T.C.
İSTANBUL YENİ YÜZYIL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KABA İNŞAAT ÇALIŞMALARINDA SMED TEKNİĞİ KULLANILARAK ÇALIŞMALARIN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Anıl ARAÇLI

TEZ DANIŞMANI
Dr. Öğr. Üyesi Aliye KAŞARCI HAKAN

İSTANBUL, 2025

T.C.
İSTANBUL YENİ YÜZYIL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI

İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KABA İNŞAAT ÇALIŞMALARINDA SMED TEKNİĞİ KULLANILARAK ÇALIŞMALARIN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Anıl ARAÇLI

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Aliye KAŞARCI HAKAN
Jüri Üyesi: Dr. Öğr. Üyesi Sertaç TEMUR
Jüri Üyesi: Dr. Öğr. Üyesi Tolga BARIŞIK

İSTANBUL, 2025

T.C.
İSTANBUL YENİ YÜZYIL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ
TEZ ONAY BELGESİ

İş Sağlığı Ve Güvenliği Tezli Yüksek Lisans Programı 22111101012 numaralı öğrencisi Anıl ARAÇLI'nın "**İnşaat Sektöründe Kaba İnşaat Çalışmalarında Smed Tekniği Kullanılarak Çalışmaların İş Sağlığı ve Güvenliği Yönünden Değerlendirilmesi** " adlı tez çalışması, Enstitümüz Yönetim Kurulunun 29/07/2025 tarih ve 2025/18 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından oy birliğiyle ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 11/08/2025

Dr. Öğr. Üyesi Aliye KAŞARCI HAKAN
Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Sertaç TEMUR
Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Tolga BARIŞIK
Jüri Üyesi

ETİK BEYAN

İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tezde;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,

- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,

- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,

- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

11/ 08 / 2025

Anıl ARAÇLI

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması, inşaat sektöründe sıkça karşılaşılan zaman baskısı, plansızlık, deneyimsizlik ve organizasyonel aksaklıkların neden olduğu iş sağlığı ve güvenliği problemlerine çözüm üretmek amacıyla yürütülmüştür. Süreçlerin iyileştirilmesi ve iş kazalarının önlenmesine katkı sağlamak üzere SMED (Single-Minute Exchange of Dies) yöntemi temelinde yapılan bu çalışma, iş süreçlerinde verimliliği artırmayı ve kaynak israfını azaltmayı hedeflemektedir.

Araştırma sürecim boyunca akademik rehberliği, yapıcı yönlendirmeleri ve güven veren yaklaşımıyla her zaman yanımda olan değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Aliye Kaşarcı Hakan'a en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Hayatım boyunca bana emek vererek bugünlere gelmemi sağlayan, sevgiyle yetiştiren kıymetli anne ve babama şükranlarımı sunuyorum.

Bu süreçte pozitifliğiyle bana güç veren, her zaman inancını hissettiren ve desteğini esirgemeyen sevgili eşime sonsuz teşekkür ederim. Varlığı ve neşesiyle hayatımı renklendiren canım oğluma, yoğun zamanlarda dahi bana moral kaynağı olduğu için ayrıca minnettarım.

Kişiliğiyle bana her zaman ilham veren ve yolumu aydınlatan değerli arkadaşım Merve Nezirler'e gönülden teşekkür ederim.

Ayrıca bu çalışmanın yürütülmesinde emeği geçen tüm çalışma arkadaşlarıma, katkı sunan kurum çalışanlarına ve bana bu süreçte destek olan herkese teşekkür ederim.

Bu tez, yalnızca bir akademik çalışma değil; birlikte yürüdüğüm insanların emeği, inancı ve desteğiyle hayat bulan bir çabanın ürünüdür.

İSTANBUL, 2025 Anıl ARAÇLI

İÇİNDEKİLER

ETİK BEYAN ..... **İ**

ÖNSÖZ ..... **İİ**

TABLOLAR LİSTESİ ..... **Vİİ**

ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **İX**

KISALTMALAR LİSTESİ ..... **X**

ÖZET ..... **Xİİ**

ABSTRACT ..... **XİV**

1. GİRİŞ **1**

2. GENEL BİLGİLER **4**

2.1. Yalın Felsefe **4**

2.1.1. Yalın üretim kavramı ve tarihçesi **6**

2.1.2. Değer kavramı **6**

2.1.3. SMED yöntemi ve tarihçesi **14**

2.1.4. 5S yöntemi **20**

2.1.5. Değer akış haritalama (VSM) **21**

2.1.6. DMAIC döngüsü (süreci) **23**

2.1.7. Makarna (spagetti) diyagramı **25**

2.1.8. Pareto analizi **27**

2.2. İş Sağlığı ve Güvenliği Ve Risk Değerlendirme Yöntemleri **30**

2.2.1. İş sağlığı ve güvenliği kavramı ve tarihçesi **30**

2.2.2. İş sağlığı ve güvenliğine yönelik entegre yönetim sistemleri **32**

2.2.3. İş sağlığı ve güvenliği alanında risk değerlendirme yöntemleri **34**

2.3. Türkiye'de Yalın Üretim Başlangıcı **38**

2.3.1. Türkiye'de yalın üretimin gelişimi **38**

2.3.2. Türkiye'de inşaat sektörü **40**

2.3.3. Üst yapı kaba inşaat imalatı ve iş akış şeması **42**

3. GEREÇ VE YÖNTEM 45
3.1. Gereç 45
3.1.1. Kullanılan materyaller ve programlar 45
3.1.2. İşletme hakkında bilgiler 45
3.2. Yöntemler 48
3.2.1. Veri toplama yöntemleri 48
3.2.2. Veri analizinde kullanılan yöntemler 50
4. BULGULAR 59
4.1. Kalıp İmalat Süreci 59
4.1.1. Sürecin tanımı 59
4.1.2. Mevcut durum değer akış haritası (VSM) 60
4.1.3. Fine-Kinney risk değerlendirmesi 61
4.1.4. DMAIC süreci 79
4.1.5. SMED uygulaması 82
4.1.6. Pareto analizi 85
4.2. Demir Donatı İmalat Süreci 87
4.2.1. Sürecin tanımı 87
4.2.2. Mevcut durum değer akış haritası (VSM) 88
4.2.3. Fine-Kinney risk değerlendirmesi 90
4.2.4. DMAIC süreci 107
4.2.5. SMED uygulaması 114
4.2.6. Pareto analizi 118
4.3. Beton Döküm Süreci 120
4.3.1. Sürecin tanımı 120
4.3.2. Mevcut durum değer akış haritası (VSM) 122
4.3.3. Fine-Kinney risk değerlendirmesi 124
4.3.4. DMAIC süreci 136
4.3.5. SMED uygulaması 140
4.3.6. Pareto analizi 144
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 147
6. KAYNAKLAR 158

EKLER..... 165
Ek-1 : Ahşap kalıp kesiminde Fine-Kinney risk analiz raporu…..…….. 165
Ek-2 : Ahşap kalıp montajı ve sökümünde Fine-Kinney risk analiz raporu….. 166
Ek-3 : Kalıp imalat alanı 1. durum başlangıcında Fine-Kinney risk analiz raporu……...……..…...……...….167
Ek-4 : Ahşap kalıp imalatında Fine-Kinney risk analiz raporu…..…..……..168
Ek-5 : Ahşap kalıp imalatında makarna diyagramı ve 5S uygulaması sonrası Fine Kinney risk analiz raporu…….……...……..…..……..169
Ek-6 : Ahşap kalıp imalat alanının 2. duruma taşınması sonrası Fine-Kinney risk analiz raporu……...……..…..……...…….…170
Ek-7 : Ahşap kalıp kayar kalıba ve masa kalıp iskeleye geçiş sonrası Fine-Kinney risk analiz raporu……...……...……...…171
Ek-8 : Kayar kalıp imalatında makarna diyagramı ve 5S uygulaması sonrası Fine Kinney risk analiz raporu…….……..…..…...……...…172
Ek-9 : Demir donatı kesimi Fine-Kinney risk analiz raporu…….....……..…173
Ek-10 : Demir donatı bükümü Fine-Kinney risk analiz raporu……..174
Ek-11 : Demir donatı imalatında SMED uygulaması sonrası Fine-Kinney risk analiz raporu……...……..……..…..……...…175
Ek-12 : Demir donatı imalatında darboğaz tespiti ile iyileştirme yapılması sonrası Fine-Kinney risk analiz raporu……..…..……..……176
Ek-13 : Demir donatı imalat alanı 1. Durum başlangıcında Fine-Kinney risk analiz raporu……..……...……..……....…..…….…..177
Ek-14 : Demir donatı imalatında 1. durumdan 2. ve 3. duruma geçiş sonrası Fine-Kinney risk analiz raporu……..…..…….…..178
Ek-15 : Beton dökümü Fine-Kinney risk analiz raporu……..……....179
Ek-16 : Beton dökümü öncesi kalıp ve demir donatı kontrolü Fine-Kinney risk analiz raporu……...……..……..…..…….……..180
Ek-17 : Beton dökümü öncesi kalıp ve demir donatı kontrolünde SMED ve 5S uygulaması sonrası Fine-Kinney risk analiz raporu ….…….……..181
Ek-18 : Yüklenici firmanın beton santrali ve yapı laboratuvarını seçmesi durumunda Fine-Kinney risk analiz raporu ……..……..182

Ek-19 : Yüklenici firmanın beton santrali ve yapı laboratuvarı seçiminde makarna diyagramı uygulaması sonrası Fine-Kinney risk analiz raporu ..…..183

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 3.1 : Şantiye personel dağılım tablosu..…….……...46
Tablo 3.2 : Çalışanların demografik özellikleri……...……...46
Tablo 3.3 : Olasılık puan ve derecelendirme tablosu……..53
Tablo 3.4 : Frekans puan ve derecelendirme tablosu……..54
Tablo 3.5 : Şiddet puan ve derecelendirme tablosu……..……..54
Tablo 3.6 : Risk skoru çarpım tablosu…….……54
Tablo 3.7 : Fine-Kinney risk skor tablosu……...…….……...54
Tablo 4.1 : Kalıp imalat sürecinde mevcut durum değer akış haritası……60
Tablo 4.2 : Ahşap kalıp kesiminde Fine-Kinney risk analiz raporu…..……..…62
Tablo 4.3 : Ahşap kalıp montajı ve sökümünde Fine-Kinney risk analiz raporu……64
Tablo 4.4 : Kalıp imalat alanı 1. durum başlangıcında Fine-Kinney risk analiz raporu…….……..…..…….……68
Tablo 4.5 : Ahşap kalıp imalatında Fine-Kinney risk analiz raporu…..……..…70
Tablo 4.6 : Ahşap kalıp imalatında makarna diyagramı ve 5S uygulaması sonrası Fine Kinney risk analiz raporu……..…..…….……72
Tablo 4.7 : Ahşap kalıp imalat alanının 2. duruma taşınması sonrası Fine-Kinney risk analiz raporu……...……..…..…….……75
Tablo 4.8 : Ahşap kalıp kayar kalıba ve masa kalıp iskeleye geçiş sonrası Fine-Kinney risk analiz raporu……..…..…….……77
Tablo 4.9 : Kayar kalıp imalatında makarna diyagramı ve 5S uygulaması sonrası Fine Kinney risk analiz raporu……..…..…….……78
Tablo 4.10 : Ahşap kalıp imalatında SMED uygulaması ile iç ayarların dış ayarlara dönüştürülmesi…...……..…..…….……83
Tablo 4.11 : Kalıp imalat süreci iyileştirme tablosu…….…..…….84
Tablo 4.12 : Demir donatı imalatında mevcut durum değer akış haritası……89
Tablo 4.13 : Demir donatı kesimi Fine-Kinney risk analiz raporu……...…….91
Tablo 4.14 : Demir donatı bükümü Fine-Kinney risk analiz raporu……..…….94
Tablo 4.15 : Demir donatı imalatında SMED uygulaması sonrası Fine-Kinney risk analiz raporu……...……..…..…….……96
Tablo 4.16 : Demir donatı imalatında darboğaz tespiti ile iyileştirme yapılması sonrası

Fine-Kinney risk analiz raporu……...…..…….…..…98
Tablo 4.17 : Demir donatı imalat alanı 1. Durum başlangıcında Fine-Kinney risk analiz raporu……...……..…..……...…103
Tablo 4.18 : Demir donatı imalatında 1. durumdan 2. ve 3. duruma geçiş sonrası Fine Kinney risk analiz raporu……..…..…….….105
Tablo 4.19 : Demir donatı imalatında SMED uygulaması ile iç ayarların dış ayarlara dönüştürülmesi……...……..…..…….…..116
Tablo 4.20 : Demir donatı imalat süreci iyileştirme tablosu……..……117
Tablo 4.21 : Beton döküm sürecinde mevcut durum değer akış haritası ……..122
Tablo 4.22 : Beton dökümü Fine-Kinney risk analiz raporu…… ……...124
Tablo 4.23 : Beton dökümü öncesi kalıp ve demir donatı kontrolü Fine-Kinney risk analiz raporu……...……..…..…….……..126
Tablo 4.24 : Beton dökümü öncesi kalıp ve demir donatı kontrolünde SMED ve 5S uygulaması sonrası Fine-Kinney risk analiz raporu ……..128
Tablo 4.25 : Yüklenici firmanın beton santrali ve yapı laboratuvarını seçmesi durumunda Fine-Kinney risk analiz raporu …….……..…….……..131
Tablo 4.26 : Yüklenici firmanın beton santrali ve yapı laboratuvarı seçiminde makarna diyagramı uygulaması sonrası Fine-Kinney risk analiz raporu …….……...134
Tablo 4.27 : Beton döküm sürecinde SMED uygulaması ile iç ayarların dış ayarlara dönüştürülmesi…….. …….……..142
Tablo 4.28 : Beton döküm süreci iyileştirme tablosu……..……..143
Tablo 5.1 : Literatürdeki SMED ve yalın üretim uygulamaları ile bu çalışmanın karşılaştırılması……..…….……..152

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 : Kondratiev'in uzun dönemli dalgalarından K dalgalarının özellikleri..... 5
Şekil 2.2 : Değer kavram üçgeni 6
Şekil 2.3 : Üst yapı kaba inşaat imalatı iş akış diyagramı 44
Şekil 3.1 : Şantiye vaziyet planı ve bina oturum alanı ölçüleri 47
Şekil 3.2 : Taşıyıcı sistem iş akış şeması..... 50
Şekil 3.3 : Süreç yönetim şeması..... 55
Şekil 4.1 : Kalıp imalat alanının 1. durum ve 2. durumda yerleşim planı 67
Şekil 4.2 : Pareto analizi-risk olayları 86
Şekil 4.3 : Demir donatı imalat yerleşim alanlarının planı..... 100
Şekil 4.4 : Pareto analizi-risk olayları 119
Şekil 4.5 : Pareto analizi-risk olayları 146
Şekil 5.1 : Faaliyet bazlı zaman tasarrufu ve risk azalma oranları 150
Şekil 5.2 : Zaman tasarrufu karşılaştırma grafiği 153

KISALTMALAR LİSTESİ

AutoCAD : Bilgisayar Destekli Tasarım

CTQ : Müşteri Kritik Kalite Karakteristikleri

DMAIC : Tanımla, Ölçme, Analiz, İyileştirme, Kontrol

DOE : Deneysel Tasarım

DÖF : Düzeltici Önleyici Faaliyet

ECRS : Eliminasyon, Kombinasyon, Yeniden Düzenleme, Sadeleştirme

EUN : Avrupa Okul Ağı

EYS : Entegre Yönetim Sistemi

ILO : Uluslararası Çalışma Örgütü

IoT : Nesnelerin İnterneti

ISO : Uluslararası Standardizasyon Örgütü

İPK : İstatiksel Proses Kontrol

İSG : İş Sağlığı Ve Güvenliği

JIT : Tam Zamanında Üretim

KOBİ : Küçük Ve Orta Büyüklükteki İşletmeler

K1, K5 : Kondratiev Dalga Seviyeleri

MSA : Ölçüm Sistemleri Analizi

M^2 : Metrekare

OEE : Genel Ekipman Etkinliği

OHS : İş Sağlığı Ve Güvenliği

OHSAS : İş Sağlığı Ve Güvenliği Değerlendirme Serisi

PUKÖ : Planla, Uygula, Kontrol Et, Önlem Al

SGK : Sosyal Güvenlik Kurumu

SIPOC : Tedarikçiler, Girdiler, Süreç, Çıktılar, Müşteriler

SMED : Tek Dakikalarda Kalıp Değişimi

SOP : Standart Çalışma Prosedürü

TÜİK : Türkiye İstatistik Kurumu

TÜS/ TPS : Toyota Üretim Sistemi

TPM : Toplam Üretken Bakım

Vd. : Ve Diğerleri

VSM : Değer Akış Haritalama

WHO : Dünya Sağlık Örgütü

2B : 2 Bodrum Kat

4M : İnsan, Makine, Malzeme, Yöntem

5S : Ayıkla, Düzenle, Temizle, Standartlaştır, Sürdür Ve Geliştir

ÖZET

İNŞAAT SEKTÖRÜNDE KABA İNŞAAT ÇALIŞMALARINDA SMED TEKNİĞİ KULLANILARAK ÇALIŞMALARIN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışma, inşaat sektöründe zaman, maliyet ve kalite üçgeninde proje yönetiminde karşılaşılan zorluklara çözüm geliştirmek amacıyla, yalın üretim tekniklerinden SMED (Single Minute Exchange of Die), 5S ve makarna diyagramı yöntemlerinin uygulanabilirliğini incelemektedir. Araştırma, kaba inşaat sürecinde özellikle beton dökümü, demir donatı imalatı ve malzeme lojistiği aşamalarında verimliliğin artırılması ve iş sağlığı-güvenliği (İSG) risklerinin azaltılmasını hedeflemektedir.

Çalışma kapsamında, 10.000 m² büyüklüğünde, 2 bodrum, 1 zemin ve 13 katlı iki bloktan oluşan bir şantiyede saha gözlemleri, zaman etüdü, risk değerlendirmesi ve istatistiksel analiz yöntemleri kullanılmıştır. SMED yöntemi, beton dökümü öncesi hazırlık ve uygulama adımlarında iç ve dış ayarların ayrıştırılması, ekipman yerleşim optimizasyonu ve işlem sürelerinin kısaltılması amacıyla uygulanmıştır. 5S sistemi ile malzeme yerleşim düzeni, ekipman erişilebilirliği ve çalışma alanı temizliği iyileştirilmiştir. Makarna diyagramı kullanılarak, yakın konumdaki beton santrali ve yapı laboratuvarı seçimi sayesinde nakliye gecikmeleri en aza indirilmiş ve kalıpüstü çalışanların tehlikeli çalışma süresi azaltılmıştır.

Bulgular, uygulanan iyileştirmelerin hem üretim süresinde hem de İSG göstergelerinde anlamlı iyileşmeler sağladığını ortaya koymuştur. Örneğin, beton döküm sürecinde toplam işlem süresi %40-45 kısalırken, risk değerlendirme skorları ortalama %80 oranında azalmıştır. Pareto analizleri, en kritik sorunların pompa ve mikser gecikmeleri, hortum bağlantılarının döküm sırasında yapılması ve betonun geç ulaşması olduğunu; bu üç faktörün toplam problemin %80'ini oluşturduğunu göstermiştir.

Sonuç olarak, SMED, 5S ve makarna diyagramı yöntemlerinin entegre biçimde kullanılması, inşaat sahasında hem operasyonel verimlilik hem de çalışan güvenliği

açısından önemli kazanımlar sağlamaktadır. Bu yaklaşım, süreçlerin yalınlaştırılması, risklerin minimize edilmesi ve proje hedeflerine zamanında ulaşılması bakımından sektör geneline uygulanabilir niteliktedir.

Anahtar Kelimeler: SMED, VSM, 5S, Spagetti Diyagramı, İş Güvenliği, İnşaat.

Anıl ARAÇLI, 2025

ABSTRACT

EVALUATION OF WORKS USING SMED TECHNIQUE IN ROUGH CONSTRUCTION WORKS IN THE CONSTRUCTION SECTOR IN TERMS OF OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY

This study examines the applicability of lean production techniques—SMED (Single Minute Exchange of Die), 5S, and spaghetti diagram—to address the challenges encountered in construction project management within the time–cost–quality triangle. The research focuses on increasing efficiency and reducing occupational health and safety (OHS) risks during the structural construction process, particularly in the stages of concrete pouring, rebar fabrication, and material logistics.

The fieldwork was conducted on a 10,000 m² construction site consisting of two blocks, each with 2 basement floors, 1 ground floor, and 13 upper floors. The study employed site observations, time studies, risk assessments, and statistical analysis methods. The SMED technique was applied to separate internal and external setup activities in pre-pouring preparations and execution steps, optimize equipment placement, and reduce operation times. The 5S methodology improved material arrangement, equipment accessibility, and workplace cleanliness. By using a spaghetti diagram, the selection of the nearest concrete plant and structural testing laboratory minimized transportation delays and reduced the exposure time of workers operating above the formwork level.

The findings revealed that the implemented improvements provided significant progress in both production time and OHS indicators. For example, the total duration of the concrete pouring process was reduced by 40-45%, while risk assessment scores decreased by an average of 80%. Pareto analysis identified the most critical issues as delays in concrete pump and mixer arrivals, performing hose connections during pouring, and late concrete delivery—together accounting for 80% of the total problems. In conclusion, the integrated use of SMED, 5S, and spaghetti diagram techniques offers substantial benefits for both operational efficiency and worker safety on construction sites. This approach is applicable across the construction industry,

promoting process streamlining, risk minimization, and timely achievement of project objectives.

Keywords: SMED, VSM, 5S, Spaghetti Diagram, Occupational Safety, Construction

Anıl ARAÇLI, 2025

1. GİRİŞ

İnşaat sektörü, gelişmekte olan ülkelerde istihdama imkan tanıyan ve yatırım kaynaklarına cazibe imkanı sunan lokomotif bir sektördür.

İnşaat sektöründe enflasyon, yer yer yetersiz hammadde , enerji, stok vb.'den dolayı maliyet artışlarının yaşanması, depolanabilecek unsurların kısıtlılığı, taahhüt süreleri gibi nedenlerle sektörün kontrolsüz hızlanmasına sebep olmakta, zaman faktörünü de ön plana çıkarmaktadır.

İnşaat yapım yönetim aşamaları içinde proje yönetimi en önemli unsurlardandır. Proje yönetiminde ise amaç, zaman, maliyet ve kalite üçgeni içinde projeyi tamamlamaktır. Küçük büyük her projede de zaman ve finansal kısıtlar söz konusudur (Uğural, 2020). Bununla beraber projeyi etkileyen diğer unsurlar arasında işçiler, malzeme, makine ve ekipmanlar, amortisman süreleri, kiralama süreleri, yıpranma vb. sayılabilir. Bu unsurları iş kazalarının dört temel sebebi (insan, makine, ortam/ çevre ve yönetim, 4M kuralı) olarak sayabiliriz (Demir, 2018).

Yine kaza zincir teorisine göre iş kazaları beş faktörden meydana gelmekte bunlar insanın zayıflığı, kişisel kusurlar, tehlikeli hareket ve durumlar, kaza olayı ve en son olarak da zarar/ hasar kısmından oluşmaktadır. Kaza zincir teorisinin en önemli halkalarından olan tehlikeli hareket ve kişisel hatalar iş kazalarının %95'inden fazlasına sebep olmaktadır (Yılmaz, 2013). Tehlikeli hareketler içerisinde dikkatsizlik vb. durumlarla sıkça karşılaşılmaktadır. Dikkatsizlik ve aceleciliğe sebep olan en önemli faktör ise plansızlık ve zaman kısıtlılığıdır. Mevcut ve klasik yöntemler ise işçi sağlığı ve iş güvenliği uygulamalarını zaman ve maliyet sebepleriyle işlemez hale getirebilmektedir. Bu sebeple mevcut ve klasik yöntemlerde SMED yaklaşım modeli uygulanarak iş sağlığı ve güvenliğini sektöre olduğu kadar sektörün hızına da entegre etmek hedeflenmiştir.

Bu çalışmanın temel amacı, inşaat sektöründe zaman baskısı ve yoğun iş temposunun neden olduğu iş kazalarını azaltmak ve verimliliği artırmaktır. Literatürde genellikle seri üretim hatlarında kullanılan SMED, 5S ve makarna diyagramı yöntemleri, bu

çalışmada şantiye ortamına uyarlanarak hem operasyonel hızın hem de iş sağlığı ve güvenliği standartlarının eş zamanlı olarak iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Özellikle beton dökümü ve demir donatı imalatı gibi zaman kritik süreçlerde, süreç adımlarının sadeleştirilmesi ve ekipman yerleşiminin optimize edilmesi sayesinde üretim sürelerinde anlamlı düşüşler ve risk skorlarında belirgin azalmalar sağlanmıştır.

SMED yaklaşım modelinin entegresi için öncelikle inşaat çalışmalarındaki iş kalemleri belirlenmelidir. Kazı, iksa, zemin iyileştirme, kaba inşaat, ince işler ve çevre düzenlemesi şeklinde belirtilen tüm iş kalemleri içerisinde kaba inşaat çalışmaları en yüksek risk unsurlarının bulunduğu iş kalemleri arasında olup iş akışı; kalıp, demir imalatı ve beton dökümü şeklindedir.

Kaba inşaat imalatında gerekli malzemeler ve makine – ekipmanlar şantiye alanında uygun yerlere mobilize edildikten sonra statik proje baza alınarak önce kalıp imalatı ve ardından demir imalatı yapılır. Bu imalatların uygunluğu şantiye şefi, müşavir firma ve yapı denetim onayından geçtikten sonra beton dökümüne izin verilir. Beton dökümü hava şartları ve beton santralinden gelen betonun projeye uygunluğu tespit edilerek yapılır.

İşçilerin sigorta girişlerinin yapılması, işe uygun kişisel koruyucu donanımlarının teslimi, mesleki yeterlilik belgeleri de dahil işle ilgili evraklarının teslim alınması ve özlük dosyasının oluşturulması, temel iş sağlığı ve güvenliği ile diğer ilgili iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin ilgili kişi veya kurumlar tarafından verilmesi ve kayıt altına alınması, şantiye alanına giriş dahil tehlike durumuna uygun uyarı ve işaret levhalarının yerleştirilmesi bunun dışında şantiye alanında gerekli toplu koruma önlemlerinin alınmış olması, malzemelerin güvenlik bilgi formlarına uygun depolama, kullanım ve yerleşiminin sağlanması, makine-ekipmanların bakım-onarım formları, periyodik kontrol raporları ve topraklama raporlarının alınması, elektrik panolarının yönetmeliğe uygun düzenlenmesi sonrası işçilerin şantiye alanına alınması ve işbaşı yaptırılması, yapılan işin gözlem ve kontrolü ilgili iş güvenliği gözetmenlerince yapılması ise şantiye çalışanlarının iş akış düzeni olarak sayılabilir.

İşverenin inşaat ruhsatı öncesinde imar planları dahilinde yaptırmış olduğu projeler, ruhsat ve sonrasında çalışan şantiye şefi ve işçilerin kalifiye olması, iş planı dahilinde yeterli malzeme ve işçi sayısının olmaması, şantiyenin gerekli yerlere uzak olması iş akışını olumlu veya olumsuz etkilemektedir.

Yine yapı denetim, beton santrali, belediye ve bakanlık çalışanlarının şikayet, uygunsuz imalat, plansız çalışma, yetersiz çalışan, kazalar vb. ile Çevre, Şehircilik Ve İklim Değişikliği Bakanlığının yayınlamış olduğu yönetmelikler çerçevesinde iş akışına olumlu veya olumsuz etkiler bıraktığı belirlenmiştir.

İş akışları incelendiğinde zaman faktörü ile işteki tehlikeye maruziyet süresi orantılı olmakta SMED yaklaşımı ile verimlilik artırılarak iş sağlığı ve güvenliğine yönelik olumlu etkilerin tespit edilmesi amaçlanmaktadır.

Bu çalışma, inşaat şantiyelerinde yalın üretim tekniklerinin uygulanabilirliğini gösteren nadir saha araştırmalarından biridir. Elde edilen sonuçlar, tüm süreçlerde zamandan ortalama %40-45 kısalma, risk değerlendirme skorlarında %80 düşüş ve saha içi malzeme taşıma mesafelerinde azalma gibi somut kazanımlar ortaya koymuştur. Böylece, yalnızca zaman ve maliyet verimliliği değil, aynı zamanda iş güvenliği, çalışan ergonomisi ve saha düzeninin iyileştirilmesine de katkı sağlanmıştır. Bu yönüyle çalışma, hem akademik literatüre hem de sektör uygulamalarına yol gösterici niteliktedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Yalın Felsefe

İnsan nüfusunun her geçen gün daha da artması ile her alanda kıtlık tehlikesine doğru yol alan dünyada iletişim ve ulaşımın kolaylaşması ve bunun neticesinde küreselleşme ve teknolojik gelişmelerle beraber değişim ve gelişimin önünün açılarak verimlilik üzerine çalışmaların yapılması zorunluluğu ortaya çıkmıştır.

Aynı zamanda 18. yüzyılın ortalarına kadar emek/saat üretiminin yoğun olduğu zanaat ve sanat üretimleri sanayi devrimiyle beraber yavaş yavaş terk edilerek birim zamanda elde edilen arz önem kazanmıştır.

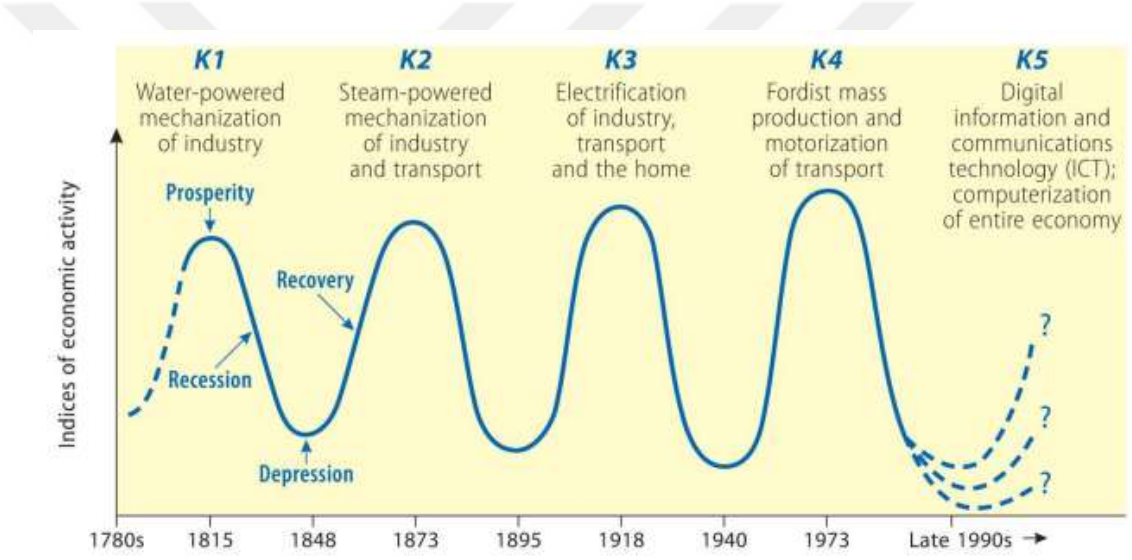
Kârın ve ürün kalitesinin optimum düzeyde tutularak satış fiyatı ve maliyetlerin azaltılmasıyla müşteri memnuniyetinin ön planda tutulduğu günümüzde verimlilik bir hayli önem kazanmıştır. Verimliliğin ise israfı önlemeyle mümkün olacağı düşüncesi ilk olarak yalın felsefenin ve Toyota Üretim Sisteminin (TÜS) temelini atan Kiichiro Toyoda , Shiego Shingo ve Taiichi Ohno tarafından öne sürülmüş ve yalın felsefe adını almıştır. Taiichi Ohno (1988) 'ya göre ise israf, kaynak üreten fakat ' DEĞER ' katmayan faaliyettir (Kılıçarslan, 2016).

Yalın felsefe yani yalın düşünce, müşterinin belirlemiş olduğu 'DEĞER' kavramına odaklanmış bir felsefedir. Müşterinin ödemek istemediği değer katmayan faaliyetler (israf) ayıklanarak en etkin üretim modeli oluşmasını sağlar (Boyacı, 2020). Yalın üretim, sürekli iyileştirmelerle kaynak israfının önlendiği sadece müşteri istediğinde (çekme/pull) ürünün akışının sağlandığı, mükemmel bir çalışmanın ortaya konulmasının amaçlandığı verimlilik üzerine kurulan bir sistemdir (Kılıçarslan, 2016).

Yalın Felsefenin Gelişimi

Endüstriyel gelişmelerin 5 aşamada geliştiği düşünüldüğünde Endüstri 0.0'ın zanaat ve sanat dallarında 18. yüzyılın ortasına kadar hüküm sürdüğü, Endüstri 1.0'ın su ve buhar gücünün insan gücünün yerini ilk kez almaya başladığı, Endüstri 2.0'ın 19. yüzyılın 2. yarısından birinci dünya savaşına kadarki süreçte elektriğin sanayide

kullanılmaya başlandığı ve Amerikan endüstrisinde 1900'ler itibariyle fordist dönemin hüküm sürdüğü , Endüstri 3.0'ın ikinci dünya savaşından sonra nükleer, enerji, elektronik ve bilişim alanlarındaki gelişmelerle birlikte otomasyon alanında da gelişmelerin yaşandığı, Endüstri 4.0'ın ise akıllı fabrika, yapay zeka, robotik çalışmaların ön planda olduğu süreç olarak belirtilebilir (Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü & eTwinning Projesi Avrupa Okul Ağı (EUN), t.y.). Endüstri devrimlerinde makineleşme ve enerji kullanımı ile yönetim faaliyetlerinin gelişimi K1 düzeyinden K5 düzeyine kadar sürekli bir döngü halindeki ihtiyaçlar ve iyileştirmelerle sağlanmıştır (Yavan, t.y.). Aşağıda (Şekil 2.1'de) Kondratiev'in uzun dönemli dalgalarında K dalgalarının özellikleri yer almaktadır (Yavan, t.y.).



Şekil 2.1 : Kondratiev'in uzun dönemli dalgalarında K dalgalarının özellikleri

Endüstriyel devrimlerin yaşandığı dönemlerdeki üretimler salt bir yaklaşım modeli uygulanarak yaşanmamıştır. Kompleks üretimlerin olduğu dönemler sanayi devrimiyle beraber her dönem var olmuştur. Devrim niteliğinde denilebilecek üretim modelleri Henry Ford'un 1900'lü yıllarda otomotiv fabrikasında başlayıp 21. yüzyıla kadar ihtiyaçlar çerçevesinde evrilmiştir. Bu modelleri tarihsel olarak sırasıyla fordist yaklaşım; deming ve kaizen modeli ile Womack & Jones, Tom Peters, Goldrat ve Porter yalın yaklaşım modelleri şeklinde sıralayabiliriz (Boyacı, 2020).

2.1.1. Yalın üretim kavramı ve tarihçesi

Yalın Üretim, işletmelerde israfı azalmak ve sürekli iyileştirmelerle işletmeyi mevcuttaki atıl durumundan dönemin önde gelen işletmeleriyle rekabet edecek, iyileştirmelerin kalitesi ile rekabet gücünü daha da artıracak duruma getiren etkin ve sistematik bir yönetim ve üretim yaklaşımıdır.

Diğer bir deyişle, dolambaçlı süreçleri sadeleştirerek etkinliği artırmak, hata, maliyet, stok işçilik, alan, gelişim süreci, müşteri memnuniyetsizliği gibi unsurları sıfıra indirgeyerek veya optimize ederek kaliteyi artırmak amacını taşıyan bir süreçtir denilebilir (Pekin&Çil, 2014).

2.1.2. Değer kavramı

Değer, yalın düşüncenin temelinde yer alan önemli bir kavram olmakla birlikte müşterinin belirleyebildiği ve ihtiyaçları karşılayabilen bir ürün veya hizmettir. Müşterinin ödemekte istekli olduğu ürün kalitesi ve fiyat dengesi denilebilir.

İsraf ise müşterinin ödeme yapmak istemediği kısımlardır. Müşterinin ihtiyaçlarını karşılamayan, gereksiz ve fazladan tüketilen kaynak faaliyetleridir. Bu faaliyetler üretim süreçlerinde ürün oluşturma aşamalarındandır. Değer kavramının üç unsurunun bir araya gelerek oluştuğu görülmekte aşağıdaki Şekil 2.2'de değer kavram üçgeni yer almaktadır:



Şekil 2.2 : Değer kavram üçgeni

Yalın üretim aşamalarında değer oluşturan ve israfa sebebiyet veren unsurları tespit etmek amacıyla faaliyetler üç gruba ayrılır :

1- Değer katan faaliyetler : Bir ürün veya hizmetin dönüştürülmesini sağlayan ve müşterinin ürün veya hizmete değerli bulduğu ve ödeme yapmaya istekli olduğu özellik veya niteliklerle öne çıkan faaliyetlerdir.
2- Zorunlu ama değer katmayan faaliyetler : Müşterinin ödeme yapmak istemediği, ancak ödeme yapmaktan da kaçınmadığı türden faaliyetlerdir ancak değer katmayan faaliyetler olarak da adlandırılabilir. Bu tür faaliyetler genellikle yasal düzenlemeler, organizasyonel politikalar vb. nedenlerle yapılan aktiviteleri kapsar.
3- İsraf oluşturan faaliyetler : Bir iş veya süreç içerisinde ekonomik veya operasyonel olarak değer yaratmayan, gereksiz veya değer katmayan olarak nitelendirilen faaliyetlerdir.

İsraf Kavramı

İsraf, kaynakların gereksiz yere harcanması veya kullanımında verimsizlik oluşturan bir kavramdır. Bir iş veya süreç içerisinde gereksiz yere fazla kaynak, zaman, maliyet veya enerji harcanmasıyla ortaya çıkar. Bu durum hem ekonomik hem de çevresel açıdan olumsuz etkiler yaratır.

Üretim süreçlerinde veya iş organizasyonlarında genellikle 8 israf söz konusudur. Bunlar :

1- Aşırı işlem
2- Aşırı üretim
3- Bekleme
4- Hareket
5- Hata, arıza, eksiklik
6- Kullanılmayan nitelik
7- Stok
8- Taşıma, nakil

Aşırı İşlem

Müşteri odaklı düşünülerek, müşteri istekleri ve taleplerine değer katmayan her türlü süreç aşırı işlem olarak kabul edilir. Aşırı işlem genellikle üretim sürecinin son safhalarında ortaya çıkan bir durumdur.

Müşteri siparişi gönderilmeden önce fark edilen hataların düzeltilmesi, belgelerin gereksiz yere ayrı ayrı işlenmesi ve farklı kişiler tarafından kontrol edilmesi gibi durumlar örnek gösterilebilir.

Aşırı işlem israfının nedenleri arasında, çalışanların hazırlıksız veya eğitimsiz olması, fazla kontrollü düşünme alışkanlıkları, gereksiz üretim yapma eğilimi, iletişim eksiklikleri, gereksiz ara kademe kontrolleri, raporların ve bilgilerin gereksiz yere işleme konulmaması olarak sayılabilir.

Aşırı işlemlerin önlenmesi için ise iş süreçlerinin ve iletişimin gözden geçirilmesi, gereksiz adımların ortadan kaldırılması ve çalışanların eğitilmesi gibi önlemler alınabilir (Eren, 2020).

Aşırı Üretim

Müşterinin talep ettiğinden daha fazlasının üretilmesi ve stokların artırılması bunun yanısıra müşteri için değer yaratmayan gereğinden fazla bilgi veya doküman üretilmesi olarak tanımlanabilir.

Aşırı üretim genellikle verimsizlik ve kaynak israfına yol açar. Bu nedenle işletmeler müşteri talebine uygun miktarda üretim yapmalı böylelikle stok maliyetini azaltıp kaynakların daha verimli kullanmasını sağlamalıdır (Öksüz vd., 2017).

Bekleme

Üretimdeki bekleme, araç veya malzeme eksikliği gibi faktörlerden kaynaklanabilir ve bu durumun sonucunda israf oluşabilir. Hizmetlerde ise bir işlemde yaşanan

gecikmeler bekleme olarak tanımlanabilir. Değer akışı haritalama yöntemi, süreç gecikmelerini tanımlamak için kullanılabilir.

Operatör veya çalışanların malzeme eksikliği nedeniyle üretimde beklemesi, süreç hataları, dengesiz iş yükleri, düşük iş hacimleri gibi durumlar beklemeye sebep olabilir. Bu bekleme süreçleri verimliliği azaltabilir ve kaynak israfına yol açabilir. Bu sebeple, süreçlerin gözden geçirilerek ve sorunun kaynağına inilerek bu tip bekleme durumlarının en aza indirilmesi veya ortadan kaldırılması gerekir (Güleryüz, 2012).

Hareket

İyi organize edilmemiş bir iş ortamı, verimsizliğe ve zaman kaybına neden olabilir. Gereksiz insan hareketleri, işin akışını bozabilir ve üretkenliği azaltabilir. Malzemelerin uzakta olması, arama faaliyetlerine ve israfa sebep olabilir. Bu tür durumlar çalışanların motivasyonunu da olumsuz etkileyebilir. İşyerinde düzen ve verimlilik sağlamak için iyi organizasyon şarttır (Öksüz vd, 2017).

Hata, Arıza, Eksiklik

Müşteri beklentilerini karşılamak için işlerin doğru ve eksiksiz bir şekilde yapılması çok önemlidir. Bu tür hatalar, müşteri memnuniyetsizliğine ve iş süreçlerinde israfa yol açabilir. Kalite kontrol ve süreç iyileştirme önlemleri almak bu tür durumların önlenmesine yardımcı olur (Taşdemir, 2021).

Kullanılmayan Nitelik

Çalışanların potansiyelinden tam anlamıyla faydalanılmaması, iş gücü israfına neden olur. Çalışanların yetenekleri, yaratıcılıkları ve enerjileri, kuruluşun başarısı için çok önemlidir. Eğer bu potansiyeller doğru bir şekilde değerlendirilmezse iş israfına yol açabilir.

Çalışanların sadece geçici veya yükümlü bir varlık olarak değil, organizasyon için önemli bir kaynak olarak görülmesi son derece önemlidir. Ayrıca işe alım süreçlerinin

titiz bir şekilde yürütülmesi ve adayların yeteneklerinin iş gereksinimlerine uygun olması kritik önem taşır.

Eğitim, adil ücretlendirme ve doğru işe alım politikaları, çalışanların potansiyellerinin gerçekleştirmelerine yardımcı olur. Bu tür adımlar çalışanların motive olmalarını, bağlılık duymalarını ve verimliliklerini artırır. Ayrıca kurumun zengin ve çeşitlilik barındıran bir yetenek havuzundan faydalanması önemlidir (Eren, 2020).

Stok

Stok yönetimi, üretim ve hizmet açısından iki şekilde değerlendirilebilir :

Üretim açısından, elde tutulan hammadde, yarımamül ve ürünlerin stoklanması maliyetleri yükseltebilir. Ayrıca, fazla stok tutulması, geniş stok alanları ve depoların oluşmasına neden olarak boşa alan ve maliyet oluşturabilir.

Hizmet açısından, aşırı stoklar israf anlamına gelir çünkü işin gereğinden fazla stok bulundurulması gereksiz maliyetlere yol açar. Ayrıca malzeme yetersizliğinden dolayı müşteri isteklerinin karşılanamaması durumları da önemlidir.

Bu nedenle etkili bir stok yönetimi stratejisi geliştirmek, stok maliyetlerini kontrol altında tutmak ve üretim süreci ile hizmet sunumlarında verimliliği artırmak adına çok önemlidir (Güleryüz, 2012).

Taşıma, Nakil

Taşıma veya nakil, bir ürünün bir noktadan diğerine fiziksel olarak hareket ettirme işlemidir. Değer katmayan taşıma ise müşteri için anlam ifade etmeyen veya maliyeti artıran taşıma veya nakil işlemleridir.

Bir ürünün fazladan taşınması, gereksiz ara depolama alanlarına konulması veya gereğinden fazla elleçlenmesi gibi durumlar değer katmayan taşıma işlemlerine örnek olarak verilebilir.

Bir işletme için değer katmayan taşıma işlemlerini minimize etmek ve lojistik süreçleri etkin bir şekilde yönetmek önemlidir. Bu maliyetleri düşürmek, verimliliği artırmak ve müşteriye değer sunan süreçler oluşturmak için gereklidir (Taşdemir vd, 2021).

Yalın Üretim Tarihçe

Henry Ford, üretim süreçlerini gerçek anlamda uygulayan ilk kişilerden biri olarak tanınmaktadır. Ford, Frederick Winslow Taylor'ın bilimsel yönetim yaklaşımı ve standart iş kavramını sanayiye kazandırmasının ardından bu prensipleri üretim süreçlerine uygulamıştır. Fordun otomobil üretimindeki en önemli katkılarından biri, montaj hattı yöntemini benimsemesidir. Bu yöntemde, ürün montajı için birbiri ardına sıralanmış iş istasyonları bulunur ve her istasyonda belirli bir işlem yapılır. Bu sayede, üretim işlemleri daha verimli hale getirilir ve süreç hızlanır. Ford'un ünlü " T modeli " otomobil üretiminde bu yöntemi kullanarak üretim süresini 9 saatten dakikalara indirerek dramatik bir şekilde düşürmeyi başarmıştır. Bu yenilikçi yaklaşım, üretim endüstrisindeki verimliliği artırmış ve seri üretim kavramını yaygınlaştırmıştır. Bu başarılı uygulama günümüzde bile endüstriyel süreçlerin nasıl optimize edilebileceği konusunda ilham vermektedir. Ancak, Ford'un tek tip üretim yöntemi ilk etapta başarıyı yakalamış olsa da tüketicilerin değişen taleplerine cevap verme konusunda yetersiz kalmıştır. Bu da General Motors'un çeşitli model ve renklerde araç üretme stratejisiyle Ford'un rakiplerine karşı ilerlemesine olanak sağlamıştır (Boyacı, 2020).

Yalın üretimin temellerinin atıldığı fordist dönemin ardından ihtiyaç ve teknolojik gelişmelerin ışığında ilk olarak Toyota'da Taiichi Ohno liderliğinde yalın yönetim temel ilkeleri oluşturulmuştur. (Aydın, 2015).

1950'lerde Japonya'nın koşulları, kitlesel üretim sistemine eleştirel bir bakış açısını benimsemesine neden olmuştur. Japon pazarının küçük olması, kişi başına düşen milli gelirin darlığı, sınırlı sermaye birikimi ve yüksek rekabet, Japon otomobil üreticilerini farklı bir üretim yaklaşımı geliştirmeye zorlamıştır. Japonya'da talep tek tip araçlara değil farklı tiplerde araçlara yönelmişti ve rekabet oldukça yüksekti. Bu durum, sınırlı üretim faktörlerinin esnek ve etkin bir şekilde kullanılmasını gerektirmiştir. Aynı zamanda düşük maliyette bulundurma zorunluluğu da bulunmaktaydı. 1960'lı yıllarda

Toyota ve Ohno'nun öncülüğünde, bu zorlayıcı koşullar altında adım adım ilerleyerek bu üretim süreçleri incelenmiş, geliştirilmiş ve kusursuzlaştırılmıştır. Bu titiz çalışmalar ve gelişmeler sonucunda " yalın üretim " sistemi ortaya çıkmış ve kısa sürede tüm Japon ekonomisine yayılmıştır.

Yalın üretim, üretimi maliyeti artırıcı tüm etkenlerden arındırarak, gereksizlikleri ortadan kaldırarak ve sınırlı üretim faktörlerini etkin bir şekilde kullanarak üretim süreçlerini optimize etmeyi hedefleyen bir sistem olmuştur. Bu yaklaşım, Japon ekonomisinde büyük bir etki yaratmış ve günümüzde birçok endüstri ve işletme tarafından benimsenmiştir (Aslantaş, 2014).

Yalın Üretim Prensipleri

1- Değerin Tanımı: Yalın düşünce yaklaşımında, değer kavramı, bir ürün ya da hizmetin müşterinin ihtiyaçlarını ve beklentilerini tam anlamıyla karşılayan yönlerini ifade eder. Buradan yola çıkacak olursak değer, müşterinin kendisi için fayda sağlayan öğelere kattığı anlam üzerinden tanımlanır. Yalın felsefenin temel prensibi, sadece müşteriye değer atfeden faaliyetlere odaklanmak ve diğer tüm gereksiz ya da katma değeri olmayan işlemleri ortadan kaldırmaktır. Bu düşünce, hem kaynakların verimli kullanımını hem de müşteri memnuniyetinin artırılmasını hedefler.

2- Değer Akış Yönetimi: Yalın düşüncenin temel araçlarından birisi olan ikinci prensip, bir süreçte değer yaratan ve israfı temsil eden adımları belirlemeye odaklanmaktır. Bu yaklaşım, süreçlerin daha verimli hale getirilmesine yardımcı olurken müşteri için en iyi değeri sunma hedefini taşır. Amaç, gereksiz iş yükünü ve kaynak israfını ortadan kaldırarak faaliyetleri optimize etmektir.

3- Akış: Üretim süreçlerinde değer yaratmayan durum ve olayları ortadan kaldırarak işlemlerin mümkün olduğunca en verimli şekilde ilerlemesini sağlayan bir prensiptir. Bu yaklaşım, her bir adımın önceki adıma kesintisiz bir şekilde bağlanmasını, iş süreçlerinin gereksiz beklemeler veya duraksamalar olmadan devam etmesini hedeflemektedir. Temelde, müşteri taleplerine uygun olarak malzeme, bilgi ve kaynakların sistematik bir şekilde bir araya getirildiği

bir üretim ortamı oluşturmayı amaçlar. Bu sayede hem maliyetler düşürülür hem de ürün veya hizmetin müşteriye ulaşma süresi kısaltılır.

4- Çekme : Üretim ve tedarik süreçlerinde ihtiyaç doğrultusunda ve talebe dayalı olarak çalışma prensibidir. Bu sistemde, ürün ya da hizmet yalnızca müşteri talep ettiğinde veya bir sonraki süreç ihtiyacına göre üretilir ya da tedarik edilir. Böylece stok maliyetleri azaltılır, israf önlenir ve süreçlerde daha verimli bir işleyiş sağlanır. Özellikle yalın üretim yaklaşımında önemli bir yere sahiptir, çünkü gereksiz üretimin önüne geçerek kaynakların optimal kullanımını hedefler.
5- Mükemmellik : Gereksiz karmaşıklıkları ortadan kaldırarak süreçleri en verimli ve etkin hale getirmektir. Burada amaç, değer yaratmayan unsurları eleyerek , maksimum faydayı sağlayan bir akış sağlamaktır. Mükemmellik, sürekli iyileştirme anlayışıyla hataları minimize etmek, kaynakları en doğru şekilde kullanmak ve müşteri ihtiyaçlarını en iyi şekilde karşılamakla ilgilidir. Bu yaklaşım, sade ama etkili çözümlerle daha iyi sonuçlar elde etmeyi hedefler (Eren, 2020).

Üretimde 7 İsraf Durumu

İsraf kavramı üretim sürecinde katma değer yaratmayan tüm faaliyetlerdir. Bunlar :

1- Taşıma: Taşıma, hammaddelerin, yarı mamullerin veya bitmiş ürünlerin gereksiz yere bir noktadan diğerine hareket ettirilmesidir.
2- Envanter veya stok: Üretim süreçlerinde ihtiyaç duyulandan fazla hammadde, yarı mamul veya mamul bulundurulması durumudur.
3- Hatalı üretim: Ürünlerin ya da iş süreçlerinin gereksinimleri tam olarak karşılamaması veya hatalar içermesi durumudur.
4- Fazla üretim: İhtiyaç duyulandan daha fazla mal veya hizmet üretimidir.
5- Gereksiz işler: Bir ürün ya da hizmetin değerine doğrudan katkı sağlamayan tüm faaliyetlerdir.
6- Hareket: Üretim süreçlerinde gereksiz taşıma, yeniden düzenleme ya da malzeme ve ekipman hareketleri gibi değer yaratmayan faaliyetlerdir.

7- Bekleme: Çalışanların, ekipmanların ya da süreçlerin çeşitli nedenlerle aktif olarak değer üretmediği durumlardır. (Eren, 2020).

Yalın Ev Tanımı

STRATEJİK YÖNETİM - Üst yönetim, kuruluşun gelecekte ulaşmayı hedeflediği noktayı ve varoluş amacını net bir şekilde tanımlamalıdır. Bunun yanı sıra, kuruluş, vizyonuna ulaşabilmesi için kısa ve orta vadeli hedefleri ile çeşitli konulardaki niyet ve yaklaşımlarını belirlemelidir. Belirlenen vizyon, misyon, hedefler ve politikalar tüm çalışanlarla paylaşılmalı ve doğru bir şekilde anlaşılması sağlanmalıdır. - Tüm çalışanlar, kuruluşun belirlenen hedefleri, politikaları ve kurumsal kültürü oluşturan değerlere uygun hareket ederek vizyona ulaşılması için çaba göstermelidir.

STANDARTLAŞTIRMA • Bir kuruluşu başarılı bir şekilde çalıştırmak için, kuruluşu sistematik ve şeffaf bir şekilde yönetmek ve kontrol etmek gerekir. Başarı, iş yapış biçimini standartlaştırmaktan ve sürekli olarak iyileştirmekten geçer.

Standardizasyon Süreci

• Mevcut en iyi koşulları belirleyin

• Bu koşulları standart haline getirin

• Standartları sürekli koruyun

• Sürekli iyileştirmelerle bu standartları geliştirin. (Eren, 2020).

2.1.3. SMED yöntemi ve tarihçesi

SMED (Single-Minute Exchange of Die - Kalıp Değişiminde Tek Dakika), üretimde kalıp veya ürün değişim sürelerini belirgin bir şekilde azaltmayı amaçlayan bir yalın üretim yöntemidir. İsmi, değişim süresini on dakikanın altına ("tek haneli dakikalar" anlamına gelen "single minute") düşürme hedefine atıfta bulunur. Bu metodolojinin

tarihi, büyük ölçüde Japon endüstri mühendisi Shigeo Shingo'nun çalışmalarıyla iç içe geçmiştir.

SMED'in Kökenleri ve Erken Gelişimi

SMED'in kökenleri, II. Dünya Savaşı sonrası Japonya'ya dayanmaktadır. O yıllarda Japon endüstrileri, sektör tarafından sınırlı kaynakla üretimi maksimum seviyeye çıkarma konusunda baskı altındaydı. Büyük partiler halinde üretim yapmak, uzun kalıp değişim süreleri nedeniyle çalışmalarda verimsizliklere yol açıyordu. Bir kalıbı değiştirmek saatler, hatta bazen tam bir vardiya süresi alabiliyordu.

Bu zorlu koşullarda Toyota Üretim Sistemi'nin (TPS) gelişimine önemli katkılarda bulunan Shigeo Shingo, 1950'ler ve 1960'larda Toyota'da ve diğer Japon üreticilerle işbirliği yaparak kalıp değişim sürelerini azaltma üzerine yoğunlaştı. Amacı, Toyota'nın esnek üretim hedeflerine ulaşabilmesi için küçük parti üretimini ekonomik hale getirmekti (Shingo, 1985).

Shingo'nun çalışmaları, özellikle pres makinelerindeki kalıp değişim sürelerini 2-8 saatten 10 dakikanın altına düşürmeyi başarmasıyla dikkat çekti. Bu başarı, "tek dakika" teriminin ortaya çıkışına öncülük etti.

SMED Metodolojisinin Şekillenmesi

Shingo, değişim süreçlerini titizlikle analiz ederek ve görevleri sistematik olarak ayırarak SMED metodolojisini formüle etti. Temel prensiplerini şu şekilde ayırdı:

1. İç ve Dış Faaliyetlerin Ayrıştırılması:
    - İç faaliyetler (Internal Elements): Makine durdurulduğunda yapılması gereken kurulum adımları.
    - Dış faaliyetler (External Elements): Makine çalışırken (yani üretim devam ederken) yapılabilecek kurulum adımları. Shingo, başlangıçta birçok şirkette dış olarak yapılabilecek birçok faaliyetin (örneğin,

aletleri hazırlama, yeni kalıbı taşıma) yanlışlıkla iç faaliyet olarak yapıldığını gözlemledi (Shingo, 1985).

2. İç Faaliyetlerin Dış Faaliyetlere Dönüştürülmesi: Bu, SMED'in en kritik adımıdır. Makine çalışırken yapılabilecek her türlü faaliyetin dışarıya alınması hedeflenir. Örneğin, yeni kalıbı makinenin yanına getirmek veya gerekli tüm aletleri önceden hazırlamak.

3. Tüm Faaliyetlerin Basitleştirilmesi ve Rasyonelleştirilmesi: Hem iç hem de dış faaliyetlerin her bir adımının daha hızlı, daha kolay ve daha hatasız hale getirilmesi amaçlanır. Bu, gereksiz hareketleri ortadan kaldırmayı, ergonomiyi iyileştirmeyi, standartlaştırmayı ve özel aparatlar geliştirmeyi içerebilir.

Shingo'nun bu sistematik yaklaşımı, değişim sürelerinde belirgin düşüşler sağlayarak üretim esnekliğini artırdı ve daha küçük parti boyutlarında üretimi ekonomik hale getirdi. Bu da stok maliyetlerini azalttı ve müşteri taleplerine daha hızlı yanıt verme yeteneği kazandırdı.

SMED'in Yaygınlaşması ve Evrimi

1970'lerin sonlarına doğru, Toyota'nın yöntemi zaten oldukça gelişmiş durumdaydı. Shingo'nun SMED üzerine yazdığı kitaplar, özellikle Batı dünyasında büyük ilgi gördü ve metodolojinin yaygınlaşmasında kilit rol oynadı (Shingo, 1985, *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*). Shingo, özellikle ABD'de lean manufacturing ve SMED kavramlarını aktif olarak tanıttı.

Bugün SMED, küresel çapta yalın üretim ve sürekli iyileştirme (Kaizen) faaliyetlerinin standart bir bileşenidir. Sadece kalıp değişimleriyle sınırlı kalmayıp, ürün veya hizmet değişimlerinin yapıldığı her türlü süreçte (örneğin, ameliyathanede cerrahi set değişimi, yazılım dağıtımında sunucu ayarları) yöntem uygulanabilir hale gelmiştir. Otomotivden elektroniğe, gıdadan hizmet sektörüne kadar geniş bir yelpazede operasyonel mükemmellik için temel bir araç olarak benimsenmiştir.

SMED'in süreci, sürekli olarak yeni teknolojilerin (örn. IoT, otomasyon) ve analitik araçların (örn. video analizi) entegrasyonuyla devam etmektedir. Bu, değişim süreçlerinin daha da optimize edilmesine ve dijital dönüşümün üretim verimliliğine katkı sağlamasına olanak tanımaktadır.

SMED (Single Minute Exchange of Dies) metodolojisi, ismini İngilizce "Single Minute Exchange of Dies" teriminin baş harflerinden alarak "Tekli Dakikalarda Kalıp Değişimi" anlamını taşır. Bu, modern üretim ve operasyonel yönetim alanlarında, kurumların kalite ve maliyet kriterlerinin yanı sıra zaman faktörüyle de yoğun bir rekabet içinde olduğu bir ortamda, kritik bir optimizasyon aracı olarak konumlanır. Bir o kadar da üretim süreçlerinde karşılaşılan en önemli zaman kayıplarından biri, sıklıkla bir modelin, bir ürün tipinin veya bir kalıbın değiştirilmesi ve/veya ayarlanması aşamalarında gözlemlenmektedir.

Belirtmek gerekir ki bir modelin, bir tipin veya bir kalıbın değişim süresini ya da ayar zamanını on dakikanın altına indirmek, yani literatürde ifade edildiği üzere "tekli dakikalarda" gerçekleştirmek, sadece hayal edilebilen bir amaç olmaktan uzaktır. Tam tersine SMED, tip, model veya kalıp değişimlerinden ve/veya ayarlanmasından kaynaklanan zaman kayıplarını belirgin bir şekilde radikal bir şekilde azaltmayı amaçlayan, yapılandırılmış ve sistematik bir yöntemdir.

Bu yöntem Shingo'nun değerlendirmeleri ve araştırmaları neticesinde altı temel aşamada uygulanabilir:

1. Değişim Adımlarının Analiz Edilmesi: Bu aşamada, mevcut değişim sürecinin tüm işletimsel sürecin ayrıntılı bir şekilde gözlemlenmesi ve kaydedilmesiyle başlar. Burada yapılan amaç sürecin her bileşenini ve her hareketini bilimsel bir titizlikle ortaya çıkarmaktır.

2. Değişim Faaliyetlerinin İç/Dış Olarak Bölünmesi: İkinci adımda, değişim süreci boyunca gerçekleştirilen faaliyetler, makinenin çalışır durumda kalmasını gerektiren "dış faaliyetler" ile makinenin durdurulmasını zorunlu kılan "iç faaliyetler" olarak bölümlenebilir. Bu ayrım, optimizasyon potansiyelini belirlemek için gereklidir.

3. İç Değişim Faaliyetlerinin Dışa Çevrilmesi: SMED'in en inovatif adımlarından biri olan bu aşamada, başlangıçta makinenin durmasını gerektiren iç faaliyetlerin, prosedürel veya teknolojik adaptasyonlarla makine çalışırken yapılabilecek dış faaliyetlere dönüştürülmesi hedeflenir. Bu dönüşüm, operasyonel kesintiyi en aza indirerek verimliliği artırır.

4. İç Değişim Faaliyetlerinin Optimize Edilmesi: Dışa dönüştürülemeyen iç faaliyetler için, bunların gerçekleştirilme sürelerinin kısaltılmasına yönelik iyileştirmeler yapılır. Bu, hızlı bağlantı elemanları kullanımı, önceden hazırlıkların yapılması gibi teknik ve yöntemsel inovasyonları içerebilir.

5. Dış Değişim Faaliyetlerinin Optimize Edilmesi: Makine çalışırken gerçekleştirilen dış faaliyetlerin de verimlilik ve etkinlik açısından düzenlenmesi esastır. Bu, aletlerin ve malzemelerin ergonomik yerleşimi, standart operasyon prosedürlerinin geliştirilmesi gibi uygulamaları kapsar.

6. Değişim Faaliyetlerinin Standardizasyonu: Son aşama, tüm bu iyileştirme adımlarının kalıcı ve sürdürülebilir olmasını sağlamak amacıyla değişim faaliyetlerinin standart hale getirilmesidir. Bu durum elde edilen verilerin kurumsal bilgiye dönüşerek sürekli iyileştirme sürecinin ayrılmaz bir parçası haline gelmesinin teminatıdır (Shingo, 1985).

SMED'in Temel İlkeleri ve Operasyonel Optimizasyon

1. İç ve Dış Faaliyetlerin Rasyonel Ayrışımı: SMED'in özünde yatan birinci ilke, bir kalıptan diğerine geçiş sürecinde, makine duruşunu gerektiren iç faaliyetler (Internal Setup) ile makine çalışırken gerçekleştirilebilecek dış faaliyetlerin (External Setup) rasyonel bir şekilde saptanması ve mümkün olduğunca çok iç faaliyetin dışa çevrilmesidir. Bu dönüşüm, toplam değişim süresini keskin ve beklenmedik biçimde azaltarak operasyonel süreci en üst seviyede tutabilir.

2. Hızlı Konumlandırma ve Bağlama Sistemleri: Kalıp değiştirme süreçlerinde kullanılan rulmanlı sistemler veya taşıyıcılar (arabalar) gibi mekanizmaların entegrasyonu, hem çıkarılan kalıbın hızla transferini hem de bir sonraki kalıbın

hassas ve hızlı konumlandırılmasını sağlayarak fiziksel taşıma ve ayarlama sürelerinden önemli tasarruflar sağlar. Bu, ergonomik ve verimli bir iş akışını destekler.

3. Ön Ayarlamanın ve Standart Konumlamanın Önemi: Kalıp bağlama sırasında makine üzerinde ayarlama gereksinimini ortadan kaldırmak, değerlendirmeye göre doğrudan zaman tasarrufu anlamına gelir. Kalıpların ve bağlantı elemanlarının, önceden belirlenmiş ve standardize edilmiş konumlandırma sistemleri ile donatılması, ayarlama döngüsünü minimize ederek kurulum süresini kısaltır.

4. Hızlı Bağlama Mekanizmaları: Geleneksel vida ve cıvata bazlı bağlayıcıların yerine, mengene ve hızlı kilit mekanizmaları gibi cıvatasız/vidasız sistemlerin tasarımı ve kullanımı, kalıp değişim sürelerini belirgin şekilde düşürür. Bu yenilikçi yaklaşımlar, manuel müdahale süresini minimize eder.

5. Ayarlama ve Deneme Sürelerinin Eliminasyonu: Kalıp değiştirme süresinin yaklaşık %50'si, yeni bir kalıp takıldıktan sonra yapılan ayarlama ve deneme çalışmalarıyla harcanır. Bu kayıp zaman, kalıbın ilk anda tam ve doğru bir şekilde yerine oturması sağlanarak ortadan kaldırılabilir. Bu, yüksek hassasiyetli mühendislik, önceden test edilmiş bileşenler ve "ilk seferde doğru yapma" (First-Time-Right) prensibinin benimsenmesini gerektirir.

6. Optimal Malzeme Konumlandırması: Kalıpların makine veya iş istasyonlarından uzak depolarda saklanması, taşıma ile vakit kaybına neden olmaktadır. Bu durumu önlemek adına; sık kullanılan kalıpların, çalışma alanına mümkün olduğunca yakın, erişilebilir ve ergonomik depolama alanlarında tutulması öncelik verilmesi gereken ana kısımdır. Bu durum gereksiz hareket israfının önüne geçmiş olur (Shingo, 1985).

2.1.4. 5S yöntemi

5S metodolojisi, yani Japonca kökenli Seiri (Ayıkla), Seiton (Düzenle), Seiso (Temizle), Seiketsu (Standartlaştır) ve Shitsuke (Sürdür ve Geliştir) adımlarının Türkçe karşılıklarıyla ifade edilen bu yaklaşım, basit bir temizlik veya düzen prensibinin ötesinde, entegre bir iş organizasyon sistematiğidir. Bu metodoloji, bir kuruluş bünyesinde endüstriyel tertip, düzen ve temizliğin salt operasyonel bir faaliyet olmaktan çıkarak, sistematik bir şekilde uygulamaya alınması, yönetilmesi ve sürdürülebilir bir standardizasyonun sağlanması için vazgeçilmez bir araç niteliğindedir. Özellikle "Görsel İşyeri" prensibiyle birlikte ele alındığında, 5S'in sahadaki uygulamalarının şeffaflığı ve etkinliği artmakta, bu da süreç kontrolünü ve hata önlemeyi kolaylaştırmaktadır. Nihayetinde, 5S, organizasyonlarda yalnızca yüksek nitelikli bir çalışma ortamının tesis edilmesine olanak tanımakla kalmaz, aynı zamanda bu kalitenin ve düzenin devamlılığını ve gelişimini temin eden temel bir yönetim tekniği olarak konumlanır.

Seiri (Ayıklama), bu sistemin ilk adımı olup, çalışma alanında anlık ihtiyaç duyulmayan malzeme, ekipman ve aletlerin tanımlanması, sınıflandırılması ve operasyonel alandan uzaklaştırılması sürecini ifade eder. Bu süreç, sadece fiziksel alanın optimize edilmesini değil, aynı zamanda gereksiz nesnelerin neden olabileceği potansiyel tehlikelerin ve zaman kayıplarının elimine edilmesini hedefler. Temelinde, "gereklilik" ve "gereksizlik" ayrımının net bir şekilde yapılması ve gereksiz unsurların elimine edilmesi yatar.

Seiton (Düzenle), belirlenen gerekli ekipman, demirbaş ve malzemelerin kolayca erişilebilir ve kullanıma hazır olacak şekilde yerleştirilmesi, dizilmesi ve tertip edilmesidir. Bu adım, iş akışını kesintisiz hale getirerek operasyonel verimliliği artırır ve özellikle acil durumlarda gerekli araçlara hızlı erişim sağlayarak iş güvenliğini doğrudan destekler. Önemli olan, her öğenin belirli bir yeri olması ve bu yerin kolayca anlaşılabilir olmasıdır.

Seiso (Temizle) ise, çalışma ortamındaki ve makinelerdeki çevre, üretim ve makine kaynaklı her türlü kirliliğin sistematik olarak giderilmesidir. Benim yorumuma göre,

bu süreç sadece estetik bir kaygıdan öte, makinelerin performansının sürdürülebilirliğini sağlamak, potansiyel arızaları erken tespit etmek ve kirlilikten kaynaklanabilecek iş kazalarını önlemek adına kritik bir bakım felsefesidir. "Çalışılan yer temiz tutulmalıdır" ilkesi, proaktif bir bakım kültürünün temelini oluşturur.

Seiketsu (Standartlaştır), Toparlama, Düzen ve Temizlik aşamalarında elde edilen kazanımların korunması ve sürekliliğinin sağlanması amacıyla gerekli standartların oluşturulmasını, düzenli kontrollerin yapılmasını ve sürekli iyileştirme faaliyetlerinin yürütülmesini kapsar. Bu adım, kişisel sorumluluktan başlayarak "temiz ve düzenli olma" alışkanlığının kurumsal kültüre entegrasyonunu hedefler. Prosedürel bir çerçeve sunarak, ilk üç adımın spontane olmaktan çıkıp sistemli bir yapıya bürünmesini sağlar.

Son olarak Shitsuke (Sürdür Ve Geliştir), 5S metodolojisinin en üst seviyesi olup, önceki adımların sürekliliğini sağlamak ve organizasyonel bir yaşam biçimi haline getirmek için gerekli olan tüm faaliyetleri içerir. Bu, çalışanların sürekli eğitimi, iyileştirme duyuruları, teşvik edici sloganlar ve kampanyalar ile başarılı takımların ödüllendirilmesi gibi mekanizmaları kapsar. Burada, Disiplin, 5S'in geçici bir proje olarak kalmamasını, aksine kurumsal DNA'nın ayrılmaz bir parçası haline gelmesini garanti eden temel dinamiktir. Bu aşama olmadan, 5S'in diğer adımlarının uzun vadeli etkinliği ve sürdürülebilirliği sağlanamaz (Güler, 2017).

2.1.5. Değer akış haritalama (VSM)

Değer Akışı Haritalama (Value Stream Mapping - VSM), bir işletmenin operasyonel süreçlerinde yer alan girdi-çıktı dönüşümünü, yani ürün veya hizmet akışını, yalın üretim prensipleri doğrultusunda analiz etmek için kullanılan stratejik bir araçtır. Bu metodoloji, bir prosesteki tüm faaliyetleri, özellikle de çıktılara değer katmayan ve maliyetleri artıran israf unsurlarını görsel bir harita üzerinde şeffaf bir şekilde ortaya koyar.

Şüphesiz ki, her proseste çok sayıda faaliyet bulunmaktadır. Ancak benim gözlemim şudur ki, bu faaliyetlerin bir kısmı gerçekten nihai çıktıya değer katarken, önemli bir bölümü aslında müşteri için anlamsız olan veya maliyetleri gereksiz yere artıran adımlardan oluşur. VSM, işte bu değer katmayan adımları (örneğin, gereksiz ara

depolama, fazla elleçleme, çifte kalite kontrolü, gereksiz evrak doldurma, makine bekleme süreleri veya ürünü fazladan taşıma gibi) net bir şekilde tanımlayarak, sürecin bütünsel olarak anlaşılmasını sağlar. Bu sayede, hem malzeme akışı hem de bilgi akışı hakkında yönetim ve operasyonel düzeydeki çalışanlar arasında kısa, açık ve görsel bir iletişim platformu tesis edilir.

VSM'nin sağladığı bu şeffaflık, yalın uygulamaların etkin bir şekilde başlatılması ve yürütülmesi için kritik bir girdi sunar. Ayrıca, proseste meydana gelen değişikliklerin dinamik olarak yansıtılmasına olanak tanıyarak, sürekli iyileştirme döngüsünü destekler. Değer akışı haritalama, süreç verimliliğini artırmak, somut kazanımlar elde etmek ve atılması gereken adımlar konusunda net bir vizyona sahip olmak için vazgeçilmez bir yalın araçtır.

Bu harita, geleneksel süreç haritalarının ötesine geçerek, bir prosesin hangi adımlarının gerçekten değer yarattığını ve hangi adımlarda israfın meydana geldiğini ayrıştırmamızı sağlayacak detaylı bilgiyi içerir. Verimliliği artırma çabasını tanımlamak gerekirse: "Müşterinin talepleri doğrultusunda sürece değer katan adımları maksimize etmek ve israf faaliyetlerini minimize etmektir." Bu bağlamda, müşterinin değer olarak algıladığı unsurlar genellikle üründeki fiziksel veya fonksiyonel değişimlerle ilişkilendirilirken, yukarıda bahsedilen fazla taşıma, bekleme veya gereksiz kontrol gibi faaliyetler, proses içinde net bir şekilde israf olarak konumlandırılır.

Değer akışı haritasının nihai amacı, bir ürünün süreç boyunca karşılaştığı tüm taşıma (hareket) işlemlerini, hem değer katan hem de değer katmayan adımlar dâhil olmak üzere eksiksiz bir şekilde haritalamaktır. Bu haritanın bir diğer stratejik katkısı ise, iyileştirme potansiyeli olan adımların belirlenmesine ve süreçte gizlenmiş israfların keşfedilmesine olanak sağlamasıdır. Bu sayede, kaynakların daha etkin kullanılması ve operasyonel maliyetlerin optimize edilmesi mümkün hale gelir.

Değer Akışı Haritalama (Value Stream Mapping - VSM) metodolojisi, operasyonel süreçlerin mevcut durumunu ve gelecekteki arzu edilen hedefleri "as-is" ve "to-be" durum haritaları aracılığıyla görselleştiren stratejik bir araçtır. Bu yaklaşım, genel

geçer yönetim prensiplerinin ötesine geçerek, bir prosesin spesifik adımlarına odaklanarak hedefe yönelik ve niceliksel iyileştirmelerin yapılmasını sağlar. Bu sayede, sürecin performansı hakkında şu kritik sorulara yanıt aranabilir:

- Operasyonel döngü sürelerinin (lead time) kısaltılması mümkün müdür?
- Çıktı kalitesi (quality output) nasıl artırılabilir?
- Üretim kapasitesi veya hizmet sunum hızı (throughput) nasıl yükseltilebilir?
- Nihai müşteri memnuniyeti (customer satisfaction) seviyesi nasıl maksimize edilebilir?

VSM, bir organizasyonun geleceğe yönelik stratejik yönelimini belirlemede kritik bir rol oynar. Bu görselleştirme, ulaşılabilir ve ölçülebilir hedeflerin belirlenmesine olanak tanırken, aynı zamanda bu hedeflere ulaşma yolundaki ilerlemenin kantitatif olarak izlenmesini de mümkün kılar. Dahası, süreç içerisindeki israf (muda) unsurlarını açıkça resmederek, bunların ortadan kaldırılmasına yönelik sistematik bir planın oluşturulmasını kolaylaştırır.

VSM'nin akademik değeri, malzeme akışı ile bilgi akışı arasındaki korelasyonu kurabilme yeteneğinde yatar. Bu entegre bakış açısı, sürecin tüm bileşenlerinin birbiriyle nasıl etkileşimde olduğunu anlamayı, potansiyel darboğazları ve tıkalı noktaları bilimsel bir temelde tespit etmeyi sağlar. Dolayısıyla, VSM sadece bir analiz aracı değil, aynı zamanda sürekli iyileştirme (Kaizen) ve geliştirme potansiyellerini keşfetmeye yönelik bir rehber görevi görür. Bu, operasyonel mükemmelliğe ulaşma yolunda atılan adımların bilimsel verilerle desteklenmesini sağlayan güçlü bir yönetim aracıdır (Güler, 2017).

2.1.6. DMAIC döngüsü (süreci)

DMAIC döngüsü, Altı Sigma yönteminin yapılandırılmış problem çözme ve süreç iyileştirme aracıdır. Veri odaklı bir yaklaşımla, süreçlerdeki değişkenliği azaltmayı, kusurları en aza düşürmeyi ve çıktı kalitesini artırmayı hedefler (Pande, Neuman &

Cavanagh, 2000). Her aşama, belirli hedefler ve kullanılan analitik araçlarla karakterizedir:

- Define (Tanımlama): Problemin, projenin kapsamının, hedeflerinin ve müşteri beklentilerinin (Müşteri Kritik Kalite Karakteristikleri - CTQ'lar) netleştirildiği aşamadır. Proje beratı (project charter) ve SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers) diyagramları bu aşamada yaygın olarak kullanılır (Harry & Schroeder, 2000).

- Measure (Ölçme): Mevcut sürecin performansı hakkında güvenilir veri toplandığı ve ölçüm sistemlerinin analizi (MSA) ile verilerin doğruluğunun sağlandığı aşamadır. Süreç yeteneği analizi (process capability analysis) ve temel istatistiksel grafikler (histogram, Pareto grafiği) bu aşamada kritik öneme sahiptir.

- Analyze (Analiz Etme): Toplanan verilerin istatistiksel yöntemlerle analiz edilerek problemin ana nedenlerinin belirlendiği aşamadır. Neden-sonuç matrisleri, balık kılçığı diyagramları, regresyon analizi ve hipotez testleri gibi araçlar, potansiyel kök nedenleri doğrulamak için kullanılır.

- Improve (İyileştirme): Belirlenen kök nedenlere yönelik yenilikçi ve veri destekli çözümlerin geliştirildiği, test edildiği ve uygulandığı aşamadır. Bu aşamada, deneysel tasarım (Design of Experiments - DOE) ve yalın prensiplerle entegre çözümlerin tasarlanması ön plana çıkar.

- Control (Kontrol Etme): Uygulanan iyileştirmelerin sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla kontrol mekanizmalarının oluşturulduğu aşamadır. İstatistiksel Proses Kontrol (İPK) grafikleri, kontrol planları ve standart çalışma prosedürleri (SOP'ler), süreç performansının sürekli izlenmesini ve sapmaların önlenmesini sağlar (Montgomery, 2012).

2.1.7. Makarna (spagetti) diyagramı

Makarna diyagramı, yalın üretim (Lean Manufacturing) ve operasyon yönetimi disiplinlerinde, bir çalışma alanındaki veya süreç boyunca gerçekleşen fiziksel hareketlerin (insan, malzeme, bilgi) görselleştirilmesi ve analiz edilmesi amacıyla kullanılan temel bir görsel yönetim aracıdır. Adını, çizilen hareket yollarının iç içe geçmiş bir spagetti tabağını andırmasından alır. Bu diyagram, süreç içerisindeki israfın (muda), özellikle gereksiz hareket (motion) ve gereksiz taşıma (transportation) israfının tespiti ve nicel analizi için kritik bir role sahiptir (Liker, 2004; Ohno, 1988).

Kavramsal Çerçeve ve Amacı

Makarna diyagramı, hareket ekonomisi prensipleri ile yakından ilişkilidir ve temel amacı, iş akışlarında katma değer yaratmayan her türlü fiziksel hareketi tanımlamak ve minimize etmektir. Bir operasyonel sistemdeki verimsizlikler genellikle gereksiz adım atma, uzun yürüme mesafeleri, geri dönüşler, çapraz geçişler ve malzeme taşıma zorlukları şeklinde kendini gösterir. Bu diyagram, söz konusu hareket kalıplarını iki boyutlu bir düzlemde grafiksel olarak temsil ederek, operasyonel darboğazları ve yerleşim kaynaklı verimsizlikleri somut bir şekilde ortaya koyar (Shingo, 1985).

Oluşturma Metodolojisi

Makarna diyagramının oluşturulması, sistematik gözlem ve analitik çizim adımlarını içerir:

1. Hedef Alanın Tanımlanması: Analiz edilecek belirli bir çalışma alanı (örneğin, üretim hücresi, ofis katı, depo alanı) veya süreç kesiti belirlenir. Bu, mevcut düzenin bir taslağının veya CAD çiziminin temel alınmasını gerektirir.

2. Mevcut Yerleşim Planı: Seçilen alanın mevcut yerleşim planı ölçekli bir şekilde çizilir. Bu harita, tüm ana ekipmanları, çalışma istasyonlarını, depolama alanlarını, giriş/çıkış noktalarını ve sabit engelleri doğru bir şekilde içermelidir.

3. Hareket İzleme ve Çizim: Gözlem süresi boyunca, odaklanılan varlığın (operatör, malzeme vb.) fiziksel hareketleri dikkatle takip edilir. Her bir hareket yolu, başlangıç noktasından bitiş noktasına kadar harita üzerinde bir çizgi ile kesintisiz olarak izlenir. Farklı hareket türleri (örneğin, malzeme akışı, işçi hareketi) veya farklı zaman dilimleri için farklı renkler veya çizgi stilleri kullanılabilir. Tekrarlayan hareket yolları, aynı çizginin üzerinden tekrar geçilerek veya çizgi kalınlaştırılarak vurgulanır.

4. Veri Toplama ve Mesafelerin Ölçümü: Hareketin başlangıç ve bitiş noktaları, hareketin süresi ve katedilen mesafe gibi nicel veriler toplanabilir. Bu veriler, toplam yürüme mesafesini veya taşıma mesafesini hesaplayarak mevcut durum performansının sayısal bir temelini oluşturur (Womack & Jones, 2003).

5. Analiz ve Kök Neden Tespiti: Oluşturulan "spagetti" deseni detaylı olarak incelenir. Aşırı kesişmeler, dolambaçlı yollar, uzun geri dönüşler ve yüksek yoğunluklu çizgi kümeleri, israfın ve verimsizliğin göstergeleridir. Bu görsel veriler, neden-sonuç analizleri (örneğin, balık kılçığı diyagramı) ile birleştirilerek altta yatan kök nedenler (örneğin, mantıksız süreç sıralaması, yetersiz yerleşim planı, ergonomik kusurlar) belirlenir.

6. İyileştirme Çözümlerinin Geliştirilmesi ve Yeni Diyagramın Çizilmesi: Analiz sonuçlarına dayanarak, DMAIC prensipleri gibi yalın araçlar kullanılarak iyileştirme önerileri geliştirilir. Bu önerilerin uygulanmasıyla elde edilecek "gelecek durum" (future state) haritası, daha kısa, daha düzgün ve daha az kesişen akış çizgileriyle görselleştirilir.

Analitik Değer ve Uygulama Alanları

Makarna diyagramı, aşağıdaki faydaları sağlayarak süreç iyileştirme projelerine önemli katkılarda bulunur:

- Görsel ve Anlaşılır İletişim: Karmaşık operasyonel hareketliliği, tüm paydaşlar tarafından kolayca anlaşılabilecek görsel bir formatta sunar. Bu, iyileştirme çabaları için ortak bir anlayış ve motivasyon yaratır.

- İsrafın Nicel ve Nitel Tespiti: Fiziksel hareketin neden olduğu israfı (zaman ve enerji kaybı) hem görsel olarak ortaya koyar hem de katedilen mesafeler üzerinden nicel analiz için veri sağlar.

- Optimum Yerleşim Tasarımı: Mevcut yerleşim planının verimlilik üzerindeki etkisini değerlendirmek ve daha ergonomik, akıcı ve güvenli yeni yerleşim planları tasarlamak için bir temel oluşturur. Bu, özellikle tesis tasarımı ve üretim hattı yeniden düzenleme projelerinde kritik bir adımdır.

- Sürekli İyileştirme Kültürünü Destekleme: Çalışanların kendi süreçlerindeki verimsizlikleri görmelerini ve iyileştirme fikirleri geliştirmelerini teşvik ederek sürekli iyileştirme (Kaizen) kültürünü besler.

Makarna diyagramı, üretim ortamlarının yanı sıra sağlık hizmetleri (hasta akışı), perakende (müşteri ve ürün hareketi), lojistik (depo içi taşıma) ve ofis ortamları (evrak akışı ve çalışan hareketliliği) gibi çeşitli sektörlerde süreç optimizasyonu için etkili bir araç olarak kullanılmaktadır.

2.1.8. Pareto analizi

Pareto analizi, problem çözme, kalite kontrol ve süreç iyileştirme alanlarında yaygın olarak kullanılan istatistiksel bir tekniktir. Temelinde, İtalyan ekonomist Vilfredo Pareto'nun 19. yüzyıl sonlarında yaptığı gözlemlerden türetilen ve daha sonra yönetim bilimci Joseph M. Juran tarafından "80/20 Kuralı" olarak popülerleştirilen Pareto İlkesi bulunur (Juran & Godfrey, 1999). Bu ilke, birçok olayda sonuçların büyük bir kısmının (yaklaşık %80), nedenlerin küçük bir kısmından (yaklaşık %20) kaynaklandığını ifade eder.

Örneğin:

- Bir şirketteki müşteri şikayetlerinin %80'i, tüm ürün veya hizmetlerin yalnızca %20'sinden kaynaklanabilir.

- Bir yazılım projesindeki hataların %80'i, kodun %20'lik bir bölümünde yoğunlaşabilir.

- Bir satış gelirinin %80'i, müşterilerin %20'sinden elde edilebilir.

Pareto analizi, karmaşık sorunların kök nedenlerini belirleyerek, sınırlı kaynakların en yüksek etkiyi yaratacak alanlara odaklanmasını sağlamayı hedefler. Bu sayede, "önemsiz çokluktan" ziyade "önemli azlığa" odaklanma prensibiyle verimlilik ve etkililik artırılır.

Pareto Diyagramı Nasıl Oluşturulur?

Pareto analizi, genellikle Pareto Diyagramı adı verilen özel bir çubuk ve çizgi grafiği ile görselleştirilir. Bu diyagramı oluşturmak için aşağıdaki adımlar izlenir:

1. Veri Toplama: Analiz edilecek problem veya olguyla ilgili veriler toplanır. Örneğin, müşteri şikayetleri, üretim hataları, arıza nedenleri gibi kategorik veriler ve her bir kategoriye ait frekans (sayı) bilgisi elde edilir.

2. Verileri Gruplama ve Sayım: Toplanan veriler, ilgili kategorilere göre gruplandırılır ve her bir kategorinin frekansı (oluşma sayısı) belirlenir.

3. Azalan Sırada Dizme: Kategoriler, frekanslarına göre en yüksekten en düşüğe doğru azalan sırada sıralanır. Bu, en sık karşılaşılan veya en büyük etkiye sahip olan faktörlerin görsel olarak ön plana çıkmasını sağlar.

4. Kümülatif Frekans ve Yüzde Hesaplama:

    - Her bir kategori için kümülatif frekans (o kategoriye kadar olan frekansların toplamı) hesaplanır.

    - Her bir kategorinin toplam frekans içindeki yüzdesi ve kümülatif yüzdesi hesaplanır. (Kümülatif Yüzde = (Kümülatif Frekans / Toplam Frekans) * 100).

5. Pareto Diyagramını Çizme:

    - Birincil Y ekseni (sol): Frekans değerlerini temsil eder.
    - İkincil Y ekseni (sağ): Kümülatif yüzde değerlerini temsil eder (genellikle %0'dan %100'e kadar).
    - X ekseni: Azalan sırada dizilmiş kategorileri gösterir.
    - Her bir kategori için frekansına karşılık gelen bir çubuk çizilir (sol y ekseni ile ilişkilendirilir).
    - Kümülatif yüzde değerleri, kategorilerin çubuklarının sağ üst köşesinden başlayan bir çizgi grafik olarak çizilir (sağ y ekseni ile ilişkilendirilir).
    - Genellikle %80 kümülatif yüzde seviyesini gösteren yatay bir çizgi eklenir. Bu çizginin kümülatif yüzde eğrisiyle kesiştiği nokta, hangi kategorilerin "önemli azlığı" oluşturduğunu görsel olarak belirlemeye yardımcı olur.

Pareto Analizinin Faydaları

Pareto analizi, birçok alanda stratejik ve operasyonel kararlar alırken önemli avantajlar sunar:

- Önceliklendirme: En kritik sorunları veya etkiyi yaratan faktörleri belirleyerek kaynakların (zaman, para, insan gücü) en verimli şekilde kullanılmasına olanak tanır. "Nereye odaklanmalıyız?" sorusuna somut bir yanıt verir.
- Verimlilik Artışı: Temel nedenlere odaklanarak problem çözme çabalarını daha hedefli hale getirir, bu da daha hızlı ve etkili çözümlere yol açar.

- İletişim ve İşbirliği: Problemin en önemli bileşenlerini görsel ve anlaşılır bir şekilde sunduğu için ekip üyeleri ve paydaşlar arasında ortak bir anlayış ve fikir birliği oluşturulmasına yardımcı olur.

- Karar Destek: Veriye dayalı karar verme süreçlerini destekleyerek sezgisel veya öznel yargılar yerine somut verilere dayalı stratejilerin geliştirilmesini sağlar.

- Sürekli İyileştirme: İyileştirme çabalarının etkilerini ölçmek ve izlemek için bir referans noktası sağlar. Bir Pareto analizi öncesi ve sonrası karşılaştırmaları ile yapılan iyileştirmelerin süreç üzerindeki etkisi değerlendirilebilir.

- Kök Neden Analizi İçin Yol Gösterici: Büyük etkiye sahip az sayıdaki faktörün belirlenmesi, daha derinlemesine kök neden analizleri (örneğin, 5 Neden Analizi, Balık Kılçığı Diyagramı) için odaklanılacak alanları netleştirir.

Pareto analizi, başta Altı Sigma ve Yalın Üretim metodolojileri olmak üzere, kalite yönetimi ve süreç iyileştirme projelerinin vazgeçilmez bir aracıdır. Karmaşık veri setlerinden anlamlı içgörüler çıkarmak ve iyileştirme çabalarını stratejik olarak yönlendirmek için güçlü bir temel sağlar.

2.2. İş Sağlığı Ve Güvenliği Risk Değerlendirme Yöntemleri

2.2.1. İş sağlığı ve güvenliği kavramı ve tarihçesi

İş Sağlığı ve Güvenliği Kavramı

İş sağlığı ve güvenliği (İSG), çalışanların işyerindeki sağlık ve güvenlik risklerinden korunmasını hedefleyen, çok disiplinli bir alandır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) iş sağlığı ve güvenliğini, "çalışanların fiziksel, ruhsal ve sosyal yönden tam bir iyilik hâlinde olmalarını sağlamak ve sürdürmek için yürütülen çalışmalar" olarak tanımlamaktadır (WHO & ILO, 1950).

İnşaat sektörü, yapısı gereği yüksek risk barındıran ve iş kazalarının en sık görüldüğü sektörlerin başında gelmektedir. Bu sektördeki işler genellikle açık alanda, yüksekte çalışma, ağır ekipman kullanımı, iskele sistemleri, elektrik tesisatı ve kazı işleri gibi tehlike potansiyeli yüksek faaliyetleri içermektedir. Bu nedenle iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları inşaat sektöründe yalnızca yasal bir yükümlülük değil, aynı zamanda işin sürekliliği, iş gücü verimliliği ve toplum sağlığı açısından stratejik bir öneme sahiptir (Güllüoğlu & Güllüoğlu, 2019).

İSG uygulamaları kapsamında inşaat sektöründe; risk değerlendirmesi, kişisel koruyucu donanımların kullanımı, çalışanlara eğitim verilmesi, iş ekipmanlarının periyodik kontrolleri, güvenli iskele kurulumu, yüksekte güvenli çalışma ve acil durum planlaması gibi birçok unsur yer almaktadır (Yılmaz, 2018). Özellikle Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde, mevzuat ve denetim eksiklikleri ile kayıt dışı çalışma oranlarının yüksek olması nedeniyle İSG kültürünün yerleşmesi zaman almıştır.

İş Sağlığı ve Güvenliği Tarihçesi

İş sağlığı ve güvenliği kavramı, tarihsel süreçte sanayileşme ile birlikte önem kazanmıştır. Ancak inşaat faaliyetlerinin tarihçesi insanlık kadar eskiye dayansa da, bu alandaki güvenlik uygulamaları oldukça geç sistematikleşmiştir. Antik dönemlerde bile inşaatla ilgili temel güvenlik önlemleri bazı kaynaklarda yer almışsa da, bunlar bireysel tedbirlerle sınırlı kalmıştır.

Modern anlamda iş sağlığı ve güvenliği biliminin temelleri, Bernardino Ramazzini'nin 1700 yılında yazdığı *De Morbis Artificum Diatriba* adlı eseriyle atılmıştır. Ramazzini bu eserinde, çeşitli meslek gruplarındaki sağlık sorunlarını incelemiş ve inşaat işçileriyle ilgili gözlemlere de yer vermiştir (Rosen, 1993).

Sanayi Devrimi sonrası, hızlı kentleşme ve altyapı ihtiyaçlarının artmasıyla birlikte inşaat sektörü büyümüş; ancak bu büyüme iş kazalarının artmasına da neden olmuştur. 19. yüzyılın ortalarında, özellikle İngiltere ve Fransa gibi ülkelerde inşaat alanında çalışanların güvenliği için ilk yasal düzenlemeler yapılmaya başlanmıştır. İngiltere'de 1833'te çıkarılan Factory Act sonrası, işçilerin sağlık ve güvenliği ile ilgili yasal çerçeveler oluşturulmuştur (Fraser, 2003).

Türkiye'de iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili ilk adım 1865 tarihli Dilaver Paşa Nizamnamesi ile atılmıştır. Bu düzenleme, özellikle Zonguldak bölgesindeki maden işçilerini kapsamakla birlikte, inşaat ve altyapı faaliyetlerinde çalışanlara yönelik ilk bilinçlenme sürecini de başlatmıştır. Cumhuriyet döneminde çıkarılan 1930 tarihli *Umumi Hıfzıssıhha Kanunu* ve 1936 tarihli *İş Kanunu* ile bu alan daha sistemli hale gelmiştir. Ancak inşaat sektöründe İSG kültürünün gelişimi esasen 2000'li yıllarda hız kazanmıştır.

2003 yılında yürürlüğe giren 4857 sayılı İş Kanunu ve özellikle 2012'de çıkarılan 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, inşaat sektörü dahil tüm sektörlerde işverenin sorumluluklarını açıkça tanımlamış, risk değerlendirmesi ve önleyici uygulamaları zorunlu kılmıştır. Bu bağlamda, yüksekten düşme, göçük, elektrik çarpması, vinç kazaları ve iskele çökmesi gibi inşaat kaynaklı ölümlü kazaların önlenmesi için mevzuat bazlı önemli ilerlemeler sağlanmıştır (ÇSGB, 2021).

2.2.2. İş sağlığı ve güvenliğine yönelik entegre yönetim sistemleri

Kavramsal Çerçeve

Entegre yönetim sistemleri (EYS), kuruluşların kalite, çevre, iş sağlığı ve güvenliği gibi farklı yönetim sistemlerini tek bir çatı altında birleştirerek daha etkin, verimli ve sürdürülebilir bir organizasyon yapısı oluşturmayı amaçlar. Bu sistemler, özellikle riskin yüksek olduğu inşaat sektörü gibi alanlarda, hem çalışan güvenliğini artırmak hem de yasal uyumluluğu sağlamak açısından kritik öneme sahiptir (Zeng, Shi & Lou, 2007).

İş sağlığı ve güvenliğine özel olarak geliştirilen ISO 45001:2018 İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi, bu bütünsel yaklaşımın temelini oluşturur. ISO 45001, çalışanların sağlığını ve güvenliğini korumak için risk temelli düşünmeye dayalı bir yapı sunar. Bu sistemin, kalite yönetim sistemi (ISO 9001) ve çevre yönetim sistemi (ISO 14001) ile entegre biçimde uygulanması, işyerinde tüm süreçlerin uyumlu şekilde yönetilmesini sağlar (ISO, 2018).

İnşaat Sektöründe Entegre Yönetim Sistemlerinin Önemi

İnşaat sektörü, yüksek kaza oranları, geçici ve değişken çalışma alanları, alt yüklenici yoğunluğu ve çevresel etkilere açık çalışma koşulları nedeniyle karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu karmaşıklık, geleneksel İSG yönetimi yöntemlerinin yetersiz kalmasına yol açmakta, bu nedenle entegre sistemlerin kullanımı bir gereklilik haline gelmektedir.

Bir inşaat firmasında ISO 45001'in yanı sıra ISO 9001 (Kalite Yönetim Sistemi) ve ISO 14001 (Çevre Yönetim Sistemi) standartlarının birlikte uygulanması, proje yönetiminden malzeme teminine, şantiyedeki iş güvenliği önlemlerinden atık yönetimine kadar tüm süreçlerin sistematik biçimde kontrolünü sağlar (Karakuş, 2003).

Entegre Sistemlerin Bileşenleri

İSG açısından entegre yönetim sistemlerinin temel bileşenleri şunlardır:

1. Risk Değerlendirmesi ve Önleme: İş kazası ve meslek hastalıklarının önlenmesi için sistematik risk analizi yapılır.

2. Dokümantasyon ve İzleme: Tüm iş güvenliği prosedürleri kayıt altına alınır ve sürekli denetlenir.

3. Eğitim ve Farkındalık: Çalışanlara periyodik İSG eğitimleri verilir.

4. Yasal Uyumluluk: Ulusal ve uluslararası İSG mevzuatına uygunluk sağlanır.

5. Performans Göstergeleri: İş kazası sıklık oranı, kayıp iş günü gibi metriklerle sistemin başarısı ölçülür.

6. Sürekli İyileştirme: "Planla-Uygula-Kontrol Et-Önlem Al (PUKÖ)" döngüsü ile İSG performansı düzenli olarak iyileştirilir.

Uygulama Örnekleri ve Başarı Faktörleri

Literatürde yapılan çalışmalarda, entegre sistem kullanan inşaat firmalarının iş kazalarını %30-50 oranında azalttığı gözlemlenmiştir (Fernández-Muñiz, Montes-Peón, & Vázquez-Ordás, 2009). Ayrıca, işçilerin eğitim düzeyi ve üst yönetimin İSG konusundaki liderliği, entegre sistemlerin başarısında belirleyici faktörler arasında yer almaktadır.

Türkiye'de yürütülen ampirik çalışmalar, ISO 45001 veya OHSAS 18001 temelli iş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemi uygulamalarının, özellikle yüksek riskli alanlarda proaktif önlemlerle desteklendiğinde kaza oranlarını anlamlı biçimde azalttığını göstermektedir. Güvenlik eğitimi, güvenlik iletişimi, yangın önleme yatırımları ve iş güvenliği hizmetleri gibi proaktif tedbirlerin artırılması; yüksekte çalışma gibi riskli faaliyetlerde güvenli davranış düzeyini yükseltmekte ve kaza ağırlık oranlarını düşürmektedir (Olcay, Ünkaya & Dursun, 2021; Aca & Akdamar, 2022).

Türkiye'de Durum

Türkiye'de entegre yönetim sistemleri kullanımı, özellikle büyük ölçekli inşaat firmaları ve uluslararası projelerde yaygınlaşmaktadır. Ancak küçük ve orta ölçekli işletmelerde (KOBİ) bu sistemlerin uygulanması hâlen sınırlıdır. Bu durumun nedenleri arasında maliyet, uzman eksikliği, kültürel direnç ve eğitim yetersizliği yer almaktadır (Eryaşar, 2011).

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, risk değerlendirmesi, acil durum planları ve eğitim gibi başlıklarda ISO 45001 ile örtüşen birçok hüküm içermekte, bu da entegre sistemlerin uygulanabilirliğini desteklemektedir.

2.2.3. İş sağlığı ve güvenliği alanında risk değerlendirme yöntemleri

Genel Tanım

Risk değerlendirmesi, iş sağlığı ve güvenliği yönetiminin temel yapı taşlarından biridir. 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'na göre risk değerlendirmesi;

işyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek tehlikelerin belirlenmesi, bu tehlikelerin risklerinin analiz edilmesi ve kontrol tedbirlerinin kararlaştırılması sürecidir (ÇSGB, 2021). Risk değerlendirmesi, olası kazaları ve meslek hastalıklarını önceden öngörmeyi ve önleyici yaklaşımlarla ortadan kaldırmayı amaçlar.

İnşaat sektörü; yüksekte çalışma, geçici yapılar, ağır ekipman kullanımı ve hava koşullarına açık alanlar gibi çok sayıda değişken barındırdığından, risk değerlendirme sürecinin sistematik ve sektöre özgü yöntemlerle yapılması büyük önem taşır (Güllüoğlu & Güllüoğlu, 2019).

Risk Değerlendirme Süreci

Risk değerlendirme süreci aşağıdaki aşamaları içerir:

1. Tehlikelerin Tanımlanması: İşyerindeki tüm potansiyel tehlikelerin belirlenmesi.

2. Risklerin Belirlenmesi ve Analizi: Tehlikelerin ortaya çıkma olasılığı ve etkilerinin analiz edilmesi.

3. Riskin Derecelendirilmesi: Riskin kabul edilebilir düzeyde olup olmadığının belirlenmesi.

4. Kontrol Tedbirlerinin Belirlenmesi: Riski ortadan kaldıracak veya en aza indirecek önlemlerin saptanması.

5. İzleme ve Gözden Geçirme: Alınan önlemlerin etkinliğinin izlenmesi ve gerektiğinde güncellenmesi.

Yaygın Kullanılan Risk Değerlendirme Yöntemleri

1. L Tipi Matris Yöntemi (Çarpım Yöntemi)

L tipi matris yöntemi, risk değerlendirme çalışmalarında kullanılan en basit ve en hızlı uygulanabilir yöntemlerden biridir. Temel mantığı, bir tehlikenin şiddeti ile gerçekleşme olasılığının çarpılarak risk skorunun belirlenmesine dayanır. Bu yönüyle, kısa süreli, küçük ölçekli veya geçici işlerde hızlı ve pratik bir değerlendirme yapılmasını sağlar.

Yöntemde ilk olarak tehlikenin olasılığı puanlanır. Olasılık, tehlikenin gerçekleşme ihtimalini ifade eder ve genellikle 1 (çok düşük) ile 5 (çok yüksek) arasında değerlendirilir. Örneğin, nadiren meydana gelebilecek bir durum 1 puan alırken, çok sık karşılaşılan bir tehlike 5 puanla değerlendirilir.

İkinci adımda, tehlikenin gerçekleşmesi hâlinde ortaya çıkacak şiddet puanlanır. Şiddet, hafif yaralanma gibi düşük etkili sonuçlar için 1 puan, ölüm veya kalıcı sakatlık gibi çok ciddi sonuçlar için 5 puan olarak verilir.

Bu iki değerin çarpılmasıyla risk skoru elde edilir. Örneğin, şiddeti 3 ve olasılığı 4 olan bir riskin skoru 12 olur. Elde edilen skor, önceden belirlenmiş aralıklara göre değerlendirilir. Genellikle 1–3 arası skorlar düşük risk olarak kabul edilirken, 6–9 arası orta risk, 15–25 arası ise yüksek risk olarak değerlendirilir.

L tipi matris yönteminin en önemli avantajı, sadeliği ve hızlı uygulanabilir olmasıdır. Hesaplama için karmaşık formüllere veya çok sayıda veriye ihtiyaç duyulmaz. Bu nedenle günlük saha denetimlerinde, bakım-onarım çalışmaları gibi kısa süreli işlerde ve küçük ekiplerin yürüttüğü projelerde oldukça kullanışlıdır (Doğan & Keskin, 2023).

Bununla birlikte, yöntemin ayrıntı düzeyi sınırlıdır. Maruz kalma süresi veya tehlikenin ne sıklıkla meydana geldiği gibi faktörler doğrudan hesaba katılmaz. Bu nedenle karmaşık, çok sayıda risk barındıran büyük ölçekli projelerde tek başına yeterli olmayabilir ve genellikle Fine–Kinney gibi daha kapsamlı yöntemlerle desteklenmesi önerilir.

İnşaat sektöründe L tipi matris yöntemi, özellikle kısa süreli iskele montajı, küçük ekipman kullanımı veya geçici işlerde hızlı bir risk değerlendirmesi yapılması gerektiğinde etkin bir araç olarak öne çıkar.

2. Fine-Kinney Yöntemi

Fine–Kinney yöntemi, iş sağlığı ve güvenliği alanında risk değerlendirmesi yapmak için kullanılan, ayrıntılı ve sayısal temelli bir analiz yöntemidir. Bu yöntem, her bir tehlikenin gerçekleşme olasılığını, bu tehlikeye maruz kalma sıklığını ve gerçekleşmesi hâlinde etkisinin şiddetini dikkate alarak risk skorunu hesaplar. Hesaplama, bu üç parametrenin birbirleriyle çarpılmasıyla yapılır ve sonuç, tehlikenin öncelik sırasının belirlenmesine yardımcı olur.

Yöntemin ilk parametresi olan olasılık (P), tehlikenin meydana gelme ihtimalini ifade eder. Çok düşük ihtimalden (0,1 puan) sürekli meydana gelme durumuna (10 puan) kadar puanlama yapılır. İkinci parametre olan maruz kalma sıklığı (F), çalışanların tehlikeye ne kadar sık maruz kaldığını gösterir. Yılda bir maruziyet 0,5 puan olarak değerlendirilirken, sürekli maruziyet 10 puanla puanlanır. Üçüncü parametre olan etki şiddeti (C) ise tehlikenin gerçekleşmesi hâlinde ortaya çıkacak sonuçların ciddiyetini ifade eder. Hafif yaralanmalar 1 puan, ölüm veya birden fazla kişinin ağır yaralanması gibi çok ciddi sonuçlar ise 15 puanla değerlendirilir.

Bu üç parametrenin çarpılmasıyla elde edilen risk skoru, belirli aralıklara göre yorumlanır. 1–20 arası skorlar düşük seviyesindeyken, 21–70 arası orta, 71–200 arası yüksek, 201–400 arası çok yüksek, 400'ün üzerindeki skorlar ise kabul edilemez risk seviyesindedir. Kabul edilemez seviyedeki risklerde faaliyetin derhâl durdurulması gerekir.

Fine–Kinney yönteminin en önemli avantajı, riskleri sayısal değerlerle önceliklendirme imkânı sunmasıdır. Bu özellik, özellikle büyük ve karmaşık projelerde, farklı tehlikelerin karşılaştırılmasını kolaylaştırır ve önleyici faaliyetlerin hangi risklere öncelikle uygulanması gerektiğini netleştirir. Ancak yöntemin puanlama süreci uzman görüşüne dayandığından subjektiflik içerebilir ve küçük ölçekli, kısa süreli projelerde fazla ayrıntılı kalabilir.

İnşaat sektöründe Fine-Kinney yöntemi, özellikle şantiye ortamında çok sayıda riskin aynı anda yönetilmesi gereken durumlarda tercih edilir. Yöntem, hem iş kazalarının önlenmesi hem de kaynakların etkin kullanılması açısından stratejik bir araç olarak öne çıkar (Kinney & Wiruth, 1976). Bu sebeple tez çalışmasında Fine-Kinney metodunu tercih ederek ilerleyeceğiz.

2.3. Türkiye'de Yalın Üretim Başlangıcı

2.3.1. Türkiye'de yalın üretimin gelişimi

Türkiye'de yalın üretim kavramı, 1990'lı yıllarda otomotiv ve beyaz eşya sektörlerinde faaliyet gösteren büyük ölçekli firmalar tarafından tanınmaya başlanmıştır. Tofaş, Ford Otosan, Toyota Türkiye, Arçelik ve Bosch gibi firmalar, yalın üretim sistemlerini kendi organizasyon yapılarına entegre ederek önemli verimlilik artışları sağlamıştır (Moralıoğlu, 1999).

Yalın üretim anlayışı, 2000'li yıllarda KOBİ'ler, yan sanayi tedarikçileri ve diğer imalat sektörlerine yayılmaya başlamıştır. Buna ek olarak, beyaz eşya yan sanayiinde ERP entegrasyonu bağlamında yalın üretim olgunluğunun incelendiği ve otomotiv yan sanayine kıyaslanarak değerlendirildiği görülmektedir (Bulut, 2012). Yüksek rekabet baskısı, maliyetleri azaltma zorunluluğu ve müşteri memnuniyeti ihtiyacı, Türkiye'deki işletmeleri yalın araçları benimsemeye zorlamıştır.

Türkiye'de Yalın Üretimin Uygulama Alanları

1. Otomotiv ve Makine Sektörü

Türkiye'de yalın üretimin en başarılı örnekleri otomotiv ana ve yan sanayi firmalarında görülmektedir. Özellikle Japon ortaklı şirketlerin Türkiye'deki üretim tesislerinde, TPS temelli yalın araçların tamamı etkin şekilde uygulanmaktadır. Tedarik zinciri yönetiminde Just-in-Time (JIT) ve Kanban sistemlerinin entegrasyonu oldukça yaygındır.

2. Beyaz Eşya ve Elektrikli Ürünler

Vestel, Arçelik ve Beko gibi firmalar yalın dönüşüm programları ile hat dengeleme, SMED ve TPM teknikleri sayesinde üretim sürelerini kısaltmış, hata oranlarını düşürmüş ve çalışan katılımını artırmıştır (Şimşek Demirbağ & Yıldırım, 2022).

3. İnşaat Sektörü

Türkiye'de inşaat sektöründe yalın üretim uygulamaları henüz gelişme aşamasındadır. Ancak, sektörde artan maliyet baskısı, kalite beklentileri ve zaman kısıtları, müteahhit firmaları yalın prensiplere yöneltmektedir. Özellikle büyük ölçekli altyapı ve üstyapı projelerinde; 5S, Değer Akış Haritalama (VSM), Tek Dakikada Kalıp Değişimi (SMED) ve ECRS (Eliminasyon, Kombinasyon, Yeniden Düzenleme, Sadeleştirme) gibi araçların kullanımıyla süreç iyileştirme çalışmaları gerçekleştirilmektedir (Tokat, 2015).

Bazı öncü inşaat firmaları, şantiye içi lojistik, beton döküm sıralamaları, kule vinç kullanımı ve malzeme akışı gibi operasyonel süreçlerde SMED, TPM ve Kaizen tekniklerini uygulamaya başlamıştır. Ancak bu uygulamalar henüz sistematik bir çerçevede yaygınlaşmamış olup, kültürel direnç, teknik bilgi eksikliği ve sektörel adaptasyon süreçlerindeki gecikmeler bunları sınırlandırmaktadır (Özgen, 2007).

Karşılaşılan Zorluklar

Türkiye'de yalın üretim uygulamalarında karşılaşılan temel zorluklar şunlardır:

- Kültürel direnç ve değişim yönetimi eksikliği
- Yalın üretimin sadece maliyet azaltma aracı olarak algılanması
- Eğitimli personel ve liderlik yetersizliği
- Yalın araçların kopyacı şekilde uygulanması, süreç analizlerinin göz ardı edilmesi

- KOBİ’lerde finansal ve teknik kaynak yetersizliği

Bu nedenlerle, yalın üretimin tam anlamıyla başarısı, teknik bilgi kadar kültürel dönüşüm ve liderlik desteğine de bağlıdır (Karakadılar & Hicks, 2015).

2.3.2. Türkiye’de inşaat sektörü

Türkiye’de İnşaat Sektörünün Genel Görünümü

Türkiye’de inşaat sektörü, ekonominin lokomotiflerinden biri olup; istihdam yaratma, yatırımları tetikleme ve diğer sektörleri canlandırma bakımından kritik bir rol üstlenmektedir. TÜİK verilerine göre 2023 yılında inşaat sektörü, Türkiye GSYH’sinin yaklaşık %5,6’sını oluşturmuş ve 1,7 milyondan fazla kişiye doğrudan istihdam sağlamıştır (TÜİK, 2023). Özellikle büyük ölçekli kamu yatırımları (havaalanı, otoyol, baraj, konut projeleri vb.) ile özel sektörün konut ve ticari bina faaliyetleri, sektördeki canlılığı desteklemektedir.

Ancak sektörün ekonomik büyüklüğüne rağmen, verimlilik düşüklüğü, zaman kayıpları, maliyet aşımları ve özellikle iş kazaları gibi yapısal sorunları mevcuttur. Bu nedenle sektör, sadece mühendislik başarılarıyla değil, aynı zamanda organizasyonel verimlilik ve iş güvenliği performansı ile de değerlendirilmektedir.

Türkiye’de İnşaat Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği Durumu

İnşaat sektörü, Türkiye’de iş kazalarının en fazla yaşandığı sektörlerin başında gelmektedir. SGK istatistiklerine göre 2022 yılında meydana gelen ölümlü iş kazalarının yaklaşık %30’u inşaat sektöründe gerçekleşmiştir (SGK, 2023). En yaygın kaza nedenleri; yüksekten düşme, elektrik çarpması, göçük, vinç ve asansör kazalarıdır.

İnşaat işlerinin çoğunlukla açık alanlarda, geçici şantiyelerde ve farklı yüklenicilerin koordinasyonu ile gerçekleştirilmesi, İSG yönetimini karmaşıklaştırmaktadır. Ayrıca niteliksiz iş gücü, eğitim eksikliği, denetim zafiyeti ve mevzuatın yeterince uygulanmaması da kazaların başlıca nedenlerindendir (Güllüoğlu & Güllüoğlu, 2019).

6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ile birlikte inşaat projelerinde risk değerlendirmesi, acil durum planları, iş güvenliği uzmanı ve işyeri hekimi bulundurma zorunluluğu getirilmiştir. Ancak yasal düzenlemelere rağmen, İSG kültürü özellikle alt yüklenici düzeyinde yeterince yaygınlaşamamıştır.

İnşaat Sektöründe Yalın Üretim Yaklaşımının Yeri

Yalın üretim prensipleri, başlangıçta imalat sanayine özgü olarak geliştirilmiş olsa da, son yıllarda inşaat sektörüne de adapte edilmektedir. "Yalın inşaat" kavramı, projelerde israfın ortadan kaldırılması, değer akışlarının sadeleştirilmesi, malzeme ve iş gücü akışının düzenlenmesi, süreçlerin standardize edilmesi gibi amaçlara yöneliktir (Ballard & Howell, 2003).

Türkiye'de yalın inşaat uygulamaları henüz yaygınlaşma aşamasındadır. Ancak sektördeki bazı öncü firmalarda 5S, SMED, Değer Akış Haritalama (VSM), Kaizen ve TPM gibi yalın araçların şantiye düzeni, malzeme yerleşimi, ekipman hazırlık süreleri, süreç görselleştirme, sürekli iyileştirme ve makine duruşlarının azaltılması gibi alanlarda kullanımına rastlanmaktadır. Bu uygulamaların saha verimliliğini artırdığı, işlem basamaklarını sadeleştirdiği ve iş güvenliği risklerini azalttığı gözlemlenmektedir. Örneğin, İTÜ'de yürütülen bir çalışmada, Türk yapım şantiyelerinde israfların tanımlanması ve yalın inşaat uygulamaları ile bu israfın ortadan kaldırılması üzerine yapılan alan araştırması sonuçları, yalın inşaat tekniklerinin verimlilik ve güvenlik kazanımı sağladığını göstermektedir (Tokat, 2015).

Entegrasyon: Yalın Üretim ve İş Güvenliğinin Kesişimi

Yalın üretim ile iş güvenliği arasında doğrudan bir bağ bulunmaktadır. Gereksiz hareketin, malzeme israfının ve düzensizliğin ortadan kaldırılması, aynı zamanda iş kazası risklerini de azaltır. Örneğin:

- Düzgün düzenlenmiş bir şantiye (5S), takılma-düşme gibi kazaları azaltır.
- Standart iş tanımları, çalışanların görev dışı iş yapmasını engeller.

- İsrafı ortadan kaldırmak, acele iş yapma baskısını azaltır, dolayısıyla dikkatsizlik kaynaklı kazalar azalır.

- Görsel yönetim ve Andon sistemleri, şantiyedeki tehlike anlarının hızla tespitini sağlar.

Bu bağlamda, Türkiye'de inşaat firmalarının yalın üretim yaklaşımını yalnızca verimlilik için değil, aynı zamanda önleyici iş güvenliği stratejisi olarak da değerlendirmesi büyük önem taşımaktadır (Albayrak, Özdemir, & Karataş, 2025).

2.3.3. Üst yapı kaba inşaat imalatı ve iş akış şeması

Kaba inşaat, yapıların taşıyıcı sistemlerini ve dış kabuğunu oluşturan yapım sürecidir. Bu imalatlar, bina tamamlanmadan önce yapılan tüm betonarme ve temel işleri kapsar. Tipik bir üst yapı kaba inşaat süreci aşağıdaki ana imalat gruplarından oluşur:

1. Kazı, Hafriyat ve Temel İşleri

- Harita mühendisi, şantiye şefi, müteahhit ve müteahhit eşliğinde kot ve köşe noktaların tayini

- Kazı çalışmaları

- Zemin iyileştirme (gerekiyorsa)

- Radye, mütemadi veya temel altı kazık (gerekiyorsa) uygulamaları

- Grobeton dökümü

- Temelaltı izolasyonun ve bohçalamanın yapılması

- Koruma betonunun dökümü

- Harita mühendisi, şantiye şefi, müteahhit ve müteahhit eşliğinde kot ve köşe noktaların tayini (teyit için)

- Temel kalıbının kurulması
- Donatıların (demirlerin) hazırlanması ve bağlanması
- Harita mühendisi, şantiye şefi, müteahhit ve müteahhit eşliğinde kot ve köşe noktaların tayini (teyit için, son kontrol)
- Teknik kontrollerin sağlanması ve beton dökümüne onay verilmesi
- Temel betonunun dökülmesi
- Kür işlemleri
- Kalıbın sökümü
- Drenaj sistemlerinin ve izolasyonunun yapılması ile toprak dolgu

2. Taşıyıcı Sistem İmalatları

- Kolon, kiriş ve döşeme kalıplarının kurulması
- Donatıların (demirlerin) hazırlanması ve bağlanması
- Teknik kontrollerin sağlanması
- Beton dökümü
- Kür işlemleri
- Kalıbın sökümü

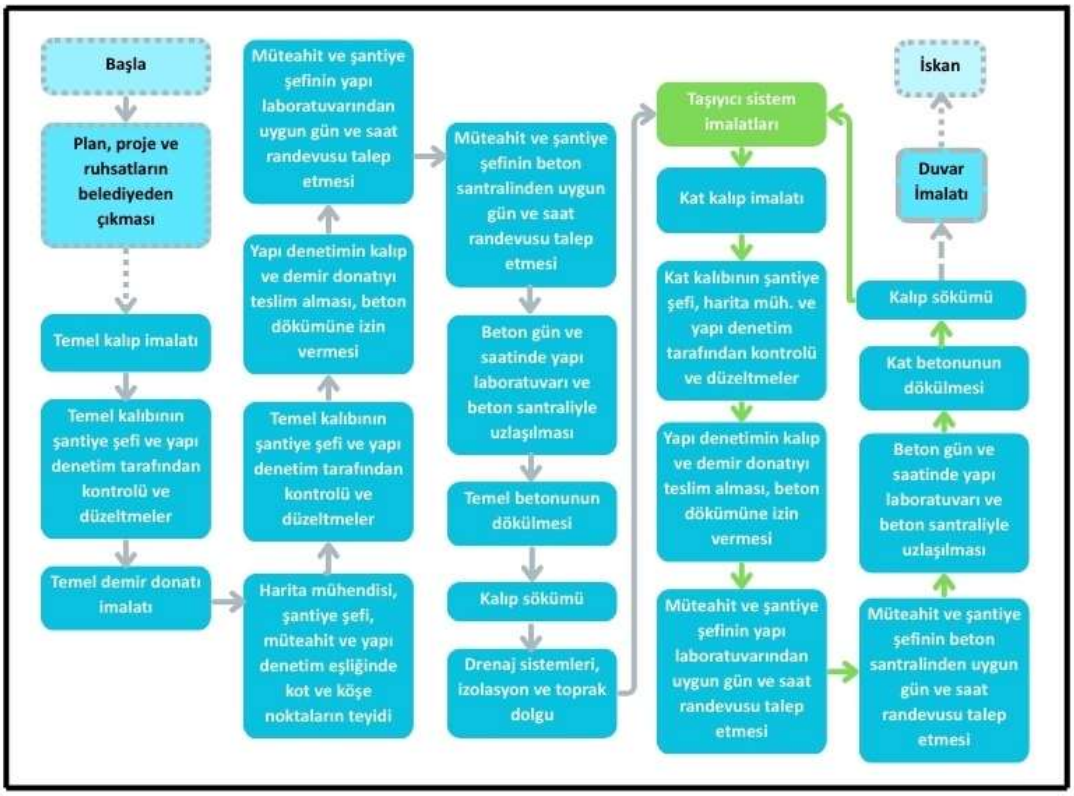
3. Üst Katlara Yükselme (Tekrarlayan döngü)

- Kat döşeme sistemlerinin aynı şekilde tekrar edilmesi ve betonarme elemanların döngüsel üretimi

4. Duvar imalatları

- Dış ve iç duvar örülmesi (gaz beton, tuğla vs.) (Demirbağ, 2008).

Aşağıda (Şekil 2.3'te) üst yapı kaba inşaat imalatı iş akış diyagramı incelendiğinde temel ve temel imalatı sonrası taşıyıcı betonarme sistemde bir döngünün oluştuğu plan proje kapsamında bu döngülerin diğer imalatlara göre defalarca gerçekleştiği anlaşılmakla beraber tez kapsamında bu döngü üzerinde durulacaktır.



Şekil 2.3 : Üst yapı kaba inşaat imalatı iş akış diyagramı

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Gereç

Bu araştırma, SMED (Single Minute Exchange of Die) yönteminin inşaat sektöründe uygulanabilirliğini, üretim verimliliği ve iş sağlığı–güvenliği üzerindeki etkilerini ölçmek amacıyla gerçekleştirilmiş olup, çalışmada hem ulusal hem de uluslararası literatür taraması yapılmıştır. Literatür taraması ile SMED, 5S, makarna (spagetti) diyagramı ve Pareto analizi gibi yalın üretim araçlarının farklı sektörlerdeki uygulamaları incelenmiş, elde edilen bilgiler inşaat sektörü koşullarına uyarlanmıştır.

3.1.1. Kullanılan materyaller ve programlar:

Araştırma sürecinde saha verilerinin toplanması ve analiz edilmesi amacıyla çeşitli ölçüm ve kayıt araçları kullanılmıştır.

- Ölçüm aletleri: Takvim (çalışma programı ve gözlem günlerinin planlanması), analog/dijital saat, kronometre (süre ölçümleri), çelik şerit metre, lazer mesafe ölçer

- Kayıt araçları: Risk değerlendirme formları, saha gözlem formları, fotoğraf ve video kayıt cihazları

- Yazılımlar: Microsoft Excel (risk analizleri, süre ölçümleri ve istatistiksel değerlendirmeler), AutoCAD (makarna diyagramı ve yerleşim planı çizimleri), Canva gibi iki boyutlu çizim ve görsel tasarım araçları (akış şemaları, sunum ve görsel raporlama)

3.1.2. İşletme hakkında bilgiler

Bu araştırma kapsamında ele alınan işletme, İstanbul'da faaliyet gösteren orta ölçekli bir konut inşaatı şantiyesidir. Proje alanı toplamda yaklaşık 10.000 m² olup, yapı 2 blok halinde inşa edilmektedir. Her blokta 2 bodrum kat, 1 zemin kat ve 13 normal kat bulunmakta, yapıların taşıyıcı sistemi betonarme olarak tasarlanmıştır. 2 bodrum kat otopark, zemin kat dükkan ve normal katlar daire olarak planlanmış olup yapının

subasman kot seviyesi +0.18'dir. Temel alt kotu -6.90 metredir. Kazı destek sistemleri projesinde yapı denetim yerinde incelemesine ve gerek görmesine inisiyatif tanıyarak planlanmış olup yerinde yapı denetimce incelenmiş ve gerek görülmemiştir. Kazı alanı çevresi şevli ve şevli-kademeli olarak hafredilmiştir.

Araştırmanın evreni, İstanbul ili sınırları içerisindeki bir inşaat şantiyesi olup, çalışmanın örneklemi ise aktif olarak görev alan toplam 34 saha çalışanından oluşmaktadır. Örneklem grubu; 2 saha sorumlusu, 1 bekçi, 11 kalıpçı, 14 demir işçisi, 1 kule vinç operatörü, 3 inşaat mühendisi/ teknikeri, 1 inşaat mühendisi (şantiye şefi) ve 1 saha mimarını kapsamaktadır. Tablo 3.1'de şantiye çalışanlarının unvan, sayı ve cinsiyet dağılımı; Tablo3.2'de ise çalışanların demografik özellikleri verilmiştir:

Tablo 3.1 : Şantiye personel dağılım tablosu

Unvan / Görev	Sayı	Cinsiyet
İnşaat Mühendisi/Teknikeri	4	Erkek
Mimar	1	Kadın
Kule Vinç Operatörü	1	Erkek
Saha Sorumlusu	2	Erkek
Kalıpçı	11	Erkek
Demirci	14	Erkek
Bekçi	1	Erkek

Tablo 3.2 : Çalışanların demografik özellikleri

		N	%
Cinsiyet	Kadın	1	72,2
	Erkek	33	27,8
Yaş	18-35	20	58,8
	35-55	12	35,2
	55 ve üzeri	2	6

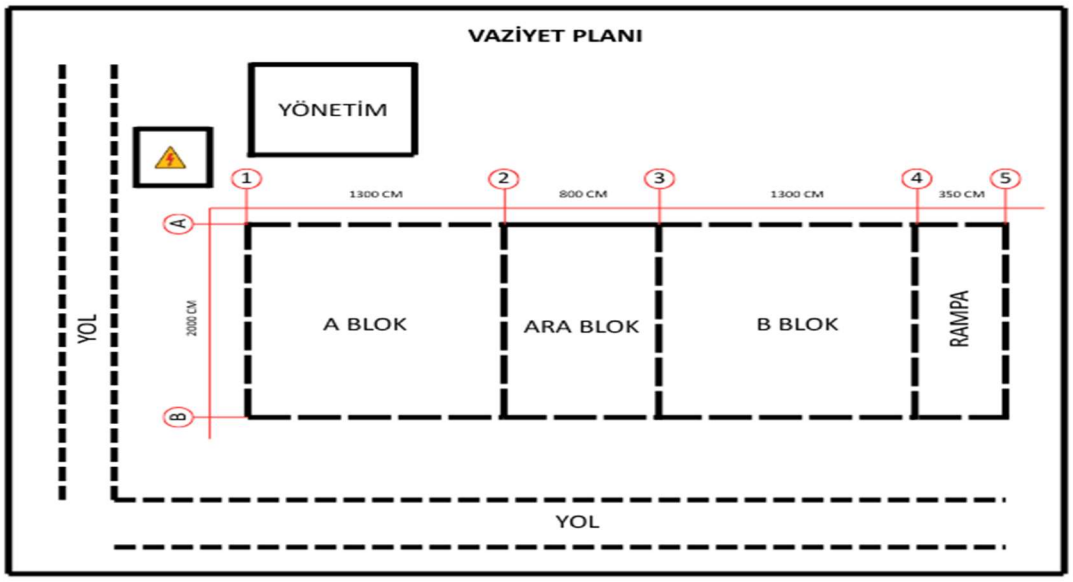
İnşaat faaliyetleri, şantiye şefinin genel koordinasyonu ve saha mimarının planlamaya dayalı yönlendirmesi ile yürütülmektedir. Saha çalışanlarının büyük kısmı yapısal betonarme işlerde görevlidir. Özellikle kalıp ve demir imalatları, bu proje kapsamında en yoğun iş gücü gerektiren alanlar arasında yer almaktadır.

Şantiyede kule vinç, beton mikseri, beton pompası gibi temel ekipmanlar kullanılmakta; dikey taşıma ve malzeme akışı, kule vinç operatörünün yönetiminde yürütülmektedir. Günlük imalat programları, iş güvenliği bilgilendirme toplantıları (toolbox meeting) ile desteklenmekte, iş akışı süresince hem iş sağlığı ve güvenliği (İSG) hem de verimlilik hedefleri gözetilmektedir.

Bu personel yapısı, tez kapsamında uygulanan SMED analizi, risk değerlendirmesi ve yalın üretim tekniklerinin gerçek saha verileriyle ilişkilendirilmesini mümkün kılmıştır.

Araştırmanın Uygulandığı Şantiye ve Zaman Aralığı

Araştırma, Şekil 3.1'de görselle sunulan ve iki bloktan oluşan, konut tipi bir şantiye sahasında yürütülmüştür. Çalışma kapsamında SMED metodolojisine ilişkin gözlemler 2023–2024 yılları arasında, iki inşaat sezonu boyunca sistematik şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu süre zarfında, üretim organizasyonları, makine ve ekipman yerleşimleri, malzeme akış düzenleri, ekipman değişim süreleri ve iş güvenliği maruziyetleri dikkatle takip edilmiştir. Ayrıca, iş kazaları ve bu kazalara neden olabilecek risk faktörleri ayrıntılı biçimde gözlemlenmiş, süreç yönetiminde yalın üretim teknikleriyle desteklenen iyileştirme alanları belirlenmiştir.



Şekil 3.1 : Şantiye vaziyet planı ve bina oturum alanı ölçüleri

3.2. Yöntemler

3.2.1. Veri toplama yöntemleri

Bu araştırmada, inşaat sektöründe yalın üretim araçlarının uygulanabilirliğini ölçmek, süreç verimliliği ve iş sağlığı–güvenliği performansına etkilerini ortaya koymak amacıyla hem nitel hem de nicel araştırma yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Çalışma, yerinde gözlem ve ölçüm tekniklerine dayalı saha araştırması niteliğindedir.

Veriler doğrudan gözlem yöntemiyle elde edilmiştir. Tüm iş süreçleri, iş başı saatlerinden mola aralarına ve mesai bitimine kadar kesintisiz olarak izlenmiş; makarna diyagramları ve iş akış şemaları aracılığıyla analiz edilmiştir. Kalitatif veriler günlük iş defterleri ve şantiye raporları ile desteklenirken, nicel veriler zaman ölçümleri, işçilik süreleri, beton döküm randevu kayıtları ve iş kazası sıklığına ilişkin veriler üzerinden derlenmiştir. Ayrıca, risklerin sistematik olarak belirlenmesi ve önceliklendirilmesi amacıyla Fine-Kinney risk değerlendirme yöntemi uygulanmıştır. Süreçlerdeki darboğazların tespiti ve iyileştirme adımlarının planlanması için DMAIC (Define–Measure–Analyze–Improve–Control) döngüsü; malzeme ve bilgi akışının görselleştirilmesi ve israfların ortaya çıkarılması için Değer Akışı Haritalama (VSM) tekniği; saha düzeni, malzeme yerleşimi ve iş güvenliği uygulamalarının standardizasyonu için 5S yöntemi; iç ve dış ayar sürelerinin ayrıştırılması ve süreç değişim sürelerinin kısaltılması için SMED yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen veriler, kontrol grafikleri, Pareto analizi ve dağılım analizleri gibi istatistiksel yöntemlerle değerlendirilerek sonuçların hem nicel hem de nitel boyutları ortaya konmuştur.

Sınırlılıklar ve Özellikli Durumlar

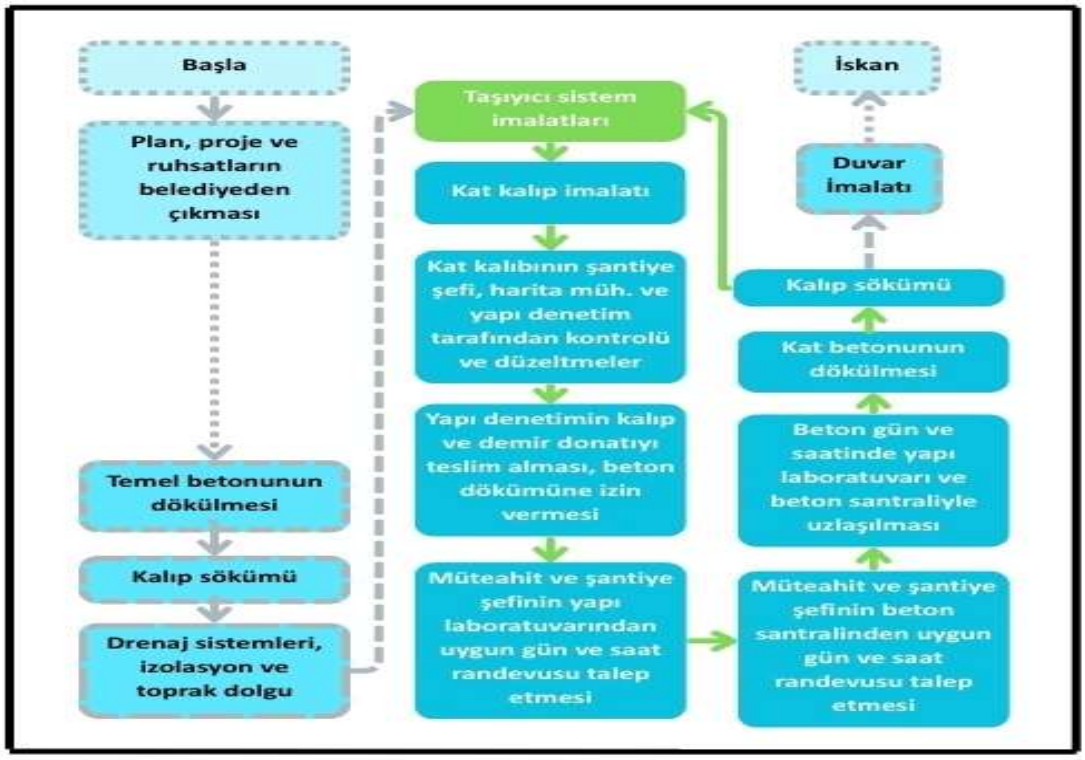
Bu çalışmanın temel sınırlılığı, yalnızca tek bir şantiyede gerçekleştirilmiş olmasıdır. Tek bir uygulama alanına odaklanılması, elde edilen sonuçların tüm inşaat sektörü için genellenebilirliğini kısıtlamaktadır. Ancak, araştırmanın yürütüldüğü şantiyede iki bloklu betonarme yapı organizasyonu bulunması, süreçlerin karşılaştırmalı olarak incelenebilmesine imkân tanımış ve uygulamaların kıyaslanabilirliğini artırmıştır. Böylelikle, sınırlı örneklem çerçevesinde de olsa, elde edilen bulguların belirli ölçüde genellenebilir ve literatür ile karşılaştırılabilir nitelikte olması sağlanmıştır.

Çalışma süresince dışsal faktörlerin süreç planlaması üzerinde doğrudan etkili olduğu gözlemlenmiştir. Hava koşulları, dini bayramlar, mevsimlik tarım işçiliğinden kaynaklanan iş gücü dalgalanmaları ve beton dökümüne ilişkin randevu sistemleri, planlama değişkenleri olarak dikkate alınmıştır. Bu faktörler, yalnızca operasyonel sürelerde sapmalara yol açmakla kalmamış, aynı zamanda çalışanların motivasyon, dikkat ve psikolojik dayanıklılık düzeylerini de etkilemiştir. Bu bağlamda, takvimsel modellemeler yapılarak olası gecikmelerin önüne geçilmeye çalışılmış, iş gücü planlamasında esneklik sağlanmıştır.

Araştırmada kullanılan tüm veriler doğrudan saha gözlemlerine, teknik ölçümlere ve sistematik kontrol listelerine dayandırılmıştır. Bu nedenle çalışmanın hata payı bulunmamaktadır. Elde edilen bulgular, subjektif değerlendirmelerden arındırılmış, gözlem–doğrulama–karşılaştırma döngüsü içinde doğrulanarak analiz edilmiştir.

Çalışmanın yürütüldüğü şantiyede yüksekten düşme, elektrik çarpması, ekipman arızaları ve malzeme düşmesi gibi majör risklere karşı ek güvenlik önlemleri alınmıştır. Bununla birlikte, yapılan iyileştirmelerin ağırlıklı olarak yalın yönetim teknikleri üzerinde yoğunlaştığı tespit edilmiştir. SMED yöntemiyle kurulum ve hazırlık süreleri optimize edilmiş, makarna diyagramı kullanılarak iş akışı ve lojistik düzenlemeler görselleştirilmiş, Kaizen önerileri doğrultusunda işçi geri bildirimleri toplanarak küçük ama etkili iyileştirmeler yapılmış, ayrıca 5S uygulamaları ile malzeme ve ekipman yerleşimi düzenlenmiştir. Bu bütüncül yaklaşım sayesinde hem iş güvenliği risklerinde azalma hem de operasyonel verimlilikte artış sağlanmıştır.

Bu tez çalışmasında, betonarme yapı imalatı sürecinin uzun, karmaşık ve döngüsel bir yapıya sahip olması nedeniyle özellikle bu sürece odaklanılmıştır. Aşağıda (Şekil 3.2’de) iş akışındaki döngüyü ifade eden iş akış şeması bulunmaktadır:



Şekil 3.2 : Taşıyıcı sistem iş akış şeması

Kalıp imalat süreci, demir donatı imalat süreci ve beton dökümü süreci birbiriyle ilişkili halkalar halinde değerlendirilmiş; böylelikle hem üretim sırasındaki darboğazlar hem de iş sağlığı ve güvenliği açısından kritik noktalar belirlenmiştir.

3.2.2. Veri analizinde kullanılan yöntemler

Analiz sürecinde hem zaman etüdü hem de süreç madenciliği yöntemlerinden faydalanılmıştır. Öne çıkan araçlar ve yöntemler şunlardır:

- Makarna diyagramı: İş dışı yürüyüş ve bekleme sürelerini analiz etmek için kullanılmıştır. Ortak alan kullanımları ve ekipman yerleşimlerinin verimliliği bu yöntemle optimize edilmiştir. Bu kapsamda makarna (spagetti) diyagramı, şantiyede işçilerin, malzemenin ve ekipmanların hareket güzergâhlarını adım adım haritalandırmak için kullanılmıştır. Analiz sırasında, beton santrali, yapı laboratuvarı, kule vinç, demir imalat alanları, kalıp imalat alanları ve malzeme istif alanları arasındaki yürüme mesafeleri ölçülmüş; gereksiz dolaşım, çapraz geçişler ve beklemeye neden olan rotalar tespit edilmiştir. Bu veriler

doğrultusunda, ekipman yerleşim planı yeniden düzenlenmiş, malzeme tedarik ve taşıma yolları kısaltılmış, ortak kullanım alanlarının erişilebilirliği artırılmıştır. Böylece hem taşıma süresi hem de bekleme süreleri azaltılarak saha içi lojistik akış daha verimli hâle getirilmiştir.

- Pareto analizi: İş kazalarına neden olan ana faktörlerin %80'inin, sahadaki %20'lik kritik risk gruplarından kaynaklandığını göstermek amacıyla uygulanmıştır. Bu kapsamda Pareto analizi, şantiyede karşılaşılan iş kazası türlerinin sıklık ve etkilerine göre sınıflandırılması, en yüksek risk potansiyeline sahip az sayıdaki faktörün belirlenmesi ve bu faktörlere yönelik öncelikli iyileştirme çalışmalarının planlanması amacıyla kullanılmıştır. Analiz sürecinde; kaza verileri toplanmış, benzer kategoriler altında gruplandırılmış, frekans ve kümülatif yüzdeler hesaplanarak azalan sırada sıralanmıştır. Elde edilen Pareto diyagramı, risklerin büyük çoğunluğunun az sayıdaki temel nedenden kaynaklandığını görsel olarak ortaya koymuş, kaynakların bu kritik alanlara yönlendirilmesiyle iş güvenliği performansının artırılması hedeflenmiştir.

- Değer Akış Haritalama (VSM) : İş akışları ayrı ayrı incelenmiş, darboğaz oluşturan çalışmalar için iyileştirici tedbirler alınmıştır. Bu kapsamda Değer Akışı Haritalama (Value Stream Mapping - VSM) yöntemi kullanılarak, süreçteki tüm malzeme ve bilgi akışı analiz edilmiş; değer katan ve katmayan adımlar net biçimde ortaya konmuştur. Analiz sonucunda bekleme süreleri, gereksiz taşıma, fazla stok ve çifte kontrol gibi israf unsurları belirlenmiş; bu israfların azaltılmasına yönelik spesifik iyileştirme adımları planlanmıştır. Böylece, darboğazların ortadan kaldırılması, çevrim süresinin kısaltılması, üretim hızının artırılması ve müşteri memnuniyetinin yükseltilmesi hedeflenmiştir.

- DMAIC Süreci : DMAIC döngüsü, Altı Sigma metodolojisinin yapılandırılmış problem çözme ve süreç iyileştirme yaklaşımı olup, bu araştırmada inşaat şantiyesindeki süreçlerin iyileştirilmesinde VSM (Değer Akışı Haritalama) analizini destekleyici bir araç olarak kullanılmıştır. Yöntemin "Tanımlama"

aşamasında, kalıp, demir ve beton dökümü gibi kritik imalat süreçlerinde karşılaşılan verimsizlikler, kaza riskleri ve malzeme akışındaki aksaklıklar belirlenmiş; proje kapsamı, hedefler ve iyileştirme öncelikleri netleştirilmiştir. "Ölçme" aşamasında, süreç performansına ilişkin veriler doğrudan saha gözlemleri, zaman ölçümleri, malzeme taşıma mesafeleri ve iş kazası sıklığı üzerinden toplanmış; bu ölçümler VSM'de yer alan mevcut durum haritasının nicel verilerle desteklenmesini sağlamıştır. "Analiz" aşamasında, toplanan veriler Pareto analizi ve kök neden analizleri ile değerlendirilmiş; bekleme süreleri, gereksiz taşıma, ekipman yerleşim hataları ve iş güvenliği riskleri ortaya konmuştur. "İyileştirme" aşamasında, SMED, 5S ve makarna diyagramı gibi yalın araçlar entegre edilerek çözümler geliştirilmiş; iç ve dış ayar süreleri ayrıştırılmış ve ekipman yerleşimi optimize edilmiştir. Son olarak "Kontrol" aşamasında, iyileştirmelerin kalıcılığını sağlamak amacıyla kontrol planları hazırlanmış, standart iş prosedürleri oluşturulmuş ve periyodik saha gözlemleri ile süreç performansı izlenmiştir. Bu sistematik yapı, VSM ile belirlenen mevcut durumdan hedef duruma geçişte, veri tabanlı ve sürdürülebilir bir iyileştirme sürecinin yürütülmesine imkân sağlamıştır.

- 5S : Şantiyede istiflemeler ve çalışma düzeni, 5S metodolojisi çerçevesinde aralıklı olarak gözlemlenmiş ve düzenlenerek zaman kayıpları önlenmiştir. Bu kapsamda Seiri (Ayıklama) adımı ile ihtiyaç duyulmayan malzeme, ekipman ve aletler çalışma alanından uzaklaştırılmış; Seiton (Düzenle) ile gerekli unsurlar kolay erişilebilir şekilde yerleştirilmiştir. Seiso (Temizle) adımıyla düzenli temizlik yapılarak ekipman performansı korunmuş ve olası arızalar önlenmiştir. Seiketsu (Standartlaştır) aşamasında elde edilen düzen ve temizlik kazanımlarının sürekliliğini sağlamak için standartlar oluşturulmuş, düzenli kontroller yapılmıştır. Son olarak Shitsuke (Sürdür ve Geliştir) ile bu alışkanlıkların kurumsal kültüre yerleşmesi sağlanmış, böylece 5S'in uzun vadeli etkinliği korunmuştur.

- SMED Uygulaması : SMED (Single Minute Exchange of Dies) yöntemi, süreçlerdeki değişim ve ayar sürelerini radikal biçimde azaltmayı amaçlayan yapılandırılmış bir yalın üretim tekniğidir. Bu araştırmada, inşaat şantiyesinde

özellikle kalıp, demir ve beton dökümü süreçlerinde iç ve dış faaliyetlerin ayrıştırılması, iç faaliyetlerin mümkün olduğunca dış faaliyetlere dönüştürülmesi ve tüm faaliyetlerin basitleştirilerek standardize edilmesi hedeflenmiştir. Yöntem, saha gözlemleri ve zaman ölçümleriyle elde edilen veriler üzerinden uygulanmış; değişim adımları detaylı biçimde analiz edilerek, gereksiz hareket ve beklemeler ortadan kaldırılmıştır. İç faaliyetlerin optimizasyonu için hızlı bağlama ve konumlandırma sistemleri, dış faaliyetlerde ise malzeme ve ekipmanların ergonomik yerleşimi gibi iyileştirmeler yapılmıştır. SMED uygulaması, inşaat süreçlerinde çevrim sürelerinin kısaltılmasına, ekipman kullanımının verimlileştirilmesine ve iş güvenliği performansının artırılmasına yönelik veri temelli bir iyileştirme aracı olarak kullanılmıştır.

- Fine- Kinney Risk Değerlendirme Metodu : Çalışmalar tüm şantiye alanı ve çalışmaya özgü alanlar dikkate alınarak tehlike ve riskler değerlendirilmiştir. Fine-Kinney yönteminde düzeltici önleyici faaliyet (DÖF) öncesi ve sonrası puanlamalara yer verilmiştir. Düzeltici önleyici faaliyetler, klasik iş güvenliği yaklaşımı ile yalın yönetim faaliyetleri ile ayrı ayrı ve birlikte değerlendirilmiştir. Risk değerlendirme skoru (R) = Olasılık x Frekans x Şiddet = O x F x C olarak hesaplanmıştır. Aşağıdaki Tablo 3.3, Tablo 3.4, Tablo 3.5 ve Tablo3.7'da her değerin hesaplanması için derecelenme koşullarıyla beraber puanlamalar Tablo 3.6'da ise risk çarpım tablosu yer almaktadır:

Tablo 3.3 : Olasılık puan ve derecelendirme tablosu

OLASILIK (P)	PUAN	DERECELENDİRME
BEKLENMEZ	0,2	BEKLENMEZ
ÇOK KÜÇÜK	0,5	BEKLENMEZ FAKAT MÜMKÜN OLABİLEN
KÜÇÜK	1	MÜMKÜN FAKAT DÜŞÜK İHTİMAL
ORTA	3	OLASI İHTİMAL
YÜKSEK	6	YÜKSEK YA DA OLDUKÇA MÜMKÜN İHTİMAL
ÇOK YÜKSEK	10	BEKLENEN, KESİN OLUŞABİLEN

Tablo 3.4 : Frekans puan ve derecelendirme tablosu

FREKANS (F)	PUAN	DERECELENDİRME
ÇOK SEYREK	0,5	YILDA BİR VEYA DAHA SEYREK
SEYREK	1	YILDA BİRKAÇ DEFA
SIK DEĞİL	2	AYDA BİR VEYA BİRKAÇ DEFA
ARA SIRA	3	HAFTADA BİR VEYA BİRKAÇ DEFA
SIK	6	GÜNDE BİR VEYA BİRKAÇ DEFA
HEMEN HEMEN SÜREKLİ	10	BİR SAATTE BİRKAÇ DEFA

Tablo 3.5 : Şiddet puan ve derecelendirme tablosu

ŞİDDET (C)	PUAN	DERECELENDİRME
RAMAK KALA	0,5	UCUZ ATLATMA, ÇEVRESEL BİR ZARAR YOK
KÜÇÜK HASAR	1	KÜÇÜK HASAR, DAHİLİ İLK YARDIM, SINIRLI ÇEVRESEL ZARAR
ÖNEMLİ HASAR	2	ÖNEMLİ HASAR, YARALANMA, DIŞ İLK YARDIM, ÇEVRESEL ZARAR
KALICI HASAR	3	KALICI HASAR, YARALANMA, İŞ KAYBI, ÇEVRESEL ENGEL OLUŞTURMA
ÖLÜMCÜL HASAR	6	ÖLDÜRÜCÜ KAZA, CİDDİ ÇEVRESEL ZARAR
ÇOKLU ÖLÜM	10	BİRDEN FAZLA ÖLÜMLÜ KAZA, ÇEVRESEL FELAKET

Tablo 3.6 : Risk skoru çarpım tablosu

$$R = O \times F \times C$$

Tablo 3.7 : Fine-Kinney risk skor tablosu

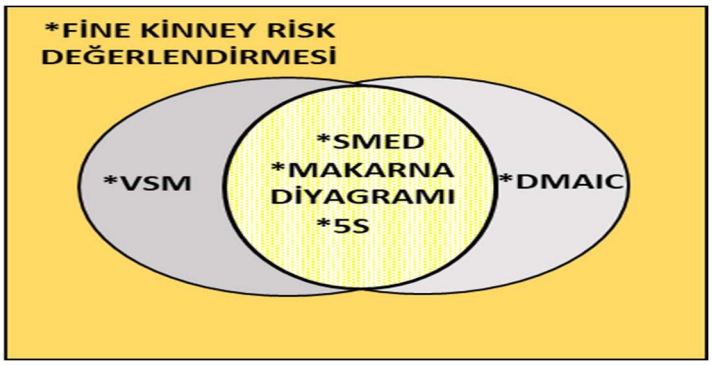
RİSK SKORU	RİSK DEĞERLENDİRME SONUCU
R >= 400	KABUL EDİLEMEZ
400 > R >= 200	ÇOK YÜKSEK
200 > R >= 70	YÜKSEK
70 > R >= 20	ORTA
R <20	DÜŞÜK

Tablo 3.3'te olasılık puan ve derecelendirmeleri; 0,2 – beklenmez seviyesinden 10 – beklenen, kesin oluşabilen puan ve derecesine kadar; Tablo 3.4'te frekans puan ve derecelendirmeleri; 0,5 – yılda bir veya daha seyrekten 10 – bir saatte bir veya birkaç

defaya kadar; Tablo 3.5'te şiddet puan ve derecelendirmeleri; 0,5 – ucuz atlatma, çevresel bir zarar yoktan 10 – birden fazla ölümlü kaza, çevresel felakete kadar; Tablo3.7'da risk skoru puan ve derecelendirmeleri; R<20 – düşükten R>=400 kabul edilemeze kadar işlenip görsel olarak sunulmuştur. Çalışmada, R>20 orta, yüksek, çok yüksek ve kabul edilemez risklerinin R<20 olarak risk dönüşümü sağlanması ana hedef olarak benimsenmiştir.

Süreç Yönetimi

Bu çalışmada süreç yönetimi yaklaşımı, yalın üretim teknikleri ve iş sağlığı-güvenliği uygulamalarının bütüncül olarak entegre edilmesiyle ele alınmıştır. Mevcut durum, öncelikle değer akış haritası (VSM) aracılığıyla ortaya konmuş; akabinde DMAIC süreci kullanılarak süreçlerin iyileştirilmesine yönelik sistematik adımlar belirlenmiştir. Bu çerçevede, klasik iş güvenliği önlemlerinin yanı sıra, SMED, makarna diyagramı ve 5S yöntemleri tek başına veya kombinasyon halinde uygulanmış; böylece darboğazların azaltılması, zaman tasarrufu sağlanması ve güvenlik seviyesinin artırılması amaçlanmıştır. Tüm uygulamalar boyunca Fine–Kinney yöntemiyle risk değerlendirmeleri gerçekleştirilmiş, düzeltici ve önleyici faaliyetler (DÖF) öncesi ve sonrasındaki durumlar nicel veriler ışığında karşılaştırılmıştır. Ayrıca VSM sonuçları ile süreçlerdeki israf süreleri ve beklemeler tablo haline getirilmiş, bu kayıpların yalın yönetim teknikleriyle azaltılabileceği ortaya konmuştur. Çalışmanın süreç yönetim akışını gösteren bütüncül yapı Şekil 3.3'te sunulmaktadır:



Şekil 3.3 : Süreç yönetim şeması

Değerlendirilen Göstergeler ve Elde Edilen Gözlemler

- Plan ve projeler incelenerek demir donatı poz numaraları, kalıp ölçüleri hesaplanmış imalat akışı planlanmıştır.

- Çalışma alanlarının olduğu alanlarda risk değerlendirme çalışmaları yapılmıştır. Risk değerlendirme çalışmasında aşağıdaki ana faaliyet alanları üzerinde durulmuştur:

Kalıp imalat sürecinde; ahşap pano kesimi, elektrikli kesici kullanımı, kalıp malzemelerinin taşınması, kalıp montajı ve sökümü sırasında gerçekleştirilen uygulamalar, çekiç kullanımı, kalıp aktarma işlemleri (elle ve vinçle), yüksekte vida/çivi çakma, kalıp ve iskele imalatı, malzeme istifi, iskele kullanımı, kule vinç ile yük taşıma, kalıp taşıma işlemleri, malzeme istifine erişim ve imalat alanı erişimi risk değerlendirme kapsamında analiz edilmiştir.

Donatı imalat sürecinde; donatı çubuğu kesimi, spiral taş motoru ile yapılan kesim, elektrik bağlantısı, donatı kaldırma ve yerleştirme, kesim sonrası çubuk kaldırma, gürültü maruziyeti, donatı kesim alanı erişimi, donatı büküm işlemleri (manuel ve makine destekli), donatı yerleştirme ve ölçüm, elektrikli makine kullanımı, makine çalışırken parça atması, donatı büküm alanı erişimi, donatı ölçümü ve yerleştirme, donatı bağlama, bükülmüş malzemenin taşınması, malzeme istifi, imalat alanı erişimi ve uzun donatı ile çalışma faaliyetleri risk faktörleri bakımından değerlendirilmiştir.

Beton döküm sürecinde; beton pompası yerleşimi, beton taşınması (pompa veya işçiler aracılığıyla), kalıp içine beton dökümü, vibratör kullanımı, yüksek alanlarda çalışma, elektrik bağlantıları, beton prizi beklenirken yapılan denetimler, pompa temizliği sonrası işlem, harita mühendisi ve yapı denetim randevuları, proje kontrolü, donatı yerleşimi ve uygunluk kontrolü, şantiye şefinin onay süreci, yapı denetim kontrolü, beton santrali ve laboratuvar seçimi, beton sınıfı ve kıvamı, beton numunesi alınması ve denetimi, uygunluk belgelerinin eksikliği ve beton sevkiyat süreci ele alınmıştır.

Bu faaliyetler üzerinden yapılan gözlemler, sahada karşılaşılan risklerin ayrıntılı biçimde değerlendirilmesine ve alınacak önlemlerin sistematik şekilde planlanmasına katkı sağlamıştır. Ana faaliyet alanları kapsamında tehlike kaynakları oluşturulmuş, DÖF sonrası tehlike ve riskler, düşük risk seviyesine indiğinde dönüşüme uğramıştır. Alan değişikliklerinde genel itibariyle aynı tehlike ve risk durumları değerlendirilmiş, bu sayede karşılaştırma için imkan sağlanmıştır. Böylece süreçler hem operasyonel akış hem de iş güvenliği odaklı bakış açısıyla bütüncül olarak incelenmiştir.

- İşçilerin makine yerleri, malzeme yerleri istifleme düzen ve alanları gözlemlenmiştir.

- Kule vinç çalışmaları sapanlama, zincirleme, aktarma, yerleştirme, bağ çözme, iletişim ve hava durumuna bağlı rüzgar yükleri gözlemlenmiştir.

- Ahşap kalıp ve teleskopik direk kullanımı zemin kat imalatı itibariyle kullanımı son bulmuş yerine kayar (asansör perdelerinin dış cephe perdeleri için kayar kalıp, kolon, diğer perdeler ve asansör iç perdeleri için ayarlı kolon kalıp kullanılmış tüm yeni kalıp sistemi için "kayar kalıp sistemi" tabiri kullanılmıştır) kalıp malzemeler ve masa kalıp iskeleler kullanılmıştır.

- Çalışma düzeninde makarna diyagramları oluşturulmuştur, zaman kayıpları ve tehlikeye maruziyet süreleri tespit edilmiştir.

- Beton dökümü esnasında kalıp üzerinde vibratör kullanan çalışanlar, mastarlama çalışanları, pompa beton borusunun ucunu yönlendiren çalışanlar, şantiye şefi ile saha mühendis ve mimarı, pompa operatörü, mikser şoförleri ile yağcılar ve yapı laboratuvar numune alım elemanları gözlemlenmiştir.

- Randevu yönetiminde, 7–10 gün önceden alınan beton numune randevularının %80 oranında uygun olduğu, kısa süreli randevularda ise uygunluk oranının %10'a kadar düştüğü belirlenmiştir.

- Hava koşulları ve dini bayramlar gibi dışsal etkenlere karşı alternatif takvim planlaması yapılması gerektiği görülmüştür. Bu durum işçilerin psikolojik baskısını azaltmakta ve dikkat düzeyini artırmaktadır.

- Beton santrali ve yapı laboratuvarının şantiyeye yakın olması, kötü beton sonucu nedeniyle oluşacak gecikmelerin tolere edilmesini sağlamaktadır. Aksi durumda düşük beton raporu nedeniyle karot alınması ve sonuçlar gelene kadar beton dökümünün yapılamaması gibi ciddi zaman kayıpları oluşmaktadır.

İş Güvenliği Odaklı Gözlemler

- SMED yöntemiyle azaltılan ekipman kurulum ve değiştirme süreleri sayesinde tehlikeli alanlarda işçi maruziyet süresi düşürülmüş, bu da iş kazalarının sıklığını azaltmıştır.

- Risk değerlendirme çalışmalarına öncelik verilmiş, iyileştirmeler bu temel üzerine yapılmıştır. Örneğin, tulum döküm diye tabir edilen düşey betonarme taşıyıcı elamanlar ile yatay taşıyıcı elamanların beton dökümünün aynı zamanda yapılması durumu kalıp patlamaları, deprem vb. durumlar gözetilerek yapılmamış ayrı günlerde beton dökümü yapılmıştır.

- İşçiye iş hızlandırma baskısı yapılmaksızın iş akışı optimize edilmiş, böylece dikkat dağınıklığı ve hata olasılığı azaltılmıştır.

- İş kazası ile dikkat düzeyi arasındaki negatif korelasyon kontrol grafiğiyle analiz edilmiş, dikkat düzeyinin düştüğü zamanlarda kaza oranının arttığı görülmüştür.

Bu yöntemsel yaklaşımlar, SMED uygulamalarının inşaat sektöründe yalnızca üretim hızını değil aynı zamanda iş güvenliği seviyesini de olumlu yönde etkilediğini göstermektedir.

4. BULGULAR

Kaba inşaat süreci kazı, iksa çalışmaları, betonarme yapı imalatı ve duvar örülmesi olarak ele alınır. Betonarme yapı imalatında genellikle önce kalıp imalatı sonra demir imalatı yapılır ve sonra beton dökümüne geçilir. Her kat beton dökümü sonrası tekrar kalıp imalatı ile başlar ve demir imalatı şeklinde devam eder. Bu tez çalışmasında betonarme yapı imalatı sürecinin uzun ve döngü halinde devam etmesinden ötürü bu süreç değerlendirilmiştir.

4.1 Kalıp İmalat Süreci

4.1.1. Sürecin tanımı

Şantiyede imalatlar genel itibariyle kalıp imalatı ile başlar. Kalıp, iskele ve üretim malzemelerinin imalat alanına yakınlığı çalışanların bu alanlar arası mesafede aktarma yapması bu aktarma sürecinde karşılaşacağı tehlikelere de daha fazla maruz kalacağı anlamına gelmektedir. Aşağıdaki planda çalışmalar basit bir şekilde aktarılmıştır. Çalışmalar ve istiflemeler önce temel kotundan başlamış 1. bodrum kat imalatları tamamlandıktan sonra ara blok tabliye istif ve çalışmalar için uygun hale gelmiş ve çalışmalar buradan devam etmiştir. Öncelikle risk değerlendirme çalışması yapılarak tehlike durumları ortaya çıkarılmış sonra makarna diyagramı yapılarak çalışma görselleştirilmiş ve analiz edilmiştir.

Kalıp imalat süreci, aşağıdaki iş adımlarından oluşur:

- Kalıp projesinin kontrolü ve ölçülendirme
- Ahşap pano ve başlıkların kesimi
- Ön montaj işlemleri
- Malzeme taşıma (kule vinç ile)
- Kalıp montajı

- Ölçüm, denetim ve teslim
- Kalıp sökümü

4.1.2 Mevcut durum değer akış haritası (VSM)

Kalıp imalat sürecinin mevcut durumu, işlem adımlarının sıralı biçimde incelenmesiyle ortaya konmuş ve değer akış haritası (VSM) yöntemiyle analiz edilmiştir. Bu analiz kapsamında işlem süreleri, bekleme zamanları, malzeme akışı ve iş gücü kullanımı değerlendirilmiş; darboğaz oluşturan faaliyetler ile katma değer yaratmayan iş adımları belirlenmiştir. Ayrıca süreç boyunca iş güvenliği açısından risk oluşturan noktalar da göz önünde bulundurulmuş, operasyonel verimlilik ile güvenlik boyutları birlikte ele alınmıştır. Mevcut duruma ilişkin ayrıntılı sonuçlar Tablo 4.1'de sunulmaktadır:

Tablo 4.1 : Kalıp imalat sürecinde mevcut durum değer akış haritası

Süreç Adımı	Açıklama	İşlem Süresi	Bekleme Süresi	Darboğaz
1. Malzeme Tedariki	Ahşap pano, dikme, takoz, çivi vs. tedariki	2 gün	1 gün (onay ve tedarik süreci)	Malzemelerin sarf malzeme olması, kullanım ömrünün kısa olması
2. Malzeme İstifi Ve Sınıflandırma	Gelen malzemenin uygun alana istiflenmesi	1 gün	0,5 gün (sınıflandırma, teslim alma ve istif alanı hazırlama süreci)	Alan darlığı, düzensizlik, teslimatta gecikme, parça fazlalığı
3. Ahşap Kalıp Kesimi	Daire testere ile pano ve dikmelerin proje ölçüsüne göre kesimi	3 gün	1 gün	Testere sayısı yetersiz, kalifiye çalışan az, alan dar
4. Kule Vinç Aktarımı (Ahşap Kalıp 1. Durum)	Yarı imal edilmiş kalıp malzemenin yerinde kurulum için aktarımı	0,5 gün	0,25 gün	Parça sayısı fazla, vinç aktarım sefer sayısı çok
5. Ahşap Kalıp Montajı	Kesilen parçaların sahada birleştirilmesi ve beton döküm alanına montajı	4,5 gün	1 gün	İşgücü yetersizliği, koordinasyon eksikliği, parça fazlalığı
6. Kule Vinç Aktarımı (Ahşap Kalıp 2. Durum)	Yarı imal edilmiş kalıp malzemenin yerinde kurulum için aktarımı	0,5 gün	0,25 gün (Kat sayılarının yükselmesi ve ortalama zaman harcanması)	Parça sayısı fazla, vinç aktarım sefer sayısı çok
7. Kule Vinç Aktarımı (Kayar Kalıp 2. Durum)	Yarı imal edilmiş kalıp malzemenin yerinde kurulum için aktarımı	0,25 gün	_	Parça sayısı azaldı, işlem ve sefer süresi kısaldı
8. Kayar Kalıp Montajı	Kalıp ölçüsü belirli malzemenin montajı	2,5 gün	0,5 gün	Hazır kalıp kullanımı parça karmaşasını ve dolaylı zaman kaybını azaltmıştır.

Tablo 4.1 , sahada uygulanan ahşap kalıp imalat sürecinin ayrıntılı bir analizini sunmaktadır. Süreç adımları sıralı biçimde verilmiş ve her bir adım için işlem süresi, bekleme süresi ve mevcut darboğazlar değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda aşağıdaki temel bulgular ortaya çıkmıştır:

- Toplam işlem süresi: ~11 gün
- Toplam bekleme süresi: ~4,5 gün
- Toplam çevrim süresi (lead time): ~15,5 gün

Malzeme istifi, ahşap kesimi, kalıp montajı, kalıp sökümü ve malzeme temizliği gibi adımlarda darboğazlar tespit edilmiştir. Bu darboğazlar, genellikle kaynak yetersizliği, düzensizlik, ekipman eksikliği ve koordinasyon zafiyetinden kaynaklanmaktadır. Özellikle ahşap kesim işleminde, testere sayısının yetersiz olması ve iş güvenliği tedbirlerinin eksikliği, hem verimliliği düşürmekte hem de çalışan sağlığını riske atmaktadır. Malzeme temizliği ve depolama sürecinde yeterli iş gücü planlaması yapılmadığından, kalıp malzemelerinin tekrar kullanıma dönüş süresi uzamakta, bu da malzeme israfına ve gecikmelere neden olmaktadır. Bekleme süreleri, toplam çevrim süresinin yaklaşık %41'ini oluşturmaktadır. Bu oran, yalın üretim ilkelerine göre oldukça yüksektir ve iyileştirme ihtiyacına işaret etmektedir.

4.1.3. Fine-Kinney risk değerlendirmesi

Ahşap Kalıp Kesimi

Ahşap kalıp kesimi sürecinde testere ve elektrikli kesici kullanımı sırasında ortaya çıkan el ve parmak kesilmesi, gürültü maruziyeti ve talaş kaynaklı göz yaralanmaları gibi riskler öne çıkmıştır. Ayrıca kesim alanındaki dar çalışma koşulları ve malzeme yoğunluğu, iş kazası olasılığını artıran ek tehlike kaynakları olarak değerlendirilmiştir. Fine–Kinney yöntemiyle yapılan analizler, bu risklerin başlangıç seviyelerini belirlemiş ve uygulanan düzeltici–önleyici faaliyetler (DÖF) sonucunda risklerin kabul edilebilir düzeye indirildiğini ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçlar ayrıntılı olarak Tablo 4.2'de sunulmaktadır:

Tablo 4.2 : Ahşap kalıp kesiminde Fine–Kinney risk analiz raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI Çalışma : Ahşap Kalıp Kesimi				Konu :	Kalıp İmalat Süreci	
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	DÖF Öncesi Risk	DÖF Sonrası Risk
1	Ahşap pano kesimi	Daire testere	El ve parmak kesilmesi	Kalıpçılar	64 (Orta)	12 (Düşük)
2	Elektrikli kesici kullanımı	Elektrik kaçakları	Elektrik çarpması	Kalıpçılar	60 (Orta)	6 (Düşük)
3	Kalıp malzemelerinin taşınması	Ağır yük kaldırma	Bel incinmesi, düşme	Kalıpçılar	36 (Orta)	4 (Düşük)

Tablo 4.2 incelendiğinde el ve parmak kesilmesinin, sahada en sık karşılaşılan kazalardan olduğu anlaşılmaktadır. Daire testere gibi yüksek devirli kesim makineleriyle çalışırken kişisel koruyucu donanım (KKD) kullanımı (ör. eldiven, yüz siperi), makine koruma muhafazaları ve eğitim düzeyi kritik önem taşır. DÖF sonrasında alınan önlemlerle (örneğin: kesim şablonları, iki el kontrollü kesim sistemleri, operatör eğitimi) bu riskin "yüksek" seviyeden "düşük" seviyeye düşürülmüş olması, sahada uygulamaların etkinliğini göstermektedir.

Elektrikli aletlerin nemli ve açık alanlarda kullanımı ciddi çarpılma riskleri yaratır. Bu risk, çoğu zaman ölümcül sonuçlar doğurabilir. DÖF kapsamında şu önlemler alınmıştır:

- Kaçak akım rölesi (RCD) kullanımı
- Topraklama kontrolleri
- İzolasyon testi yapılmış uzatma kabloları
- El aletlerinin IP koruma sınıflarının artırılması

Tüm bu müdahalelerle orta riskli bir tehlike etkili şekilde bertaraf edilmiştir.

Elle taşıma ve ağır kaldırma kaynaklı ergonomik riskler, iş gücü kayıplarının önemli bir sebebidir. Bel fıtığı, kas-iskelet zorlanmaları gibi meslek hastalıklarının en yaygın nedenlerinden biridir. Bu durumda aşağıdaki önlemler alınmıştır:

- Taşıma arabaları ve kızak sistemleri kullanımı
- 2 kişiyle taşıma zorunluluğu
- Malzeme istifinin ergonomik yükseklikte yapılması
- "Ağır kaldırma teknikleri" eğitimi

Bu önlemlerle orta seviyede olan düşme ve incinme riski minimize edilmiştir.

Ortalama risk seviyesi başlangıçta 53.3 iken DÖF sonrası 7.3'e düşmüştür.

Ahşap Kalıp Montajı Ve Sökümü

Ahşap kalıp montajı ve sökümü sürecinde iş güvenliği açısından kritik riskler tespit edilmiştir. Özellikle çivi ve vida çakma sırasında yüksekten düşme, ağır malzemelerin taşınması esnasında kas-iskelet zorlanmaları ve montaj–söküm aşamalarında iskele stabilitesinin yetersizliği ön plana çıkmıştır. Fine–Kinney yöntemiyle yapılan analiz, bu tehlike kaynaklarının başlangıç risk düzeylerini ortaya koymuş ve düzeltici–önleyici faaliyetler (DÖF) sonrası risklerin kabul edilebilir seviyelere indirildiğini göstermiştir. Elde edilen bulgular ayrıntılı olarak Tablo 4.3'te sunulmaktadır:

Tablo 4.3 : Ahşap kalıp montajı ve sökümünde Fine–Kinney risk analiz raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI Çalışma : Ahşap Kalıp Montajı Ve Sökümü				Konu :	Kalıp İmalat Süreci	
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	DÖF Öncesi Risk	DÖF Sonrası Risk
1	Kalıp montajı ve sökümü sırasında	Yüksekte çalışma	Yüksekten düşme	Kalıpçılar	80 (Yüksek)	16 (Düşük)
2	Kalıp montajında çekiç kullanımı	Hatalı çekiçleme	El ve parmak ezilmesi	Kalıpçılar	48 (Orta)	8 (Düşük)
3	Kalıp aktarma/ montaj/sökme (elle/vinçle)	Malzemenin düşmesi	Baş ve vücut yaralanmaları	Kalıpçılar	48 (Orta)	12 (Düşük)
4	Yüksekte vida/çivi çakma	Denge kaybı	Platformdan düşme, ayak burkulması	Kalıpçılar	36 (Orta)	6 (Düşük)

Tablo 4.3 incelendiğinde yüksekte yapılan kalıp montajı ve sökümü sırasında düşme riski tespit edildiği görülmektedir. Düşme riskini önlemeye yönelik şu İSG uygulamaları eksiksiz olarak hayata geçirilmiştir:

- TS EN 12810 ve TS EN 12811 standartlarına uygun metal iskele sistemleri kurulmuştur.
- Tüm platformlarda korkuluk, ara korkuluk ve topuk levhası uygulamaları eksiksiz sağlanmıştır.
- Tam vücut emniyet kemeri kullanımı zorunlu hale getirilmiş, düşmeye karşı yaşam hattı kurulmuştur.
- Çalışanlara yüksekte çalışma eğitimi verilmiş ve belgeleri kayıt altına alınmıştır.

Alınan bu önlemler neticesinde risk seviyesi yüksek düzeyden düşük düzeye çekilmiş, ölümle sonuçlanabilecek kazaların önüne geçilmiştir.

Çekiçle yapılan montaj işlemlerinde el ve parmakların ezilmesi riski değerlendirilmiş, riskin azaltılması amacıyla aşağıdaki önlemler uygulanmıştır:

- Ergonomik saplı ve kademeli darbe emici çekiçler temin edilmiştir.

- Kalıp bağlantı noktaları önceden delinmiş ve hizalanmış şekilde hazırlanmıştır.

- Tüm çalışanlara kişisel koruyucu donanım (KKD) kapsamında darbeye dayanıklı eldiven dağıtılmıştır.

- Montaj süreci için "doğru çakma tekniği" eğitimi düzenlenmiş ve kontrol listeleriyle denetim sağlanmıştır.

Bu uygulamalar sayesinde el ve parmak yaralanmalarının görülme sıklığı belirgin şekilde azalmıştır.

Kalıp panellerinin yer değiştirmesi sürecinde malzemenin düşmesi nedeniyle oluşabilecek yaralanmalar risk olarak tespit edilmiştir. Bu riski bertaraf etmek üzere:

- Taşıma işlemleri yalnızca sertifikalı vinç operatörleri tarafından gerçekleştirilmiştir.

- Kullanılan kanca, halat ve çelik sapanlarda TS EN ISO 12100 standardına uygunluk sağlanmıştır.

- Vinçle taşınan kalıp elemanları için denge noktaları belirlenmiş ve "çift kilitli bağlama yöntemi" uygulanmıştır.

- Taşıma alanları zemin işaretlemeleri ile güvenlik altına alınmış, bu alanlara giriş engellenmiştir.

Yukarıdaki faaliyetler neticesinde ilgili risk "düşük seviye"ye indirilmiş ve başlıca yaralanma türlerinin önüne geçilmiştir.

Yüksekte vida / çivi çakma sırasında ortaya çıkan denge kayıpları sonucu yaşanabilecek düşmeler ve burkulmalar için aşağıdaki DÖF'ler uygulanmıştır:

- Çalışma yapılan platformlar, kaymaz zemin kaplamalarıyla güçlendirilmiştir.

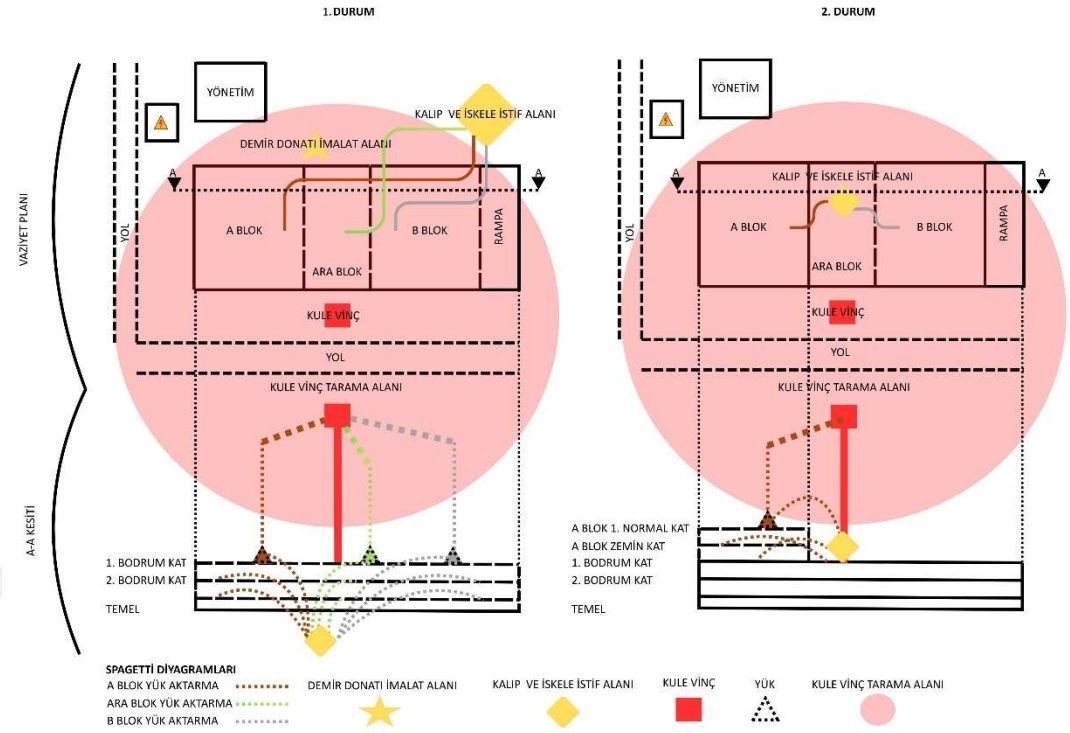
- Kaymaz tabanlı iş ayakkabısı giyilmesi zorunlu hale getirilmiştir.
- Çalışanlara denge kaybına karşı 3-nokta teması eğitimi verilmiştir.
- Tüm platformların altına darbe emici takozlar yerleştirilmiştir.

Ortalama risk seviyesi ise başlangıçta 53 iken DÖF sonrası 11'e düşmüştür.

Kalıp İmalat ve İstif Noktalarının Tayini

Şantiye organizasyonunda iş sağlığı ve güvenliğini (İSG) artırmak, malzeme taşıma süreçlerini optimize etmek ve toplam çevrim süresini azaltmak amacıyla kalıp ve iskele istif alanının konumu yeniden düzenlenmektedir. Mevcut durumda (1. durum), istif alanı kule vincin tarama alanı dışında ve temel kotuna oldukça uzak bir bölgede yer almaktadır. Bu durum, malzeme aktarım süresini uzatmakta, kule vincin sefer sayısını artırmakta ve yüklerin daha uzun süre havada kalmasına neden olarak rüzgar yükü etkisini ve malzeme düşme riskini artırmaktadır. Ayrıca, taşıma rotalarının uzunluğu ve çakışması iş akışında düzensizlik yaratmakta, zaman kaybına ve potansiyel çarpışmalara yol açmaktadır.

Bu nedenlerle, 1. bodrum kat tabliyesinin tamamlanmasının ardından, kalıp ve iskele istif alanı kule vincin tarama alanı içine, bloklara daha yakın bir konuma alınmaktadır (2. durum). Böylece, yüklerin vinçle taşınma mesafesi kısalmakta, malzeme sevkiyat süresi düşmekte, yük altında çalışma süresi azalmaktadır ve sahadaki riskli etkileşimler minimuma indirilmektedir. Yapılan bu düzenleme, yalnızca İSG açısından değil, aynı zamanda yalın üretim ilkelerine uygun olarak verimlilik, kaynak kullanımı ve iş gücü planlaması bakımından da önemli iyileşmeler sağlamaktadır. Aşağıda (Şekil 4.1'de) görüldüğü üzere kalıp imalat alanları taşınmış ve bununla beraber zaman tasarrufu sağlanmış, tehlike maruziyeti azalmıştır:



Şekil 4.1 : Kalıp imalat alanının 1. durum ve 2. durumda yerleşim planı

Şantiye içi lojistikte yapılan her türlü iyileştirme, hem iş sağlığı ve güvenliği (İSG) performansını hem de zaman ve maliyet etkinliğini doğrudan etkilemektedir. Bu bağlamda, kalıp ve iskele istif alanının mevcut konumu ile kule vinç tarama alanı arasındaki mesafe analiz edilmiştir. Mevcut durumda (Durum 1), istif alanı kule vincin erişim alanı dışında yer almakta; bu durum, vinç operasyonlarını yavaşlatmakta, yüklerin havada kalma süresini uzatmakta ve iş kazası risklerini artırmaktadır.

Yüksekten düşen malzeme, rüzgar etkisiyle savrulan yükler ve vinç operatörünün görüş kısıtlılığı gibi etkenler, şantiye sahasında hem çalışan güvenliğini tehdit etmekte hem de iş akışını sekteye uğratmaktadır. Özellikle rüzgarlı hava koşullarında bu durum ciddi bir tehdit oluşturmaktadır.

Yapılan bu analiz doğrultusunda, 1. bodrum kat tabliyesi tamamlandıktan sonra, kule vincin tarama alanı içerisine alınan yeni istif alanı (Durum 2), taşınma sürecini kısaltmakta, sefer sayısını azaltmakta ve yük altında çalışma süresini minimize etmektedir.

1. Durum : Bodrum Kata Kadar Yapılan Kalıp İmalatı

Durum Başlangıcı

Bodrum kata kadar gerçekleştirilen kalıp imalatı sürecinde, imalat alanının ilk düzenleniş biçimi üzerinden riskler değerlendirilmiştir. Bu aşamada ahşap panoların hazırlanması, malzeme istifi, taşıma işlemleri ve kalıp montajı gibi faaliyetler sırasında elektrikli alet kullanımı, yüksekten düşme ve dar alanlarda çarpma gibi tehlike kaynakları öne çıkmıştır. Yapılan Fine–Kinney analizinde bu riskler ayrıntılı biçimde incelenmiş, düzeltici ve önleyici faaliyetler (DÖF) ile kabul edilebilir seviyelere indirgenmiştir. Sürece ilişkin elde edilen sonuçlar ayrıntılı olarak Tablo 4.4'te sunulmaktadır:

Tablo 4.4 : Kalıp imalat alanı 1. durum başlangıcında Fine–Kinney risk analiz raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI				Konu :	Kalıp İmalat Süreci	
Çalışma : Kalıp İmalat Alanı 1. Durumda						
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	DÖF Öncesi Risk	DÖF Sonrası Risk
1	Kalıp ve iskele imalatı	Kule vinç bom hareketi	Bom altında çalışanlara malzeme düşmesi	Çalışanlar	100 (Yüksek)	24 (Orta
2	Malzeme istifi	Düzensiz istifleme	Malzemelerin devrilerek yaralanmaya sebep olması	Çalışanlar, ziyaretçiler	80 (Yüksek)	12 (Düşük)
3	İskele kullanımı	Eksik/ uygunsuz iskele	Düşme, çökme veya çarpma kaynaklı yaralanmalar	Kalıpçı, demirci	100 (Yüksek)	16 (Düşük)
4	Kule vinçle yük taşıma	Operatörün görüş eksikliği	Malzemenin savrulması, çarpması	Tüm çalışanlar	100 (Yüksek)	12 (Düşük)
5	Kalıp taşıma işlemleri	Vinçle kalıp taşınması	Kalıbın düşmesi veya kayması sonucu yaralanma	Kalıpçılar	64 (Orta)	12 (Düşük)
6	Malzeme istifine erişim	Uygun merdiven/kaldıraç yokluğu	Tırmanma, düşme riski	Tüm çalışanlar	48 (Orta)	6 (Düşük)

Tablo 4.4 incelendiğinde, kule vincin kontrolsüz salınımı veya bom hareketleri sırasında çalışanların altında kalma riski, majör tehlikelerden biri olarak tespit edilmiştir. Bu riskin azaltılması amacıyla çalışma alanları vinç tarama alanıyla çakışmayacak şekilde yeniden düzenlenmiş, zemin işaretlemeleri yapılmış ve bu bölgelere giriş-çıkışlar sınırlandırılmıştır. Ayrıca vincin taşıdığı yüklerin çalışanlara çarpma veya üzerlerine düşme ihtimalini en aza indirmek için vinç operatörü ile zemindeki personel arasında telsiz iletişimi sağlanmış, "bom altı çalışma yasağı" uygulamaya alınmıştır.

Malzemelerin istiflenmesi sırasında denge merkezinin korunmaması ve yüksek yığma uygulamalarının yol açabileceği devrilme riskine karşı, paletli ve raflı istifleme sistemleri kurulmuş, istif yüksekliği standartlara (maksimum 1,5 m) uygun hale getirilmiş ve malzeme düzenleme alanları belirlenmiştir. Böylece çalışanların ve ziyaretçilerin malzeme devrilmesi sonucu yaralanma riski azaltılmıştır.

İskelelerin uygunsuz montajı ve periyodik kontrollerin yapılmaması sonucu oluşabilecek yüksekten düşme ve iskele çökmesi riskleri de majör tehlikeler arasında değerlendirilmiş; bu kapsamda TS EN 12810/11 standardına uygun metal iskeleler kullanılmış, montaj sonrası sorumlu mühendis onayı alınmış, çalışma alanına korkuluk, topuk levhası ve kaymaz yüzey eklenmiş, ayrıca yüksekten düşme riskine karşı güvenlik ağı kurulmuştur.

Operatörün dar görüş alanının neden olabileceği yük savrulması ve çarpma risklerine karşı vinç kabinlerine kamera destekli sistemler yerleştirilmiş, sahada işaretçi personel görevlendirilmiş ve yük rotaları önceden planlanarak taşıma sırasında insan geçişine kapatılmıştır.

Kalıp elemanlarının askıda dengesiz kalması sonucu düşme riskinin önlenmesi amacıyla çift sapanlı taşıma aparatları kullanılmış, yatay ve dikey denge noktaları belirlenmiş ve taşıma sürecine dair görsel talimatlar ile saha eğitimleri gerçekleştirilmiştir.

Bu kapsamlı tedbirler sayesinde başlangıçta yüksek seviyede olan maruziyet riskleri, kabul edilebilir güvenli seviyelere indirilmiş; hem iş sağlığı ve güvenliği hem de operasyonel süreklilik açısından önemli iyileşmeler sağlanmıştır.

Ahşap Kalıp İmalatı

Ahşap kalıp imalatı sürecinde gerçekleştirilen faaliyetler, hem iş akışında verimliliği etkileyen darboğazları hem de çalışan güvenliği açısından kritik riskleri ortaya koymaktadır. Bu süreçte malzeme kesimi, taşınması, montajı ve sabitlenmesi gibi adımlar sırasında elektrikli el aletlerinin kullanımı, yüksekten düşme tehlikesi ve istif alanlarında oluşabilecek çarpma riskleri öne çıkmıştır. Risk değerlendirmesi kapsamında belirlenen bu tehlikeler, düzeltici ve önleyici faaliyetler (DÖF) ile kontrol altına alınmış ve kabul edilebilir risk seviyelerine indirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ayrıntılı biçimde Tablo 4.5'te sunulmaktadır:

Tablo 4.5 : Ahşap kalıp imalatında Fine–Kinney risk analiz raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI Çalışma : Ahşap Kalıp İmalatı				Konu :	Kalıp İmalat Süreci	
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	DÖF Öncesi Risk	DÖF Sonrası Risk
1	Kalıp ve iskele imalatı	Teleskopik direklerin dengesiz yerleştirilmesi	İskele çökmesi, çalışanların kalıp altında kalması	Kalıpçılar	80 (Yüksek)	16 (Düşük)
2	Malzeme istifi	Elle ağır kaldırma, vinçle dengesiz yükleme	Bel, sırt incinmesi; kalıp düşmesi sonucu yaralanma	Kalıpçılar	64 (Orta)	12 (Düşük)
3	İskele kullanımı	Yetersiz destek, zorunlu geçiş	Direk çökmesi durumunda ezilme	Kalıpçı, demirci	80 (Yüksek)	16 (Düşük)
4	Kule vinçle yük taşıma	Kalıp parçasının düşmesi, direk devrilmesi	Düşme, çarpma, ezilme riski	Kalıpçılar	48 (Orta)	12 (Düşük)
5	Kalıp taşıma işlemleri	Dağınık direk ve ahşap kalıplar	Takılıp düşme, ayağa malzeme düşmesi	Tüm çalışanlar	36 (Orta)	4 (Düşük
6	Malzeme istifine erişim	Kanca kontrolsüzlüğü, görüşsüzlük	Yükün savrulması, düşmesi, insanlara çarpması	Vinç operatörü, yer personeli	60 (Orta)	12 (Düşük)

Tablo 4.5 incelendiğinde dengesiz yerleştirilen teleskopik direkler, yapısal çökme riski doğurmaktadır. Bu risk, yeterli mühendislik kontrolü, denge ayar sistemleri ve kurulum eğitimleri ile önemli ölçüde azaltılmıştır. İskele kontrol listeleri ve günlük saha denetimleri uygulanmıştır.

Ağır yüklerin elle kaldırılması, çalışanların kas-iskelet sistemi hastalıklarına yakalanmasına sebep olmaktadır. İyileştirme kapsamında vinçle yükleme, taşıma arabaları ve ergonomik istif alanları kullanılmıştır.

Yetersiz destekli ve zorunlu geçişli iskeleler çökme ve yaralanmalara neden olmaktadır. Ekipman yenileme, geçiş yollarının iyileştirilmesi ve iskele bağlantı noktalarının sıklaştırılması bu riski önemli ölçüde düşürmüştür.

Yetersiz sabitleme ve görüş kısıtları, kule vinç altında çalışanlar için büyük tehdit oluşturmaktadır. Bu risk, haberleşme sistemleri (telsiz vs.), kamera destekli izleme, kanca emniyet sistemleri ile düşürülmüştür.

Sahada dağınık halde bırakılan direk ve ahşaplar, takılma ve düşme riskini artırmaktadır. İş bitiminde düzenli toplama, 5S uygulamaları ve yürüyüş yollarının açık tutulması ile bu tehlike neredeyse ortadan kaldırılmıştır.

Kanca kontrolsüzlüğü, operatör ve yer personeli arasında koordinasyon eksikliği kaynaklıdır. Risk; spotter (yönlendirme görevlisi), şantiye içi iletişim eğitimi ve fiziki sınırlama (çevreleme) ile minimize edilmiştir.

Aceleyle ve hatalı yerleştirilen kalıplar, yapısal dengesizlik oluşturur. Bu risk, sabitlenmiş hizalama aparatları, şablon kullanımına geçiş ve iş planına zaman tamponları eklenerek azaltılmıştır.

Ortalama risk seviyesi ise başlangıçta 61 iken DÖF sonrası 12’ye düşmüştür.

Ahşap Kalıp İmalatı Makarna Diyagramı ve 5S Uygulaması

Ahşap kalıp imalatı sürecinde uygulanan makarna diyagramı, malzeme akışında darboğazları ve zaman kayıplarını görünür hale getirmiştir. Bunun yanında 5S uygulamaları ile malzeme düzeni, iş yeri temizliği ve güvenli erişim alanları sağlanarak hem üretim verimliliği hem de iş güvenliği geliştirilmiştir. Süreç boyunca belirlenen tehlike kaynakları ve bu risklerin DÖF sonrasında ulaştığı seviyeler ayrıntılı biçimde Tablo 4.6'da sunulmaktadır:

Tablo 4.6 : Ahşap kalıp imalatında makarna diyagramı ve 5S uygulaması sonrası Fine–Kinney risk analiz raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI Çalışma : Ahşap Kalıp İmalatı Makarna Diy. 5S Uygulaması				Konu :	Kalıp İmalat Süreci	
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	DÖF Öncesi Risk	DÖF Sonrası Risk
1	Kalıp ve iskele imalatı	Dengesiz zemin, hatalı iskele kurulum	Çökme, malzeme düşmesi, iskele devrilmesi	Kalıpçılar	45 (Orta)	8 (Düşük)
2	Malzeme istifi	Gelişigüzel istif, devrilme riski	Yürüyüş yollarını kapatma, malzeme devrilmesi	Çalışanlar, ziyaretçiler	36 (Orta)	6 (Düşük)
3	İskele kullanımı	Hatalı bağlantı, gevşek kurulum	İskele çökmesi, platform kayması	Kalıpçı, demirci	45 (Orta)	8 (Düşük)
4	Kule vinçle yük taşıma	Görüşsüz taşıma, alan karmaşası	Malzemenin savrulması veya düşmesi	Vinç operatörü, zemin personeli	30 (Orta)	6 (Düşük)
5	Kalıp taşıma işlemleri	Elle taşıma, dengesiz yük	Kalıp düşmesi, bel-boyun incinmeleri	Kalıpçılar	36 (Orta)	6 (Düşük)
6	Malzeme istifine erişim	Yüksekten alma, tırmanma	Düşme, yük devrilmesi	Tüm çalışanlar	24 (Orta)	3 (Düşük)

Tablo 4.6 incelendiğinde hatalı iskele kurulumundan kaynaklanan çökme riskinin, zemin düzeltme çalışmaları ve iskele kurulumu öncesi kontrol listelerinin uygulanması ile minimize edildiği görülmektedir.

- 5S etkisi: Alan temizliği ve düzeni, malzeme yerleşimlerini güvenli hâle getirmiştir.
- Makarna diyagramı etkisi: Malzeme taşıma yolları sadeleştirilerek yerleştirme sırasında yaşanan karmaşa azaltılmıştır.

Malzemelerin düzensiz istiflenmesi sonucu oluşan devrilme tehlikesi, 5S düzenleme adımları ile önlenmiştir.

- 5S etkisi: Etiketleme ve sınır çizgileri sayesinde istifleme kontrollü hâle getirilmiştir.
- Makarna diyagramı etkisi: İstifleme alanı çalışma alanına yakınlaştırılarak taşıma mesafesi azaltılmış, bu da devrilme riskini düşürmüştür.

Gevşek kurulum ve bağlantı eksiklikleri sebebiyle oluşabilecek platform kaymaları, denetimli montaj ve eğitimle önlenmiştir.

- 5S etkisi: Kullanılmayan malzemelerin iskele üzerinde bırakılması engellenmiş, yürüyüş yolları temiz tutulmuştur.
- Makarna diyagramı etkisi: İskele giriş-çıkış noktaları optimize edilerek trafiğin güvenli akışı sağlanmıştır.

Görüşsüz taşıma ve alan karmaşası, kule vinçle yük taşımada ciddi riskler oluşturuyordu. Alanın düzenlenmesi ve vinç ile operatör koordinasyonunun iyileştirilmesi ile risk azaltılmıştır.

- 5S etkisi: Yük yollarının açık tutulması ve kanca kontrol noktalarının belirginleştirilmesi sağlanmıştır.
- Makarna diyagramı etkisi: Kule vincin taşıma alanı sadeleştirilmiş, rüzgâr etkisi ve bekleme süresi azaltılmıştır.

Dengesiz elle taşıma faaliyetleri, taşıma arabaları ve kızak sistemleriyle desteklenmiş, ergonomi geliştirilmiştir.

- 5S etkisi: Taşıma yollarının netleştirilmesi ve malzemelerin sabit yerlerde bulundurulması sağlanmıştır
- Makarna diyagramı etkisi: Kalıp taşıma rotası doğrudan ve kısa hâle getirilmiştir.

Yüksek istiflenen malzemelere erişim için merdiven gibi uygun yardımcı ekipmanlar kullanıma alınmıştır.

- 5S etkisi: Malzemelerin ulaşılabilir seviyede tutulması sayesinde tırmanma ve düşme riski ortadan kalkmıştır.
- Makarna diyagramı etkisi: Erişim noktalarının optimize edilmesiyle güvenli erişim alanları oluşturulmuştur.

Ortalama risk seviyesi ise başlangıçta 36 iken DÖF sonrası 6'ya düşmüştür.

2. Durum : Zemin Kat ve Sonrasında Yapılan Kalıp İmalatı

Zemin Kata Taşınan Kalıp İmalat Alanı

Zemin kata taşınan kalıp imalat alanı, üretim akışının hızlanması ve iş güvenliği koşullarının iyileştirilmesi açısından kritik bir aşamayı temsil etmektedir. Bu süreçte özellikle malzeme taşınması, kalıp montajı ve yüksekte yapılan çalışmalar gibi faaliyetlerde potansiyel risklerin azaltılması hedeflenmiştir. Ayrıca kayar kalıp ve masa kalıp sistemlerinin entegrasyonu sayesinde iş gücü verimliliği artarken, çalışanların tehlikeye maruz kalma olasılığı azalmıştır. İlgili risklerin belirlenmesi ve DÖF uygulamaları sonrasında ulaşılan sonuçlar ayrıntılı biçimde Tablo 4.10'da sunulmaktadır:

Tablo 4.7 : Ahşap kalıp imalat alanının 2. duruma taşınma sonrası Fine–Kinney risk analiz raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI Çalışma : Ahşap Kalıp İmalat Alanının 2. Duruma Taşınması				Konu :	Kalıp İmalat Süreci	
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	DÖF Öncesi Risk	DÖF Sonrası Risk
1	Kalıp ve iskele imalatı	Kule vinç bom hareketi	Bom altında çalışanlara malzeme düşmesi	Çalışanlar	60 (Orta)	24 (Orta)
2	Malzeme istifi	Düzensiz istifleme	Malzemelerin devrilerek yaralanmaya sebep olması	Çalışanlar, ziyaretçiler	80 (Yüksek)	12 (Düşük)
3	İskele kullanımı	Eksik/ uygunsuz iskele	Düşme, çökme veya çarpma kaynaklı yaralanmalar	Kalıpçı, demirci	100 (Yüksek)	16 (Düşük)
4	Kule vinçle yük taşıma	Operatörün görüş eksikliği	Malzemenin savrulması, çarpması	Tüm çalışanlar	45 (Orta)	12 (Düşük)
5	Kalıp taşıma işlemleri	Vinçle kalıp taşınması	Kalıbın düşmesi veya kayması sonucu yaralanma	Kalıpçılar	48 (Orta)	12 (Düşük)
6	Malzeme istifine erişim	Uygun merdiven/kaldıraç yokluğu	Tırmanma, düşme riski	Tüm çalışanlar	48 (Orta)	6 (Düşük)

Tablo 4.7 incelendiğinde;

- Malzeme taşıma rotası sadeleştirilmiş, kule vincin taşıma alanı optimize edilmiştir. Operatör görüş alanı iyileştirilmiş, planlı koordinasyon sağlanmıştır.
- Malzeme alanı 5S prensiplerine göre düzenlenmiş, etiketleme ve sınırlama ile kontrollü istif yapılmıştır.
- İskelelerin kurulum öncesi teknik kontrolü yapılmış, zorunlu eğitimler verilmiştir.
- Yük yolları sadeleştirilmiş, sinyalci görevlendirmesi yapılmış, taşıma süresi azaltılmıştır.

- Halat kontrolü ve bağlama ekipmanlarının iyileştirilmesi, iki kişiyle yönlendirme sistemi uygulanmıştır.
- Merdiven, erişim platformları gibi yardımcı ekipmanlar sağlanmış ve kullanımı zorunlu kılınmıştır.

Kalıp imalat alanının zemin kata yerleştirilmesiyle kule vinç tarama alanı daraltılmış, yükün havada kalma süresi azalmıştır. Bu da yüksekten malzeme düşmesi ve yükün rüzgar yüküne fazlaca maruz kalmasının engellenmesiyle sağ sola çarpma riskinin de düşürülmesini sağlamıştır.

Ortalama risk seviyesi ise başlangıçta 64 iken DÖF sonrası 14'e düşmüştür.

Ahşap Kalıptan Kayar Kalıba ve Masa Kalıp İskeleye Geçiş

Ahşap kalıp sisteminden kayar kalıp ve masa kalıp iskele kullanımına geçiş süreci, şantiyedeki operasyonel verimlilik ve iş güvenliği açısından önemli bir dönüm noktasıdır. Bu süreçte, malzeme aktarımı ve yüksekte çalışma gibi kritik faaliyetlerde risklerin azaltılmasına yönelik önlemler geliştirilmiş, daha güvenli ve düzenli bir çalışma ortamı sağlanmıştır. Ayrıca yeni sistemlerin uygulanmasıyla birlikte iş kazası olasılığının azalması ve zaman kayıplarının önlenmesi hedeflenmiştir. Bu değerlendirmeler kapsamında yapılan risk analizine ilişkin ayrıntılı sonuçlar Tablo 4.8'de sunulmaktadır:

Tablo 4.8 : Ahşap kalıptan kayar kalıba ve masa kalıp iskeleye geçiş sonrası Fine–Kinney risk analiz raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI Çalışma : Ahşap Kalıptan Kayar Kalıba Ve Masa İ. Geçiş S.				Konu :	Kalıp İmalat Süreci	
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	DÖF Öncesi Risk	DÖF Sonrası Risk
1	Kalıp ve iskele imalatı	Kule vinç bom hareketi	İskele devrilmesi veya düşme riski	Kalıpçılar	40 (Orta)	8 (Düşük)
2	Malzeme istifi	Düzensiz istifleme	Kalıbın kayması veya düşmesi sonucu yaralanma	Tüm çalışanlar	24 (Orta)	6 (Düşük)
3	İskele kullanımı	Eksik/ uygunsuz iskele	Kalıbın çökmesi	Kalıpçı, demirci	30 (Orta)	6 (Düşük)
4	Kule vinçle yük taşıma	Operatörün görüş eksikliği	Düşme, çarpma, ezilme riski	Kalıpçılar	36 (Orta)	4 (Düşük)
5	Kalıp taşıma işlemleri	Vinçle kalıp taşınması	Malzeme üzerinden takılıp düşme	Tüm çalışanlar	64 (Orta)	12 (Düşük)
6	Malzeme istifine erişim	Uygun merdiven/kaldıraç yokluğu	Kalıbın savrulması veya çarpması	Tüm çalışanlar	30 (Orta)	6 (Düşük)

Tablo 4.8 incelendiğinde kayar kalıp sisteminin modüler yapısı sayesinde daha dengeli montaj yapıldığı anlaşılmıştır. İşçilik hatası minimize edilmiştir. Ahşap kalıpta karşılaşılan dengesiz destek yerleşimi riski, kayar kalıpta otomasyon desteğiyle ortadan kalkmıştır.

Kayar kalıp sisteminde parça sayısı ve çeşitliliği daha azdır, bu da düzenli istife imkân tanımaktadır. 5S prensiplerine uygun istif, devrilme risklerini ciddi oranda azaltmıştır.

Modüler sistem sayesinde vinçle taşıma süreleri kısalmıştır. Operatör görüş alanı netleştirilmiş, yönlendirme elemanları kullanılmıştır. Ahşap kalıba göre malzemenin havada kalma süresi azalmıştır; bu durum taşıma sırasında savrulma ve düşme gibi tehlikeleri azaltmıştır.

Kayar kalıp bileşenleri standart ve tekrarlıdır; taşıma yolu planlanabilir hâle gelmiştir. Dağınık malzeme taşımacılığı, ergonomik yükleme ile yerini güvenli taşıma yöntemlerine bırakmıştır.

Erişim platformları oluşturulmuş, çalışma alanı sadeleştirilmiştir. Kontrollü erişim ile kazaların önüne geçilmiştir.

Kayar kalıpta hizalama sistematik ve otomatik yapılmakta, işçilik hatası minimuma indirilmektedir. Yapı kalitesi ve güvenliği birlikte sağlanmıştır.

Ortalama risk seviyesi ise başlangıçta 37 iken DÖF sonrası 7'ye düşmüştür.

Kayar Kalıp İmalatı Makarna Diyagramı ve 5S Uygulaması

Bu bölümde, kayar kalıp imalat sürecinde makarna diyagramı ve 5S uygulamasının etkilerini ortaya koymak amacıyla Fine–Kinney yöntemiyle yapılan risk analizi sunulmaktadır. Tablo 4.9'da yer alan değerlendirmede 6 ana faaliyet ve bunlara bağlı 6 tehlike kaynağı sistematik olarak incelenmiş ve uygulama sonrası risk seviyelerindeki değişim ortaya konulmuştur:

Tablo 4.9 : Kayar kalıp imalatında makarna diyagramı ve 5S uygulaması sonrası Fine–Kinney risk analiz raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI Çalışma : Kayar Kalıp İmalatında Makarna D. Ve 5S Uyg. S.				Konu :	Kalıp İmalat Süreci	
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	DÖF Öncesi Risk	DÖF Sonrası Risk
1	Kalıp ve iskele imalatı	Kayar kalıp sisteminde hizalama hatası	Kalıbın dengesiz yerleşmesi, düşme riski	Çalışanlar	30 (Orta)	8 (Düşük)
2	Malzeme istifi	Yetersiz sınırlama, kontrolsüz istif	İstifin devrilmesi, geçiş yolunu kapatma	Çalışanlar, ziyaretçiler	24 (Orta)	6 (Düşük)
3	İskele kullanımı	Masa kalıp iskelesinde bağlantı gevşekliği	Çökme, düşme, devrilme riski	Kalıpçı, demirci	30 (Orta)	8 (Düşük)
4	Kule vinçle yük taşıma	Yükün savrulması veya çarpması	Kule vinçle kalıp taşıma sırasında çarpma riski	Tüm çalışanlar	20 (Düşük)	3 (Düşük)
5	Kalıp taşıma işlemleri	Masa kalıbın kontrolsüz indirilmesi	Kalıp düşmesi, sıkışma, çarpma	Kalıpçılar	16 (Düşük)	3 (Düşük)
6	Malzeme istifine erişim	Uygun erişim aracı olmadan istife ulaşma	Tırmanma, düşme, istifin devrilmesi	Tüm çalışanlar	16 (Düşük)	3 (Düşük)

Tablo 4.9 incelendiğinde makarna diyagramı sayesinde iş istasyonu ve malzeme yerleşiminin optimize edildiği tespit edilmiştir. Bu sayede çalışan hareketleri azaltılmış, tehlikeli alanlara temas riski düşürülmüştür. Kalıp elemanlarının etiketlenmesi, düzenli yerleştirilmesi ve ulaşılabilirlik sağlanarak montaj süreci daha güvenli hâle getirilmiştir.

5S uygulaması ile istif alanları sınırlandırılmış ve zemin işaretlemeleri yapılmıştır. Çalışan geçiş yolları netleşmiş, alan karmaşası önlenmiştir.

Kurulum ve söküm prosedürleri standardize edilmiştir. Günlük kontrol listeleri ile gevşek bağlantılar önceden tespit edilmekte, kazalar önlenmektedir.

Makarna diyagramı ile taşıma mesafesi azaltılmıştır. Malzeme vinçle daha kısa sürede taşındığı için havada kalma süresi kısalmış ve rüzgâr etkisi minimize edilmiştir.

Masa kalıplar vinçle tek parça hâlinde alınmakta ve operatör yönlendirmesiyle kontrollü olarak yerleştirilmektedir. El ile taşıma ihtiyacı azaltılmış, kas-iskelet yaralanmaları minimize edilmiştir.

Malzeme istifi yüksekliği sınırlandırılmış ve erişim platformları belirlenmiştir. 5S uygulaması ile gereçler tanımlı lokasyonlara yerleştirilmiş, çalışma alanındaki düzensizlikler ortadan kaldırılmıştır.

Risk düzeyleri orta seviyeden düşük seviyeye çekilmiştir. Alan düzenlemesi sayesinde çalışan güvenliği artmış, aynı zamanda verimlilik kazanımları sağlanmıştır. Makarna diyagramı ile malzeme lojistiği optimize edilmiş, 5S uygulamalarıyla bu iyileştirme sürdürülebilir hâle getirilmiştir.

Ortalama risk seviyesi ise başlangıçta 23 iken DÖF sonrası 5'e düşmüştür.

4.1.4. DMAIC Süreci

Ahşap kalıp imalat süreci, şantiye koşullarında karmaşık, tehlike barındıran ve yüksek zaman kaybı potansiyeline sahip bir üretim fazıdır. Sürecin mevcut durumu

incelendiğinde; malzeme akışı, iş güvenliği, zaman yönetimi ve alan kullanımı açısından ciddi darboğazların bulunduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda, uygulamaya alınan 5S, Makarna Diyagramı, imalat alanı optimizasyonu ve kayar kalıp sistemine geçiş gibi iyileştirme araçlarının uygulanma ihtiyacı, DMAIC (Tanımla, Ölç, Analiz Et, İyileştir, Kontrol Et) yaklaşımıyla yapılan sistematik analizler sonucunda ortaya çıkmıştır.

5S Uygulama İhtiyacının Tespiti

İlk saha gözlemlerinde, malzeme istifinin düzensizliği, yürüyüş yollarının kapalı olması, kullanılan ekipmanların belirli bir yerde tutulmaması gibi sorunlar tespit edilmiştir. Bu durum hem iş güvenliği risklerini artırmış hem de çalışanların zaman kaybına uğramasına neden olmuştur. DMAIC sürecinin "Measure" ve "Analyze" aşamalarında yapılan süreç ölçümleri, malzeme arama, taşıma ve bekleme sürelerinin toplam çevrim süresinin %35'ini oluşturduğunu ortaya koymuştur.

Bu veriler, iş alanında temizlik, düzen, disiplin ve standart yerleşim ihtiyacını açıkça ortaya koymuş, 5S uygulamasının kaçınılmaz olduğunu göstermiştir. 5S'in sistematik uygulanmasıyla malzeme istifleme, taşıma ve erişim alanlarında düzen sağlanmış; böylece hem ergonomik hem de güvenli bir çalışma ortamı oluşturulmuştur.

Makarna Diyagramı Uygulama İhtiyacının Tespiti

Kalıp elemanlarının taşınması, vinçle yapılan sevkiyatlar ve çalışan hareketleri gibi süreç adımlarının sahadaki fiziksel yerleşim planı ile doğrudan ilişkili olduğu görülmüştür. Ancak mevcut durumda bu hareketlerin kontrolsüz ve çakışmalı ilerlediği, taşıma yollarının sık sık kesiştiği ve kule vinçle yapılan aktarmalarda havada kalma süresinin uzadığı tespit edilmiştir.

DMAIC'in "Analyze" aşamasında bu fiziksel akışların neden olduğu tehlikeler analiz edilmiş ve sürecin görselleştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur. Bu doğrultuda oluşturulan Makarna Diyagramı, iş istasyonları ile malzeme hareketleri arasındaki ilişkiyi açık şekilde ortaya koymuş; taşıma yollarının sadeleştirilmesi, giriş-çıkış noktalarının

optimize edilmesi ve rotaların çakışmasının engellenmesi gerektiğini göstermiştir. Böylece saha düzenlemesi bilimsel bir temele dayandırılarak yapılmıştır.

Kalıp İmalat Alanının 1. Durumdan 2. Duruma Taşınma İhtiyacının Tespiti

İlk yerleşim planında (1. Durum), kalıp imalat alanı kule vincin tarama alanı dışında kalmakta, taşıma mesafesi uzamakta ve yüklerin havada kalma süresi artmakta idi. Bu durum;

- Rüzgâr kaynaklı salınım ve düşme risklerini artırmakta,
- Vinç operatörü ile zemin çalışanı arasındaki koordinasyonu zorlaştırmakta,
- İş kazası olasılığını artırmakta ve
- İş akışında gecikmelere neden olmaktaydı.

DMAIC sürecinde yapılan saha ölçümleri ve risk analizleri, bu durumun hem zaman hem de iş güvenliği açısından kritik bir sorun olduğunu ortaya koymuştur. Bu tespit doğrultusunda, kalıp imalat alanı bloklara daha yakın, vincin erişebileceği bir konuma taşınmış (2. Durum) ve malzeme taşıma süresi önemli ölçüde azaltılmıştır. Risk skorları düşürülmüş, vinç operasyonları daha güvenli hale gelmiştir.

Ahşap Kalıptan Kayar Kalıba Geçiş İhtiyacının Tespiti

DMAIC sürecinin "Analyze" ve "Improve" aşamalarında yapılan karşılaştırmalı değerlendirmelerde, ahşap kalıp sisteminin aşağıdaki açılardan yetersiz kaldığı görülmüştür:

- Destek sistemlerinin sabitlenmesi insan hatasına açık,
- Malzeme çeşitliliği fazla, istif ve taşıma kontrolsüz,
- Her katta yeniden kurulum gerektiriyor, bu da zaman ve iş gücü kaybı oluşturuyor,

- Kule vinçle taşınan parça sayısı fazla, bu da riskin ve taşıma süresinin artmasına neden oluyor.

Bu bulgular doğrultusunda, modüler, tekrarlı ve otomasyona uygun kayar kalıp sistemine geçiş ihtiyacı belirginleşmiştir. Kayar kalıp ile:

- İşçilik hataları minimuma inmiş,
- Montaj hızlanmış,
- Taşıma süreleri kısalmış,
- Malzeme havada daha az kalmış ve
- Risk seviyesi önemli ölçüde düşmüştür.

Bu geçişin yalın üretim ilkelerine uyumu, 5S uygulamalarıyla da desteklenerek hem kalite hem de güvenlik açısından ciddi kazanımlar sağlamıştır.

4.1.5. SMED uygulaması

Kalıp imalat süreci; yüksek zaman baskısı, ağır fiziksel emek ve ciddi iş sağlığı ve güvenliği (İSG) risklerini bir arada barındırmaktadır. Bu nedenle sürecin yalın üretim prensiplerine göre optimize edilmesi yalnızca verimliliği değil, aynı zamanda çalışan güvenliğini de artırmaktadır. Bu bağlamda, SMED (Single Minute Exchange of Die) – "Tek Dakikada Kalıp Değişimi" yaklaşımı, sürecin her adımındaki iç ve dış ayarları analiz etmeye ve bu ayrımı optimize etmeye yönelik sistematik bir araç olarak kullanılmıştır.

SMED yöntemiyle yapılan analiz, kalıp imalat sürecindeki zaman kayıplarının önemli bir kısmının “iç ayar” olarak sınıflandırılan, yani işlemi durdurmadan gerçekleştirilemeyen adımlardan kaynaklandığını ortaya koymuştur. Ayrıca, pek çok “dış ayar” faaliyetinin (yani işlem dışı yürütülebilecek hazırlıkların) süreç içerisine entegre edildiği görülmüştür. Bu durum, iş akışında gereksiz duraksamalara ve kaynak

israfına yol açmaktaydı. SMED uygulamasıyla kalıp imalatında yapılan ayar dönüşümleri ve sağlanan avantajlar Tablo 4.10'da ayrıntılı olarak verilmiştir:

Tablo 4.10 : Kalıp imalatında SMED uygulaması ile iç ayarların dış ayarlara dönüştürülmesi

Süreç Adımı	**İç Ayar (Durma Gerektirir)**	**Dış Ayar (Paralel Yapılabilir)**	**İyileştirme / Kazanım**
Ahşap Kesimi	Panonun kesimi, testere kullanımı	Malzeme taşıma, kesim şablonlarının hazırlanması	Kesim sırasında şablon hazır olduğundan zaman kaybı azalmıştır. Testere yeri optimize edilmiştir. 5S ile dağınıklık giderilmiştir.
Malzeme Taşıma	Kalıbın vincin kancasına bağlanması ve taşınması	Kanca bağlama, taşıma yönlendirmesi, rotanın belirlenmesi	Kule vincin tarama alanına yerleştirilen yeni imalat alanı ile taşıma süresi ve sefer sayısı azalmıştır. Rüzgâr riski düşürülmüştür.
Kalıp Montajı	Panellerin yerleştirilmesi, bağlantıların yapılması	Bağlantı elemanlarının ön hazırlığı, montaj noktası işaretleme	Parçalar önceden hazırlanmıştır, hizalama aparatları kullanılmıştır. Montaj süresi düşmüş, el yaralanmaları azalmıştır.
Kalıp Sökümü	Vidaların sökülmesi, panelin vinçle alınması	Temizlik araçlarının hazırlanması, istif alanının organize edilmesi	Söküm sonrası düzenli toplama yapılmakta, vinçle taşımaya hazır hâle getirilmektedir. Taşıma arabaları kullanılmıştır.
Malzeme Temizliği ve Depolama	Parça kazıma, malzeme atıkları temizliği	Temizlik takımlarının hazırlığı, çöp poşetlerinin yerleştirilmesi	5S uygulamasıyla malzeme temizlik süresi azalmış, istif kontrol altına alınmıştır.
Kayar Kalıba Geçiş	Kalıp montajı ve modüllerin sabitlenmesi	Modüllerin hazırlanması, hizalama aparatlarının kurulumu	Tekrarlı modül yapısı sayesinde montaj süresi kısalmış, el ile taşıma azalmıştır. Vinç kullanımı sadeleşmiş, güvenlik artmıştır.
Zemin Kata Alınan İmalat Alanı	Vinçle malzeme aktarımı, yerleştirme	İstif planlaması, taşıma rotası düzeni	Kule vincin taşıma mesafesi azalmış, sefer süresi düşmüş, yük altında bekleme riski minimize edilmiştir. Rüzgâr kaynaklı malzeme savrulması engellenmiştir.

Tablo 4.10 incelendiğinde, yalnızca süreçlerin teknik olarak hızlandırılması değil, aynı zamanda sahadaki iş sağlığı ve güvenliği risklerinin azaltılması, vinç operasyonlarının

düzenlenmesi, kas-iskelet zorlanmalarının önlenmesi ve saha trafiğinin sadeleştirilmesi gibi birçok konuda çok boyutlu kazanımlar elde edildiği açıkça görülmektedir.

Özellikle kayar kalıp sisteminin devreye alınması ve imalat alanının zemin kata taşınması, dış ayarların etkili şekilde planlanmasına olanak vererek SMED ilkelerinin sahada güçlü bir şekilde uygulanmasını mümkün kılmıştır. Bu dönüşüm, yalın üretim, verimlilik ve güvenlik açısından önemli bir sıçrama sağlamıştır. İç ayar sürelerinin dış ayar sürelerine dönüştürülmesiyle elde edilen iyileştirmeler Tablo 4.11'de sunulmaktadır:

Tablo 4.11 : Kalıp imalat süreci iyileştirme tablosu

Süreç Adımı	İyileştirme	Ahşap Kalıp Sistemi 1. Adım İyileştirmeleri	Ahşap Kalıp Sistemi 2. Adım İyileştirmeleri	Ahşap Kalıp Sistemi 3. Adım İyileştirmeleri	Ahşap Kalıp Sistemi 4. Adım İyileştirmeleri	Ahşap Kalıp Sistemi 5. Adım İyileştirmeleri	Ahşap Kalıp Sistemi 6. Adım İyileştirmeleri	Kayar Kalıp Sistemi 1. Adım İyileştirmeleri	Kayar Kalıp Sistemi 2. Adım İyileştirmeleri
0. İlk Durum	_	3 gün	1,5 gün	4 gün		5,5 gün	0,75 gün	0,75 gün	0,75 gün
1. Malzeme Tedariki	DMAIC	1 gün							
2. Malzeme İstifi Ve Sınıflandırma	DMAIC, SMED, Makarna Diyagramı, 5S Uygulaması		1 gün						
3. Ahşap Kalıp Kesimi	DMAIC			0 gün					
4. Kule Vinç Aktarımı (Ahşap Kalıp 1. Durum)	DMAIC				İlk Durum				
5. Ahşap Kalıp Montajı	DMAIC					3 gün			
6. Kule Vinç Aktarımı (Ahşap Kalıp 2. Durum)	DMAIC, SMED, Makarna Diyagramı, 5S Uygulaması						0,5 gün (kat sayısı azken), 0,75 gün (kat sayısı arttıktan sonra)		
7. Kule Vinç Aktarımı (Kayar Kalıp 2. Durum)	DMAIC, SMED, Makarna Diyagramı, 5S Uygulaması							0,25 gün	
8. Kayar Kalıp Montajı	DMAIC, SMED, Makarna Diyagramı, 5S Uygulaması								0,5 gün
Kazanılan Gün		2 gün	0,5 gün	4 gün		2,5 gün	0 gün	0,50 gün	0,25 gün

Tablo 4.11'de, proje sürecindeki her bir iş adımının hangi yöntemlerle (DMAIC, SMED, Makarna Diyagramı, 5S) desteklendiği ve uygulama öncesi–sonrası kazanılan zaman çizelgesi gösterilmektedir. İlk durumda toplam süreç, faaliyetler arası beklemeler ve verimsizlikler nedeniyle yaklaşık 15,5 gün sürmekteydi. İyileştirme çalışmaları kapsamında iç ve dış ayarların ayrıştırılması, ekipman yerleşiminin makarna diyagramı ile optimize edilmesi, 5S uygulamalarıyla malzeme erişiminin hızlandırılması ve DMAIC yöntemiyle darboğazların sistematik biçimde giderilmesi sonucunda, tablonun en altında gösterildiği üzere toplam 9,75 gün kazanım sağlanmıştır. Tüm faaliyetler dikkate alındığında toplam zaman tasarrufu yaklaşık (9,75 gün / 15,5 gün) × 100 = %63 olarak hesaplanmıştır.

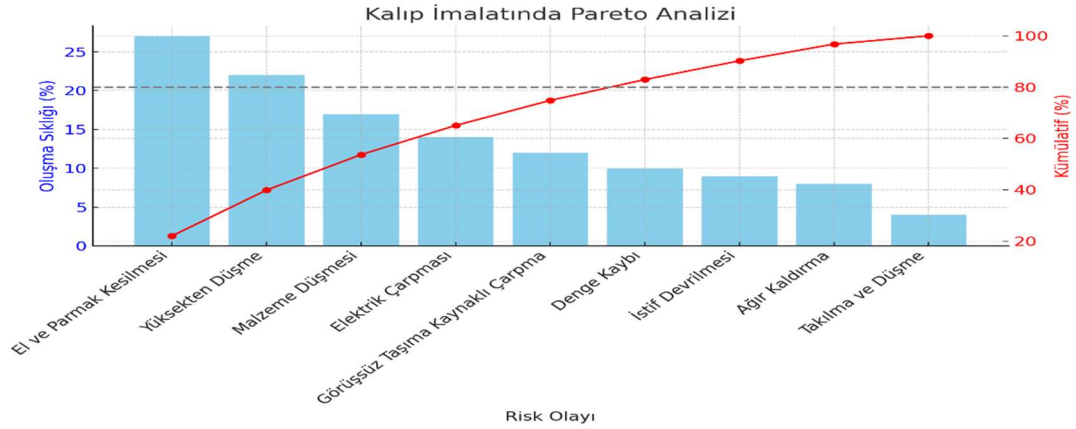
Bu iyileştirme, yalnızca proje süresinin kısalmasını değil, aynı zamanda çalışanların tehlikeli alanlarda geçirdiği sürenin azaltılmasını sağlamıştır. Özellikle yüksekten çalışma, ağır kaldırma ve ekipmanla temas gibi yüksek riskli faaliyetlerde maruziyet süresinin düşmesi, iş kazası olasılığını doğrudan azaltıcı bir etki yaratmıştır. Böylece hem operasyonel verimlilik artmış hem de iş sağlığı ve güvenliği performansında anlamlı bir iyileşme sağlanmıştır.

4.1.6. Pareto analizi

Pareto analizine göre sahada en çok tekrarlanan ve en yüksek risk potansiyeline sahip olan iş kazası türleri sırasıyla:

1. El ve parmak kesilmesi,
2. Yüksekten düşme,
3. Malzeme düşmesi olarak öne çıkmaktadır.

Bu üç risk türü, toplam iş kazalarının yaklaşık %80'ini oluşturmaktadır. Bu durum, Pareto İlkesi (80/20 kuralı) ile birebir örtüşmektedir: Kazaların büyük çoğunluğu, az sayıdaki riskten kaynaklanmaktadır. Pareto analiziyle belirlenen kritik risk faktörleri Şekil 4.2'de detaylandırılmıştır:



Şekil 4.2 : Pareto analizi – risk olayları

Yukarıdaki grafik (Şekil 4.2), şantiyede karşılaşılan iş kazası türlerine göre Pareto analizini göstermektedir. “El ve Parmak Kesilmesi”, “Yüksekten Düşme” ve “Malzeme Düşmesi” gibi riskler, toplam olayların büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu analiz doğrultusunda, bu birkaç kritik probleme odaklanılarak toplam riskin %80’ine kadar azaltım sağlanabileceği anlaşılmaktadır (Pareto ilkesi). Bu risklere yönelik alınan SMED, 5S, makarna diyagramı ve ekipman iyileştirme önlemleri, iş güvenliği performansını anlamlı şekilde artırmıştır.

El ve parmak kesilmeleri, özellikle ahşap kalıp kesimi sırasında daire testerelerin uygunsuz kullanımı, KKD eksikliği ve deneyimsiz işçilikten kaynaklanmaktadır. Bu risk, SMED uygulamaları kapsamında kesim işlemlerinin standardizasyonu, iki el kontrollü sistemlerin kurulması ve iş güvenliği eğitimleriyle düşürülmüştür.

Yüksekten düşme, kalıp montajı sırasında uygun iskele kurulmaması, koruyucu donanım kullanılmaması ve kontrolsüz çalışma platformlarından kaynaklanmaktadır. Bu risk 5S düzeni, TS EN 12810/11 standartlarında iskele sistemleri ve yaşam hatları sayesinde büyük oranda azaltılmıştır.

Malzeme düşmesi, kule vinçle taşıma esnasında dengesiz yük bağlama, rüzgâr etkisi ve saha içi düzensizlikten kaynaklanmıştır. Makarna diyagramı ile lojistik rotaların sadeleştirilmesi ve taşıma sürelerinin azaltılması bu tehlikeyi minimize etmiştir.

4.2. Demir Donatı İmalat Süreci

4.2.1. Sürecin tanımı

Şantiyede betonarme taşıyıcı sistemin oluşturulmasında kalıp imalatı kadar önemli bir diğer imalat süreci demir donatı imalatıdır. Demir donatı imalatı; kesme, bükme, taşıma, yerleştirme ve bağlama işlemlerinden oluşmakta, bu işlemlerin birbiriyle uyumlu ve kontrollü yürütülmesi iş güvenliği ve süreç verimliliği açısından büyük önem arz etmektedir.

Donatı çubuklarının projeye uygun olarak sahada hazırlanması ve uygulama alanına ulaştırılması sürecinde, özellikle malzeme hareketliliği ve ağır ekipman kullanımı nedeniyle çeşitli iş kazası riskleri ve verimlilik kayıpları yaşanabilmektedir. Malzemenin açık alanda istiflenmesi, kesme ve bükme işlemlerinin aynı ortamda yapılması ve taşıma sırasında oluşan düzensizlikler, hem iş güvenliği açısından tehdit oluşturmakta hem de süreçte gereksiz zaman kayıplarına neden olmaktadır.

Bu nedenle, süreç öncesinde risk değerlendirme çalışmaları yapılmış, iş adımları ayrıntılı şekilde analiz edilerek makarna diyagramı yardımıyla malzeme akışı ve iş istasyonları görselleştirilmiş, süreç verimsizlikleri tespit edilmiştir. İyileştirme fırsatları ise 5S uygulamaları, SMED analizi ve yerleşim optimizasyonu ile ortaya konmuştur.

Donatı imalat süreci, aşağıdaki iş adımlarından oluşur:

- Proje okuma ve metraj kontrolü
- Çubukların sahaya alınması ve çaplarına göre sınıflandırılması
- Donatıların kesimi (düz kesim)
- Donatıların bükülmesi (çiroz, etriye gibi)
- Etiketleme ve donatı tiplerine göre gruplanması
- Donatıların kule vinç veya taşıma aracıyla uygulama alanına aktarılması
- Projeye uygun yerleştirme ve bağlama (bağ teli ile)

- Saha şefi ve yapı denetim tarafından yapılan son kontroller ve beton öncesi onay

Bu adımların her biri iş güvenliği açısından değerlendirilmiş, saha yerleşimi ve vinç tarama alanları makarna diyagramı ile analiz edilmiştir. Sahadaki düzensiz donatı istifi ve taşımada yaşanan koordinasyon eksiklikleri, taşıma süresini ve iş kazası riskini artırdığından, malzeme taşıma rotaları sadeleştirilmiş, istif noktaları kule vincin etkin tarama alanına alınmıştır.

Süreç sonunda elde edilen bulgular, demir donatı imalatında yapılan iyileştirme uygulamalarının hem çevrim süresini kısalttığını hem de iş güvenliği risklerini önemli ölçüde azalttığını ortaya koymuştur.

4.2.2. Mevcut durum değer akış haritası (VSM)

Demir donatı imalat süreci, proje planlamasından kesim, büküm, yerleştirme ve bağlama işlemlerine kadar ardışık adımlardan oluşan kompleks bir iş akışına sahiptir. Bu sürecin mevcut durum değer akış haritası (VSM) çıkarılarak; işlem süreleri, bekleme zamanları, darboğaz noktaları ve gereksiz hareketler ayrıntılı biçimde ortaya konulmuştur. Yapılan analiz, özellikle donatı kesim ve büküm aşamalarında zaman kayıplarının ve iş güvenliği risklerinin yoğunlaştığını göstermektedir. Tablo 4.12'de sunulan mevcut durum değer akış haritası, süreçteki katma değer yaratan ve israf oluşturan adımların sistematik biçimde görünür hale getirilmesini sağlamaktadır:

Tablo 4.12 : Demir donatı imalatında mevcut durum değer akış haritası

Süreç Adımı	Açıklama	İşlem Süresi	Bekleme Süresi	Darboğaz
1. Demir Teslimatı	Fabrikadan gelen nervürlü demirin şantiyeye ulaşması	1 gün	0,5 gün (boşaltma beklemesi)	–
2. Malzeme İstifi Ve Sınıflandırma	Gelen demirin çap, uzunluk ve kullanılabilirliğine göre istiflenmesi	1 gün	0,5 gün (sınıflandırma, teslim alma ve istif alanı hazırlama süreci)	Alan darlığı, düzensizlik, teslimatta gecikme, vinç yoğunluğu
3. Proje Okuma Ve Metraj	Uygulama projesinden donatı şekil ve adetlerinin çıkarılması	1 gün	0,5 gün	–
4. Demir Donatı Kesimi	Demir çubukların ölçülere göre kesilmesi	2 gün	1 gün	Makine sayısı yetersiz, sıra beklenmesi
5. Demir Donatı Bükümü	Demirlerin poz ve ölçülerine göre bükülmesi	2 gün	1 gün	Tek makine, yüksek iş yoğunluğu
6. Hazır Donatı Kontrolü	Demirlerin kalite ve ölçü kontrolü	0,5 gün	0,25 gün	–
7. Donatıyı Sahaya Taşıma (1. Durumdan 2. Ve 3. Duruma Geçiş)	Hazır donatının vinçle betonarme yapı sahasına taşınması	0,5 gün	0,5 gün	Vinç yoğunluğu, öncelik çatışması
8. Demir Donatı Montajı	Kolon, kiriş, perde vb. elemanlara donatının bağlanması	2 gün	0,5 gün	İş gücü yetersizliği, kot farkı

Tablo 4.12 incelendiğinde sahada uygulanan demir donatı imalat sürecinin ayrıntılı bir analizi sunulmuştur. Süreç adımları sıralı biçimde verilmiş ve her bir adım için işlem süresi, bekleme süresi ve mevcut darboğazlar sistematik olarak değerlendirilmiştir. Yapılan analiz sonucunda aşağıdaki temel bulgular ortaya çıkmıştır:

- Toplam işlem süresi: ~10 gün
- Toplam bekleme süresi: ~4,75 gün
- Toplam çevrim süresi (lead time): ~14.75 gün

Süreç boyunca özellikle malzeme istifi, demir kesimi, demir bükümü, donatı taşıma ve donatı montajı gibi adımlarda belirgin darboğazlar tespit edilmiştir. Bu darboğazların ortak nedenleri arasında:

- Ekipman eksikliği (örneğin; sınırlı sayıda kesme ve bükme makinesi),
- İşgücü planlama zafiyetleri (montaj ve temizlik aşamalarında yetersizlik),
- Vinç kullanımında yaşanan öncelik çatışmaları,
- İstifleme alanlarının düzensizliği ve
- Koordinasyon eksikliği öne çıkmaktadır.

Özellikle demir kesimi ve bükümü süreçlerinde, ekipmanın sınırlı olması nedeniyle operatörler arasında bekleme süreleri artmakta, bu da doğrudan işlem süresine yansımaktadır. Donatı taşıma sürecinde vinçlerin başka operasyonlara hizmet vermesi, zaman kayıplarına neden olmakta ve saha içi lojistik performansını düşürmektedir. Donatı montajı gibi emek yoğun adımlarda ise iş gücünün azlığı veya dengesiz dağılımı nedeniyle uygulama süreci yavaşlamakta ve kalite kontrolleri sekteye uğrayabilmektedir.

Yapılan ölçüm ve değerlendirmeler, toplam bekleme süresinin toplam çevrim süresine oranla yaklaşık %32 olduğunu göstermektedir. Bu oran, yalın üretim sistemine göre yüksek seviyede bir israfı (muda) temsil etmektedir ve sürecin çeşitli iyileştirme araçlarıyla yeniden yapılandırılması gerektiğine işaret etmektedir.

4.2.3. Fine–Kinney risk değerlendirmesi

Demir Donatı Kesimi

Demir donatı kesimi sürecinde işçiler, spiral taş motoru ve elektrikli kesici makineler gibi yüksek riskli ekipmanlarla çalışmaktadır. Bu faaliyet sırasında özellikle kesme diskinin parçalanması, kıvılcım sıçraması, el ve parmak yaralanmaları ile gürültü maruziyeti öne çıkan başlıca tehlike kaynaklarıdır. Fine–Kinney yöntemiyle yapılan değerlendirmelerde başlangıç risk seviyelerinin çoğunlukla ‘yüksek’ kategoride olduğu belirlenmiş, DÖF (Düzeltici Önleyici Faaliyet) uygulamaları sonrasında ise bu riskler ‘düşük’ seviyelere indirgenmiştir. Elde edilen bulgular Tablo 4.13’te sunulmuş

olup, demir donatı kesimi faaliyetlerine ilişkin risklerin sistematik bir analizini ortaya koymaktadır:

Tablo 4.13 : Demir donatı kesimi Fine–Kinney risk analiz raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI Çalışma : Demir Donatı Kesimi				Konu :	Demir Donatı İmalat Süreci	
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	DÖF Öncesi Risk	DÖF Sonrası Risk
1	Donatı çubuğu kesimi	Sabit kesme makinesi	El, parmak kesilmesi	Demirciler	64 (Orta)	12 (Düşük)
2	Spiral (taş motoru) ile kesim	Spiral diskin dağılması	Göz-yüz yaralanması	Demirciler	60 (Orta)	12 (Düşük)
3	Elektrik bağlantısı	Kaçak, izolasyon hatası	Elektrik çarpması	Demirciler	45 (Orta)	6 (Düşük)
4	Donatı kaldırma ve yerleştirme	Ağır malzeme	Bel ve sırt incinmesi	Demirciler	36 (Orta)	8 (Düşük)
5	Kesim sonrası çubuk kaldırma	Keskin uç, ani sıçrama	El kesikleri, sıçrayarak çarpma	Demirciler	27 (Orta)	4 (Düşük)
6	Gürültü maruziyeti	Kesme makineleri	İşitme kaybı, baş ağrısı	Tüm çalışanlar	48 (Orta)	8 (Düşük)
7	Donatı kesim alanı erişimi	Dağınık çubuklar, kaygan yüzey	Takılma, düşme	Tüm çalışanlar	27 (Orta)	4 (Düşük)

Tablo 4.13 incelendiğinde şantiyelerde, özellikle daire testere ve benzeri yüksek devirli kesim makineleriyle yapılan çalışmaların, ciddi el ve parmak kesilmesi risklerini beraberinde getirdiği görülmüştür. Bu tür ekipmanlarla yapılan işlemlerde kişisel koruyucu donanım (KKD) kullanımı (örn. eldiven, yüz siperi) ve makine güvenlik donanımları (ör. koruyucu muhafaza, acil durdurma butonu) hayati önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, yüksek risk düzeyine sahip bu tehlikenin düşük risk seviyesine indirilmiş olması, sahadaki düzeltici ve önleyici faaliyetlerin (DÖF) ne denli etkili olduğunu göstermektedir. Muhtemel alınan önlemler şunlardır:

- Kesim şablonlarının kullanımı (standartlaştırma ve sapma engelleme)
- İki el kontrollü kesim sistemleri (tek elle müdahaleyi engelleme)
- Eğitimli ve yetkilendirilmiş operatör çalıştırılması

Bu tür iyileştirmeler, yalnızca kazaları azaltmakla kalmaz, aynı zamanda tekrarlayan hataları önleyerek iş verimini de artırır.

Elektrikli kesim ekipmanlarının açık, nemli veya topraklanmamış alanlarda kullanımı, sahada en ciddi sonuçlara yol açabilecek risklerden biridir. Elektrik çarpması, yalnızca bireysel sağlık açısından değil, operasyonel süreçlerin tamamı için ölümcül sonuçlar doğurabilir.

Risk puanının 45 (orta) seviyeden 6 (düşük) seviyeye çekilmesi, aşağıdaki önlemlerin büyük ölçüde hayata geçirildiğini göstermektedir:

- Kaçak akım rölesi (RCD) kullanımı (ilk temasta devre kesimi)
- Topraklama sistemlerinin düzenli test ve kontrolü
- İzolasyon testinden geçirilmiş uzatma kabloları ve fişler
- IP sınıfı yüksek (toz-nem korumalı) aletlerin tercih edilmesi

Bu teknik müdahaleler, yalnızca kazaları değil, tehlike oluşumunun ön şartlarını ortadan kaldırarak riski kökten azaltmaktadır.

Elle taşıma, ağır kaldırma ve eğilme gibi tekrar eden fiziksel hareketler, inşaat işçileri arasında bel fıtığı, omurga zorlanması ve kas-iskelet rahatsızlıklarının başlıca nedenidir. Bu risk, genellikle göz ardı edilse de uzun vadeli iş gücü kayıplarına ve meslek hastalıklarına neden olur.

İncelenen tabloda, bu riskin orta seviyeden düşük seviyeye indirildiği görülmektedir. Uygulanan muhtemel önlemler:

- Taşıma arabası, platform, kızak gibi yardımcı ekipman kullanımı
- İki kişiyle taşıma zorunluluğu
- Malzeme istifinin ergonomik yükseklikte yapılması

- Doğru taşıma teknikleri konusunda eğitim

Bu önlemler hem çalışan sağlığını korumakta hem de tekrar eden yaralanma maliyetlerini minimize etmektedir.

Düzeltici faaliyetlerden sonra risk puanlarının bu derece düşürülmüş olması, proaktif güvenlik yönetiminin başarıyla uygulandığını ortaya koymaktadır. Bu düşüş:

- Operasyonel süreklilik sağlanması
- Kazaların önlenmesi
- Üretkenliğin korunması
- İş gücü moralinin artması gibi birçok açıdan kritik faydalar sağlamaktadır.

Ortalama risk seviyesi ise başlangıçta 51 iken DÖF sonrası 9'a düşmüştür.

Demir Donatı Bükümü

Demir donatı bükümü sürecinde çalışanların yoğun fiziksel efor sarf etmesi ve kullanılan makinelerin oluşturduğu mekanik tehlikeler, iş güvenliği açısından kritik riskler doğurmaktadır. Özellikle manuel büküm sırasında kas-iskelet sistemi zorlanmaları, elektrikli makinelerle çalışmada ise parça sıçramaları ve ekipman kaynaklı yaralanmalar öne çıkan risklerdir. Fine–Kinney yöntemiyle yapılan değerlendirmelerde bu tehlike kaynakları sistematik olarak analiz edilmiş ve DÖF (Düzeltici Önleyici Faaliyet) uygulamaları sonrasında risk seviyelerinin önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.14'te sunulmuş olup, demir donatı bükümü faaliyetlerine ilişkin risklerin ayrıntılı bir görünümünü ortaya koymaktadır:

Tablo 4.14 : Demir donatı bükümü Fine–Kinney risk analiz raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI Çalışma : Demir Donatı Bükümü				Konu :	Demir Donatı İmalat Süreci	
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	DÖF Öncesi Risk	DÖF Sonrası Risk
1	Donatı büküm işlemi	Otomatik büküm makinesi	El veya parmak sıkışması	Demirciler	64 (Orta)	12 (Düşük)
2	Manuel büküm işlemi	Kas gücü ile eğme işlemi	Bel-sırt incinmeleri, ani burkulmalar	Demirciler	36 (Orta)	8 (Düşük)
3	Donatı yerleştirme ve ölçüm	Keskin uçlar, sert yüzeyler	El kesilmesi, sürtünmeye bağlı yaralanma	Demirciler	27 (Orta)	4 (Düşük)
4	Elektrikli makine kullanımı	Elektrik kaçağı, yetersiz topraklama	Elektrik çarpması	Demirciler	45 (Orta)	6 (Düşük)
5	Gürültü maruziyeti	Makine çalışması	İşitme kaybı, baş ağrısı	Tüm çalışanlar	48 (Orta)	8 (Düşük)
6	Makine çalışırken parça atması	Metal sıçraması, bükülmede kırılma	Göz ve yüz yaralanması	Demirciler	36 (Orta)	6 (Düşük)
7	Donatı büküm alanı erişimi	Dağınık malzeme, kablo geçişi	Takılma, düşme	Tüm çalışanlar	27 (Orta)	4 (Düşük)

Tablo 4.14 incelendiğinde ahşap kesim, demir donatı kesimi ve büküm gibi işlemlerde kullanılan yüksek devirli makinelerin (ör. daire testere, spiral, büküm makinesi), el ve parmak yaralanmalarına neden olan en yaygın ekipmanlardan olduğu tespit edilmiştir. Bu tür makinelerle çalışırken alınması gereken başlıca önlemler şunlardır:

- Kişisel Koruyucu Donanım (KKD): Koruyucu eldiven, yüz siperi, gözlük
- Makine Koruma Donanımı: Kesim bölgesine yönelik koruyucu muhafazalar, kilitleme sistemleri
- Operatör Eğitimi: Bilinçli ve yetkilendirilmiş çalışan kullanımı
- Kesim şablonları ve iki el kontrollü sistemler: Operatör hatalarını ve dikkatsiz teması önler

Söz konusu önlemler, tabloda yüksek riskli olarak belirlenen bu tehlikenin düşük risk seviyesine indirildiğini göstermekte olup, sahada uygulamaların etkinliğini ve yönetimsel kararlılığı açıkça ortaya koymaktadır.

Nemli, açık ve zorlu saha koşullarında elektrikli makinelerin kullanımı, çalışanları yüksek oranda elektrik çarpması tehlikesiyle karşı karşıya bırakmaktadır. Çoğu zaman ölümcül olabilen bu risk, aşağıdaki mühendislik ve yönetsel önlemlerle etkin biçimde ortadan kaldırılmıştır:

- Kaçak Akım Rölesi (RCD): Elektrik kaçağında sistemi anında devre dışı bırakır
- Topraklama Testleri ve Belgeli Uygulamalar
- Yalıtım Testi Yapılmış Uzatma Kabloları
- IP koruma sınıfı yüksek (IP65 ve üzeri) el aletleri kullanımı

Bu teknik müdahaleler sayesinde, orta düzeyde bir risk olan elektrik çarpması tehlikesi bertaraf edilerek, çalışan güvenliği güçlendirilmiştir.

Elle taşıma, eğilme, dönme ve ağır kaldırma gibi işlemler, şantiye çalışanlarında sıklıkla kas-iskelet sistemi zorlanmalarına ve meslek hastalıklarına yol açmaktadır. Bu risklerin kontrol altına alınmasında en önemli etkenler şu şekildedir:

- Taşıma arabaları, kızak sistemleri ve vinçlerle destekli aktarım
- Malzemenin iki kişi ile taşınmasına dair zorunlu prosedürler
- İstifleme yüksekliklerinin ergonomik sınırlar içinde tutulması
- Ağır kaldırma teknikleri üzerine düzenli işbaşı eğitimleri

Yapılan bu önleyici çalışmalarla, başta orta risk seviyesinde bulunan bel-sırt zorlanmaları, 8 puanlık düşük risk seviyesine indirilmiş, böylece hem çalışan sağlığı korunmuş hem de uzun vadeli verimlilik kaybı önlenmiştir.

Ortalama risk seviyesi ise başlangıçta 47 iken DÖF sonrası 8'e düşmüştür.

Demir Donatı İmalatında SMED Uygulaması

Demir donatı imalatında SMED (Single Minute Exchange of Die) yöntemi uygulanarak iç ve dış ayar faaliyetleri sistematik biçimde ayrıştırılmış ve operasyonel akışta önemli zaman kazanımları sağlanmıştır. Özellikle donatı kesimi, bükümü, taşınması ve yerleştirilmesi gibi süreçlerde yapılan düzenlemelerle hem iş güvenliği riskleri azaltılmış hem de işçilik verimliliği artırılmıştır. Fine–Kinney yöntemi ile gerçekleştirilen değerlendirmelerde, SMED uygulamaları sonrası risk seviyelerindeki belirgin düşüşler gözlemlenmiştir. Bu bulgular Tablo 4.15'te sunulmuş olup, SMED uygulamasının risk analizi üzerindeki etkilerini ayrıntılı biçimde ortaya koymaktadır:

Tablo 4.15 : Demir donatı imalatında SMED uygulaması sonrası Fine–Kinney risk analiz raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI Çalışma : Demir Donatı İmalatında SMED Uyg. Sonrası				Konu :	Demir Donatı İmalat Süreci	
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	DÖF Öncesi Risk	DÖF Sonrası Risk
1	Donatı ölçümü ve yerleştirme	Keskin donatı uçları	El kesilmesi, batma	Demirciler	18 (Düşük)	4 (Düşük)
2	Donatı bağlama	Tel sıçraması, pense kayması	El-parmak yaralanmaları	Demirciler	18 (Düşük)	4 (Düşük)
3	Bükülmüş malzemenin taşınması	Dengesiz kaldırma, yük devrilmesi	Bel-sırt incinmeleri, sıkışma	Demirciler	27 (Orta)	4 (Düşük)
4	Malzeme istifi	Düzensiz istifleme	İstifin devrilmesi, çarpma riski	Çalışanlar, ziyaretçiler	24 (Orta)	6 (Düşük)
5	İmalat alanı erişimi	Zemin darlığı, kablo ve çubuk geçişleri	Takılma, düşme	Tüm çalışanlar	12 (Düşük)	2 Düşük)
6	Uzun donatı ile çalışmak	Donatı çubuğunun dönmesi/salınımı	Çarpma, göz ve baş travması	Tüm çalışanlar	12 (Düşük)	2 Düşük)

Tablo 4.15 incelendiğinde;

- Kolon ve kiriş donatıları artık sahada değil, doğrudan imalat alanında hazırlanmakta. Bu değişiklik, kule vincin taşıma seferlerini ciddi oranda azaltmış, bom altında çalışmaya maruz kalan işçi sayısını düşürmüştür. Sonuç olarak, vincin döner yarıçapı içindeki çarpma/ezilme tehlikesi azalmıştır.
- SMED kapsamında uygulanan ön hazırlık ve düzenli yerleşim sayesinde bükülmüş donatıların istiflenme alanı netleştirilmiş, yük karışıklığı ve dengesiz kaldırma gibi sıkışma, burkulma, sırt incinmesi riskleri azaltılmıştır.
- İmalat alanı daha kompakt ve tanımlı hâle getirilmiş, Çalışanların kontrolsüz geçiş alanları kısıtlanmış bu da takılma/düşme gibi kazaların önüne geçmiş imalat alanında hareket eden ekipmanlarla teması en aza indirmiştir.

Ortalama risk seviyesi ise başlangıçta 19 iken DÖF sonrası 4'e düşmüştür.

Demir Donatı İmalatında Darboğaz Tespiti ile İyileştirmelerin Yapılması

Demir donatı imalatında darboğazların tespit edilmesi, hem üretim sürecinin verimliliği hem de iş güvenliği açısından kritik öneme sahiptir. Çubuk kesimi, bükümü, taşınması ve yerleştirilmesi gibi işlemler sırasında karşılaşılan darboğazların giderilmesiyle, iş akışı hızlanmış ve risk faktörleri önemli ölçüde azaltılmıştır. Fine–Kinney yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen değerlendirmeler, iyileştirmeler sonrası risk seviyelerinin düşüşünü net biçimde ortaya koymuştur. Bu kapsamda elde edilen bulgular Tablo 4.16'da sunulmuş olup, darboğaz tespiti sonrası yapılan iyileştirmelerin risk analizine yansımasını göstermektedir:

Tablo 4.16 : Demir donatı imalatında darboğaz tespiti ile iyileştirme yapılması sonrası Fine–Kinney risk analiz raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI Çalışma : Demir Donatı İmalatında Darboğaz Tespiti				Konu :	Demir Donatı İmalat Süreci	
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	DÖF Öncesi Risk	DÖF Sonrası Risk
1	Donatı ölçümü ve yerleştirme	Keskin uçlu donatı, dar alan	El kesilmesi, takılma	Demirciler	12 (Düşük)	2 Düşük)
2	Donatı bağlama	Tel sıçraması, pense kontrolsüzlüğü	Parmak yaralanması, penseyle ezilme	Demirciler	18 (Düşük)	4 (Düşük)
3	Bükülmüş malzemenin taşınması	Yetersiz alan, istif karmaşası	Bel-sırt zorlanması, çarpma	Demirciler	12 (Düşük)	2 Düşük)
4	Malzeme istifi	Yüksek, kontrolsüz istif	Devrilme, düşme, malzeme çarpması	Çalışanlar, ziyaretçiler	16 (Düşük)	3 Düşük)
5	İmalat alanı erişimi	Darboğaz, yığılma, kablo geçişi	Takılma, düşme, maruziyet	Tüm çalışanlar	12 (Düşük)	2 Düşük)
6	Uzun donatı ile çalışmak	Baş-omuz çarpması, çevreye zarar	Çarpma, göz ve baş travması	Tüm çalışanlar	12 (Düşük)	2 Düşük)

Tablo 4.16 incelendiğinde ve DMAIC süreciyle analiz edildiğinde daha önce sadece tek bir kesim makinesi ile yapılan işlemlerin, yoğunluk ve sıra bekleme nedeniyle sürecin yavaşlamasına, çalışanların daha fazla makine çevresinde zaman geçirmesine sebep olduğunu ortaya çıkarmıştı. Sürece ikinci bir kesim makinesi entegre edilerek iş yükü dengelenmiş, operatörlerin yoğunluk kaynaklı dikkatsizlikleri azaltılmış, kesim alanındaki iş güvenliği riskleri minimize edilmiştir.

Ortalama risk seviyesi ise başlangıçta 14 iken DÖF sonrası 3'e düşmüştür.

Demir Donatı İmalat ve İstif Noktalarının Tayini

Şantiye organizasyonunun etkinliği, yalnızca üretim süreçlerinin akışıyla değil, aynı zamanda iş sağlığı ve güvenliği (İSG) koşullarının sağlanmasıyla doğrudan ilişkilidir. Demir donatı imalatında kullanılan alanların ve malzeme istif noktalarının doğru şekilde tayin edilmesi, bu bağlamda hem üretim sürekliliği hem de sahadaki tehlike maruziyetinin azaltılması açısından kritik önem taşımaktadır.

Mevcut uygulamada (1. durum), demir donatı kesim ve büküm işlemlerinin gerçekleştirildiği alan ile donatı istif sahası, temel kotundan oldukça uzak bir noktada ve kule vincin tarama alanı dışında konumlandırılmıştır. Bu durum;

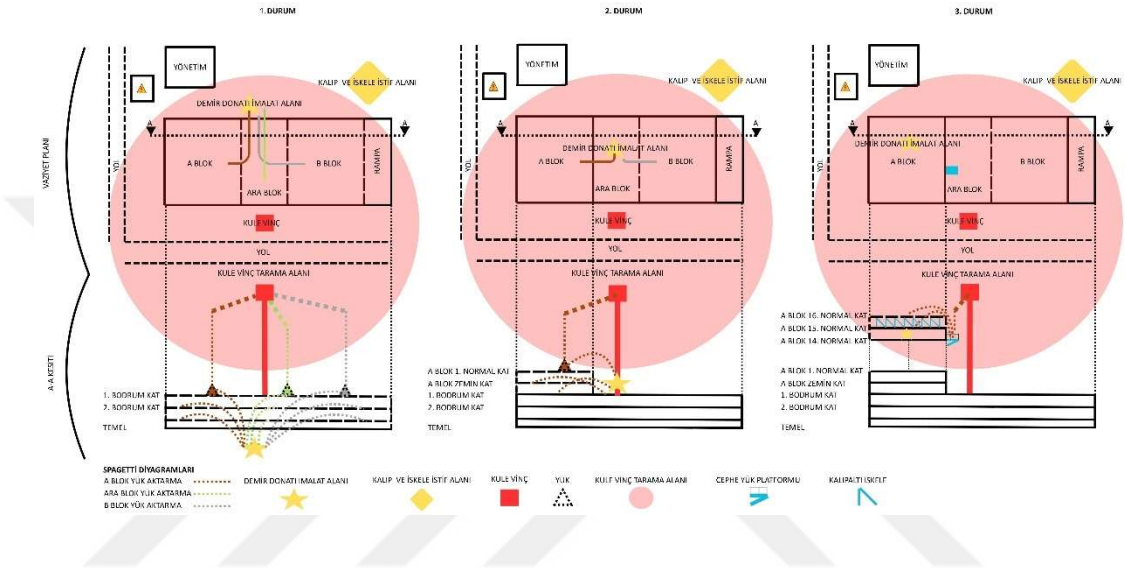
- Malzeme aktarım sürelerinin uzamasına,
- Kule vincin taşıma sefer sayısının artmasına,
- Yüklerin daha uzun süre havada kalmasına bağlı olarak rüzgâr etkisiyle savrulma riski ve yük düşme ihtimali gibi ciddi İSG risklerinin oluşmasına neden olmaktadır.

Ayrıca bu yerleşim, taşıma rotalarının uzaması ve geçiş yollarının çakışması sonucu iş akışında düzensizlik yaratmakta, iş gücü verimliliğini azaltmakta ve zamana dayalı kayıpları artırmaktadır.

Yapılan gözlemler ve SMED (Single Minute Exchange of Die) yaklaşımı doğrultusunda gerçekleştirilen süreç iyileştirme kapsamında, 1. bodrum kat tabliyesinin tamamlanmasıyla birlikte donatı imalat ve istif alanları, kule vincin erişim mesafesi içine alınmıştır (2. Durum). Daha sonra ise katların yükselmesiyle kat imalat alanının bir veya iki kat altına yerleşim sağlanmış ve cephe yük platformu kurularak aktarım alanı oluşturulmuştur. Bu yeni yerleşimler sayesinde;

- Kule vincin malzeme taşıma süresi kısaltılmış,
- Yük altında geçirilen süre azalmış,
- Vinç sefer sayısı azaltılmış,
- Yük taşıma sırasında oluşabilecek riskler en aza indirilmiş,
- Aynı zamanda kas-iskelet zorlanmalarına neden olan manuel taşıma faaliyetlerinin büyük ölçüde önüne geçilmiştir.

Bu değişiklikle birlikte yalnızca iş güvenliği değil; taşıma süresinin kısalması, bekleme sürelerinin azaltılması, iş gücü planlamasının iyileştirilmesi ve kaynak kullanımının daha verimli hale gelmesi gibi çok boyutlu kazanımlar elde edilmiştir. Böylece demir donatı üretim süreci, yalın üretim prensiplerine uygun şekilde yeniden yapılandırılmış, israf minimize edilmiş ve sürekli akış desteklenmiştir. Demir donatı imalatına ilişkin alanların konumlandırılması Şekil 4.3'te ayrıntılı olarak verilmiştir:



Şekil 4.3 : Demir donatı imalat alanlarının planı

Görselde (Şekil 4.3) üç farklı durumun karşılaştırmalı yerleşim planı üzerinden yapılan analiz, inşaat sahasındaki demir donatı imalatı ve istif organizasyonunun zaman, mesafe, güvenlik ve iş verimliliği açısından nasıl optimize edildiğini göstermektedir. Bu yerleşim değişiklikleri, SMED (Single-Minute Exchange of Die) yaklaşımı kapsamında hızlı ve güvenli üretim geçişleriyle doğrudan ilişkilidir.

1. Durum – İlk Yerleşim:

- Demir donatı imalat alanı, kule vincin tarama alanı dışında kalmakta ve oldukça uzak bir noktada yer almaktadır.

- Malzeme taşıma rotaları uzun, çakışmalı ve düzensizdir.

- Kule vincin yük taşıma sefer sayısı artmakta, yükler havada uzun süre kalmakta, bu da rüzgâr etkisiyle savrulma riski ve yük düşmesi gibi yüksek güvenlik riskleri doğurmaktadır.

- Yüklerin uzak mesafelere manuel taşınması, çalışanlar üzerinde fiziksel yük oluşturmakta ve ergonomik riskleri artırmaktadır.

2. Durum – İyileştirilmiş Konumlandırma:

- Demir donatı imalat alanı, kule vincin tarama alanı içine alınmış ve bloklara daha yakın konumlandırılmıştır.

- Taşıma mesafesi kısalmış, vincin havada yük taşıma süresi azalmış, böylece maruziyet ve risk seviyesi düşürülmüştür.

- Malzeme aktarım süresi kısaldığı için vinç sefer sayısı azaltılmış, bu da zaman tasarrufu ve iş ekipman verimliliğinde artış sağlamıştır.

- Taşıma güzergahları sadeleşmiş, makarna diyagramına göre gereksiz yürüme mesafeleri ortadan kaldırılmıştır.

- Bu yerleşim aynı zamanda 5S uygulamalarıyla desteklenmiş, istif düzeni sağlanmış ve zemin işaretlemeleriyle geçiş yolları netleştirilmiştir.

3. Durum – Entegre Dikey Lojistik ve Kat Altı Üretim Yaklaşımı:

- Demir donatı imalatı artık imalat yapılacak katın 1-2 alt katında gerçekleştirilmekte ve bu alan da kule vincin kapsama alanı içindedir.

- Malzemeler vinçle çok kısa mesafede ve kontrollü olarak, doğrudan ilgili kata taşınmaktadır.

- Cephe yük platformları ve kalıp altı iskele entegrasyonu sayesinde vinçle yük alma ve bırakma işlemleri çok daha güvenli ve planlı hale gelmiştir.

- Bu düzende taşıma, yerleştirme ve kurulum tek seferde tamamlanmakta, hem insan gücü ihtiyacı azaltılmakta hem de kaza riski minimize edilmektedir.

- Yük altında kalma süresi azalmış, sahada çalışan sayısı ve alan daraltılmış, böylece tehlikeye maruz kalma süreleri azaltılmıştır.

Bu aşamalı iyileştirme süreci, SMED yönteminin inşaat sahasına başarılı bir şekilde entegre edilmesinin kanıtıdır.

- Süreç geçişleri daha hızlı hale getirilmiş,

- Gerekli dış hazırlıklar (malzeme istifi, iş istasyonu yerleşimi, geçiş yolları) önceden organize edilmiştir.

- İç süreçler sadeleştirilmiş, taşıma-adım sayısı azaltılmış,

- Zaman kaybı ve güvenlik riski birlikte azaltılmıştır.

Bu kapsamda yapılan iyileştirmeler; hem üretkenlik artışı hem de iş sağlığı ve güvenliği performansında iyileşme sağlamıştır. Görselde yer alan üç durum arasındaki farklar, yalın üretim bakış açısının sahada nasıl somut sonuçlar doğurduğunu açıkça göstermektedir.

1. Durum : Bodrum Kata Kadar Yapılan Demir Donatı İmalatı

Durum Başlangıcı

Demir donatı imalat sürecinin başlangıç aşaması, bodrum kata kadar yapılan uygulamaları kapsamaktadır. Bu dönemde özellikle donatı çubuklarının kesimi, bükümü, taşınması ve yerleştirilmesi sırasında ortaya çıkan riskler öne çıkmıştır. Fine–Kinney yöntemiyle yapılan değerlendirmeler, süreç başlangıcında yüksek ve orta seviyeli risklerin ağırlıkta olduğunu göstermiştir. Bu kapsamda elde edilen bulgular Tablo 4.17'de sunulmuş olup, demir donatı imalat alanının 1. durum başlangıcına ilişkin ayrıntılı risk analizini içermektedir:

Tablo 4.17 : Demir donatı imalat alanı 1. Durum başlangıcında Fine–Kinney risk analiz raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI Çalışma : Demir Donatı İmalat Alanı 1. Durum Başlangıcında				Konu :	Demir Donatı İmalat Süreci	
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	DÖF Öncesi Risk	DÖF Sonrası Risk
1	Donatı ölçümü ve yerleştirme	Keskin uçlar, yoğun alan kullanımı	El kesilmesi, alan daralmasından dolayı takılma	Demirciler	27 (Orta)	4 (Düşük)
2	Donatı bağlama	Tel sıçraması, pense kontrolsüzlüğü	Parmak yaralanmaları, göz sıçraması	Demirciler	36 (Orta)	4 (Düşük)
3	Bükülmüş malzemenin taşınması	İstif karmaşası, kısıtlı alan	Malzeme düşmesi, sırt zorlanması	Demirciler	48 (Orta)	8 (Düşük)
4	Malzeme istifi	Düzensiz yerleşim, üst üste konma	Devrilme, çarpma, ayak sıkışması	Çalışanlar, ziyaretçiler	36 (Orta)	4 (Düşük)
5	İmalat alanı erişimi	Yetersiz yönlendirme, dar yol	Takılma, düşme, istif alanına çarpma	Tüm çalışanlar	27 (Orta)	4 (Düşük)
6	Uzun donatı ile çalışmak	Dönme, salınım, yerleştirme	Baş ve omuz çarpması, kontrolsüz darbe	Tüm çalışanlar	18 (Düşük)	2 (Düşük)

Tablo 4.17 incelendiğinde, demir donatı imalat sürecinde özellikle kule vincin kontrolsüz salınımı veya bom hareketleri sırasında çalışanların altında kalma riski, yüksek öncelikli bir tehlike olarak öne çıkmaktadır. Demir imalat alanının vinç tarama alanıyla çakışması, zemin üzerinde uyarı ve sınır işaretlemelerinin bulunmaması ve giriş-çıkışların serbest olması durumunda, yüklerin çalışanların üzerinden geçmesi veya düşmesi riski artmakta, bu da ciddi yaralanma ya da ölümle sonuçlanabilecek kazalara neden olabilmektedir.

Donatıların istiflenmesi sırasında dengesiz yerleştirme ve yüksek yığma, devrilme ve çarpma riskini artırmaktadır. Paletli veya raflı sistemlerin bulunmaması, istifleme yüksekliğinin standartların üzerinde olması ve malzeme düzenleme alanlarının yetersizliği, çalışanların veya ziyaretçilerin malzemelerin devrilmesi sonucu yaralanma riskini yükseltmektedir.

Demir donatıların üretim ve taşıma aşamasında, vincin dar görüş alanı nedeniyle yüklerin kontrolsüz savrulması da önemli bir tehlikedir. Kamera destekli sistemlerin

bulunmaması, sahada işaretçi personel görevlendirilmemesi ve taşıma rotalarının planlanmamış olması, yüklerin kontrolsüz şekilde insan hareket alanına girmesine ve çarpma riskinin artmasına yol açabilir.

Bükülmüş veya kesilmiş donatıların taşınması sırasında dengesiz kaldırma, ağırlık kaynaklı bel-sırt zorlanması, düşme ve sıkışma riskleri de mevcuttur. Taşıma mesafelerinin uzun olması, vinç kullanımının sınırlı kalması ve manuel taşıma gereksiniminin yüksek olması, çalışanların tehlikeli alanlarda daha uzun süre kalmasına ve fiziksel zorlanmalara neden olur.

Keskin çubuk uçları ve düzensiz istif sonucu oluşabilecek el kesilmesi, ayak takılması ve düşme riskleri de dikkate değerdir. Malzeme geçiş yollarının belirlenmemesi, zemin temizliğinin yetersizliği ve çalışma alanında düzensizlik, bu riskleri artırmaktadır. Donatıların üretim sonrası tehlikeli alanlardan geçerek taşınması, maruziyet süresini daha da uzatabilir.

Uzun donatılarla çalışırken yaşanan dönme ve salınım kaynaklı çarpma riski de önemli bir tehlike olarak öne çıkar. Çalışma rotalarının düzenlenmemesi ve uyarı levhalarının bulunmaması, çalışanların bu hareketli yüklerle temas etme olasılığını artırır.

Fine-Kinney risk değerlendirmesi sonuçlarına göre faaliyetlerin birçoğu “orta” ve “yüksek” risk seviyesinde değerlendirilmiş, bu nedenle majör riskler ele alınarak tedbirler uygulanmıştır. Yüksekten düşme riskine karşı güvenlik ağı, kişisel düşüş durdurma sistemleri ve korkuluklar kullanılmış; yük altında kalma riskine karşı vinç çalışma alanları sınırlandırılmış; devrilme ve çarpma risklerine karşı istifleme standartları uygulanmış; yük savrulması riskine karşı kamera ve işaretçi sistemi devreye alınmıştır. Bu önlemler sayesinde hem çalışan güvenliği artırılmış hem de operasyonel süreklilik korunmuştur.

Demir Donatı İmalatında 1. Durumdan 2. ve 3. Duruma Geçiş

Demir donatı imalat sürecinde mevcut durumdan iyileştirilmiş aşamalara geçiş, risklerin sistematik biçimde azaltılmasına yönelik önemli bir adımı temsil etmektedir. İlk durumda yüksek ve orta seviyeli riskler gözlemlenirken, 2. ve 3. duruma geçişle

birlikte yapılan iyileştirmeler sayesinde bu riskler belirgin biçimde düşürülmüştür. Bu kapsamda Fine–Kinney yöntemi ile gerçekleştirilen analiz sonuçları, 1. durumdan 2. ve 3. duruma geçiş sürecinde elde edilen gelişmeleri ortaya koymakta olup, ayrıntılar Tablo 4.18'de sunulmaktadır:

Tablo 4.18 : Demir donatı imalatında 1. durumdan 2. ve 3. duruma geçiş sonrası Fine–Kinney risk analiz raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI Çalışma : Demir Donatı İmalatında 1. Durumdan 2 Ve 3'e				Konu :	Demir Donatı İmalat Süreci	
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	DÖF Öncesi Risk	DÖF Sonrası Risk
1	Donatı ölçümü ve yerleştirme	Keskin uçlar, yoğun alan kullanımı	El kesilmesi, alan daralmasından dolayı takılma	Demirciler	12 (Düşük)	2 (Düşük)
2	Donatı bağlama	Tel sıçraması, pense kontrolsüzlüğü	Parmak yaralanmaları, göz sıçraması	Demirciler	12 (Düşük)	2 (Düşük)
3	Bükülmüş malzemenin taşınması	İstif karmaşası, kısıtlı alan	Malzeme düşmesi, sırt zorlanması	Demirciler	12 (Düşük)	2 (Düşük)
4	Malzeme istifi	Düzensiz yerleşim, üst üste konma	Devrilme, çarpma, ayak sıkışması	Çalışanlar, ziyaretçiler	16 (Düşük)	3 Düşük)
5	İmalat alanı erişimi	Yetersiz yönlendirme, dar yol	Takılma, düşme, istif alanına çarpma	Tüm çalışanlar	12 (Düşük)	2 (Düşük)
6	Uzun donatı ile çalışmak	Dönme, salınım, yerleştirme	Baş ve omuz çarpması, kontrolsüz darbe	Tüm çalışanlar	12 (Düşük)	2 (Düşük)

Tablo 4.18 incelendiğinde ve DMAIC süreciyle analiz edildiğinde demir donatı imalat alanının, 1. durumda temel kotuna yakın ve kule vincin tarama alanı dışında bir bölgede konumlandırılması, hem iş sağlığı ve güvenliği (İSG) hem de süreç verimliliği açısından çeşitli riskleri beraberinde getirmiştir. Özellikle donatıların şantiye içindeki taşınması sırasında malzemenin uzun süre havada kalması; bu süreçte hem çalışanların yük altı maruziyetini artırmış, hem de rüzgâr yükü etkisiyle kontrolsüz savrulma gibi ek risklerin ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Ancak 2. ve 3. durumda yapılan organizasyonel değişiklikle, demir donatı imalat alanı kule vincin tarama alanına daha yakın ve yapı bloklarının hemen bitişiğine alınarak bu risklerin büyük ölçüde önüne geçilmiştir. Bu sayede hem taşıma mesafesi azaltılmış hem de yüklerin havada kalma süresi minimize edilmiştir. Aynı zamanda rüzgar yükü etkisine maruz kalma süresi kısalmış, böylece taşıma sırasında yaşanabilecek denge kaybı ve düşme riskleri büyük ölçüde azaltılmıştır. Bu durum, yalnızca ekipmanın değil aynı zamanda çalışanların güvenliğini de önemli ölçüde artırmıştır.

Tablo 4.18'de yer alan donatı ölçümü ve yerleştirme, bağlama, taşıma, istif, imalat alanı erişimi ve uzun donatı ile çalışma gibi başlıklarda değerlendirilen riskler, söz konusu yer değişikliği ve yapılan diğer düzeltici önleyici faaliyetler (DÖF) ile birlikte "düşük" risk seviyelerine indirilmiştir. Özellikle "bükülmüş malzemenin taşınması" gibi süreçlerde istif karmaşası ve dar alan kaynaklı bel ve sırt zorlanması riski, imalat alanının yeniden konumlandırılmasıyla azaltılmış; çalışma alanının netleştirilmesiyle personelin hareket alanı iyileştirilmiştir.

Malzeme istifinin düzensiz yapılması ve üst üste konmasıyla oluşan devrilme, çarpma ve sıkışma riskleri, yeni düzenlemede daha kontrollü istifleme alanlarıyla minimize edilmiştir. Ayrıca imalat alanına erişim yollarının kısalması ve daha az çakışan taşıma rotaları sayesinde hem takılma/düşme hem de istif alanına çarpma gibi risklerin azaltılması sağlanmıştır.

Uzun donatılarla çalışırken oluşabilecek baş ve omuz çarpması gibi maruziyetler ise genişletilen ve düzenlenen üretim alanı sayesinde azaltılmış, çalışma konforu ve güvenliği artırılmıştır.

Sonuç olarak, 1. durumdan 2. ve 3. duruma geçişle birlikte, demir donatı imalat sürecinde uygulanan yerleşim iyileştirmeleri ve SMED prensipleri doğrultusunda yapılan düzenlemeler, hem taşıma verimliliğini artırmış hem de çalışma alanındaki tehlike maruziyetini önemli ölçüde düşürmüştür. Bu iyileştirme, yalnızca bireysel risk skorlarının düşmesiyle değil, aynı zamanda şantiye genelinde güvenli ve sürdürülebilir bir üretim akışının sağlanmasıyla da kendini göstermiştir.

Ortalama risk seviyesi ise başlangıçta 13 iken DÖF sonrası 2'e düşmüştür.

4.2.4. DMAIC Süreci

Demir donatı imalat süreci, şantiye ortamında sıklıkla tekrar eden, yoğun iş gücü gerektiren, ağır ekipman ve keskin malzeme ile çalışılan, dolayısıyla hem iş sağlığı ve güvenliği riskleri hem de verimlilik kayıpları açısından kritik öneme sahip bir üretim fazıdır. Sahada yapılan mevcut durum analizi sonucunda; imalat alanı yerleşimi, vinç kullanımı, malzeme istifi, taşıma rotaları ve donatı kesme-bükme işlemlerinde çok sayıda aksaklık ve zaman kaybı tespit edilmiştir. Özellikle darboğaz oluşturan tek makine kullanımı, düzensiz istifleme, geçici ve yetersiz iş istasyonları ile karmaşık taşıma rotaları, hem üretim süresini uzatmakta hem de çalışanların tehlikelere maruz kalma süresini artırmaktadır.

Bu sorunların kök nedenlerini belirleyerek kalıcı çözümler üretmek amacıyla DMAIC (Tanımla – Ölç – Analiz Et – İyileştir – Kontrol Et) metodolojisi kullanılmıştır:

- Tanımla (Define): Süreç boyunca yaşanan zaman kayıpları, taşıma zorlukları, istif karmaşası ve iş güvenliği problemleri tanımlanmış; üretim hattının darboğaz noktaları tespit edilmiştir.

- Ölç (Measure): Donatı kesme, bükme ve yerleştirme gibi temel faaliyetlerde geçen süreler kronometre ile ölçülmüş; malzeme taşıma mesafeleri metre cinsinden kaydedilmiş ve çalışan hareket analizleri yapılmıştır. Ayrıca Fine-Kinney metodu ile öncesi ve sonrası risk skorları karşılaştırılmıştır.

- Analiz Et (Analyze): Toplanan veriler ışığında iş akışında yaşanan gecikmelerin temel nedenleri analiz edilmiştir. Özellikle üretim alanının kule vincin tarama alanı dışında kalması, malzemenin uzun süre havada taşınması, tek makineli sistem nedeniyle oluşan sıra beklemeleri gibi problemler öne çıkmıştır.

- İyileştir (Improve): Süreç iyileştirme kapsamında:

    - Donatı imalat alanı kule vincin etkili tarama alanı içine taşınarak taşıma süresi ve vinç sefer sayısı azaltılmış,

- Makarna diyagramı yardımıyla taşıma rotaları sadeleştirilmiş, çakışmalar ortadan kaldırılmış,

- 5S yöntemi ile malzeme istif düzeni, iş istasyonları, geçiş yolları netleştirilmiş,

- Yedek bir demir kesme makinesi temin edilerek darboğaz giderilmiş,

- Uygun istif yüksekliği, sabit konumlandırılmış iş masaları ve ergonomik erişim alanları oluşturulmuştur.

- Kontrol Et (Control): Uygulanan iyileştirmelerin kalıcılığını sağlamak için günlük kontrol formları oluşturulmuş, ekip liderlerine sorumluluk atanmış ve iyileştirme alanlarına dair görsel talimatlar yerleştirilmiştir. Ayrıca periyodik olarak yeniden ölçüm ve izleme çalışmaları planlanmıştır.

Sonuç olarak, DMAIC metodolojisi sayesinde demir donatı imalat süreci yalınlaştırılmış, tehlike maruziyeti azaltılmış, iş güvenliği artırılmış ve üretim çevrim süresi ciddi oranda kısaltılmıştır. Bu sayede hem operasyonel verimlilik artmış hem de çalışan refahı ve sahadaki organizasyonel yapı güçlenmiştir.

Kolon ve Kirişin Demir Donatı İmalat Alanında Yapılma İhtiyacının Tespiti

Şantiye ortamında demir donatı imalatı, özellikle kolon ve kiriş gibi büyük hacimli yapı elemanlarının hazırlanması ve montajı açısından hem zaman hem de iş güvenliği boyutlarında ciddi darboğazlar barındırmaktadır. Bu darboğazların ortadan kaldırılması ve sürecin yalınlaştırılması amacıyla DMAIC (Define – Measure – Analyze – Improve – Control) süreci kapsamında sistematik bir değerlendirme yapılmış ve bu sürecin "iyileştir" aşamasında SMED (Tek Dakikada Kalıp Değişimi) metodolojisinin uygulanma gerekliliği tespit edilmiştir.

1. Tanımla (Define):

Kolon ve kiriş donatılarının farklı noktalarda ve düzensiz sahalarda bağlanarak montaja hazır hâle getirilmesi, taşıma ve yerleştirme sırasında kule vincin verimsiz kullanılmasına, iş kazası risklerinin artmasına ve malzeme lojistiğinin düzensizleşmesine neden olmaktadır. Bu durum, hem zaman kaybına hem de iş güvenliği açısından tehlikeli maruziyete yol açmaktadır.

2. Ölç (Measure):

Mevcut uygulamada kolon ve kiriş donatılarının sahada hazırlanması sırasında, ortalama bir imalatın tamamlanması ve katlara taşınması 45-120 dakikayı bulmakta, vinç sefer sayısı artmakta ve malzeme uzun süre havada taşınmaktadır. Aynı zamanda işçilerin dar alanlarda dağınık çalışma yürütmesi; düşme, sıkışma, kesilme gibi risklerin artmasına sebep olmaktadır.

3. Analiz Et (Analyze):

Zaman kayıplarının büyük oranda iş öncesi hazırlıkların ve bağlama işlemlerinin üretim alanı dışında gerçekleştirilmesinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Bu süreçteki hazırlıklar "iç süreç" olarak değerlendirilmiş ve SMED metodolojisine göre dış süreçlere taşınmasının gerektiği belirlenmiştir. Böylece, işin yerinde değil, standartlaştırılmış imalat alanında yapılması gerektiği netleşmiştir.

4. İyileştir (Improve):

SMED uygulaması kapsamında, kolon ve kiriş donatıları standart bir demir donatı imalat alanında hazırlanmakta ve buradan doğrudan kule vinç aracılığıyla montaj katlarına taşınmaktadır. Bu uygulama ile:

- Vinç taşıma mesafesi ve süresi %40 oranında azalmıştır.
- Malzemenin havada kalma süresi kısaltılarak rüzgar yükü etkisi ve düşme riski azaltılmıştır.

- İşçilerin sahadaki dağınık bölgelerde çalışma zorunluluğu ortadan kalkarak, iş güvenliği riskleri minimuma indirilmiştir.

- Vinç sefer sayısının azalmasıyla birlikte kule vinç daha etkin kullanılmış, diğer şantiye faaliyetleriyle çakışma en aza indirilmiştir.

5. Kontrol Et (Control):

Yeni sistemin sürdürülebilirliği için:

- Donatı imalat alanları kule vinç tarama alanı içerisine alınmış,

- Her kolon ve kiriş için önceden tanımlanmış imalat çizelgeleri hazırlanmış,

- Taşıma işlemleri görsel işaretlemeler, işaretçi-personel uygulamaları ve telsiz koordinasyonuyla güvenli hâle getirilmiştir.

Demir Kesme Makinesinin Yetersiz Kalması ve İhtiyacının Tespiti

Şantiyelerde yürütülen donatı imalat süreçlerinde, demir kesme işlemi hem zaman açısından kritik hem de iş güvenliği riski yüksek olan bir faaliyettir. Mevcut durumda, demir kesme makinesinin sayıca yetersiz olması nedeniyle kesim işlemlerinde ciddi gecikmeler yaşandığı, vinç kullanımında darboğazlar oluştuğu ve işçilerin gereksiz bekleme sürelerine maruz kaldığı tespit edilmiştir. Bu bağlamda, sürece DMAIC (Define – Measure – Analyze – Improve – Control) yaklaşımı ile sistematik bir iyileştirme analizi uygulanmış ve SMED (Tek Dakikada Kalıp Değişimi) tekniği ile iç-dış hazırlıkların ayrıştırılması yoluyla çözüm yolları geliştirilmiştir.

1. Tanımla (Define):

Şantiyede tek bir demir kesme makinesi bulunmakta, bu durum donatı uzunluklarına göre kesim işlemlerinin sıralı ve beklemeli şekilde ilerlemesine neden olmaktadır. Özellikle farklı çap ve boyutlardaki donatılar için sık kesim ihtiyacının olması,

makinenin sürekli yeniden ayarlanmasına yol açmakta ve SMED ilkelerine aykırı bir durum oluşturmaktadır.

2. Ölç (Measure):

Süreçte yapılan gözlemler ve ölçümler neticesinde; kesim işlemleri için ortalama bekleme süresinin günlük toplamda 2-3 saat olduğu, bu sürenin %40-50'sinin makinenin boşta beklemesi, ayar yapılması ve kuyruk oluşmasından kaynaklandığı belirlenmiştir. Ayrıca tek makine ile çalışıldığında, kule vinç ile taşınacak demirler zamanında hazırlanamadığı için vinç bekletilmekte, taşıma planları bozulmakta ve kule vincin verimliliği düşmektedir.

3. Analiz Et (Analyze):

Veri analizleri ve saha gözlemleri sonucunda, demir kesme makinesinin hem sayıca yetersiz hem de iç hazırlık süresi (makineye donatı yerleştirme, ayar yapma, ölçüm alma) açısından yüksek maliyetli olduğu tespit edilmiştir. SMED analizine göre bu tür hazırlık işlemlerinin "dış hazırlık"a çevrilerek, ayrı bir istasyon kurulması ve bir makine daha temin edilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır.

4. İyileştir (Improve):

İyileştirme kapsamında ikinci bir demir kesme makinesi şantiyeye dâhil edilmiştir. Yeni makine, kule vincin tarama alanı içerisine yerleştirilmiş ve kesim planlaması önceden yapılmıştır. Böylece:

- Kesim süresi ortalama %30-50 oranında azalmıştır.
- Operatör değişimleri ve ölçüm gecikmeleri paralel hatlar sayesinde minimize edilmiştir.
- SMED yaklaşımıyla dış hazırlıklar önceden yapılmış, donatılar gruplandırılmış ve makine başında geçirilen süre azaltılmıştır.

- İşçilerin bekleme süresi kısalmış, üretim akışı kesintisiz hale gelmiştir.

- Kule vincin planlı kullanımı sayesinde taşıma sürecinde yığılmalar önlenmiştir.

5. Kontrol Et (Control):

Yeni sistemin sürekliliğini sağlamak için:

- Kesim işlemleri için standart operasyon prosedürü (SOP) oluşturulmuştur (Demir istif alanı, yarı mamül ürünün istif alanı gibi)

- Operatörler SMED ve güvenli çalışma konusunda eğitilmiştir.

- Makine bakım periyotları tanımlanmış, performans göstergeleri haftalık olarak izlenmeye başlanmıştır.

- İş akışı görsel panolarla takip edilir hâle getirilmiştir.

Demir Donatı İmalat Alanının 1. Durumdan 2. ve 3. Duruma Taşınma İhtiyacının Tespiti

Şantiye sahasında yürütülen demir donatı imalat süreci, hem zaman yönetimi hem de iş sağlığı ve güvenliği açısından dikkatle planlanması gereken kritik bir üretim aşamasıdır. Bu sürecin başlangıcında, donatı imalat alanı kule vincin tarama alanı dışında, yapı bloğuna uzak ve temel kotuna yakın bir konumda yer almaktadır. Bu yerleşim tercihinin, sürecin hem operasyonel verimliliği hem de güvenlik boyutu üzerinde olumsuz etkiler yarattığı tespit edilmiştir. Mevcut durumun bu şekilde tespitiyle birlikte, yalın üretim yaklaşımına uygun biçimde DMAIC süreci devreye alınmış ve süreçteki darboğazlar sistematik olarak ele alınmıştır.

Tanımlama aşamasında, donatıların şantiye içinde taşınması için kule vincin yoğun şekilde kullanılmak zorunda kalındığı, bu nedenle sefer sayısının arttığı ve taşıma süresinin uzadığı belirlenmiştir. Ayrıca, uzun taşıma mesafeleri nedeniyle malzemenin

havada kalma süresi artmakta; rüzgar etkisi, denge kayıpları ve yük altındaki çalışanların maruz kaldığı tehlikeler çoğalmaktadır. Bunun yanı sıra, vinç kullanımındaki bu yoğunluk iş planlamasında çakışmalara yol açmakta ve iş güvenliği risklerini artırmaktadır.

Ölçüm aşamasında yapılan gözlemler ve süre analizleri, malzeme taşıma süresinin gün içinde ciddi bir zaman kaybına yol açtığını, vinç kullanımı sırasında oluşan beklemelerin ve taşımaların toplam çevrim süresini uzattığını ortaya koymuştur. Ayrıca, taşıma mesafeleri ve işçi hareketlerinin fazla olması, sahadaki ergonomik riskleri de artırmaktadır.

Analiz aşamasında, bu darboğazların temel nedeninin demir donatı imalat alanının yetersiz konumlandırılması olduğu anlaşılmıştır. Bu noktada, SMED (Tek Dakikada Kalıp Değişimi) yaklaşımı devreye alınarak; hazırlık faaliyetlerinin ana üretim sürecinden ayrılması ve dış hazırlıkların optimize edilmesi ihtiyacı belirginleşmiştir. Donatıların işlenmeden önce hazırlanması, gruplanması ve vinç için uygun pozisyonda bekletilmesi gibi dış hazırlıklar ile üretim hattı kesintiye uğramadan işlem devamlılığı sağlanabilecektir.

İyileştirme aşamasında, donatı imalat alanı 2. durumda yapı bloğuna ve kule vincin tarama alanına yakın bir konuma alınmıştır. 3. durumda ise imalat alanı, yapı bloğunun bir ya da iki kat altına entegre edilerek, kule vincin yükseklik farkı avantajı ile doğrudan aktarma yapılmasına olanak tanınmıştır. Bu değişiklikle birlikte taşıma süresi kısalmış, vincin sefer sayısı azalmış ve malzemenin havada kalma süresi ciddi ölçüde düşürülmüştür. Böylece hem rüzgâr yüküne maruz kalma süresi azaltılmış hem de çalışanların yük altındaki tehlikeli bölgelere maruziyeti en aza indirilmiştir. Aynı zamanda, makarna diyagramı yardımıyla yürüyüş yolları ve malzeme akışı yeniden düzenlenmiş; 5S uygulamaları ile istifleme alanları, erişim noktaları ve geçiş yolları belirgin hale getirilmiş, saha düzeni sürdürülebilir şekilde sağlanmıştır.

Kontrol aşamasında, yer değişikliğinin verimlilik ve güvenlik üzerindeki olumlu etkileri sistematik olarak takip edilmekte, standart iş prosedürleri uygulanmakta ve günlük kontrol listeleri aracılığıyla riskler erken aşamada tespit edilmektedir. Bu

sayede alınan kararların sahadaki yansıması sürekli olarak izlenebilmekte ve iyileştirmelerin kalıcılığı sağlanmaktadır.

Sonuç olarak, DMAIC süreci kapsamında yapılan bu analiz ve SMED uygulaması, demir donatı imalat alanının şantiye içindeki konumunun yalnızca üretkenlik değil, aynı zamanda iş sağlığı ve güvenliği açısından da kritik bir unsur olduğunu ortaya koymuştur. Uygulanan taşıma ve yerleşim stratejileriyle, hem zaman hem kaynak kullanımı optimizasyonu sağlanmış hem de çalışanların tehlikelere maruz kalma düzeyi azaltılmıştır. Bu yaklaşım, şantiye yönetiminde yalın üretim prensiplerinin ve sistematik problem çözüm metodolojilerinin ne denli etkili olduğunu somut olarak göstermektedir.

4.2.5. SMED uygulaması

Demir donatı imalat süreci, şantiye ortamında yüksek iş yoğunluğu, ardışık işlemlerin karmaşıklığı ve iş sağlığı ve güvenliği (İSG) açısından taşıdığı riskler nedeniyle, iyileştirmeye açık ve müdahale gerektiren bir üretim fazıdır. Bu kapsamda, sürecin yalın üretim ilkelerine uygun şekilde yeniden tasarlanması yalnızca operasyonel verimlilik açısından değil, aynı zamanda sahadaki tehlikelerin azaltılması ve güvenli bir çalışma ortamının oluşturulması açısından da kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda uygulamaya alınan SMED (Single Minute Exchange of Die) – "Tek Dakikada Kalıp Değişimi" yöntemi, demir donatı imalatının çeşitli adımlarında yer alan iç ve dış ayarların belirlenmesi, ayrıştırılması ve optimize edilmesi amacıyla sistematik bir analiz aracı olarak kullanılmıştır.

SMED analizine göre, demir kesimi ve bükümü gibi işlemler sırasında oluşan zaman kayıplarının önemli bir kısmı "iç ayar" niteliği taşıyan, yani işlem sırasında üretimin durmasına neden olan faaliyetlerden kaynaklanmaktadır. Buna karşılık, "dış ayar" olarak tanımlanabilecek hazırlık ve yerleştirme faaliyetlerinin de süreç içerisinde yürütülmesi, operasyonel darboğazlar yaratmakta ve iş akışını kesintiye uğratmaktadır. Özellikle demir kesim makinesinin tekil olması nedeniyle, yoğun üretim dönemlerinde darboğaz oluşmuş; malzeme birikmesi ve operatör yığılması sahada hem zaman kayıplarına hem de İSG tehditlerine neden olmuştur.

Bu darboğaz, ikinci bir kesim makinesinin sahaya entegre edilmesiyle giderilmiş ve böylece SMED prensiplerine uygun olarak hazırlık ve üretim eş zamanlı yürütülebilir hâle getirilmiştir. Aynı zamanda, üretim akışı içerisinde yer alan donatıların ön hazırlıklarının (ölçme, pozlama, yerleştirme) paralel hatlarda gerçekleştirilmesi sağlanarak ana üretim süreci sekteye uğramadan devam ettirilmiştir. Bu uygulama, üretim sürekliliğini artırmakla kalmamış; çalışanların aynı anda daha az yoğunlukta ve daha az riskle çalışmasına olanak tanımıştır.

SMED yaklaşımı aynı zamanda kolon ve kiriş donatılarının sahada, yapı alanına yakın ve vinç erişiminde birleştirilmesini sağlamış; böylece bu donatıların vinçle taşınmasındaki sefer sayısı azaltılmış, malzeme havada kalma süresi düşürülmüş, rüzgâr yüküne maruziyet azaltılmış ve yük altındaki personel riskleri önemli ölçüde ortadan kaldırılmıştır. Önceden temel kotunda konumlandırılan demir donatı imalat alanının, 2. ve 3. aşamada yapı kütlesine ve vinç tarama alanına yakın bir pozisyona taşınması, hem taşıma sürelerini hem de saha içi trafik yoğunluğunu azaltmıştır. Aşağıda (Tablo 4.19'da) SMED iyileştirme sonuçları yer almaktadır :

Tablo 4.19 : Demir donatı imalatında SMED uygulaması ile iç ayarların dış ayarlara dönüştürülmesi

Süreç Adımı	İç Ayar (Durma Gerektirir)	Dış Ayar (Paralel Yapılabilir)	İyileştirme / Kazanım
Demir Kesimi	Çubuk ölçümleme, makineye yerleştirme, kesim işlemi	Donatı listelerinin önceden hazırlanması, kesim sırası planlaması	Demir kesme sırası belirlenmiş, malzeme karışıklığı önlenmiş, iş bekleme süresi azaltılmıştır. İlave kesme makinesi ile darboğaz giderilmiştir.
Demir Bükme	Donatının bükme makinesine yerleştirilmesi, şekil verilmesi	Büküm planlarının hazırlanması, aparatların önceden ayarlanması	Büküm süresi azalmış, elle müdahale ihtiyacı düşmüştür. Operasyonlar standartlaştırılmıştır. Kas-iskelet zorlanmaları azaltılmıştır.
Bağ Teli İle Bağlama	Tel kesme, pense ile bağlama işlemi	Tel kesme makinesi hazırda bekletilmesi, pense kontrolü	El ve parmak yaralanmaları azalmış, bağlama süresi kısalmıştır. Hazırlık süreleri paralel işlemeye çevrilmiştir.
Malzeme Taşıma (İmalat Alanı → Katlar)	Malzemenin kanca ile vinç kancasına bağlanması, taşınması	Taşıma rotalarının belirlenmesi, kanca ve taşıma aparatlarının ön hazırlığı	İmalat alanı kule vinç tarama alanına alındığı için taşıma süresi kısalmış, sefer sayısı azalmış, rüzgâr riski ve yükte bekleme azalmıştır.
Malzeme İstifi	Donatının uygun yere yerleştirilmesi, elle taşıma	Paletlerin yerleştirilmesi, istif alanı zeminin hazırlanması	Düzensiz istif önlenmiş, kazaya neden olan düşmeler azaltılmış, istif süresi kısalmıştır.
İmalat Alanı Planlaması	Malzeme düzenleme, alan ayırma	Giriş-çıkış yönlendirmeleri, zemin işaretleme, plan pafta yerleşimi	Taşıma rotaları sadeleştirilmiş, iş güvenliği artmış, çalışma sahası netleşmiştir. Tehlikeli temas alanları azaltılmıştır.
Kolon-Kiriş İmalatı Yerinde Yapım	Çubukların ölçülendirilmesi, birleştirme	İmalat alanında yer tayini, iş istasyonu kurulumu	Kule vinç kullanım ihtiyacı azalmış, hazır imalat sayesinde taşıma süresi kısalmış, saha içi dolaşım riski düşmüştür.

Sonuç olarak, SMED uygulamalarıyla birlikte gerçekleştirilen bu dönüşüm, yalnızca teknik zaman kazanımları sağlamamış; aynı zamanda iş kazası risklerinin azalması, kas-iskelet sistemi zorlanmalarının önlenmesi, vinç operasyonlarının güvenli hâle getirilmesi ve saha düzeninin yalınlaştırılması gibi çok boyutlu kazanımlar getirmiştir. Bu uygulama, SMED yönteminin sahada yalnızca hızlı değişim süreçlerine değil, aynı zamanda güvenli ve sürdürülebilir üretim ortamlarına da hizmet ettiğini açıkça ortaya koymaktadır. Süreç iyileştirme kapsamında iç ayarların dış ayarlara aktarılmasına ilişkin sonuçlar Tablo 4.20'de verilmiştir:

Tablo 4.20 : Demir donatı imalat süreci iyileştirme tablosu

Süreç Adımı	İyileştirme	Demir Donatı İmalatı 1. Adım İyileştirmeleri	Demir Donatı İmalatı 2. Adım İyileştirmeleri	Demir Donatı İmalatı 3. Adım İyileştirmeleri	Demir Donatı İmalatı 4. Adım İyileştirmeleri	Demir Donatı İmalatı 5. Adım İyileştirmeleri
0. İlk Durum	–	1,5 gün	3 gün	3 gün	1 gün	2,5 gün
1. Demir Teslimatı	–					
2. Malzeme İstifi Ve Sınıflandırma	DMAIC, SMED, Makarna Diyagramı, 5S Uygulaması	1 gün				
3. Proje Okuma Ve Metraj	–					
4. Demir Donatı Kesimi	DMAIC, SMED, Makarna Diyagramı, 5S Uygulaması		1,5 gün			
5. Demir Donatı Bükümü	DMAIC, SMED, Makarna Diyagramı, 5S Uygulaması			1,5 gün		
6. Hazır Donatı Kontrolü	–					
7. Donatıyı Sahaya Taşıma (1. Durumdan 2. Ve 3. Duruma Geçiş)	DMAIC, SMED, Makarna Diyagramı, 5S Uygulaması				0,75 gün	
8. Demir Donatı Montajı	DMAIC, SMED, Makarna Diyagramı, 5S Uygulaması					1,5 gün
Kazanılan Gün		0,5 gün	1,5 gün	1,5 gün	0,25 gün	1 gün

Tablo 4.20'de, proje sürecindeki her bir iş adımının hangi yöntemlerle (DMAIC, SMED, Makarna Diyagramı, 5S) desteklendiği ve uygulama öncesi–sonrası zaman çizelgesi gösterilmektedir. İlk durumda toplam süreç, faaliyetler arası beklemeler ve verimsizlikler nedeniyle yaklaşık 14,75 gün sürmekteydi. İyileştirme çalışmaları kapsamında iç ve dış ayarların ayrıştırılması, ekipman yerleşiminin makarna diyagramı ile optimize edilmesi, 5S uygulamalarıyla malzeme erişiminin hızlandırılması ve DMAIC yöntemiyle darboğazların sistematik biçimde giderilmesi

sonucunda, tablonun en altında gösterildiği üzere toplam 4,75 gün kazanım sağlanmıştır. Tüm faaliyetler dikkate alındığında toplam zaman tasarrufu yaklaşık (4,75 gün / 14,75 gün) × 100 = %32 olarak hesaplanmıştır.

Bu iyileştirme, yalnızca proje süresinin kısalmasını değil, aynı zamanda çalışanların tehlikeli alanlarda geçirdiği sürenin azaltılmasını sağlamıştır. Özellikle yüksekten çalışma, ağır kaldırma ve ekipmanla temas gibi yüksek riskli faaliyetlerde maruziyet süresinin düşmesi, iş kazası olasılığını doğrudan azaltıcı bir etki yaratmıştır. Böylece hem operasyonel verimlilik artmış hem de iş sağlığı ve güvenliği performansında anlamlı bir iyileşme sağlanmıştır.

4.2.6. Pareto analizi

Demir donatı imalat sürecinde karşılaşılan sorunların önceliklendirilmesi, iyileştirme çalışmalarının etkinliğini artırmak açısından kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda kullanılan Pareto Analizi, “az sayıda önemli, çok sayıda önemsiz neden” ilkesine (80/20 kuralı) dayanarak, süreçteki sorunların hangilerinin toplam problemin büyük çoğunluğunu oluşturduğunu belirlemeye yardımcı olur.

Şantiyede yapılan gözlem, kayıt ve geri bildirim çalışmaları sonucunda demir donatı imalatına ilişkin aşağıdaki temel sorun alanları tespit edilmiştir:

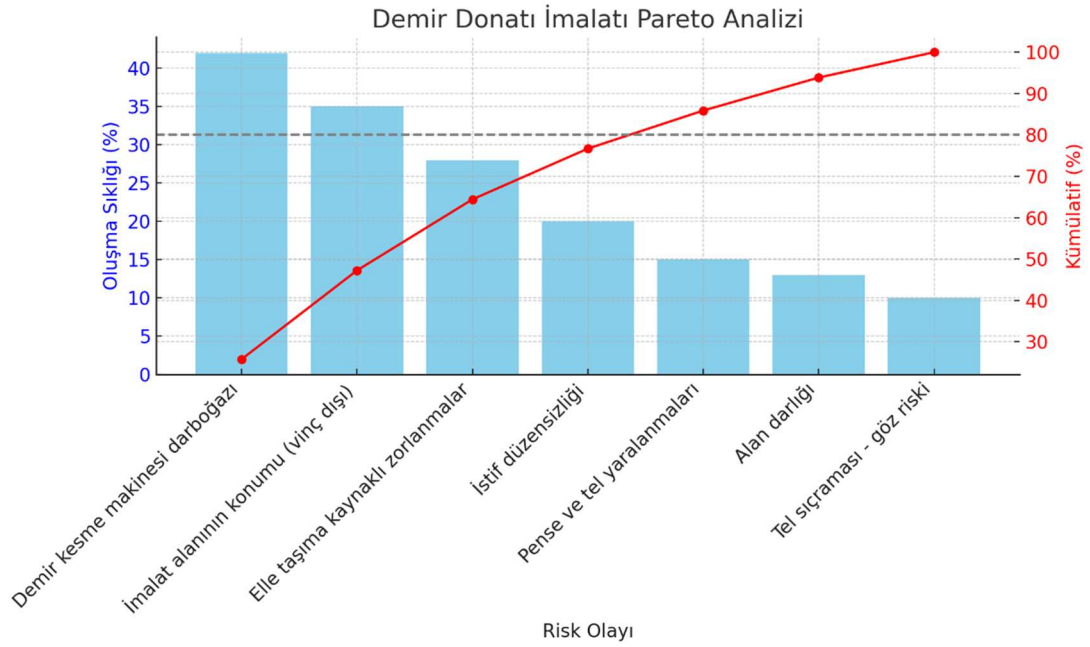
1. Demir kesme makinesinin yetersizliği ve darboğaz oluşturması,
2. İmalat alanının vinç tarama alanı dışında kalması nedeniyle taşıma süresinin uzaması,
3. Elle taşıma kaynaklı kas-iskelet sistemi zorlanmaları,
4. İstif düzensizliği ve yüksek malzeme yığılması,
5. Pense ve tel kullanımında yaşanan el yaralanmaları,
6. İmalat sırasında kullanılan alanın dar ve düzensiz olması,

7. Göz koruması eksikliği nedeniyle tel sıçramalarına bağlı riskler.

Bu veriler ışığında yapılan Pareto analizine göre, ilk üç sorun (kesme makinesi darboğazı, imalat alanı konumu ve elle taşıma kaynaklı riskler) toplam problemlerin yaklaşık %80'ini oluşturmaktadır. Bu durum, iyileştirme çalışmalarının öncelikli olarak bu üç alanda yoğunlaştırılmasının, maksimum etki sağlayacağını göstermektedir.

Yapılan müdahaleler kapsamında; ilave bir demir kesme makinesi temin edilmiş, imalat alanı kule vincin tarama alanına alınarak taşıma süresi kısaltılmış, ayrıca taşıma arabaları ve iş istasyonları kullanılarak elle taşıma ihtiyacı azaltılmıştır. Böylece sadece üretim verimliliği değil, aynı zamanda çalışan sağlığı ve güvenliği açısından da önemli kazanımlar elde edilmiştir.

Pareto analizinin sağladığı bu stratejik odaklanma, yalın üretim anlayışı çerçevesinde kaynakların doğru yerde kullanılmasını sağlamış, sürdürülebilir iyileştirme sürecinin temelini oluşturmuştur. Risk olaylarına ilişkin Pareto dağılımı, Şekil 4.4'te grafiksel olarak verilmiştir:



Şekil 4.4 : Pareto analizi- risk olayları

Demir donatı imalatı sürecinde en fazla karşılaşılan iş kazası türü, el ve parmak kesilmeleridir. Bu tür yaralanmalar, pense kullanımı ve keskin uçlu donatılarla yapılan işlemler sırasında sıkça meydana gelmektedir. Özellikle bağ teliyle sabitleme gibi tekrarlayan ve dikkat gerektiren işler, çalışanların ellerinin kesilme riskiyle doğrudan temas içinde olmasına neden olur.

Sırt ve bel zorlanmaları ise, ağır ve uzun donatıların uygunsuz taşıma yöntemleriyle kaldırılması ya da aktarılması sırasında ortaya çıkmaktadır. Elle taşınan malzemelerin ergonomik olmayan pozisyonlarda hareket ettirilmesi, kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına yol açmakta ve uzun vadede çalışan sağlığını tehdit etmektedir.

Göz yaralanmaları da yine yaygın riskler arasındadır. Özellikle tel bağlama işlemi sırasında telin sıçraması, penseyle yapılan ani müdahaleler ya da kontrolsüz gerilim nedeniyle oluşan parçacık sıçramaları, doğrudan göze zarar verebilmektedir.

Bunların dışında meydana gelen kazalar; donatıların dengesiz bir şekilde istiflenmesi, taşıma sırasında dengesini kaybeden malzemelerin düşmesi veya uygunsuz yerleşim nedeniyle oluşan çarpma ve ezilme gibi durumları kapsamaktadır. Bu tür durumlar genellikle organizasyon eksikliği ve alandaki düzenin yetersizliğinden kaynaklanmakta olup, önleyici tedbirlerle minimize edilebilecek risklerdir.

4.3. Beton Döküm Süreci

4.3.1. Sürecin tanımı

Kalıp ve donatı imalatlarının tamamlanmasının ardından, yapı elemanlarının şekillenmesini sağlayan en kritik aşamalardan biri olan beton döküm süreci başlar. Beton döküm işlemi; hazır betonun şantiye sahasına getirilmesi, pompa veya doğrudan döküm yöntemiyle kalıplara aktarılması, ardından betonun sıkıştırılması ve kür işlemlerinin yapılması adımlarını içermektedir. Bu süreç, hem yapısal dayanımın sağlanması hem de iş sağlığı ve güvenliği açısından dikkatle planlanması gereken bir üretim fazıdır.

Beton dökümünün zamanında ve kontrollü bir şekilde gerçekleştirilmesi, kalıp sistemlerinin deformasyona uğramaması, donatının yer değiştirmemesi ve yapı elemanlarında segregasyon oluşmaması açısından büyük önem taşır. Ayrıca, pompaj hattının kurulumu, pompa operatörünün görüş alanı, betonun kıvamı ve hava koşulları gibi etkenler de sürecin başarısını doğrudan etkiler. Bu nedenle, iş planlaması makarna diyagramları ile görselleştirilmekte, kule vinç, beton pompası ve malzeme yollarının yerleşimi dikkatle yapılmaktadır.

Beton dökümü sırasında oluşabilecek risklerin en aza indirgenmesi için çalışma alanı çevrelenmekte, çalışanlara uyarı ve yönlendirme sağlanmakta, gerekli kişisel koruyucu donanımlar kullanılmakta ve zemin kaymaları ile donatı üstünde çalışma gibi yüksek tehlike içeren faaliyetler için özel önlemler alınmaktadır. Süreç boyunca beton numunesi alınmakta, döküm sonrası yüzey mastarlanarak kür işlemi başlatılmakta ve beton dayanımı takip edilmektedir. Tüm bu adımlar, hem yapı kalitesi hem de iş güvenliği açısından entegre bir şekilde yönetilmektedir.

Beton Döküm Süreci Adımları

- Beton dökümü öncesi kalıp ve demir kontrolünün şantiye şefi, harita mühendisi ve yapı denetim tarafından yapılması ve onayının alınması
- Onay sürecinden sonra yapı denetim, yapı laboratuvarı ve beton santralinden uygun gün ve saatlerin örtüşeceği şekilde randevu talebi ve onayı
- Hazır betonun şantiyeye sevkiyatı : Beton santralinden, talep edilen kıvam ve sınıfa uygun betonun transmikser ile şantiyeye getirilmesi.
- Beton pompasının kurulumu ve kontrolü : Pompa hattının uygun şekilde yerleştirilmesi, erişim alanlarının kontrol edilmesi ve güvenlik çevresinin oluşturulması.
- Döküm öncesi son kontrollerin yapılması : Kalıp ve donatı kontrollerinin tamamlanması; vibratör, mastar gibi ekipmanların hazır hale getirilmesi.
- Betonun dökümüne başlanması : Betonun kalıp içerisine eşit yayılım gösterecek şekilde dökülmesi; ani boşaltmalardan kaçınılması.
- Titreşim uygulaması (vibrasyon) : Betonun içindeki hava boşluklarının giderilmesi için mekanik vibratör kullanılarak sıkıştırma işleminin yapılması.

- Yüzey mastarı ve düzeltme : Betonun yüzeyinin mastarlanması ve terleyen suyun uzaklaştırılması.
- Numune alınması ve test süreci : Her döküm sırasında dayanım kontrolü için taze beton numunesi alınması ve küp numunelerin laboratuvara gönderilmesi.
- Kür işlemlerinin başlatılması : Betonun çatlamasını önlemek ve dayanım kazanımını sağlamak için nemli kür veya kür kimyasalı uygulanması.
- Döküm sonrası temizlik ve güvenlik kontrolleri : Pompa hattının temizlenmesi, döküm alanının çevrilmesi ve izinsiz girişlerin engellenmesi.

4.3.2. Mevcut durum değer akış haritası (VSM)

Beton döküm sürecine yönelik mevcut durum değer akış haritası (VSM), süreçteki iş adımlarının sıralanışı, bekleme süreleri, işlem süreleri ve darboğazların görsel olarak ortaya konulmasına imkân tanımaktadır. Bu analiz sayesinde zaman kayıpları, lojistik aksaklıklar ve güvenlik riskleri şeffaf biçimde görünür hale gelmiş; iyileştirme alanlarının belirlenmesi kolaylaşmıştır. Beton döküm sürecine ilişkin mevcut durumun ayrıntılı incelemesi Tablo 4.21'de sunulmaktadır:

Tablo 4.21 : Beton döküm sürecinde mevcut durum değer akış haritası

Süreç Adımı	Açıklama	İşlem Süresi	Bekleme Süresi	Darboğaz
1. Kalıp Ve Demir Kontrolü	Yapı denetim, haritacı mühendisi ve şantiye şefinden onay alınması	1,5 gün	1 gün	Plan ve programsızlık, randevuların örtüşmemesi, koordinasyon eksikliği, hatalı imalat
2. Beton Dökümü	Kalıp içine beton dökülmesi	1 gün	0,5 gün	Trafik, hizmet verenlerin yeterli lojistiği sağlayamaması
3. Beton Ve Numune Kalitesi	Beton üretimi ve yaş numune alımı ile kontrolü	0,5 gün	0,5 gün	Kalitesiz beton, kalitesiz numune alımı, zamansız lojistik destek, denetimsizlik
4. Betonun Kıvamı Ve Agrega Uyumsuzluğu	Uygun olmayan beton vibratör süresini uzatmakta	0,5 gün	0,5 gün	Beton özelliğinin uygun olmaması
5. Pompa Operatörünün Kalifiye Olmayışı	Sürecin aksaması, tehlikelere sebebiyet vermesi	1 gün	0,5 gün	İş güvenliği ve yapı güvenliği riski
6. Beton Dökümü İçin Randevu Ve Planlama	Yapı laboratuvarı, yapı denetim ve beton santralinin randevu müsaitliğinin örtüşmesi	0,5 gün	1 gün	Planlama uyuşmazlığı, zaman kaybı

Tablo 4.21 incelendiğinde ve sahada uygulanan beton döküm süreci, detaylı bir şekilde analiz edildiğinde sürecin adımlarının sıralı olarak ilerlediği ve her bir aşamada işlem süresi, bekleme süresi ile darboğazların belirgin biçimde ortaya çıktığı görülmektedir. Yapılan değerlendirme sonucunda toplam işlem süresi yaklaşık 5 gün, toplam bekleme süresi 4 gün ve toplam çevrim süresi yani lead time yaklaşık 9 gün olarak tespit edilmiştir, bu da yaklaşık %44 oranında zaman tasarrufu demektir.

Süreç içinde özellikle malzeme istifi, ahşap kesimi, kalıp montajı, kalıp sökümü, malzeme temizliği, kayıt onay süreçleri, beton planlama, pompa operatörü kaynaklı gecikmeler ve betonun uygun olmaması nedeniyle vibrasyon süresinin uzaması gibi aşamalarda ciddi darboğazlar meydana gelmektedir. Bu darboğazların başlıca nedenleri arasında kaynak ve ekipman yetersizliği, alan organizasyonundaki düzensizlik, kalifiye personel eksikliği ve süreç içi koordinasyon zafiyetleri yer almaktadır.

Özellikle ahşap kesimi sırasında testere sayısının yetersiz olması ve gerekli iş güvenliği önlemlerinin eksikliği, hem verimliliği azaltmakta hem de çalışan sağlığı açısından ciddi risk oluşturmaktadır. Aynı şekilde, malzeme temizliği ve depolama süreci sırasında yeterli iş gücü planlamasının yapılmaması, kalıp malzemelerinin yeniden kullanıma dönüş sürecini geciktirmekte; bu da hem zaman kaybına hem de malzeme israfına neden olmaktadır.

Bunlara ek olarak, şantiye şefi, yapı denetim ve harita mühendisinin ortak onayıyla yürütülen kalıp ve donatı kontrolü süreci, ve bunu takip eden beton randevusu planlaması aşamasında taraflar arası koordinasyon eksikliği nedeniyle zaman kayıpları yaşanmaktadır. Ayrıca, pompa operatörünün kalifiye olmaması, döküm sırasında sürecin aksamasına ve iş güvenliği risklerinin artmasına yol açmaktadır. Son olarak, betonun kıvamı ve agrega uyumsuzluğu, vibratör kullanım süresini uzatarak kalite sorunlarına ve sürecin gecikmesine neden olmaktadır.

4.3.3. Fine–Kinney risk değerlendirmesi

Beton Dökümü

Beton dökümü sürecine ilişkin yapılan Fine–Kinney risk değerlendirmesinde, saha uygulamaları sırasında ortaya çıkabilecek tehlike kaynakları ve bu tehlikelerin olası etkileri sistematik olarak analiz edilmiştir. Başlangıçta belirlenen risk seviyeleri ile DÖF (Düzeltici ve Önleyici Faaliyet) sonrasındaki risk değerleri karşılaştırmalı biçimde değerlendirilmiş olup, elde edilen bulgular Tablo 4.22'de sunulmaktadır:

Tablo 4.22 : Beton dökümü Fine–Kinney risk analiz raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI Çalışma : Beton Dökümü				Konu :	Beton Döküm İmalat Süreci	
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	DÖF Öncesi Risk	DÖF Sonrası Risk
1	Beton Pompası Yerleşimi	Yanlış konumlandırma, dengesizlik	Pompanın devrilmesi, çarpma riski	Operatör, Çalışanlar	36(Orta)	6 (Düşük)
2	Beton Taşınması (Pompa/İşçi ile)	Yüksek basınç, hortum kopması	Sıvı beton sıçraması, göz/cilt yanığı	Çalışanlar	48(Orta)	8 (Düşük)
3	Kalıp İçine Beton Dökümü	Dar alan, vibrasyon etkisi	Düşme, sıkışma, denge kaybı	Kalıpçılar (Hortum taşıyıcı, vibratör tutucu)	36(Orta)	6 (Düşük)
4	Vibratör Kullanımı	Aşırı titreşim, uzun süreli kullanım	Kas-iskelet sistemi zorlanmaları	Çalışanlar	27(Orta)	4(Düşük)
5	Yüksek Alanlarda Çalışma	Kalıp üstü kontrol ve döküm işlemleri	Yüksekten düşme	Tüm çalışanlar	45(Orta)	6 (Düşük)
6	Yüksek Alanlarda Çalışma	Kalıp üstü kontrol ve döküm işlemleri	Yüksekten düşme	Tüm çalışanlar	45(Orta)	6 (Düşük)
7	Elektrik Bağlantıları	İzolesiz kablolar, açıkta fişler	İzolesiz kablolar, açıkta fişler	Operatör, Çalışanlar	36(Orta)	4 (Düşük)
8	Beton Prizi Beklenirken Denetim	Kalıp üstünde dolaşım	Kayma, düşme	Denetçi, mühendis	18(Düşük)	9 (Düşük)
9	Pompa Temizliği Sonrası İşlem	Hortumda kalan betonun temizlenmemesi	Beton sıçraması, fırlama riski	Operatör	27(Orta)	4 (Düşük)

Tablo 4.22 incelendiğinde; beton döküm süreci, doğası gereği yüksek düzeyde iş sağlığı ve güvenliği riskleri barındırmaktadır. En kritik tehlikelerden biri, beton pompası hortumunun patlaması veya kontrolsüz hareket etmesi sonucu çalışanların çarpma ve ezilme riskiyle karşı karşıya kalmasıdır. Bu riskin azaltılması için hortumun sabitlenmesi, pompa basıncının kontrol edilmesi ve yalnızca eğitimli personelin görev alması sağlanmıştır.

Bir diğer önemli tehlike, betonun kalıp içine yüksekten dökülmesi sonucu sıçramalar, donatı üzerinden çalışma sırasında düşme veya dengesiz pozisyon alma riskleridir. Bu durum, çalışma alanının çevrilmesi, güvenli geçiş yollarının belirlenmesi ve kişisel koruyucu donanımların (baret, gözlük, eldiven, emniyet kemeri) zorunlu tutulması ile önlenmiştir.

Ayrıca, taze betonun alkalin yapısından kaynaklanan cilt yanıkları ve tahriş riskleri de süreçte öne çıkmaktadır. Bu risk, su geçirmez eldiven ve çizme kullanımı ile döküm sonrası el-yüz temizliği yapılmasıyla azaltılmıştır.

Titreşim (vibrasyon) işlemi sırasında oluşan gürültü ve titreşim maruziyeti, operatörlerde uzun vadeli kas-iskelet sistemi sorunları ve işitme kayıplarına yol açabilir. Bu nedenle düşük titreşimli ekipmanlar tercih edilmiş, çalışma süreleri sınırlandırılmış ve operatörlere kulaklık ile antivibrasyon eldiven verilmiştir.

Son olarak, pompaj hattının kurulumu sırasında elektrik hatlarına yakın çalışılması çarpılma riskini artırmaktadır. Bunun önüne geçmek için hattın güzergâhı planlama aşamasında kontrol edilmiş ve güvenli mesafeler sağlanmıştır.

Bu önlemler sayesinde beton döküm sürecinde riskler, Fine-Kinney metoduna göre orta/yüksek seviyeden düşük seviyeye çekilmiş, hem iş güvenliği hem de operasyonel süreklilik sağlanmıştır.

Ortalama risk seviyesi ise başlangıçta 35 iken DÖF sonrası 6'ya düşmüştür.

Beton Dökümü Öncesi Kalıp ve Demir Donatı Kontrolü

Beton dökümü öncesinde gerçekleştirilen kalıp ve demir donatı kontrolleri kapsamında yapılan Fine–Kinney risk değerlendirmesinde, 6 ana faaliyet ve bu faaliyetlere bağlı tehlike kaynakları ayrıntılı biçimde analiz edilmiştir. Başlangıçta belirlenen risk seviyeleri ile DÖF (Düzeltici ve Önleyici Faaliyet) sonrasındaki seviyeler karşılaştırılmış olup, elde edilen sonuçlar Tablo 4.23'te sunulmaktadır:

Tablo 4.23 : Beton dökümü öncesi kalıp ve demir donatı kontrolü Fine–Kinney risk analiz raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI				Konu :	Beton Döküm İmalat Süreci	
Çalışma : Beton Dökümü Öncesi Kalıp Ve Demir D. Kontrolü						
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	DÖF Öncesi Risk	DÖF Sonrası Risk
1	Harita mühendisi ve yapı denetim randevusu	Geç randevu talebi / taraflar arası koordinasyonsuzluk	Denetim süresinin uzaması → zaman kaybı (1-3 gün)	Tüm çalışanlar	100(Yüksek)	24 (Orta)
2	Proje kontrolü	Sahada onaylı mimari/statik proje bulunmaması	Hatalı imalat / yanlış kontrol → yıkım kararı	Şantiye personeli, yapı denetim	168 (Yüksek)	27 (Orta)
3	Donatı yerleşimi ve uygunluk kontrolü	Projeye aykırı imalat, yeterli kontrol formu olmaması	İmalatın durdurulması / söküm riski	Demirciler, yapı denetim	120 (Yüksek)	18 (Düşük)
4	Şantiye şefinin onay süreci	Şefin sahada olmaması / belge eksikliği	İmalatın izinsiz devam etmesi / gecikme	Tüm teknik ekip	75 (Yüksek)	18 (Düşük)
5	Yapı denetim kontrolü	Uygun saat bulunamaması / yapı denetimin gecikmesi	Döküm takviminin bozulması, pompa-beton tedarik aksaması	Beton santrali, saha ekipleri	60 (Orta)	12 (Düşük)
6	Yapı denetim, yapı laboratuvarı ve beton santralinden alınacak olan betonun uygun gün ve saati için randevuların örtüşmesi	Geç randevu talebi / taraflar arası koordinasyonsuzluk	Beton döküm süresinin uzaması → zaman kaybı (1-7 gün)	Tüm çalışanlar	120 (Yüksek)	24 (Orta)

Tablo 4.23 incelendiğinde, Fine–Kinney yöntemi kullanılarak yapılan risk değerlendirmesi sonuçlarının yer aldığı; analiz kapsamında ise kat teslim randevusu sürecinde gerçekleştirilen altı ana faaliyete ait tehlike kaynaklarının, olası etkilerin, başlangıç risk düzeylerinin ve DÖF (Düzeltici Önleyici Faaliyet) sonrasındaki risk düzeylerinin karşılaştırıldığı görülmektedir.

Değerlendirme sonuçlarına göre, başlangıçta tüm faaliyetlerde "orta" ile "yüksek" seviyelerde riskler bulunduğu görülmektedir. Özellikle proje kontrolü (168), donatı yerleşimi ve uygunluk kontrolü (120) ile beton dökümü öncesinde yapı denetim, laboratuvar ve beton santrali randevularının çakışması (120) en yüksek risk puanına sahip faaliyetlerdir. Proje kontrolü sürecinde sahada onaylı mimari veya statik projenin bulunmaması, hatalı imalat ve yanlış kontrol sonucu yıkım kararı gibi ciddi tehlikeler doğurabilecek bir durumdur. Donatı yerleşiminde proje dışı imalat yapılması veya yeterli kontrol formunun olmaması, imalatın durdurulması veya sökülmesi riskini beraberinde getirmektedir. Randevu çakışmaları ise beton döküm süresinin uzamasına, dolayısıyla proje takviminde aksamalara yol açabilecek nitelikte kritik bir risk faktörüdür.

Şantiye şefinin onay sürecinde sahada bulunmaması veya belge eksiklikleri, imalatın izinsiz devam etmesi ve gecikmeler gibi olumsuz sonuçlara neden olabilmektedir. Yapı denetim kontrolü ise başlangıçta nispeten daha düşük (60) risk düzeyine sahip olsa da, uygun saat bulunamaması veya denetimin gecikmesi, pompa-beton tedarik zincirinde aksamalara yol açabilmektedir.

Alınan DÖF önlemleri ile tüm faaliyetlerde ciddi iyileşmeler sağlanmıştır. Proje onay süreçlerinin hızlandırılması, saha içi kontrol formlarının eksiksiz tamamlanması, zaman planlamasının optimize edilmesi ve taraflar arası koordinasyonun güçlendirilmesi sayesinde risk puanları yüksek seviyelerden düşük seviyelere indirilmiştir. Başlangıçta yüksek olan ortalama risk düzeyi, DÖF sonrası "düşük" seviyeye çekilmiş ve operasyonel güvenlik önemli ölçüde artırılmıştır.

Ortalama risk seviyesi ise başlangıçta 107 iken DÖF sonrası 24'e düşmüştür.

Beton Dökümü Öncesi Kalıp ve Demir Donatı Kontrolünde SMED ve 5S Uygulaması

Beton dökümü öncesinde kalıp ve demir donatı kontrol süreçlerinde SMED ve 5S teknikleri uygulanarak gerçekleştirilen Fine–Kinney risk değerlendirmesinde toplam 6 ana faaliyet ve bu faaliyetlere bağlı tehlike kaynakları analiz edilmiştir. Başlangıç risk seviyeleri ile DÖF (Düzeltici ve Önleyici Faaliyet) sonrasındaki seviyeler karşılaştırılmış olup, elde edilen bulgular Tablo 4.24'te sunulmaktadır:

Tablo 4.24 : Beton dökümü öncesi kalıp ve demir donatı kontrolünde SMED ve 5S uygulaması sonrası Fine–Kinney risk analiz raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI Çalışma : Beton Dök. Ö. Kalıp Ve Demir D. K. SMED Ve 5S U.				Konu :	Beton Döküm İmalat Süreci	
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	DÖF Öncesi Risk	DÖF Sonrası Risk
1	Harita mühendisi ve yapı denetim randevusu	Geç randevu talebi / koordinasyonsuzluk	Denetim süresinin uzaması → zaman kaybı (1-3 gün)	Tüm çalışanlar	100(Yüksek)	9 (Düşük)
2	Proje kontrolü	Onaylı proje bulunmaması	Hatalı imalat / yanlış kontrol → yıkım kararı	Şantiye personeli, yapı denetim	168 (Yüksek)	12 (Düşük)
3	Donatı yerleşimi ve uygunluk kontrolü	Projeye aykırı imalat, yeterli kontrol formu olmaması	İmalatın durdurulması / söküm riski	Demirciler, yapı denetim	120 (Yüksek)	18 (Düşük)
4	Şantiye şefinin onay süreci	Şefin sahada olmaması / belge eksikliği	İmalatın izinsiz devam etmesi / gecikme	Tüm teknik ekip	75 (Yüksek)	4 (Düşük)
5	Yapı denetim kontrolü	Uygun saat bulunamaması / yapı denetimin gecikmesi	Döküm takviminin bozulması, pompa-beton tedarik aksaması	Beton santrali, saha ekipleri	60 (Orta)	4 (Düşük)
6	Yapı denetim, yapı laboratuvarı ve beton santralinden alınacak olan betonun uygun gün ve saati için randevuların örtüşmesi	Geç randevu talebi / taraflar arası koordinasyonsuzluk	Beton döküm süresinin uzaması → zaman kaybı (1-7 gün)	Tüm çalışanlar	120 (Yüksek)	12 (Düşük)

Tablo 4.24'te görüldüğü üzere, sahada onaylı projenin bulunmaması nedeniyle proje kontrolü 168 puan ile en yüksek risk olarak belirlenmiştir. Donatı yerleşimi ve uygunluk kontrolü 120 puanlık risk düzeyiyle öne çıkarken, yapı denetim ve beton tedarik süreçlerindeki koordinasyon sorunları 100–120 puan aralığında risk oluşturmuştur. Şantiye şefinin onay sürecindeki eksiklikler ve yapı denetim kontrollerindeki gecikmeler ise yüksek ve orta seviyeli riskler arasında değerlendirilmiştir.

Düzeltici ve önleyici faaliyetler (DÖF) sonrasında tüm risklerin düşük seviyeye çekildiği görülmektedir. Proje kontrolünde belgelerin eksiksiz hazırlanması, onaylı projelerin sahada bulundurulması ve kontrol listelerinin standartlaştırılması ile yıkım ve hatalı imalat riskleri ortadan kaldırılmıştır. Donatı yerleşimi kontrollerinde proje ile uyumun sağlanması ve yeterli belge ile ölçüm sürecinin disipline edilmesi sayesinde imalatın durdurulması veya söküm riski minimize edilmiştir. Randevu ve koordinasyon problemleri, önceden oluşturulmuş takvim planı, sorumlulukların net tanımlanması ve düzenli bilgilendirme toplantıları ile çözülmüş, zaman kaybı ve iş akışı kesintileri önlenmiştir.

Bu iyileşmelerde SMED ve 5S uygulamalarının önemli katkısı olmuştur. SMED yaklaşımı sayesinde denetim, kontrol ve onay süreçlerinde bekleme süreleri azaltılmış, iç ve dış hazırlıklar ayrılarak saha içi duraksamalar en aza indirilmiştir. Proje kontrol belgeleri, ölçüm cihazları ve gerekli ekipmanlar iş başlamadan önce hazır hale getirilerek randevu ve onay süreçlerinde hız sağlanmıştır. 5S uygulamaları ile belgeler, ölçüm aletleri, kişisel koruyucu donanımlar ve kontrol formları düzenli biçimde saklanmış, böylece arama ve bekleme süreleri ortadan kaldırılmıştır. Çalışma alanlarının düzenli tutulması, denetim sırasında hızlı erişim sağlamış ve iş güvenliğini güçlendirmiştir.

Takvim planının oluşturulması ve takip edilmesi, beton döküm, proje kontrolü ve yapı denetim randevularının çakışmasını önlemiş, ekipman ve personel kullanımında verimlilik sağlamıştır. Önceden belirlenmiş tarihler ile denetim ve imalat süreçlerindeki gecikmeler engellenmiş, tüm tarafların erişebildiği şeffaf bir plan ile sorumluluklar netleşmiş ve olası aksaklıklara karşı proaktif önlemler alınabilmiştir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, SMED ve 5S uygulamaları ile planlı randevu sistemi, düzenli çalışma alanı ve önceden hazırlanmış belgeler sayesinde başlangıçta yüksek seviyede olan riskler düşük seviyeye indirilmiş; süreçler hem zaman hem de güvenlik açısından optimize edilmiştir.

Ortalama risk seviyesi ise başlangıçta 107 iken DÖF sonrası 10'a düşmüştür.

Yüklenici Firmanın Beton Santrali ve Yapı Laboratuvarını Seçmesi

Yüklenici firmanın beton santrali ve yapı laboratuvarını seçme sürecinde Fine–Kinney yöntemi kullanılarak gerçekleştirilen risk değerlendirmesinde toplam 6 ana faaliyet ve bunlara bağlı 6 tehlike kaynağı incelenmiş, başlangıç risk düzeyleri ile DÖF (Düzeltici ve Önleyici Faaliyet) sonrasındaki seviyeler karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 4.25'te sunulmaktadır:

Tablo 4.25 : Yüklenici firmanın beton santrali ve yapı laboratuvarını seçmesi durumunda oluşan Fine–Kinney risk analiz raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI Çalışma : Yüklenici Firmanın Beton S. Ve Yapı Lab. Seçmesi				Konu :	Beton Döküm İmalat Süreci	
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	DÖF Öncesi Risk	DÖF Sonrası Risk
1	Beton Santrali Seçimi	Kalitesiz üretim, su/çimento oranı kontrolsüzlüğü	Dayanıksız beton üretimi, taşıma sürecinde ayrışma	Tüm yapı, çalışanlar	64(Orta)	8 (Düşük)
2	Laboratuvar Seçimi	Kalibrasyonsuz ekipman, yetkin olmayan personel	Yanıltıcı deney sonuçları, hatalı raporlarla riskli imalat yapılması	Teknik ekip, işveren	48(Orta)	4 (Düşük)
3	Beton Sınıfı ve Kıvamının Uygun Olmaması	Uygun agrega, kıvam, slump ayarı yapılmaması	Vibratör süresi artar, segregasyon, zayıf beton	Kalıp içi ekip, yapı	36(Orta)	4 (Düşük)
4	Beton Numunesi Alınması ve Denetimi	Numune alınmaması, uygunsuz küp bakımı	Dayanım raporunun gerçeği yansıtmaması, yapı güvenliğin in tehlikeye girmesi	Proje sorumlulaları	48(Orta)	8 (Düşük)
5	Uygunluk Belgelerinin Eksikliği	CE belgesi, TSE belgesi olmayan beton/lab hizmetleri	CE belgesi, TSE belgesi olmayan beton/lab hizmetleri	İşveren, şantiye ekibi	32(Orta)	4 (Düşük)
6	Beton Sevkiyat Süreci	Yoğun trafik, pompa arızası, gecikmeli sevkiyat	Beton priz süresi dolmadan döküleme mesi, soğuk derz oluşumu, kalıp üzerinde kalma süresinin uzaması	Kalıp içi ekip, operatör	125 (Yüksek)	36 (Orta)

Tablo 4.25'te, yüklenici seçimi sürecine yönelik Fine–Kinney yöntemiyle yapılan risk değerlendirmesi yer almaktadır. Başlangıçta risk seviyeleri 'orta' ile 'yüksek' arasında değişirken, DÖF sonrasında belirgin bir azalma sağlanmıştır.

Beton santrali seçiminde, kalitesiz üretim ve su/çimento oranındaki kontrolsüzlük riski, dayanaksız beton üretimine ve taşıma sürecinde ayrışmaya yol açma potansiyeli

taşımaktadır. Bu durum başlangıçta orta seviyede (64 puan) bir risk olarak belirlenmiş, uygun tedarikçi seçimi, kalite belgelerinin kontrolü ve üretim denetimleri ile risk düşük seviyeye (8 puan) indirilmiştir.

Laboratuvar seçiminde kalibrasyonsuz ekipman kullanımı ve yetkin olmayan personel kaynaklı hatalı deney sonuçları, teknik ekip ve işveren açısından risk oluşturmuştur. Başlangıçta orta risk (48 puan) olarak tespit edilen bu tehlike, kalibrasyon kayıtlarının düzenli tutulması, personel yetkinlik belgelerinin kontrolü ve akredite laboratuvarların tercih edilmesi ile düşük seviyeye (4 puan) çekilmiştir.

Beton sınıfı ve kıvamının uygun olmaması riski, uygunsuz agrega, kıvam ve slump ayarı yapılmamasından kaynaklanmaktadır. Bu durum, vibratör süresinin artmasına, segregasyona ve zayıf beton oluşumuna neden olabilir. Orta seviyedeki risk (36 puan), uygun malzeme kullanımı, standart slump kontrolü ve yerinde denetim ile düşük seviyeye indirilmiştir.

Beton numunesi alınmaması veya uygunsuz küp bakımı, dayanım raporunun gerçeği yansıtmamasına ve yapı güvenliğinin tehlikeye girmesine neden olabilecek bir tehlikedir. Orta risk (48 puan) seviyesindeki bu durum, düzenli numune alımı, uygun kür koşullarında muhafaza ve kayıt sistemlerinin oluşturulması ile düşük seviyeye (8 puan) çekilmiştir.

Uygunluk belgelerinin eksikliği, CE veya TSE belgeleri olmayan beton ya da laboratuvar hizmetlerinin kullanılması, işveren ve şantiye ekibi için ciddi kalite sorunlarına yol açabilir. Orta seviyedeki risk (32 puan), belge kontrol prosedürleri ve yalnızca sertifikalı hizmet sağlayıcıların tercih edilmesi ile düşük seviyeye indirilmiştir.

Beton sevkiyat sürecinde yaşanan yoğun trafik, pompa arızası veya gecikmeler, beton priz süresi dolmadan dökülememesi, soğuk derz oluşumu ve betonun kalıp üzerinde kalma süresinin uzaması gibi riskleri beraberinde getirir. Bu risk, 125 puan ile başlangıçta yüksek seviyede tespit edilmiş, ancak DÖF sonrasında 36 puan ile orta seviyeye indirilebilmiştir. Burada riskin tamamen düşük seviyeye düşmemesinin

nedeni, trafik yoğunluğu veya ekipman arızası gibi dışsal faktörlerin tam anlamıyla kontrol edilememesidir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, yüklenici seçiminde kalite belgeleri, üretim ve laboratuvar standartları, malzeme uygunluğu ve numune süreçleri üzerinde yapılan iyileştirmeler, risk seviyelerini ciddi oranda düşürmüştür. Ancak sevkiyat süreci gibi bazı dışsal etkenler, riskin tamamen ortadan kaldırılamadığını ve sürekli izleme gerektirdiğini göstermektedir. Bu nedenle, sevkiyat planlamasında alternatif rotaların belirlenmesi, yedek pompa ve ekipman bulundurulması, tedarik zinciri aksama senaryolarının önceden hazırlanması önerilmektedir.

Ortalama risk seviyesi ise başlangıçta 59 iken DÖF sonrası 11'e düşmüştür.

Yüklenici Firmanın Beton Santrali ve Yapı Laboratuvarı Seçiminde Makarna Diyagramı Uygulaması

Yüklenici firmanın beton santrali ve yapı laboratuvarı seçiminde makarna diyagramı uygulanarak lojistik süreçler görselleştirilmiş ve gecikme ihtimalleri analiz edilmiştir. Bu aşamadan sonra Fine–Kinney yöntemiyle yapılan risk değerlendirmesi kapsamında toplam 6 ana faaliyet ve bunlara bağlı 6 tehlike kaynağı incelenmiş, başlangıç risk seviyeleri ile DÖF (Düzeltici ve Önleyici Faaliyet) sonrasındaki seviyeler karşılaştırılmıştır. Analizin ayrıntılı sonuçları Tablo 4.26'da sunulmaktadır:

Tablo 4.26 : Yüklenici firmanın beton santrali ve yapı laboratuvarı seçiminde makarna diyagramı uygulaması sonrası Fine–Kinney risk analiz raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI Çalışma : Yük. Firmanın B. Sant. Ve Yapı Lab. S. Makarna D.				Konu :	Beton Döküm İmalat Süreci	
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	DÖF Öncesi Risk	DÖF Sonrası Risk
1	Beton Santrali Seçimi	Kalitesiz üretim, su/çimento oranı kontrolsüzlüğü	Dayanıksız beton üretimi, taşıma sürecinde ayrışma	Tüm yapı, çalışanlar	64(Orta)	6 (Düşük)
2	Laboratuvar Seçimi	Kalibrasyonsuz ekipman, yetkin olmayan personel	Yanıltıcı deney sonuçları, hatalı raporlarla riskli imalat yapılması	Teknik ekip, işveren	48(Orta)	6 (Düşük)
3	Beton Sınıfı ve Kıvamının Uygun Olmaması	Uygun agrega, kıvam, slump ayarı yapılmaması	Vibratör süresi artar, segregasyon, zayıf beton	Kalıp içi ekip, yapı	36(Orta)	4 (Düşük)
4	Beton Numunesi Alınması ve Denetimi	Numune alınmaması, uygunsuz küp bakımı	Dayanım raporunun gerçeği yansıtmaması, yapı güvenliğinin tehlikeye girmesi	Proje sorumluları	48(Orta)	4 (Düşük)
5	Uygunluk Belgelerinin Eksikliği	CE belgesi, TSE belgesi olmayan beton/lab hizmetleri	CE belgesi, TSE belgesi olmayan beton/lab hizmetleri	İşveren, şantiye ekibi	32(Orta)	2 (Düşük)
6	Beton Sevkiyat Süreci	Yoğun trafik, pompa arızası, gecikmeli sevkiyat	Beton priz süresi dolmadan döküleme mesi, soğuk derz oluşumu, kalıp üzerinde kalma süresinin uzaması	Kalıp içi ekip, operatör	125 (Yüksek)	12 (Düşük)

Tablo 4.26 incelendiğinde, şantiyede yüklenici seçimi sürecine yönelik Fine–Kinney yöntemiyle yapılan risk değerlendirmesi görülmektedir. Başlangıçta risk seviyelerinin

‘orta’ ile ‘yüksek’ arasında değiştiği, ancak düzeltici ve önleyici faaliyetler (DÖF) sonrasında tüm risklerin düşük seviyeye indirildiği belirlenmiştir.

Beton santrali seçiminde, kalitesiz üretim ve su/çimento oranındaki kontrolsüzlük, dayanaksız beton üretimine ve taşıma sürecinde ayrışmaya yol açma potansiyeline sahiptir. Başlangıçta orta risk seviyesinde (64 puan) olan bu tehlike, kalite belgelerinin kontrol edilmesi, üretim proseslerinin yerinde denetlenmesi ve makarna diyagramı kullanılarak en yakın beton santralinin seçilmesi ile düşük seviyeye (6 puan) indirilmiştir. Bu yaklaşım, hem malzeme kalitesini güvence altına almış hem de sevkiyat süresini kısaltarak priz süresi öncesinde dökümün tamamlanmasına katkı sağlamıştır.

Laboratuvar seçiminde kalibrasyonsuz ekipman ve yetkin olmayan personel nedeniyle hatalı raporlar ortaya çıkma riski mevcuttu. Orta seviyedeki bu risk (48 puan), akredite ve düzenli kalibrasyon kayıtlarına sahip laboratuvarların tercih edilmesi ile düşük seviyeye (6 puan) çekilmiştir. Yakın mesafedeki laboratuvarların seçilmesi, numune taşıma süresini kısaltarak raporların zamanında hazırlanmasını sağlamış, bu da imalatın duraksamadan ilerlemesine olanak vermiştir.

Beton sınıfı ve kıvamının uygun olmaması, uygunsuz agrega kullanımı ve slump ayarı yapılmaması nedeniyle segregasyon, zayıf beton ve vibratör süresinin artması riskini barındırmaktaydı. Orta seviyede (36 puan) olan bu risk, standart malzeme seçimi, slump kontrol prosedürleri ve yerinde kıvam ölçümleri ile 4 puana indirilmiştir.

Beton numunesi alınmaması veya uygunsuz kür koşullarında muhafaza edilmesi, dayanım raporlarının gerçeği yansıtmamasına yol açabilir. Orta risk seviyesindeki bu durum (48 puan), numune alma prosedürlerinin standartlaştırılması, uygun kür ortamlarının sağlanması ve kayıt sistemlerinin oluşturulması ile düşük seviyeye (4 puan) düşürülmüştür.

Uygunluk belgelerinin eksikliği, CE ve TSE belgesi olmayan beton veya laboratuvar hizmetlerinin kullanılması, kalite ve güvenlik açısından önemli bir tehlike oluşturuyordu. Orta risk seviyesinde (32 puan) olan bu durum, belge kontrol

süreçlerinin sıkılaştırılması ve yalnızca sertifikalı tedarikçilerin tercih edilmesi ile 2 puana indirilmiştir.

Beton sevkiyat süreci ise yoğun trafik, pompa arızası veya gecikmeli sevkiyat gibi nedenlerle 125 puan ile yüksek risk seviyesinde tespit edilmiştir. DÖF sonrasında bu risk 12 puan ile düşük seviyeye indirilmiştir. Burada en kritik iyileştirme, makarna diyagramı kullanılarak en yakın beton santrali ve yapı laboratuvarının seçilmesi olmuştur. Bu seçim, nakliye sürelerini kısaltmış, dökümün priz süresi dolmadan tamamlanmasını sağlamış ve dolaylı olarak kalıpüstü çalışan işçilerin soğuk derz, düşme, malzeme çarpması gibi tehlikelere maruz kalma süresini önemli ölçüde azaltmıştır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, tedarikçi seçiminin planlı ve mühendislik tabanlı yöntemlerle yapılması, yalnızca malzeme kalitesi ve zaman yönetimi açısından değil, aynı zamanda çalışan güvenliği bakımından da ciddi faydalar sağlamaktadır. Makarna diyagramı ile desteklenen bu planlama, hem lojistik verimliliği artırmış hem de iş kazası riskini dolaylı olarak minimize etmiştir.

Ortalama risk seviyesi ise başlangıçta 59 iken DÖF sonrası 6'ya düşmüştür.

4.3.4. DMAIC süreci

Beton döküm sürecinde, DMAIC metodolojisi kapsamında SMED, 5S ve makarna diyagramı uygulamaları entegre bir şekilde kullanılarak hem zaman hem de iş güvenliği açısından önemli iyileştirmeler sağlanmıştır.

İlk olarak "tanımla" aşamasında, beton döküm sürecinde yaşanan en büyük sorunların zaman kayıpları, sevkiyat gecikmeleri ve bu gecikmelere bağlı olarak kalıpüstü çalışanların tehlikeye maruz kalma süresinin artması olduğu belirlenmiştir. Sürecin amacı; beton kalitesini koruyarak döküm süresini kısaltmak, beklemeleri en aza indirmek ve iş güvenliğini artırmak olarak tanımlanmıştır.

"Ölç" aşamasında, siparişten dökümün tamamlanmasına kadar geçen süre, bekleme zamanları, kalıpüstü çalışma süresi ve döküm sırasında karşılaşılan riskler kronometraj

ve saha gözlemleri ile kaydedilmiştir. Bu veriler, mevcut durumda ciddi verimsizlikler ve güvenlik zafiyetleri olduğunu göstermiştir.

“Analiz” aşamasında, zaman kaybına yol açan temel nedenler belirlenmiştir. Uzak mesafedeki beton santrali, ekipman hazırlıklarının döküm sırasında yapılması, malzeme ve kablo düzenindeki düzensizlikler ile ekipler arası iletişim kopukluğu başlıca sorunlar olarak öne çıkmıştır. Bu aşamada makarna diyagramı kullanılarak beton santrali, yapı laboratuvarı ve şantiye içi taşıma yolları görselleştirilmiş, en kısa mesafeli ve en az kesişim noktasına sahip lojistik akış tasarlanmıştır.

“İyileştir” aşamasında SMED yöntemi devreye alınmıştır. Döküm öncesinde yapılabilecek tüm hazırlıklar (pompa kurulumu, hortum bağlantıları, kalıp kontrolleri, KKD dağıtımı, laboratuvar numune ekipmanlarının hazırlanması) betonun şantiye sahasına gelmesinden önce tamamlanmıştır. Böylece iç ve dış hazırlıklar net bir şekilde ayrıştırılmış, bekleme süreleri önemli ölçüde kısalmıştır. 5S uygulaması ile gereksiz malzemeler alan dışına çıkarılmış, ekipmanlar düzenli şekilde konumlandırılmış, çalışma alanı temizlenmiş, standart kontrol listeleri oluşturulmuş ve disiplinli çalışma alışkanlığı yerleşmiştir.

Makarna diyagramı ile belirlenen en yakın beton santrali ve yapı laboratuvarı seçimi sayesinde nakliye süreleri kısalmış, priz süresi dolmadan döküm tamamlanmış ve kalıpüstü çalışanların soğuk derz, düşme, malzeme çarpması gibi tehlikelere maruz kalma süresi azalmıştır.

“Kontrol” aşamasında, her döküm öncesinde SMED adımlarının kontrol listesiyle doğrulanması, 5S düzeninin saha sorumlusu tarafından günlük denetlenmesi ve makarna diyagramının saha koşullarına göre güncellenmesi sağlanmıştır. Bu yöntemler sonucunda beton döküm süresinde belirgin bir kısalma, iş güvenliğinde artış ve süreç standartlaşması elde edilmiştir. Böylece hem verimlilik hem de güvenlik açısından sürdürülebilir bir iyileşme sağlanmıştır.

Beton Dökümü Öncesi Kalıp ve Demir Kontrolünde SMED ve 5S uygulaması İhtiyacının Tespiti

Tanımla (Define) aşamasında, amaç kalıp ve donatı kontrollerinin hızlı, hatasız ve güvenli şekilde tamamlanmasını sağlamak, böylece beton dökümünde gecikmeleri önlemek olarak belirlenmiştir. Mevcut durumda, kontrol sürecinin uzun sürmesi, bazı ölçüm ve kontrol ekipmanlarının yerinde olmaması, iş alanında düzensizlik, hazırlıkların beton dökümüne çok yakın zamanda yapılması gibi problemler tespit edilmiştir. Bu durum, hem beton döküm programının aksamasına hem de kalıpüstü çalışanların yüksekten düşme, malzeme çarpması gibi tehlikelere daha uzun süre maruz kalmasına neden olmaktadır.

Ölç (Measure) aşamasında yapılan saha gözlemleri ve kronometraj çalışmaları, kalıp ve demir kontrolü süresinin planlanan sürenin %30–40 üzerinde tamamlandığını ortaya koymuştur. Beklemelerin başlıca sebepleri; ekipman eksikliği, ölçüm cihazlarının arayış süresi, proje çizimlerinin sahada hazır olmaması ve iş sırasındaki alan karışıklığıdır.

Analiz (Analyze) aşamasında, sürecin yavaşlamasına neden olan faktörler ayrıntılı olarak incelenmiştir. Kontrol sırasında gerekli proje dokümanlarının ve ölçüm aletlerinin çalışma alanında hazır bulunmaması, malzeme ve ekipman yerleşiminde düzensizlik, hazırlıkların kontrol anında yapılması gibi sorunlar, iyileştirme alanlarını net olarak ortaya koymuştur.

İyileştir (Improve) aşamasında SMED uygulamasının gerekliliği tespit edilmiştir. İç hazırlık (kontrol sırasında yapılması gereken işlemler) ile dış hazırlık (kontrol öncesinde tamamlanabilecek işlemler) ayrımı yapılarak; proje çizimlerinin, ölçüm aletlerinin, seviye cihazlarının, kontrol formlarının beton döküm gününden önce hazır edilmesi ve sahada organize şekilde konumlandırılması planlanmıştır. Böylece kontrol süresi kısaltılabilecek ve döküm öncesinde olası hatalar hızlıca giderilebilecektir.

Ayrıca 5S ihtiyacı da belirgin hale gelmiştir. Sahada malzeme ve ekipmanların doğru yerleşimi, gereksiz eşyaların uzaklaştırılması, kontrol alanlarının temiz tutulması,

standart ekipman dizilimlerinin oluşturulması ve bu düzenin sürekli denetlenmesi; hem kontrol süresini hızlandıracak hem de güvenliği artıracaktır.

Kontrol (Control) aşamasında, SMED adımlarının ve 5S düzeninin beton dökümü öncesi her kalıp ve demir kontrolünde uygulanması için kontrol listeleri hazırlanacak, saha sorumlusu tarafından bu düzenin sürekliliği denetlenecektir. Böylece hem zamandan tasarruf sağlanacak hem de iş güvenliği standardı korunacaktır.

Yüklenici Firmanın Beton Santrali ve Yapı Laboratuvarını Seçiminde Makarna Diyagramı Uygulama İhtiyacının Tespiti

Tanımla (Define) aşamasında, amaç betonun üretimden döküm noktasına en kısa sürede ve kalite kaybı olmadan ulaştırılması, laboratuvar testlerinin zamanında yapılması ve böylece hem teknik hem de lojistik gecikmelerin önlenmesidir. Mevcut durumda, uzak mesafedeki beton santrali ve laboratuvar seçimi nedeniyle nakliye sürelerinin uzaması, beton priz süresine yaklaşılması, döküm programında kaymalar ve soğuk derz oluşumu gibi riskler yaşanmaktadır. Ayrıca gecikmeler, kalıpüstü çalışanların tehlikeye maruz kalma süresini artırmaktadır.

Ölç (Measure) aşamasında, mevcut tedarikçilerle yapılan sevkiyat süreleri, trafik yoğunluğu, pompa kurulum zamanları ve numune analiz raporlarının teslim süreleri kayıt altına alınmıştır. Bu ölçümler, beton santralinden şantiye sahasına ulaşımın planlanan süreden ortalama %20–25 daha uzun sürdüğünü ve laboratuvar sonuçlarının raporlama teslim süresinde de benzer gecikmeler yaşandığını ortaya koymuştur.

Analiz (Analyze) aşamasında, lojistik gecikmelere yol açan nedenler incelenmiştir. Uzak mesafe, yoğun trafik güzergâhları, uygun araç ve ekipman sayısındaki yetersizlik, saha içi yerleşimde pompa ve mikserlerin konumlandırılmasındaki hatalar, sürecin verimsizliğine neden olmaktadır. Bu noktada, sevkiyat yollarının, saha giriş-çıkış noktalarının ve laboratuvar–şantiye bağlantısının görselleştirilmesi ihtiyacı belirginleşmiştir.

İşte bu noktada makarna diyagramı uygulama ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Makarnaya benzeyen akış çizgileri ile beton santrali, yapı laboratuvarı, şantiye girişleri ve döküm

noktaları arasındaki mesafeler, trafik kesişmeleri ve malzeme/ekipman hareketleri görselleştirilerek, en kısa ve en az kesişime sahip lojistik akış belirlenebilecektir. Bu sayede, beton döküm süresi kısalacak, priz süresi dolmadan işlemler tamamlanacak ve kalıpüstü çalışanların tehlikeye maruz kalma süresi azaltılacaktır.

İyileştir (Improve) ve Kontrol (Control) aşamalarında, makarna diyagramından elde edilen veriler doğrultusunda en uygun beton santrali ve yapı laboratuvarı seçimi yapılacak, saha içi araç–ekipman güzergâhları optimize edilecek ve bu düzenli akış planı her döküm öncesi kontrol edilerek süreklilik sağlanacaktır.

4.3.5. SMED uygulaması

Beton döküm süreci, şantiye ortamında yüksek iş yoğunluğu, çok sayıda ekip ve ekipmanın eşzamanlı çalışması ile zamana duyarlı operasyonların bir arada yürütülmesi nedeniyle, hem operasyonel verimlilik hem de iş sağlığı ve güvenliği (İSG) açısından kritik bir üretim fazıdır. Sürecin, yalın üretim ilkelerine uygun şekilde yeniden tasarlanması, yalnızca üretim süresinin kısaltılması ve maliyetlerin azaltılması açısından değil, aynı zamanda sahadaki tehlikelerin önlenmesi ve güvenli bir çalışma ortamının oluşturulması açısından da büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda uygulamaya alınan SMED (Single Minute Exchange of Die) – "Tek Dakikada Kalıp Değişimi" yöntemi, beton döküm sürecinde yer alan iç ve dış ayarların belirlenmesi, ayrıştırılması ve optimize edilmesi amacıyla sistematik bir analiz aracı olarak kullanılmıştır.

SMED analizine göre, beton döküm sırasında oluşan zaman kayıplarının önemli bir kısmı "iç ayar" niteliğindeki faaliyetlerden, yani döküm esnasında sürecin durmasına neden olan işlemlerden kaynaklanmaktadır. Buna karşılık, "dış ayar" olarak tanımlanabilecek pompa kurulumu, hortum bağlantılarının yapılması, numune alma ekipmanlarının hazırlanması ve döküm alanının güvenliğinin sağlanması gibi hazırlık faaliyetlerinin döküm sırasında gerçekleştirilmesi, operasyonel darboğazlara ve iş akışı kesintilerine yol açmaktadır. Özellikle pompa ve mikserlerin sahaya geç giriş yapması, hortum güzergâhlarının döküm anında belirlenmesi ve numune

ekipmanlarının hazır olmaması; beklemeler, trafik yoğunluğu ve çalışanların kalıpüstünde daha uzun süre bulunması gibi riskleri artırmıştır.

Bu darboğazlar, SMED prensipleri çerçevesinde yapılan iyileştirmeler ile giderilmiştir. Pompa kurulumu, hortum ve kablo bağlantıları, numune ekipmanlarının hazırlanması, kalıp ve demir kontrolleri gibi tüm dış ayar faaliyetleri döküm başlamadan önce tamamlanmıştır. Ayrıca, saha içinde beton mikserlerinin manevra alanı ve pompa konumları önceden belirlenerek döküm sırasında ekipman hareketleri en aza indirilmiştir. Bu sayede döküm süresince yalnızca iç ayar faaliyetleri yürütülmüş, bekleme süreleri azaltılmış ve priz süresi dolmadan döküm tamamlanabilmiştir.

SMED yaklaşımı ayrıca, döküm sırası ve alanlarının planlı bir şekilde organize edilmesini sağlamış; yüksek katlı alanlarda öncelikle riskli bölgelerin tamamlanması, işçilerin kalıpüstünde bulunma süresini azaltmıştır. Döküm programı, beton tedarik planı ve iş gücü dağılımı paralel hatlar halinde organize edilerek, bir yandan pompa dökümüne devam edilirken diğer yandan sonraki etapların hortum yerleşimi ve güvenlik önlemleri hazırlanmıştır.

Önceden düzensiz ve karmaşık olan saha yerleşimi, vinç erişimi, malzeme istifi ve ekipman güzergâhı dikkate alınarak yeniden düzenlenmiştir. Pompa yerleşimi, en kısa hortum mesafesini sağlayacak şekilde planlanmış, beton santrali ve yapı laboratuvarı seçimi ise makarna diyagramı analizi ile en yakın ve en az gecikme riski taşıyan alternatifler üzerinden yapılmıştır. Bu sayede, nakliye süresi kısalmış, dökümde gecikme riski azalmış ve kalıpüstü çalışanların maruziyet süresi minimuma indirilmiştir. Aşağıdaki tabloda (Tablo 4.27) SMED iyileştirme sonuçları yer almaktadır:

Tablo 4.27 : Beton döküm sürecinde SMED uygulaması ile iç ayarların dış ayarlara dönüştürülmesi

Süreç Adımı	İç Ayar (Durma Gerektirir)	Dış Ayar (Paralel Yapılabilir)	İyileştirme / Kazanım
Pompa ve Mikser Yerleşimi	Pompanın kurulumunun ve mikser konumunun döküm sırasında ayarlanması	Pompa ve mikser konumlarının döküm öncesinde belirlenmesi, zeminin düzeltilmesi, trafik ve manevra alanlarının planlanması, takvim planına göre araç giriş çıkış sıralamasının hazırlanması	Ekipman bekleme süresi azalmış, trafik sıkışıklığı önlenmiş, saha içi düzen ve güvenlik artmıştır.
Hortum ve Boru Bağlantıları	Hortumların döküm sırasında güzergâhının belirlenmesi ve bağlantılarının yapılması	Hortum güzergâhının döküm öncesi belirlenmesi, sabitleme ekipmanlarının hazırlanması, 5S ile hortum ve bağlantı aparatlarının düzenli şekilde saklanması	Hortum serme süresi kısalmış, düşme ve takılma riski azalmış, döküm akışı hızlanmıştır.
Numune Alma ve Test Hazırlığı	Döküm sırasında numune küp hazırlığı, slump testi ekipmanının getirilmesi	Numune kalıplarının, etiketlerin ve test ekipmanlarının döküm öncesinde hazırlanması ve yerinde bulundurulması, makarna diyagramı ile yakın konumdaki laboratuvarın seçilmesi	Test süresi kısalmış, veri kaybı riski azalmış, laboratuvar süreçleri hızlanmıştır.
Kalıp ve Donatı Son Kontrolü	Döküm sırasında ölçüm ve uygunluk kontrolü	Kontrolün dökümden önce tamamlanması, eksiklerin giderilmesi, onayların alınması, SMED ile hazırlıkların önceden bitirilmesi	Hatalı imalat riski ortadan kalkmış, duraksama olmadan döküm yapılmıştır.
Döküm Sırası ve Alan Planlaması	Sıranın döküm sırasında belirlenmesi	Döküm etaplarının, ekip dağılımının ve pompa uzanım planının önceden yapılması, takvim planı ile tüm taraflara iletilmesi	Gereksiz beklemeler ortadan kalkmış, priz süresi içinde döküm tamamlanmıştır.
Temizlik ve Hazırlık	Döküm sırasında temizlik ve alan düzenleme	Döküm öncesinde alanın temizlenmesi, malzeme ve atıkların uzaklaştırılması, 5S ile saha düzeninin sürekli korunması	Kayma, takılma ve düşme riski azalmış, ekiplerin hareket kabiliyeti artmıştır.
Ekipman ve KKD Kontrolü	Döküm sırasında eksik KKD ve ekipman temini	KKD'lerin ve ekipmanların döküm öncesi kontrol edilmesi ve eksiklerin tamamlanması, 5S ile KKD istasyonlarının standart yerleşimi	İş güvenliği standartları korunmuş, müdahale süreleri kısalmıştır.
Beton Tedarik Süreci	Betonun geç ulaşması nedeniyle bekleme	Makarna diyagramı ile en yakın beton santrali seçimi, tedarik süresinin kısaltılması, sevkiyat rotalarının belirlenmesi	Beton priz süresi dolmadan döküm tamamlanmış, gecikmeler azalmış, kalıpüstü çalışanların tehlikeye maruz kalma süresi kısalmıştır.

Sonuç olarak, SMED uygulamaları ile gerçekleştirilen bu dönüşüm yalnızca teknik zaman kazanımları sağlamamış; aynı zamanda iş kazası risklerini azaltmış, yüksekte çalışma süresini kısaltmış, saha içi trafik yoğunluğunu düşürmüş ve beton döküm sürecini daha güvenli ve sürdürülebilir hale getirmiştir. Bu uygulama, SMED yönteminin sahada yalnızca hızlı değişim süreçlerine değil, aynı zamanda güvenli,

planlı ve verimli üretim ortamlarına da hizmet ettiğini açıkça ortaya koymaktadır. Tablo 4.28, SMED uygulamaları sonucunda iç ayarların dış ayarlara dönüştürülmesiyle sağlanan zaman avantajlarını ortaya koymaktadır:

Tablo 4.28 : Beton döküm süreci iyileştirme tablosu

Süreç Adımı	İyileştirme	Beton Dökümü 1. Adım İyileştirmeleri	Beton Dökümü 2. Adım İyileştirmeleri	Beton Dökümü 3. Adım İyileştirmeleri	Beton Dökümü 4. Adım İyileştirmeleri	Beton Dökümü 5. Adım İyileştirmeleri	Beton Dökümü 5. Adım İyileştirmeleri
0. İlk Durum	_	2,5 gün	1,5 gün	1 gün	1 gün	1,5 gün	1,5 gün
1. Kalıp Ve Demir Kontrolü	DMAIC, SMED, 5S Uygulaması	1,5 gün					
2. Beton Dökümü	DMAIC, SMED, Makarna Diyagramı, 5S Uygulaması		1 gün				
3. Beton Ve Numune Kalitesi	DMAIC, SMED, 5S Uygulaması			0,5 gün			
4. Betonun Kıvamı Ve Agrega Uyumsuzluğu	DMAIC, SMED, Makarna Diyagramı, 5S Uygulaması				0,5 gün		
5. Pompa Operatörünün Kalifiye Olmayışı	DMAIC, SMED, Makarna Diyagramı, 5S Uygulaması					1 gün	
6. Beton Dökümü İçin Randevu Ve Planlama	–						0,5 gün
Kazanılan Gün		1 gün	0,5 gün	0,5 gün	0,5 gün	0,5 gün	1 gün

Tablo 4.28'de, proje sürecindeki her bir iş adımının hangi yöntemlerle (DMAIC, SMED, Makarna Diyagramı, 5S) desteklendiği ve uygulama öncesi–sonrası zaman çizelgesi gösterilmektedir. İlk durumda toplam süreç, faaliyetler arası beklemeler ve verimsizlikler nedeniyle yaklaşık 9 gün sürmekteydi. İyileştirme çalışmaları kapsamında iç ve dış ayarların ayrıştırılması, ekipman yerleşiminin makarna diyagramı ile optimize edilmesi, 5S uygulamalarıyla malzeme erişiminin hızlandırılması ve DMAIC yöntemiyle darboğazların sistematik biçimde giderilmesi sonucunda, tablonun en altında gösterildiği üzere toplam 4 gün kazanım sağlanmıştır. Tüm faaliyetler dikkate alındığında toplam zaman tasarrufu yaklaşık (4 gün / 9 gün) × 100 = %44 olarak hesaplanmıştır.

Bu iyileştirme, yalnızca proje süresinin kısalmasını değil, aynı zamanda çalışanların tehlikeli alanlarda geçirdiği sürenin azaltılmasını sağlamıştır. Özellikle yüksekten çalışma, ağır kaldırma ve ekipmanla temas gibi yüksek riskli faaliyetlerde maruziyet süresinin düşmesi, iş kazası olasılığını doğrudan azaltıcı bir etki yaratmıştır. Böylece hem operasyonel verimlilik artmış hem de iş sağlığı ve güvenliği performansında anlamlı bir iyileşme sağlanmıştır.

4.3.6. Pareto analizi

Beton döküm sürecinde karşılaşılan sorunların önceliklendirilmesi, iyileştirme çalışmalarının etkinliğini artırmak açısından kritik öneme sahiptir. Bu kapsamda kullanılan Pareto Analizi, "az sayıda önemli, çok sayıda önemsiz neden" ilkesine (80/20 kuralı) dayanarak, sürecin toplam problemlerinin büyük kısmını oluşturan kritik alanların belirlenmesini sağlar.

Şantiyede yapılan gözlem, kayıt ve saha geri bildirimleri sonucunda beton döküm sürecine ilişkin aşağıdaki temel sorun alanları tespit edilmiştir:

1. Beton pompası ve mikserlerin geç gelmesi veya uygun şekilde konumlandırılamaması,

2. Hortum güzergâhı ve bağlantılarının döküm sırasında yapılması nedeniyle sürecin uzaması,

3. Betonun geç ulaşması sonucu priz süresinin dolması veya soğuk derz oluşma riski,

4. Numune alma ve slump testi ekipmanlarının zamanında hazır olmaması,

5. Kalıpüstü çalışanların uzun süre yüksekte çalışması,

6. Alan düzeninin yetersizliği nedeniyle hortum ve kablo karışıklıkları, takılma ve düşme riskleri,

7. Yetersiz kişisel koruyucu donanım (KKD) kullanımı.

Yapılan Pareto analizine göre, ilk üç sorun (pompa ve mikser gecikmeleri, hortum bağlantı hazırlıklarının döküm sırasında yapılması ve betonun geç ulaşması) toplam problemlerin yaklaşık %80'ini oluşturmaktadır. Bu durum, iyileştirme çalışmalarının öncelikli olarak bu üç alanda yoğunlaştırılmasının, maksimum etki sağlayacağını göstermektedir.

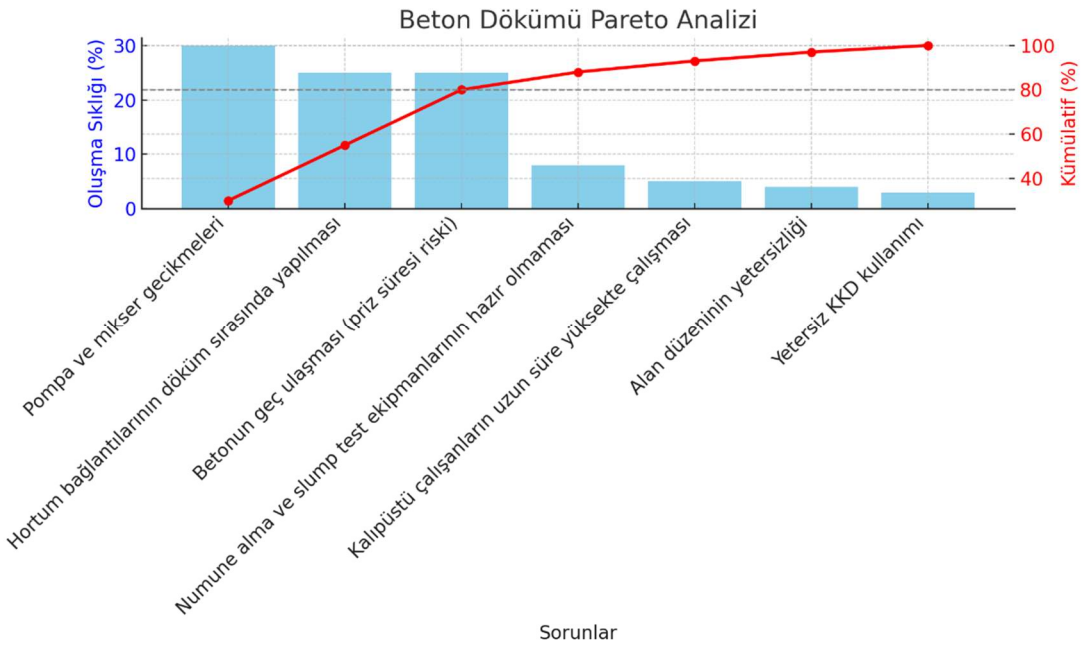
Yapılan müdahaleler kapsamında; makarna diyagramı kullanılarak en yakın beton santrali ve yapı laboratuvarı seçilmiş, böylece nakliye süresi kısaltılmıştır. SMED uygulaması ile pompa kurulumu, hortum bağlantıları, numune ekipmanlarının hazırlanması gibi işlemler döküm öncesine alınarak iç/dış ayar ayrımı yapılmıştır. 5S uygulaması ile hortum, bağlantı aparatları ve test ekipmanları düzenli şekilde konumlandırılmış, erişim hızlandırılmış ve karışıklıklar önlenmiştir. Ayrıca takvim planı ve takibi ile pompa ve mikser giriş saatleri netleştirilmiş, ekiplerin hazır bulunması sağlanmıştır.

Beton dökümü sürecinde en fazla karşılaşılan iş kazası türleri arasında, hortum bağlantı ve taşıma işlemleri sırasında meydana gelen kas-iskelet sistemi zorlanmaları yer almaktadır. Ağır hortumların uygunsuz taşıma yöntemleriyle kaldırılması, ergonomik olmayan pozisyonlarda uzun süre tutulması ve yüksek basınç altında kontrol edilmesi, bel ve omuz yaralanmalarına neden olabilmektedir.

Kalıpüstü çalışma sırasında düşme ve çarpma riskleri de yaygındır. Özellikle hortumun ani hareketi, beton sıçraması veya pompa basıncındaki dalgalanmalar, çalışanların dengesini kaybetmesine sebep olabilmektedir.

Göz ve yüz yaralanmaları, yüksek basınçla çıkan betonun sıçraması, vibratör kullanımı sırasında oluşan parçacıklar ve hortum bağlantılarının aniden açılması nedeniyle meydana gelebilmektedir. Bu nedenle yüz siperi ve gözlük kullanımı kritik önem taşımaktadır.

Bunların dışında, saha düzeninin yetersizliği sonucu hortum ve kabloların düzensiz şekilde zeminde bulunması, takılma ve düşme kazalarına yol açabilmektedir. Bu tür kazalar genellikle organizasyon eksikliğinden kaynaklanmakta olup, 5S ve SMED gibi yöntemlerle süreç öncesinde alınacak tedbirlerle büyük oranda önlenebilmektedir. Şekil 4.5'te beton döküm sürecindeki tehlike ve riskler analiz edilmiştir:



Şekil 4.5 : Pareto analizi-risk olayları

Grafikte mavi sütunlar oluşma sıklığını, kırmızı çizgi ise kümülatif yüzdeyi göstermektedir. İlk üç sorun, toplam problemlerin yaklaşık %80'ini oluşturmaktadır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada elde edilen bulgular, yalın üretim tekniklerinin inşaat sektöründe uygulanabilirliğini ve somut kazanımlarını ortaya koymaktadır. VSM, DMAIC, SMED, 5S ve makarna diyagramı yöntemlerinin entegre biçimde uygulanması, hem zaman yönetimi hem de iş sağlığı ve güvenliği açısından anlamlı iyileştirmeler sağlamıştır. Özellikle beton dökümü ve demir donatı imalatı süreçlerinde, iç ve dış ayarların ayrıştırılması, ekipman yerleşiminin optimize edilmesi ve iş akışlarının yeniden düzenlenmesi sayesinde üretim sürelerinde ciddi düşüşler gözlenmiştir.

SMED uygulamaları, literatürde genellikle seri üretim hatlarına özgü olarak ele alınmasına rağmen, bu çalışmada inşaat sahası gibi dinamik ve açık alan koşullarında başarıyla uygulanmıştır. Bu durum, yöntemin esnekliğini ve farklı sektörlere uyarlanabilirliğini göstermektedir.

1. Kalıp imalatı bulguları

Kalıp imalat sürecinde yapılan iyileştirmeler, özellikle kayar kalıp ve masa kalıp sistemlerinin devreye alınması, makarna diyagramı ile alan yerleşiminin optimize edilmesi ve 5S uygulamalarıyla malzeme erişiminin hızlandırılması sayesinde önemli kazanımlar sağlamıştır. Toplam işlem süresi 11 günden 6,5 güne, toplam çevrim süresi ise 15,5 günden 11 güne düşmüş; bu da yaklaşık %63 oranında zaman tasarrufu anlamına gelmiştir. Risk analizleri, ahşap kalıp kesiminde ortalama risk seviyesinin 53,3'ten 7,3'e, montaj ve sökümde 53'ten 11'e, genel imalatta ise 61'den 12'ye düştüğünü göstermektedir. Kayar kalıp ve masa iskele sistemleri kullanıldığında bu değerler 37'den 7'ye kadar gerilemiştir. Böylece hem üretim hızlanmış hem de yüksekten düşme, ağır kaldırma ve malzeme devrilmesi gibi majör risklerde anlamlı düşüş sağlanmıştır.

2. Demir donatı imalatı bulguları

Demir donatı imalatında SMED yaklaşımı ile iç ve dış ayarların ayrıştırılması,

darboğaz tespitleri ve makarna diyagramı ile alan düzenlemesi sonucunda toplam çevrim süresi 14,75 günden 10 güne inmiş; yaklaşık %32'lik bir zaman tasarrufu sağlanmıştır. Risk seviyeleri, donatı kesiminde 51'den 9'a, bükümde 47'den 8'e, SMED uygulamaları sonrası ise 19'dan 4'e düşmüştür. Ayrıca darboğaz iyileştirmeleri ile risk puanı 14'ten 3'e, saha yerleşim düzenlemeleriyle ise 13'ten 2'ye kadar gerilemiştir. Bu sayede hem işçilik süreleri kısalmış hem de operatör–çalışan etkileşiminde yaşanan tehlikeli durumların önüne geçilmiştir.

3.Beton dökümü bulguları

Beton dökümünde toplam işlem süresi yaklaşık 5 gün, toplam çevrim süresi ise 9 gün olarak ölçülmüş ve yapılan iyileştirmelerle %44 oranında zaman tasarrufu elde edilmiştir. Risk değerlendirme sonuçları, genel beton döküm sürecinde ortalama risk seviyesinin 35'ten 6'ya, kalıp ve donatı kontrolünde ise 107'den 24'e; SMED ve 5S uygulamaları sonrası ise 107'den 10'a gerilediğini ortaya koymaktadır. Yüklenici firmanın beton santrali ve yapı laboratuvarı seçiminde makarna diyagramı kullanılması, lojistik gecikmeleri önlemiş, risk seviyesini 59'dan önce 11'e, ardından 6'ya kadar düşürmüştür. Bu gelişmeler, çalışanların yüksekte çalışma ve ağır ekipman maruziyet süresini ciddi şekilde azaltarak hem üretim verimliliğini hem de iş güvenliği performansını artırmıştır.

Çalışma kapsamında incelenen üç ana faaliyet : kalıp imalatı, demir donatı imalatı ve beton dökümü ile ilgili zaman tasarrufu ve risk azaltma açısından farklı düzeylerde iyileşme sağlamıştır.

Bulguların Kendi İçerisinde Tartışılması

Kalıp imalatı, %63 ile en yüksek zaman tasarrufunun elde edildiği süreç olmuştur. Bu yüksek oran, kayar kalıp ve masa kalıp sistemleri gibi mühendislik çözümlerinin, makarna diyagramı ve 5S gibi yönetsel araçlarla entegre edilmesinden kaynaklanmıştır. Ayrıca risk seviyelerindeki düşüş, hem yüksekte çalışma hem de ağır kaldırma gibi majör risklerin ortadan kaldırıldığını göstermektedir.

Demir donatı imalatında %32'lik zaman tasarrufu, SMED uygulamaları ve darboğaz iyileştirmelerinin etkisini ortaya koymaktadır. Her ne kadar kalıp imalatındaki kadar yüksek bir tasarruf sağlanmamış olsa da, risk skorlarındaki düşüş oranı benzer şekilde anlamlıdır. Özellikle kesim ve büküm işlemlerinde elde edilen bu iyileştirmeler, saha içi lojistik ve iş akışı planlamasının önemini vurgulamaktadır.

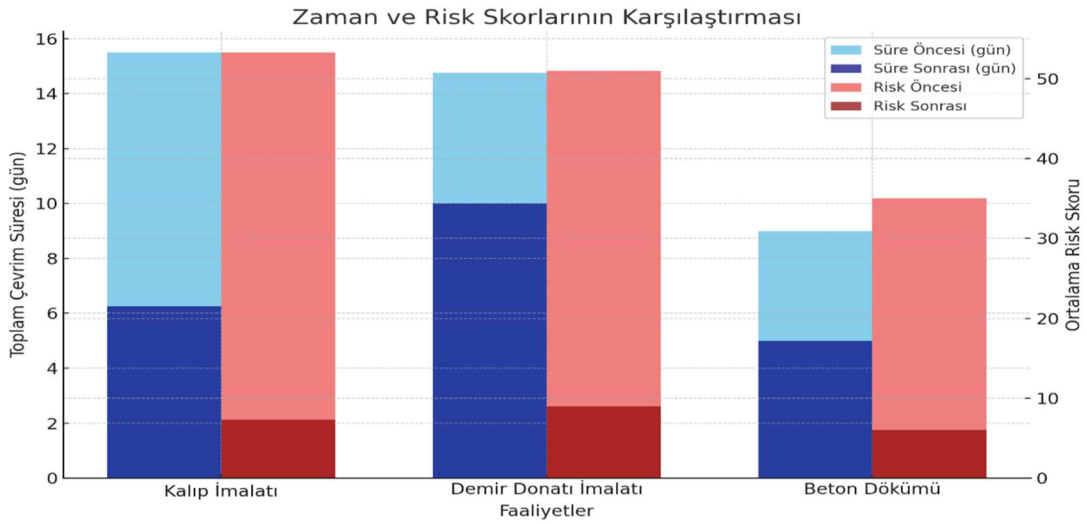
Beton dökümü sürecinde ise %44 oranında zaman tasarrufu sağlanmış; risk seviyeleri, makarna diyagramı ile tesis seçimi ve SMED–5S uygulamaları sayesinde önemli ölçüde azalmıştır. Bu süreçte, lojistik optimizasyonun hem süre kısaltma hem de risk azaltma üzerindeki doğrudan etkisi net şekilde görülmüştür.

Genel olarak, zaman tasarrufu oranları açısından sıralama kalıp > beton > demir şeklindeyken, risk azaltma etkisi üç süreçte de benzer derecede yüksektir. Bu durum, yalın üretim tekniklerinin farklı süreçlerde farklı kazanımlar sağladığını, ancak İSG performansına katkısının her durumda güçlü olduğunu göstermektedir.

Kalıp, donatı ve beton dökümü süreçlerinde yapılan risk değerlendirmeleri; elektrikli ekipman kullanımı, yüksekte çalışma, ağır kaldırma ve lojistik gecikmeler gibi tehlikelerin sistematik şekilde analiz edilmesini sağlamıştır. DÖF uygulamaları sonrası tüm süreçlerde risk seviyeleri düşük seviyelere gerilemiş, alan değişikliklerinde aynı risk türlerinin tekrarlaması sayesinde karşılaştırmalı analiz yapılabilmiştir. Böylece operasyonel akış ile iş güvenliği boyutları bütüncül olarak incelenmiştir.

Ayrıca makarna diyagramı kullanımına ilişkin literatürde, lojistik rotaların optimize edilmesinin hem süreyi kısalttığı hem de maruziyet süresini azalttığı ifade edilmektedir. Bu çalışmada beton santrali ve yapı laboratuvarı seçiminde bu yöntemin uygulanması, lojistik gecikmeleri ortadan kaldırarak doğrudan iş güvenliğine katkı sağlamıştır. Elde edilen bulgular ışığında, faaliyet bazlı iyileştirmelerin zaman ve risk

üzerindeki etkileri Şekil 5.1'de karşılaştırmalı olarak ortaya konulmuştur:



Şekil 5.1 : Faaliyet bazlı zaman tasarrufu ve risk azalma oranları

Şekil 5.1'de, kalıp imalatı, demir donatı imalatı ve beton dökümü süreçlerinde sağlanan zaman tasarrufu ile risk azalmasını karşılaştırmaktadır. Bulgular, her üç faaliyet türünde de risklerin %80 seviyesinde azaltıldığını, en yüksek zaman tasarrufunun ise %63 ile kalıp imalatında elde edildiğini göstermektedir.

Bulguların Literatürle Tartışılması

- **SMED uygulamaları üzerine:**

Yalçın ve ark. (2020) çelik boru üretiminde SMED tekniğinin uygulanabilirliğini incelemiş ve operatör doluluk oranlarında %63 artış sağlandığını rapor etmiştir. Benzer şekilde, bu çalışmada demir donatı imalatında SMED uygulamaları ile toplam çevrim süresi %32 oranında kısalmış, risk skorları ise anlamlı şekilde azalmıştır. Dolayısıyla farklı sektörlerde (çelik boru – inşaat) benzer sonuçlar elde edilmesi, SMED'in evrensel bir yalın araç olduğunu göstermektedir.

- **Hazırlık süreleri üzerine:**

Sarı (2017), modern üretim sistemlerinde SMED uygulaması ile hazırlık sürelerinde %22 oranında iyileşme sağlandığını belirtmiştir. Bu oran, beton dökümünde gözlenen

%44'lük zaman tasarrufundan daha düşük olsa da, farklı sektörlerde (bağlantı elemanları sanayi – inşaat) SMED'in hazırlık sürelerini azaltmada ortak etkisi olduğu görülmektedir.

- **Yüksek çeşitlilikli üretim hatları:**

Jan (2016), yüksek ürün çeşitliliğine sahip üretim hatlarında SMED uygulamasının yıllık %25 zaman tasarrufu sağladığını belirtmiştir. Bu çalışma ile kıyaslandığında, inşaat sektöründe elde edilen %63 (kalıp) gibi daha yüksek oranlar, saha temelli mühendislik çözümleri (örneğin kayar kalıp sistemleri) ile SMED'in bir arada kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

- **Risk boyutu üzerine:**

Literatürde SMED çalışmalarının çoğu zaman ve verimlilik üzerine odaklandığı görülmektedir (örn. Pinjar, Shivakumar & Patil, 2015). Bu çalışmanın farklı yönü, SMED'in yalnızca süre kısaltma değil, aynı zamanda iş sağlığı ve güvenliği boyutunda da etkilerini göstermesidir. Örneğin, kalıp imalatında risk skorlarının %80'e varan oranlarda azalması, literatürde nadiren raporlanan bir bulgudur ve çalışmanın özgün katkısını göstermektedir. Bu sonuçların literatürde yer alan çalışmalarla karşılaştırılması Tablo 5.1'de sunulmuştur:

Tablo 5.1 : Literatürdeki SMED ve yalın üretim uygulamaları ile bu çalışmanın karşılaştırılması

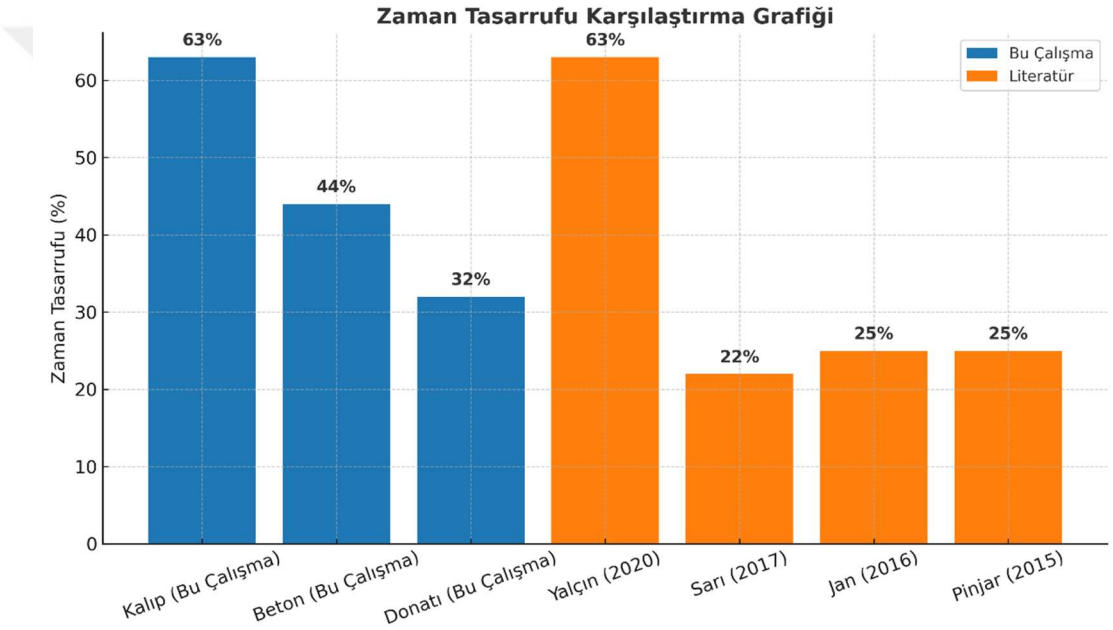
Yazar (Yıl)	Sektör	Yöntem	Zaman Tasarrufu	Risk Azaltma	Çalışmamız ile Kıyas
Yalçın ve ark. (2020)	Çelik boru	SMED, 5S, Kaizen, Makarna Diyagramı, Standardizasyon, Metot Etüdü	%63	Ergonomik İyileştirme Sonucu Operatörlerin Harcadığı Enerji %45 oranında düşmüştür.	Kalıpta %63 = %63, Demirde %32 < %63, Betonda % 44 < %63; Risk %80 > Risk %45
Sarı (2017)	Otomotiv	SMED	%22	Belirtilmemiş	Kalıpta %63 > %22, Demirde %32 > %22, Betonda % 44 > %22
Jan (2016)	Cam işleme	SMED	%25	Belirtilmemiş	Kalıpta %63 > %25, Demirde %32 > %25, Betonda % 44 > %25
Pinjar ve ark. (2015)	Dişli üretim şirketi	SMED	%20–25	Risk odaklı değil	Kalıpta %63 > %25, Demirde %32 > %25, Betonda % 44 > %25
Bu çalışma (2025)	İnşaat	VSM, DMAIC, SMED, 5S, Makarna Diyagramı, Fine Kinney Risk Analiz Yöntemi	Kalıp %63, Beton %44, Demir Donatı %32	Tüm süreçlerde %80	Literatüre ek katkı: Risk odaklı analiz, dinamik sektörlere entegre olabilmesi

Tablo 5.1'den görüldüğü üzere, literatürdeki SMED uygulamaları genellikle süre kısaltma ve verimlilik artışına odaklanmıştır. Örneğin, Sarı (2017) otomotiv sektöründe %22, Jan (2016) cam işleme sektöründe %25 ve Pinjar vd. (2015) dişli üretiminde %20–25 oranında zaman tasarrufu elde etmiştir. Yalçın vd. (2020) ise çelik boru sektöründe SMED, 5S ve makarna diyagramı ile yaptığı çalışmada %63 zaman tasarrufu sağlarken, ergonomik iyileştirmeler sonucunda operatörlerin harcadığı enerjinin %45 oranında azaldığını rapor etmiştir. Bu bulgu, iş güvenliği açısından önemli bir katkı sağlamaktadır.

Bu çalışmada ise kalıp imalatında %63, beton dökümünde %44 ve donatı imalatında %32 oranında zaman tasarrufu elde edilmiştir. Ayrıca Fine-Kinney yöntemiyle yapılan risk analizleri sonucunda tüm süreçlerde risk seviyeleri %80'e varan oranlarda azaltılmıştır. Dolayısıyla, Yalçın vd.'nin ergonomik iyileştirmelerle sağladığı %45'lik enerji kazancı, bu çalışmadaki %80'lik risk azaltımı ile kısmen kıyaslanabilir. Her iki

bulgu da, SMED ve makarna diyagramı gibi yalın araçların yalnızca verimlilik değil, iş güvenliği performansına da doğrudan katkı sunduğunu göstermektedir.

Çalışmamızda elde edilen zaman tasarrufları, literatürdeki bulgularla karşılaştırıldığında özellikle kalıp imalatında (%63), beton dökümünde (%44) ve donatı imalatında (%32) oldukça yüksek seviyelere ulaşmıştır. Yalçın ve ark. (2020) çalışmasındaki %63'lük zaman kazanımı ile benzerlik gösteren bu bulgular, Sarı (2017), Jan (2016) ve Pinjar (2015)'in bulgularına kıyasla daha yüksek değerler ortaya koymaktadır (Şekil 5.2):



Şekil 5.2 : Zaman tasarrufu karşılaştırma grafiği

Pareto analizleri, incelenen dört odakta; kalıp imalatı, demir donatı imalatı, beton dökümü ve süreç geneline ilişkin iş kazası türleri aynı deseni doğrulamaktadır: az sayıda kritik neden toplam problemlerin yaklaşık %80'ini üretmektedir. Kalıp imalatında "el–parmak kesilmesi" (özellikle daire testere kullanımı), "yüksekten düşme" (iskele/yaşam hattı ve platform kontrol eksikleri) ve "malzeme düşmesi" (vinçle dengesiz taşıma, düzensiz istif) başat sorunlar olarak öne çıkmıştır. Demir donatı imalatında en kritik üçlü "kesme makinesi darboğazı", "imalat alanının vinç tarama alanı dışında kalması" ve "elle taşıma kaynaklı kas-iskelet zorlanmaları"dır.

Beton dökümünde ise “pompa–mikser gecikmeleri”, “hortum güzergâh/bağlantılarının döküm sırasında yapılması” ve “betonun geç ulaşması (priz/soğuk derz riski)” belirleyicidir. Bu odak sorunlara yönelik SMED, 5S ve makarna (spagetti) diyagramı uygulamaları; (i) ön hazırlıkları süreç öncesine çekerek duruşları azaltmış, (ii) iş istasyonu/istif–vinç erişimini optimize ederek taşıma sürelerini ve havada yük kalma süresini kısaltmış, (iii) düzen–görsel yönetimle takılma/düşme ve kesilme risklerini düşürmüştür. Sonuç olarak, kaynakların bu kritik ilk üçlü kümelere odaklanması yalın yaklaşımın beklentisiyle uyumlu biçimde hem çevrim sürelerinde anlamlı azalma hem de risk skorlarında belirgin düşüş sağlamış; süreç bazında ölçülen zaman tasarrufları ve İSG iyileşmeleri, Pareto ilkesinin sahada pratik değerini doğrulamıştır.

Çalışmanın güçlü yönleri arasında:

- Yalın üretim araçlarının inşaat sahasına entegre edilmesinde uygulamalı ve ölçülebilir sonuçlar ortaya koyması,
- Zaman tasarrufu ile risk azaltma ilişkisini aynı anda ele alması,
- Farklı süreçlerde (kalıp, demir, beton) karşılaştırmalı analiz yapılması,
- Hem mühendislik hem de yönetsel önlemlerin birlikte değerlendirilmesi yer almaktadır.

Zayıf yönleri ise:

- Çalışmanın tek bir şantiye üzerinden yürütülmüş olması, farklı proje tipleri ve ölçeklerde sonuçların doğrulanmamış olması,
- Mevsimsel ve iklimsel faktörlerin etkilerinin ayrı bir değişken olarak ele alınmamış olması,
- Yöntemlerin uzun vadeli sürdürülebilirliğinin ölçülmemiş olmasıdır.

Sonuç Ve Öneriler

Bu çalışmada VSM, DMAIC, SMED, 5S ve makarna diyagramı gibi yalın üretim teknikleri, inşaat sektörüne uyarlanarak kalıp, demir donatı ve beton dökümü süreçlerinde uygulanmıştır. Bulgular, her üç süreçte de hem zaman tasarrufu hem de risk azaltma açısından anlamlı iyileştirmeler sağlandığını ortaya koymuştur. Kalıp imalatında %63, beton dökümünde %44 ve demir donatı imalatında %32 oranında zaman kazanımı elde edilmiş; tüm süreçlerde risk seviyeleri %80'e varan oranlarda düşürülmüştür.

Buna ek olarak, 53 ana faaliyet üzerinde Fine-Kinney yöntemiyle ayrıntılı risk analizi yapılmıştır. Kalıp imalatında ahşap pano kesiminden yüksekte vida/çivi çakmaya, donatı imalatında spiral taş motoru kullanımından uzun donatı ile çalışmaya, beton dökümünde ise pompa yerleşiminden vibratör kullanımına kadar çok çeşitli iş adımları değerlendirilmiştir. Bu geniş kapsamlı analiz, iş kazalarına neden olabilecek elektrik bağlantıları, yüksekte çalışma, ağır kaldırma, malzeme istifi ve lojistik gecikmeler gibi kritik risklerin sistematik şekilde belirlenmesini sağlamıştır. Yapılan DÖF'ler sonucunda tüm süreçlerde başlangıçta "orta" seviyelerde olan risk puanları düşük seviyelere gerilemiş, böylece hem operasyonel hem de iş güvenliği açısından bütüncül bir iyileşme elde edilmiştir.

Literatürle karşılaştırıldığında, elde edilen zaman tasarruflarının genellikle daha yüksek olduğu, bunun da mühendislik çözümleri ile yalın yönetim araçlarının bütünleşik kullanımından kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Çalışmanın en özgün katkısı ise, yalın tekniklerin iş sağlığı ve güvenliği performansına doğrudan etkilerini ölçmesi ve ortaya koymasıdır.

Sonuç olarak, bu çalışmanın bulguları, inşaat sektöründe yalın yönetim araçlarının yaygınlaştırılmasının hem operasyonel verimlilik hem de iş güvenliği açısından büyük potansiyel taşıdığını göstermektedir. Gelecek araştırmalarda farklı proje tipleri, ölçekler ve iklimsel koşullarda benzer uygulamaların test edilmesi, uzun vadeli sürdürülebilirlik analizlerinin yapılması ve dijital sistemlerle entegrasyonun değerlendirilmesi önerilmektedir.

Uygulama Önerileri:

- Farklı tip ve ölçekte projelerde benzer yöntemler uygulanarak sonuçlar karşılaştırılmalıdır.
- BIM tabanlı planlama ve dijital izleme sistemleri ile bu tekniklerin entegre edilmesi gerekmektedir.
- SMED uygulamaları için standart çalışma talimatları geliştirilmelidir.
- Çalışanlardan gelen Kaizen önerileri dijital sistemlerle izlenmelidir.
- Elde edilen kazanımlar sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda yaygınlaştırılmalıdır.
- Eğitim ve saha farkındalığı çalışmalarının bu süreçlere entegre edilmesi önerilmektedir.
- Vinç çalışmalarında rüzgar yüklerinin hesap edilmesi ile çalışma genişletilebilir.
- İsveç mesleki yorgunluk envanteri (SOFI) anketleri kullanılarak çalışmalar derinleştirilebilir ve daha net sonuçlara ulaşılabilir.
- Kanban yöntemiyle, malzeme ve ekipman akışının görselleştirilmesi sonucu lojistik kaynaklı gecikmeler azaltılabilir.
- Poka-Yoke (hata önleme) teknikleri, özellikle demir bükme, kesme makineleri ve elektrik bağlantılarında iş kazalarını önlemek için devreye alınabilir.
- Andon sistemiyle, kule vinç, beton pompası ve şantiye asansörü gibi ekipmanlarda arıza ve aksaklıkların hızlı şekilde tespit edilmesi için sağlanabilir ve uygulanabilir.

- TPM (Toplam Verimli Bakım) kullanılarak iş kazalarının önemli bir kaynağı olan ekipman arızalarının azaltılması için sistematik bakım planlarıyla desteklenebilir.

- REBA yöntemi kullanılarak şantiyede çalışanların vücut postürleri düzenli olarak analiz edilebilir, ergonomik riskler belirlenebilir ve uygun iş pozisyonları ya da yardımcı ekipmanlarla bu riskler azaltılabilir.

- RULA yöntemi ile çalışanların üst ekstremite (kol, bilek, omuz) hareketleri detaylı olarak incelenebilir ve ergonomik zorlanmalar azaltılabilir.

- OWAS yöntemi ile çalışanların yük kaldırma, eğilme ve bükülme gibi vücut duruşları sınıflandırılabilir ve yüksek riskli postürler mühendislik çözümleriyle iyileştirilebilir.

Bu çalışmalar neticesinde, SMED yönteminin yalnızca zaman ve verimlilik açısından değil; aynı zamanda iş güvenliği, insan sağlığı, üretim kalitesi ve motivasyon gibi çok boyutlu açıdan sektöre sayısız yönden fayda sağladığı göstermektedir.

6. KAYNAKLAR

Aca, Z., & Akdamar, E. (2022). Güvenlik önceliği, güvenlik iletişimi ve güvenlik eğitiminin güvenli davranış üzerindeki etkisi: İnşaat sektöründe uygulamalı bir araştırma. *Çağdaş Yönetim Bilimleri Dergisi, 9*(2), 1075–1099. https://doi.org/10.54752/ct.1097169

Akkaya, G. C., & Bal, F. (2016). Yalın üretim araçlarının verimlilik üzerine etkisi: Beyaz eşya sektöründe bir uygulama. *Sakarya Üniversitesi İşletme Enstitüsü Dergisi, 3*(2), 90–105.

Akyurt, İ. Z., & Eren, E. (2019). Hazırlık süresinin azaltılmasında SMED yöntemi uygulaması. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 15*(3), 315–331.

Albayrak, S., Özdemir, M., & Karataş, G. (2025). Investigation of the effects of 5S lean manufacturing technique applications on occupational safety in the woodworking industry [Ahşap işleme endüstrisinde 5S uygulamasının iş güvenliği üzerine etkisinin araştırılması]. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi / Gümüşhane University Journal of Health Sciences, 14*(2), 568–577. https://doi.org/10.37989/gumussagbil.1559099

Altuncu, A. (2003). *Süreç yönetimi* [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].

Ballard, G., & Howell, G. (2003). Yalın proje yönetimi. *Building Research & Information, 31*(2), 119–133.

Boyacı, A. Ç. (2020). *Yalın üretim* [Ders notu]. Ondokuz Mayıs Üniversitesi.

Bulut, S. (2012). *Beyaz eşya yan sanayi sektöründe ERP ve yalın üretim olgunluğu analizi ve otomotiv yan sanayi ile kıyaslama* [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. İstanbul Teknik Üniversitesi.

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. (2021). *İSG mevzuatı ve uygulama rehberi*.

Çelik, H. (2018). *SMED uygulamalarının imalat sürelerine ve birim maliyete olan etkisi ve toplam ekipman etkinliği ile değerlendirilmesi* [Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi, İşletme Enstitüsü].

Çelik, H. (2019). *SMED-Taguchi yöntemi esaslı iş sıralaması yaklaşımı ile toplam ayar süresinin azaltılması* [Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].

Çubukçu, A. (2021). *Üretim süreçleri ve makine tasarımında yeni bir güvenlik yaklaşımı: Yalın iş güvenliği sistemi* [Doktora tezi, İstanbul Gedik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü].

Demirbağ, F. (2008). *İnşaat mühendisliğinde iş yönetimi uygulamalarının bilgisayar destekli programlar yardımıyla analizi* [Yüksek lisans tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].

Doğan, O., & Keskin, M. Ö. (2023). L tipi matris yöntemi ve AHP yöntemi kullanılarak risklerin değerlendirilmesi: Örnek bir uygulama. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, *11*(4), 1282–1293. https://doi.org/10.21923/jesd.1256900

Ekincioğlu, C. (2016). *Ergonomik risk değerlendirme ve gri esaslı Taguchi yöntemleri ile bir SMED yaklaşımı önerisi ve uygulaması* [Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].

Eren, B. (2020). *Yalın yönetim ve teknikleri* (3. baskı). Yazardan Direkt Yayınevi.

Eryaşar, Ö. (2011). *Entegre yönetim sistemleri ve bir uygulama örneği* [Yüksek lisans tezi, Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü].

Fernández-Muñiz, B., Montes-Peón, J. M., & Vázquez-Ordás, C. J. (2009). İş sağlığı ve güvenliği yönetimi ile firma performansı arasındaki ilişki. *Safety Science, 47*(7), 980–991.

Fraser, D. (2003). *Britanya refah devletinin evrimi* (Çev. adı belirtilmemiştir). Palgrave Macmillan. (Orijinal eser 2003 yılında yayımlanmıştır.)

Güler, C. (2017). *Yalın üretim teknikleri ve uygulama örnekleri*. Beta Yayıncılık.

Güllüoğlu, E. N., & Güllüoğlu, A. N. (2019). Türkiye inşaat sektöründe istihdam ve iş kazalarının analizi (*Analysis of Employment and Work Accidents in the Turkish Construction Sector*) [Özgün araştırma makalesi]. *Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, *3*(2), 65–81. https://doi.org/10.33720/kisgd.622008

Harry, M. J., & Schroeder, R. (2000). *6 Sigma: Dünyanın önde gelen şirketlerini devrim niteliğinde değiştiren çığır açan yönetim stratejisi*. Doubleday.

Jan, F. (2016). Yüksek karışımlı bir işleme hattında kalıp metodolojisinin tek dakikalık değişimi. *Journal of Competitiveness, 8*(2), 59–69.

Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1999). *Kalite planlama ve analiz: Ürün geliştirmeden kullanıma kadar* (4. baskı). McGraw-Hill.

Kayacan, K. (2023). *SMED yöntemi kullanılarak kalıp hazırlık sürelerinin azaltılması* [Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].

Karakadılar, İ. S., & Hicks, B. J. (2015). Yalın üretim tekniklerinin tedarikçi performansı üzerindeki düzenleyici rolünün incelenmesi: Türk otomotiv parça tedarikçilerine yönelik ampirik bir çalışma. *Boğaziçi Journal Review of Social, Economic and Administrative Studies, 29*(2), 73–97.

Karakuş, H. (2003). *İnşaat sektöründe kalite yönetimi ve bir uygulama örneği* [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].

Kinney, G. F., & Wiruth, A. D. (1976). *Güvenlik yönetimi için pratik risk analizi* (Çev. belirtilmemiştir). Naval Weapons Center, Kaliforniya. (Orijinal eser 1976 yılında yayımlanmıştır.)

Liker, J. K. (2004). *Toyota tarzı: Dünyanın en büyük üreticisinden 14 yönetim prensibi* (Ü. Şensoy, Çev.). Optimist. (Orijinal eser 2004, McGraw-Hill)

Mitra, A. (2008). *Kalite kontrol ve iyileştirmenin temelleri* (Çev. belirtilmemiştir). John Wiley & Sons. (Orijinal eser 2008 yılında yayımlanmıştır.)

Montgomery, D. C. (2012). *İstatistiksel kalite kontrolüne giriş* (7. baskı). John Wiley & Sons.

Moralıoğlu, E. (1999). *Yalın inşaat yaklaşımının uygulanabilirliği* [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].

Mulla, M. L., Bhatwadekar, S. G., & Pandit, S. V. (2014). Zaman içindeki değişimi azaltmak için tek dakikalık kalıp değişimi (SMED) tekniğiyle yalın üretimin uygulanması. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 3*(6), 13069–13076.

Ohno, T. (1988). *Toyota üretim sistemi: Büyük ölçekli üretimin ötesi*. Productivity Press.

Olcay, Z. F., Ünkaya, G., & Dursun, G. D. (2021). İnşaat sektöründe İSG maliyetlerinin kaza şiddet oranına etkisi. *Business & Management Studies: An International Journal (BMij)*, *9*(3), 1913–1930. https://doi.org/10.15295/bmij.v9i3.1877

Öksüz, M. K., Öner, M., & Öner, S. C. (2017, Eylül 21–23). Yalın üretim tekniklerinin Endüstri 4.0 perspektifinden değerlendirilmesi. *4. Uluslararası Bölgesel Kalkınma Konferansı*, Munzur Üniversitesi & Fırat Kalkınma Ajansı, Tunceli, Türkiye, 758–766.

Özdil, S. (2022). *Tekstil sektöründe SMED ve hedef programlama yöntemleri ile hazırlık sürelerinin azaltılması* [Yüksek lisans tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].

Özgen, C. (2007). *A statistical approach to lean construction implementations in Turkey* [Yüksek lisans tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi].

Pande, P. S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2000). *6 Sigma yolu: GE, Motorola ve diğer önde gelen şirketler performanslarını nasıl geliştiriyor*. McGraw-Hill.

Pekin, E., & Çil, İ. (2015). Kauçuk sektörü Poka-Yoke uygulaması. *SAÜ Fen Bilimleri Dergisi, 19*(2), 163–170.

Pinjar, M. V. N., Shivakumar, S., & Patil, G. V. (2015). Tek dakikada kalıp değişimi (SMED) tekniğiyle üretkenliğin artırılması. *International Journal of Scientific and Research Publications,* 5(7), 1–9.

Rosen, G. (1993). *Halk sağlığı tarihi* (Çev. adı belirtilmemiştir). Johns Hopkins Üniversitesi Yayınları. (Orijinal eser 1993 yılında yayımlanmıştır.)

Rother, M., & Shook, J. (2003). *Görmeyi öğrenmek: Değer yaratmak ve israfı ortadan kaldırmak için değer akış haritalaması* (2. baskı). Lean Enterprise Institute.

Sarı, E. B. (2017). Modern üretim sistemlerinde SMED ile hazırlık sürelerinin iyileştirilmesine yönelik sanayi uygulaması. *International Journal of Academic Value Studies, 3*(9), 433–441.

Shingo, S. (1985). *Üretimde bir devrim: SMED sistemi*. Productivity Press.

Shingo, S. (1985). *Toyota üretim sisteminin endüstri mühendisliği bakış açısından bir incelenmesi*. Productivity Press.

Sosyal Güvenlik Kurumu. (2023). *İş kazaları ve meslek hastalıkları istatistikleri*.

Şeker, A. (2019). Yalın üretim tekniklerinin sorun çözme yeteneği: A3 raporu, OBEYA ve SMED. *Journal of Social and Humanities Sciences Research, 6*(32), 100–111.

Şimşek Demirbağ, K., & Yıldırım, N. (2022). Endüstri 4.0 ve verimlilik: Türk beyaz eşya sektöründe keşfedici durum çalışması. *Dijital Dönüşüm ve Verimlilik*, 207–224. https://doi.org/10.51551/verimlilik.988466

Tokat, A. (2015). *Türk yapım şantiyelerindeki israfların ve nedenlerinin tespit edilmesi ve yalın inşaat uygulamalarıyla çözüm önerisi geliştirilmesi* [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].

Tunçel, S. (2020). *İş sağlığı ve güvenliği yönetimi*. Nobel Akademik Yayıncılık.

Türkiye İstatistik Kurumu. (2023). *İnşaat sektörü yıllık göstergeleri*.

Türkiye İstatistik Kurumu. (2023). *İnşaat sektöründe iş kazaları istatistikleri*.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Yalın düşünce: Şirketinizdeki israfı yok edin ve zenginlik yaratın* (N. Acar, Çev.; Gözden geçirilmiş ve güncellenmiş baskı). İstanbul: Sistem Yayıncılık. (Orijinal eser 1998'de yayımlandı)

World Health Organization & International Labour Organization. (1950). *Meslek sağlığı: ILO/WHO Ortak Komitesi raporu*. Dünya Sağlık Örgütü Yayınları. (Orijinal eser: *Occupational health: Report of the Joint ILO/WHO Committee on Occupational Health*). [Rapor]

Yalçın, S. E., Akın, S., Elmas, B., Eren, M., & Gündüz, T. (2020). Çelik boru imalatında hazırlık sürelerine yönelik yalın üretim ve SMED çalışması. *Endüstri Mühendisliği Dergisi, 31*(1), 87–104.

Yavan, N. (t.y.). *Üretim sistemi: Fordist üretim tarzı* [Ders notu]. Ankara Üniversitesi. 4 Ağustos 2025 tarihinde https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/90983/mod_resource/content/0/Hafta%209-%C3%9Cretim%20Sistemi-Fordist%20%C3%9Cretim%20Sistemi.pdf adresinden erişildi.

Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü & eTwinning Projesi Avrupa Okul Ağı (EUN). (t.y.). *Modül 2: Endüstri 4.0 – Eğitim ilişkisi*. Erasmus+ Programı. 4 Ağustos 2025 tarihinde https://etwinningonline.eba.gov.tr/lesson/endustri-4-0/ adresinden erişildi.

Yılmaz, E. (2013). *Siparişe göre üretim yapan sistemlerde yalın üretim uygulamaları* [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].

Yılmaz, M. (2018). *Bina inşaatlarında iş sağlığı ve güvenliği maliyetlerinin tahmini için bir model önerisi* [Doktora tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü].

Zeng, S. X., Shi, J. J., & Lou, G. X. (2007). Entegre bir yönetim sistemi uygulamak için sinerjik bir model: Çin'de ampirik bir çalışma. *Journal of Cleaner Production, 15*(18), 1760–1767. → DOI: 10.1016/j.jclepro.2006.03.007

EKLER

EK-1 : Ahşap Kalıp Kesiminde Fine–Kinney Risk Analiz Raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI										Konu :	Kalıp İmalat Süreci			
Çalışma :	Ahşap Kalıp Kesimi								Tablo 4.2. Detayı					
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	Düzeltici önleyici faaliyet öncesi				Tedbir Ve Öneriler		Düzeltici önleyici faaliyet sonrası			
					Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk			Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk
1	Ahşap pano kesimi	Daire testere	El ve parmak kesilmesi	Kalıpçılar	4	4	4	64 (Orta)	Koruyucu kalkan takılmalı. Çift el çalışmaya zorlayan düzenek kullanılmalı. Eldiven ve gözlük zorunlu olmalı.		2	2	3	12 (Düşük)
2	Elektrikli kesici kullanımı	Elektrik kaçakları	Elektrik çarpması	Kalıpçılar	3	4	5	60 (Orta)	Cihazlar topraklı prizde çalıştırılmalı. Kaçak akım rolesi, IP korumalı priz kullanılmalı.		1	2	3	6 (Düşük)
3	Kalıp malzemelerinin taşınması	Ağır yük kaldırma	Bel incinmesi, düşme	Kalıpçılar	3	4	3	36 (Orta)	El taşıma yerine platform, taşıma arabası kullanılmalı. Sık dinlenme molaları verilmeli.		1	2	2	4 (Düşük)

EK-2 : Ahşap Kalıp Montajı Ve Sökümünde Fine–Kinney Risk Analiz Raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI										Konu :	Kalıp İmalat Süreci			
Çalışma :	Ahşap Kalıp Montajı Ve Sökümü								Tablo 4.3. Detayı					
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	Düzeltici önleyici faaliyet öncesi				Tedbir Ve Öneriler		Düzeltici önleyici faaliyet sonrası			
					Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk			Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk
1	Kalıp montajı ve sökümü sırasında	Yüksekte çalışma	Yüksekten düşme	Kalıpçılar	4	4	5	80 (Yüksek)	Düşmeye karşı kişisel koruyucu donanım (KKD), güvenlik ağı ve iskele zorunlu olmalı. Eğitim verilmelidir.		2	2	4	16 (Düşük)
2	Kalıp montajında çekiç kullanımı	Hatalı çekiçleme	El ve parmak ezilmesi	Kalıpçılar	4	4	3	48 (Orta)	Cihazlar topraklı prizde çalıştırılmalı. Kaçak akım rolesi, IP korumalı priz kullanılmalı.		2	2	2	8 (Düşük)
3	Kalıp aktarma/ montaj/sökme (elle/vinçle)	Malzemenin düşmesi	Baş ve vücut yaralanmaları	Kalıpçılar	3	4	4	48 (Orta)	Vinçle taşıma öncesi kanca emniyeti ve bağ kontrolü yapılmalı. Alan şeritlenmeli. İşaretçi kullanılmalı.		2	2	3	12 (Düşük)
4	Yüksekte vida/çivi çakma	Denge kaybı	Platformdan düşme, ayak burkulması	Kalıpçılar	3	3	4	36 (Orta)	İş platformları geniş olmalı. Ayak desteği ve korkuluk bulunmalı. İş öncesi düz ayakkabı ve KKD kontrol edilmeli.		1	2	3	6 (Düşük)

EK-3 : Ahşap Kalıp İmalat Alanı 1. Durum Başlangıcında Fine–Kinney Risk Analiz Raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI										Konu :	Kalıp İmalat Süreci			
Çalışma :	Kalıp İmalatı 1. Durum Başlangıcı								Tablo 4.4. Detayı					
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	Düzeltici önleyici faaliyet öncesi				Tedbir Ve Öneriler	Düzeltici önleyici faaliyet sonrası				
					Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk		Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk	
1	Kalıp ve iskele imalatı	Kule vinç bom hareketi	Bom altında çalışanlara malzeme düşmesi	Çalışanlar	4	5	5	100 (Yüksek Risk)	Bom altında çalışma yasaklanmalı. Operatör ve zemin personeli telsiz ile sürekli iletişimde olmalı. Uyarı levhaları asılmalı.	2	3	4	24 (Orta)	
2	Malzeme istifi	Düzensiz istifleme	Malzemelerin devrilerek yaralanmaya sebep olması	Çalışanlar, ziyaretçiler	5	4	4	80 (Yüksek Risk)	Malzeme istifi uygun şekilde, paletli ve bağlanarak yapılmalı. Saha düzenli denetlenmeli.	2	2	3	12 (Düşük Risk)	
3	İskele kullanımı	Eksik/ uygunsuz iskele	Düşme, çökme veya çarpma kaynaklı yaralanmalar	Kalıpçı, demirci	4	5	5	100 (Yüksek Risk)	İskelelerin kurulumu yetkili kişilerce yapılmalı. Günlük kontroller yapılmalı.	2	2	4	16 (Düşük Risk)	
4	Kule vinçle yük taşıma	Operatörün görüş eksikliği	Malzemenin savrulması, çarpması	Tüm çalışanlar	5	4	5	100 (Yüksek Risk)	Görüş alanı dışında çalışmalarda yardımcı personel bulundurulmalı. Alan dışı kişilerin girişi engellenmeli. Operatöre kamera takviyesi yapılabilir.	2	2	3	12 (Düşük Risk)	
5	Kalıp taşıma işlemleri	Vinçle kalıp taşınması	Kalıbın düşmesi veya kayması sonucu yaralanma	Kalıpçılar	4	4	4	64 (Orta)	Kalıplar vinç ile taşınmadan önce bağlama kontrolü yapılmalı. Kanca emniyet mandalı kontrol edilmeli. Alan boşaltılmalı.	2	2	3	12 (Düşük Risk)	
6	Malzeme istifine erişim	Uygun merdiven/kaldıraç yokluğu	Tırmanma, düşme riski	Tüm çalışanlar	4	3	4	48 (Orta)	İstif alanlarına uygun erişim araçları (merdiven, iskele, forklift) sağlanmalı. Eğitim verilerek izinsiz çıkış engellenmeli.	1	2	3	6 (Düşük Risk)	

EK-4 : Ahşap Kalıp İmalatında Fine–Kinney Risk Analiz Rapor

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI										Konu :	Kalıp İmalat Süreci			
Çalışma :	Ahşap Kalıp İmalatı								Tablo 4.5. Detayı					
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	Düzeltici önleyici faaliyet öncesi				Tedbir Ve Öneriler	Düzeltici önleyici faaliyet sonrası			
					Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk		Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk
1	Kalıp kurulum işlemleri	Teleskopik direklerin dengesiz yerleştirilmesi	İskele çökmesi, çalışanların kalıp altında kalması	Kalıpçılar	4	4	5	80 (Yüksek Risk)	Direkler zemin kotu kontrol edilerek yerleştirilmeli, max uzama değerleri aşılmamalı, kalıp altına girilmemeli.	2	2	4	16 (Düşük Risk)
2	Kalıp taşıma	Elle ağır kaldırma, vinçle dengesiz yükleme	Bel, sırt incinmesi; kalıp düşmesi sonucu yaralanma	Kalıpçılar	4	4	4	64 (Orta)	Elle taşıma yerine taşıma ekipmanları (taşıyıcı sepet, araba) kullanılmalı. Vinçle taşımada denge kontrolü yapılmalı.	2	2	3	12 (Düşük Risk)
3	Kalıp altında çalışma	Yetersiz destek, zorunlu geçiş	Direk çökmesi durumunda ezilme	Kalıpçı, demirci	4	4	5	80 (Yüksek Risk)	Kalıp altına girilmemeli. Geçici destek elemanları kontrol edilmeli. Uyarı levhaları ve fiziksel bariyer kullanılmalı.	2	2	4	16 (Düşük Risk)
4	Dengesiz söküm, ani yük boşalması	Kalıp parçasının düşmesi, direk devrilmesi	Düşme, çarpma, ezilme riski	Kalıpçılar	4	3	4	48 (Orta Risk)	Söküm işlemleri yukarıdan aşağıya yapılmalı. Yönlendirme ve gözetmen kontrolüyle işlem gerçekleştirilmelidir.	2	2	3	12 (Düşük Risk)
5	İmalat alanı hareketi	Dağınık direk ve ahşap kalıplar	Takılıp düşme, ayağa malzeme düşmesi	Tüm çalışanlar	3	4	3	36 (Orta Risk)	Malzemeler geçiş yollarına bırakılmamalı. Günlük temizlik planı oluşturulmalı. Yüksek istif yapılmamalı.	1	2	2	4 (Düşük Risk)
6	Kule vinçle kalıp kaldırma	Kanca kontrolsüzlüğü, görüşsüzlük	Yükün savrulması, düşmesi, insanlara çarpması	Vinç operatörü, yer personeli	3	4	5	60 (Orta Risk)	Kanca emniyet mandalı kontrol edilmeli. Görüşsüz taşımalarda işaretçi kullanılmalı. Alan şeritlenmeli.	2	2	3	12 (Düşük Risk)

EK-5 : Ahşap Kalıp İmalatında Makarna Diyagramı Ve 5S Uygulaması Sonrası Fine–Kinney Risk Analiz Raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI										Konu :	Kalıp İmalat Süreci			
Çalışma :	Ahşap Kalıp İmalatı Makarna Diyagramı Ve 5S Uygulaması Sonrası								Tablo 4.6. Detayı					
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	Düzeltici önleyici faaliyet öncesi				Tedbir Ve Öneriler	Düzeltici önleyici faaliyet sonrası				
					Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk		Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk	
1	Kalıp ve iskele imalatı	Dengesiz zemin, hatalı iskele kurulum	Çökme, malzeme düşmesi, iskele devrilmesi	Kalıpçılar	3	3	5	45 (Orta Risk)	İyileştirilen yerleşimle iskele alanı düzenli hale geldi. Eğitimli kurulum ve mühendis kontrolü zorunlu tutulmalı.	1	2	4	8 (Düşük Risk)	
2	Malzeme istifi	Gelişigüzel istif, devrilme riski	Yürüyüş yollarını kapatma, malzeme devrilmesi	Çalışanlar, ziyaretçiler	3	3	4	36 (Orta Risk)	5S ile istif alanları sınırlandı ve yüksekliği kontrol altına alındı. Görsel etiketleme ile alan kullanımı netleştirildi.	1	2	3	6 (Düşük Risk)	
3	İskele kullanımı	Hatalı bağlantı, gevşek kurulum	İskele çökmesi, platform kayması	Kalıpçı, demirci	3	3	5	45 (Orta Risk)	Malzeme ve işçilik karmaşasının ortadan kalkması iskeleye erişimi kolaylaştırdı. Kurulum kontrol listeleri kullanılmalı.	1	2	4	8 (Düşük Risk)	
4	Kule vinçle yük taşıma	Görüşsüz taşıma, alan karmaşası	Malzemenin savrulması veya düşmesi	Vinç operatörü, zemin personeli	2	3	5	30 (Orta Risk)	Alan sadeleştiği için taşıma rotaları netleşti. Kesişen yollar azaltıldı. Operatör ve işaretçi iletişimi sağlanmalı.	1	2	3	6 (Düşük Risk)	
5	Kalıp taşıma işlemleri	Elle taşıma, dengesiz yük	Kalıp düşmesi, bel-boyun incinmeleri	Kalıpçılar	3	3	4	36 (Orta Risk)	Kalıp geçiş rotaları 5S ile açıldı. Yerdeki engeller kaldırıldı. Uygun taşıma ekipmanı kullanılmalı.	1	2	3	6 (Düşük Risk)	
6	Malzeme istifine erişim	Yüksekten alma, tırmanma	Düşme, yük devrilmesi	Tüm çalışanlar	3	2	4	24 (Orta Risk)	İstif yükseklikleri sınırlandırıldı, erişim merdiveni zorunlu hale getirildi. Eğitimle desteklenmeli.	1	1	3	3 (Düşük Risk)	

EK-6 : Ahşap Kalıp Kalıp İmalat Alanının 2. Duruma Taşınma Sonrası Fine–Kinney Risk Analiz Raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI										Konu :	Kalıp İmalat Süreci			
Çalışma :	Ahşap Kalıp İmalat Alanının 2. Duruma Taşınma Sonrası								Tablo 4.7. Detayı					
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	Düzeltici önleyici faaliyet öncesi				Tedbir Ve Öneriler	Düzeltici önleyici faaliyet sonrası				
					Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk		Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk	
1	Kalıp ve iskele imalatı	Kule vinç bom hareketi	Bom altında çalışanlara malzeme düşmesi	Çalışanlar	3	4	5	60 (Orta Risk)	Bom altında çalışma yasaklanmalı. Operatör ve zemin personeli telsiz ile sürekli iletişimde olmalı. Uyarı levhaları asılmalı.	2	3	4	24 (Orta)	
2	Malzeme istifi	Düzensiz istifleme	Malzemelerin devrilerek yaralanmaya sebep olması	Çalışanlar, ziyaretçiler	5	4	4	80 (Yüksek Risk)	Malzeme istifi uygun şekilde, paletli ve bağlanarak yapılmalı. Saha düzenli denetlenmeli.	2	2	3	12 (Düşük Risk)	
3	İskele kullanımı	Eksik/ uygunsuz iskele	Düşme, çökme veya çarpma kaynaklı yaralanmalar	Kalıpçı, demirci	4	5	5	100 (Yüksek Risk)	İskelelerin kurulumu yetkili kişilerce yapılmalı. Günlük kontroller yapılmalı.	2	2	4	16 (Düşük Risk)	
4	Kule vinçle yük taşıma	Operatörün görüş eksikliği	Malzemenin savrulması, çarpması	Tüm çalışanlar	3	3	5	45 (Orta Risk)	Görüş alanı dışında çalışmalarda yardımcı personel bulundurulmalı. Alan dışı kişilerin girişi engellenmeli. Operatöre kamera takviyesi yapılabilir.	2	2	3	12 (Düşük Risk)	
5	Kalıp taşıma işlemleri	Vinçle kalıp taşınması	Kalıbın düşmesi veya kayması sonucu yaralanma	Kalıpçılar	3	4	4	48 (Orta Risk)	Kalıplar vinç ile taşınmadan önce bağlama kontrolü yapılmalı. Kanca emniyet mandalı kontrol edilmeli. Alan boşaltılmalı.	2	2	3	12 (Düşük Risk)	
6	Malzeme istifine erişim	Uygun merdiven/kaldıraç yokluğu	Tırmanma, düşme riski	Tüm çalışanlar	4	3	4	48 (Orta Risk)	İstif alanlarına uygun erişim araçları (merdiven, iskele, forklift) sağlanmalı. Eğitim verilerek izinsiz çıkış engellenmeli.	1	2	3	6 (Düşük Risk)	

EK-7 : Ahşap Kalıptan Kayar Kalıba Ve Masa Kalıp İskeleye Geçiş Sonrası Fine–Kinney Risk Analiz Raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI										Konu :	Kalıp İmalat Süreci			
Çalışma :	Ahşap Kalıptan Kayar Kalıba Ve Masa Kalıp İskeleye Geçiş Sonrası								Tablo 4.8. Detayı					
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	Düzeltici önleyici faaliyet öncesi				Tedbir Ve Öneriler		Düzeltici önleyici faaliyet sonrası			
					Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk			Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk
1	Kalıp kurulum işlemleri	Masa kalıp iskelesi montajı	İskele devrilmesi veya düşme riski	Kalıpçılar	2	4	5	40 (Orta Risk)	Kurulum sadece eğitimli personelce yapılmalı. TSE ve CE belgeli iskele kullanılmalı. Gündelik kontrol listesi oluşturulmalı.		1	2	4	8 (Düşük Risk)
2	Kalıp taşıma	Vinçle masa kalıp taşınması	Kalıbın kayması veya düşmesi sonucu yaralanma	Tüm çalışanlar	2	3	4	24 (Orta Risk)	Kalıplar vinçle taşınırken denge kontrolü yapılmalı. Kanca emniyet mandalı kontrol edilmeli. Alan güvenlik şeridi ile çevrilmeli.		1	2	3	6 (Düşük Risk)
3	Kalıp altında çalışma	Yetersiz destekleme	Kalıbın çökmesi	Kalıpçı, demirci	2	3	5	30 (Orta Risk)	Masa kalıp alt destek sistemleri kontrol edilmeli. Her döküm öncesi mühendis onayı alınmalı.		1	2	3	6 (Düşük Risk)
4	Kalıp sökümü	Kontrolsüz söküm	Düşme, çarpma, ezilme riski	Kalıpçılar	3	4	3	36 (Orta Risk)	Kalıp söküm sonrası alan temizlenmeli. Masa kalıp sayesinde daha az parça biriktiğinden takip kolaylaşır.		1	2	2	4 (Düşük Risk)
5	İmalat alanı hareketi	Kalıp parçası birikmesi	Malzeme üzerinden takılıp düşme	Tüm çalışanlar	4	4	4	64 (Orta Risk)	Kalıplar vinç ile taşınmadan önce bağlama kontrolü yapılmalı. Kanca emniyet mandalı kontrol edilmeli.		2	2	3	12 (Düşük Risk)
6	Kule vinçle kalıp kaldırma	Dengesiz yükleme	Kalıbın savrulması veya çarpması	Tüm çalışanlar	2	3	5	30 (Orta Risk)	Operatör görüş alanı dışı ise işaretçi personel kullanılmalı. Rüzgarlı hava şartlarında kaldırma yapılmamalı.		1	2	3	6 (Düşük Risk)

EK-8 : Kayar Kalıp İmalatında Makarna Diyagramı Ve 5S Uygulaması Sonrası Fine–Kinney Risk Analiz Raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI										Konu :	Kalıp İmalat Süreci			
Çalışma :	Kayar Kalıp İmalatında Makarna Diyagramı Ve 5S Uygulaması Sonrası								Tablo 4.9. Detayı					
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	Düzeltici önleyici faaliyet öncesi				Tedbir Ve Öneriler	Düzeltici önleyici faaliyet sonrası				
					Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk		Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk	
1	Kalıp ve iskele imalatı	Kayar kalıp sisteminde hizalama hatası	Kalıbın dengesiz yerleşmesi, düşme riski	Çalışanlar	2	3	5	30 (Orta Risk)	Mühendis kontrolünde kurulum yapılmalı. Montaj öncesi yüzey kontrolü yapılmalı. Kalıp altına girilmemeli.	1	2	4	8 (Düşük Risk)	
2	Malzeme istifi	Yetersiz sınırlama, kontrolsüz istif	İstifin devrilmesi, geçiş yolunu kapatma	Çalışanlar, ziyaretçiler	2	3	4	24 (Orta Risk)	5S uygulamaları ile istif alanları sınırlandı. Raf yüksekliği ve taşıma yönü tanımlandı. Etiketleme ve işaretlemeler yapılmalı.	1	2	3	6 (Düşük Risk)	
3	İskele kullanımı	Masa kalıp iskelesinde bağlantı gevşekliği	Çökme, düşme, devrilme riski	Kalıpçı, demirci	2	3	5	30 (Orta Risk)	Kurulum sonrası kilit sistemleri kontrol edilmeli. Günlük denetim listesi oluşturulmalı. Eğitimli personelce kurulum yapılmalı.	1	2	4	8 (Düşük Risk)	
4	Kule vinçle yük taşıma	Yükün savrulması veya çarpması	Kule vinçle kalıp taşıma sırasında çarpma riski	Tüm çalışanlar	2	2	5	20 (Düşük Risk)	Taşıma süreleri azaldığı için maruziyet düştü. İşaretçi yardımı, görsel kontrol, rüzgar durumuna göre taşıma sınırı uygulanmalı.	1	1	3	3 (Düşük Risk)	
5	Kalıp taşıma işlemleri	Masa kalıbın kontrolsüz indirilmesi	Kalıp düşmesi, sıkışma, çarpma	Kalıpçılar	2	2	4	16 (Düşük Risk)	Kalıp kaldırma/yerleştirme planlı yapılmalı. Kanca emniyetleri kontrol edilmeli. Zemin yataylığı sağlanmalı.	1	1	3	3 (Düşük Risk)	
6	Malzeme istifine erişim	Uygun erişim aracı olmadan istife ulaşma	Tırmanma, düşme, istifin devrilmesi	Tüm çalışanlar	2	2	4	16 (Düşük Risk)	Merdiven veya platform ile erişim sağlanmalı. Malzeme erişim seviyesi planlanmalı. Riskli yükseklikten alma işlemi yasaklanmalı.	1	1	3	3 (Düşük Risk)	

EK-9 : Demir Donatı Kesimi Fine–Kinney Risk Analiz Raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI										Konu :	Demir Donatı İmalat Süreci			
Çalışma :	Demir Donatı Kesimi								Tablo 4.13. Detayı					
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	Düzeltici önleyici faaliyet öncesi				Tedbir Ve Öneriler		Düzeltici önleyici faaliyet sonrası			
					Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk			Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk
1	Donatı çubuğu kesimi	Sabit kesme makinesi	El, parmak kesilmesi	Demirciler	4	4	4	64 (Orta Risk)	Bom altında çalışma yasaklanmalı. Operatör ve zemin personeli telsiz ile sürekli iletişimde olmalı. Uyarı levhaları asılmalı.		2	2	3	12 (Düşük Risk)
2	Spiral (taş motoru) ile kesim	Spiral diskin dağılması	Göz-yüz yaralanması	Demirciler	3	4	5	60 (Orta Risk)	Tam yüz vizörü ve yanak siperliği kullanılmalı. Spiralde koruma kapağı çıkarılmamalı.		2	2	3	12 (Düşük Risk)
3	Elektrik bağlantısı	Kaçak, izolasyon hatası	Elektrik çarpması	Demirciler	3	3	5	45 (Orta Risk)	Makine IP65 prizlerde çalıştırılmalı. Topraklama kontrolü yapılmalı. Kaçak akım rölesi kullanılmalı.		1	2	3	6 (Düşük Risk)
4	Donatı kaldırma ve yerleştirme	Ağır malzeme	Bel ve sırt incinmesi	Demirciler	4	3	3	36 (Orta Risk)	Uygun yükseklikte sehpa/tezgah kullanılmalı. İki kişiyle taşıma yapılmalı. Kaldırma teknikleri eğitimi verilmeli.		2	2	2	8 (Düşük Risk)
5	Kesim sonrası çubuk kaldırma	Keskin uç, ani sıçrama	El kesikleri, sıçrayarak çarpma	Demirciler	3	3	3	27 (Orta Risk)	Koruyucu eldiven kullanılmalı. Kesim sonrası çubuk kontrolsüz bırakılmamalı. Alan sınırlanmalı.		1	2	2	4 (Düşük Risk)
6	Gürültü maruziyeti	Kesme makineleri	İşitme kaybı, baş ağrısı	Tüm çalışanlar	4	4	3	48 (Orta Risk)	Kulak tıkacı/kulaklık kullanılmalı. Gürültülü alan sınırlanmalı. Gereksiz kişiler yaklaştırılmamalı.		2	2	2	8 (Düşük Risk)
7	Donatı kesim alanı erişimi	Dağınık çubuklar, kaygan yüzey	Takılma, düşme	Tüm çalışanlar	3	3	3	27 (Orta Risk)	Kesim alanı günlük temizlenmeli. Malzeme giriş-çıkış noktası belirlenmeli. Aydınlatma yeterli olmalı.		1	2	2	4 (Düşük Risk)

EK-10 : Demir Donatı Bükümü Fine–Kinney Risk Analiz Raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI										Konu :	Demir Donatı İmalat Süreci			
Çalışma :	Demir Donatı Bükümü								Tablo 4.14. Detayı					
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	Düzeltici önleyici faaliyet öncesi				Tedbir Ve Öneriler		Düzeltici önleyici faaliyet sonrası			
					Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk			Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk
1	Donatı büküm işlemi	Otomatik büküm makinesi	El veya parmak sıkışması	Demirciler	4	4	4	64 (Orta Risk)	Makinenin el koruma bariyeri kullanılmalı. Tek elle çalışmayı engelleyen düzenekler kullanılmalı.		2	2	3	12 (Düşük Risk)
2	Manuel büküm işlemi	Kas gücü ile eğme işlemi	Bel-sırt incinmeleri, ani burkulmalar	Demirciler	4	3	3	36 (Orta Risk)	Manuel büküm mümkün olduğunca azaltılmalı. Ergonomik sehpa yüksekliği sağlanmalı. Kaldırma/bükme teknikleri öğretilmeli.		2	2	2	8 (Düşük Risk)
3	Donatı yerleştirme ve ölçüm	Keskin uçlar, sert yüzeyler	El kesilmesi, sürtünmeye bağlı yaralanma	Demirciler	3	3	3	27 (Orta Risk)	Kesim ve büküm öncesi donatının uçları kontrol edilmeli. Koruyucu eldiven zorunlu olmalı.		1	2	2	4 (Düşük Risk)
4	Elektrikli makine kullanımı	Elektrik kaçağı, yetersiz topraklama	Elektrik çarpması	Demirciler	3	3	5	45 (Orta Risk)	Makine IP korumalı prize takılmalı. Kaçak akım rolesi ve topraklama kontrolü yapılmalı. Günlük kablo kontrolü sağlanmalı.		1	2	3	6 (Düşük Risk)
5	Gürültü maruziyeti	Makine çalışması	İşitme kaybı, baş ağrısı	Tüm çalışanlar	4	4	3	48 (Orta Risk)	Kulak koruyucu ekipman kullanılmalı. Gürültü bariyeri oluşturulmalı. Gürültü süresi sınırlanmalı.		2	2	2	8 (Düşük Risk)
6	Makine çalışırken parça atması	Metal sıçraması, bükülmede kırılma	Göz ve yüz yaralanması	Demirciler	3	3	4	36 (Orta Risk)	Yüz siperi, koruyucu gözlük kullanılmalı. Büküm alanı şeritle sınırlandırılmalı. Diğer çalışanlar uzak tutulmalı.		1	2	3	6 (Düşük Risk)
7	Donatı büküm alanı erişimi	Dağınık malzeme, kablo geçişi	Takılma, düşme	Tüm çalışanlar	3	3	3	27 (Orta Risk)	Alan 5S düzenine göre organize edilmeli. Günlük temizlik yapılmalı. Kablo ve boru geçişleri sabitlenmeli.		1	2	2	4 (Düşük Risk)

EK-11 : Demir Donatı İmalatında SMED Uygulaması Sonrası Fine–Kinney Risk Analiz Raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI										Konu :	Demir Donatı İmalat Süreci			
Çalışma :	Demir Donatı İmalatında SMED Uygulaması Sonrası								Tablo 4.15. Detayı					
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	Düzeltici önleyici faaliyet öncesi				Tedbir Ve Öneriler	Düzeltici önleyici faaliyet sonrası				
					Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk		Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk	
1	Donatı ölçümü ve yerleştirme	Keskin donatı uçları	El kesilmesi, batma	Demirciler	2	3	3	18 (Düşük Risk)	Eldiven ve uzun kollu iş elbisesi zorunlu olmalı. Uçlar çalışana doğru yerleştirilmemeli.	1	2	2	4 (Düşük Risk)	
2	Donatı bağlama	Tel sıçraması, pense kayması	El-parmak yaralanmaları	Demirciler	2	3	3	18 (Düşük Risk)	Gözlük ve uygun pense kullanımı sağlanmalı. El koruyucuları kontrol edilmeli.	1	2	2	4 (Düşük Risk)	
3	Bükülmüş malzemenin taşınması	Dengesiz kaldırma, yük devrilmesi	Bel-sırt incinmeleri, sıkışma	Demirciler	3	3	3	27 (Orta Risk)	Bükülmüş kafeslerin iki kişiyle taşınması sağlanmalı. Taşıma arabası/sepeti kullanılmalı.	1	2	2	4 (Düşük Risk)	
4	Malzeme istifi	Düzensiz istifleme	İstifin devrilmesi, çarpma riski	Çalışanlar, ziyaretçiler	2	3	4	24 (Orta Risk)	Atölyede istifler sınırlandırıldıysa; sahada belirlenmiş noktaya yerleştirme yapılmalı. Maksimum istif yüksekliği	1	2	3	6 (Düşük Risk)	
5	İmalat alanı erişimi	Zemin darlığı, kablo ve çubuk geçişleri	Takılma, düşme	Tüm çalışanlar	2	2	3	12 (Düşük Risk)	İmalat sahası dışındaki girişler kapatılmalı. Geçiş yolları şeritlenmeli ve uyarı levhaları konulmalı.	1	1	2	2 (Düşük Risk)	
6	Uzun donatı ile çalışmak	Donatı çubuğunun dönmesi/salınımı	Çarpma, göz ve baş travması	Tüm çalışanlar	2	2	3	12 (Düşük Risk)	Uzun çubuklar raflı sistemde taşınmalı. Dönme salınım alanları boş bırakılmalı. Kule vinçle aktarım sonrası yönlendirme yapılmalı.	1	1	2	2 (Düşük Risk)	

EK-12 : Demir Donatı İmalatında Darboğaz Tespiti İle İyileştirme Yapılması Sonrası Fine–Kinney Risk Analiz Raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI									Konu :	Demir Donatı İmalat Süreci			
Çalışma :	Demir Donatı İmalatında Darboğaz Tespiti İle İyileştirilmelerin Yapılması								Tablo 4.16. Detayı				
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	Düzeltici önleyici faaliyet öncesi				Tedbir Ve Öneriler	Düzeltici önleyici faaliyet sonrası			
					Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk		Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk
1	Donatı ölçümü ve yerleştirme	Keskin uçlu donatı, dar alan	El kesilmesi, takılma	Demirciler	2	2	3	12 (Düşük Risk)	5S ile uç yönleri düzenlendi. Donatı uçları işçiye bakmayacak şekilde yerleştirilmeli. Eldiven ve uzun kollu giyim zorunlu.	1	1	2	2 (Düşük Risk)
2	Donatı bağlama	Tel sıçraması, pense kontrolsüzlüğü	Parmak yaralanması, penseyle ezilme	Demirciler	2	3	3	18 (Düşük Risk)	Gözlük, eldiven ve kontrollü pense zorunlu. Ergonomik pense kullanımı teşvik edilmeli.	1	2	2	4 (Düşük Risk)
3	Bükülmüş malzemenin taşınması	Yetersiz alan, istif karmaşası	Bel-sırt zorlanması, çarpma	Demirciler	2	2	3	12 (Düşük Risk)	5S ile istif alanları tanımlandı. Büküm sonrası sepetle taşınmalı. Kolon demirleri üst üste konmadığı için destekli yerleştirme önerilir.	1	1	2	2 (Düşük Risk)
4	Malzeme istifi	Yüksek, kontrolsüz istif	Devrilme, düşme, malzeme çarpması	Çalışanlar, ziyaretçiler	2	2	4	16 (Düşük Risk)	İstif yüksekliği sınırlandırıldı. Üst üste konamayan demirler için özel sabitleme çerçeveleri kullanılmalı.	1	1	3	3 (Düşük Risk)
5	İmalat alanı erişimi	Darboğaz, yığılma, kablo geçişi	Takılma, düşme, maruziyet	Tüm çalışanlar	2	2	3	12 (Düşük Risk)	SMED ile hazırlık süresi azaldı, yığılma engellendi. Alanın tek yönlü akışa uygun olması sağlandı. Zemin işaretlemesi yapılmalı.	1	1	2	2 (Düşük Risk)
6	Uzun donatı ile çalışmak	Baş-omuz çarpması, çevreye zarar	Çarpma, göz ve baş travması	Tüm çalışanlar	2	2	3	12 (Düşük Risk)	Uzun donatı bölümü şeritlerle sınırlandı. Taşıma güzergahları açık. Tek yönlü giriş-çıkış sağlandı. Uç koruyucu başlık kullanılmalı.	1	1	2	2 (Düşük Risk)

EK-13 : Demir Donatı İmalat Alanı 1. Durum Başlangıcında Fine–Kinney Risk Analiz Raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI										Konu :	Demir Donatı İmalat Süreci			
Çalışma :	Demir Donatı İmalat Alanı 1. Durum Başlangıcında								Tablo 4.17. Detayı					
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	Düzeltici önleyici faaliyet öncesi				Tedbir Ve Öneriler	Düzeltici önleyici faaliyet sonrası			
					Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk		Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk
1	Donatı ölçümü ve yerleştirme	Keskin uçlar, yoğun alan kullanımı	El kesilmesi, alan daralmasından dolayı takılma	Demirciler	3	3	3	27 (Orta Risk)	Koruyucu eldiven zorunlu olmalı. Çubuk uçları yere veya çalışana dönük yerleştirilmemeli.	2	2	4	4 (Düşük Risk)
2	Donatı bağlama	Tel sıçraması, pense kontrolsüzlüğü	Parmak yaralanmaları, göz sıçraması	Demirciler	3	4	3	36 (Orta Risk)	Tam yüz vizörü ve yanak siperliği kullanılmalı. Spiralde koruma kapağı çıkarılmamalı.	1	2	2	4 (Düşük Risk)
3	Bükülmüş malzemenin taşınması	İstif karmaşası, kısıtlı alan	Malzeme düşmesi, sırt zorlanması	Demirciler	4	4	3	48 (Orta Risk)	Taşıma arabası veya sepeti kullanılmalı. Yükü iki kişi kaldırmalı. Güzergâh temiz olmalı.	2	2	2	8 (Düşük Risk)
4	Malzeme istifi	Düzensiz yerleşim, üst üste konma	Devrilme, çarpma, ayak sıkışması	Çalışanlar, ziyaretçiler	3	3	4	36 (Orta Risk)	5S standardına göre istiflenmeli. Yüksek istiften kaçınılmalı. Ağırlık merkezi kontrol edilmeli.	1	2	2	4 (Düşük Risk)
5	İmalat alanı erişimi	Yetersiz yönlendirme, dar yol	Takılma, düşme, istif alanına çarpma	Tüm çalışanlar	3	3	3	27 (Orta Risk)	İmalat alanı erişiminde yönlendirmeler yetersizdir. Dar yollar çalışanların takılma ve düşme riskini artırmaktadır. İstif alanına çarpma tehlikesini önlemek için yönlendirme işaretleri, bariyerler ve güvenlik mesafeleri uygulanmalıdır.	1	2	2	4 (Düşük Risk)
6	Uzun donatı ile çalışmak	Dönme, salınım, yerleştirme	Baş ve omuz çarpması, kontrolsüz darbe	Tüm çalışanlar	3	2	3	18 (Düşük Risk)	Donatı uçları net sınırlarla belirlenmeli. Uzun çubuklar şerit alanlara alınmalı. Taşıma yönlendirmesi işaretlenmeli.	1	1	2	2 (Düşük Risk)

EK-14 : Demir Donatı İmalatında 1. Durumdan 2. Ve 3. Duruma Geçiş Sonrası Fine–Kinney Risk Analiz Raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI										Konu :	Demir Donatı İmalat Süreci			
Çalışma :	Demir Donatı İmalatında 1. Durumdan 2. Ve 3. Duruma Geçiş								Tablo 4.18. Detayı					
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	Düzeltici önleyici faaliyet öncesi				Tedbir Ve Öneriler	Düzeltici önleyici faaliyet sonrası			
					Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk		Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk
1	Donatı ölçümü ve yerleştirme	Keskin uçlar, yoğun alan kullanımı	El kesilmesi, alan daralmasından dolayı takılma	Demirciler	2	2	3	12 (Düşük Risk)	Uçlar işçiye bakmayacak şekilde yerleştirilmeli. 5S ile donatı rafları netleştirilmeli. Eldiven kullanımı zorunlu.	1	1	2	2 (Düşük Risk)
2	Donatı bağlama	Tel sıçraması, pense kontrolsüzlüğü	Parmak yaralanmaları, göz sıçraması	Demirciler	2	2	3	12 (Düşük Risk)	Gözlük ve ergonomik pense kullanımı zorunlu olmalı. Uygun yükseklikte sabit çalışma tezgahı önerilmeli.	1	1	2	2 (Düşük Risk)
3	Bükülmüş malzemenin taşınması	İstif karmaşası, kısıtlı alan	Malzeme düşmesi, sırt zorlanması	Demirciler	2	2	3	12 (Düşük Risk)	Malzeme yönlendirme alanları şeritlenmeli. Her donatı tipi için istif rafı tanımlanmalı. Taşıma arabaları kullanılmalı.	1	1	2	2 (Düşük Risk)
4	Malzeme istifi	Düzensiz yerleşim, üst üste konma	Devrilme, çarpma, ayak sıkışması	Çalışanlar, ziyaretçiler	2	2	4	16 (Düşük Risk)	5S kapsamında sabit istif yüksekliği uygulanmalı. Uzun donatılar için yer seviyesi sabitleme yapılmalı.	1	1	3	3 (Düşük Risk)
5	İmalat alanı erişimi	Yetersiz yönlendirme, dar yol	Takılma, düşme, istif alanına çarpma	Tüm çalışanlar	2	2	3	12 (Düşük Risk)	Makarna diyagramı sonrası alan yönlendirmeleri yerleştirildi. Geçiş yolları sürekli açık ve işaretli olmalı.	1	1	2	2 (Düşük Risk)
6	Uzun donatı ile çalışmak	Dönme, salınım, yerleştirme	Baş ve omuz çarpması, kontrolsüz darbe	Tüm çalışanlar	2	2	3	12 (Düşük Risk)	Donatı uçlarında koruyucu başlık kullanılmalı. Uzun malzeme taşıma alanı ayrı tanımlanmalı. Şerit ile ayrılmalı.	1	1	2	2 (Düşük Risk)

EK-15 : Beton Dökümü Fine–Kinney Risk Analiz Raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI										Konu :	Beton Döküm Süreci			
Çalışma :	Beton Dökümü								Tablo 4.22. Detayı					
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	Düzeltici önleyici faaliyet öncesi				Tedbir Ve Öneriler		Düzeltici önleyici faaliyet sonrası			
					Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk			Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk
1	Beton Pompası Yerleşimi	Yanlış konumlandırma, dengesizlik	Pompanın devrilmesi, çarpma riski	Operatör, Çalışanlar	3	4	3	36(Orta Risk)	Pompa zemine uygun konumlandırıldı. Çevresel bariyerler çekildi, operatör eğitimleri ve denge kontrol prosedürü uygulamaya alındı.		2	2	1	6 (Düşük Risk)
2	Beton Taşınması (Pompa/İşçi ile)	Yüksek basınç, hortum kopması	Sıvı beton sıçraması, göz/cilt yanığı	Çalışanlar	4	4	3	48(Orta Risk)	Beton pompa hortumlarının bakımı yapıldı, gözlük ve yüz siperi zorunlu hale getirildi. Hortum kontrol listesi uygulaması başlatıldı.		2	2	2	8 (Düşük Risk)
3	Kalıp İçine Beton Dökümü	Dar alan, vibrasyon etkisi	Düşme, sıkışma, denge kaybı	Kalıpçılar (Hortum taşıyıcı, vibratör tutucu)	3	4	3	36(Orta Risk)	Kalıp etrafı bariyerlendi. Vibratör uygulama aralıkları yeniden planlandı. İş güvenliği gözetmeni eşliğinde döküm yapılması sağlandı.		2	2	1	6 (Düşük Risk)
4	Vibratör Kullanımı	Aşırı titreşim, uzun süreli kullanım	Kas-iskelet sistemi zorlanmaları	Çalışanlar	3	3	3	27(Orta Risk)	Çift el kontrollü vibratörler tercih edildi. Titreşim süresi sınırlandırıldı. Çalışma aralarında personel değişimi sağlandı.		2	1	2	4(Düşük Risk)
5	Yüksek Alanlarda Çalışma	Kalıp üstü kontrol ve döküm işlemleri	Yüksekten düşme	Tüm çalışanlar	3	5	3	45(Orta Risk)	Emniyet kemeri, topuk levhası, geçici iskele ve tutunma noktaları kullanımı zorunlu hale getirildi. Düşmeye karşı eğitimler verildi.		2	2	1	6 (Düşük Risk)
6	Yüksek Alanlarda Çalışma	Kalıp üstü kontrol ve döküm işlemleri	Yüksekten düşme	Tüm çalışanlar	3	5	3	45(Orta Risk)	Emniyet kemeri, topuk levhası, geçici iskele ve tutunma noktaları kullanımı zorunlu hale getirildi. Düşmeye karşı eğitimler verildi.		2	2	1	6 (Düşük Risk)
7	Elektrik Bağlantıları	İzolesiz kablolar, açıkta fişler	İzolesiz kablolar, açıkta fişler	Operatör, Çalışanlar	3	4	3	36(Orta Risk)	Tüm elektrik hatları kaçak akım rölesiyle kontrol altına alındı. IP korumalı ekipmanlar tedarik edildi.		1	2	2	4 (Düşük Risk)
8	Beton Prizi Beklenirken Denetim	Kalıp üstünde dolaşım	Kayma, düşme	Denetçi, mühendis	2	3	3	18(DüşükRisk)	Kalıp üstü geçişler yasaklandı. Denetim alanlarına geçici geçiş platformları kuruldu. Uyarıcı levhalar ve bariyerler eklendi.		1	3	3	9 (Düşük Risk)
9	Pompa Temizliği Sonrası İşlem	Hortumda kalan betonun temizlenmemesi	Beton sıçraması, fırlama riski	Operatör	2	3	3	27(Orta Risk)	Kalıp üstü geçişler yasaklandı. Denetim alanlarına geçici geçiş platformları kuruldu. Uyarıcı levhalar ve bariyerler eklendi.		1	2	2	4 (Düşük Risk)

EK-16 : Beton Dökümü Öncesi Kalıp Ve Demir Donatı Kontrolü Fine–Kinney Risk Analiz Raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI										Konu :	Beton Döküm Süreci			
Çalışma :	Beton Dökümü Öncesi Kalıp Ve Demir Donatı Kontrolü								Tablo 4.23. Detayı					
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	Düzeltici önleyici faaliyet öncesi				Tedbir Ve Öneriler	Düzeltici önleyici faaliyet sonrası				
					Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk		Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk	
1	Harita mühendisi ve yapı denetim randevusu	Geç randevu talebi / taraflar arası koordinasyonsuzluk	Denetim süresinin uzaması → zaman kaybı (1-3 gün)	Tüm çalışanlar	5	5	4	100(Yüksek Risk)	Randevular en az 3–4 gün önceden alınmalı, yazılı teyit alınmalıdır. Takvim uygulaması kullanılmalıdır.	2	4	3	24 (Orta Risk)	
2	Proje kontrolü	Sahada onaylı mimari/statik proje bulunmaması	Hatalı imalat / yanlış kontrol → yıkım kararı	Şantiye personeli, yapı denetim	7	6	4	168 (Yüksek Risk)	Güncel ve onaylı projeler sahada hem dijital hem basılı halde bulundurulmalıdır.	3	3	3	27 (Orta Risk)	
3	Donatı yerleşimi ve uygunluk kontrolü	Projeye aykırı imalat, yeterli kontrol formu olmaması	İmalatın durdurulması / söküm riski	Demirciler, yapı denetim	6	5	4	120 (Yüksek Risk)	Donatı yerleşim kontrol listesi hazırlanmalı. Ön kontrol yapılmalı.	2	3	3	18 (Düşük Risk)	
4	Şantiye şefinin onay süreci	Şefin sahada olmaması / belge eksikliği	İmalatın izinsiz devam etmesi / gecikme	Tüm teknik ekip	5	5	3	75 (Yüksek Risk)	Vekaletli teknik personel görevlendirilmeli. Günlük denetim defteri tutulmalı.	2	3	3	18 (Düşük Risk)	
5	Yapı denetim kontrolü	Uygun saat bulunamaması / yapı denetimin gecikmesi	Döküm takviminin bozulması, pompa-beton tedarik aksaması	Beton santrali, saha ekipleri	5	4	3	60 (Orta Risk)	Denetim onayı beton randevusundan en az 2 gün önce alınmalı, teyitli plan yapılmalı.	2	3	2	12 (Düşük Risk)	
6	Yapı denetim, yapı laboratuvarı ve beton santralinden alınacak olan betonun uygun gün ve saati için randevuların örtüşmesi	Geç randevu talebi / taraflar arası koordinasyonsuzluk	Beton döküm süresinin uzaması → zaman kaybı (1-7 gün)	Tüm çalışanlar	6	5	4	120 (Yüksek Risk)	Randevular en az1 hafta 10 gün önceden alınmalı, yazılı teyit alınmalıdır. Takvim uygulaması kullanılmalıdır.	2	4	3	24 (Orta Risk)	

EK-17 : Beton Dökümü Öncesi Kalıp Ve Demir Kontrolünde SMED Ve 5S Uygulaması Sonrası Fine–Kinney Risk Analiz Raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI										Konu :	Beton Döküm Süreci			
Çalışma :	Beton Dökümü Öncesi Kalıp Ve Demir Kontrolünde SMED Ve 5S Uygulaması Sonrası								Tablo 4.24. Detayı					
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	Düzeltici önleyici faaliyet öncesi				Tedbir Ve Öneriler		Düzeltici önleyici faaliyet sonrası			
					Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk			Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk
1	Harita mühendisi ve yapı denetim randevusu	Geç randevu talebi / koordinasyonsuzluk	Denetim süresinin uzaması → zaman kaybı (1-3 gün)	Tüm çalışanlar	5	5	4	100(Yüksek Risk)	SMED uygulamasıyla randevular 3–4 gün önceden sistem üzerinden planlandı. Yazılı teyit sağlandı, plan ve takvim uygulandı, takibi yapıldı.		1	3	3	9 (Düşük Risk)
2	Proje kontrolü	Onaylı proje bulunmaması	Hatalı imalat / yanlış kontrol → yıkım kararı	Şantiye personeli, yapı denetim	7	6	4	168 (Yüksek Risk)	Gözlemsel kontrol sayısı artırıldı (günlük 5 defa). Güncel projeler dijital + basılı halde saha çalışanlarına verildi.		2	2	3	12 (Düşük Risk)
3	Donatı yerleşimi ve uygunluk kontrolü	Projeye aykırı imalat, yeterli kontrol formu olmaması	İmalatın durdurulması / söküm riski	Demirciler, yapı denetim	6	5	4	120 (Yüksek Risk)	Donatı yerleşimi için checklist geliştirildi. SMED kapsamında malzeme ve personel hazırlıkları senkronize edildi.		2	3	3	18 (Düşük Risk)
4	Şantiye şefinin onay süreci	Şefin sahada olmaması / belge eksikliği	İmalatın izinsiz devam etmesi / gecikme	Tüm teknik ekip	5	5	3	75 (Yüksek Risk)	Şantiye şefinin sahada daha fazla denetlemesiyle izin ve gecikme durumları azaldı.		1	2	2	4 (Düşük Risk)
5	Yapı denetim kontrolü	Uygun saat bulunamaması / yapı denetimin gecikmesi	Döküm takviminin bozulması, pompa-beton tedarik aksaması	Beton santrali, saha ekipleri	5	4	3	60 (Orta Risk)	Plan ve takvimleme yapılarak denetim en az 2 gün önceden teyitli yapıldı. Yığılmalar önlendi.		1	2	2	4 (Düşük Risk)
6	Yapı denetim, yapı laboratuvarı ve beton santralinden alınacak olan betonun uygun gün ve saati için randevuların örtüşmesi	Geç randevu talebi / taraflar arası koordinasyonsuzluk	Beton döküm süresinin uzaması → zaman kaybı (1-7 gün)	Tüm çalışanlar	6	5	4	120 (Yüksek Risk)	Randevular haftalık planla yapıldı. Çakışmalar yazılım ile önlendi.		2	2	3	12 (Düşük Risk)

EK-18 : Yüklenici Firmanın Beton Santrali Ve Yapı Laboratuvarı Seçmesi Durumunda Oluşan Fine–Kinney Risk Analiz Raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI										Konu :	Beton Döküm Süreci			
Çalışma :	Yüklenici Firmanın Beton Santrali Ve Yapı Laboratuvarı Seçmesi Durumunda								Tablo 4.25. Detayı					
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	Düzeltici önleyici faaliyet öncesi				Tedbir Ve Öneriler	Düzeltici önleyici faaliyet sonrası			
					Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk		Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk
1	Beton Santrali Seçimi	Kalitesiz üretim, su/çimento oranı kontrolsüzlüğü	Dayanıksız beton üretimi, taşıma sürecinde ayrışma	Tüm yapı, çalışanlar	4	4	4	64(Orta Risk)	TS EN 206'ya uygunluk belgesi istenmeli, numune karşılaştırmaları yapılmalı, teslim mesafesi <30dk olacak şekilde seçilmeli.	2	2	2	8 (Düşük Risk)
2	Laboratuvar Seçimi	Kalibrasyonsuz ekipman, yetkin olmayan personel	Yanıltıcı deney sonuçları, hatalı raporlarla riskli imalat yapılması	Teknik ekip, işveren	3	4	4	48(Orta Risk)	TSE-HYB belgesi olan, şantiyeye yakın, akredite laboratuvarlar tercih edilmeli; numune paralel deneylerle kontrol edilmelidir.	1	2	2	4 (Düşük Risk)
3	Beton Sınıfı ve Kıvamının Uygun Olmaması	Uygun agrega, kıvam, slump ayarı yapılmaması	Vibratör süresi artar, segregasyon, zayıf beton	Kalıp içi ekip, yapı	3	4	3	36(Orta Risk)	Şantiye betonu yerinde kıvam kontrolü yapılmalı (slump deneyi). Reddetme kriterleri açıkça belirlenmeli, santral şefine yazılı talimat verilmelidir.	1	2	2	4 (Düşük Risk)
4	Beton Numunesi Alınması ve Denetimi	Numune alınmaması, uygunsuz küp bakımı	Dayanım raporunun gerçeği yansıtmaması, yapı güvenliğinin tehlikeye girmesi	Proje sorumluları	3	4	4	48(Orta Risk)	Her döküm için numune alınmalı. TS EN 12390'a göre kür bakımı yapılmalı. Numune alma işlemleri yapı denetim eşliğinde yapılmalıdır.	2	2	2	8 (Düşük Risk)
5	Uygunluk Belgelerinin Eksikliği	CE belgesi, TSE belgesi olmayan beton/lab hizmetleri	CE belgesi, TSE belgesi olmayan beton/lab hizmetleri	İşveren, şantiye ekibi	2	4	4	32(Orta Risk)	Denetim onayı beton randevusundan en az 2 gün önce alınmalı, teyitli plan yapılmalı.	1	2	2	4 (Düşük Risk)
6	Beton Sevkiyat Süreci	Yoğun trafik, pompa arızası, gecikmeli sevkiyat	Beton priz süresi dolmadan döküleme mesi, soğuk derz oluşumu, kalıp üzerinde kalma süresinin uzaması	Kalıp içi ekip, operatör	5	5	5	125 (Yüksek Risk)	Randevulu döküm planlaması yapılmalı, trafik yoğunluğu analiz edilmeli, yedek mikser planlaması yapılmalı.	3	4	3	36 (Orta Risk)

EK-19 : Yüklenici Firmanın Beton Santrali Ve Yapı Laboratuvarı Seçiminde Makarna Diyagramı Uygulaması Sonrası Fine–Kinney Risk Analiz Raporu

FİNE KİNNEY RİSK DEĞERLENDİRME ÇALIŞMASI										Konu :	Beton Döküm Süreci			
Çalışma :	Yüklenici Firmanın Beton Santrali Ve Yapı Laboratuvarı Seçmesi Durumunda Makarna Diyagramı Uy.								Tablo 4.26. Detayı					
					Düzeltici önleyici faaliyet öncesi						Düzeltici önleyici faaliyet sonrası			
No	Ana Faaliyet	Tehlike Kaynağı	Tehlike	Etkilenen	Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk	Tedbir Ve Öneriler		Olasılık	Sıklık	Şiddet	Risk
1	Beton Santrali Seçimi	Kalitesiz üretim, su/çimento oranı kontrolsüzlüğü	Dayanıksız beton üretimi, taşıma sürecinde ayrışma	Tüm yapı, çalışanlar	4	4	4	64(Orta Risk)	En yakın ve sertifikalı santral seçildi. Trafik yoğunluğu ve teslim süresi analiz edildi (<30dk). Lojistik kapasite (mikser, pompa) yeterliliği doğrulandı.		1	2	3	6 (Düşük Risk)
2	Laboratuvar Seçimi	Kalibrasyonsuz ekipman, yetkin olmayan personel	Yanıltıcı deney sonuçları, hatalı raporlarla riskli imalat yapılması	Teknik ekip, işveren	3	4	4	48(Orta Risk)	Sertifikalı ve şantiyeye yakın laboratuvar seçildi. Deney sonuçları paralel testlerle doğrulandı.		1	2	3	6 (Düşük Risk)
3	Beton Sınıfı ve Kıvamının Uygun Olmaması	Uygun agrega, kıvam, slump ayarı yapılmaması	Vibratör süresi artar, segregasyon, zayıf beton	Kalıp içi ekip, yapı	3	4	3	36(Orta Risk)	Santral seçiminde kıvam ve agrega uyumu önceden test edildi. Her döküm öncesi slump kontrolü yapıldı.		1	2	2	4 (Düşük Risk)
4	Beton Numunesi Alınması ve Denetimi	Numune alınmaması, uygunsuz küp bakımı	Dayanım raporunun gerçeği yansıtmaması, yapı güvenliğinin tehlikeye girmesi	Proje sorumluları	3	4	4	48(Orta Risk)	Numune alma işlemleri her dökümde TS EN 12390'a uygun yapıldı. Kür bakımı sahada kontrollü sağlandı.		1	2	2	4 (Düşük Risk)
5	Uygunluk Belgelerinin Eksikliği	CE belgesi, TSE belgesi olmayan beton/lab hizmetleri	CE belgesi, TSE belgesi olmayan beton/lab hizmetleri	İşveren, şantiye ekibi	2	4	4	32(Orta Risk)	Belgeler sipariş öncesinde kontrol edildi. Uygunsuz durumlarda alternatif tedarikçi planlandı.		1	1	2	2 (Düşük Risk)
6	Beton Sevkiyat Süreci	Yoğun trafik, pompa arızası, gecikmeli sevkiyat	Beton priz süresi dolmadan döküleme mesi, soğuk derz oluşumu, kalıp üzerinde kalma süresinin uzaması	Kalıp içi ekip, operatör	5	5	5	125 (Yüksek Risk)	En yakın santral seçildi, trafik analizi yapıldı, yedek mikser ve pompa hazırlandı. Döküm saatleri yoğun olmayan zamanlara alındı.		2	2	3	12 (Düşük Risk)