

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TİCARİ ARAÇ KOLTUK ÜRETİMİNDE FABRİKA  
YERLEŞİMİ VE SÜREÇ İYİLEŞTİRMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hasan Tolga ALAF**

**Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**  
**Enstitü Bilim Dalı : MÜHENDİSLİK YÖNETİMİ**  
**Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Tijen ÖVER ÖZÇELİK**

**Haziran 2021**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TİCARİ ARAÇ KOLTUK ÜRETİMİNDE FABRİKA  
YERLEŞİMİ VE SÜREÇ İYİLEŞTİRMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hasan Tolga ALAF**

**Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**Enstitü Bilim Dalı : MÜHENDİSLİK YÖNETİMİ**

**Bu tez 22/6/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.**

**Jüri Başkanı**

**Üye**

**Üye**

## **BEYAN**

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

H.Tolga ALAF

21.05.2021

## TEŞEKKÜR

Süreç boyunca her türlü desteğini esirgemeyen hocam Dr.Öğr. Üyesi Tijen Över Özçelik'e şükranlarımı sunarım.

Profesyonel çalışma hayatının tüm zorluklarına rağmen akademik çalışma yapılması için yönlendirerek, üniversite sanayi işbirliğini önemsemesi ve teze konu olan projeyi desteklemesi dolayısıyla gururla çalıştığım Magna Otomotiv Sanayi ve Ticaret A.Ş: şirketine Genel Müdürümüz Serdar Eren Bey'in şahsında teşekkür ederim. Bu bağlamda uygulamaya yönelik her türlü bilgi ve belgeye erişimimi sağlayan Üretim Müdürümüz Yusuf Usuloğlu'nu da anmak isterim.

Yüksek lisans eğitimim boyunca daima yanımda olan ve beni akademik tecrübesiyle yönlendiren sevgili eşim Doç. Dr. Miraç Alaf'a öncelikli olarak teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	ix
SUMMARY.....	x
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	5
2.1. Problemin Ortaya Koyulması.....	5
2.2. Tam Sırasında Üretim (JIS).....	6
2.3. Ürün Kompleksitesi.....	9
2.4. Fabrika Yerleşimi.....	11
2.5. Montaj Hatları.....	14
2.5.1. Çevik montaj hatları ihtiyacı.....	15
2.5.2. Montaj hattı optimizasyonu.....	17
2.5.3. Montaj hattı 4.0.....	18
2.5.4. Hat dengeleme.....	20
2.5.4.1. Temel etmenler.....	21
2.5.4.2. Temel kısıtlar.....	22
2.5.4.3. Yan kısıtlar.....	22
2.6. Hat Ergonomisi.....	23

BÖLÜM 3.	
MATERYAL VE YÖNTEM.....	27
3.1. Magna Koltuk Fabrikasının Operasyonel Yapısı.....	27
3.2. Müşteri Kapasite Artış Talebinin Anlaşılması.....	38
3.3. Uygulama Projesi Başladığında Mevcut Durum.....	41
3.3.1. İnsan kaynağı.....	41
3.3.2. Ürün çeşitliliği.....	41
3.3.3. Satılma parça sayısı.....	41
3.3.4. Çalışma düzeni.....	41
3.3.5. Yerleşim alanı.....	41
BÖLÜM 4.	
ARAŞTIRMA BULGULARI.....	43
4.1. Kapasite Artış Talebinin Karşılmasına Yönelik Aksiyonlar.....	43
4.2. GCP3704 Uygulama Projesi ve Aksiyonlar.....	43
4.3. GCP3846 Uygulama Projesi ve Aksiyonlar.....	46
4.4. GCP3951 Uygulama Projesi ve Aksiyonlar.....	49
BÖLÜM 5.	
TARTIŞMA VE SONUÇ.....	50
KAYNAKLAR.....	52
ÖZGEÇMİŞ.....	54

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AGV	: Automated Guided Vehicle (Otomatik Kılavuzlu Araç)
EDI	: Electronic Data Interchange (Elektronik Veri Alışverişi)
CPS	: Cyber Physical System (Siber Fiziksel Sistem)
GCP	: Global Capacity Planning (Küresel Kapasite Planlama)
GSYH	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
ILO	: International Labour Organisation (Uluslararası Çalışma Örgütü)
JIS	: Just in Sequence (Tam Sırasında)
JIT	: Just in Time (Tam Zamanında)
LWB	: Low Wheel Base (Kısa Dingil Mesefeli Araç)
LHD	: Left Hand Drive (Soldan Direksiyonlu Araç)
MWB	: Medium Wheel Base (Orta Dingil Mesafeli Araç)
OEM	: Original Equipment Manufacturer (Orjinal Ekipman Üreticisi)
OHSA	: Occupational Health and Safety Act (İş Sağlığı ve Güvenliği Anlaşması)
OICA	: Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles (Uluslararası Otomotiv Üreticileri Organizasyonu)
OSD	: Otomotiv Sanayi Derneği
SMED	: Single Minute Exchange of Die (Tek Dakikada Kalıp Değişimi)
RHD	: Right Hand Drive (Sağdan Direksiyonlu Araç)
SWB	: Short Wheel Base (Kısa Dingil Mesafeli Araç)
RFID	: Radio Frequency Identification (Radyo Frekansıyla Tanımlama)
USAWC	: United States Army War College (Birleşik Devletler Savaş Koleji)
VSM	: Value Stream Mapping (Değer Akış Haritalandırma)
VOUCA	: Volatility Uncertainty Complexity Ambiguity (

V362 : Ford Transit Custom Proje Kodu  
V363 : Ford Transit Minibüs Proje Kodu  
WHO : World Health Organisation (Dünya Sağlık Örgütü)  
5S : Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke  
(Ayıklama, Düzenleme, Temizlik, Standartlaştırma, Disiplin)



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Yıllara göre araç satış adetleri.....	2
Şekil 1.2. Yıllara göre ticari araç satış adetleri.....	2
Şekil 2.1. Vuca kavram çerçevesi.....	6
Şekil 2.2. İsraf.....	7
Şekil 2.3. JIT ve JIS üretim süreci.....	8
Şekil 2.4. Dağıtılmış yerleşim planı.....	13
Şekil 2.5. Geleneksel montaj hatlarından çevik montaj hatlarına geçiş.....	16
Şekil 2.6. Otomotiv karmaşık montaj hattı kompozisyonu.....	19
Şekil 2.7. Endüstri 4.0 karmaşık montaj hattı modeli.....	20
Şekil 2.8. CPS yapısı.....	21
Şekil 2.9. n istasyonlu montaj hattında tam denge ve tam kurulmamış denge...	23
Şekil 2.10. Türk işçilerine ait antropometrik ölçüm noktaları.....	26
Şekil 3.1. V362 Transit Custom.....	27
Şekil 3.2. V363 Transit.....	28
Şekil 3.3. Magna koltuk fabrikası.....	28
Şekil 3.4. Ön sıra tekli ve çiftli koltuk montaj hatları.....	29
Şekil 3.5. V362 Arka sıra flamingo koltuk montaj hattı. 2 adet bulunmaktadır	30
Şekil 3.6. V363 arka sıra M2 koltuk montaj hattı.....	30
Şekil 3.7. Faz 2 çoklu koltuk montaj hattı.....	31
Şekil 3.8. 2015 yılı yerli tedarikçi dağılımı ve alınan parça sayısı.....	32
Şekil 3.9. 2015 yılı yurtdışı tedarikçi dağılımı ve alınan parça sayısı.....	32
Şekil 3.10. V362 araçlarında koltuk konfigürasyonu.....	34
Şekil 3.11. V363 araçlarında koltuk konfigürasyonu-1.....	35
Şekil 3.12. V363 araçlarında koltuk konfigürasyonu -2.....	36
Şekil 3.13. GCP çalışma döngüsü.....	39

Şekil 4.1. Sıralaması yapılan kılıf ve süngerin rayla montaj hattına gönderilmesi.....	44
Şekil 4.2. Sıralanan kılıf ve sünger.....	44
Şekil 4.3. Fönleme işlemi için kurulan asansör.....	45
Şekil 4.4. Hat sonuna kurulan koltuk kaldırma robotu.....	45
Şekil 4.5. Modüler V363 arka sıra M2 koltuk montaj hattı önden görünüm.....	46
Şekil 4.6. Modüler V363 arka sıra M2 koltuk montaj hattı yandan görünüm.....	47
Şekil 4.7. Ön tekli koltuk sırt giydirme prosesi.....	48
Şekil 4.8. Giydirilmiş sırt üniteleri sıralanmış olarak asansöre taşınıyor.....	48
Şekil 4.9. Sırt ünitelerini taşıyan asansör.....	49
Şekil 4.10. Tekli ve çiftli koltuk montaj hatlarına eklenen modüller.....	49
Şekil 5.1. 2015-2019 yılları arasında araç üretim plan ve gerçekleşme grafiği...	51

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 1.1. Magna International Inc. satış rakamları.....	3
Tablo 2.1. JIT ve JIS karşılaştırması.....	9
Tablo 2.2. Kompleksitenin temel etkenleri.....	10
Tablo 2.3. Yeni nesil yerleşim planları.....	12
Tablo 2.4. Kesikli seri üretim akış hatlarının açıklanmalı sınıflandırılması.....	15
Tablo 3.1. Koltuk kompleksite matrisi.....	37
Tablo 3.2. Yıllara göre araç üretim kapasitesindeki artış planı.....	39
Tablo 3.3. Yıllık araç kapasite artış talebinin günlük koltuk kırımını.....	40
Tablo 5.1. 2015-2019 Performans göstergeleri üzerinden karşılaştırma tablosu..	51

## ÖZET

Anahtar Kelimeler: Otomotiv, fabrika yerleşimi, proses iyileştirme, kapasite artışı, esnek imalat, montaj hattı.

Bu çalışmada üniversite sanayi işbirliği kapsamında , otomotiv koltuk üreticisi firmasının 2015 yılından başlayarak 2020 yılına kadar kapasite artış talebini karşılamak amacıyla çeşitli kısıtlar çerçevesinde ürettiği aksiyonlar incelenmiştir. Ele alınan konunun çözümüne yönelik uygulamalı bir proje çalışmasıdır.

Çalışma kapsamında tam sırasında üretim, ürün kompleksitesi, fabrika yerleşimi, montaj hatları, hat dengeleme ve ergonomi gibi temel kavramların literatür karşılıkları incelenmiş ve öznel uygulama projesi konusu ile ilişkilendirilmiştir.

Müşteri beklentisi analiz edilerek probleme çözüm üretecek şekilde çalışma aşamaları adım adım ortaya konmuştur.

Söz konusu çalışmalar, fabrika yerleşim planı iyileştirmeleri, proses optimizasyonları, yeni yatırımlar, endüstri 4.0 uygulamaları, ergonomi iyileştirmeleri, çalışma düzeni değişiklikleri içermektedir ve ilgili kapasite talebini karşılayacak şekilde uygulamaya alınmıştır.

Yapılan araştırmada kapasite ve ürün çeşitliliğindeki artışa cevap verecek operasyonel yapının matematiksel modelleme zorluğu sektöre özel kısıtlar çerçevesinde ortaya konmuştur. Modelleme zorluğunun ele alınan soruna etki eden parametrelerinin çokluğundan ve değişkenliğinden kaynaklandığı vurgulanmıştır. Bu zorluk sebebiyle deneyime ve sezgiye dayalı sektöre özel çözümlerin önemi vurgulanmıştır.

# **LAY-OUT AND PROCESS IMPROVEMENT IN COMMERCIAL VEHICLE SEAT MANUFACTURING**

## **SUMMARY**

Keywords: Automotive, plant layout, process improvement, capacity increase, flexible manufacturing, assembly line

In this study, the actions of the automotive seat manufacturer company within the framework of various constraints in order to meet the demand for capacity increase from 2015 to 2020, within the scope of university-industry cooperation, were examined. It is an applied project work aimed at solving the problem.

Literature equivalents of basic concepts such as production, product complexity, factory layout, assembly lines, line balancing and ergonomics were examined and related to the subjective application project topic.

After analyzing the customer expectation, the working steps are laid out step by step in a way to respond to it.

These studies include factory layout improvements, process optimizations, new investments, industry 4.0 applications, ergonomics improvements, work order changes and have been put into practice to meet the relevant capacity demand.

In the research, the mathematical modeling difficulty of the operational structure that will respond to the increase in capacity and product variety has been revealed within the framework of sector-specific constraints. It has been emphasized that the difficulty of modeling is due to the multiplicity and variability of the parameters affecting the problem under consideration. Because of this difficulty, the importance of industry-specific solutions based on experience and intuition has been emphasized.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Bu çalışma, Sakarya Üniversitesi'nin İş Deneyimli Öğrenci Çerçeve Katkı Protokolünde tanımladığı amaca yönelik olarak, üniversite sanayi işbirliği kapsamında, Magna Otomotiv Sanayi ve Ticaret A.Ş. firmasının 2015 yılından başlayarak 2020 yılına kadar müşterinin kapasite artış talebini karşılamak amacıyla çeşitli kısıtlar çerçevesinde ürettiği aksiyonları incelemektedir. Ele alınan problemin çözümüne yönelik uygulamalı bir proje çalışmasıdır.

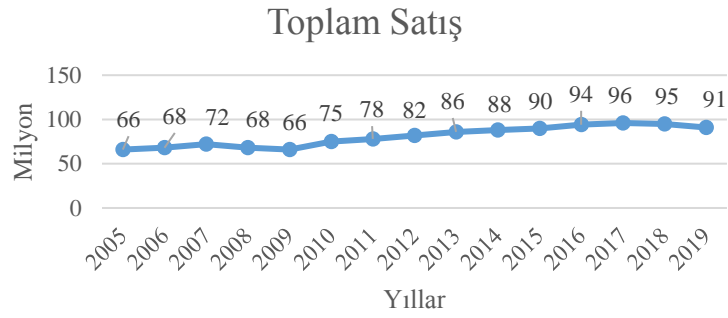
Çalışmanın 2. Bölümünde ele alınan sorunun bağlamı VUCA kavramı üzerinden izah edilmiş, sonrasında tam sırasında üretim (JIS) , ürün kompleksitesi ve yönetimi, fabrika yerleşimi, montaj hatları, hat dengeleme ve ergonomi temel kavramları literatür üzerinden açıklanmıştır.

Çalışmanın 3. Bölümünde proje uygulayıcı firmanın operasyonel yapısı izah edilerek problemin evreni ortaya konmuştur. İkinci olarak müşteri kapasite artış talebi verilmiş ve son olarak da ele alınan problemin başlangıç durumunun resmi sunulmuştur.

Çalışmanın 4. Bölümünde problemin çözümüne yönelik alınan aksiyonlar, ilgili yıla ait kapasite artış talebi başlığı altında verilmiştir.

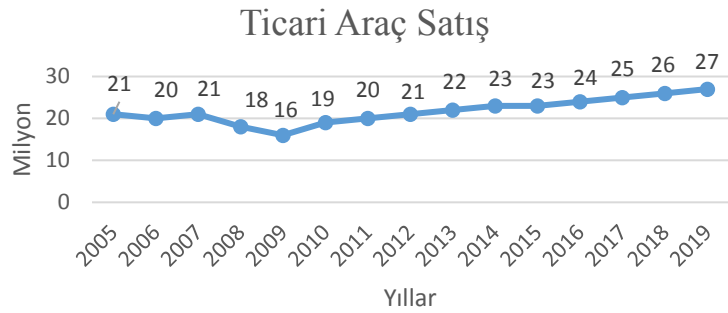
Çalışmanın 5. Bölümünde devreye alınan çözüm aksiyonlarının sonucu paylaşılmış, etkinliği gösterilmiştir. Bunun dışında konuyla ilgili gelişime açık noktalar vurgulanmıştır.

Şekil 1.1.'de verilen Uluslararası Motorlu Araç Üreticileri Organizasyonu (OICA) verilerine göre araç satışları son on yılda ciddi bir artış göstererek yüz milyon sınırına yaklaşmıştır [1].



Şekil 1.1. Yıllara göre araç satış adetleri [1]

Bu artışlara paralel olarak Şekil 1.2.'de gösterilen ticari araç satışlarında da yükselme gözlenmektedir.



Şekil 1.2. Yıllara göre ticari araç satış adetleri [1]

Global eğilime paralel şekilde, Otomobil Sanayi Derneği (OSD) verilerine göre 2019 yılında Türkiye'de 982.642'si binek otomobili olmak üzere 1.461.244 araç üretildi. Otomotiv toplam ihracatımız 31,2 milyar dolara ulaştı. Bu finansal değer otomotivin Türkiye ekonomisindeki önemini gözler önüne sermektedir. Yine OSD verilerine göre otomotiv, toplam ihracatımızın %15'ini oluşturmaktadır ve son on beş yıldır en büyük ihracat sektörümüzdür. Üretilen araçların %85 ihraç edilmektedir. GSYH'mizin %3'ü bu sektörden kaynaklanmaktadır. Türkiye özellikle hafif ticari araç üretiminde Avrupa'nın en büyüğü haline gelmiştir ve dünyadaki en büyük 14ncü otomotiv üreticisi konumundadır [2].

Magna Otomotiv Sanayi ve Ticaret A.Ş. firması otomotiv alanında faaliyet gösteren Magna International Inc. Firmasının Türkiye şubesidir. Magna International Inc. Firması Kanada kökenli bir teknoloji firmasıdır ve satış rakamlarına göre Kuzey

Amerika'nın en büyük otomotiv ekipman üreticisidir. 27 ülkede, 346 üretim tesisinde, 165.000 çalışanı ile faaliyet göstermektedir[3]. 2019 yılında Tablo 1.3.'de gösterildiği gibi 39.431 milyar dolarlık satış gerçekleştirmiştir [4].

	<b>2019</b>	<b>2018</b>
<b>Araç Gövde Dış Aksam ve Yapıları</b>	<b>16.458</b>	<b>17.527</b>
<b>Güç ve Görüş Sistemleri</b>	<b>11.312</b>	<b>12321</b>
<b>Koltuk Sistemleri</b>	<b>5.577</b>	<b>5548</b>
<b>Araç Üretimi</b>	<b>6.707</b>	<b>6018</b>
<b>Şirket ve Diğer</b>	<b>-623</b>	<b>-587</b>
	<b>39.431</b>	<b>40.827</b>

**\*Milyar Dolar**

Tablo 1.1. Magna International Inc satış rakamları [3]

Firmanın dört ana faaliyet alanı bulunmaktadır [3].

1. Araç Gövde Dış Aksam ve Yapıları:
  - 1.1. Araç gövdesi
  - 1.2. Şasi
  - 1.3. Dış Aksam ve Modüller
  - 1.4. Döşeme ve Görsel Parçalar
2. Güç ve Görüş Sistemleri
  - 2.1. Güç Sistemleri
  - 2.2. Aktarma Organları
  - 2.3. Çekiş Sistemleri
  - 2.4. Güç Sistemleri Alt Sistemleri ve Parçaları
  - 2.5. Otonom Sürüş Sistemleri
  - 2.6. Kontrol Modülleri
  - 2.7. Mekatronik
  - 2.8. Ayna ve Konsol
  - 2.9. Aydınlatma
3. Koltuk Sistemleri
  - 3.1. Komple Koltuk
  - 3.2. Karkas Ürünleri



### 3.3. Sünger ve Döşeme

## 4. Komple Araç Üretimi

### 4.1. Komple Araç Mühendisliği

### 4.2. Komple Araç Üretimi

Magna Otomotiv Sanayi ve Ticaret A.Ş. Türkiye’de iki farklı yerleşkede faaliyetlerini sürdürmektedir; koltuk üretim fabrikası Kocaeli Gölcük Ford OTOSAN Tedarikçi Parkı’ndadır. Koltuk birimi, üretiminin tamamını Ford Transit modeli için yapmaktadır.

Ford Transit, Otosan tarafından iki farklı üretim platformunda Custom (V362) ve Minibüs (V363) olarak üretilmektedir. Magna Otomotiv Sanayi ve Ticaret A.Ş firması bu iki model için koltuk montaj operasyonunu Ford OTOSAN üretim hattına bütünleşik olarak, tam zamanında (Just In Time) ve tam sırasında (Just In Sequence) üretim felsefesine göre yürütmektedir [5].

Müşteri bir pazarlama stratejisi olarak ürün çeşitliliğini benimsemektedir. Yukarıda detayı verilen küresel eğilime uygun olarak kapasite talebi de dikkate alındığında, sorun tam zamanında, istenen koltuğun, istenen adette sıralanması ve bütün bu operasyonların kısıtlı alanda yönetilmesi şeklinde karmaşıklaşmaktadır.

Bu çalışmada / projede söz konusu karmaşık problemin uygulamalı çözüm süreci ele alınacaktır.

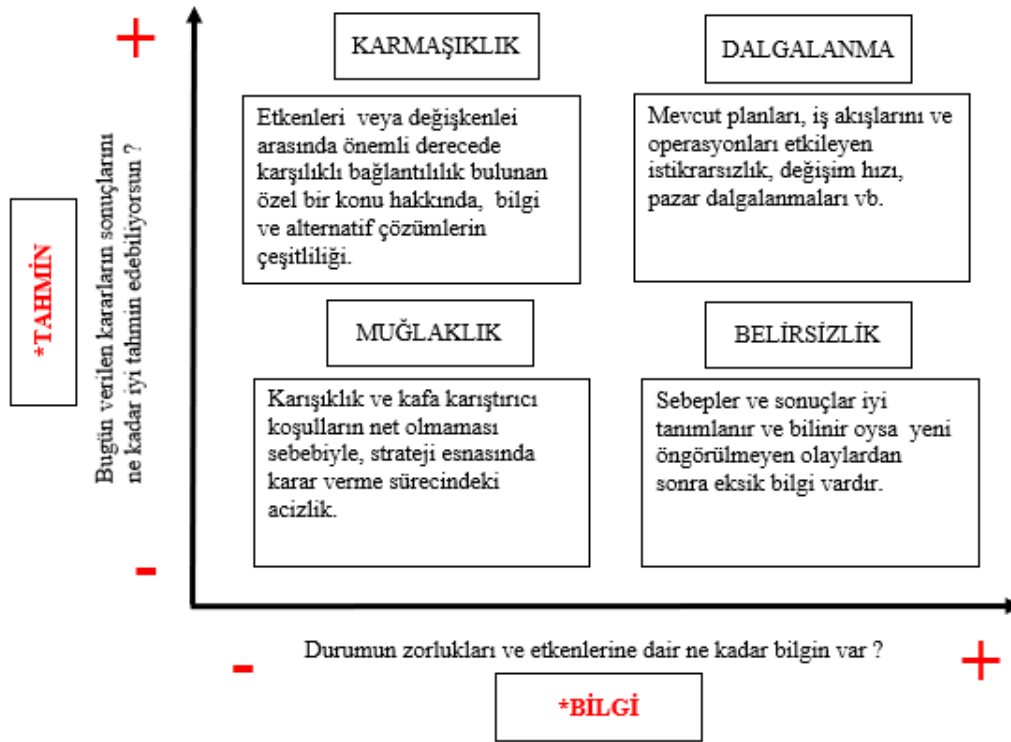
## **BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI**

### **2.1. Probleminin Ortaya Konulması**

Otomotiv endüstrisinde gittikçe artan talebe yönelik olarak tedarik zincirinde kapasite planlaması ve sipariş çeşitliliği yönetimi matematiksel modellemesi zor bir problem haline gelmiştir. Bu problemin çözümüne yönelik olarak otomotiv endüstrisindeki çevik üretim stratejileri, sıralama ve planlama konusunda yeni zorlukları beraberinde getirmiştir. Problemin zorluk derecesi, ürün çeşitliliği, zaman baskısı, talep artışı, tesis yerleşimi, kalite kriterleri ve maliyet gibi etkenlerle yükselmektedir [6].

Yukarıda sayılan etkenler, Birleşik Amerika Savaş Koleji (USAWC) tarafından kavramsallaştırılan ve içinde bulunduğumuz dalgalanma, belirsizlik, karmaşıklık ve muğlaklık (VUCA) çağı bağlamında değerlendirilmelidir. Pandemiler, bölgesel savaşlar, terör, ekonomik buhranlar, hızla gelişen teknoloji, siyasi gerilimler gibi olaylar hemen hemen hayatın her yönünü etkilemektedir. Bu etki, hem kişisel hem de organizasyonel bazda çok yönlü düşünme, çeviklik, inovasyon, adaptasyon, esneklik ve iletişim becerilerinin gelişmesini zorunlu kılmaktadır. Ticaret ve dolayısıyla da üretim & hizmet sektörleri bu gelişmeleri yakından takip etmek durumundadırlar.

Liderlerin, yöneticilerin sayılan yetenekleri haiz olması artık yeterli değil aynı zamanda sorumlusu oldukları organizasyonların da bu yeteneklerle donanmış olması ve bunları kullanabilecekleri ortamın sağlanması gerekmektedir. Vuca Kavram Çerçevesi Şekil 2.1.'de verilmiştir [7]. VUCA kavramı sadece endüstri de değil, siyaset, sağlık, eğitim, iletişim gibi hayatın her boyutunda karşımıza çıkmaktadır. Bu yeni ortama uyum yeteneği belirleyici bir güç olacaktır.



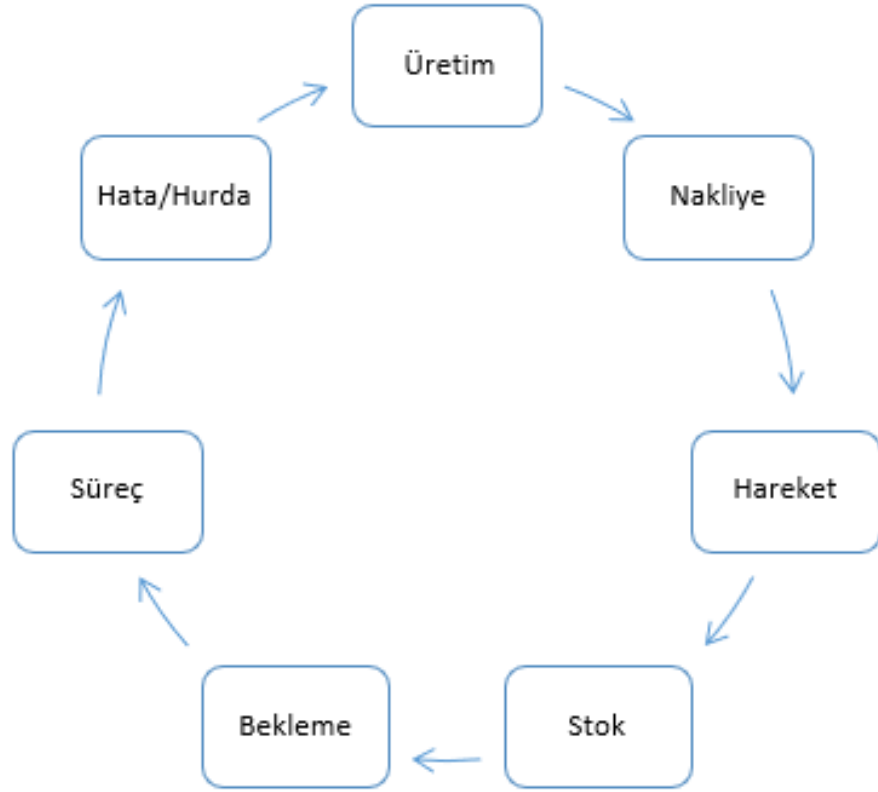
Şekil 2.1. VUCA Kavram Çerçevesi [7]

## 2.2 Tam Sırasında Üretim (JIS)

40 yıl kadar önce Japonya’da ortaya konan tam zamanında üretim felsefesi (JIT) , giderek karmaşıklaşan tedarik süreçleri ve diğer pazar zorunlulukları sebebiyle Tam Sırasında Üretim (JIS) felsefesine evrilmiştir. Bu evrimle birlikte otomotivde daha verimli ve düzenli bir tedarikçi besleme ağı yaratılmış olmaktadır. JIT üretim felsefesi, müşteri talebi kadar üretim, sifıra yakın hurda, minimum üretim hazırlık zamanı, üretim hızı esnekliği, her türlü israfın kaldırılması ve eğitimli personel gibi temellere dayanmaktadır. JIT üretim felsefesi temelde işletmelerin yedi temel israf noktasına odaklanmaktadır. Bu israf noktalarında yapılacak mükemmelleştirme faaliyetleri işletmenin başarısını teminat altına alacaktır. Üretim, nakliye, hareket, stok, bekleme, süreç, hata/hurda. Bu israf konularının birbiriyle ilişkisi Şekil 2.2.’de gösterilmiştir [8].

7 İsrarf Noktası şu şekilde açıklanmaktadır. Aşırı Üretim, talep olmadan, siparişi edilmeden yapılan üretimi ifade eder. Gereksiz hareket, ihtiyaç olmadığı halde çalışan

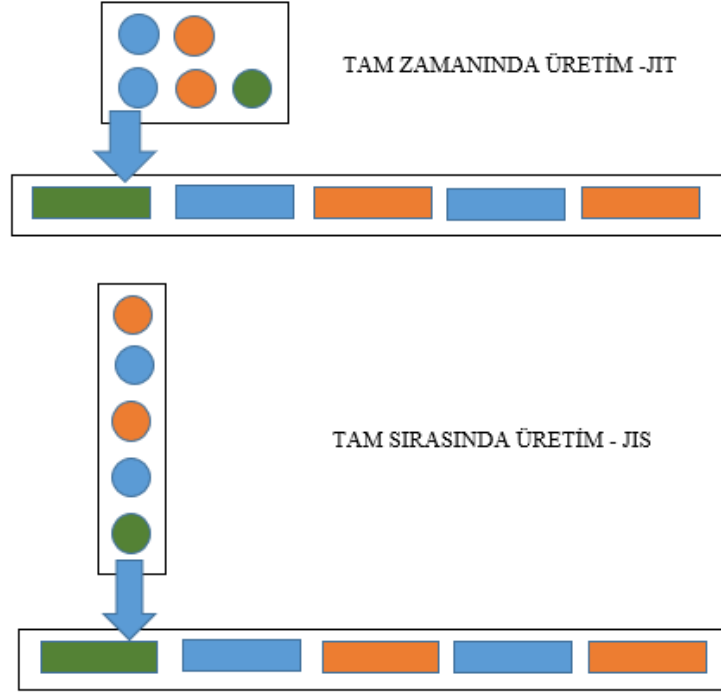
ve ürünlerin bir yerden başka bir yere hareket etmesidir. Aşırı stok, envanterlerde biriken üretilmiştir. Bekleme, önceki aşamalarda zamanında tamamlanmayan işlemler ve bu nedenle sonraki aşamalarda değer üretmeden bekleyen çalışanları ifade eder. Gereksiz süreçler, değer yaratmayan her türlü faaliyettir. Hatalı ürün ve Hurda, yeniden işlemeyi gerektiren hatalı ürünleri ifade eder



Şekil 2.2. 7 İsrâf [8]

Görüldüğü gibi bu israfların hepsi işletmeleri olumsuz yönde etkilemektedir [9]. Bu bilgiler ışığında JIS üretim felsefesi, JIT üretim felsefesinin bir türeği olarak ele alınabilir. Otomotiv özelinde değişkenliği olan müşteri siparişlerine göre (EDI: Electronic Data Interchange) otomotiv ana sanayi fabrika üretimiyle, tedarikçi fabrika üretimleri arasında eşgüdümü sağlamayı amaçlar. Bu amaçla ara nakliye sürecini optimize eden tedarikçi parkları kavramı ortaya konulmuştur. Aynı yerleşke içerisinde tüm tedarikçilerin ana sanayiyle birlikte çalışması sağlanmış olur. Bu çalışma yöntemi yukarıda anılan yedi israf noktasında etkinliği doğurmaktadır. Özellikle nakliye ve

stok alanında israf en aza indirilir. JIT ve JIS proseslerin görsel ifadesi Şekil 2.3.'de verilmiştir.



Şekil 2.3. JIT ve JIS Üretim Süreci [8]

JIT ve JIS kavramlarının karşılaştırması 6 farklı kritere göre yapılabilir. Tampon stok ya da ara stok, JIT için gereksiz olarak değerlendirilirken, JIS için daha çok daha kritik derecede gereksizdir. Özerklik, işletmeye özgünlük anlamında kullanılmıştır. Bu bağlamda JIT uygulamaları standart uygulamalarken JIS uygulamaları işletmeye özgüdür. Bilişim teknolojisi ihtiyacı, JIT için standart düzeyde gerekliyken, JIS işlemlerinde hayati derecede önem arz eder. Sıralama düzgünlüğü, JIT kavramında verimli bir kütle üretimi olduğundan büyük bir anlam ifade etmezken, JIS için temel felsefe ve amaçtır. Reaksiyon zamanı, JIT'de günlerle ifade edilirken, JIS 'de dakikalarla ifade edilir. Değişim miktarı, JIT kavramında yüksekken, JIS kavramında en yüksek düzeydedir.

Özet karşılaştırma Tablo 2.1.' de verilmiştir Özellikle reaksiyon zamanı JIT üretimlerde saat gün mertebesindeyken, JIS üretimlerde bu durum dakika mertebesine inmektedir [8].

Tablo 2.1. JIT ve JIS karşılaştırması [8]

Kriter	Just In Time (JIT)	Just In Sequence (JIS)
Tampon Stok	Gereksiz	Çok Gereksiz
Özerklik	Düşük	Maksimum
Bilişim Teknolojisi İhtiyacı	Standart	Çoklu İntegrasyon
Sıralama Düzgünlüğü	Önemsiz	Çok Önemli
Reaksiyon Zamanı	Saat/Gün	Saat/Dakika
Değişim Miktarı	Yüksek	Maksimum

### 2.3. Ürün Kompleksitesi

Üretim yapan tesislerde ürün çeşitliliği giderek zorlayıcı bir etken olmaktadır. Bunun ana sebeplerinden bir tanesi de müşteri talebinin değişkenliği ve özneliğidir. Diğer yandan ürün ömrü de pazarın beklentisiyle uyum içerisinde giderek kısalmakta ve yeni ürünlerin piyasaya sürülmesi gerekmektedir. Otomotiv sektörü bu ürün çeşitliliğinden lojistik özelinde çok etkilenmektedir. Sonuç olarak artan ürün kompleksitesi, daha karmaşık lojistik süreçlerini beraberinde getirmektedir. Öte yandan ürün esaslı kompleksiteyi yönetmek için belirlenmiş kapsayıcı bir performans göstergesi henüz tanıtılmıŝ değildir. Ürün esaslı kompleksitenin temel etkenleri Tablo 2.2.'de verilmiştir [10].

McKinsey& Company 2020 otomotiv raporunda dört anahtar bulguyu paylaşmıştır; bunların ilki de kompleksite ve maliyet baskısı olarak verilmiştir [11].

1. Kompleksite ve Maliyet Baskısı. Daha fazla ortak platform ve daha fazla modüler sistem olacaktır Aynı zamanda regülasyonlar sıkılaŝacak, fiyatlar mevcut pazarda yatay seyredecektir.

2. Ayrışan Pazarlar. Orijinal Parça Üreticileri (OEM) kendilerini, üretim/tedarik ayak izlerini, tedarik zincirlerini ve ürün portföylerini dikkate alarak, tedarik ve talebin değişen şartlarına, bölgesel değişikliklere uyum sağlamalıdır. Çin’de ortaya çıkan satış sonrası Pazar yeni fırsatlar barındırmaktadır.
3. Dijital Talepler. Tüketiciler giderek daha fazla ağa bağlanma, kullanım kolaylığı, güvenli sürüşe odaklanmaktadır. Satınalma kararlarını dijital platformları kullanarak vermektedir.
4. Değişen Endüstri Manzarası. Tedarikçiler, alternatif güç üretim ve aktarma organları, güvenli sürüş, araç içi bilgi eğlence sistemleri için inovatif çözümlere daha fazla değer katacaklardır. Avrupa beklentileri daha iyi karşılamak ve ortaya çıkan Çin rekabeti için kapasitesini yeniden yapılandırmak ve ayarlamak zorundadır.

Tablo 2.2. Kompleksitenin temel etkenleri [10]

Etken	Etken Tanımı	Etken Açıklaması
1	Araç Modeli Sayısı	Artan her araç modeli beraberinde artan parça sayısını getirir.
2	Parça Referans Sayısı	Varyant parçalar ülke özgü üretimler, opsiyonel ekipmanlar gibi sebeplerden gerekebilir; her varyant parça artan alan ihtiyacı doğurur dolayısıyla sıralamalı tedarik zinciri gerektirir.
3	Platform Sayısı	Platform stratejisi, modeller içindeki parça ortaklığını artırır.
4	Ortak Olmayan Parçaların Ortak Parçalara Oranı	Yüksek ortak parça oranı, tesisteki toplam parça sayısını azaltır.
5	Üretim Artışı Sayısı	Tedarik süreçleri ayarlanmak zorundadır ve yeni parçalar mevcut yapıya entegre edilmelidir.
6	Ölen Araç Modeli Sayısı	Tedarik süreçleri ayarlanmak zorundadır.
7	Ara Model Sayısı	İlave ürün çeşitliliği ve değiştirilen parçalar entegre edilmelidir.
8	Üretimin Hacmi	Yüksek üretim hacmi, yüksek tedarik hacmi demektir.

## 2.4. Fabrika Yerleşimi

Tesis yerleşim problemi 1950'lerden bu yana üzerinde çalışılan bir konudur. Tesis yerleşim problemine yaklaşımda temel problemler, detay ve temsiliyet seviyesine karar verme, nesnel fonksiyon bileşenleri (malzeme elleçleme maliyeti, tekrar yerleşim maliyetleri, dolaşımdaki envanter, akış zamanları) ve malzeme akış karakteristikleridir (deterministik, stokastik, statik ya da dinamik). Statik malzeme akışında ürün çeşidi ve hacmi planlanan zaman dilimi içerisinde sabitken, dinamik malzeme akışında hem ürün çeşidi hem de hacmi değişkenlik göstermektedir. Deterministik malzeme akışında her ikisi de öncesinde tam anlamıyla bilinmektedir. Stokastik malzeme akışında ise öncesinde bu bilgilere sahip değilizdir. Konvansiyonel yerleşim tasarımları ürün, süreç, hücresele ve sabit ürün yerleşimleridir.

Ürün yerleşim planları: Az ürün çeşidi, yüksek hacimli üretimler için kullanılır. Genellikle ürün üzerinde yapılan işlemlerin sıralandığı hat düzenlemeleridir. Bazı farklı ürünler aynı hatta üretilebilir buna karışık (mix) hatlar denir. Her ürün kendi hattına / hücreesine sahiptir ve yüksek verimlilikle çalışır.

Süreç yerleşim planları: Ürün çeşitliliği olan yerlerde kullanılır. Süreç ve fonksiyonlarına göre benzer işler ilgili iş merkezinde gruplanır. Farklı parça ve ürünler gruplar halinde farklı süreçlerden geçerler.

Hücresele yerleşim planları: Bir ürün ailesinin üretimine yönelik, hücre şeklinde gruplanmış makina ve ekipmanlar için kullanılır. Süreç ya da ürün yerleşim planıyla sabit yerleşim planlarının bir kombinasyonudur. İstasyonlar arasındaki iş birimi akışları üretim hatlarındaki gibidir. Fakat her istasyon, zaman kaybettiren değişimler olmadan farklı ürünleri üretebilir. Bu tip yerleşim planları ürün yerleşim planlarının verimliliğiyle, süreç yerleşim planlarının değişkenliği birleştirir. Her iki hedef de yüzde yüz başarılamasa her ikisinin optimum değer elde edilmiş olur.

Sabit yerleşim planları: Hareketsiz büyük hacimli işler için kullanılır; örneğin gemi, uçak üretimi ya da bina inşaatları. Ürün çok büyük ve taşınamaz olduğundan, üretim



kaynakları hareket eder. El işçiliği göreceli olarak fazla, ekipman ve makina mobilitesi ise yüksektir.

Yeni nesil yerleşim planları: Geleneksel yerleşim planları günümüz üretim gerekliliklerini karşılamamaktadır. Örneğin esneklik ve yeniden düzenlenebilirlik. Üreticiler beraberinde getirdiği maliyet ve kayıplardan ötürü yerleşim planı değişimlerine sıcak bakmamaktadırlar. Geleneksel yerleşim planları benzer ürünlerin uzun zaman boyunca üretileceği şekilde tasarlanmışlardır. Proses yerleşim planları, uzun zaman, büyük süreç içi envanter ve verimsiz malzeme elleçleme gerektiren karmaşık ve dinamik üretim planları için uygun değildir. Benzer şekilde hücre yerleşim planlarında benzer gereklilikleri olan ürün aileleri için tasarlanmışlardır. Bu da talep dalgalanmaları ve yeni ürün tanıtımlarında verimsizlik getirmektedir. Literatürde ürün çeşitliliğinin ve talebin dalgalandığı dinamik üretim şartları için yapılmış pek az çalışma vardır. Benjaafar diğerleri iki göstergeli yeni bir sınıflandırma ortaya koydular. Talepteki belirsizlik ve yeniden yerleşim maliyeti. Yeni nesil yerleşim planları Tablo 2.3.'de verilmiştir.

Tablo 2.3. Yeni nesil yerleşim planları [12]

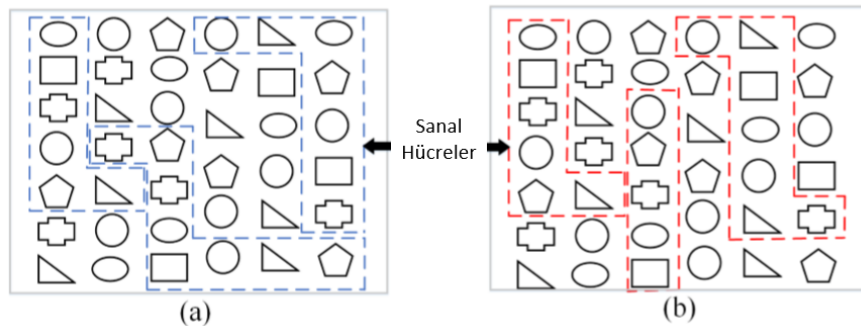
<b>Üretim Talebindeki Belirsizlik</b>		
<b>Yeniden Yerleşim Maliyeti</b>	<b>Düşük</b>	<b>Yüksek</b>
<b>Düşük</b>	Dinamik	Tekrar Kurgulanabilir
<b>Yüksek</b>	Kuvvetli	Dağıtılmış

Üretim talebindeki belirsizlik düşük olduğunda, önümüzü görebilir ve plan yapabiliriz. Eğer yeniden yerleşim maliyeti düşükse, dinamik yerleşim planı uygulamak mantıklı olacaktır. Dinamik tesis yerleşim problemi her bir zaman aralığındaki malzeme akışının bilindiği çoklu döneme yayılan bir problemdir. Problemin amacı belli bir zaman diliminde kullanılacak yerleşimin tipini belirleme ve bunun zamanlamasıdır. Bu tür planlama için belirtildiği gibi gelecek dönem bilgisinin güvenilir bir şekilde elde olması gerekir. Literatürde bununla ilgili yapılmış çalışmalar bulunmaktadır.

Eğer yeniden yerleşim planı uygulama maliyeti yüksekse fakat belirsizlik düşükse, yerleşimi değiştirmek mantıklı olmayacaktır. Bunun yerine majör değişiklikler içermeyen sabit yerleşimler tercih edilecektir. Bu tür yerleşimlere “kuvvetli” yerleşimler adı verilir ve her tür talep senaryosuna karşılık vermesi beklenir. Kuvvetli yerleşim planları için “esnek” tabiri de kullanılmaktadır. Bunun sebebi belirsizliklere ve çevredeki değişikliklere gösterdikleri dirençtir. Bu tür yerleşim problemleri literatürde henüz yeterince ele alınmamıştır.

Bugünün üretim atmosferi talepteki artışın ve belirsizliğin yüksek olduğu sınıfa girmektedir. Eğer yerleşim değişikliğinin maliyeti düşükse bu bizi değişim ihtiyacına cevap veren yeniden kurgulanabilir planlara götürür. Bir yerleşimi yeniden kurgulamak toplam malzeme elleçleme maliyeti en aza indirdiğinde oldukça avantajlı olabilir, çünkü ekipmanlar yeni üretimin getirdiği çeşitliliğe ve hacme cevap vermektedir. Geleneksel dinamik ve kuvvetli yerleşim planları gelecekteki üretim dönemlerini esas alırken, yeniden kurgulanabilir yerleşim planları şimdiki durumu sonrakine taşımaya elverişlidir. Mevcut ve gelecek üretim verileri bilinir ve planlamalar buna göre yapılabilir.

Yeniden yerleşim maliyeti, malzeme elleçleme maliyetini geçtiğindeyse görece daha sabit olan dağıtılmış yerleşim planları tercih edilir. Bu tür yerleşimler kümelenmiş fonksiyonel bölümleri, sanal yayılmış alt bölümlere ayırır. Bu alt bölümler tesis boyunca stratejik bir şekilde yayılır. Böyle hareket edildiğinde Şekil 2.4.’de gösterildiği gibi, farklı bölümler arası mesafeler kısaltılarak, bölümler arası geçişkenlik artırılmış olur [12].



Şekil 2.4. Dağıtılmış Yerleşim Planı [12]

## 2.5. Montaj Hatları

Seri üretim yapan tesislerdeki üretim hatları akış hatları olarak tanımlanmaktadır. Bu hatlar ürün özelliklerine göre tasarlanırlar ve gerekli işlemlerin ardıllık ilkesine göre istasyonlarda yapılmasıyla faaliyet gösterirler. Sürekli olarak aynı ya da benzer ürünler hattın çıkar. Seri üretimin dört ana ilkesine göre tasarlanır ve işletilirler. İş akışı ilkesi, ikame parça ilkesi en az uzaklık ilkesi, iş yükü dağılımı -hat dengeleme ilkesi.

İki tip üretim hattı sınıflandırılması yapılabilir.

1. Transfer Hatları: Seri şekilde birbirine bağlanmış otomatik makine dizilerinden oluşan kompleks yapılardır. Düz yada döngü tipi bulunabilir. Önceleri malzeme işleme amacıyla kurulmuş olsalar da sonraki dönemlerde montaj amaçlı da işlev kazanmışlardır. Otomatik transferler ve işleme şeklinde karakterize edilebilirler.
2. Montaj Hatları: Bu hatların ayırıcı özelliği, malzemelerin hat boyunca işçi tarafından işlenmeleri ve ard arda operasyonların yürütülmesidir. Temelleri Ford fabrikasında atılmıştır. Süreç içerisinde gelişimine devam etmektedir.

Birden çok ürünün üretimi söz konusu olduğunda bazı sorunlarla karşılaşmaktadır, bu gibi durumlarda seçenekler:

1. İki veya çok ürünün ayrı gruplarda üretilmesi. Çok ürünlü sistem olarak adlandırılan bu sistemlerde ürün değiştiğinde hattın da buna göre hazırlanması gerekir. Hazırlık zamanı kaybı kaçınılmazdır.
2. İki veya çok ürünün aynı anda aynı hatta üretilmesi. Karışık ürünlü olan bu sistemde hat tasarımı kritik önemdedir ve zor bir konudur.

Hangi seçenek tercih edilirse edilsin hat dengelemesi gerekliliği vardır. Otomotiv’de genellikle montaj hatları tercih edilir çünkü bu beraberinde üretim esnekliği getirir ve aynı hatta farklı modellerin üretimine imkan tanır. Transfer hatlarında bu esneklik yoktur. Kesikli seri üretim akış hatlarının açıklamalı görseli için Tablo 2.4. verilmiştir.

Tablo 2.4. Kesikli seri üretim akış hatlarının açıklanmalı sınıflandırılması [13]

Akış Hattı Tanımı		Ürün Sayısı	Ürün Değişimi	Birimlerin Akışı
Grup	Alt Grup			
Transfer Hattı	Tek Ürün	1	Yok	Düzenli
	Çok Ürün	>1	Parti değişimi	Yığınlarda düzenli
Montaj Hattı	Tek Ürün	1	Yok	Düzensiz(*)
	Çok Ürün	>1	Parti değişimi	Düzensiz(*)
	Karışık Ürün	>1	Sürekli (**)	Düzensiz(*)

(\*) Değişken istasyon sürelerinden dolayı bu durum montaj hatlarının belirgin özelliğidir.

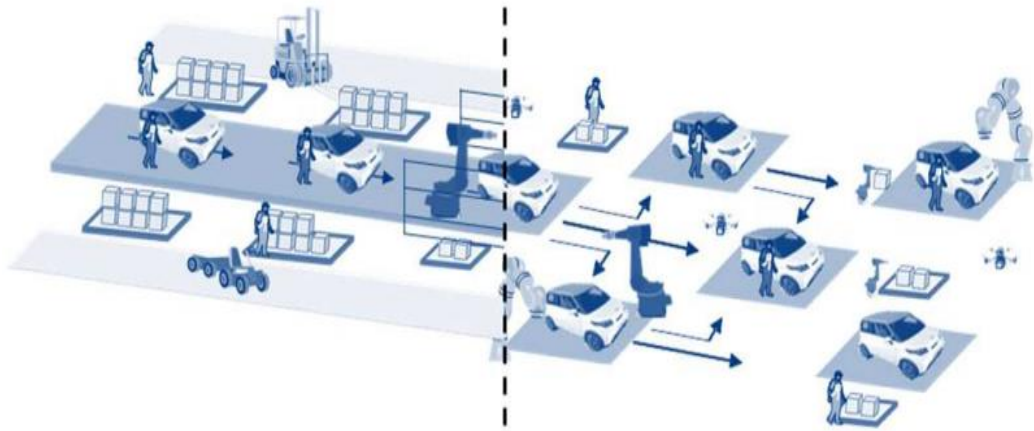
(\*\*) Herhangi bir zamanda, hat üzerinde, birkaç ürün tipinin bir karışımı bulunur.

Montaj hatlarında dengeleme kavramı çok kritiktir. Hat boyunca sıralanmış işçiler önlerine gelen yarı mamül ve bileşenleri tanımlanmış şekilde işleyerek nihai ürün hat sonunda çıkar. Bunun istenen verimlilikte gerçekleşebilmesi için her bir iş istasyonunda atıl zaman olmayacak ya da en aza indirgenecek şekilde bir kurgu yapılması gerekmektedir. Buna hat dengelemesi denir ve hat yerleşimiyle doğrudan ilişki içerisindedir. Üretim hızının artırılması, doğru planlama yapılması ve karlılığı doğrudan etkilemesi sebebiyle hat dengelemesi üretim endüstrinde ağırlığı olan bir konudur [13].

### 2.5.1. Çevik montaj hatları ihtiyacı

Daha önceki bölümlerde de ifade edilen belirsizliklerden ötürü (üretim hacmindeki dalgalanmalar, ürün çeşitliliği, kısalan proje fazları, kısalan ürün ömrü, karmaşık lojistik süreçler vb) otomotiv üretimi, montaj felsefesini de yeniden değerlendirmek durumundadır. Mevcut otomotiv pazarının eğilimi daha fazla çeşitli ürünün, daha az hacimle birden fazla lokasyonda üretilmesini gerektirmektedir. Klasik montaj bantları her zaman ihtiyaca cevap vermemektedir zira çevrim süresi dengeleme problemi güçleşmektedir. Buna karşılık çevik montaj sistemleri, bahsedilen problemlere

alternatif çözümler önermektedir. Çevik montaj sistemlerinin altında yatan mantık, klasik montaj istasyonları arasındaki rijit bağı koparmaktır. Geleneksel konveyör bantları gibi akan sistemler yerine otomatik kılavuzlu taşıma sistemleri (AGV) kullanılır; böylece montaj parçası merkezi olmayan montaj istasyonlarına serbest bir şekilde dağıtılabilir. Çevik montaj, önceden tanımlanmış montaj sıralaması kısıtlarına bağlı kalmaksızın, istasyonlara özgürce montaj görevi atayabilmemize imkân tanıyan esnek rotalama prensibine dayanır. Geleneksel montaj hatlarından, çevik montaj sistemlerine geçiş Şekil 2.5.'de görselleştirilmiştir [14].



Şekil 2.5. Geleneksel montaj hatlarından çevik montaj hatlarına geçiş [14]

Rota her bir ürün için ayrı ayrı belirlenir. Bu sistemin esas zorluğu tasarım ve kontroldür. Diğer konuların yanında çalışan bir kontrol sistemi, verimliliği sağlayacak şekilde montaj istasyonları ve esnek rota planlaması için adapte edilebilir iş planlarını gerektirir

Çevik montaj hatları tasarımında iki temel yaklaşım söz konusudur.

1. İşlem odaklı yaklaşım: Montaj istasyonlarının tasarımında ve ilgili istasyona atanacak operasyonlarda, yapılacak işlemleri esas alan yaklaşım, örneğin bir istasyonun sadece yapıştırma yapacak şekilde donanımlandırılması.
2. Ürün odaklı yaklaşım: İstasyonları, ürünün belirli bir parçasının montajını yapacak şekilde tasarlayan yaklaşım, örneğin tampon montaj istasyonu.

İşlem odaklı yaklaşım ürüne bağlı olmadığı için yüksek esneklik getirirken, istasyondan istasyona taşıma ihtiyacını arttırır [14].

### **2.5.2. Montaj hattı optimizasyonu**

Otomotiv sektöründe farklı markalar arasındaki rekabet, sistematik sürekli iyileştirme prosedürlerini gerektirmektedir. Hurdanın azaltılması, maliyetlerin düşürülmesi ve kalite iyileştirmeleri gündelik operasyonlarının bir parçasıdır. Bu iyileştirmeleri gerçekleştirmek o firmanın yatırım iştahı, işçilik ücretleri gibi pek çok etkene bağlıdır. Sürekli iyileştirme adına iki farklı yaklaşım takip edebilir. Bunlardan ilki el işçiliğinin bırakılması ve tamamen otonom sistemlere geçilmesidir. Yüksek maliyet ve yatırım gereksinimine rağmen, kalite seviyesi artarken ve çevrim süreleri dikkat çekici bir şekilde azalacaktır. İkinci yaklaşım görece olarak hiç yatırım gerektirmeyen ya da çok az gerektiren, operasyonel yönetim yöntemleri kullanarak çok etkili proses iyileştirmelerinin yapılmasıdır. Bu yönetim araçları “yalın üretim teknikleri” olarak adlandırılmaktadır. En etkili olanları Değer Akış Haritalandırma (VSM), Hat Dengeleme, Standart İş, SMED, Görsel Yönetim ve 5S’tir.

Üretkenlik sorununun olduğu ve tekrarlayan işlerde tamamen otomatik sistemlere geçişin üretkenliği %40 artırdığı çalışmalar bildirilmiştir. Çalışma neticesinde iki operatör başka işlere yönlendirilebilmiştir ve üretim kesintileri ortadan kalkmıştır. Üretim ekipmanının esnekliğinin arttığı da gözlemlenmiştir yani benzer ürünlerden oluşan ürün ailelerinin üretimine imkan tanımıştır. Önceki durumda farklı ürünler aynı aileden olsa dahi hat değişikliği için zaman kayıplarına yol açmaktaydı. Bir başka örnekte, otomotiv için cam sileceği şaftları üretiminde yarı otomatik hatlardan tam otomatik hatlara geçiş yapıldı. Çevrim süresinden ziyade kalite anlamında iyileşme dikkat çekiciydi Çok daha az hatalı ürün, %100 ürün kontrollerinin azalmasının yanında üretim hızı %19 yükselmiştir. Benzer iyileştirme çalışmaları ara stokun kaldırılması, iş sağlığı ve güvenliği koşullarının iyileştirilmesi amacıyla da devreye alınmıştır.

İşçilik maliyetlerinin görece düşük olduğu, yüksek yatırım imkânının olmadığı durumlarda yalın üretim teknikleri kullanılarak verimlilik, israf, iş sağlığı ve güvenliği, esneklik gibi konularda önemli iyileşmeler literatürde bulunmaktadır [15].

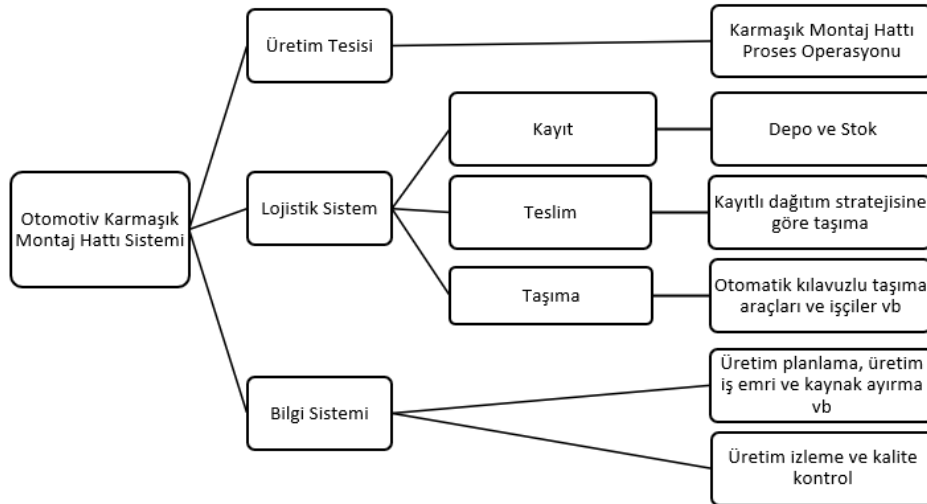
### 2.5.3. Montaj hattı 4.0

Üretim endüstrisi tarih boyunca üç aşamayı tamamladı: endüstri 1.0 mekanizasyon, endüstri 2.0 elektrizasyon, endüstri 3.0 enformasyon. Her aşamada üretim endüstrisinde hızlı ilerlemelere yol açtı. Bugünse Alman Hükümeti, endüstriyel robotları, ağ yapılanmalarını, bulut teknolojilerini ve diğer ileri teknolojileri entegre eden endüstri 4.0 kavramını ortaya koymuştur. Özel sektör temsilcileri, hükümet organları ve tüm diğer paydaşların katılımıyla tamamıyla akıllı ve otomatik endüstri 4.0 kavramı hayata geçirilmektedir. Prof D. Zuehlke, akışkan ürün üretimini örnek olarak kablosuz ağ, radyo frekans tanımlama (RFID), bluetooth iletişim, tablet PC, giyilebilir teknolojiler ve diğer uygulamaları kullanarak endüstri 4.0 modellemesi gerçekleştirdiler ve bu bir ilkti. SIEMENS üst yöneticilerinden Dr. Ruth aşamaları şu şekilde sıralamaktadır: Şirketler arası üretim entegrasyonun sağlanması, sanal gerçeklik kombinasyonu ve sonuncu aşama olarak da Siber- Fiziksel Sistemler (CPS). 2015 yılında Çin Hükümeti Made in China 2025 adı altında endüstri 4.0'ın Çin versiyonu için vizyon ortaya koydu. Müller, Almanya'da 68 küçük ve orta ölçekli işletme üzerinden yaptığı çalışmayla endüstri 4.0'ın iş yapış şekillerini nasıl etkilediğini inceledi. İlk olarak endüstri 4.0'nin anlamını dijital, akıllı ve birbirine bağlı olarak gösterdi. İkinci olarak endüstri 4.0'ın iş modellerinin değer yaratma, değer edinme, değer kazanımını değiştirmektedir. En büyük otomotiv üreticisi olan Çin, endüstri 4.0'ın keşfine yönelik bazı akıllı girişimlerde bulundu, örneğin FAW Volkswagen Foshan Fabrikası, Audi ve VW modellerini üretmek üzere tamamen akıllı yönetim uygulayan MBQ Modüler teknolojisini kullandı.

Bütün bunlara rağmen otomotiv montaj süreçleri son derece karmaşıktır. Endüstri 4.0 uygulamaları, tekrar konfigüre edilebilir montaj hatlarını gerektirmektedir. Öyle ki talep değişikliklerini, dar boğaz sürece göre özelleştirilmiş ürünlerin üretimini

yapabilir olsun. Karmaşık montaj hatları (mixed assembly line) , üretim sürecindeki bu esneklik prensibinin uygulamasıdır.

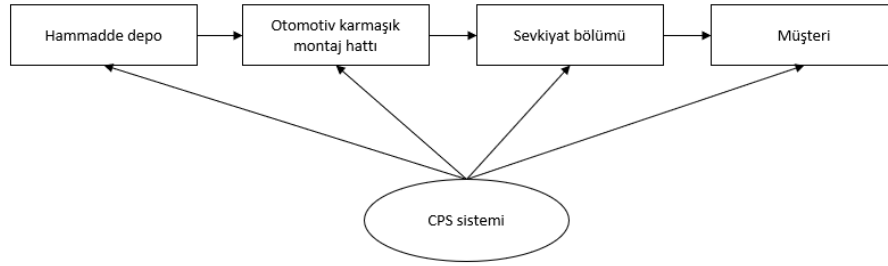
Geleneksel montaj hatlarıyla karmaşık montaj hatlarının temel farkı, sonuncusunun Siber Fiziksel Sistemler (CPS) tarafından kontrol edilen, en yüksek derecede otomatikleştirilmiş hatlar olmasıdır. CPS'nin karakteristik özellikleri, ekipman otomasyonu, birbirine bağıllık, akıllılık, konfigüre edilebilir ürün, akıllı süreçler, makinalar son olarak da ileri seviyede analiz ve modelleme yeteneğine sahip personellerdir. Şekil 2.6.'da gösterilen karmaşık montaj hattı, üretim tesisi, lojistik sistem ve bilgi sistemlerinden oluşmaktadır. Bütün bileşenler birbiriyle iletişim halindedir. Lojistik sistemler MRP/ERP kullanmaktadır.



Şekil 2.6. Otomotiv karmaşık montaj hattı kompozisyonu [16]

Geleneksel montaj hatlarında otomobil parçaları hammadde halinden depoya kadar standart ve tekrarlayan işlemlere tabi olmaktadır. Endüstri 4.0 da ise ürün ömür çevrimi boyunca internete bağlıdır. Müşteri ürünün tasarım ve üretim süreçlerine internet üzerinden katılmaktadır bu da sürekli çevrim içi, gerçek zamanlı bilgi akışını zorunlu kılar. İlaveten parçalar akıllı montaja imkân tanıyacak şekilde modüllere ayrılmaktadır. Geri dönüşler ve ürün kişiselleştirme, CPS tarafından hammadde fazından, depo süreçlerine kadar kontrol edilir. Geleneksel yöntemle kıyaslandığından ana farklılık Şekil 2.7.'de gösterilen CPS'tir.





Şekil 2.7. Endüstri 4.0 karmaşık montaj hattı modeli [16]

Hammadde ve bitmiş ürün stoğu da Envanter Kütüphanesinde saklanır. Gelen siparişlere göre haftalık günlük olarak tedarikçilere ulaşan bir bilgi akışı sağlar. CPS sinyal verdiğinde hammadde akıllı taşıma araçları yada robotlarla üretim döngüsüne sokulur.ve ilgili istasyona ulaşması sağlanır. Envanter güncellemesi anlık olarak yapılır. Üretim boyunca prosesler yüksek çözünürlüklü kameralarla izlenir ve ilgili bilgiler CPS üzerinden kayıt tutulur, örneğin procesteki işçinin bilgileri, kalite kontrol fonksiyonları vb. Biten ürün kalite kontrolden geçtikten sonra önceden belirlenmiş adrese yine otonom araçlarla götürülür ve saklanır. Sürecin işleyişi, Şekil 2.8.'de verilmiştir [16].

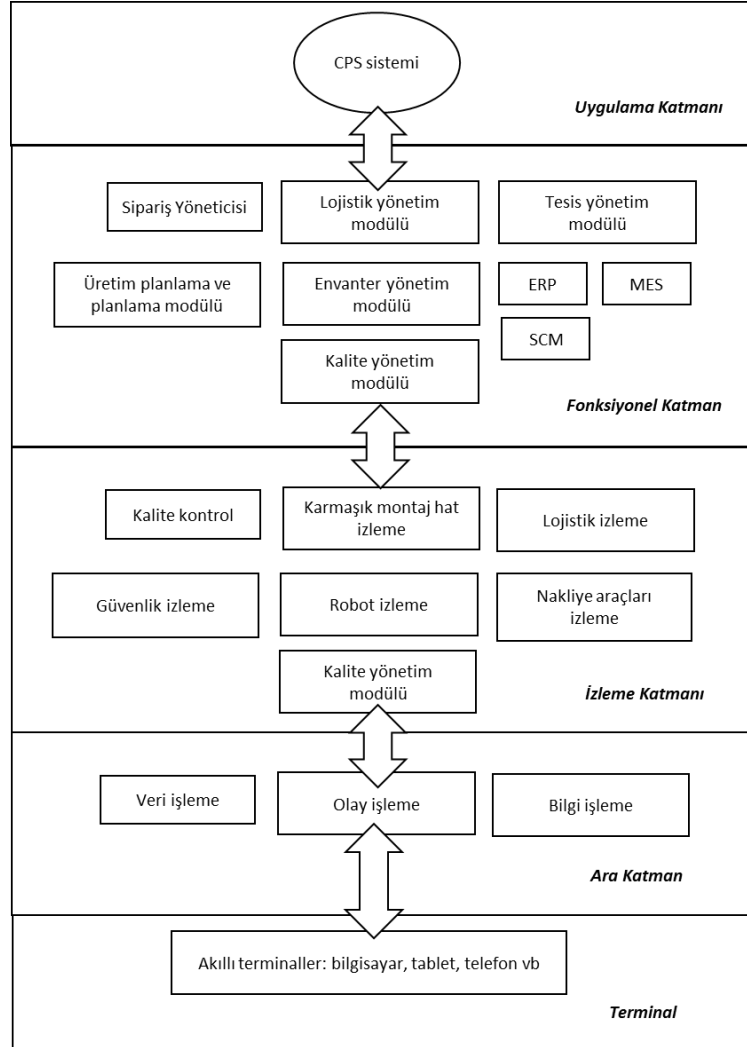
#### 2.5.4. Hat dengeleme

İki tip hat dengeleme problemi bulunmaktadır. Tip 1 ve tip 2.

1. Tip 1 problemler istasyon sayısını en azda tutarken, çevrim süresini sabit varsaymaktadır.
2. Tip 2 problemler çevrim süresini en azda tutarken, istasyon sayısını sabit varsaymaktadır [17].

Montaj hatlarında yarı mamüller ve bileşenler hattın başından sonuna kadar proses boyunca dahil olurlar. Bu işlem sırasında dikkat edilmesi gereken bazı kriterler bulunmaktadır. Malzeme akışının düzenli olması. İşçi ve makine kapasitesinin en üst seviyede kullanılması, kayıp sürelerin en aza indirilmesi, kayıp sürelerin istasyonlar arasında dengeli dağılımı, maliyet azaltılması.

Hat dengelemenin amaçları her zaman birbiriyle örtüşmediğinden en uygun çözümün bulunması gerekir. Dengeleme işleminde maliyet etkisi olan iki etkenden ilki işgücü, ikincisi alan maliyeti ve yatırım gereksiniminden ötürü hat uzunluğudur.



Şekil 2.8. CPS yapısı [16]

#### 2.5.4.1. Temel etmenler

Montaj hatlarını etkileyen temel etmenler ve kısıtlar şunlardır:

1. Mühendislik spesifikasyonları, süreçler arası öncelik ve kaynak ihtiyacı.
2. Montaj karakteri ya da yöntemi. Belirlenen yöntem bazı durumlarda işin daha kolay ve hızlı olmasını sağlayabilir.

3. Kullanılan makine ve ekipman. Bazı ekipmanların hattın farklı istasyonlarında kullanılması gerekebilir. Böyle bir durum hat sıralamasında dikkate alınır.

#### 2.5.4.2. Temel kısıtlar

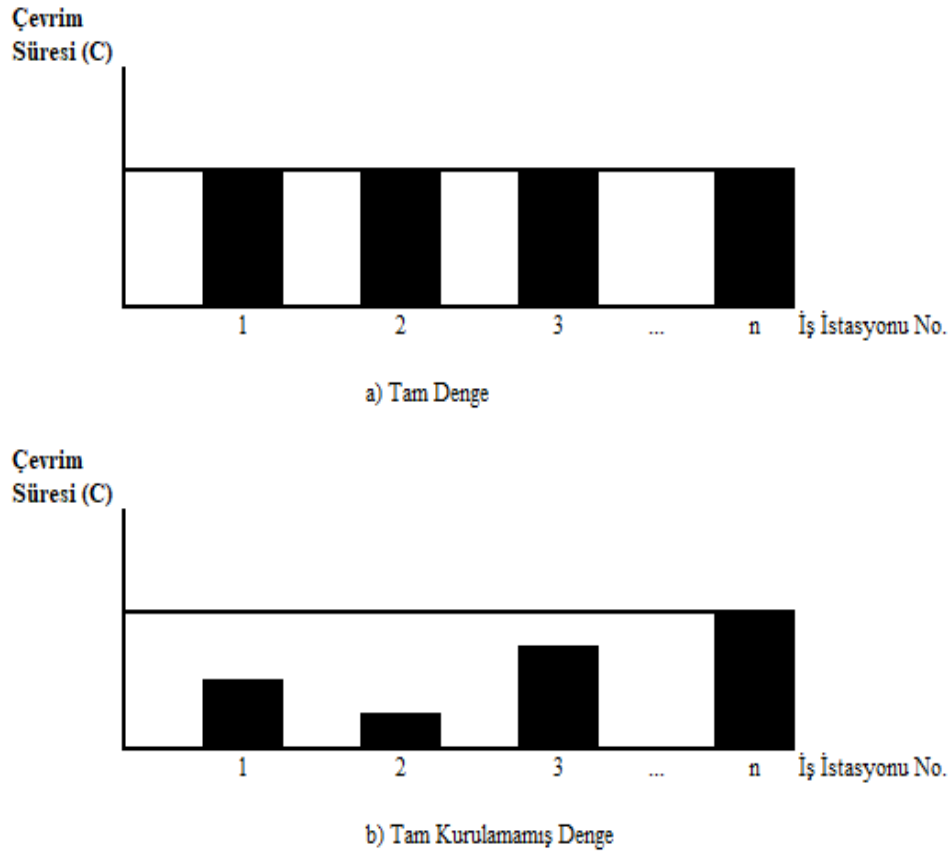
1. Çevrim süresi: Bunu net üretim hedefi, planlı olmayan duruşlar ve brüt çalışma süresi belirler. Bir ürünün her istasyonda geçirebileceği en yüksek süreyi ifade eder. O istasyona atanan işlerin toplam süresi çevrim süresini aşmamalıdır.
2. Öncelik ilişkileri: İstasyona işlem atanırken, öncelik sonralık ilişkisi dikkate alınmalıdır. İlki olmadan ikincisi yapılamayacak işlemleri ifade eder.

#### 2.5.4.3. Yan kısıtlar

1. Konum Kısıtı: Montaj yapılan nesne ile montajcının ilişkisini tanımlar. Özellikle büyük bileşenlerin montajında dikkate alınır. Ön ve arka konum kısıtı bantın her iki tarafında da işlem gerektiğinde ortaya çıkar. Tek işçinin karşıya geçmesi yerine iki tarafa da işçi koyularak aşılabılır. Alt üst konum kısıtı ise bileşenin hat üzerinde çevrilmesi gerektiğinde ortaya çıkar. Bileşeni ters çevirecek ekipman olmadığında yapılan işi bir kaç istasyona bölmek gerekebilir.
2. Sabit Donanım Kısıtı: Sabit donanım kısıtı istasyona atanacak işlerin esnekliğini azaltır. Hareket ettirilemeyen, durağan makine ve ekipmanlardır.
3. İstasyon Yüğü: Bazı istasyonlarda iş yükünün çevrim süresi altında olması yeğlenebilir. Hat başı duraklamaların etkisinin azaltılması için bir önlemdir.
4. Aynı İstasyona Atanması İstenen İş Öğeleri: Bu özelliğe sahip işler aynı ya da sıralı istasyonlara verilir. Örneğin aynı ekipmanı kullanma zorunluluğu varsa aynı işçi sıralı istasyonlarda çalışabilir ve ikinci bir ekipman ihtiyacını ortadan kaldırır.
5. Aynı İstasyona Atanmaması İstenen İş Öğeleri: Bu özelliğe sahip işler diğer bazı iş öğeleriyle aynı istasyon atanmaz. Örneğin aşırı fiziksel güç gerektiren işlerin farklı istasyonlara dağıtılması gerekebilir. İş yöntemi gereği dağıtım

gerekebilir, hassas ölçüm ve darbeli montaj işlemlerinin ayrılması örnek verilebilir.

Hat dengelemesi Şekil 2.9.'da grafik olarak gösterilmiştir [13].



Şekil 2.9. n istasyonlu bir montaj hattında tam denge ve tam kurulmamış denge [13]

## 2.6. Hat Ergonomisi

ILO (International Labour Organisation) ve WHO (World Health Organisation) tarafından kabul edilen ortak iş sağlığı tanımı “bütün çalışanların bedense, ruhsal ve sosyal iyilik durumlarını en üst düzeye ulaştırma ve sürdürme, çalışma koşulları yüzünden çalışanların sağlığının bozulmasını önleme, çalışanları çalışma ortamındaki sağlığı bozan etmenlerden koruma, çalışanların fizyolojik ve psikolojik durumuna en uygun işe yerleştirilmelerini sağlama” olarak verilmiştir. Benzer şekilde 1995 yılında iş sağlığı konusuna, çalışanların sağlığını ve çalışma kapasitesini koruma ve

geliştirme, yapılan işi geliştirme, işyerinde sağlık ve güvenliği destekleyen yönde iş organizasyonu ve çalışma kültürünü geliştirme gibi kavramlar da eklenmiştir.

Çalışanlara güvenli çalışma ortamı sağlamak ve işçilerin iş kazalarına uğramalarını önlemek amacıyla alınması gereken önlemler iş güvenliği olarak tanımlanmaktadır.

Ergonomi kapsamında yapılan çalışmalar farklı ülkeler tarafından farklı isimlerle adlandırılmaktadır. A.B.D insan mühendisliği, insan faktörü mühendisliği, İskandinav ülkeler biyoteknoloji terimini, Avrupa ise ergonomi terimini kullanmaktadır. OHSA'ya (Occupational Health and Safety Act) göre ergonomi; çalışanların yetenekleriyle iş ve çalışma koşulları arasındaki bağlantıyı kuran bilim dalıdır. Fiziksel çevrenin insan ile uyumlu hale getirilmesini ifade eder [18].

Gelişen teknoloji insan gücüne olan ihtiyacı ortadan kaldırmamıştır. Yoğun iş gücü gerektiren işlemlerde ergonomik olmayan çalışma ortamı ve çalışma duruşları iskelet kas sistemlerinde arızalara yol açmaktadır, ayrıca beraberinde iş verimliliği de düşmektedir. Saha çalışmaları insanı en çok etkileyen faktörlerin ağır kaldırma, tekrarlayan hareket, yanlış duruşlar, yüksek tempoda çalışma olduğunu ortaya koymuştur. Ergonomik çalışmalar aşağıda verilen noktaları dikkate alır.

1. Ekipman ve makina tasarımlarında kullanıcı faktörünün dikkate alınması
2. Çalışma ortam ve yöntem belirlenmesinde insan faktörünün dikkate alınması
3. Çalışana yetenek ve potansiyelini ortaya çıkaracak imkânların verilmesi
4. Çalışanın yaptığı işte anlam bulması ve motivasyonu

Bu şartlar altında salt bedensel zorlanma değil psikolojik zorlanma da bertaraf edilmiş olur. Doğru yapılmış bir ergonomi çalışması, iş sürelerinde iyileşmeye, strese bağlı kazalarda, devamsızlıkta, işgücü kayıplarında, kullanılan ekipmanın bozulması ve bakım gerekliliğinde azalmalara yol açar. Dolayısıyla da verimlilik, karlılık ve kalite olarak işletmeye katma değer sağlar.

Sadece gürültü, ısı, aydınlatma, ekipman ve makine tasarımı, süreç tasarımı gibi konuları değil, ilaveten mesai, vardiya ve dinlenme saatleri gibi olguları da ele alır. Çalışan sağlığı ve performansı göz önüne alınarak belirli ergonomik kriterlerin sağlanması ve incelenmesi gerekmektedir.

1. Antropometri
2. Çevresel Koşullar
3. Çalışma Ortamları [19]

Türk işçileri için belirlenen antropometri ölçüm noktaları Şekil 2.10.'da verilmiştir.  
[19]



Şekil 2.10. Türk işçilerine ait antropometrik ölçüm noktaları [19]

## BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

### 3.1. Magna Koltuk Fabrikasının Operasyonel Yapısı

Ford OTOSAN, Gölcük Fabrikasında iki model ticari araç üretmektedir.

1. V362 Transit Custom (Şekil 3.1.)
2. V363 Transit (Şekil 3.2)

Magna Otomotiv San ve Tic A.Ş. Koltuk fabrikası bu iki model aracın koltuk ihtiyacını JIS üretim felsefesiyle karşılamaktadır. Montaj operasyonu Ford OTOSAN tedarikçi parkında Magna'ya tahsis edilmiş olan alanda ve Şekil 3.3.'te gösterilen tesiste yürütülmektedir.



Şekil 3.1.V362 Transit Custom





Şekil 3.2. V363 Transit



Şekil 3.3. Magna koltuk fabrikası

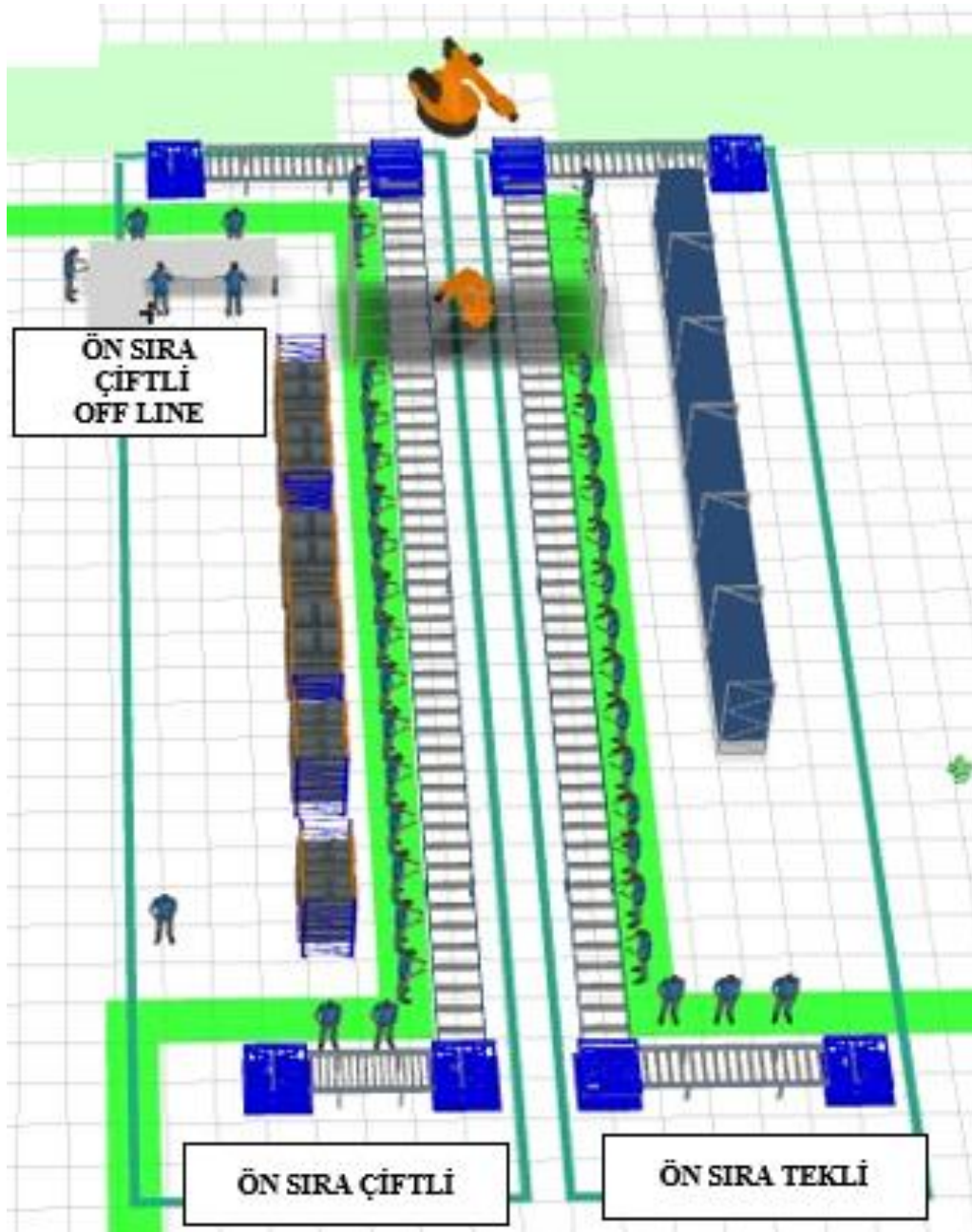
Montaj faaliyetleri 6 farklı üretim hattında ve offline adı verilen hücre tipi yapılarda yürütülmektedir.

V362 Projesi ve V363 Projesinin ön sıra koltukları aynı hatlarda üretilmektedir.

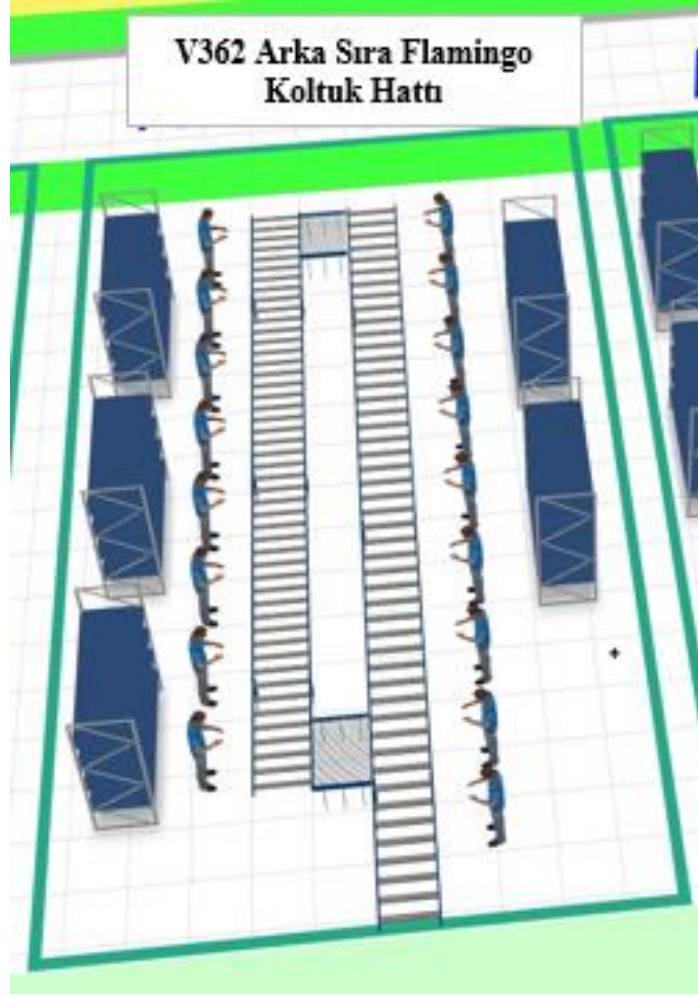
1. Ön Sıra Tekli Koltuk Hattı (Şekil 3.4.)
2. Ön Sıra Çiftli Koltuk Hattı (Şekil 3.4.)
3. V362 Arka Sıra Flamingo Koltuk Hattı (2 hat) (Şekil 3.5.)

4. V363 Arka Sıra M2 Koltuk Hattı (Şekil 3.6.)
5. Faz 2 Çoklu Koltuk Hattı (Şekil 3.7.). Bu hatta hem V362 hem V363 projesinin arka sıralarında kullanılan üçlü, dördü büyük koltuklar üretilmektedir.

Montaj hatları sıralı istasyon şeklinde yapılandırılmıştır ve parça beslemeleri hat arkasında bulunan süper marketlerden yapılmaktadır.



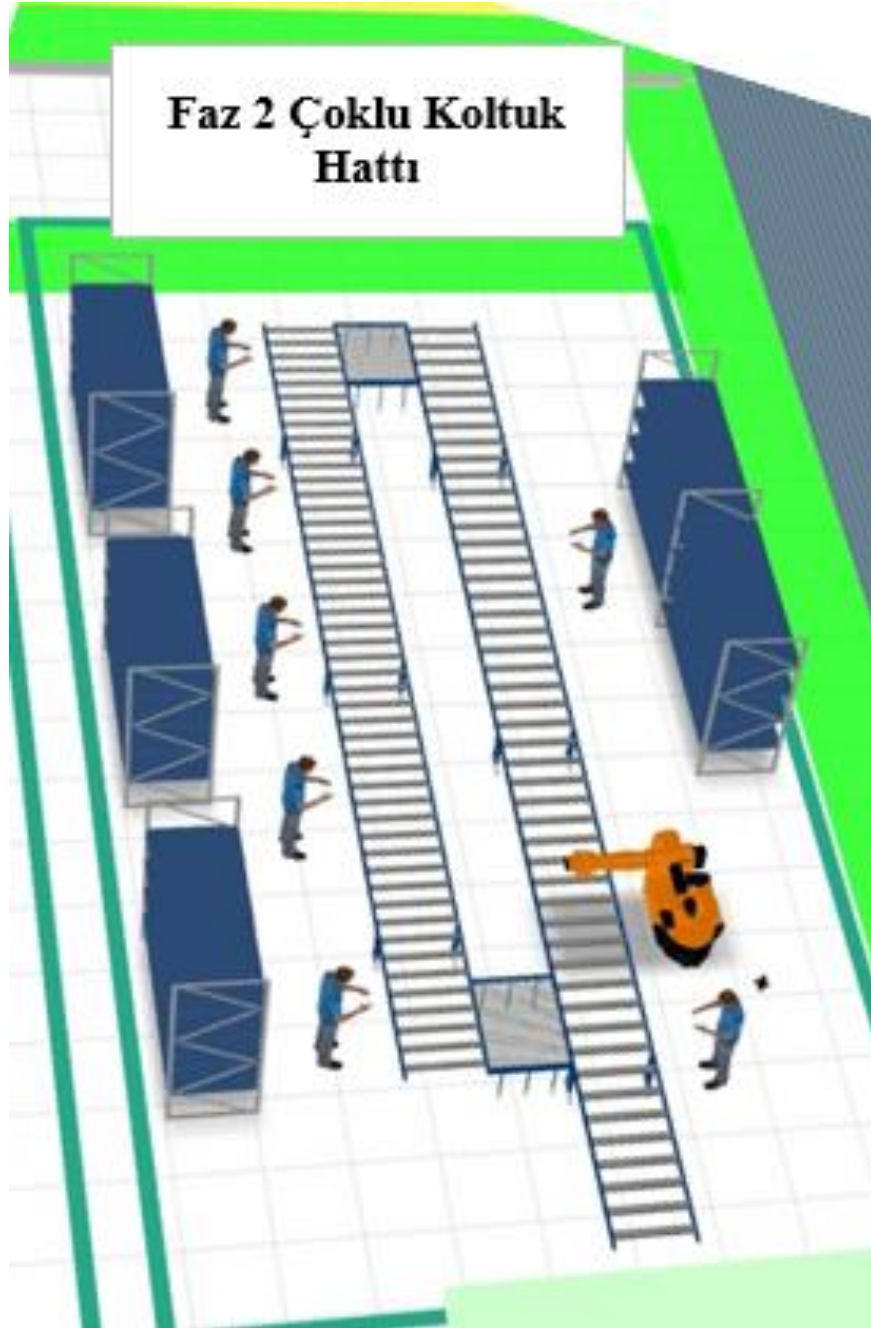
Şekil 3.4. Ön sıra tekli ve çiftli koltuk montaj hatları



Şekil 3.5. V362 Arka sıra flamingo koltuk montaj hattı. 2 adet bulunmaktadır.

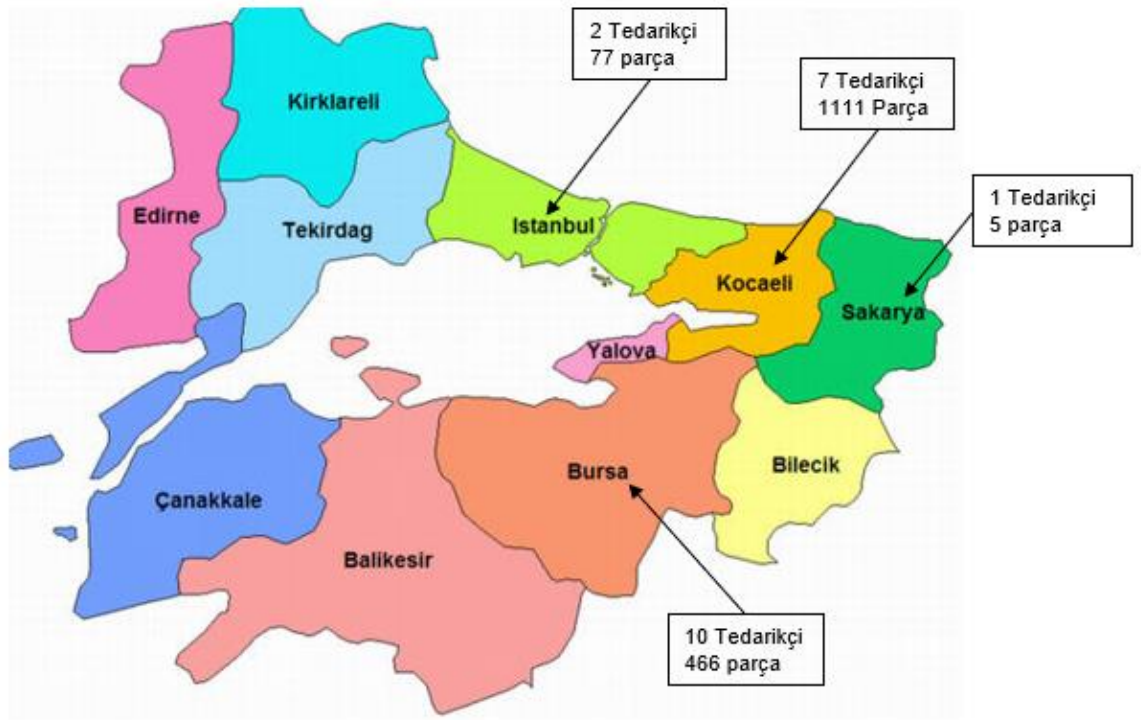


Şekil 3.6. V363 arka sıra M2 koltuk montaj hattı

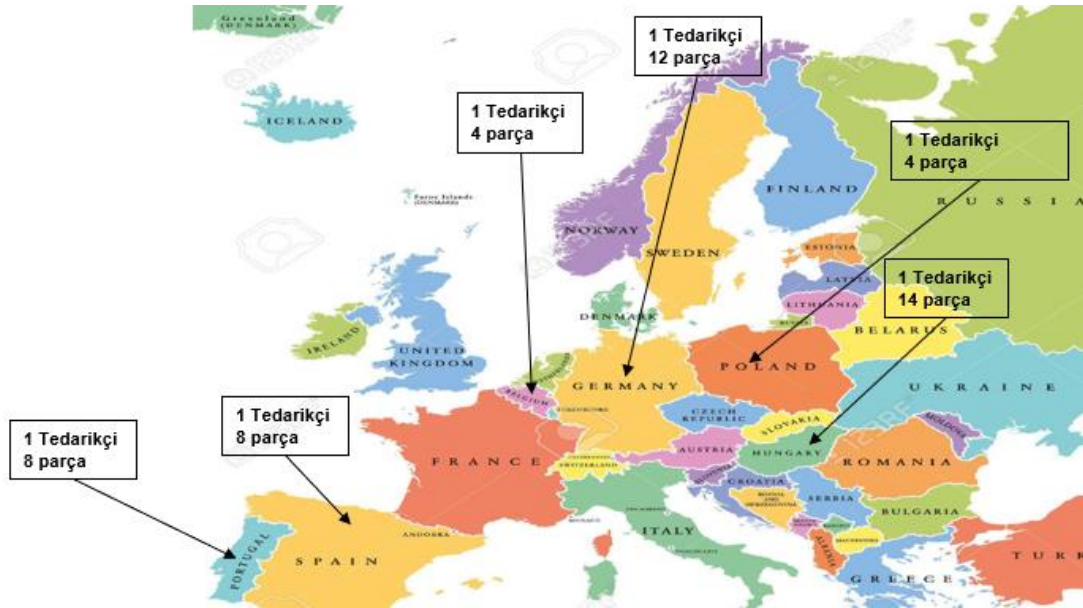


Şekil 3.7. Faz 2 çoklu koltuk montaj hattı

Koltuk montajında kullanılan ana bileşenler, metal karkas, sünger, kılıf, plastik, kolçak, başlık, katlanır masa (FOT), emniyet parçaları, bağlantı elemanları, elektrik aksamı, bel destekleri, sensörlerdir. Bileşenler yurt içi ve yurt dışındaki tedarikçilerden toplanmaktadır. Tedarikçilerin coğrafi dağılımı Şekil 3.8. ve Şekil 3.9.'da verilmiştir.



Şekil 3.8. 2015 yılı yerli tedarikçi dağılımı ve alınan parça sayısı



Şekil 3.9. 2015 yılı yurtdışı tedarikçi dağılımı ve alınan parça sayısı

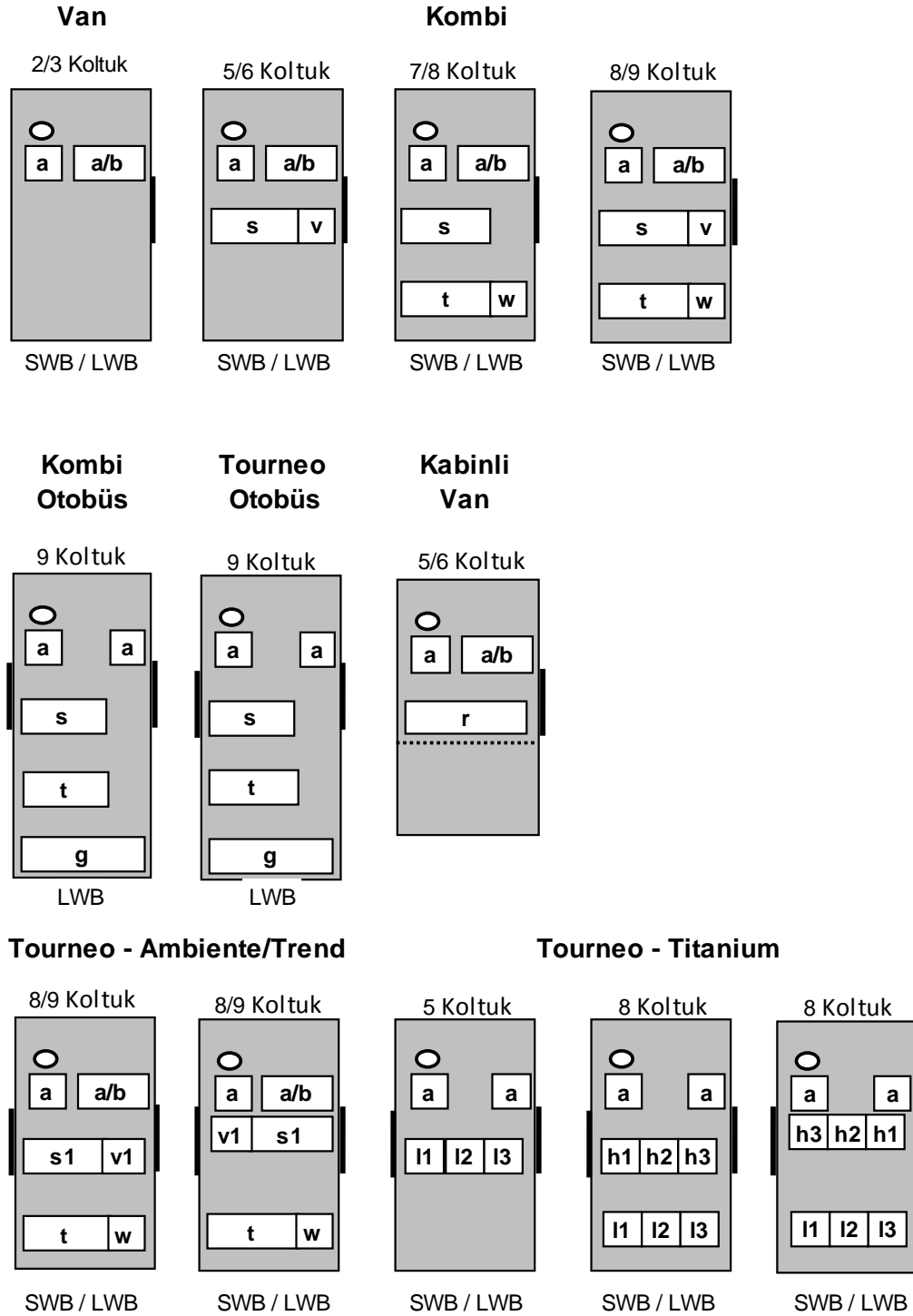
Montaj hatlarında V362 projesi için yayın zamanlaması 120 dk, V363 projesi için yayın zamanlaması 140 dk dır. Yayın zamanlaması araç montajında boya öncesi istasyona giriş zamanını ifade eder, diğer bir deyişle koltuk fabrikası V362 projesi için

120 dk, V363 projesi için 140 dk öncesinde hangi koltuğu üreteceği bilgisini almış olur. Bu süreler içerisinde ilgili koltukların ürün ağacında bulunan bileşenlerinin toplanması, hat üzerinde bir araya getirilmesi, son kontrollerini yapılması, kaliteden onaylı bir şekilde doğru olarak sıralanarak araç fabrikasında koltuk taşıyan vagonlara yerleştirilmiş olması gerekmektedir. Koltukların uygun sırayla tam zamanında araç montaj hattına girmesi beklenir.

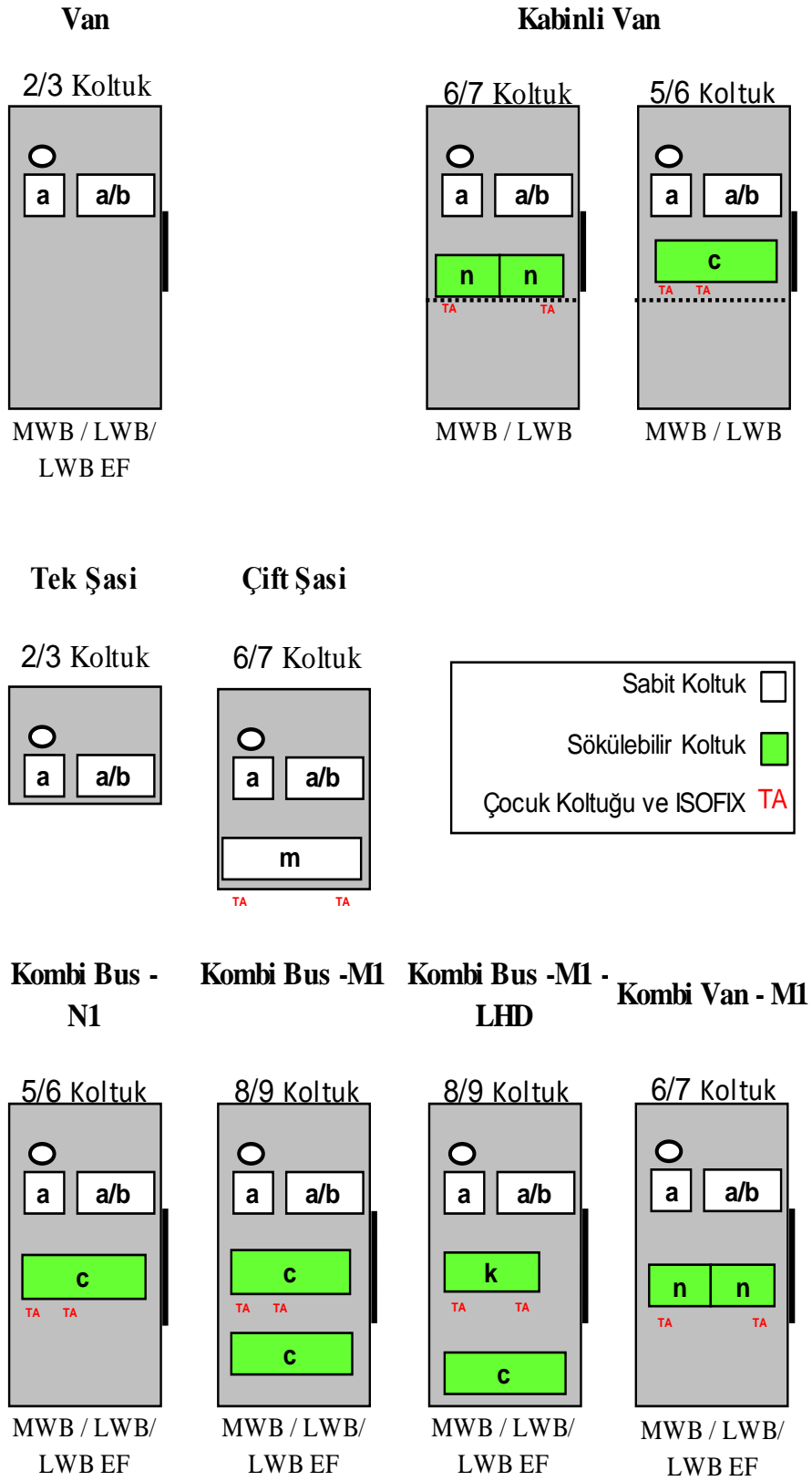
Koltuk fabrikası genel olarak istisnai durumlar dışında bitmiş ürün stoku yapamamaktadır. Hangi koltuğun üretileceği bilgisi yayın süresi öncesinde bilinmemektedir. Koltuk bileşenleri açısından yurtdışından gelen için en fazla bir haftalık stok bulunmaktadır, yerli tedarik parçaları için en fazla iki günlük stok bulunmaktadır. Bu durum üretim anlamında çok hassas bir denge gerektirmektedir. Doğru ve etkin planlama yapılmaması, müşteri siparişindeki dalgalanmalar, araç sıralamasındaki değişiklikler koltuk üretiminin zorlayıcı noktalarıdır. Detayı ilerleyen bölümlerde verilecek olan ürün kompleksitesini bir diğer zorlayıcı faktördür. Deri, kumaş, vinil gibi farklı kumaş tipleri, bu tiplerin farklı renkleri, ısıtıcı, bel desteği, kolçak kullanımı, manuel ya da motorlu mekanizmalar, farklı koltuk tipleri ile beraber düşünüldüğünde sayısı binlerle ifade edile farklı tiplerde koltuk kompleksitesini beraberinde getirmektedir. Araç tipleri ve koltuk konfigürasyonları Şekil 3.10. Şekil 3.11. ve Şekil 3.12.'de verilmiştir. Koltuk tanımlarında harf ve rakamlar farklı koltuklar için kodlamaları ifade eder, örneğin a, b, v, w vb.

Yüksek adetli ürün ve düşük adetli ürün koltuk üretiminde kilit bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Yüksek adetli ürün denildiğinde aynı koltuktan yıl boyunca yüksek miktarda üretim, düşük adetli ürün denildiğinde aynı koltuktan yıl boyunca az miktarda ya da sıfır üretim anlaşılır. Yüksek adetli üretim yapmak her bakımdan tercih edilmesi gereken bir durumdur, yüksek verimlilik, tekrarlayan operasyondan ötürü az hata hatta ara stok yapılması imkânını doğurmaktadır. Bütün bu avantajlarına karşın Magna koltuk fabrikasında yüksek adetli ürün oranı müşteri talebine istinaden toplam üretimde %5 'ten az yer tutmaktadır. Bu gerçek önceki bölümlerde ifade edilen pazarın kişiselleştirilmiş ürün eğilimiyle uyumludur. Ana sanayi ürün gamını olabildiğinde çeşitlendirerek pazarda yer tutmak stratejisini benimsemektedir.

Ürün kompleksitesini değerlendirebilmek için Tablo 3.1.'de verilen matrisi bakılmalıdır. Görüldüğü gibi 15 satıra 8 sütundan oluşan bir özellik matrisi oluşmaktadır, üstelik bu kompleksite matrisine koltuk kılıflarının renk seçenekleri dahil edilmemiştir.



Şekil 3.10. V362 araçlarında koltuk konfigürasyonu



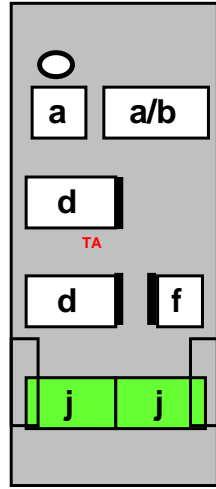
Şekil 3.11. V363 araçlarında koltuk konfigürasyonu -1



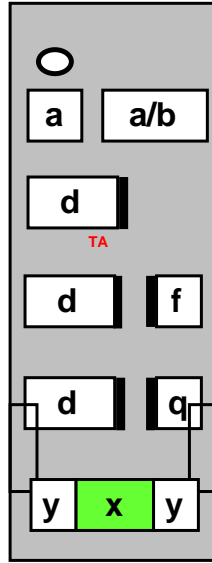
\*11/12 Koltuk

\*14/15 Koltuk

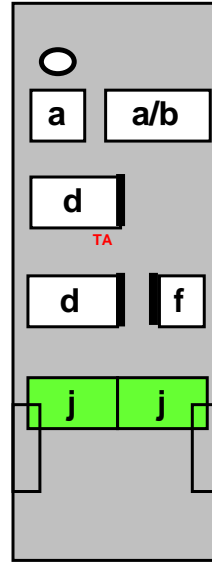
\*\*11/12 Koltuk



MWB

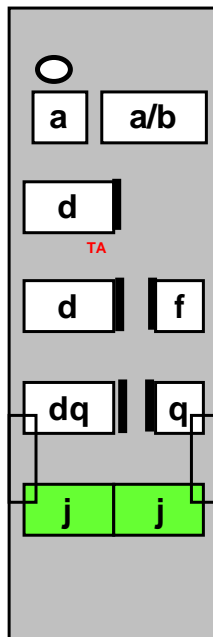
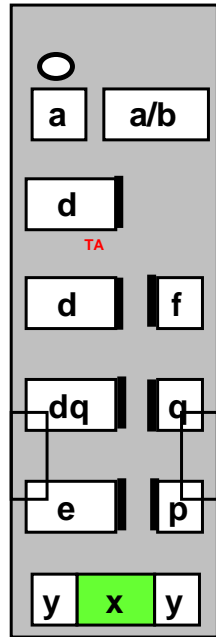


LWB



LWB

*17/18 Koltuk	**14/15 Koltuk
---------------	----------------



Şekil 3.12. V363 araçlarında koltuk konfigürasyonu -2



### 3.2. Müşteri Kapasite Artış Talebinin Anlaşılması

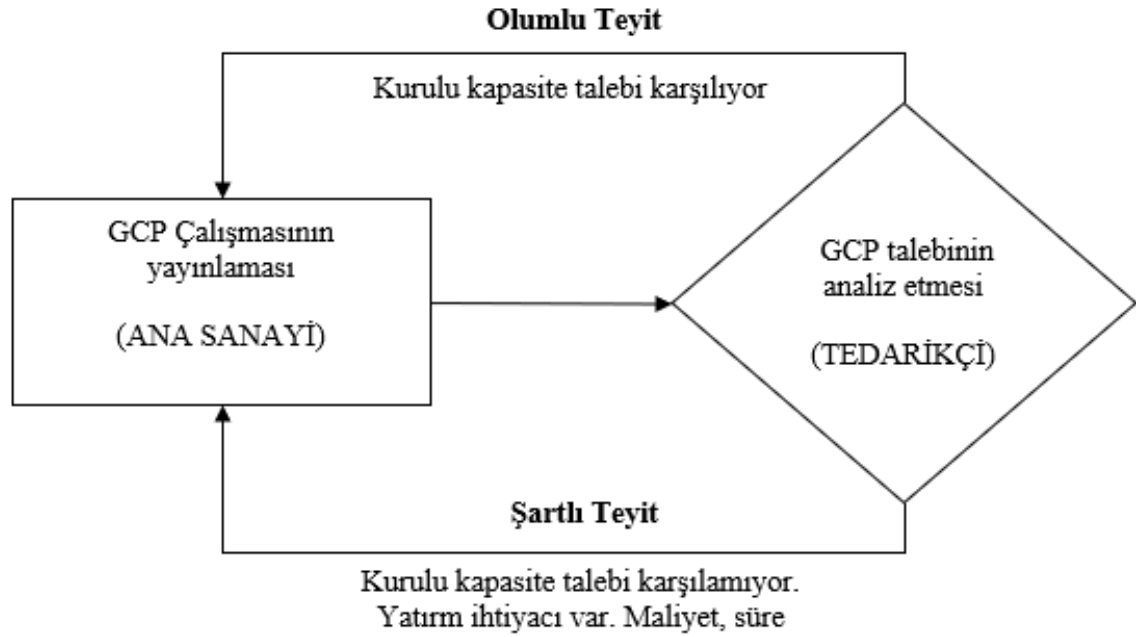
GCP (Global Capacity Planning) müşterinin kapasite artış çalışmalarına verdiği isimdir. Her bir çalışma ona özgü kod numarasıyla tedarikçilere web portalı üzerinden duyurulur ve ilgililere e-posta gönderilerek çalışmanın konusu ve kapanış tarihi ilan edilir.

Gelen talepte üretilmesi planlanan araç sayısı, müşterinin ilgili tedarikçiye sipariş geçtiği her bir referans için haftalık minimum ve maksimum talep miktarı, üretilecek araçların pazar olarak kısıtlımı örneğin Kuzey Amerika, Avrupa, Rusya, çalışmanın geçerli olacağı tarih aralığı ve çalışmaya cevap verilmesi gereken hedef tarih verilir.

Tedarikçiler kendilerine gelen talebi inceleyerek kapasite artışını destekleyip destekleyemeyeceklerini incelerler. Bunu yaparken kendi üretim kısıtlarını olduğu kadar kendi tedarikçilerinin kısıtlarını da değerlendirirler. Gelen talep kurulu kapasitenin üzerindeyse kapasite artışıyla ilgili ihtiyaçlarını, bunun maliyetini ve devreye alma süresini talebin geldiği portal üzerinden cevap için verilen hedef tarihini geçirmeden bildirirler. Gelen talep kurulu kapasite içinde karşılanabiliyorsa yine aynı portal üzerinden teyit edilir.

Müşteri tedarik zincirinden gelen bilgileri toplar ve bir dizi toplantıyla talepleri anlamaya çalışır, inceler ve pazarlık yapar. Anlaşma halinde gereken yatırım bütçesinin ilgili tedarikçiye akmasını sağlar. GCP çalışma döngüsü Şekil 3.13.'de verilmiştir.

Böylece kapasite artış çalışması bir projeye dönmüş olur ve başlatılır. İlgili yatırımlar düzenli olarak takip edilir, gerekiyorsa testler yenilenir. Süreç içerisinde aksama yaşanan konularda düzeltici eylem planları sunulur ve düzenli toplantılarda gözden geçirilir.



Şekil 3.13. GCP çalışma döngüsü

Müşteri 2015 yılı ve sonrasında araç üretiminde planladığı kapasite artışlarını Tablo 3.2.'de gösterildiği gibi bildirmiştir. V363 projesi müşterinin Rusya Elabuga fabrikasında da üretilmektedir ve bazı parçaları Magna Türkiye tarafından tedarik edilmektedir. Bu sebeple kapasite çalışmalarında değerlendirilmesi zorunludur. GCP3255 bu çalışmanın başladığı durumu göstermektedir.

Tablo 3.2. Yıllara göre araç üretim kapasitesindeki artış planı

	2015	2017	2018	2019
	GCP 3255	GCP 3704	GCP 3846	GCP 3951
V362 Gölcük	130K	180K	180K	187K
V363 Gölcük	110K	132K	140K	150K
V363 Elebuga	6K	9K	9K	9K
Toplam Araç / Yıl	240K	312K	320K	337K

Tablo 3.2.'de verilen araç üretimindeki artış planlamasının, koltuk üretim planlaması için ne ifade ettiğini analiz etmek gerekmektedir. Bu sebeple toplam araç sayısından, hangi

model araçtan kaç adet üretileceğine, model sayısından hangi konfigürasyonda kaç adet üretileceğine, oradan da hangi koltuk referansından kaç üretileceğine giden bir dizi hesaplama yapılması gerekmektedir.

Tablo 3.2.'de verilen yıllık toplam araç sayılarının, koltuk bazında günlük üretim sayılarına çevrilmiş hali Tablo 3.3.'de verilmiştir. Aynı tablo içinde deri koltuklu araç sayısı ve araçlarda kullanılacak deri koltuk sayısı da verilmiştir. Bunun sebebi aynı koltuğun deri kılıflı versiyonunun çevrim süresinin kumaş kılıflıya göre daha fazla olmasıdır. Deri koltuk montajı daha uzun sürmekte ve montaj sonrası ütüleme prosesine girmektedir.

Bu durum üretim hatlarında dar boğaz oluşturmaktadır ve dolaylı olarak araç üretiminin de dar boğazı olmaktadır. Otobüs tipi çok koltuklu araçların ard arda sıralanması halinde koltuk üretiminin yetişmemesi riski bulunmaktadır. Bu sebeple dinamik bir iletişim süreciyle otobüs tipi çok koltuklu araçlarla, van tipi sadece ön koltuğu olan araçların etkin sıralanması sağlanır. Benzer bir dengeleme deri ve kumaş koltuk çeken araç sıralamasında da dikkate alınır.

Tablo 3.3. Yıllık araç kapasite artış talebinin günlük koltuk kırılımı

	GCP 3255	GCP 3704	GCP 3846	GCP 3951
Araç / Gün	805	1095	1130	1235
Ön Tekli Koltuk /Gün	966	1314	1356	1482
Ön Çiftli Koltuk /Gün	644	876	904	988
V362 Arka Sıra Flamingo Koltuk /Gün	500	832	943	1053
V363 Arka Sıra M2 Koltuk /Gün	450	450	240	240
Arka Sıra Çoklu Koltuk /Gün	90	110	145	145
Deri Koltuklu Araç / Gün	16	58	81	117
Deri Flamingo Koltuk /Gün	60	114	324	324

### **3.3. Uygulama Projesi Başladığında Mevcut Durum**

#### **3.3.1. İnsan kaynağı**

2015 yılında GCP3255 kapsamında Magna Koltuk Fabrikası toplam 288 kişiyle operasyonlarını yürütmekteydi.

1. 132 Doğrudan Çalışan
2. 57 Geçici Çalışan
3. 14 İdari Personel
4. 85 Dolaylı Çalışan

#### **3.3.2. Ürün çeşitliliği**

19 farklı opsiyonu olan 760 farklı koltuk üretimi gerçekleştirmektedir.

#### **3.3.3. Satınalma parça sayısı**

Yerli ve yabancı 30 farklı firmadan temin edilen 1215 satınalma parçası bulunmaktadır.

#### **3.3.4. Çalışma düzeni**

V362 Projesi 2 vardiya, V363 Projesi 1 vardiya üretim düzeninde çalışmaktadır .Müşteri üretim planlamasına göre eşgüdümlü mesai uygulanmaktadır.

#### **3.3.5. Yerleşim alanı**

Tesis 5452 m2 kapalı, 5988 m2 açık alanda operasyonlarını yürütmektedir. JIS prensibinden dolayı montaj hatlarının tedarikçi parkı içerisinde bulunma zorunluluğu

vardır. Tedarikçi parkında ilave alan talebi müşteri tarafından kendi kısıtları sebebiyle olumlu karşılanmamıştır.

Bütün bu bilgiler ışığında müşteri 2015 yılından 2019 yılına kadar kendi araç üretim kapasitesini %40 artırmayı planlamaktadır. Magna Otomotiv Sanayi ve Ticaret A.Ş. sıralama yapması sebebiyle tedarikçi parkı dışında montaj yapamamaktadır. Tedarikçi parkı içinde ilave alan tahsis edilememektedir. Bu kısıtlar çerçevesinde üretimde herhangi bir kesintiye yol açmadan müşteri talebiyle paralel olarak koltuk üretim kapasitesini artırması gerekmektedir.

## **BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI**

### **4.1. Kapasite Artış Talebinin Karşılanmasına Yönelik Aksiyonlar**

Müşterinin kapasite artış talebi kademeli olarak alınan bir dizi aksiyonla karşılanacaktır. Alınan aksiyonlar ilgili kapasite çalışması içerisinde detayıyla verilmiştir.

### **4.2. GCP 3704 Uygulama Projesi ve Aksiyonlar**

V362 Projesi iki vardiya düzeninden üçlü vardiya düzenine geçmiştir. Alınan bir dizi hat iyileştirme aksiyonlarıyla vardiyalık V362 arka sıra flamingo koltuk üretim kapasitesi 250 den 277 'ye çıkarılmış, günlük koltuk kapasitesi 877 olmuştur. Eklenen vardiya sebebiyle 72 operatör alınmıştır.

Günlük talep arttığı için günlük envanter miktarı da artmıştır. Artış sebebiyle 1000 m2 alan ihtiyacı doğmuştur. Bu ihtiyacı karşılamak için yanal büyüme imkanı olmadığından, çözüm üretilerek fabrika içerisinde mezanin adı verilen ara kat yapılmıştır. Mezanin üzeri kılıf, sünger ve plastik stok alanı olarak kullanılmıştır.

Mezanin yapılması ardından zemin katta bulunan montaj hattı operasyonlarındaki verimi artırmak ve ara taşıma işleminden kurtulmak için yer çekimi kuvvetinden yararlanarak yukarıdan aşağıya ray üzerinde hat beslemesi uygulaması devreye alınmıştır. Böylece kılıf ve sünger sıralanarak ilgili istasyona Şekil 4.1. ve 4.2. de gösterildiği gibi havadan gönderilmektedir.





Şekil 4.1. Sıralaması yapılan kılıf ve süngerin rayla montaj hattına gönderilmesi



Şekil 4.2. Sıralanan kılıf ve sünger

Havadan yapılan sıralama işlemi sebebiyle kurulu proses değiştiğinden tekrar hat dengelemesi yapılmıştır.

Deri koltuk miktarı gelen yeni taleple arttığından fönleme operasyonu ihtiyacı da artmıştır. Artan bu ihtiyaç ergonomiyi olumsuz etkileyecektir. Bu sebeple ergonomiyi iyileştirmek için Şekil 4.3.'te gösterilen ilgili istasyona asansör mekanizması kurulmuş, çalışanın koltuğa göre pozisyon alması yerine koltuğun dikey hareketi sağlanmıştır.



Şekil 4.3. Fönleme işlemi için kurulan asansör



Şekil 4.4. Hat sonuna kurulan koltuk kaldırma robotu

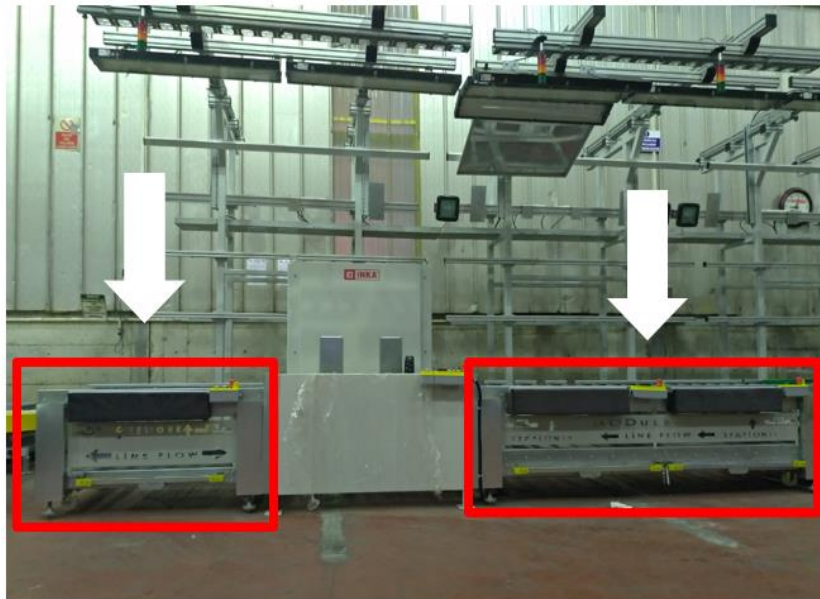
Üretim hızının artması sebebiyle, ön sıra tekli ve ön sıra çiftli koltuk montaj hatlarının ortasına Şekil 4.4. te gösterilen robot uygulaması yapılmıştır. Daha önce bitmiş ürün manipülör ekipmanıyla manuel olarak stok platformuna alınmaktaydı. Bu uygulamayla birlikte ergonomik iyileşme de sağlanmıştır. Ayrıca manipülör kaynaklı kalite riskleri ortadan kaldırılmıştır. Robot uygulamasıyla vardiyada 2, toplamda 6 operatör kazanılmıştır.

### 4.3. GCP 3846 Uygulama Projesi ve Aksiyonlar

V362 Projesi arka sıra flamingo koltuk kapasitesi 832 den 943 yükselmiştir. Bu talebi karşılamak için mevcut ve atıl istasyonları olan V363 projesi arka sıra M2 montaj hattı revize edilerek flamingo koltuk montaj hattı haline getirilmiştir.

Yeni V363 arka sıra M2 koltuk ihtiyacını karşılamaya yönelik olarak esnek imalata imkan tanıyan daha küçük 12 istasyonlu modüler bir hat kurulumu tamamlanmıştır. Şekil 4.5. ve Şekil 4.6.'da gösterilen hattın özellikleri endüstri 4.0 ilkeleriyle uyumlu olarak şöyle sıralanabilir

1. Modüler : Talebe göre ek modüller eklenerek kapasitesi arttırılabilir.
2. Esnek : Farklı ürün montajına imkan veren.
3. Kağıtsız: Tamamen dijital dönüşüme uygun olarak veri toplama ve veri kayıt sistemlerini haiz
4. Son Kontrol Operasyonu: Operatörden bağımsız, bilgisayar kontrollü kamera sistemleriyle yapılan kontroller.



Şekil 4.5. Modüler V363 arka sıra M2 koltuk montaj hattı önden görünüm

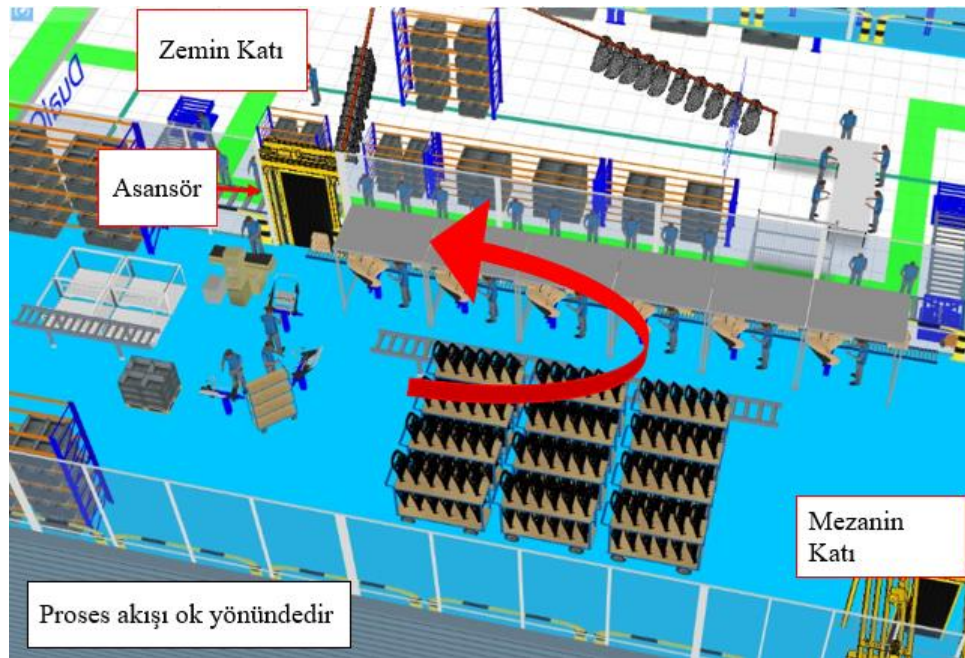


Şekil 4.6. Modüler V363 arka sıra M2 koltuk montaj hattı yandan görünüm

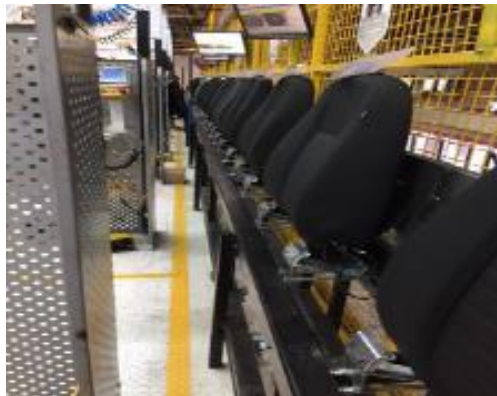
Zemin katta bulunan ön sıra tekli koltuk offline hattında süreç iyileştirmesi ve yalın teknikler kullanılarak problem çözme çalışması yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda yapılan tespitler:

1. Koltuk sırt giydirme operasyonu sırasında operatör, metal karkası almak için 20 adım ilerideki taşıma arabasına gitmek ve metal karkası taşıyarak montaj ünitesine getirmek zorundadır.
2. Kılıf giydirildikten sonra yarı mamül olan yarı bitmiş koltuk sırtını 36 adım ilerideki kolçak çakma makinasına götürmek zorundadır.
3. Kolçak montajı yapılmış sırt ünitesi bir operatör tarafından taşıma arabasıyla ana montaj hattına taşınmak zorundadır. Ergonomik olarak sorun yaşanmaktadır.
4. Sırt üniteleri taşıma arabasında sıralı olmadığı için ana montaj hattındaki operatör doğru sırtı bulmak için zaman kaybetmektedir ve bu durum kalite riskleri barındırmaktadır.

Tüm bu anılan olumsuzlukların ortadan kaldırılması için sırt giydirme off line operasyonu mezanin katına taşınmıştır. Böylelikle kitler halinde gelen bileşenler birleştirilmekte ardından sırt ünitesi otomatik konveyör üzerinde kolçak çakma operasyonuna götürülmektedir. Bu işlem sonrasında sıralı olarak bir asansör vasıtasıyla aşağıdaki hatta indirilmektedir. Kurulan proses şematik olarak Şekil 4.7.'de verilmiştir. Bitmiş sırt üniteleri ve kullanılan asansör Şekil 4.8. ve Şekil 4.9.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Ön tekli koltuk sırt giydirme prosesi



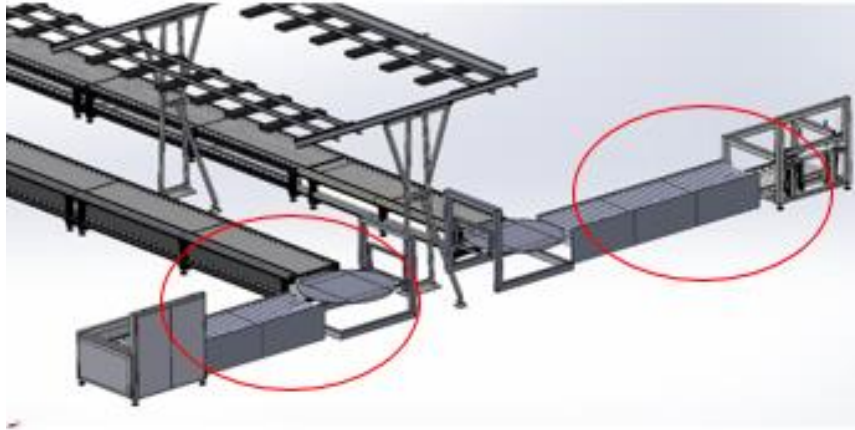
Şekil 4.8. Giydirilmiş sırt üniteleri sıralanmış olarak asansöre taşıyor



Şekil 4.9. Sırt ünitelerini taşıyan asansör

#### 4.4. GCP 3951 Uygulama Projesi ve Aksiyonlar

Bu aşamada kapasite artışı ağırlıklı olarak ön sıra koltukları ilgilendirmektedir. Bu amaçla ön sıra tekli koltuk montaj hattında istasyon sayısı 19 dan 22'ye yükseltilmiştir ve günlük kapasite 1356'dan 1482'ye çıkmıştır . Ön sıra çiftli koltuk montaj hattı istasyon sayısı 19 dan 21'e yükseltilmiştir ve günlük kapasite 904'ten 988'e çıkmıştır. Ön sıra tekli koltuk offline montaj ünitesi sayısı 6 dan 7'ye yükseltilmiştir. Eklenen üniteler Şekil 4.10.'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Tekli ve çiftli koltuk montaj hatlarına eklenen modüller

## **BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ**

Bu uygulamalı çalışmada küresel otomotiv sektörü eğilimleriyle uyumlu olarak Ford OTOSAN firmasının Gölcük fabrikasında ürettiği Transit modeli için 2015 - 2019 yılları arasında gerçekleştirmek istediği araç üretim sayısı ve ürün çeşitliliği artış talebine yönelik olarak, koltuk tedarikçisi Magna Otomotiv Sanayi ve Ticaret A.Ş. firmasının üretmiş olduğu ampirik çözümler proje kapsamında ele alınmıştır.

Literatür taramasının da teyit ettiği üzere otomotiv sektöründe değişken talep ve esnek üretim problemi, kısıtlar da dikkate alındığında matematiksel modellemesi henüz tamamlanmamış bir konudur. Bu tür bir modellemenin kompleks yapısı, uygulamada firmaları ister istemez tecrübe ve sezgiye dayalı, sektöre özgü çözümler üretmeye yöneltmektedir. Gelişen teknolojiyle birlikte özellikle yapay zeka uygulamaları bu zor problemde her geçen gün sektöre daha fazla katkı sağlayacak ve optimizasyon fırsatlarının daha etkin değerlendirilmesini sağlayacaktır.

Proje kapsamında firma, talep edilen kapasiteye ulaşmak ve kısıtları aşmak için yerleşim planı optimizasyonu, hat dengeleme, 5S, proses iyileştirme faaliyetleri gibi yatırım maliyetleri görece düşük uygulamaya yönelik çözüm tekniklerinin yanı sıra robot kullanımı, modüler montaj hatları gibi endüstri 4.0. gerekliliklerini de yerine getirerek hetorejen bir aksiyon planı izlemiştir.

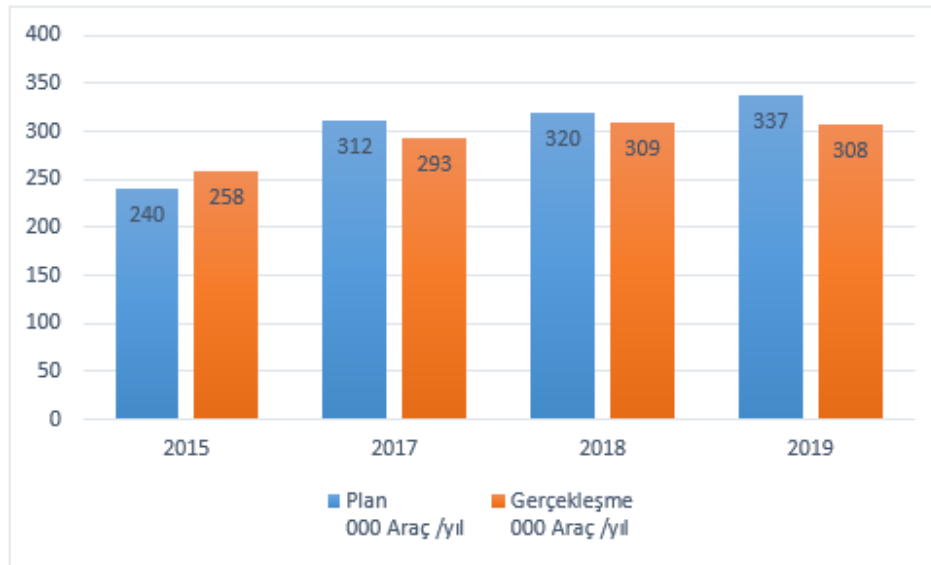
Geriye dönük olarak aksiyon planının fabrika operasyonları üzerindeki etkisi temel performans göstergeleri üzerinden Tablo 5.1.'de verilmiştir. Müşterinin %40.5 kapasite artış talebi koltuk üreticisine istihdamda %65, operasyonel alanda %57 artış olarak

yansımıştır. Öte yandan artan ürün çeşitliliğinin sonucu olarak yönetilmesi gereken satınalma parça sayısı %154 gibi bir artış göstermiştir.

Benzer şekilde planlanan ve gerçekleşen üretim adetleri Şekil 5.1.'de verilmiştir. 2015 yılı dışında gerçekleştirmeler planın altında seyretmesine rağmen artış eğilimi göze çarpmaktadır. Bu durum giriş bölümünde ele alınan VUCA kavramının tanımladığı dalgalanma ve belirsizlikle de kısmen açıklanabilir. 2016 yılında kapasite artışı planlanmamıştır. Sonuç olarak firma proje uygulamasıyla müşteri beklentisini karşılayarak kapasite artışlarını desteklemiştir.

Tablo 5.1. 2015-2019 Performans göstergeleri üzerinden karşılaştırma tablosu

		2015	2019	% Değişim
İnsan Kaynağı	Toplam Kişi	288	476	65%
Ürün Çeşitliliği	Koltuk Tipi	760	1240	63%
Satınalma Parça Sayısı	-	1215	3086	154%
Çalışma Düzeni Vardiyalı	V362	2	3	-
	V363	1	2	-
Yerleşim Alanı (m2)	Açık	5988	5988	0%
	Kapalı	5452	8552	57%



Şekil 5.1. 2015-2019 yılları arasında araç üretim plan ve gerçekleşme graf



## KAYNAKLAR

- [1] OICA,2005-2019 Sales Statistics, <https://www.oica.net/category/sales-statistics/> Erişim Tarihi : 22/2/2021
- [2] OSD, Aralık 2019 otomotiv sonuçları, <http://www.osd.org.tr/haberler/aralik-2019-otomotiv-sonuclari-aciklandi/> Erişim Tarihi: 22/2/2021
- [3] Magna; <https://www.magna.com/> Erişim Tarihi 1/3/2021
- [4] Magna; 2019 Annual Report to Shareholders; <https://www.magna.com/> Erişim Tarihi 11/3/2021
- [5] Magna Seating 2021 Ziyaretçi Tanıtım Sunumundan alınmıştır.
- [6] Fritzsche,A. Implications of agile manufacturing in the automotive industry for order management in the factories – evidence from the practitioner’s perspective,51st CIRP Conference on Manufacturing Systems, Procedia CIRP 72 (2018) 369-374.2018
- [7] Döner, E. 2020. "Vuca" faktörlerinin ürün inovasyon performansına olan etkilerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Adana Alparslan Türkeş Bilim Ve Teknoloji Üniversitesi .Sosyal Bilimler Enstitüsü. İşletme Ana Bilim Dalı. İşletme Bilim Dalı
- [8] Sarıkaya K. 2019. JIT (Just-In-Time) Yaklaşımından JIS (Just-In-Sequence) Yaklaşımına Geçiş ve JIS’in Otomobil Endüstrisinde Modellenmesi. Koc. Üni. Fen Bil. Der., 2(2): (2019) 74-82.
- [9] Küçükçakıroğlu M. 2000. Toyota üretim sisteminin gerçekleri. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale 18 Mart Üniversitesi. Sosyal Bilimler Enstitüsü. Yönetim ve Organizasyon Ana Bilim Dalı Yönetim ve Organizasyon Bilim Dalı
- [10] Feldhütter V. Steck C. Hawer S. Ten Hompel M. 2017 Impacts of product-driven complexity on the succes of logistics in the automotive sector. 10th CIRP Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering-CIRP ICME’16. Procedia CIRP 62 (2017) 129 - 134

- [11] McKinsey&Company. 2020. The road to 2020 and beyond : What's driving the Global automotive industry? . Advanced Industries.
- [12] Efeođlu B. 2016. Impact of demand uncertainty on facility layouts: distributed versus dynamic facility layouts. Yüksek Lisans Tezi. Ortadođu Teknik Üniversitesi. Endüstri Mühendisliği Bölümü.
- [13] Baskak M. 1998.Çok modellenli/ürünlü montaj hatlarının dengelenmesi için yeni bir model ve çözüm yöntemi. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [14] Burggräf P. Dannapfel M. Adlon T. Kahmann H. Schukat E. Keens Julian. 2020. Capability- based assembly design : An approach for planning an agile assembly system in automotive industry. 53rd CIRP Conference on Manufacturing Systems Procedia CIRP 93 (2020) 1206 1211
- [15] Dias P., Silva F. J. G.\*, Campilho R. D. S. G., Ferreira L. P., T Santos. 2019. Analysis and Improvement of an Assembly Line in the Automotive Industry. 29th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM2019), June 24-28, 2019, Limerick, Ireland. Procedia Manufacturing 38 (2019) 1444–1452
- [16] Gong L, Zou B, Kan Z. 2019. Modelling and optimization for automotive mixed assembly line in industry 4.0. Hindawi Journal of Control Science and Engineering Volume 2019 Article ID 3105267.
- [17] Göksoy E. 2010.Disassembly line balancing problem with fixed number of workstations and finite supply. Yüksek Lisans Tezi. Ortadođu Teknik Üniversitesi.
- [18] Okşak İ. 2020. İş yerlerinde ergonomik koşulların iş sağlığı ve güvenliği açısından değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [19] Al K. 2020. Otobüs fabrikasında ergonomik koşul değerlendirmesi. Yüksek Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı Soyadı** : **Hasan Tolga ALAF**

### ÖĞRENİM DURUMU

<b>Derece</b>	<b>Eğitim Birimi</b>	<b>Mezuniyet Yılı</b>
Yüksek Lisans	Sakarya Üniversitesi / Eğitim Bilimleri Enstitüsü / Önleyici Rehberlik ve Danışmanlık	2017
Lisans	Sakarya Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Makine Mühendisliği	2003
Lise	Sakarya Anadolu Öğretmen Lisesi	1998

### İŞ DENEYİMİ

<b>Yıl</b>	<b>Yer</b>	<b>Görev</b>
2013-Halen	Magna Otomotiv San. ve Tic. A.Ş.	Mühendislik Müd.
2008-2013	Standard Profil San. ve Tic. A.Ş.	Ür-Ge Müd.
2005-2008	Toyota Tsusho San. ve Tic. A.Ş.	Üretim Lideri

### YABANCI DİL

İngilizce