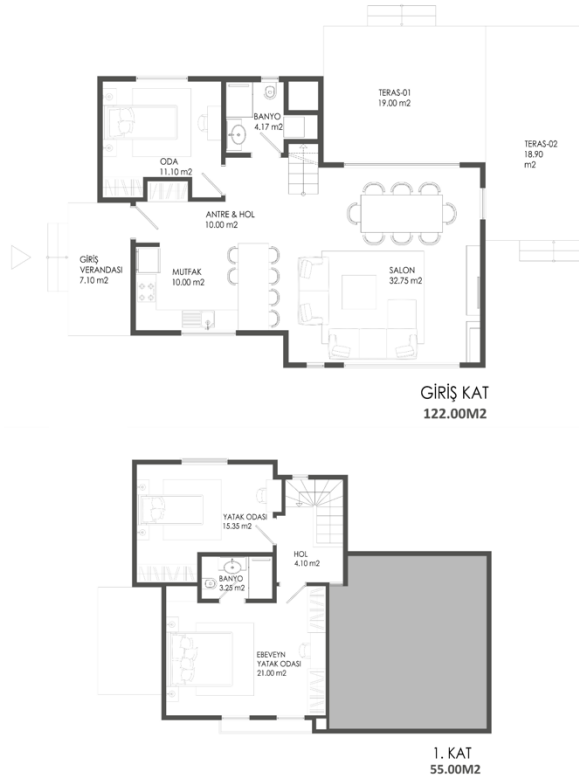
5.1.2.1. CVZ101 Evi

CVZ101 evi firmanın hazır konsept modellerinden birisinin müşterinin talepleri doğrultusunda revize edilmesiyle oluşturulmuştur (**Şekil 5.1**). Zemin ve birinci kattan oluşan 2 katlı ahşap ev, toplamda 130 m²'lik bir kapalı alana sahiptir. Zemin katta giriş verandası, antre, mutfak, yatak odası, banyo, salon ve teras bulunmaktadır. Birinci katta ise ebeveyn yatak odası, ebeveyn banyosu, yatak odası ve

hol yer almaktadır. CVZ101 evinin mimari tasarım projesindeki kat planları Şekil 5.2’de gösterilmektedir.



Şekil 5.1: Üstte konsept ev görseli, altta revize edilmiş CVZ101 evi görseli



Şekil 5.2: CVZ101 evinin kat planları

CVZ101 evinin üretimine başlanmadan önce firma ve müşteri arasında kalite standartlarını ve karşılıklı yükümlülükleri belirleyen bir şartname imzalanmıştır. Bu şartnameye göre firmaya düşen sorumlulukların başında belirlenen kalite standartlarında ve sürede ahşap konutun teslim edilmesi gelmektedir. Şartnamede yer alan kalite gereksinimleri Tablo 5.2’te gösterilmektedir.

Tablo 5.2: CVZ101 evi şartnamesinde yer alan kalite gereksinimleri

Dış Duvarlar	-Ahşap Karkas TSE yapısal 2.sınıf fırın kurusu Çam veya Ladin -Isı izolasyonu 90mm 70kg/m3 Taşyünü -10mm OSB -Nem Bariyeri -Dış cephe kaplaması TSE 2.sınıf fırın kurusu Çam Lambiri ve/veya 12mm Ladin kontraplak -Duvar içi Alçı panel
İç Duvarlar	-Ahşap Karkas TSE yapısal 2.sınıf fırın kurusu Çam veya Ladin -Duvar kaplaması Alçı panel -Islak mekanlar 1.sınıf fayans
Taban	-Su yalıtımı 3mm keçeli membran -Isı izolasyonu 40mm Taşyünü -18 mm OSB -Döşeme 1.sınıf Laminat parke -Islak zeminler 1. Sınıf seramik
Merdiven	Lamine masif Çam ve/veya kayın panel
Doğrama	4+12+4 ısı yalıtım camlı 1.sınıf Ahşap
Çatı ve Tavan	-Çatı mahya ve mertekleri TSE yapısal 2.sınıf fırın kurusu Çam veya Ladin -Isı izolasyonu 140 mm Taşyünü -11mm OSB -Su yalıtımı folyo -Çatı örtüsü 1.sınıf Shingle -Tavan kaplaması Alçı panel ve/veya Ahşap Lambiri
Standart Paket (Dahil Olanlar)	- İç ve dış kaplamaları yapılmış ve boyanmış olarak binanın ahşap karkası - Ahşap Kapı ve pencereler - Bina içi zemin kaplaması (Laminat Parke) - Giriş verandası - Elektrik, su ve kalorifer tesisatı - Tam donanımlı Banyo/WC, Lavabo, Klozet, Duş kabini ve seramikler - Çatı ve kaplaması (shingle)

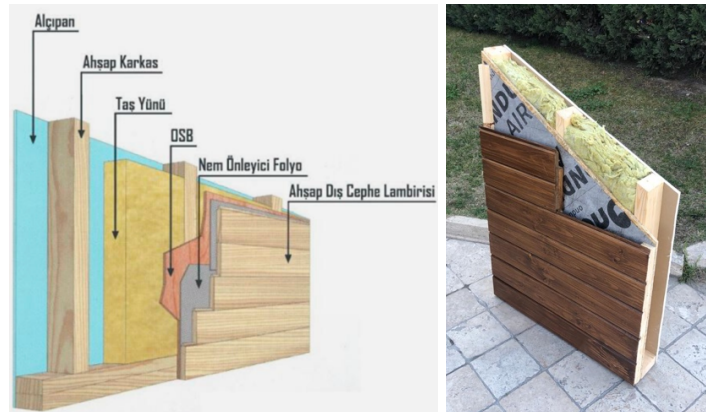
Şartnamede belirtilen kalite standartlarında malzeme ve tekniklerle üretimi yapılan CVZ101 evinde taşıyıcı sistem olarak platform ahşap çerçeve sistem kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra duvarlar, kat döşemeleri ve çatı döşemeleri ön üretimli yarı açık panel sistemiyle oluşturulmaktadır.

Hafif ahşap çerçeve taşıyıcılı yarı açık duvar panelleri inşaat alanına taşınmadan önce dış tarafında sırasıyla OSB plak, nem bariyeri ve ahşap lambri yer alacak şekilde üretilmektedir (Şekil 5.3). Bu sistemde yarı açık panellerin şantiyede montajı tamamlandıktan sonra ahşap dikmelerin arasına ısı yalıtımı olarak taş yünü yerleştirilmekte ve iç taraftan alçıpan levha ile kapatılmaktadır. Dolayısıyla yapı tamamlandığında dış duvar katmanlaşması içten dışa; alçıpan levha, ahşap dikmeler ve ısı yalıtımı, OSB kaplama, nem bariyeri ve ahşap lambri kaplama şeklinde olmaktadır (Şekil 5.4).

Bölme duvarlar ile çatı ve kat döşemesi panellerinin ön üretimi ise hafif ahşap çerçeve üzerine OSB plaka kaplama şeklinde yapılmaktadır. Bu panellerde de ısı yalıtımı ve projede belirlenen kaplamalar yerinde uygulanmaktadır.



Şekil 5.3: CVZ101 evi yarı açık duvar paneli yapısı

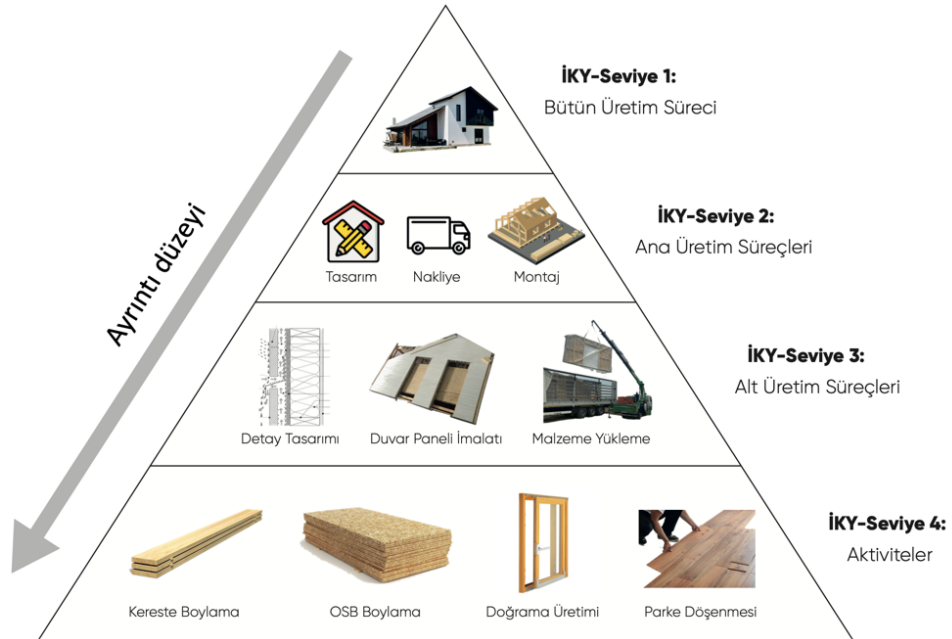


Şekil 5.4: CVZ101 evi dış duvar detayı

5.1.3. İKY'nın ve İş Akış Planının Oluşturulması

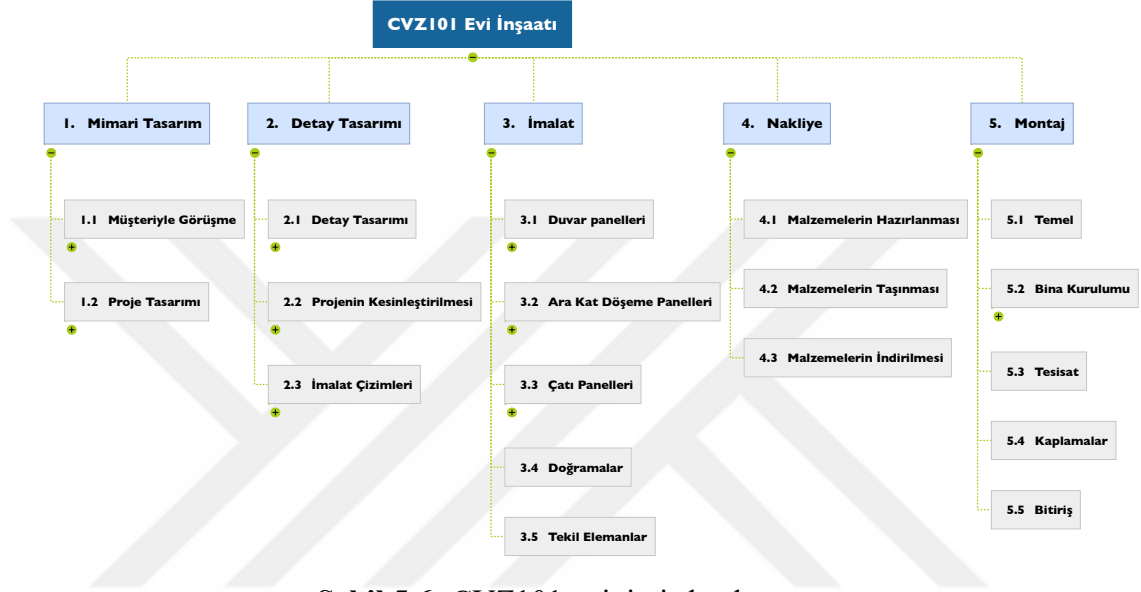
Modelin üçüncü aşaması iş kırılım yapısının ve iş akış planının oluşturulmasıdır. Vaka çalışmasında incelenen yapı için iş paketleri, ana ve alt yapım süreçleri ve detaylı iş akış planı firma tarafından hazırlanmamıştı. Bu nedenle firma yetkilileriyle görüşülüp iş paketlerinin ve üretim süreçlerinin daha alt birimlere bölünlenerek tanımlanması ve iş akış planının oluşturulması gerekmiştir.

İş kırılım yapısının oluşturulabilmesi için öncelikle İKY seviyelerinin belirlenmesi gerekmektedir. İKY uygulamalarında seviyelendirme inşaat faaliyetinin büyüklüğüne göre değişiklik göstermektedir. Araştırmanın ölçeği dikkate alınarak vaka çalışmasında iş kırılım yapısı 4 seviyeli olarak kurgulanmıştır. Ayrıca bu seviyelerdeki aşamalar “bütün üretim süreci”, “ana süreçler”, “alt süreçler” ve “aktiviteler” olarak tanımlanmıştır (Şekil 5.5). İş kırılım yapısının birinci seviyesi tüm üretim sürecini kapsamaktadır. İkinci seviyede tasarım, imalat, nakliye ve montaj gibi ana süreçler yer almaktadır. Üçüncü seviye ana süreçlerin alt süreçleri olan detay tasarımı, duvar paneli imalatı ve malzeme yükleme gibi aşamaları içermektedir. Dördüncü seviye ise alt süreçlerin içerisinde bulunan kereste boylama, doğrama üretimi ve parke döşeme gibi aktivitelerden oluşmaktadır.



Şekil 5.5: CVZ101 evinin üretimindeki İKY seviyeleri

İKY seviyelerinin tanımlanmasının ardından firmadan elde edilen veriler doğrultusunda CVZ101 evinin üretimi için iş kırılım yapısı oluşturulmuştur (Şekil 5.6). Buna göre CVZ101 evinin üretimi mimari tasarım, detay tasarımı, imalat, nakliye ve montaj olmak üzere 5 ana süreçten oluşmaktadır. Her bir ana sürecin altında ise birçok alt süreç ve aktiviteler yer almaktadır.



Şekil 5.6: CVZ101 evinin iş kırılım yapısı

İKY'nın oluşturulmasının ardından hem inşaat faaliyetlerinin yönetimi hem de sonrasında DAH tekniğiyle üretim süreçlerinin incelenebilmesi için ideal üretim sürelerine dayalı bir iş akış planının oluşturulması gerekmektedir. Bu sayede süreçlerdeki değer katan faaliyetler (DKF) de tanımlanmış olmaktadır.

CVZ101 evinin üretim süreciyle ilgili ideal bir iş akış planı oluşturabilmek için her bir inşaat aktivitesinin firmanın üretim kapasitesi doğrultusunda ortalama tamamlanma süreleri belirlenmiştir. Aktivitelerin ortalama tamamlanma süreleri istasyondaki iş gücüyle $1m^2$ ürünün imal edilme süresi hesaplanarak ortaya çıkarılmıştır. Örneğin, firmanın duvar paneli üretim istasyonunda aynı anda 3 işçi çalışmaktadır ve normal koşullarda $10,8 m^2$ 'lik bir duvar paneli yaklaşık 160 dakikada imal edilmektedir (Tablo 5.3). Buradan hareketle duvar panellerinin üretimi için hedeflenen metrekare üretim süresi 15 dakika olarak belirlenmiştir.

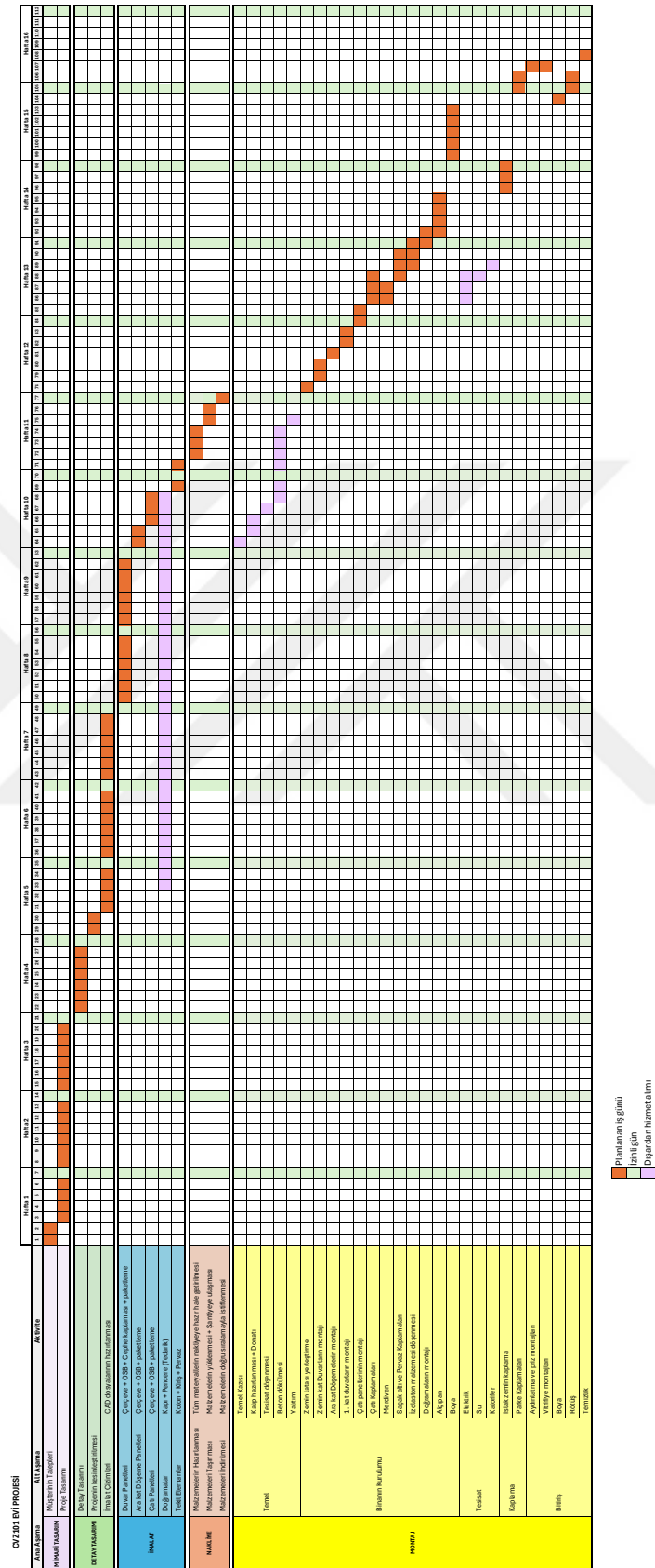
Tablo 5.3: Duvar paneli üretim istasyonundaki iş gücü ve metrekare üretim süresi

Duvar paneli alanı: 10,8 m²

	İşçi	dk
Boylama	1	30
Karkas Montajı	2	40
OSB montajı	2	20
Nem bariyeri montajı	2	15
Çıtalama	2	15
Lambiri kaplama	2	60
	160dk	14,8 dk/m²

CVZ101 evinin tümünde toplamda 300 m² duvar paneli bulunmaktadır. Buna göre duvar paneli üretim sürecinin tamamı yaklaşık 4500 dakikalık (75 saat) bir iş gücü zamanı gerektirmektedir. Firma, işçilerin molalarını ve duvar paneli üretimi dışındaki faaliyetlerini dikkate alarak bir günde ortalama 6,5 saat süresince duvar paneli üretimi yapılabildiğini belirtmektedir. Bu hesaba göre duvar panellerinin tümünün üretilmesi 12 iş gününü bulmaktadır.

Duvar panellerinin üretim süresiyle ilgili yapılan bu hesaplamalar çatı panelleri üretimi ve parke döşemesi gibi diğer inşaat aktiviteleri için de yapılmıştır. Böylece CVZ101 evinin tüm alt ve ana üretim süreçleri için hedeflenen tamamlanma süreleri belirlenmiş ve hedeflenen iş akış planı oluşturulmuştur (**Şekil 5.7**).



5.1.4. Haritalama Düzeyine Karar Verilmesi

Ahşap konutun tüm süreçleri tanımlanıp, her biri için ideal süreler belirlendikten ve buna dayalı iş akış planı oluşturulduktan sonra mevcut durumun hangi düzeyde haritalanacağına karar verilmesi aşaması gelmektedir.

Değer akış haritalama yöntemiyle yalnızca ana süreçler düzeyinde yapılan bir inceleme, alt süreçlerde oluşan israfların nedenlerini tespit etmek noktasında yetersiz kalmaktadır. Aktiviteler düzeyindeki bir haritalama ise çok külfetli bir araştırmayı gerektirmektedir. Buradan hareketle vaka çalışmasında mevcut durum değer akış haritalamasının ana ve alt süreçler düzeyinde yapılmasına karar verilmiştir.

5.1.5. DAH Parametrelerinin Belirlenmesi

Bir üretim sürecinin değer akış haritalaması yapılırken ürünün türü ve araştırmanın düzeyine göre değer katmayan faaliyet (DKMF) tanımları ve onları ölçmek için parametreler belirlenmelidir. Endüstriyel bir ürünün üretiminde kullanılan parametrelerle müstakil ahşap bir evin inşasından kullanılacak ölçütler farklılık göstermektedir.

Vaka çalışması kapsamında incelenen ahşap konutun üretiminde tekrarlanan işlemler olmasına rağmen endüstri sektörüne nazaran seri üretim oldukça sınırlıdır. Ayrıca aylık müşteri talebi, bir ürünün günlük üretim miktarı gibi parametreler geçerli değildir. Bu tür tam otomasyona geçilmemiş üretimlerde işçilerin farklı fonksiyonlar (duvar paneli yapımı, makas giriş üretimi vs.) için çeşitli istasyonları dolaştıkları bir süreç işlemektedir (Yu vd., 2013).

Buradan hareketle ana ve alt süreçler düzeyinde incelenecek olan CVZ101 evinin mevcut durum değer akış haritalamasında kullanılacak parametreler; alt süreçler/aktiviteler (a), işçi sayıları (i), hedeflenen işlem süresi (Hs), gerçekleşen işlem süresi (Gs) ve hedeflenen tamamlanma süresinden sapma oranı (HSS) olarak belirlenmiştir (**Tablo 5.4**).

Tablo 5.4: Ana süreç düzeyi mevcut durum DAH parametreleri

CVZ101 Evi DAH Parametreleri

<i>i</i>	İşçi sayısı
<i>a</i>	Alt süreçler / Aktiviteler
<i>Hs</i>	Hedeflenen işlem süresi
<i>Gs</i>	Gerçekleşen işlem süresi
<i>HSS</i>	Hedeflenen tamamlanma süresinden sapma oranı

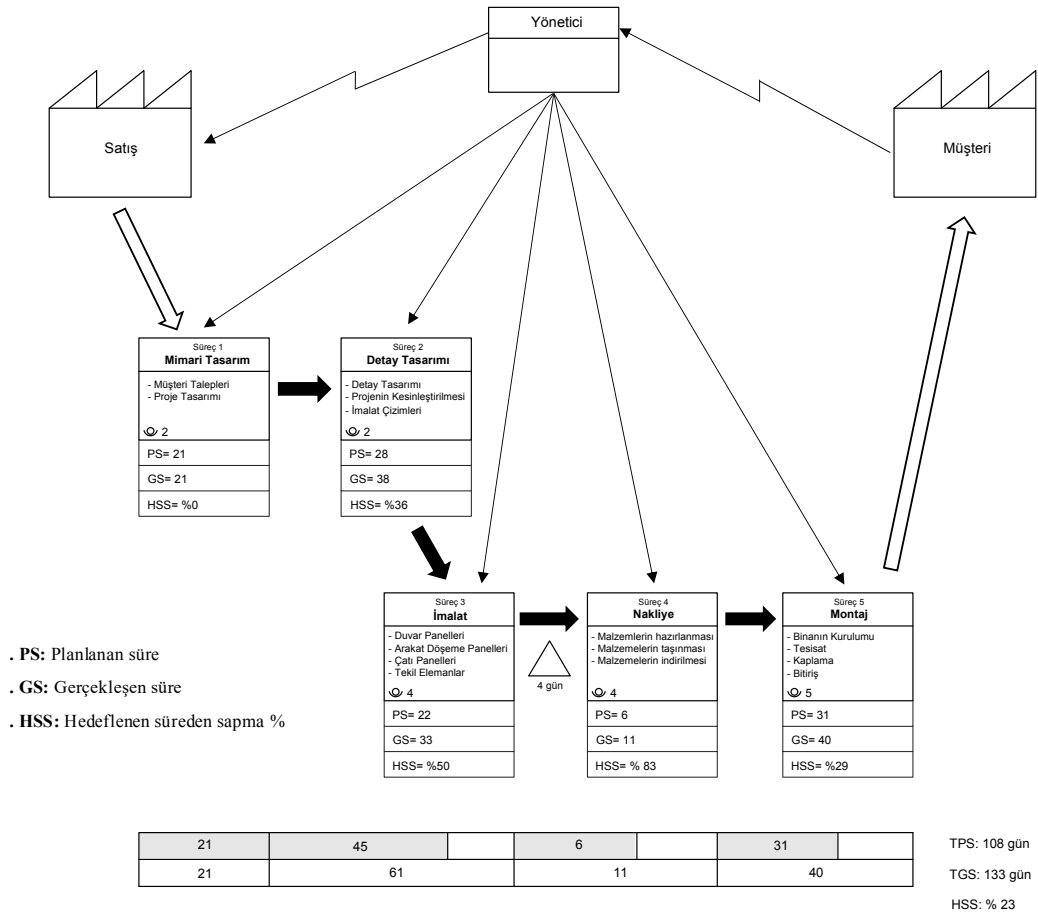
5.1.6. Gözlem ve Raporlama

Mevcut durum değer akış haritasının oluşturulması amacıyla gözlem ve raporlamanın yapıldığı bu aşamada firmanın üretim süreçleri takip edilmiştir. CVZ101 evinin üretim süreçlerinde meydana gelen süreç israfları; belirlenen performans ölçütlerinin yanı sıra yer aldıkları üretim süreçleri, nedenleri ve etkileri gibi birçok yönüyle ‘A3 israf tespit çizelgelerine’(Ek-A) işlenerek kayıt altına alınmıştır. Böylece üretim sürecinde oluşan verimsizliklerin kök-neden analizlerinin yapılabilmesine ve iyileştirme önerilerinin geliştirilmesine olanak sağlayacak veriler de elde edilmiştir (Ek-C).

Ahşap konutun üretimi boyunca elde edilen tüm veriler daha sonra -mevcut durum değer akış haritası çıkarılmasına yardımcı olması amacıyla- gannt şemasına işlenerek *gerçekleşen iş akışı* tablosu oluşturulmuştur (Şekil 5.8).

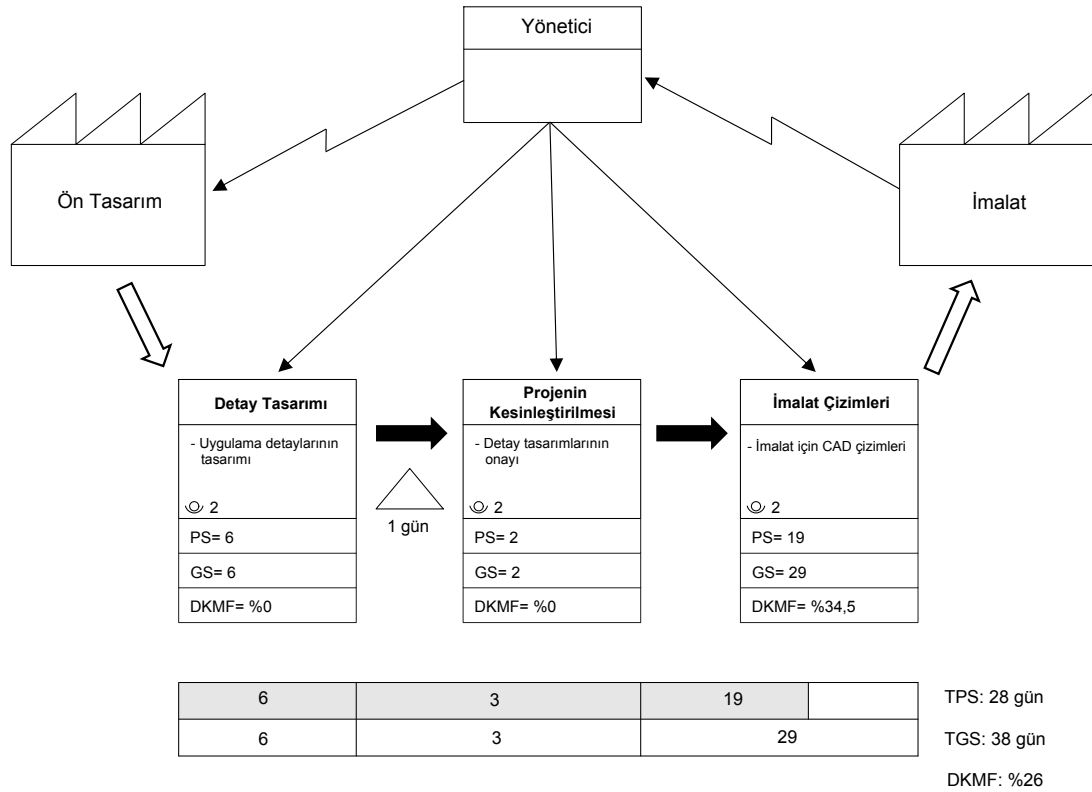
5.1.7. Mevcut Durum DAH'nın Oluşturulması

Mevcut durum değer akış haritası çıkarmak için gerekli olan tüm veriler toplandıktan sonra CVZ101 evinin ana ve alt süreçler düzeyindeki mevcut durum DAH'sı oluşturulmuştur. Ana süreçler düzeyindeki değer akış haritası **Şekil 5.9**'da gösterilmektedir. CVZ101 evinin mevcut durum değer akış haritasına bakıldığında her bir ana süreçte ve toplamda değer katmayan faaliyetlerin oluşturduğu zaman kayıpları anlaşılabilir. Buna göre konut inşaatının tamamında toplamda % 23 oranında hedeflenen süreden sapma (HSS) tespit edilmiştir. Ana süreçler bağlamında ise detay tasarımı sürecinde % 36, imalat sürecinde % 50, nakliye sürecinde % 83 ve montaj sürecinde % 29 oranında HSS bulunmaktadır. Bununla beraber detay tasarımı sürecinin uzaması nedeniyle iş planında olmadığı halde imalat sürecinin detay tasarımı bitmeden başladığı görülmektedir. Mimari tasarım sürecinde ise herhangi bir süreç israfı gözlenmemektedir.



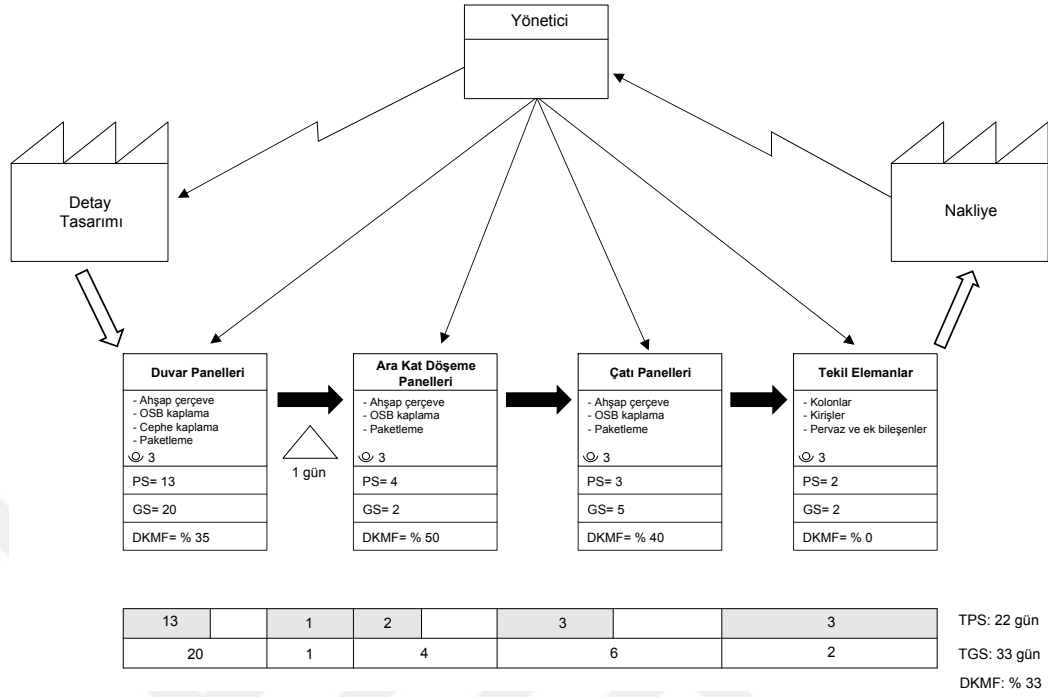
Şekil 5.9: CVZ101 evinin ana üretim süreçleri düzeyinde mevcut durum değer akış haritası

Mevcut durum değer akış haritasından görüldüğü üzere ana süreçlerin hem kendi döngüleri içinde hem de birbirleriyle olan akışlarında verimsizlikler bulunmaktadır. Evin tüm üretim sürecini gösteren bu haritalama ana süreçler arasındaki değer akışını ve zamansal kayıpları ortaya koymaktadır. Ancak, bir ana süreçte yaşanan verimsizliklerin alt süreçlerdeki hangi değer katmayan faaliyetlerden kaynaklandığı bilgisini yansıtamamaktadır. Bu nedenle her bir ana sürecin ayrı ayrı kendi içindeki mevcut durum değer akış haritalaması oluşturulmuştur. Bu noktada hiçbir gecikmenin ve verimsizliğin tespit edilmediği ön tasarım süreci hariçte bırakılmıştır. Diğer ana süreçlerin mevcut durum değer akış haritalamaları sırasıyla Şekil 5.10, Şekil 5.11, Şekil 5.12, ve Şekil 5.13'te gösterilmektedir.



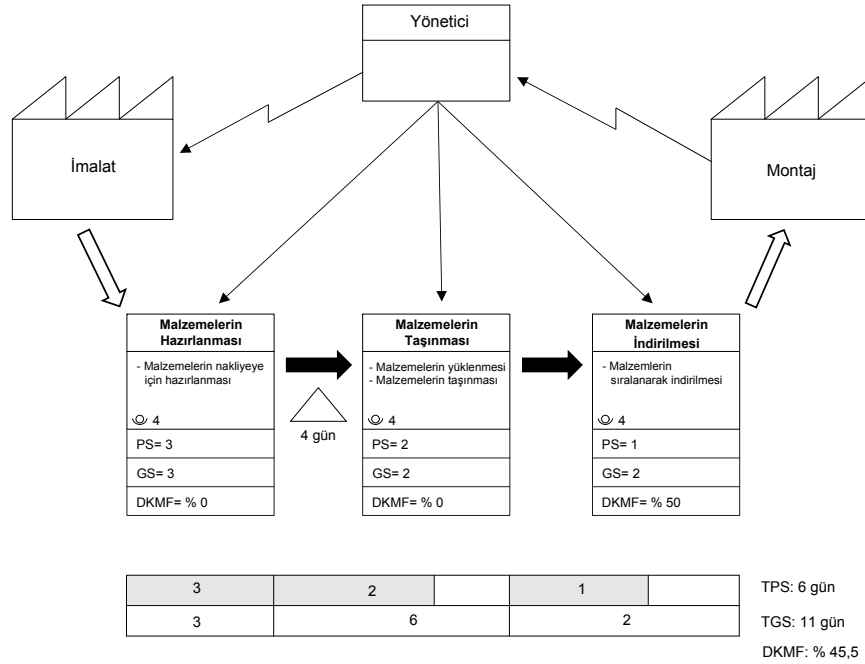
Şekil 5.10: CVZ101 evi detay tasarımı süreci mevcut durum değer akış haritası

Detay tasarımı alt süreçlerine bakıldığında detayların tasarlanması ve projelerin kesinleştirilmesi sürecinde herhangi bir verimsizlik görülmemektedir. İmalat çizimleri safhasında ise % 34,5 oranında DKMF tespit edilmiştir. Buna göre detay tasarımı ana sürecinde toplamda 10 gün ile % 26 oranında süreç israfı bulunmaktadır (Şekil 5.10).



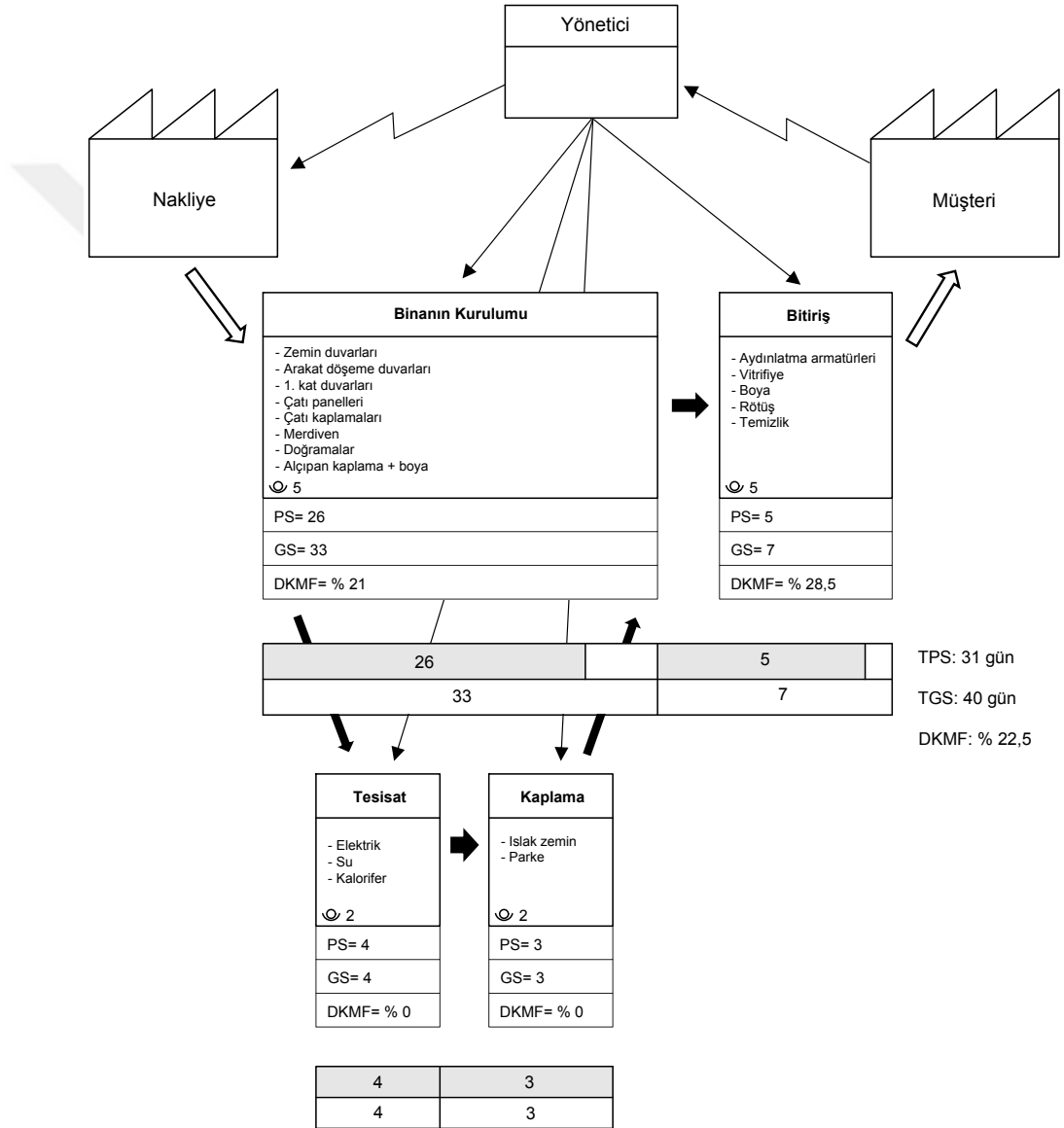
Şekil 5.11: CVZ101 evi imalat süreci mevcut durum değer akış haritası

İmalat sürecinin alt süreçlerinde tekil elemanların üretimi hariç yüksek oranlarda DKMF'lerin yaşandığı görülmektedir. Duvar panellerinin üretiminde % 35, ara kat döşeme panellerinin üretiminde % 50 ve çatı panellerinin üretiminde ise % 40 oranında DKMF tespit edilmiştir. Buna göre imalat ana sürecinde toplam 11 gün ile %33 oranında DKMF bulunmaktadır (Şekil 5.11).



Şekil 5.12: CVZ101 evi nakliye süreci mevcut durum değer akış haritası

Nakliye sürecinde malzemelerin hazırlanması alt aşamasında herhangi bir kayıp yaşanmazken, malzemelerin taşınmasından önce 4 günlük planlanmada olmayan bir bekleme durumu oluşmuştur. Malzemelerin taşınması aşaması hedeflendiği gibi gerçekleşirken, malzemelerin indirilmesinde % 50 oranında DKMF olduğu görülüyor. Böylece tüm nakliye sürecinde toplamda 5 gün ile % 45,5 oranında bir zamansal kayıp olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 5.12).



Şekil 5.13: CVZ101 evi montaj süreci mevcut durum değer akış haritası

Montaj aşamasında dışarıdan hizmet alımı yapılan temel inşaatının başlaması geciktiği halde başladıktan sonraki süreç planlandığı gibi gerçekleşmiştir. Bunun yanı sıra tesisat döşemesi ile kaplama faaliyetleri de zamanında bitirilmiştir. Ancak, binanın

kurulumunda % 21 ve bitiriş işlemlerinde % 28,5 oranında DKMF olduğu gözlemlenmektedir. Buna göre montaj sürecinde toplamda 9 gün ile % 22,5 oranında DKMF bulunmaktadır (**Şekil 5.13**).

Mevcut durum değer akış haritalaması için kullanılan ölçütler sayesinde CVZ101 evinin üretim süreçlerinin hangi aşamasında hangi oranda ve sürede kayıplar olduğu tespit edilmiştir. Böylelikle verimsizliklerin süreçler bağlamındaki durumu ve zaman kayıplarına yönelik etkileriyle ilgili genel resim ortaya çıkarılmıştır.

Mevcut durum değer akış haritalarının hazırlandığı ve üretim süreçlerinde oluşan verimsizliklerin tespit edildiği bu aşamanın ardından mevcut durum DAH'nın analizi safhası gelmektedir.

5.1.8. Mevcut Durum DAH'nın Analizi

Vaka çalışması kapsamında ahşap konutun üretim süreçleri yalın inşaat yaklaşımının DAH tekniğiyle ele alınmış ve mevcut durum değer akış haritaları oluşturulmuştur. Bu sayede süreçlerdeki değer akışı ile meydana gelen zaman kayıpları ortaya çıkarılmıştır. Bununla beraber süreçlerde verimsizliğe yol açan değer katmayan faaliyetler; zamanları, nedenleri ve etkileriyle birlikte raporlanarak kayıt altına alınmıştır. Bu bölümde ortaya çıkarılan mevcut durum değer akış haritalarının analizi yapılacaktır.

Mevcut durum değer akış haritalamaları sonucunda tüm alt ve ana süreçlerdeki DKMF oranları ortaya çıkarılmıştır (**Tablo 5.5**). Buna göre ana süreçlerde oran olarak en fazla kayıp nakliye sürecinde (% 45,5), gün olarak en fazla gecikme imalat sürecinde (11 gün) gerçekleşmiştir. Mimari tasarım sürecinde ise hedeflenen süreden herhangi bir sapma yaşanmamıştır. Alt süreçlerde en fazla israf; oran bazında % 50 ile malzemelerin indirilmesi ve ara kat döşeme panellerinin imalatında gerçekleşirken, zaman olarak 7 gün ile binanın kurulumu aşamasında yaşanmıştır. Tüm süreçte bakıldığında ise toplamda 25 gün hedeflenen süreden sapılmasına rağmen 35 iş günü zamanı DKMF tespit edilmiştir. Bu nedenle toplam DKMF oranı % 26,3 olmaktadır.

Tablo 5.5: CVZ101 evi ana ve alt süreçlerdeki israf oranları

MİMARİ TASARIM	%0	0%	Müşterinin Talepleri
		0%	Proje Tasarımı
DETAY TASARIMI	%26	0%	Detay Tasarımı
		0%	Projenin kesinleştirilmesi
		34,5%	İmalat Çizimleri
İMALAT	%33	35%	Duvar Panelleri
		50%	Ara kat Döşeme Panelleri
		40%	Çatı Panelleri
		0%	Doğramalar
		0%	Tekil Elemanlar
NAKLİYE	%45,5	0%	Malzemelerin Hazırlanması
		0%	Malzemeleri Taşınması
		50%	Malzemelerin İndirilmesi
MONTAJ	% 22,5	21%	Binanın Kurulumu
		0%	Tesisat
		0%	Kaplama
		28,5%	Bitiriş
Üretimin tamamında		% 26,3	

Tablo 5.5'te görüldüğü üzere DKMF'lerin oluşturduğu zaman israflarının hangi aşamalarda ve hangi oranlarda yaşandığı tespit edilmiştir. Ancak israfların temel nedenlerinin belirlenebilmesi için başka araçlar gerekmektedir. Modelin bir sonraki adımında bunun için 5-Neden tekniğiyle israfların kök neden analizinin yapılması yer almaktadır.

5.1.9. İsrafların Kök Neden Analizlerinin Yapılması

Vaka çalışmasında verimsizliklerin kök nedenlerinin bulunabilmesi için tüm üretim süreci boyunca toplanan veriler firmadaki kilit rollerdeki uzmanlardan oluşan bir ekip ile beraber 5-Neden tekniğiyle değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme için 'kök-neden analiz çizelgesi' (Ek-B) kullanılmıştır. Böylece sorunların kök nedenleri ortaya çıkarılmıştır (**Tablo 5.6**).

Tablo 5.6: CVZ101 evi üretimindeki israfların kök neden analizi

Üretim Hattı		İsraf	Yalın İsraf Kategorisi	5 Neden					Neden 5 (Kök-Neden)
Aktivite Kodu	Süreç			Neden 1	Neden 2	Neden 3	Neden 4		
2.3	İmalat çizimleri (S3)	İmalat çizimleri % 61 oranında hedeflenen süreden geç tamamlandı	Bekleme	İmalat çizim faaliyetinin 6 gün boyunca durdurulmak zorunda kalması	Çizimleri yapan personelin sakatlanması ve yerine başka personel bulunmaması	Personel yeterliliği	-	Personel yeterliliği	
	Bekleme		İmalat sürecinin ara ara sürdürülmesi	İmalat çizimlerinin eksik olması	İmalat çizimleri tamamlanmadan imalat sürecinin başlaması	İmalat çizimleri sürecinin hedeflenen süreden çok sarması	Personel yeterliliği		
3.1	Duvar Panelleri İmalatı (S3)	Duvar panellerinin imalatı % 54 oranında hedeflenen süreden geç tamamlandı	Bekleme	Malzemelerin önceden hazırlanmaması	İşçilerin önceli süreçlerdeki tamamlanmayan işlerle uğraşması	Önceki süreçlerdeki işlerin uzaması	İlgili personelin sakatlanması ve yerine başka personel bulunmaması	Personel yeterliliği Firma içi organizasyon eksikliği	
3.2	Ara kat Döşeme Panelleri İmalatı (S3)	Ara kat döşeme panelleri imalatı % 50 oranında hedeflenen süreden geç tamamlandı	Hareket	İşçilerin yeterli donanımda olmaması	İşçilerin deneyim eksikliği	İşçilere üretilen ürüne ilgili ön eğitim verilmemiş olması	Sipariş alındıktan sonra işçilerin istihdam edilmesi ve eğitim için yeterli süre olmaması	Personel yeterliliği Firma içi organizasyon eksikliği Eğitim eksikliği	
3.3	Çatı Panelleri İmalatı (S3)	Çatı panelleri imalatı % 66 oranında hedeflenen süreden geç tamamlandı	Bekleme	Malzemelerin önceden hazırlanmaması	İşçilerin önceli süreçlerdeki tamamlanmayan işlerle uğraşması	Önceki süreçlerdeki işlerin uzaması	İlgili personelin sakatlanması ve yerine başka personel bulunmaması	Personel yeterliliği Firma içi organizasyon eksikliği	
			Hareket	İşçilerin yeterli donanımda olmaması	İşçilerin deneyim eksikliği	İşçilere üretilen ürüne ilgili ön eğitim verilmiş olması	Sipariş alındıktan sonra işçilerin istihdam edilmesi ve eğitim için yeterli süre olmaması	Planlama eksikliği Firma içi organizasyon eksikliği Eğitim eksikliği	
			Kusur	Hatalı üretim	İmalat çizimlerinde hata olması	Detay tasarımından sorumlu personelin fazla iş yükü olması nedeniyle hata yapması	Firmanın fazla personel istihdam maliyetlerini karşılamak istememesi	Personel yeterliliği Firma içi organizasyon eksikliği	
						BIM programı kullanmay bilen personelin bulunmaması	BIM programı kullanmay bilen personelin bulunmaması	Personel yeterliliği	
4.1	Malzemelerin Hazırlanması (S3)	Malzemelerin yüklenmesinden önce 3 gün beklendi	Bekleme	Montaj için sahının hazır olmaması	Betonarme temel inşaatının geç tamamlanması	Tedarikçinin taahhüdüne uyumaması	-	Tedarikçinin taahhüdüne uyumaması	
4.3	Malzemelerin İndirilmesi (S3)	Malzemelerin indirilmesi %100 oranında hedeflenen süreden geç tamamlandı	Nakliye	Malzemelerin montaj sırasına uygun şekilde sahada istiflenmesi için ek taşımalar gerekmesi	Malzemelerin doğru sırayla yüklenmesinin yapılamaması	Montaj sürecine göre malzeme yükleme planlamasının yapılamaması	Planlama eksikliği	Planlama eksikliği	
5.2	Binanın Kurulumu (S3)	Binanın kurulumu % 27 oranında hedeflenen süreden geç tamamlandı	Kusur	Zemin katlarının yerleştirilmesinin 1 gün uzaması	Betonarme temel çok bozuk yapılması	Tedarikçinin taahhüdüne uyumaması	Tedarikçinin taahhüdüne uyumaması	Tedarikçinin taahhüdüne uyumaması	
			Bekleme	Zemin kat duvarlarının montaj süresi 1 gün uzadı	Duvarlar vinçsiz yerine monte edilmeye başlandı	Vinç yanın gün geç geldi	Tedarikçinin taahhüdüne uyumaması	Tedarikçinin taahhüdüne uyumaması	
			Bekleme	Ara kat döşemelerinin montaj süresi 1 gün uzadı	Ön imalat eksikliği (yerinde üretim ihtiyacı)	Üretimi unutulmuş parçaların olması	Kontrol eksikliği	Kontrol eksikliği	
			Kusur	Çatı panellerinin montaj süresi 1 gün uzadı	Montaj planlarından uzun sürdü	Montajı kolay olmayan tasarım	Tasarımın elverişsizliği	Tasarım	
			Kusur	Merdinin montaj süresi 1 gün uzadı	Ön imalat eksikliği (yerinde üretim ihtiyacı)	deyay tasarımı eksikliği	deyay tasarımından sorumlu personelin fazla iş yükü olması	Personel yeterliliği	
5.5	Bitirici (S3)	Bitirici aşaması % 41 oranında hedeflenen süreden geç tamamlandı	Kusur	Saçak altı ve pervaz kaplamalarının montajı 2 gün uzadı	Ürünlerin şantiyede yeniden üretilmesi	Tasarımın uygun olmaması	-	Tasarım uygun olmaması	
			Kusur	Binanın boyalı işleri 1 gün uzadı	Montaj sürecinde öngörülen fazla boyalı alanı çıkması	Planlama hatası	-	Planlama hatası	
			Kusur	Binanın son rötuş işleri 2 gün uzadı	Montaj sürecinde öngörülen fazla rötuş çıkması	Planlama hatası	-	Planlama hatası	

Vaka çalışması kapsamında yapılan analizlere göre, incelenen ahşap konutun üretim süreçlerinde farklı seviyelerde, süreçlerde ve kategorilerde israflar yaşanmıştır. Ayrıca israflar farklı kök nedenler sebebiyle ortaya çıkmıştır. Bu nedenle mevcut durum analizinde israflar; kök-nedenlerine, seviyelerine, süreçlerine ve kategorilerine göre ayrı ayrı ele alınacaktır.

Firmanın ahşap konut üretimindeki israflar süreçler bazında değerlendirilecek olursa; ahşap konutun üretim hattı toplamda 5 ana süreç ve 18 alt aşamadan oluşmaktadır. İş akışında ilk istasyon olan mimari tasarım ana sürecinde herhangi bir süreç israfı tespit edilmemiştir. Ardından gelen detay tasarımı ana sürecinde ise 10 gün ile % 36 oranında hedeflenen süreden sapma gözlemlenmiştir.

Detay tasarımı ana süreci; detay tasarımı, projenin kesinleştirilmesi ve imalat çizimleri olmak üzere üç alt aşamadan oluşmaktadır. Bunlardan ilk iki aşama planlandığı gibi tamamlanmış olmasına rağmen imalat çizimlerinin hazırlanması aşamasında 10 gün ile % 34,5 oranında DKMF tespit edilmiştir. Burada ortaya çıkan verimsizliğin temelinde çizimlerden sorumlu personelin sakatlanması ve firmada yerine herhangi bir personelin bulunmaması yatmaktadır. Bu durum nedeniyle çizim faaliyetleri 6 gün boyunca durmak zorunda kalmıştır. İmalat çizimlerin uzun süre yapılamaması hem çizimlerin kalan kısmının tamamlanma süresini hem de imalat sürecini olumsuz anlamda etkilemiştir. Öncelikle imalat sürecinin başlaması ertelenmiştir. İkincisi siparişin yetiştirilebilmesi için imalat süreci çizimler tamamıyla bitirilmeden başlamak durumunda kalmıştır. Buna ek olarak çizimlerin tamamlanabilmesi için imalat süreci ara ara durdurulmuştur. Çünkü imalat çizimleriyle ilgilenen personel aynı zamanda imalat sürecini de organize etmektedir. Dolayısıyla detay tasarımı ana sürecinde yer alan imalat çizimleri aşamasındaki israfların temel kaynağı personel eksikliğidir.

Detay tasarımı sürecinde karşılaşılan israflar kök nedenleri bağlamında incelendiğinde süreç boyunca personel yetersizliği nedeniyle 10 günlük DKMF olduğu görülmektedir. Detay tasarımı sürecinde oluşan DKMF ile kök-nedenlerinin ilişkisi Tablo 5.7’de gösterilmektedir.

Tablo 5.7: Detay tasarımı sürecinde DKMF ve kök-neden ilişkisi

Kök-Neden	DKMF süresi	
	Gün	Oran
Personel yetersizliği	10	% 26
Toplam:	10	% 26

Üretim hattının bir sonraki adımı imalat sürecidir. İmalat süreci, % 50 oranında hedeflenen süreden sapma ve 11 günlük DKMF ile en fazla israfın tespit edildiği süreçtir. İmalat sürecinin diğer ana süreçlere nazaran daha verimsiz olmasının

altındaki en etkili neden detay tasarımı sürecinin fazla gecikmesi ve bu sebeple imalatın çizimler tamamlanmadan başlamasıdır. Bu durum, çizimlerin tamamlanması adına imalat sürecinin belirli aralıklarla durdurulmasına yol açmıştır. Ayrıca çizimler acele ile çizildiği için bazı hatalara ve yeniden yapımlara sebebiyet vermiştir. Dolayısıyla imalat sürecindeki israfların büyük bir kısmı detay tasarımı süreci kaynaklıdır.

İmalat sürecinde yaşanan israfların diğer temel nedenleri ise personel istihdamı eksikliği, işçilerin yeterli donanımda olmaması ve BIM destekli bilgisayar programlarının kullanılmamasıdır. Firmada imalat çizimlerini yapabilen sadece bir çalışan bulunması ve onun sakatlanması sonucunda sürecin 6 gün boyunca durması çalışan sayısının yeterli olmadığını ortaya koymaktadır. Bunun yanı sıra imalat çizimlerinde BIM tabanlı bilgisayar programlarının kullanılmaması çizimlerde insan kaynaklı hataların oluşmasına ve süreçlerin yavaş ilerlemesine neden olabilmektedir. İşçilerin mevcut üretim hattıyla ilgili yeterli deneyime sahip olmaması da hata oluşumuna ve süreçlerin planlanandan daha uzun sürmesine yol açabilmektedir.

İmalat sürecinde görülen israflara kök nedenleri bağlamında bakılacak olursa; personel yetersizliği nedeniyle 5 gün, işçilerin yeterli deneyimde olmaması nedeniyle 3 gün ve planlama eksikliği nedeniyle 3 gün DKMF tespit edilmiştir. İmalat sürecinde oluşan DKMF zamanı ile kök-nedenlerinin ilişkisi Tablo 5.8’de gösterilmektedir.

Tablo 5.8: İmalat sürecinde DKMF ve kök-neden ilişkisi

Kök-Neden	DKMF süresi	
	Gün	Oran
Personel yetersizliği	5	% 15
İşçilerin yeterli deneyimde olmaması	3	% 9
Malzemelerin önceden ebatlanmaması (iş akış tasarımı hatası)	3	% 9
Toplam:	11	% 33

İmalatın ardından gelen nakliye süreci gelmektedir. Nakliye süreci oran bazında % 45,5 ile en fazla israfın yaşandığı süreç olarak gözükmemektedir. Ancak gün olarak ele alındığında toplamda 5 günlük bir bekleme kaybı vardır. Buradaki zaman israfının büyük çoğunluğu şantiye sahasının vaktinde hazır olmamasından kaynaklanmaktadır. Satın alma öncesi yapılan sözleşme gereği şantiye sahasının hazırlanması ve betonarme temelin inşaatı müşterinin sorumluluğundadır. Ancak

betonarme temelin inşaatı taahhüt edilen zamandan geç tamamlanmıştır. Bu sebeple malzemelerin taşınma süreci 4 gün ertelenmiştir. Dolayısıyla buradaki kaybın kök nedeni tedarikçinin taahhüdüne uymamasıdır.

Nakliye sürecinde bir sonraki aşama olan malzemelerin taşınması sırasında herhangi bir problem yaşanmamıştır. Malzemelerin indirilme aşaması ise 1 günlük fark ile hedeflenen süreden % 100 oranında daha uzun sürmüştür. İndirilme aşamasındaki bu kayıp malzemelerin nakliye aracına yüklenirken doğru sırayla yerleştirilmemesi ve bu sebeple indirme aşamasında yeniden taşımalara ve ekstra işlemlere gerek duyulmasından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla kök nedeni malzemelerin doğru bir şekilde araca yüklenmemesidir.

Nakliye sürecinde görülen israfların kök nedenleri ile yol açtıkları iş gücü zamanı kayıplarına bakılacak olursa; tedarikçinin taahhüdünde durmaması nedeniyle 4 günlük, malzemelerin doğru yüklenmemesi nedeniyle 1 günlük DKMF tespit edilmiştir. Nakliye sürecinde oluşan DKMF'lerin zamanı ile kök-nedenlerinin ilişkisi Tablo 5.9'da gösterilmektedir.

Tablo 5.9: Nakliye sürecinde DKMF ve kök-neden ilişkisi

Kök-Neden	DKMF süresi	
	Gün	Oran
Tedarikçinin taahhüdünde durmaması	4	% 36,5
Malzemelerin doğru yüklenmemesi	1	% 9
Toplam:	5	% 45,5

Üretim hattının son safhası ise montaj sürecidir. Montaj sürecinde toplamda 9 gün ile % 22,5 oranında değer katmayan faaliyetler tespit edilmiştir. Montaj ana süreci; binanın kurulumu, tesisat döşenmesi, kaplamaların yapılması ve bitiriş işlemlerinden oluşmaktadır. Montaj ana sürecinde DKMF'in tespit edildiği süreçler % 21 ile bina kurulumu ve % 28,5 ile bitiriş aşamasıdır. Tesisatın döşenmesi ve kaplamaların yapılması aşamalarında herhangi bir süreç israfı tespit edilmemiştir.

Bina kurulumu aşaması zemine ahşap lataların yerleştirilmesiyle başlamaktadır. Bu aktivite tedarikçinin tarafından hazırlanan betonarme temelin aşırı bozuk yapılması nedeniyle planlanandan 1 gün daha geç tamamlanmıştır. Ardından gelen zemin kat duvar panellerinin montajı sırasında vinç operatörü şantiye yarım gün geç geldiği için duvar panelleri vinç olmadan yerine yerleştirilmeye başlamıştır. Bu

sebeple bu aktivite boyunca toplam 1 günlük DKMF yaşanmıştır. Ara kat döşeme panellerinin montajında ön imalat eksikliği tespit edilmiştir. Üretimi unutulmuş döşeme panelleri şantiye sahasında üretilmiştir. Bu nedenle ara kat döşeme panellerinin montajı aktivitesinde 1 günlük israf meydana gelmiştir. Çatı panellerinin montajı sırasında tasarımın montaja elverişli olmaması nedeniyle 1 günlük DKMF oluşmasına yol açmıştır. Merdiven montajı aktivitesinde de 1 günlük süreç israfı tespit edilmiştir. Buradaki DKMF merdivenin önceden imal edilmeyip yerinde üretilmesi ve detay tasarımı eksikliğinden kaynaklanmaktadır.

Montaj sürecinin son fazı ise bitiriş aşamasıdır. Bitiriş aşamasında tespit edilen süreç israfları 1 gün ile boya işlerinde ve 2 gün ile rötüş aktivitesinde yaşanmıştır. Her iki aktivitedeki israflar montaj sürecinde öngörülenden fazla iş miktarının ortaya çıkmasından oluşmuştur. Dolayısıyla bu DKMF'in kök-nedeni planlama eksikliğidir.

Montaj sürecinde görülen israflara kök nedenleri üzerinden bakılacak olursa; tedarikçinin taahhüdünde durmaması nedeniyle 2 gün, kontrol eksikliği nedeniyle 1 gün, istihdam eksikliği nedeniyle 1 gün, tasarımın uygun olmaması nedeniyle 1 gün ve planlama hatası nedeniyle 4 gün DKMF zamanı tespit edilmiştir. Montaj sürecinde oluşan DKMF süresi ile kök-nedenlerinin ilişkisi Tablo 5.10'da gösterilmektedir.

Tablo 5.10: Montaj sürecinde DKMF ve kök-neden ilişkisi

Kök-Neden	DKMF süresi	
	Gün	Oran
Tedarikçinin taahhüdünde durmaması	2	% 5
Kontrol eksikliği	1	% 2,5
Personel yetersizliği	1	% 2,5
Mimari tasarımın uygun olmaması	1	% 2,5
İş planlama hatası	4	% 10
Toplam:	9	% 22,5

Vaka çalışmasında ele alınan CVZ101 evinin tüm üretim hattında oluşan DKMF'lerin süreleri ve kök nedenleri arasındaki ilişki Tablo 5.11 ve Tablo 5.12'de gösterilmektedir. Buna göre ahşap konutun tüm yapım süreçlerinde en fazla israfa yol açan kök neden % 45,7 ile personel yetersizliğidir. Daha sonra % 17,1 ile dışardan alınan hizmetlerde tedarikçilerin taahhütlerinde durmamasıdır. Ardından % 11,4 ile planlama hatalarıdır.

Tablo 5.11: CVZ101 evinin üretiminde israfa yol açan kök-nedenlerin oransal dağılımı

Kök-Neden	DKMF süresi	
	Gün	Oran
Personel yetersizliği	16	% 12
Tedarikçinin taahhüdünde durmaması	6	% 16,8
İş planlama hatası	4	% 11
İş akış tasarımı hatası	3	% 8,4
İşçilerin yeterli deneyimde olmaması	3	% 2,3
Tasarımın uygun olmaması	1	% 0,8
Kontrol eksikliği	1	% 0,8
Malzemelerin doğru yüklenmemesi	1	% 0,8
Toplam:	35	%26,3

Tablo 5.12: CVZ101 evinin üretiminde israfa yol açan kök-nedenlerin kendi aralarındaki oransal dağılımı

Kök-Neden	DKMF süresi	
	Gün	Oran
Personel yetersizliği	16	% 45,7
Tedarikçinin taahhüdünde durmaması	6	% 17,1
İş planlama hatası	4	% 11,4
İş akış tasarımı hatası	3	% 8,6
İşçilerin yeterli deneyimde olmaması	3	% 8,6
Mimari tasarımın uygun olmaması	1	% 2,8
Kontrol eksikliği	1	% 2,8
Malzemelerin doğru yüklenmemesi	1	% 2,8
Toplam:	35	%100

Mevcut durum analizi kapsamında CVZ101 evinin üretiminde oluşan süreç atıkları ayrıca yalın israf kategorileri bağlamında da ele alınmıştır. Üretim süreçlerinde oluşan DKMF süreleri yalın israf kategorilerine göre dağılımı Tablo 5.13'te aktarılmaktadır. Buna göre oluşan kayıpların % 66,7'si bekleme kategorisinde gerçekleşmiştir. İsrafların % 25'i de kusur/hata başlığı altında oluşmuştur. DKMF'lerin % 5'5'i ise çalışanların verimsiz hareketlerinden kaynaklanmaktadır. Son olarak nakliye ile ilgili israflar % 1 oranında tespit edilmiştir. Vaka çalışmasında diğer yalın israf kategorilerinde bir faaliyet gözlemlenmemiştir.

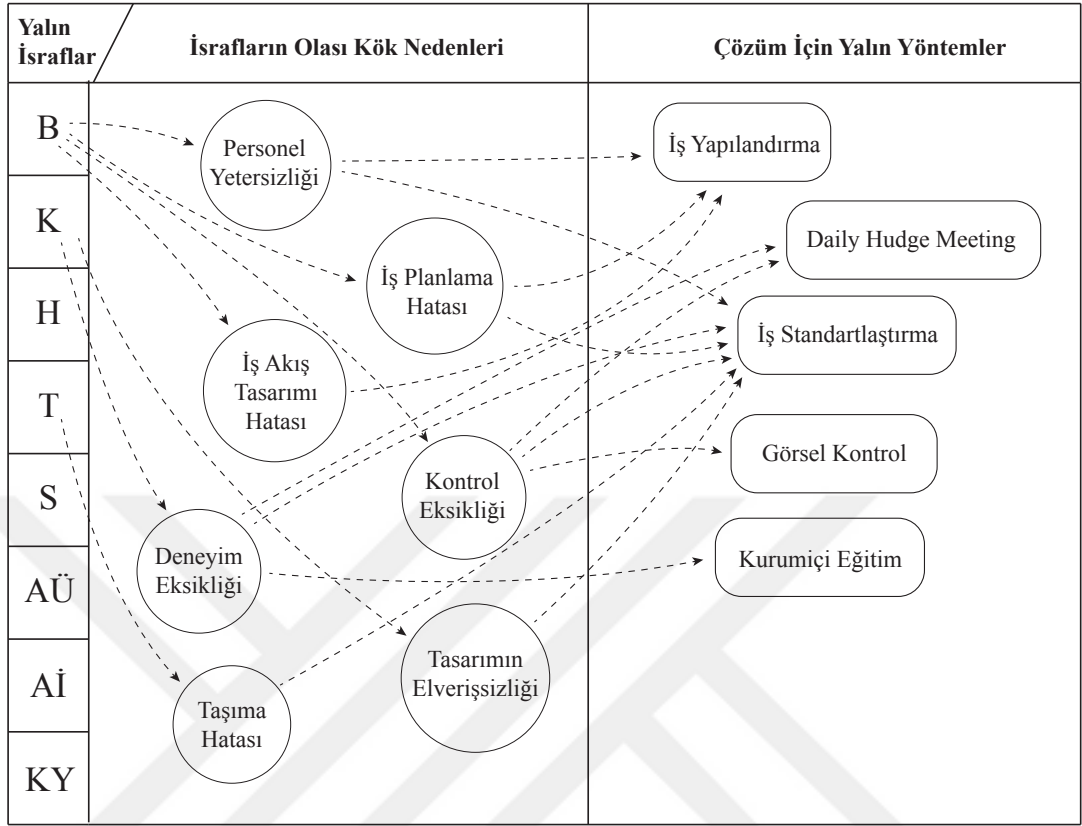
Tablo 5.13: DKMF sürelerinin yalın israf kategorilerine göre dağılımı

Yalın İsraf Kategorileri	DKMF süresi	
	Gün	Oran
Bekleme	23	% 65,7
Kusur	9	% 25,7
Hareket	2	% 5,7
Taşıma	1	% 2,8
Stok	-	-
Aşırı üretim	-	-
Aşırı işçilik	-	-
Kullanılmayan Yetenek	-	-
Toplam:	35	% 100

5.1.10. Süreç İyileştirme Önerilerinin Belirlenmesi

Mevcut durum analizi sonucunda CVZ101 evinin üretim süreçlerindeki israflar, kaynakları, ortaya çıktıkları süreçler, etki oranları ve yalın kategorileri belirlenmiştir. Bu bölümde mevcut durum analizinde elde edilen veriler ışığında firmanın yapım süreçlerini iyileştirmeye yönelik öneriler yer almaktadır.

Süreç iyileştirme önerileri geliştirme aşamasında israfları analiz etmek için oluşturulan ekiple beyin fırtınası yapmak adına tekrar toplanılmıştır. Bu aşamada değer katmayan her bir faaliyetin giderilmesi veya en aza indirilmesi için modelde yer alan çerçeve doğrultusunda yalın inşaat yöntemleri ile iyileştirme önerileri belirlenmiştir (Şekil 5.14).



B: bekleme, K: kusur, H: hareket, T: taşıma, S: stok, A : aşırı  retim, A : aşırı işlem, KY: kullanılmayan yetenek

Şekil 5.14: CVZ101 evinin yapım süreçlerindeki isratlar, kök nedenler ve yalın iyileştirme yöntemleri ilişkisi

İsraf analizlerine göre CVZ101 evinin yapım süreçlerinde en çok israfı yol açan kök neden personel yetersizliği ana başlığıyla ifade edilmektedir. Ancak, yapım süreçlerinde oluşan değer katmayan faaliyetler göz önüne alındığında personel yetersizliğinin ardında iş yükü dağılımlarının doğru yapılmaması olduğu görülmektedir. Firmanın ahşap konut yapım faaliyetlerinde birçok kritik işin bir kişinin sorumluluğunda olması ve o kişinin yeterliliğinde firmada başka personelin bulunmaması, ilgili personelin çalışamaz duruma gelmesi halinde işlerin durmasına yol açmıştır. Bu durumun çözümü için firmanın iş yapılandırmasını işlerin sakatlık, hastalık vb. durumlarda aksamayacak şekilde revize etmesi önerilmektedir. Yenilenen iş yapılandırmasında iş paketlerinin, sorumlu kişilerin ve görevlerinin bu durumu dikkate alarak belirlenmesi süreçlerde oluşacak isratları en aza indirmeye yardımcı olacak bir adımdır.

Yapım süreçlerinde israfa yol açan ikinci önemli temel neden dışarıdan alınan hizmetlerde tedarikçilerin taahhüdünde durmaması olarak görülmektedir. Bu noktada firmanın yetkisi dahilinde çalışılan firmaların daha güvenilir olanlar ile değiştirilmesi çözüm olabilir. İşveren tarafından anlaşılan çalışılması zorunlu olan tedarikçiler için ise şartnamelere yaptırım uygulanmasını sağlayacak maddeler eklenebilir.

İsraf oluşumunda en fazla paya sahip olan üçüncü kök neden ise iş planlama hatalarıdır. Bu durumun oluşmasında işlerin öngörülen tamamlanma süresinin yanlış hesaplanması ana etkindir. Yapım süreçlerinin tamamlanma süreleriyle ilgili düzenli bir veri arşivi oluşturulduğu takdirde, bir sonraki üretimde daha doğru iş takvimi planlanması yapılması mümkün hale gelebilir.

İş akış tasarımının hatalı yapılması incelenen süreçte israfa yol açan bir diğer unsurdur. CVZ101 evinin iş akışında belirli alt adımların unutulması nedeniyle işlerin aksamasıyla karşılaşmıştır. Bu durumun bir daha yaşanmaması için iş paketlerinin eksiksiz bir şekilde tanımlanması, işlerin standartlaştırılması ve buna uygun bir şekilde iş akış tasarımının yapılması önem arz etmektedir.

Yapım süreçlerinde karşılaşılan israfların bir kısmı da işçilerin yeterli deneyimde olmamasından kaynaklanmaktadır. Sektörde nitelikli eleman bulmanın zor olduğu göz önüne alındığında kurum içi eğitim ve işlerin standartlaştırılması bu durumun çözümü için öne çıkan faaliyetlerdir.

Bunların yanı sıra kontrol eksikliği, malzemelerin doğru sırayla yüklenmemesi ve mimari tasarımda saha dışı inşaat yaklaşımına uygun olmayan kısımların olması süreç israflarına yol açan diğer etkenlerdir. Bu bağlamda mimari tasarım ve nakliye süreçleri için uygulama kriterleri belirlenerek işlerin standartlaştırılması ve süreç içerisinde kontrol çizelgelerinin kullanılması israfların minimize edilmesi için etkili bir çözüm olabilir.

5.2. VAKA ÇALIŞMASININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Türkiye ahşap konut sektöründeki firmaların yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik geliştirilen modelin uygulamasının yapıldığı vaka çalışması, modelde yer alan adımların takip edilmesiyle hedeflendiği şekilde tamamlanmıştır. Vaka çalışması sonucunda modelin uygulanabilirliği ve uygulama sırasında karşılaşılan durumlarla ilgili değerlendirmeler yapılmıştır. Ayrıca firma yetkilerinden

modele yönelik geri dönüşler alınmıştır. Vaka çalışmasıyla ilgili değerlendirmeler ve geri dönüşler aşağıda maddeler halinde paylaşılmaktadır.

Modelin uygulanabilirliği:

- Vaka çalışması sonucunda, sektördeki firmalara özgü ve kolay uygulanabilir olması hedeflenerek geliştirilen modelin, firma bünyesinde oluşturulacak bir ekiple ek maliyetler getirmeden uygulanabileceği anlaşılmıştır.
- Oluşturulan ekibin modelin işleyişini iyi kavraması ve görev dağılımının doğru yapılması halinde modeli uygulamanın teknik açıdan zor olmadığı görülmüştür.
- Modelde yer alan adımların sırasına uygun bir şekilde takip edilebildiği ve yapım süreçlerinin iyileştirilmesi için gereken nicel ve nitel verilerin elde edilebildiği gözlemlenmiştir. Elde edilen veriler ve analizler sonucunda süreç iyileştirme önerilerinin belirlenebildiği görülmüştür.
- Sonuç olarak önerilen modelin Türkiye’de ahşap konut üretimi yapan firmaların yapım süreçlerinin iyileştirilmesi için faydalı ve kullanışlı olabileceği anlaşılmıştır.

Modelin uygulanması sürecinde karşılaşılan durumlar:

- Modelin uygulanması sırasında firmanın organizasyonel altyapısının yetersiz kaldığı durumlar oluşmuştur. Bu noktada modeldeki adımların uygulanması daha çok çaba ve zaman gerektirmiştir. Örneğin, çalışma öncesinde firmanın üretim süreçlerine ait iş kırılım yapısı ve detaylı iş akış planı hazır bulunmamaktaydı. Bunların hazırlanması için yapım süreçlerindeki her faaliyetin tanımlanması ve hedeflenen/ortalama tamamlanma sürelerinin hesaplanması gerekmiştir. Bu aşamada firma organizasyonunda sistemli bir veri arşivinin bulunmaması da ekstra çabaya yol açmıştır. Model kapsamında ihtiyaç duyulan veriler firma yetkilileriyle yapılan birçok toplantı ve belge araştırmaları sayesinde ancak oluşturulabilmiştir. Bu durum ayrıca, modelde “İKY’nın ve İş Akış Planının Oluşturulması” adımının bulunmasının gerekliliğini ve önemini de ortaya koymaktadır.

- Vaka çalışması sırasında öne çıkan bir diğer durum ise gözlem ve raporlama işlemidir. İnşaat faaliyetleri aylarca süren uzun bir sürece yayıldığı için tüm faaliyetlerin tek bir ekip tarafından gözlemlenmesi mümkün olamamaktadır. Bu noktada farklı yapım süreçlerindeki personellerin gözlem ve raporlama işlemi için bilgilendirilerek istenilen formatta raporlama yapması önem arz etmektedir. Vaka çalışması sonucunda gözlem ve raporlama süreçlerindeki görev dağılımının ve raporlama faaliyetinin dikkatli bir şekilde yapılmasının önemi bir kez daha anlaşılmıştır. Zamanında ve formatına uygun bir şekilde raporlanmayan yapım süreçleriyle ilgili israf verileri, gözden kaçabilmekte veya tekrar ulaşmak istenildiğinde zorluklar yaşanabilmektedir.

Firmanın modelle ilgili geri dönüşü:

- Firma yetkilileri genel anlamda vaka çalışması sürecinin kendileri için öğretici ve verimli olduğunu belirtmektedirler. Model sayesinde yapım süreçlerine yönelik öz değerlendirmelerini daha iyi yapabildiklerini ve önceden farkında olmadıkları birçok detaya hâkim olabildiklerini ifade etmektedirler. Bununla beraber modelin, yapım süreçlerinde oluşan israfları tespit ve analiz etme noktasında beklentilerinin üzerinde bir sonuç verdiğini bildirmektedirler.
- Modelin firmanın bünyesinde oluşturulan bir ekiple ek maliyet oluşturmadan ve kolay bir şekilde uygulanabilmesinin kendileri için önemli olduğu belirtilmektedirler. Bu yönüyle modelin firmaları açısından faydalı olacağı ve nihai halini aldığı takdirde ilerleyen projelerinde kullanmak istediklerini ifade etmektedirler.

SONUÇ VE ÖNERİLER

İnşaat sektöründe yapım süreçlerindeki israfların giderilmesi ve üretkenliğin artırılması uzun yıllardır küresel ölçekte bir sorun olarak ele alınmaktadır. Bu doğrultuda ‘saha dışı inşaat’ (offsite construction) ve ‘yalın inşaat’ (lean construction) gibi çağdaş yaklaşımlar geliştirilerek sektörde ilerleme sağlanmaya çalışılmaktadır. Bu doktora çalışmasında da Türkiye ahşap konut sektöründe saha dışı inşaat yöntemleriyle üretim yapan firmaların yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik yalın inşaat tabanlı bir model geliştirmek amaçlanmıştır.

Türkiye’de saha dışı inşaat yöntemleriyle ahşap konut üreten firmaların yapım süreçlerindeki uygulamaların ve problemlerin tespiti ve sorunların çözümü için bir çerçeve oluşturmak hedefi taşıyan bu çalışma, belirli araştırma yöntemlerini izleyerek hedefine ulaşmıştır. Çalışma göstermiştir ki Türkiye ahşap konut sektöründeki firmaların yapım süreçlerini analiz etme ve iyileştirme noktasında kolay uygulanabilir bir modele ihtiyaçları vardır. Araştırma kapsamında geliştirilen model ile mevcut ihtiyacın karşılanması konusunda önemli bir adım atıldığı düşünülmektedir. Tez araştırmasının aşamaları, araştırma sorularının cevapları ve araştırmanın çıktıları aşağıda maddeler halinde paylaşılmaktadır.

- Araştırma kapsamında öncelikle ahşap konut yapı ve inşaat sistemleri ile dünyada ve Türkiye’de ahşap konut sektörünün durumuyla ilgili literatür incelenerek konu hakkında bir alt yapı çalışması oluşturulmuştur. Araştırmaya ahşap konut yapı sistemleri ve saha dışı inşaat yöntemlerinin araştırılmasıyla başlanmıştır. Bu sayede sektördeki firmaların ve inşa faaliyetlerinin sınıflandırılması için kriterler belirlenmiştir. Bunu takiben Dünyada ve Türkiye’de ahşap konut sektörü literatür üzerinden incelenmiş ve sektördeki politikalar ile genel durum resmedilmeye çalışılmıştır.
- Ardından ahşap konut üretim süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik literatürde yer alan çalışmalar ve modeller incelenmiştir. Bu araştırma

sonucunda alanla ilgili uluslararası literatürde ve kurumlarda yaygın teorik yaklaşım olarak ‘Yalın İnşaat’ın kullanıldığı görülmüştür. İmalat sektörü temelli bir süreç iyileştirme yaklaşımı olarak yalın inşaatın, geleneksel inşaat pratiklerini daha endüstriyel bir düzeye çıkarmak isteyen Türk ahşap konut firmaları için itici bir etki sağlayacağı düşüncesiyle araştırmanın kavramsal zemininde yalın inşaat yaklaşımının yer almasına karar verilmiştir (Bkz. Bölüm 2.1).

- Literatür çalışmasından elde edilen bilgiler ışığında Türkiye’de yüksek ön imalat değeriyle (Bkz. Bölüm 1.4.1) ahşap konut üretimi yapan firmalar belirlenmiş ve firmalardan bir kısmıyla ön görüşmeler yapılarak sektördeki mevcut uygulamalar ve sorunlar tespit edilmiştir. Ön görüşmeler sonucunda firmaların yapım süreçlerinin yönetiminde bilgisayar destekli proje yönetim araçlarının kullanılmadığı, iş akış planlarının detaylı bir şekilde hazırlanmadığı ve yapım süreçlerinin ana ve alt süreçleriyle net bir şekilde tanımlanmadığı anlaşılmıştır. Bunların yanı sıra yapım süreçlerinin farklı aşamalarında hatalı üretim, kusur, yeniden yapım, ekstra bekleme, ekstra işlem vb. çeşitli süreç israfları olduğu görülmüştür. Bununla beraber firmalar tarafından mevcut durumda oluşan israfların tespiti ve analizi için herhangi bir bilimsel yöntem veya aracın kullanılmadığı ve yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik kolay uygulanabilir bir çerçeve geliştirilmesinin faydalı olacağı belirtilmiştir.
- Ön görüşmelerden elde edilen bulgular ve bu bulguların literatürden elde edilen bilgiler ile karşılaştırılması sonucunda sektördeki firmaların yapım süreçlerini iyileştirmeye yönelik yalın inşaat tabanlı taslak model geliştirilmiştir (Bkz. Bölüm 3.1.4). Ancak modelin uygulanabilir düzeyde bir olgunluğa ve detaylılığa kavuşabilmesi için daha kapsamlı bilgilere ihtiyaç duyulmuş ve firmalarla derinlemesine görüşmeler gerçekleştirilmiştir.
- Derinlemesine görüşmeler göstermiştir ki, firmaların inşa faaliyetleri farklı ölçeklerde olabilmekte ve buna bağlı olarak iyileştirmeyi planladıkları süreçler de farklılık gösterebilmektedir. Firmalarda yapım

süreçlerine dair operasyonel veriler düzenli bir şekilde arşivlenmemektedir. Bu nedenle önceki inşa faaliyetlerinden süreç iyileştirme noktasında yeterince istifade edilememektedir. Firmaların organizasyonel ve ekonomik yapılarına bağlı olarak iyileştirilmek istenen yapım süreçleri farklı seviyelerde ele alınmak istenebilmektedir. Firmaların yapım süreçlerinde oluşan israfların neler olduğu ve hangi süreçlerde ortaya çıktıkları net olarak belirtilememektedir. Bununla beraber tespit edebildikleri israfların temel nedenleri de tam olarak bilinmemektedir. Firmalar ahşap konut inşaatlarında meydana gelen israfların giderilmesine yönelik bir takım yüzeysel önlemler almaktadır. Ancak yapım süreçlerini iyileştirmeye yönelik kapsamlı ve sistemli bir uygulama bulunmamaktadır. Bu bağlamda ahşap konut yapım süreçlerini iyileştirmeye yönelik kolay uygulanabilir bir modelin geliştirilmesi halinde faydalı olacağı ve kullanılacağı bildirilmektedir.

- Derinlemesine görüşmelerden elde edilen bulguların literatürden elde edilen bilgiler ile değerlendirilmesi sonucunda daha önce oluşturulan taslak model geliştirilmiştir. Böylece Türkiye ahşap konut sektöründeki firmalara yönelik yalın inşaat tabanlı yapım süreçlerini iyileştirme modeli oluşturulmuştur (Bkz. Bölüm 4). Bu doğrultuda modelin temelini yalın inşaat prensipleri doğrultusunda farklı yalın araçların sektördeki firmaların yapısına özgü bir şekilde dönüştürülerek kombine edilmesi oluşturmaktadır. Ayrıca sektördeki firmaların organizasyonel yapıları dikkate alınarak modelin düşük maliyetli ve kolay uygulanabilir olmasına önem verilmiştir.
- Son olarak modelin uygulaması olarak bir vaka çalışması yapılmıştır. Vaka çalışmasıyla modelin detaylı olarak nasıl uygulanacağı ortaya konmuş ve uygulama esnasında karşılaşılan durumlar göz önünde bulundurularak modelin uygulanması değerlendirilmiştir.

Çalışma kapsamında belirlenen araştırma sorularının sonuçları aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır.

- Türkiye ahşap konut sektöründeki genel duruma bakıldığında sektörün 1950'lerden başlayarak giderek daraldığı görülmektedir. TÜİK'in 1990 yılından günümüze kadar olan verilerine göre, ülkemizde ahşap taşıyıcılı yapıların tüm bina inşaatlarına oranı yaklaşık % 0,4 gibi oldukça düşük bir orandır. Sektörle ilgili yapılan akademik çalışmalara göre ahşap konut üretiminde yaşanan sorunların başında; kalifiye eleman yetersizliği, yasa ve yönetmeliklerdeki eksiklikler ve mali sorunlar gelmektedir. Bununla beraber sektördeki firmalar devamlılık noktasında da sıkıntılar yaşamaktadır. 2002 yılında aktif olan 60 firmadan 2019'da yalnızca 1 tanesi faaliyetlerini sürdürmektedir.
- Firmaların kullandıkları yapı sistemleri ve yapım yöntemlerine bakıldığında; 2000'li yılların başında faaliyet gösteren firmaların ahşap yapılarını % 64 oranında yığma sistemle, % 28 oranında ahşap karkas sistemle ve % 8 oranında panel bileşen sistemle inşa ettiği görülmektedir. O dönemde endüstriyel üretim tekniklerini kullanan firmaların oranı % 23 olarak belirtilmektedir. Günümüzde ise firmaların %33,3'ü yalnızca yığma sistemle, % 11,1'i yalnızca hafif çerçeve sistemle, %19,4 'ü yığma veya karkas sistemle yapılarını inşa etmektedir. Bununla beraber genel olarak firmaların % 41,6'sı hafif ahşap çerçeve sistem, % 11,1'i de CLT sistem kullanabilmektedir.
- 'Modern inşaat yöntemleri' çerçevesinin 'ön imalat değeri' (ÖİD) kriterleri dikkate alınarak yapılan sınıflandırmaya göre, sektördeki firmaların yalnızca % 25'i Birleşik Krallık'ta saha dışı inşaatlarda asgari değer olarak kabul edilen % 55 ÖİD'ini aşarak üretimlerini yapabilmektedir. Bu oranın altında yapılan inşaat faaliyetleri ise MİY çerçevesinde geleneksel inşaat yöntemlerine yakın olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla sektörün büyük oranda geleneksel inşaat tekniklerine yakın bir şekilde uygulamalarını sürdürdüğü söylenebilir.
- Türkiye inşaat sektöründe saha dışı inşaat yöntemleriyle ahşap konut üreten firmaların inşaat uygulamaları incelendiğinde; bir tanesi hariç sipariş üzerine üretim yapan orta ve küçük ölçekli firmalar olduğu anlaşılmıştır. Taşıyıcı olarak büyük oranda hafif ahşap çerçeve sistem

kullanan firmaların yapım yöntemi olarak da ön üretimli yarı açık panel sistemini tercih ettikleri görülmektedir. Firmaların yapım süreçleri genel olarak mimari tasarım, imalat, nakliye ve montaj ana süreçlerinden oluşmaktadır. Alt yapım süreçlerinin ise firmalar tarafından tam olarak tanımlanmadığı tespit edilmiştir. Buna karşın yapım süreçlerinin imalat çizimleri, duvar paneli imalatı, yapı elemanların stoklanması, cephe kaplamalarının montajı vb. çok fazla sayıda alt süreçten oluştuğu gözlemlenmiştir. Ayrıca projeye bağlı olarak bazı firmalar yerinde inşaat oranlarını artırabilmekte ve yapım süreçlerinde farklılık olabilmektedir.

- Yapım süreçlerindeki verimsizliklere bakıldığında ise; hatalı tasarım, hatalı imalat, yeniden yapım, bekleme, ekstra işlem, gereksiz taşıma işlemleri vb. süreç israflarının oluştuğu anlaşılmaktadır. Buna bağlı olarak işgücü, zaman ve nakit kaybı yaşanmaktadır. Ancak farklı yapım aşamalarında ortaya çıkan bu israfların detaylı tespiti ve analizi için firmalar tarafından herhangi bir bilimsel yöntem ya da araç kullanılmamaktadır. Bu nedenle de israflar ve temel nedenleri tam olarak tespit edilememektedir.
- Firmaların yapım süreçlerinde meydana gelen israfların tespiti, analizi ve genel olarak yapım süreçlerinin iyileştirilmesi için yalın inşaat tabanlı süreç iyileştirme modeli önerilmiştir. Yalın inşaat araçlarının sektördeki firmaların yapısına özgü bir şekilde uyarlanarak bir araya getirilmesiyle oluşturulan model; incelenecek yapım sürecinin seçimi, verilerin toplanması, israfların tespiti, israfların analizi ve iyileştirme önerilerinin belirlenmesi ana aşamalarını içermektedir. Modelde ifade edilen adımlar takip edildiği takdirde, iyileştirilmek istenen süreçlerde oluşan israflar tespit edilip, yalın israf kategorileri altında kök-neden analizi yapılabilmektedir. Bu sayede firmalar israfa yol açan nedenleri tespit edebilmekte ve yapım süreçlerini iyileştirme önerilerini belirleyebilmektedir.
- Önerilen modelin sektördeki firmaların inşaatlarında oluşan israfların tespiti ve genel olarak yapım süreçlerinin iyileştirilmesi noktasında

özüm üretebileceği vaka çalışması üzerinden anlaşılmaktadır. Modelin uygulandığı çalışma sonucunda; incelenen inşaat faaliyetinin tüm ana ve alt süreçleri tanımlanmış ve meydana gelen süreç israfları nicel olarak belirlenmiştir. İrafların hangi süreçte, hangi oranda oluştuğu da tespit edilmiştir. Bununla beraber israfların kök nedenleri ve etkileri de ortaya çıkarılmıştır. Böylece yapım süreçlerinde oluşan israfların giderilebilmesi yönünde atılacak adımlar belirlenebilmiştir.

- Vaka çalışmasında yapım süreçleri incelenen firmanın geri dönüşleri de modelin uygulanabilirliğini destekler niteliktedir. Firma yetkilileri modelin kendi bünyelerinde oluşturulan bir ekiple ek maliyet getirmeden ve kolay bir şekilde uygulanabilir olduğunu belirtmektedir. Ayrıca, model sayesinde yapım süreçlerindeki faaliyetlere daha hâkim olduklarını ve oluşan israfları, nedenleriyle birlikte tespit edebildiklerini ifade etmektedirler. Bu nedenle modeli, yapım süreçlerini iyileştirme noktasında yararlı bulduklarını ve kullanıma hazır hale geldiği takdirde faydalanmak istediklerini bildirmektedirler.

Gelecekte önerilen modelin ve benzeri çalışmaların geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması için ahşap konut sektöründeki firmalar, araştırmacılar ve STK'lar gibi farklı aktörlere görevler düşmektedir. Bu öneriler aşağıda listelenmiştir.

- Türkiye ahşap konut sektöründeki firmaların bu model ile birlikte mevcut sorunlarını tespit edebileceği ve modelin sektörde yapım süreçlerinin iyileştirilmesi ile ilgili farkındalık oluşturacağı düşünülmektedir. Modelin uygulamaya geçirilebilmesi için firmaların dikkat etmesi gereken birkaç husus bulunmaktadır. Öncelikle firma sahiplerinin üretimlerinin daha verimli olması noktasında bir irade ortaya koymaları gerekmektedir. Bu doğrultuda çalışanları arasında yetkin kişilerden oluşan bir ekip kurulmalıdır. Oluşturulan ekip modelle ilgili eğitim aldıktan sonra firmada çalışan diğer personellere kurum içi eğitim bağlamında yapılması gerekenler aktarmalıdır. Modelden sağlıklı bir şekilde yararlanılabilmesi ve yapım süreçlerinin iyileştirilebilmesi için modelde yer alan adımlar belirtilen sıra ve içeriklere dikkat edilerek uygulanmalıdır. Özellikle gözlem ve

raporlama işlemlerinin düzenli bir şekilde yapılması verilerin elde edilebilmesi için önem arz etmektedir. Bununla beraber sürekli iyileştirme sağlanabilmesi için modelin uygulanması sonrasında belirlenen iyileştirme önerilerinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

- Önerilen model saha dışı inşaat yöntemleriyle ahşap konut üretimi yapan firmaların yapım süreçlerinin iyileştirilmesine yönelik geliştirilmiş olmasına rağmen, henüz geleneksel yöntemlerle ahşap konut inşaatı yapan fakat üretimlerinde saha dışı inşaat anlayışına geçmek isteyen firmalar için de yol gösterici rol oynayabilir. Model sayesinde firmalar, saha dışı inşaat yaklaşımıyla ahşap konut üretim süreçlerinin başından sonuna kadar nasıl tasarlanacağını ve takip edileceğini görerek organizasyonel yapılarını bu doğrultuda dönüştürebilirler.
- Çalışmanın ileride yapılacak araştırmalar için bir kaynak olacağı düşünülmektedir. İleriki çalışmalarda; önerilen modelin ahşap konut firmalarında uygulaması ile ilgili çalışmalar yapılmalı ve önerilen yaklaşımın uygulanması için firmaları teşvik edici yöntemler geliştirilmelidir. Bunlara ek olarak ileride yapılacak çalışmalarda sektördeki güncel gelişmeler dikkate alınmalıdır. Önerilen model sektördeki firmaların mevcut yapıları ve uygulamaları göz önünde bulundurularak oluşturulmuştur. Bu bağlamda model, sektörde faaliyet gösteren firmaların günümüzdeki koşullarında yapım süreçlerinin analizi ve iyileştirilmesine yöneliktir. Ancak, ilerleyen yıllarda firmaların organizasyonel yapılarının gelişmesi -iş standardizasyonun artması, düzenli süreç takibi ve raporlamanın yapılması, sistemli veri arşivinin oluşturulması vb.- ve saha dışı inşaat oranlarının artması halinde modelin bazı adımlarında güncelleme yapılabilir. Örneğin, sektörde endüstriyel üretim anlayışına yakın bir şekilde çok sayıda benzer özellikleri olan konut üretimi yapma imkânı oluşursa, modelde kullanılan DAH parametreleri yeni duruma (seri üretim anlayışına) göre revize edilebilir. Ayrıca süreç iyileştirme önerileri için ‘gelecek durum değer akış haritaları’ da oluşturulabilir. Dolayısıyla ahşap

konutların yapım süreçlerini iyileştirmeye yönelik gelecekte düzenlenecek araştırmalar sektördeki değişimleri ve ihtiyaçları göz önünde bulundurarak yapılmalıdır.

- Modelin ahşap yapı sektöründe kullanımının teşvik edilmesi ve yaygınlaştırılması noktasında sektörde faaliyet gösteren STK'ların önemi oldukça fazladır. Özellikle bugüne kadar sektörün gelişimi için büyük çabalar harcayan ve firma yetkilileriyle yakın ilişkileri bulunan UAB (Ulusal Ahşap Birliği) ve TORİD (Türkiye Orman Ürünleri Sanayicileri ve İş Adamları Derneği)'in firmalara yönelik farkındalık artırıcı ve teşvik edici çalışmalar yapması, model ve benzeri yaklaşımların uygulanması ve yaygınlaşması için önemli bir etken olabilir. Bunların yanı sıra ahşap yapı sektörünün gelişmesi ve daha rekabetçi bir noktaya gelebilmesi için küresel ölçekte birçok ülkede olduğu gibi yapılarda ahşap kullanımının teşvik politikalarıyla desteklenmesi (Bkz. Bölüm 1.3.1) ve saha dışı inşaat yöntemlerinin artırılmasına yönelik bağlayıcı kararların alınması önem arz etmektedir. Bu bağlamda önerilen model ve benzeri araştırmaların geliştirilmesi ve sektörde uygulanmasını sağlayacak politikaların oluşturulması, sektördeki firmaların üretkenliklerini artırmaları doğrultusunda itici bir unsur olabilir.

Türkiye yapı sektöründe ahşap konut firmalarının rekabetçi bir seviyeye gelebilmesi, yapım süreçlerinin sürekli olarak iyileştirilerek üretkenliğin artmasıyla doğrudan ilişkilidir. Dolayısıyla ileride yapılacak çalışmalar, gelişen yeni yapı teknolojileri ve üretim sistemleri takip edilerek, daimî olarak ahşap yapıların daha verimli bir şekilde inşa edilmesi doğrultusunda oluşturulmalıdır.

KAYNAKÇA

- Abdel-Wahab, M. & Vogl, B.** (2011). Trends of productivity growth in the construction industry across Europe, US and Japan. *Construction Management and Economics*, 29(6), 635–644. <https://doi.org/10.1080/01446193.2011.573568>
- Abdelhamid, T. S.** (2003). Six-Sigma in Lean Construction Systems: Opportunities and Challenges. *Proceeding 11th Annual Conf. of the International Group for Lean Construction (IGLC-11)*, Blacksburg, Va.
- Abdelhamid, T. S., El-Gafy, M. A. and Salem, O.** (2008). Lean construction: fundamentals and principle. *American Professional Constructor Journal*, 4, pp. 8-19.
- Abdul-Rahman, H., Wang, C. and Yen, W.** (2012). Waste Processing Framework for Non-Value Adding Activities Using Lean Construction. *Journal of Frontiers in Construction Engineering*, 1(1), pp. 8-13.
- Akil, Y.** (2019). *Tasarımından Uygulamaya Yalın İnşaat Yaklaşımı: Antalya Konut İnşaat Sektörü Üzerinde Bir Çalışma (Doktora tezi)*. Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Antalya.
- Al-Momani, A. H.** (2000). Construction delay: a quantitative analysis. *International Journal of Project Management*, 18(1), 51-59.
- Alazzaz, F. & Whyte, A.** (2012). Towards Assessing Productivity in Off-Site Building Methods for Engineering and Construction Projects, *The 1st Australasia and South East Asia Conference in Structural Engineering and Construction (ASEA-SEC-1)*, Perth, Western Australia: Nov 28-Dec 2.
- Aljohani, A., Ahiaga-Dagbui, D. & Moore, D.** (2017). Construction Projects Cost Overrun: What Does the Literature Tell Us?. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, Volume 8, pp. 137-143.
- Alzubi, E., Atieh, A. M., Abu Shgair, K., Damiani, J., Sunna, S. & Madi, A.** (2019). Hybrid integrations of value stream mapping, theory of constraints and simulation: Application to wooden furniture industry. *Processes*, 7(11), 816. <https://doi.org/10.3390/pr7110816>
- Ansah, R. H., Sorooshian, S., Mustafa, S. & Duvvuru, G.** (2016). *Proceedings of the 2016 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. Detroit, Michigan, USA, September 23-25.
- Arefazar, Y., Nazari, A., Hafezi, M. & Maghool, S.** (2019). Prioritizing agile project management strategies as a change management tool in construction

- projects. *International Journal of Construction Management*, 22(4), 678–689.
- Aslam, M., Gao, Z. & Smith, G.** (2022). Framework for selection of lean construction tools based on lean objectives and functionalities. *International Journal of Construction Management*, 22(8), 1559-1570. <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1729933>
- Atalay, O. & Kılıç, Ö.** (2015). Balık Kılçığı Yöntemi ile mobil vinç kazası olası nedenlerinin incelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 30(1), 73-78.
- Avlar, E.** (2008). Türkiye’de ahşap yapı üretimine yönelik durum tespiti. *Mimarlıkta Malzeme Dergisi*. 2008 (2), s. 71-76.
- Avlar, E.** (2022). Çağdaş Yapı Üretiminde Kullanılan Yapısal Ahşap Ürünler. *Mimarlıkta Malzeme*, Ed. Murat Dal. Lyon: Livre de Lyon.
- Avlar, E. ve Limoncu, S.** (2001). Yapı malzemesi olarak ahşap ve ahşap yapı sistemleri, *Yapı Dergisi*, 241:87-90.
- Avlar, E. ve Ustaoglu S.** (2017). 2000’li Yılların Başında Endüstriyel Ahşap Ürünlerle Gelişmiş Yapı Üretimi. *Mimarlık Dergisi*, Sayı 393, ss. 75-80.
- Avlar, E. ve Yıldırım, H. S.** (2021). Deprem mevzuatı bağlamında Türkiye’deki geleneksel ahşap karkas yapı kurallarının analizi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*. 20 (78), s. 1117-1137.
- Ayinla, K., Cheung, F. & Skitmore, M.** (2021). Process waste analysis for offsite production methods for house construction – A case study of factory wall panel production.
- Aziz, A.** (2011). Sosyal bilimlerde araştırma yöntemleri ve teknikleri: Araştırma süreci ve tasarımı, veri toplama teknikleri, interneti kullanma, anket hazırlama, içerik ve söylem çözümlemesi, raporlaştırma. Ankara: Nobel Yayınları.
- Aziz, R. & Hafez, S.** (2013). Applying lean thinking in construction and performance improvement. *Alexandria Engineering Journal* (2013) 52, 679–695.
- Ballard, G.** (1999). Improving Work Flow Reliability. *Proceedings of the 7th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, University of California, Berkeley, CA. p. 275-286.
- Ballard, G.** (2000). “The last planner system of production control.” Ph.D. thesis, Univ. of Birmingham at Birmingham, U.K.
- Ballard, G. & Howell, G.** (1997). Shielding Production: An Essential Step in Production Control. *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 124 No. 1, American Society of Civil Engineers, New York, NY, 11-17.
- Bejder, A. K.** (2012), Aesthetic Qualities of Cross Laminated Timber (Doctoral thesis). Aalborg University, Aalborg.

- Bengtsson, C.** (2009). Challenges in timber construction. 15. Internationales Holzbau-Forum 09.
- Bertelsen, S.** (2004). Lean Construction: Where are we and How to proceed, *Lean Construction Journal*, 1, 46 – 49.
- Björnfot, A. & Stehn, L.** (2007). A design structural matrix approach displaying structural and assembly requirements in construction: a timber case study. *Journal of Engineering Design*, 18(2), 113–124. <https://doi.org/10.1080/09544820600664721>
- Bowyer, J.** (2016). Modern tall wood buildings: opportunities for innovation. In Dovetail Partners Inc., Minneapolis.
- Carlborg, P., Kindström, D. & Kowalkowski, C.** (2013). A lean approach for service productivity improvements: synergy or oxymoron? *Managing Service Quality: An International Journal*, 23(4), 291–304. <https://doi.org/10.1108/MSQ-04-2013-0052>
- Cast Consultancy** (2021). PMV Technical Manual. London: UK.
- Cast Consultancy** (t.y.). Pre-Manufactured Value (PMV) Estimator. Erişim tarihi: 20 Eylül 2024, <https://www.cast-consultancy.com/pmv/index.html>
- Chitturi, R., Raghunathan, R. & Mahajan, V.** (2007). Form versus function: How the intensities of specific emotions evoked in functional versus hedonic trade-offs mediate product preferences. *Journal of Marketing Research*, 44(4), 702-714.
- Choy, E. and Ruwanpura, J. Y.** (2006). Modeling construction site productivity using situation-based modeling. *Can. J. Civ. Eng.*, 33(12), 1585–1601.
- Čiarnienė, R. & Vienažindienė, M.** (2012). Lean Manufacturing: Theory and Practice. *Economics and Management*, 17(2), 726–732.
- Colenso, K.** (2000). Creating the Work Breakdown Structure. Artemis Management Systems.
- Çakır, S.** (2000). Geleneksel Karadeniz Ahşap Konut yapım Yönteminin Çağdaş Teknoloji Açısından Değerlendirilmesi (Doktora Tezi). Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çakıroğlu, F.** (2019). Günümüz Az Katlı Konut Yapılarında Ahşap Konstrüksiyonlu Yapım Sistemlerinin Yönetmelikler Açısından Karşılaştırılması: Türkiye-Japonya Örneği (Yüksek lisans tezi). Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Çalışkan, Ö., Meriç, E. ve Yüncüler, M.** (2019). Ahşap ve ahşap yapıların dün, bugün ve yarın. *BŞEÜ Fen Bilimleri Dergisi*. 6 (1), 109-118.
- Çobanoğlu, T.** (1998). Ahşap ev yapı sistemleri (Doktora tezi). Mimar Sinan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çolak, M.** (1995). Yığma ahşap kütük evlerin yapımı üzerine araştırmalar (Yüksek lisans tezi). Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Dadashnejad, A. & Valmohammadi, C.** (2019). Investigating the effect of value stream mapping on overall equipment effectiveness: a case study. *Total Quality Management and Business Excellence*, 30(3–4), 466–482.
- Deste, M. & Berber, G.** (2018). Süreç İyileştirme Uygulamaları Üzerine Bir Literatür Araştırması. *Uluslararası Ekonomi İşletme ve Politika Dergisi*, 2(2), 213-230. <https://doi.org/10.29216/ueip.462265>
- Dietz, R.** (2020). How many homes are concrete-framed? [çevrimiçi]. Erişim adresi: <https://eyeonhousing.org/2020/09/how-many-homes-are-concrete-framed/#:~:text=For%202019%20completions%2C%2090%25%20of,gain%20over%20the%202018%20total> [Erişim tarihi 5 Eylül 2022].
- Diekman, J. E., Krewedl, M., Balonick, J., Stewart, T. & Won, S.** (2004). Application of Lean Manufacturing Principles to Construction A Report to The Construction. Industry Institute the University of Texas at Austin, pp1-334.
- Doğangün, A., Tuluk, Ö., Livaoglu R. & Acar, R.** (2006). Traditional Wooden Buildings and Their Damages During Earthquakes in Turkey. *Engineering Failure Analysis*, 13(6), 981-996.
- Doloi, H.** (2007). Twinning Motivation, Productivity and Management Strategy in Construction Projects. *Journal of Engineering Management*, 19, 30-40.
- Dozzi, S. and Abourizk, S.** (1993). Productivity in construction. Available from <https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/ft/?id=52dc96d5-4ba0-40e6-98d2-8d388cba30cd> [cited 12 August 2024].
- Egan, J.** (1998). Rethinking construction: The report of the Construction Task Force. Dept. of the Environments, Transport and the Regions, London.
- Eivindson, E., Innvær, B., Kolberg, E., Merschbrock, C. and Rolfsen, C.** (2017). Inefficiencies in Norwegian small-scale construction, or the problem of too long trucks?. *Procedia Engineering*, Vol. 196, pp. 543-549.
- Eren, T.** (2004). Konut yapımında gelişmiş ahşap ve hafif çelik iskelet sistemlerin temel yapı elemanları düzeyinde analizleri (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Farmer, M.** (2016). The Farmer Review of the UK Construction Labour Model; Modernise or Die. Available at: www.cast-consultancy.com (Accessed: 13 March 2019).
- Fernández-Solís, J. L.** (2008). The systemic nature of the construction industry. *Archit. Eng. Des. Manage.* 4 (1): 31–46.
- Gann, D. M.** (1994). Innovation in the construction sector. In M. Dodgson and R. Rothwell, ed. *The handbook of industrial innovation*. Cheltenham: Edward Elgar.
- García-Fornieles, J., Fan, I., Perez, A., Wainwright, C. and Sehdev, K.** (2003). A work breakdown structure that integrates different views in aircraft modification projects. *Concurrent Eng.* 11 (1): 47–54.

- Gbadamosi, A., Mahamadu, A., Oyedele, L., Akinade, O., Manu, P., Mahdjoubi, L. and Aigbavboa, C.** (2019). Offsite construction: Developing a BIM-Based optimizer for assembly. *Journal of Cleaner Production*, 215, 1180–1190.
- Geels, F. W. & Schot, J.** (2007). Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy*. 36, p. 399-417.
- Geels, F. W.** (2002). Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case-study. *Research Policy*. 31(8–9), p. 1257–1274.
- GEF** (2023). Promoting low cost energy efficient wooden buildings in Türkiye [çevrimiçi]. Erişim tarihi: 5 Nisan 2024, <https://www.thegef.org/projects-operations/projects/10090>
- Gibb, A.** (2001). Standardization and pre-assembly- distinguishing myth from reality using case study research, *Construction Management & Economics*, 19:3, 307-315, DOI: 10.1080/01446190010020435
- Gibb, A. and Pendlebury, M.** (2013). Glossary of Terms 2013. BuildOffsite. Available at: <https://www.buildoffsite.com/content/uploads/2015/03/BoS-Glossary-of-terms-2013-web.pdf>.
- Ginigaddara, B., Perera, S., Feng, Y. & Rahnamayiezekavat, P.** (2019). Typologies of offsite construction. In: Sandanayake, Y.G., Gunatilake, S. and Waidyasekara, A. (eds). *Proceedings of the 8th World Construction Symposium*, Colombo, Sri Lanka, 8-10 November 2019, pp. 567-577. DOI: doi.org/10.31705/WCS.2019.56. Available at: <https://2019.ciobwcs.com/papers>
- Ginigaddara, B., Perera, S., Feng, Y. & Rahnamayiezekavat, P.** (2022). Development of an Offsite Construction Typology: A Delphi Study. *Buildings* 2022,12, 20. <https://doi.org/10.3390/buildings12010020>
- Gong, M.** (2019). Lumber-Based Mass Timber Products in Construction. *Timber Buildings and Sustainability*, Intech Open.
- Goriwondo, W. & Mhlana, S. & Marecha, A.** (2011). Use of the Value Stream Mapping tool for Waste Reduction in Manufacturing. Case Study for Bread Manufacturing in Zimbabwe. *Proceedings of the 2011 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Goto, Y., Jockwer, R., Kobayashi, K., Karube, Y. & Fukuyama, H.** (2018). Legislative background and building culture for the design of timber structures in Europe and Japan. *WCTE 2018 - World Conference on Timber Engineering*.
- Götz, K., Hoor, D., Möhler, K. & Natterer, J.** (1989). *Timber Design and Construction Sourcebook*, McGraw-Hill Publishing Company, USA.

- Green, S. & May, S.** (2005). Lean construction: arenas of enactment, models of diffusion and the meaning of 'leanness'. *Building Research & Information*, 33 (6), 498–511.
- Gün, B.** (2021). Mimari uygulamalarda betonarme yapı yerine ahşap yapı önerisi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi.
- Günay, R.** (2016). Kaybolan ahşap mimarlık mirasımız. Ahşap Yapılarda Koruma ve Onarım Sempozyumu 4.
- Hahcıoğlu, F. H.** (1999). Konvansiyonel ve geliştirilmiş konvansiyonel yapım sistemleriyle üretilen yapılarda betonarme elemanların dayanıklılığını olumsuz olarak etkileyen etkenlerin irdelenmesi (Yüksek lisans tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Haugan, G.T.** (2002), *Effective Work Breakdown Structures, Management Concepts*, Vienna.
- Hemström, K., Gustavsson, L. & Mahapatra, K.** (2017). The socio-technical regime and Swedish contractor perceptions of structural frames. *Construction Management and Economic*. 35 (4), s. 184–195.
- Heravi G. & Firoozi M.** (2017). Production process improvement of buildings' prefabricated steel frames using value stream mapping. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 89, no 9-12, pp. 3307-3321, 2017.
- Hines, P., Rich, N. & Esain, A.** (1999). Value stream mapping: A distribution industry application. *Benchmarking: An International Journal*, 6(1), 60–77.
- Hong, S., Kim, G., Gu, H., Kim, T. & Choo, S.** (2023). Development of Building Component Combination Algorithms for Generative Design-based DfMA Applications. In *Proceedings of the eCAADe 2023: Digital Design Reconsidered*, Graz, Austria, 20–22September 2023; pp. 207–216.
- Hosseini, S. A., Nikakhtar, A., Wong, K. Y. & Zavichi, A.** (2012). Implementing Lean Construction Theory into Construction Processes' Waste Management. *ICSDC 2011*, 1, 414-420.
- House of Lords** (2018). Off-site manufacture for construction: Building for change. Retrieved from <https://www.parliament.uk/off-sitemanufacture-construction>.
- Howell, G. and Ballard, G.** (1999). Design of Construction Operations. White Paper-4 (unpublished), Lean Constr. Inst., Ketchum, ID, <http://www.leanconstruction.org/>.
- Howell, G.A.** (1999). What is Lean Construction. In: I.D. Tommelein, ed. *IGLC 2012 - 20th Conference of the International Group for Lean Construction*. University of California Berkeley, California, USA.
- Höök, M. & Stehn, L.** (2008a). Lean principles in industrialized housing production: the need for a cultural change. *Lean Construction Journal*. 2008

- Höök, M. & Stehn, L.** (2008b). Applicability of lean principles and practices in industrialized housing production. *Construction Management and Economics*, 26(10), 1091–1100.
- Hristoski, I., Kostoska, O., Kotevski, Z. & Dimovski, T.** (2017). Causality of Factors Reducing Competitiveness of e-Commerce Firms. *Balkan and Near Eastern Journal of Social Sciences*, 03(02): 109-127.
- Hua, G.B. and Leen, C.Y.** (2002). Developing national standards for the classification of construction Information in Singapore. Paper presented at International Council for Research and Innovation in Building and Construction, CIB W78 Conference, Aarhus School of Architecture, Aarhus.
- Hurmekoski, E., Jonsson, R. & Nord, T.** (2015). Context, drivers, and future potential for wood-frame multi-story construction in Europe. *Technological Forecasting and Social Change*. 99, s. 181–196.
- Ibrahim, Y., Kaka, A., Aouad, G. and Kagioglou, M.** (2009). Framework for a generic work breakdown structure for building projects. *Construction Innovation*, Vol. 9 No. 4, pp. 388-405. <https://doi.org/10.1108/14714170910995930>
- Ismail, H. & Yusof, Z.** (2016). Perceptions Towards Non-Value-Adding Activities During the Construction Process. *MATEC Web of Conferences* 66, 00015.
- Jang, J., Ahn, S., Cha, S., Cho, K., Koo, C. & Kim, T.** (2021). Toward productivity in future construction: Mapping knowledge and finding insights for achieving successful offsite construction projects. *Journal of Computational Design and Engineering*, 8(1), 1-14.
- Jansson, G., Söderholm, E. & Johnsson, H.** (2009). Design Process Organization at Industrial House Builders – A Case Study of Two Timber Housing Companies in Sweden. Luleå University of Technology, Division of Structural Engineering SE-971 87, Luleå, Sweden
- Johnsson, H. & Meiling, J. H.** (2009). Defects in offsite construction: timber module prefabrication. *Construction Management and Economics*, 27:7, 667-681. DOI: 10.1080/01446190903002797
- Johnsson, H. and Sardén, Y.** (2008). Industrialised timber housing: from trial to production. In: Dainty, A (Ed) *Procs 24th Annual ARCOM Conference*, 1-3 September 2008, Cardiff, UK, Association of Researchers in Construction Management, 155-164.
- Karacabeyli, E. and Douglas, B.** (2013), CLT Handbook: Cross-Laminated Timber. US Edition, Special publication, FP Innovations and Binational Softwood Lumber Council.
- Katz, A., & Baum, H.** (2011). A novel methodology to estimate the evolution of construction waste in construction sites. *Waste Management*, 353-358

- Kaya, G.** (1997). Yapı Üretim Sisteminde Denetim Mekanizması (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kishida, M., Silva, A. and Guerra, E.** (2006). Benefícios da implementação do trabalho padronizado na Thyssenkrupp. Lean Institute Brasil, www.lean.or
- Kniffen, F. & Glassie, H.** (1966). Building in Wood in the Eastern United States: A Time-Place Perspective. *Geographical Review*, Vol. 56, No. 1, 40- 66.
- Koch, C. & Lödding, H.** (2014). Requirements for a Value Stream Mapping in Make-To-Order Environments. In: Grabot, B., Vallespir, B., Gomes, S., Bouras, A., Kiritsis, D. (eds) *Advances in Production Management Systems. Innovative and Knowledge-Based Production Management in a Global-Local World. APMS 2014. IFIP Advances in Information and Communication Technology*, vol 440. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-44733-8_49
- Kofoworola, O. & Gheewal, S. H.** (2009). Estimation of construction waste generation and management in Thailand. *Journal of Waste Management*, 29, 731-738.
- Koskela, L.** (1992). Application of the new production philosophy to construction. Stanford, CA.
- Koskela, L.** (2000). An Exploration towards a Production Theory and Its Application to Construction, VVT, Technical Research Centre of Finland, Espoo, Finland.
- Kubanlı, S.** (2018). Yalın Dönüşümde Değer Akış Haritalandırma ve İşgücü Verimlilik Modeliyle İşletme Üretim Yapısının Analizi: İmalat Sektöründe Bir Uygulama (Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Kumar, R. & Kumar, V.** (2012). Lean manufacturing: elements and its benefits for manufacturing industry. *Group*, 16, 27.
- Kurul, F.** (2019). Türkiye’de Ahşap Yapı Endüstrisi (Yüksek lisans tezi). İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul.
- Kuzman, M., Katja, L. & Sandberg, D.** (2017). Initiatives supporting timber constructions in Finland, Slovenia and Sweden. IUFRO 2017 Division 5 Conference Forest Sector Innovations for a Greener Future.
- Kuzman, M., Oblak, L. & Vratuša, S.** (2010). Glued Laminated Timber in Architecture. *Drvna industrija*, 61.
- Kyjaková, L., Mandičák, T. & Mesároš, P.** (2014). Modern Methods of Construction and Their Components. *Journal of Engineering and Architecture* March 2014, Vol. 2, No. 1, pp. 27-35.
- Lacerda, A. P., Xambre, A. R. & Alvelos, H. M.** (2016). Applying Value Stream Mapping to eliminate waste: a case study of an original equipment manufacturer for the automotive industry. *International Journal of Production Research*, 54(6), 1708–1720.

- Lean Enterprise Institute (LEI).** (2003). *Lean Lexicon: a graphical glossary for lean thinkers*. 2 ed. Lean Enterprise Institute. U.S.A. 102
- Li, Z., Zhou, R., He, M. & Sun, X.** (2018). Modern timber construction technology and engineering applications in China. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers – Civil Engineering*
<https://doi.org/10.1680/jcien.18.00024>
- Liker, J.** (2004). *The Toyota Way*, McGraw-Hill, New York.
- Liker, J. & Meier D.** (2007). *Toyota Talent – Developing Your People the Toyota Way*. McGraw-Hill, New York
- Lim, V. L.** (2008). Lean construction: knowledge and barriers in implementing into Malaysia construction industry. Retrieved 26 August 2011 from <http://eprints.utm.my>
- Loferski, J. R.** (2015). Light-frame Building Construction with 2 by 4 Lumber – The “New” Old Building System of American Housing. 21. *Internationales Holzbau-Forum IHF 2015*.
- Love, P.E. & Gunasekaran, A.** (1997). Concurrent Engineering in the Construction Industry. *Concurrent Engineering*, 5, 155 - 162.
- Love, P., Zahir, I. & David, E.** (2003). Learning to reduce rework in projects: analysis of firm’s organizational learning and quality practices. *Project Management Journal*, 1, 13–25.
- Lovell, H.** (2012). Modern Methods of Construction. *International Encyclopedia of Housing and Home*, 2012, Vol. 4, 312-316.
- Lukowski, J.** (2010). Lean construction principles eliminate waste. Retrieved 25 August 2012 from <http://www.powermag.com>
- Mahapatra, K. & Gustavsson, L.** (2009). General conditions for construction of multi-storey wooden buildings in Western Europe. Vaxjö: Vaxjö Univesity.
- Marhani, M., Jaapar, A., Bari, N. & Zawawi, M.** (2013). Sustainability Through Lean Construction Approach: A Literature Review. *Procedia Social and Behavioral Science*, Elsevier, Vol101: 90-99.
- Meiling, J. and Johnsson, H.** (2008). Feedback in industrialised housing: Why does it not happen?. In *Proc., 24th Annual Association of Researchers in Construction Management (ARCOM) Conf.*, edited by A. Dainty, 145–154. Wolverhampton, UK: Univ. of Wolverhampton.
- Meiling, J., Backlund, F. and Johnsson, H.** (2012). Managing for continuous improvement in off-site construction: Evaluation of lean management principles. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 19 (2), 141–158.
- Mettem, C. J., Bainbridge, R. J., Pitts, G. C. & Enjily, V.** (1998). Timber frame construction for medium-rise buildings. *Progress in Structural*

Engineering and Materials, 1(3), 253–262.
doi:10.1002/pse.2260010306

- MHCLG** (2019). Modern methods of construction: Introducing the MMC definition framework. Available at: <https://www.gov.uk/government/publications/modern-methods-of-construction-working-group-developing-a-definition-framework> (Accessed: 25 June 2019).
- Miles, J. & Whitehouse, N.** (2013). Offsite Housing Review. Construction Industry Council, London. available at: <https://cic.org.uk/publications/> [Access date: 17/07/2024].
- Mishra, A. K., Sharma, A., Sachdeo, M. & Jayakrishna, K.** (2019). Development of sustainable value stream mapping (SVSM) for unit part manufacturing: A simulation approach. *International Journal of Lean Six Sigma*, 11(3), 493–514. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-04-2018-0036>
- Moghadam, M.** (2014). Lean-Mod: An approach to modular construction manufacturing production efficiency improvement (Ph.D. Dissertation). Univ. of Alberta, Dept. of Civil and Environmental Engineering.
- Mohammad, M., Gagnon, S., Douglas, B. and Podesto, L.** (2012). Introduction to Cross Laminated Timber. *Wood Design Focus*, 22(2), 3-12.
- Monden, Y.** (1998). *Toyota Production System - An Integrated Approach To Just-In-Time*, EMP Books.
- Monteyne, D.** (2004). Framing the American Dream. *Journal of Architectural Education* (1984-), Vol. 58, No. 1, 24-33.
- Mossman, A. & Sarhan, S.** (2021). Synchronising Off-Site Fabrication with On-Site Production in Construction. *Construction Economics and Building*, 21:3, 122–141.
- Moyano-Fuentes, J. & Sacristán-Díaz, M.** (2012). Learning on lean: a review of thinking and research. *International Journal of Operations & Production Management*, 32(5), 551–582.
- Mudgal, D., Pagone, E. & Salonitis, K.** (2020). Approach to Value Stream Mapping for Make-To-Order Manufacturing. *Procedia CIRP*, Volume 93, Pages 826-831. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.04.084>.
- Nadim, W. & Goulding, J. S.** (2009). Offsite Production in the UK: The Construction Industry and Academia. *Architectural Engineering and Design Management*, 5(3), 136–152. <https://doi.org/10.3763/aedm.2008.0094>
- Nagapan, S., Abdul Rahman, I. and Asmi, A.** (2012). Factors contributing to physical and Non-Physical waste generation in construction industry. *International Journal of Advances in Applied Sciences*, Vol. 1 No. 1, pp. 2252-8814.

- Nath, A., Unnikrishnan, S. & Thampi, G.** (2019). Waste Detection in the Construction Industry using Lean Techniques. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*, Volume 7, Issue 5.
- Naturallywood** (t.y.). What is light-frame construction?. Erişim tarihi: 20 Eylöl 2024, <https://www.naturallywood.com/design-and-construction/light-frame-construction/>
- NHBC Foundation.** (2018). Modern methods of construction: Who's doing what?. Available at: <https://www.nhbcfoundation.org/wp-content/uploads/2018/11/NF82.pdf>
- NRC.** (2021). The state of mass timber in Canada 2021. National Resources Canada.
- O'Connor, R. & Swain, B.** (2013). Implementing lean in construction: Lean tools and techniques—an introduction. CIRIA, London, UK.
- OGM** (2022). Ahşap kullanımının yaygınlaştırılması alıştayı [evrimii]. Erişim tarihi: 7 Nisan 2023, [https://www.ogm.gov.tr/tr/haber-sitesi/PublishingImages/tr/haberler/ahsap-kullanimin-yayginlastirilmasi-calistayi/Ah%C5%9Fap%20Kullan%C4%B1m%C4%B1n%C4%B1n%20Yayg%C4%B1nla%C5%9Ft%C4%B1r%C4%B1lmas%C4%B1%20Projesi%20\(OGM-Re%C5%9Fat%20BENL%C4%B0%20\).pdf](https://www.ogm.gov.tr/tr/haber-sitesi/PublishingImages/tr/haberler/ahsap-kullanimin-yayginlastirilmasi-calistayi/Ah%C5%9Fap%20Kullan%C4%B1m%C4%B1n%C4%B1n%20Yayg%C4%B1nla%C5%9Ft%C4%B1r%C4%B1lmas%C4%B1%20Projesi%20(OGM-Re%C5%9Fat%20BENL%C4%B0%20).pdf)
- Ohannesyan, D. S.** (2012). Ahşap Platform ereve Yapıların Yatay Kuvvetler Karşısındaki Davranışları ve Alınması Gereken Önlemler (Yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ohno, T.** (1988). Toyota Production System: Beyond Large Scale Production. Cambridge, Productivity Press.
- Organschi, A.** (2015). Timber city: architectural speculations in a black market. In A. Bernheimer, ed. *Timber in the city: design and construction in mass timber*. ORO Editions. p. 12–25.
- Örs, Y. & Toğay, A.** (2003). Ahşap Yapı Endüstrisinin Tanımı, Sınıflandırılması, Türkiye’de Uygulanan Üretim Teknikleri. *Politeknik Dergisi*, Cilt: 6, Sayı: 3, s. 569-577.
- Özertan, G. ve oşkun, A.** (2021). Masif Ahşap Sektör Raporu 2021. Boğaziçi Üniversitesi.
- Öztürk, A., Arıkan, V. & Öztürk, M.** (2012). Süreç İyileştirme Yöntemleri ve Yöneylem Araştırması. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 25.
- Pan, W., Gibb, A. & Dainty, A.** (2008). Leading UK housebuilders' utilization of offsite construction methods, *Building Research & Information*, 36:1, 56-67, DOI: 10.1080/09613210701204013

- Pasqualini, F. & Zawislak, P.** (2005). Value Stream Mapping in Construction: A Case Study in a Brazilian Construction Company, 13th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 117-125.
- Pasquire, C. L. & Connolly, G.** (2002). Leaner Construction Through Off-Site Manufacturing, 10th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Gramado, Brazil: August.
- Passarelli, R. N. & Koshihara, M.** (2018). The implementation of Japanese cross laminated timber: current situation and future tasks. WCTE 2018-World Conference on Timber Engineering.
- Pavnaskar, S. J., Gershenson, J. K. & Jambekar, A.** (2003). Classification scheme for lean manufacturing tools. International Journal of Production Research, 41(13), 3075–3090.
- Pearce, A. & Pons, D.** (2013). Implementing Lean Practices: Managing the Transformation Risks. Journal of Industrial Engineering, 2013, 1-19.
- Pekuri, A., Herrala, M., Aapaoja, A. and Haapasalo, H.** (2012). Applying Lean in construction—cornerstones for implementation. In Proceedings of the 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction, San Diego, California, USA, pp. 18-20.
- Picchi, F. A.** (2001). Lean Principles and the construction main flows. Proceedings – IGLC 9.
- PMI - Project Management Institute.** (2017). A Guide To The Project Management Body Of Knowledge (PMBOK) - Sixth version. Pennsylvania, USA: Project Management Institute, Inc.
- Polat, A.** (2022). Nitel araştırmalarda yarı-yapılandırılmış görüşme soruları: Soru form ve türleri, nitelikler ve sıralama. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 22 (Özel Sayı 2), 161-182.
- POST** (2003). POSTnote – Modern Methods of House Building. London: Parliamentary Office of Science and Technology. <http://www.parliament.uk/documents/upload/postpn209.pdf>
- Rad, P. and Cioffi, D.** (2004). Work and resource breakdown structure for formalized bottom-up estimating.” Cost Eng. 46 (2): 31–37.
- Rad, P.F.** (1999). Advocating a deliverable-oriented work breakdown structure. Cost Engineering, Vol. 41 No. 12, pp. 35-9.
- Rahani, A. R. & Al-Ashraf, M.** (2012). Production flow analysis through value stream mapping: a lean manufacturing process case study. Procedia Engineering, 41, 1727–1734.
- Ramani, P. V. & KSD, L. K.** (2019). Application of lean in construction using value stream mapping. Engineering, Construction and Architectural Management, 28(1), 216–228. <https://doi.org/10.1108/ECAM-12-2018-0572>

- Rawabdeh, I. A.** (2005). A model for the assessment of waste in job shop environments. *International Journal of Operations & Production Management*, 25(8), 800–822.
- ResmiGazete** (2024). Ahşap Binaların Tasarım, Hesap ve Yapım Esaslarına Dair Yönetmelik (Sayı: 32499). Erişim tarihi: 20 Eylül 2024, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2024/03/20240324-1.htm>
- RIBA** (2016). RIBA Plan of Work 2013: Designing for Manufacture and Assembly. Available at: <https://www.architecture.com/-/media/gathercontent/riba-plan-of-work/additional-documents/ribaplanofworkdfmaoverlaypdf.pdf> (Accessed: 6 February 2019).
- Rother, M. & Shook, J.** (1999). *Learning To See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda*. The Lean Enterprise Institute, Massachusetts, USA.
- Rother, M. & Harris, R.** (2001). *Creating continuous flow: an action guide for managers, engineers & production associates*. Lean Enterprise Institute.
- Rother, M. and Shook, J.** (2003). *Learning to see: Value stream mapping to add value and eliminate muda*. Boston: Lean Enterprise Institute.
- Rymaszewska, A. D.** (2014). The challenges of lean manufacturing implementation in SMEs. *Benchmarking: An International Journal*, 21(6), 987–1002. <https://doi.org/10.1108/BIJ-10-2012-0065>
- Salem, O., Solomon, J., Genaidy, A. and Luegring, M.** (2005). Site implementation and assessment of lean construction techniques. *Lean Construction Journal*. 2 (2): 1–21.
- Sarden, Y.** (2005). *Complexity and learning in timber frame housing-The case of a solid wood pilot project (Doktora tezi)*. Luleå University of Technology, Department of Civil and Environmental Engineering, Luleå.
- SBB** (2019). On birinci kalkınma planı (2019-2023) [çevrimiçi]. Erişim adresi: https://www.sbb.gov.tr/wpcontent/uploads/2022/07/On_Birinci_Kalkinma_Plani-2019-2023.pdf [Erişim tarihi 6 Nisan 2023].
- SBB** (2020). Yeni ekonomi programı 2021-2023 [çevrimiçi]. Erişim adresi: https://www.sbb.gov.tr/wpcontent/uploads/2021/08/YeniEkonomiProgrami_OVP_2021-2023.pdf [Erişim tarihi 6 Nisan 2023].
- SBB** (2018). Onuncu kalkınma planı 2018 yılı yatırım programı [çevrimiçi]. Erişim adresi: https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/10/2018_Yili_Yatirim_Programi.pdf [Erişim tarihi 6 Nisan 2023].
- Serrat, O.** (2009). The Five Whys Technique (Issue 30). <https://www.adb.org/publications/five-whys-technique>
- Serrat, O.** (2017). *The Five Whys Technique*. In: *Knowledge Solutions*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-0983-9_32

- Shah, R. & Ward, P.T.** (2003). Lean Manufacturing Context, Practice, Bundles and Performance. *Journal of Operations Management*. 21(2): 129-149.
- Shah, R. & Ward, P.T.** (2007). Defining and Developing Measures of Lean Production. *Journal of Operations Management*. 25(2): 785-805.
- Shen, L., Tam, V., Tam, C. & Drew, D.** (2004). Mapping Approach for Examining Waste Management on Construction Sites. *Journal of Construction Engineering and Management*, 130(4), 472–481.
- Shetty, P. & Rao, P.** (2019). Importance of Lean Concepts and Its Need in Construction Projects. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 8(2), 2534-2541. <https://doi.org/10.35940/ijrte.b1575.078219>
- Shou, W., Wang, J., Wu, P., Wang, X. & Chong, H.** (2017). A cross-sector review on the use of value stream mapping. *International Journal of Production Research*, 55(13), 3906–3928. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1311031>
- Singh, B., Garg, S. K., Sharma, S. K. & Grewal, C.** (2010). Lean implementation and its benefits to production industry. *International Journal of Lean Six Sigma*, 1(2), 157–168.
- Spišáková, M. & Kozlovská, M.** (2013). Lean Production as an Innovative Approach to Construction. *SSP - JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING*, 8(1), 87-96. <https://doi.org/10.2478/sspjce-2013-0010>
- Stark, N. M., Zhiyong Cai, Z. and Carll, C.** (2010). Wood-Based Composite Materials Panel Products, Glued-Laminated Timber, Structural Composite Lumber, and Wood–Nonwood Composite Materials. *Woodhandbook: wood as an engineering material: chapter 11*. Centennial ed. General technical report FPL; GTR190. Madison, WI: U.S. Dept. Of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 11.1-11.28.
- Sturges, W. G.** (1992). An Exploration of the Relationships between Houses and Forests in American History. *Journal of Architectural Education* (1984), Vol. 46, No. 2, 66-75.
- Şeker, A.** (2016). Yalın Üretim Sisteminde Kanban, Tek Parça Akışı ve U Tipi Yerleştirme Sistemleri. *The Journal of Academic Social Science Studies*, 449–470.
- Şenkal, F.** (1996). Konutlarda Düünden Bugüne Ahşap Kullanımı Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne."
- Şişman, M. E. ve Balaban Ökten, B.** (2023). Yapı sektöründe ahşap teşvik politikaları ve etkileri. *Bab Journal of FSMVU Faculty of Architecture and Design*. 4 (özel sayı), s. 48-64.

- Taj, S. & Morosan, C.** (2011). The Impact of Lean Operations on the Chinese Manufacturing Performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 22(2): 223-240.
- Tapping, D., Luyster, T. and Shuker, T.** (2002). *Value stream management*. New York: Productivity Press.
- Taylor, D., & Brunt, D.** (2001). *Manufacturing operations and supply chain management: the lean approach*. London: Thomson Learning.
- Taylor, M. D.** (2010). A definition and valuation of the UK offsite construction sector, *Construction Management and Economics*, 28:8, 885-896, DOI: 10.1080/01446193.2010.480976
- Tekin, İ. ve Akpınar, İ.** (2014). Betonarmenin Anonimleşmesi: Türkiye’de İkinci Dünya Savaşı Sonrası Yapılı Çevrenin İnşası. *Mimarlık Dergisi*, Bahar 2014.
- Thinkwood** (t.y.). Light frame wood construction. Erişim tarihi: 20 Eylül 2024, <https://www.thinkwood.com/light-frame-wood-construction>
- Toğay, A.** (2002). Ahşap Yapılar, Türkiye’de Ahşap Yapı Endüstrisinin Durumu, Sorunları ve Çözüm Önerileri (Doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Turgut, S.** (2010). Bir Hazır Giyim İşletmesinde Değer Akış Haritasının Çıkarılması ve Müşteri İsteklerine Göre Üretim Ve Pazarlama Süreçlerinin Optimizasyonunun Sağlanması (Yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Türk Dil Kurumu (TDK).** (t.y.). İsrâf. Güncel Türkçe sözlük. Erişim tarihi: 20 Eylül 2024, <https://sozluk.gov.tr/?ara=israf>
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK).** (2020). Yapı İzinleri İstatistikleri. Erişim tarihi: 16 Temmuz 2020, <http://www.tuik.gov.tr>
- Uğurlu, D., Harris, N. & Demirkese, S.** (2021). A framework for implementing lean in the Turkish construction industry. *Journal of Construction Engineering, Management & Innovation*, 2021 Volume 4 Issue 3 Pages 117-133.
- UN-DESA** (2014). 2014 revision of the world urbanization prospects. *World Urbanization Prospects*.
- UNECE** (2016). Promoting sustainable building materials and the implications on the use of wood in buildings. Geneva: United Nations Publication.
- Van Vuuren, T. J. & Middleton, C.** (2019). Quantifying the benefits of off-site construction. Cambridge: CIRIA research project (RP) 1073.
- Vernikos, V. K., Nelson, R., Goodier, C. and Robery, P. C.** (2013). Implementing an offsite construction strategy: a UK contracting organisation case study. In: *Proceedings of the 29th Annual ARCOM Conference*. Reading, UK, 667–677.

- Wang, P., Wu, P., Chi, H. L. & Li, X.** (2020). Adopting lean thinking in virtual reality-based personalized operation training using value stream mapping. *Automation in Construction*, 119(July), 103355.
- Waugh Thistleton Architects (WTA).** (2023). *TIMBER TYPOLOGIES* Understanding options for timber construction. London: Timber Development UK.
- Womack, J. & Jones, D.** (2003) *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation*. Simon & Schuster Ltd, London.
- Womack, J. & Jones, D.** (1996). Beyond Toyota: how to root out waste and pursue perfection. *Harvard Business Review*, 74(5), 140–172.
- Wood Products Council.** (2012). *CLT - Solid Advantages*, Wood Works Information Sheet WW-012, USA.
- Xia, W. & Sun, J.** (2013). Simulation guided value stream mapping and lean improvement: A case study of a tubular machining facility, *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, ISSN 2013-0953, Omnia Science, Barcelona, Vol. 6, Iss. 2, pp. 456-476.
- Xu, H. and Wang, X.** (2014). *Optimization and control methods in industrial engineering and construction*, Springer, Netherlands, pp. 179-196.
- Yalın İnşaat Enstitüsü (YİE).** (2007). *Last Planner Production System Workbook*.
- Yalın İnşaat Enstitüsü (YİE).** (2012). What is lean construction?. Retrieved 13 February 2013 from <http://www.leanconstruction.org>
- Yu, H.** (2010). *An integrated approach toward lean for production homebuilders*. Ph.D. thesis, University of Alberta, Department of Civil and Environmental Engineering, Edmonton, AB, Canada.
- Yu, H., Al-Hussein, M., Al-Jibouri, S. and Telyas, A.** (2013). Lean transformation in a modular building company: A case for implementation. *J. Manage. Eng.* 29 (1): 103–111. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000115](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000115).
- Yu, H., Tweed, T., Al-Hussein, M. and Nasser, R.** (2009). Development of Lean Model for House Construction Using Value Stream Mapping. *Journal of Construction Engineering and Management*. Vol. 135, No. 8, August 1, 2009.
- Zewde, T.** (2020). *Enhancing Labor Productivity of Selected Building Construction Operations Using Value Stream Mapping Integrated With Discrete Event Simulation* (Master degree thesis). Addis Ababa University, School of Civil & Environmental Engineering, Addis Ababa.
- Zhang, Y., Lei, Z., Han, S., Bouferguene, A. and Al-Hussein, M.** (2020). Process-Oriented Framework to Improve Modular and Offsite Construction Manufacturing Performance. *Journal of Construction Engineering and Management*, 146 (9).

- Url-1**<<https://evoahsap.com/wp-content/uploads/2019/08/150-m2-dublex-kutuk-ev.jpg>>, erişim tarihi 20.09.2024.
- Url-2**<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/32/Half-timbered_house_at_Stableford_-_geograph.org.uk_-_698609.jpg>, erişim tarihi 20.09.2024.
- Url-3**<https://www.flickr.com/photos/swedish_heritage_board/22296933788/>, erişim tarihi 20.09.2024.
- Url-4**<<https://x.com/MimariLugat/status/1355504100897681412/photo/2>>, erişim tarihi 20.09.2024.
- Url-5**<https://renaissanceronin.files.wordpress.com/2010/03/balloon_framing.jpg>, erişim tarihi 29.06.2024.
- Url-6**<<https://www.klhuk.com/wp-content/uploads/2023/05/drone-romania4-1024x631.png>>, erişim tarihi 20.09.2024.
- Url-7**<https://images.adsttc.com/media/images/6025/652b/f91c/81c4/f200/034c/slideshow/28072899902_fa7ee9b48c_o.jpg?1613063461>, erişim tarihi 20.09.2024.
- Url-8**<https://i0.wp.com/streif.co.uk/wp-content/uploads/2023/05/SAW_150421_164.jpg?w=1600&ssl=1>, erişim tarihi 29.06.2024.
- Url-9**<<https://cpqi.com/wp-content/uploads/2023/04/Picture1.jpg>>, erişim tarihi 20.09.2024.
- Url-10**<https://static.wixstatic.com/media/d74d6c_91b5fb0292f245d08f0592f82feb2b7b~mv2.jpg/v1/fill/w_818,h_461,al_c,q_85,enc_auto/d74d6c_91b5fb0292f245d08f0592f82feb2b7b~mv2.jpg>, erişim tarihi 20.09.2024.
- Url-11**<<https://www.probuilder.com/utopia/modular-mark-prefab-pros-and-cons>>, erişim tarihi 20.09.2024.
- Url-12**<<https://www.workbreakdownstructure.com/img/phase-based-wbs.jpg>>, erişim tarihi 20.09.2024.
- Url-13**<https://nl.wikipedia.org/wiki/Value-stream_mapping#/media/Bestand:ValueStreamMapParts.png>, erişim tarihi 20.09.2024.

EKLER

Ek A: A3 israf tespit çizelgesi.

Süreç Adı

İKY seviyesi	Alt süreçler/aktiviteler	İşçi sayısı	Hedeflenen işlem süresi	Gerçekleşen işlem süresi	Hedeflenen tamamlanma süresinden sapma oranı
-	-	-	-	-	-

Verimsizlik / İsfaf	Süreç (Seviye)	Birincil neden	Etkisi
1	Zemin latalarının dengelenme süresi 1 gün uzadı.	Zemin lataları çok bozuk yapıldığı için (Tedarikçinin taahhüdüne uymaması)	Zemin kat duvarlarının montajı gecikti
2	-	-	-
3	-	-	-
4	-	-	-
5	-	-	-
6	-	-	-
7	-	-	-

Ek B: Kök-Neden analizi çizelgesi.

[illegible]

Ek C: Vaka çalışmasında doldurulan A3 israf tespit çizelgeleri

TÜM SÜREÇLER					
İKY seviyesi	Alt süreçler/aktiviteler	İşçi sayısı	Hedeflenen işlem süresi	Gerçekleşen işlem süresi	Hedeflenen tamamlanma süresinden sapma oranı
51	1. Mimari Tasarım 2. Detay tasarımını 3. İmalat 4. Nakliye 5. Montaj	5	108 gün	133 gün	29%

Verimsizlik / İsrar	Süreç (Seviye)	Birinci neden	Etkisi
1	İmalat çizimleri tanımlanmadan imalata başlanmak durumunda kalındı.	İmalat	İmalatlarda çizim eksikliği kaynaklı hatalar oluştu Ekstra iş gücü gerektiren yeniden yapımlar oldu İmalat süreci uzadı Hedeflenen iş akışı takip edilemedi
2	Firmanın vitçe, kamyon gibi araçları olmaması nedeniyle lojistik hizmetler dışardan alınmaktadır. İlanlı planlama yapıldığı takdirde yüksek miktarda kiralama bedeli kayıpları olmaktadır. Sistemli bir planlama olmadıkça bu tür maddi kayıplar gözlemlenmiştir.	Nakliye Montaj	Ekipman eksikliği Planlama eksikliği
3	Yapıların genel mimari tasarım, detay tasarımı ve imalat tasarımları autocad programında çizilmektedir. Duvar paneli, döşeme paneli, kırış gibi yapı elemanlarının imalat tasarımlarında ve çizimlerinde herhangi bir BIM programı kullanılmamaktadır. Bu nedenle tasarımda herhangi bir küçük değişiklik olduğunda çizimin manuel olarak tekrardan çizilmesi gerekmektedir. Böylece çok fazla zaman kaybedilmektedir ve insan kaynaklı çizim hataları oluşabilmektedir.	Detay Tasarımı İmalat	Detay tasarımı ve imalat çizimlerinde pratik BIM destekli bilgisayar programlarının kullanılmaması
4	Firmanın teknik tasarım ve uygulama bilgisi bir kişide bulunmaktadır. Kişil cıddetli personelin rahatsızlığında işler yapılamamaktadır.	Çıtı panellerinin montajı (S4)	Çıtı kaplamalarının montajı gecikti Merdiven montajı gecikti
5	Merdivenin montaj süresi 1 gün uzadı	Merdiven montajı (S4)	Ön imalat eksikliği (yeminde üretim ihtiyacı) Detay çizim eksikliği
6	Sıcağ altı ve pervaz kaplamalarının montajı 2 gün uzadı	Sıcağ altı ve pervaz kaplamalarının montajı (S4)	Tasarımın uygun olmaması nedeniyle yeniden yapım
7	Binanın boyası işleri 1 gün uzadı	Boya (S4)	Montaj sürecinde öngörülenlerden fazla boya alanı çıkması
8	Binanın son rötuş işleri 2 gün uzadı	Rötuş (S4)	Montaj sürecinde öngörülenlerden fazla rötuş çıkması Hedeflenen iş teslim süresinden sapma

Ek C: Vaka çalışmasında doldurulan A3 israf tespit çizelgeleri (Devamı)

Binanın Kurulumu					
İKV seviyesi	Alt süreçler/aktivite ler	İşçi sayısı	Hedeflenen işlem süresi	Gerçekleşen işlem süresi	Hedeflenen tamamlanma süresinden sapma oranı
S3	.Zemin lataası yerleştirme .Zemin kat Duvarların montajı .Ara kat Döşemelerin montajı .1. kat duvarların montajı .Çatı panellerinin montajı .Çatı Kaplamaları .Merdiven .Saçak altı ve Pervaz Kaplamaları .İzolasyon malzemesi döşenmesi .Doğramaların montajı .Alçıpan .Boya	5	26 gün	33 gün	27%

Verimsizlik / İsfaf	Süreç (Seviye)	Birincil neden	Btksi
1	Zemin latalarının dengelenmesi 1 gün uzadı.	5.2.1. Zemin lataası (Tedarikçinin taahhüdüne uymaması)	.Zemin kat duvarlarının montajı gecikti
2	Zemin kat duvarlarının montajı 1 gün uzadı	Zemin kat duvarlarının monte edilme ye başladı (Tedarikçinin taahhüdüne uymaması)	.Ekstra iş gücü kullanıldı .Ara kat döşeme montajı gecikti
3	Ara kat döşemelerinin montajı 1 gün uzadı	.Ön imalat eksikliği (yerinde üretim ihtiyacı)	.Ekstra iş gücü kullanıldı .Ara kat duvarlarının montajı gecikti.
4	Çatı panellerinin montajı 1 gün uzadı	.Montajı kolay olmayan tasarım .Ustaların deneyimsizliği	.Çatı kaplamalarının montajı gecikti .Merdiven montajı gecikti
5	Merdivenin montajı 1 gün uzadı	.Ön imalat eksikliği (yerinde üretim ihtiyacı) .Detay çizim eksikliği	.Saçak altı ve pervaz kaplamalarının montajı gecikti
6	Saçak altı ve pervaz kaplamalarının montajı 2 gün uzadı	Tasarımın uygun olmaması nedeniyle yeniden yapım	.Bina rötuşlarının yapılma süresi gecikti
7	Binanın boya işleri 1 gün uzadı	.Montaj sürecinde öngörülenden fazla boya alanı çıkması	.Bina rötuşlarının yapılma süresi gecikti
8	Binanın son rötuş işleri 2 gün uzadı	.Montaj sürecinde öngörülenden fazla rötuş çıkması	.Hedeflenen iş teslim süresinden sapma