



T.C.

**BARTIN ÜNİVERSİTESİ**

**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TİCARİ ARAÇ KOLTUKLARINDA YALIN ÜRETİM ODAKLI MONTAJ  
HATTI KURULMASI VE İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI BİR  
İŞLETMEDE MONTAJ HATTI TASARIMI VE ÖRNEĞİ**

**YAKUP KOÇ**

**DANIŞMAN**

**PROF. DR. MUSTAFA SABRİ GÖK**

**BARTIN-2024**





**T.C.**

**BARTIN ÜNİVERSİTESİ**

**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**TİCARİ ARAÇ KOLTUKLARINDA YALIN ÜRETİM ODAKLI MONTAJ  
HATTI KURULMASI VE İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI BİR İŞLETMEDE  
MONTAJ HATTI TASARIMI VE ÖRNEĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**YAKUP KOÇ**

**JÜRİ ÜYELERİ**

Danışman : Prof. Dr. Mustafa Sabri GÖK  
Üye : Doç. Dr. Yusuf ER  
Üye : Doç. Dr. Derviş ÖZKAN

**BARTIN-2024**

## BEYANNAME

Bartın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Prof. Dr. Mustafa Sabri GÖK danışmanlığında hazırlamış olduğum “TİCARİ ARAÇ KOLTUKLARINDA YALIN ÜRETİM ODAKLI MONTAJ HATTI KURULMASI VE İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI BİR İŞLETMEDE MONTAJ HATTI TASARIMI VE ÖRNEĞİ” başlıklı yüksek lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

18.09.2024

Yakup KOÇ

## ÖN SÖZ

Çalışma sürecinde her türlü yol gösterici olan, olumlu tavrıyla beni cesaretlendiren, bilgi birikimi ile çalışmama farklı açılardan bakmamı sağlayan beraber çalışmaktan ve her zaman öğrencisi olmaktan gurur duyduğum değerli danışman hocalarım Prof. Dr. Mustafa Sabri GÖK'e ve Dr. Öğr. Üyesi Derviş ÖZKAN'a sonsuz teşekkür ederim.

Yakup KOÇ

## ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

### **TİCARİ ARAÇ KOLTUKLARINDA YALIN ÜRETİM ODAKLI MONTAJ HATTI KURULMASI VE İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI BİR İŞLETMEDE MONTAJ HATTI TASARIMI VE ÖRNEĞİ**

**Yakup KOÇ**

**Bartın Üniversitesi**

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mustafa Sabri GÖK**

**Bartın-2024, sayfa: 53**

Dünya nüfusu her geçen gün artıyor ve bununla birlikte ihtiyaçlar da artıyor, ürünlere olan talep de artıyor. Yeni ürün türlerinin ortaya çıkması ve ürün gereksinimlerinin artmasıyla birlikte üretim kaynakları sınırlı hale gelmiş ve gereksinimlerin karşılanmasında kaynakların verimli kullanılması önemli hale gelmiştir. Bu nedenle insanlık, kaynakları daha verimli kullanan ve üretim yöntemlerini daha verimli hale getiren çözümler geliştirmek için birçok araştırma yapmıştır. Yalın üretim sistemi sıfır hata ve sıfır stok ilkesidir. Yalın üretim sistemleri kullanılarak atıklar ortadan kaldırılabilir veya azaltılabilir. Bu sayede firmalara maliyet getiren ancak katma değer yaratmayan faaliyetlerin önüne geçilmiş olur. Atıklar azalır ve şirketlerin rekabet gücü artar. Firmalar, dünya pazarını ayakta kalabilmeleri için kaynaklarını doğru bir şekilde kullanmalıdırlar. Bu çalışmada, Global bir otomotiv firması bünyesinde üretimin israflardan arındırılarak, montaj hattı iyileştirme çalışmalarına ve montaj hattı dengeleme sorunlarına farklı bir yöntem sunularak sistemin daha hızlı, daha kolay ve en güvenli şekilde nasıl çalışabilir olduğuna yönelik güncel bilgiler ışığında aktarılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Montaj, montaj hattı, yalın üretim

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **COMMERCIAL VEHICLE SEAT ASSEMBLY LINE DESIGN AND EXAMPLES FOR ESTABLISHING AND IMPROVING A LEAN PRODUCTION- FOCUSED ASSEMBLY LINE IN A BUSINESS**

**Yakup KOÇ**

**Bartın University**

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Thesis Advisor: Prof. Dr. Mustafa Sabri GÖK**

**Bartın-2024, page: 53**

The world population is increasing day by day, and with it the needs are increasing and the demand for products is also increasing. With the emergence of new product types and increasing product requirements, production resources have become limited and efficient use of resources has become important in meeting the requirements. For this reason, humanity has done a lot of research to develop solutions that use resources more efficiently and make production methods more efficient. It is the process of eliminating many movements and situations that reduce efficiency in production. Lean production system is the principle of zero error and zero stock. Waste can be eliminated or reduced by using lean production systems. In this way, activities that bring costs to companies but do not create added value are prevented. Waste is reduced and companies' competitiveness increases. Companies must use their resources correctly in order to survive in the world market. In this study, it is explained in the light of current information on how the system can work faster, easier and safer by eliminating waste in production within a global automotive company and presenting a different method to assembly line improvement studies and assembly line balancing problems.

**Keywords:** Assembly, assembly line, lean manufacturing

# İÇİNDEKİLER

BEYANNAME .....	ii
ÖNSÖZ .....	iii
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vii
TABLolar DİZİNİ .....	viii
KISALTMALAR .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
1.1 Genel Hedefler ve Çalışmanın Amacı .....	3
1.2 Üretim .....	3
1.3 Üretim Sistemleri .....	4
1.3.1 Proje Bazlı Üretim .....	5
1.3.2 Planlı Üretim .....	6
1.4 Yalın Üretim Kavramı .....	6
1.5 Yalın Üretim Tarihiçesi .....	8
1.6 Yalın Üretim Teknikleri .....	9
1.7 Dünya Standardında Üretim .....	14
1.8 Geleneksel Üretim Sistemleri .....	15
1.9 Çağdaş Üretim Sistemleri .....	18
1.10 Araç ve Koltuk Üretimi .....	19
1.11 Koltuk Üretiminde Tasarım ve Ergonomi .....	22
2. MONTAJ HATLARI .....	23
3. ÜRETİM HATTI MODEL ÇİZİMLER VE VERİMLİLİK ANALİZİ .....	29
3.1 Uygulama Yapılacak Ürün .....	29
3.2 Uygulama Yapılacak Prosesin Verimlilik Analizi .....	40
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	45
5. KAYNAKLAR .....	47

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Sayfa No
1.1: Üretim sistemlerinin çeşitliliği .....	5
1.2: Üretim sürecinde yedi temel israf .....	6
1.3: 5S Döngüsü .....	13
2.1: Tek bir model montaj hattının şeması .....	24
2.2: Çok modellenli bir montaj hattının şematik diyagramı .....	25
2.3: Gecikmesiz montaj hattı örneği .....	25
2.4: Gecikmeli montaj hattı .....	25
3.1: Araç koltuk şasi tasarımı (ürün) .....	29
3.2: Araç koltuk şasi tasarımı (numune ürün) .....	30
3.3: Kaynak fikstürü .....	32
3.4: Sol ön fikstür .....	32
3.5: Referanslama pimi teknik resmi .....	33
3.6: Cıvata montaj istasyonu (Solid Works çizimi) .....	34
3.7: Presleme istasyonu .....	35
3.8: Dozajlama valfi .....	36
3.9: Kızak montajı ünitesi .....	37
3.10: Referans ölçüm ünitesi .....	38
3.11: Alıştırma ünitesi .....	38
3.12: Boya aşındırma ünitesi .....	39
3.13: Efor ölçüm ünitesi .....	40

## TABLULAR DİZİNİ

<b>Tablo</b>	<b>Sayfa</b>
<b>No</b>	<b>No</b>
<b>1.1:</b> Yalın ve geleneksel üretim arasındaki fark .....	17
<b>3.1:</b> Proses hattı işlem sıralaması .....	31
<b>3.2:</b> Ürün imal kılavuzu ve hat bilgisi .....	41
<b>3.3:</b> Kapasite dengeleme öncesi hat bilgisi .....	41
<b>3.4:</b> Üretim hattı dengeleme öncesi verimlilik ve kapasite hesaplaması .....	43
<b>3.5:</b> Hat kapasitesinin hesaplanması .....	44

## KISALTMALAR

- C: Çevrim Süresi (Cycle Time)  
C\*: Ortalama İş İstasyonu Süresi  
D: Denge Kaybı  
Di: Düzensizlik İndeksi  
E: Esneklik Oranı  
He: Hat Etkinliği  
Ke: Kuramsal Etkinlik  
N: Montaj Hattındaki Toplam İş Ögesi Sayısı  
n: Dengeleme Sonrasında Oluşan İş İstasyonu Sayısı  
n<sub>min</sub>: Çevrim Süresinin (Cycle Time) Yarısından Fazla Süreye Sahip İş Ögesi Olduğunda İhtiyaç Duyulan En Az İstasyon Sayısı  
n<sub>olası</sub>: Çevrim Süresinin (Cycle Time) Yarısından Büyük Süreye Sahip İş Ögesi Sayısı  
T: Kullanılabilir Üretim Süresi  
T<sub>max</sub>: İstasyonlardaki En Büyük İşlem Süresi  
ti: i. İstasyondaki İşlem Süresi  
t<sub>max</sub>: İstasyonlardaki En Büyük İşlem Süresi  
Üs: Üretilmek istenen Ürün Sayısı  
Σ S<sub>saa</sub>: Ürünün İş Ögesi Sonrası Gideceği Alternatif İş Ögesi Sayısı Toplamı IV  
Bmhdp: Basit Montaj Hattı Dengeleme Problemi  
Cam: Bilgisayar Destekli İmalat  
Cım: Bilgisayar Destekli Üretim Sistemleri  
İşçi Say: İşçi Sayısı  
Tzū: Tam Zamanında Üretim  
Plc: Programlanabilir makineler

# 1. GİRİŞ

Otomobil endüstrisinde, ihtiyaçların değiştiği ve arttığı gözlenmektedir. Firmalar zamanı etkin bir şekilde kullanma ve yalın üretim destekli ürün veya hizmet üretme çabası içindeler. Otomotiv sektöründe hizmet veren işletmeler, global pazarda olabilmek için teknoloji, zaman, hammadde gibi varlıkların etkin bir şekilde kullanılması da gerekmektedir (Bedir, 2002). Üretimde hammadde, işgücü, zaman çok önemli etkenlerdir. Sürekli üretim ve imalat bulunan firmalar, talepleri değerlendirmek ve oluşturmak durumundadır. Firmalar, ihtiyaç duyulan mamulü düşük maliyet ve arz-talep ilişkisine bağlı bir şekilde uygulaması, işletmelere avantaj sağlamaktadır. Müşteri ihtiyaç ve taleplerinin artmasından kaynaklı, üretim hatları, siparişleri, düşük maliyetle, kaliteli ve planlanan zamanda üretilmesi, hedeflenen üretim proseslerinin bir parçası haline getirmiştir (Özerman,2004). Yalın üretim sistemini oluşturan teknolojiler 1950'li yıllarda Toyota Motor Fabrikasında Eiji Toyoda ve Taiichi Ohno tarafından tanıtıldı. Harvard Üniversitesi'nden araştırmacı John Krafcick bu teknikleri ilk kez "yalın üretim" olarak adlandırdı. Krafcick bu sistemi yalın üretim olarak tanımlıyor çünkü seri üretim sistemine göre her şeyden daha azını gerektiriyor. Teknik özellikleri seri üretimden farklı olan yalın üretimde üretim esas olarak talebe yöneliktir. Talep odaklı üretim sistemi birçok yeni teknolojiyi de beraberinde getirdi (Asilkan, 2008).

Modern sanayi İngiltere'de Sanayi Devrimi ile doğdu. Japonya'da bu süreç 125 yıl sonra gerçekleşti. Japon üretiminin örnekleri ilk kez 1960'lı ve 1970'li yıllarda görüldü. Ancak Japonya, farklı felsefelere dayalı olarak kendi üretim sistemlerini yaratarak bir gelişme yolunu seçti. (Liker vd. 2015). Yalın üretimin kurucusu Taiichi Onho, kitabında yalın üretimin doğuşunu şöyle özetliyor: “Gözümüz petrol kriziyle açıldı. 1973 yılının son aylarından itibaren tüm batı dünyasını altüst eden petrol krizi ve onu izleyen ekonomik durgunluk, hükümetleri, dev sinai gruplarını ve tüm dünya toplumlarını etkisi altına almıştı. 1974 yılında Japon ekonomisi “sıfır büyüme” düzeyine inecek kadar çökerken, bu durum tüm endüstri sistemini derinden sarsmıştır. Şirketlerin kar grafiklerinde genel bir düşüşle şekillenen bu kritik manzara içinde, yalnızca Toyota Motor Company yerini korumuş, 1915 yılından itibaren de büyümeyi başarmıştı” (Ohno, 2017).

Artık "yalın üretim" olarak adlandırılan üretim ve yönetim sistemlerinin temel ilkeleri, 1950'li yıllarda Toyota ailesinin üyeleri olan mühendisler Eiji Toyoda ve Taiichi Ohno'nun rehberliğinde Japonya'daki Toyota'da doğdu.

Kısaca özetlemek gerekirse yalın üretim, yapısı itibariyle sıfır maliyet ve %100 kaliteyi hedefleyen, gereksiz unsurları kapsamayan bir üretim sistemidir (Ohno, 2017). Otomotiv sektörü gibi benzer sektörlerde üretim aşamalarının daha hızlı, ekonomik atık zamanları yok ederek ve kaynak kullanımını minimize ederek yapılması özellikle maliyet noktasında ciddi bir uğraşın profesyonel seviyede verilmesi ihtiyacını da ayrıca ortaya çıkarmaktadır, bu bağlamda üreticilerin 5S kuralı devreye girmektedir. Çoğu insan zamanının büyük bir kısmını çalışma ortamında geçirir. Çalışma ortamlarının fiziksel özelliklerinin yanı sıra; Ergonomiye uygun, verimli kullanıma uygun, çalışanların kendilerini güvende hissetmelerine, çalışan beklentilerine ve işyeri düzenine uygun olması önemlidir.

5S sistemi kuralı, işyerlerinde kullanılmayan veya sonradan kullanılacak olan gereksiz malzemelerin tespit edilerek ortamdaki uzaklaştırılması, dosyalamanın erişilebilir ve düzenli olması, zaman kaybının önlenmesi amacıyla geliştirilmiştir. İşyerlerinde düzeni sağlamak, gereksiz malzeme stokunu önlemek, çalışan verimliliğini artırmak, düzgün ve kolay ulaşılabilir dosyalama sağlamak ve malzemeyi azaltmak amacıyla Japonca baş harfi 5S ile başlayan kelimelerin birleştirilip uygulanmasıyla oluşturulmuş bir sistemdir. 5S'in uygulama aşamaları doğru ve eksiksiz şekilde uygulandığında üretimde elde edilen düzen ve zaman israfından ekonomik tasarrufa kadar birçok yararlı etkeni üreticiye kazandırmaktadır.

Günümüze kadar ulaşan sanayi devrimlerine baktığımızda ise; 18. yüzyılın sonlarında buhar motorlarının kullanılmasıyla başlayan ilk sanayi devrimi olan Endüstri 1.0, etkisini İngiliz tezgahlarının makineleşmesinde göstermiş ve buhar motorlarının üretim süreçlerini etkilemiştir. Bu sürecin ardından 19. yüzyılın sonlarında elektriğin kullanılmaya başlanmasıyla seri üretimde ikinci sanayi devrimi doğdu. 2. Sanayi Devrimi olarak bilinen Endüstri 2.0; Üretimde buhar, kömür ve demirin yanı sıra elektriği de enerji kaynağı olarak kullanarak etkisini göstermiştir (Tuttokmağı vd. 2018). 1970'li yılların başından itibaren otomatik üretim süreçleri ve bilgi teknolojisinin kullanılması, lider olan liderlerin takipçilerinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Üçüncü sanayi devrimi ve dijital

sistemlerin sanayiye dahil edilmesi hakkında. İnsanları ortak ideallere yönlendirmeyi mümkün kılan temel boyutlar bunlardır. Endüstri 4.0 ve sonraki versiyonları, liderlerin vizyoner olarak varlığıyla doğrudan ilgilidir. Toplumların gelişmesi, insanlığın daha yüksek refah düzeyine ulaşması ve ortak hayallerin gerçekleşmesi liderlerle mümkündür.

Endüstri 4.0'a uyum sağlamak, yeni trendlerin dışında kalmamak ve büyümeyi sağlamak, çalışma hayatında verimliliği, kaliteyi ve bireysel mutluluğu sağlamak için ülkemiz genelinde daha detaylı çalışmalarla daha fazla araştırma yapılması gerektiği ortaya çıktı. Bu bağlamda özellikle otomotiv sektöründe sürekli gelişen hafif üretim odaklı montaj hatlarının teknolojiyle birlikte kullanılması tavsiye edilmektedir.

### **1.1. Genel Hedefler ve Çalışmanın Amacı**

Otomobil sektöründe rekabetin oluşabilmesi ve devamlılık için birçok farklı yöntem mevcuttur. Yalın üretim kavramı bunlardan biridir. Yalın üretim sistemleri üretim sürecinin sürekli Kaizen (yenilik) uygulanarak üretim sürecinde döngü zamanının azaltılması gibi birçok faydaları içinde bulundurmaktadır. Bu çalışmada, yalın üretim odaklı montaj hattı oluşturulması ve montaj hattı iyileştirme çalışmasının gerekliliği, etkileri ve üretim maliyetleri gibi açılardan değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Bu çalışmadaki temel hedef ticari araç koltuklarında yalın üretim odaklı çalışma sisteminin kurularak, montaj hattı ile desteklenmesi ve çevrim süresinin azaltılması, artı değer oluşturmayan davranışların ortadan kaldırılması ve üretim hattının iyileştirilmesidir. Bu doğrultuda, üretimde verimlilik artışı sağlanması hedeflenmektedir. Bu çalışmadaki temel hedef, ticari araçlar için koltuk üretimi yapan proses için iyileştirme çalışmaları yapılmıştır.

### **1.2. Üretim**

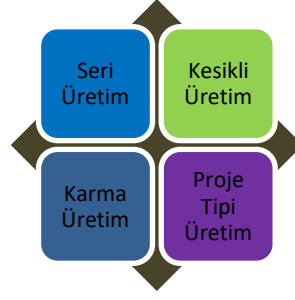
Üretim yapan işletmelerin kullandığı makinelerde ve üretim hatlarında katma değer yaratmayan işler için kayıp terimi kullanılmakta ve performans; bu kayıpların doğru bir şekilde belirlenip, gerçek değerine en yakın bir değerde ölçülüp, uygun tekniklerle izlenip sonunda da ortadan kaldırılmasıyla artmaktadır (Borris, 2006). Mevcut üretim teknolojileri, yönetim şekilleri ve müşteri beklentileri dikkate alındığında, üretim yapan işletmelerin varlıklarını sürdürebilmeleri için verimliliklerini sürekli artırarak çalışmaktadır (Ahuja ve Khamba, 2008).

Üretim yapan işletmelerin oluşturduğu bu rekabet ortamında verimliliğin sürekli artırılması zorunluluğu, işletmelerde üretim performansının ölçülmesi ve değerlendirilmesi ihtiyacını doğurmuş ve son yıllarda yapılan çalışmalarda üretimin daha etkili bir şekilde yönetilmesi, üretim performansının daha hassas ölçülmesine ve değerlendirilmesine neden olmuştur (El-Baz, 2011). Bir sürecin performansının geliştirilebilmesi için öncelikle ele alınan sürecin ölçülebilmesi gerekmektedir. Ölçülebilen, bir başka deyişle sayısal verilerle ifade edilebilen süreçler geliştirilmeye açıktır (Neely vd., 2005). Performanslarını rakiplerinin seviyesinde tutmak ve sürekli geliştirmek isteyen şirketlerin, süreçlerine en uygun performans ölçüm ve izleme sistemlerini geliştirmeleri gerekiyor. (Paranjape vd., 2006;).

Bu sistemler geliştirilirken de birçok önemli faktörün göz önüne alındığı yeni ve etkili performans göstergeleri kullanılmalı veya geliştirilmeli, göstergelerin hesaplamaları daha hassas yapılmalı ve güncel izleme metotları geliştirilmelidir. (Sönmez ve Testik, 2015; Muchiri ve Pintelon, 2008; El-Baz, 2011). Etkin bir performans ölçüm sisteminin öncelikle dinamik bir yapıda olması, çevrimiçi raporlama yapabilmesi, anlık geri bildirim özelliğinin olması, hızlı karar vermeye olanak sağlaması da gerekmektedir (Neely vd., 2005). Bu amaçla, gereksinim duyulan doğru ve temiz verinin amaçlara en uygun aralıklarla toplanması ve bir sistem dâhilinde değerlendirilmesi önem arz etmektedir. Dolayısıyla performans ölçüm sistemlerinde veri analizi ve değerlendirme yöntemlerinin tanımlanması ve verinin saklanması için gerekli olan veri tabanının da tasarlanması gerekmektedir. Bu bağlamda üretim bir işletme için büyük önem arz ederken işletmenin üretimini yaptığı mal ve değerler içinde ayrıca önem arz etmektedir, bir gıda üreticisinin üretim faaliyetleri sırasında karşılaştığı sorunların neticesinde ortaya çıkan maddi kayıp ile bir otomotiv üreticisinin üretim merkezinde ortaya çıkan sorun arasındaki maddi ve manevi açıdan fark büyük olacaktır (Porter, 1985).

### **1.3. Üretim Sistemleri**

Üretim süreçleri, elemanları, elemanlarının birbirleriyle olan ilişkileri ve ortak amaçlarıyla bir sistem olarak ele alınmaktadır. Üretim sistemleri, yapılan üretimin miktarına, akışına ve uygulanan teknoloji ile benimsenen felsefelere göre farklı kategorilere ayrılmaktadır (Walker, 2007).



Şekil 1.1: Üretim sistemlerinin çeşitliliği

Üretim sistemleri yukarıdaki sınıflar göz önüne alındığında kesikli, sürekli, parti tipi, atölye tipi ve karma tip üretim sistemleri gibi türlere ayrılmaktadır. Bu tez kapsamında sürekli üretim tipinde çalışan işletmeler ayrıca ele alınmıştır. Çalışmanın devamında ise önerilen sistemin farklı üretim tiplerinde kullanılan makineler için uyarlanması da planlanmaktadır.

Üretim sistemlerinin tanımlanması, üretim planlamasının ilk adımıdır. Üretim sistemi mevcut üretim alanının makine ve iş düzenine göre belirlenir. Üretimin nasıl gerçekleşeceğine, üretimin stokta mı yoksa sipariş üzerine mi yapılacağına karar verirken sipariş miktarları ve sıklığı da dikkate alınmalıdır.

Genel olarak üretim hacmi arttığında otomasyon derecesi artar, üretim hacmi düşükse emek hakim olur (Tanyaş, 2006). Makine performansının artırılması için performansı etkileyen faktörler uygun yöntem ve sıklıkla takip edilmeli ve sürekli iyileştirme için de sistematik metotlarla analiz edilmelidir.

### 1.3.1. Proje Bazlı Üretim

Müşteri ihtiyaçlarına uygun, üretimi yapılmamış bir ürünün oluşturulmasıdır. Müşteri ihtiyaç ve talepleri hedeflenerek özel ürünler oluşturulmaktadır. Bu nedenle üretim özel ise maliyette diğer üretim süreçlerine kıyasla yüksektir. Özel tasarımlar, proje bazlı üretime örnek gösterilebilir.

### 1.3.5. Planlı Üretim

Planlı üretim, istenilen sayıda ürünleri imal etmek için yapılan üretim faaliyetlerinin tamamıdır. Yalın üretim odaklı hedefler belirlenerek ürün kalitesi de artırılmış olmaktadır. Üretim sistemleri üzerine yapılan araştırmalarda ve edinilen tecrübelerde ortaya çıkan en büyük olgu “İsraf” olmaktadır. Yalın üretim sisteminde katma değeri olmayan durumlar (Woehrle ve Abou-Shady 2010);



Şekil 1.2: Üretim sürecinde yedi temel israf

### 1.4. Yalın Üretim Kavramı

Yalın üretim, müşterinin isteği doğrultusunda ürün ve üretim süreçlerinin katma değerini artıran, israfı ortadan kaldıran, maliyet ve zaman önleme hedeflerini belirleyen, iş ve müşteri ilişkilerini değerlendirip yöneten bir süreçtir. Yalın üretim, çevrim süresini uygun hale getirmeyi, hataları ortadan kaldırmayı, minimum stok ve düşük maliyetlerle üretim sağlamayı amaçlamaktadır. Müşteri talepleri ve ihtiyaçları hedeflenerek artı değer oluşturmayan süreçleri ortadan kaldırmaktadır. 17. yüzyıl da üretim ve imalat durumu, zaman kavramı olarak değerlendirilmeye başlanmıştır. Bu dönemde süreç kavramının oluşmasına zemin hazırlayan Amerikalı mucit ve sanayici olan Eli Whitney'dir. Eli, ateşli silahlar imalatında minimum çevrim süresi uygulamasını başlatmış ve süreci devam ettirmiştir.

18. yüzyılda F. Taylor standart iş sürecini uygulamıştır. Frank Gilbreth iş ve zaman ve üretim kavramını ortaya atmıştır. 18. yüzyılda, Henry Ford, etkin üretim sistemini başlatmış ve geliştirmiştir. Elin Akış prosesi konveyör sistemi baz alınarak yapılmıştır (Par Ahlstrom, 1998).

Yalın üretim kavramının temelini 1950'li yıllarda E. Toyoda ve T. Ohno oluşturmuştur. Yalın üretim konseptinin bileşenleri şunlardır (Woehrle ve Abou-Shady, 2010).

- Üretim sistemi içerisinde müşteri gereksinimlerine ve ihtiyaçlarına öncelik verin,
- Müşteri bakış açısı ile katma değeri olmayan aksiyonların azaltılması, böylelikle ürünün doğru bir şekilde müşteriye ulaştırılması,
- Müşteri isteklerinin oluşturulması ve üretime aktarılıp üretim planlanmasına dahil edilmesi.

Yalın üretim, israfın ortadan kaldırılmasına ve sürekli iyileştirmeye dayalı bir sistemdir. Şirket, pazar taleplerine anında cevap verebilmek için sadece üst yönetime değil, çalışanlarından tedarikçilerine kadar herkese sorumluluk dağıtıyor.

Sistem, yüksek düzeyde eğitilmiş işçiler ve yüksek esnekliğe ve yüksek otomasyona sahip makineler kullanır. Yalın üretim, seri üretime kıyasla çok daha az karmaşık bir sistemdir (Womack vd. 1990).

**Değer Akışı Kavramı:** imalat kavramının tamamını ele alarak işlenmemiş ham malzemenin işlenip, nihai ürün haline getirilmesine kadar olan birçok uygulamaları esas alan düşünce halidir.

Bir değer akışı, değer yaratan ve yaratmayan dahil olmak üzere bütün faaliyetleri kapsamaktadır. Üretimde her ürün ailesi ayrı bir değer akışını takip eder ve bir ürün ailesi tipik bir parça grubudur, ortak bir işlem dizisini paylaşmaktadır. Bir organizasyonda çokça değer akışı yer almaktadır (Tapping ve Shuker: 2003).

Değer tanımlanıp değer akışındaki israflar temizlendikten sonra geride kalan değer yaratan aşamaların art arda sürekli akış halinde gerçekleştirilmesini sağlamak yalın düşüncenin bir diğer ilkesi ve önemli boyutta tasarruf potansiyeli taşıyan evresidir. Mükemmellik kavramı; çalışanlar hem iş yükünü, üretim maliyetini ve hataları en aza indirme hem de müşterilerin ürünlerden beklediklerini artırma süreçlerinin sonsuz olduğunu gözlemlerler. Sıfır stok ile çalışabilme ve aynı anda tüketicinin talebine de cevap verebilme mükemmel olduğunun bir göstergesidir (Maraşlı, 2013).

## 1.5. Yalın Üretim Tarihçesi

Yalın üretim, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'ndeki Uluslararası Otomotiv Projesi'nde (IMVP) küresel otomobil endüstrisini inceleyen bir araştırmacı olan John Krafcik tarafından ortaya atılan bir terimdir (Womack vd. 1990). Seri üretim, standart ürünlerin büyük ölçekte üretilmesini sağlamak için sıkı bir iş bölümünün olduğu, ürün standardizasyonunun verimliliği arttırdığı, talebin artmasının da bu standardizasyonu hızlandırdığı bir üretim şeklidir. Bu üretim türünde makineler yalnızca belirli amaçlar için kullanılır. Bu, daha ucuz ürünlerle ancak daha az çeşitlilikle sonuçlanır. Yalın üretim, herhangi bir miktarda yüksek kaliteli, uygun maliyetli üretim sağlar (Womack vd. 1990). Bu üretim sistemi daha az yer, zaman, ekipman ve iş gücü gerektirir. Yalın üretime kendini adanmış şirketler israfı ortadan kaldırmayı, kaliteyi iyileştirmeyi, verimliliği arttırmayı ve ürünleri ve üretim süreçlerini sürekli iyileştirmeyi amaçlamaktadır.

Tüm bu çabaların sonucunda şirketin rekabet gücünde ve karlılığında artış sağlanır. Yalın üretim. Gereksiz unsurları ortadan kaldıran yapısıyla hataları, stokları, işçiliği, üretim yerlerini, israfı, müşteri memnuniyetsizliğini ve maliyetleri en aza indiren bir üretim sistemidir.

Yalın üretim, müşteri ihtiyaçlarını tam olarak karşılayabilecek şekilde, en az kaynakla, kısa sürede, en az israfı (sıfır atıkla) en ucuz, hatasız üretim yöntemidir. Elemanları en esnek şekilde kullanır ve potansiyellerinden en iyi şekilde yararlanır. (Cesur, 2004). Yalın üretiminin hedefi; proje yönetimi, takım çalışması, bilgi kültürü, tedarikçi uyumu, mühendislik ve tüketici odaklılık eş zamanlı olarak gerçekleştirilir (Cesur, 2004). Yalın üretimin kısa özeti, yapısında düşük maliyet yüksek kaliteyi hedefleyen bir sistemdir. (Womack vd. 2016). Yalın Üretim kavramı 1980'li yıllarda John Krafcik tarafından ortaya atılmıştır. Krafcik'in tanımına göre yalın üretim, gereksiz unsurları barındırmayan, hata ve maliyet gibi faktörleri en aza indirmeyi hedefleyen bir sistemdir. Sistemin kurucularından Taiichi Ohno bu sistem için "tam zamanlı üretim" tabirini kullanmıştır. Bu noktada Japon otomotiv sektörünün itici güç olduğunun altını çizmek gerekiyor. Çünkü bu sistem ilk olarak Toyota fabrikasında uygulandı ve daha sonra diğer bölgelere yayıldı.

Bu konuyla ilgili olarak Japon araştırmacılar çoğunlukla “Toyota Üretim Sistemi” terimini kullanmaktadırlar (Morgan ve Liker, 2007). Savran, post-Fordizm, esneklik, esnek birikim, Toyota üretim sistemi, Japon üretim modeli olarak da bilinen yalın üretim sisteminin diğer isimlere göre daha yaygın kullanıldığına ve ideolojik olarak en kapalı isim ve aynı zamanda "bir" olduğuna inanıyor. Yalın kavramı, işlevleri aracılığıyla sistemi daha popüler hale getirerek iyi sentezlendiğini doğrulamaktadır (Savran vd. 2013).

Geleneksel montaj hatlarının aksine, U tipi montaj hattının yerleşimi U şeklindedir. Son yıllarda Maksimum çıktının adil ve zamanında ortaya çıkması nedeniyle birçok yeni montaj hattı modeli önerilmiştir. Bu bağlamda Toyota fabrikalarında ilk kez tam zamanında üretim anlayışının uygulanabilmesi için U şeklinde bir montaj hattı düzeni gerekli hale geldi. Şirket, aynı tipte, farklı özelliklere sahip birçok farklı tipte otomobil üretiyor ve her bir otomobil tipine olan talep sürekli dalgalanıyor. Bu nedenle tesisteki her atölyedeki iş yükü sürekli değişmektedir. Talep değişikliklerini karşılamak için atölyedeki işçi sayısında esneklik sağlamak, U şeklindeki yerleşim düzeni ile mümkün olmuştur. Bu yerleşim düzeninde, her işçinin sorumlu olduğu iş sırası Görevler kolaylıkla genişletilebilir veya daraltılabilir. Talepteki değişikliklere uyum sağlamak için bir işteki işçi sayısında esneklik sağlamaya "Shojinka" denir. Toyota üretim sisteminde Shojinka, bir işteki işçi sayısının değişen ihtiyaçlara uyacak şekilde değiştirilmesi anlamına gelir. Shojinka'nın en önemli özelliği talepteki değişikliklere göre işçi sayısını değiştirebilmesidir (Miltenburg, 2001).

## **1.6. Yalın Üretim Teknikleri**

Yalın üretim kavramı ile katma değeri olmayan hareketler saf dışı bırakılarak daha anlaşılabilir bir sistem hedeflenmektedir. “Tam zamanında üretim, Kanban sistemi, Tek parça akışı, Heijunka, Poka-Yoke, Kaizen, Kalıp değiştirme, Jidoka, Görsel kontrol, 5S tekniği, Toplam üretken bakım” yalın üretim kavramına örnek olarak verilebilir (Womack ve Jones, 2016). Tam zamanında üretim: Kaynakların verimli kullanılması ve katma değeri olmayan faaliyetlerin azaltılması, ürünlerin zamanında ve istenilen kalitede üretilmesini sağlar. Tam zamanında üretim yöntemi ile sıfır stok ve sıfır hatalı ürün hedefliyoruz. Sıfır hata ile israftan kaçınmaya çalışılarak sistemin çok dikkatli ve hatasız ilerlemesi beklenir (Erdoğan vd., 2006).

Gerektiği anda, gerektiği kadar, kısaca tam zamanında üretmek olan stoksuz üretim uygulaması, yalın üretimde hem ana firma hem de yan sanayi üretimlerini kapsamaktadır. Buna göre hem ana sanayi hem de yan sanayi üretimlerinde, üretimin tüm aşamalarında stoksuz ya da minimal düzeyde stokla çalışılmaktadır (Emiroğlu, 2016).

Tam zamanlı üretim kısaca şu şekildedir. (Gümüştekin vd., 2009).

- Zaman kaybının ve üretimin gecikmesinin önlenmesi,
- Üretim sürecinde bekleme süresinden kaçınmak,
- Üretim süreçlerinin iyileştirilmesi,
- Ulaşım sistemlerinin verimliliği ve iyileştirilmesi,
- Fazla stoktan kaçınmak,
- Üretim sürecini aktif, verimli ve ekonomik hale getirmek
- Kalite bozulmalarını ve üretim hatalarını önlemek için.

Tam zamanında üretim sistemini başarılı bir şekilde uygulamaya koymak için çevreyi iyileştirmek gerekir ve bunu başarmanın yolu "toplam kalite kontrolüdür. Kapsamlı kalite yönetimi, bir şirketin sürekli iyileştirme yaklaşımının kaliteyi güvence altına aldığı ve tüm çalışanların sürece aktif katılımını sağladığı, sistemsel sorunlarda ise anında müdahaleye olanak sağladığı anlayışıdır (Top, 2009). Kanban Sistemi: Kanban, Japonca "kart" anlamına gelir ve şirketlerin basitliği vurgulayan "tam zamanında üretim" sistemini uygulamalarına yardımcı olur.

Miktar ve zaman açısından doğru üretim akışı, üretim hattında doğru bilgi akışı ile sağlanır. Kanban sistemi ile bu mümkündür. "Kanban, tam zamanında üretim ile envanter kontrol sistemlerinde kullanılan bir iletişim aracıdır. Üretilen parçaların üzerine, teslim edilen miktarın belirtildiği bir kanban veya kart konmaktadır. Tüm parçalar kullanıldığında, aynı kart işleme konulduğu ilk noktaya dönerek, sonraki talebi oluşturmaktadır" (Şeker, 2016). "Tam Zamanında Üretim felsefesinin temelini oluşturan Kanban tekniğiyle ara stoklar asgari düzeye indirilmekte, üretimin dar bir alanda gerçekleştirilmesi sonucu üretim zamanı kısalmakta ve üründe gözlenen bir bozukluğun hemen düzeltilmesi mümkün olabilmektedir" (Top, 2009).

Yalın bir imalat şirketi, talepteki değişikliklere hazırlanmak ve envanter oluşturmadan bunları üretimle senkronize etmek için düzleştirme tekniklerini kullanabilir. Bu yöntemle Üretim Dengeleme (Uyumlaştırma) adı verilir. Bir şirket üretim sürecini yürütürken talep dalgalanabilir. Bu dalgalanmalar envantere bir artışa yol açmaz. Fabrika alanını azaltan ve fazla mesaiyi ortadan kaldıran bu uygulama "Haijuku" adı ile bilinir. "Heijunka" farklı tipte ürünleri aynı üretim hattında barındırmakta ve karışık yüklemeye olanak sağlamaktadır (İşler ve Güner, 2014). Esnek üretim kapasitesi ve geniş ürün yelpazesıyla bu sistem, envanteri en aza indirebilir ve çeşitli müşteri siparişlerini karşılayabilir.

Türkçede bir dakikalık değişim olarak bilinen The Change in One Minute (SMED) yalın üretim teknolojisinin temel amacı, diğer tüm teknolojiler gibi israfı önlemektir. Yalın üretim teknolojisi. Üretime esneklik getirmek ve çizim sistemini etkinleştirmek için, takım değiştirme gibi bazı hazırlık çalışmalarının üretimden önce standardize edilmesi gerekir. SMED bunu sağlayan bir tekniktir. Bu yaklaşım, hazırlık için gerekli faaliyetleri iki gruba ayırır: 'iç faaliyetler' ve 'dış faaliyetler'.

"İçsel faaliyetler ancak hazırlık yapılması gereken makinenin çalışmadığı durumlarda gerçekleştirilebilen aktivitelerdir. Dışsal faaliyetler ise makine çalışırken de gerçekleştirilebilmektedir. Sadece içsel faaliyetler hazırlık zamanını etkilemektedir" (Yılmaz vd. 2009).

Formlar arası geçiş döneminde makinenin dururken ve çalışır durumdayken yapılacak iş belirlenir. Kalıplama sırasında makine ayarlamaları ve denemelerinden kaçınmak, kalıpları makineye yakın bir yerde toplayıp istifleyerek zaman kazanmak için mümkün olduğunca makine çalışırken işi yapmaya çalışıyoruz ve SMED'ler bir ilkedir.

Otomasyon (Jidoka), üretimde makinelerin kullanılmasıdır. Otomasyondan beklenen ise üretim esnasında makinenin hatayı bulması, hataya devam ederek arızalı üretim yapmaktansa işlemleri durdurmasıdır. Jidoka, oluşmuş hatalara müdahale etmek durumundadır. Jidako sisteminde ilk adımı mekanik veya otomatik olarak uygulamak mümkündür (Erdoğan vd. 2006).

Yalın bir üretim teknolojisi olan Jidoka, işçilere üretim hattında bir sorun veya arıza fark etmeleri halinde tüm montaj hattını durdurma sorumluluğu veriyor. Bu sorumluluğu çalışanlara devredebilmek için yalın üretim sistemleri konusunda iyi eğitilmeleri gerekmektedir (Aydın, 2009).

Japonca bir kavram olan Poka-Yoke, tesadüfi hata (Poka) ve sakınma veya azaltma (Yoke) kelimelerinden oluşmakta ve hatadan sakınma anlamında bir arada kullanılmaktadır” (Zerenler vd. 2014). “Poka-Yoke” hataların önlenmesi ve hatalı ürünlerin ortaya çıkmasının önlenmesi için üretim sürecinde hata olma ihtimali olan yerlere hata önleyici cihazlar monte eden bir sistemdir. Bu uygulama, gerekli adımları izlemenizi gerektirir.

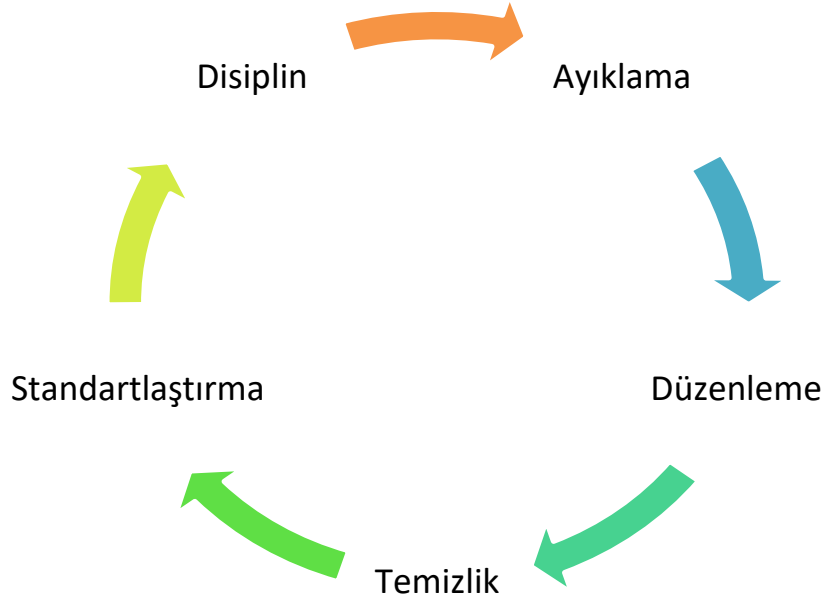
Bunlar şu şekilde sıralanabilir (Pekin ve Çil, 2015);

- Problem teşhisi,
- Hataları yerinde gözlemlemek,
- Beyin fırtınası fikirleri,
- En iyi fikirlerin seçimi,
- Bir uygulama planının geliştirilmesi,
- Aksiyon alıp aktif hale getirmek,
- Gözlemleyin ve sonlandırın.

Poka-Yoke'nin temel fikri, çalışanların hafızasına ve dikkatine dayanan tekrarlayan görev ve davranışları üstlenerek, çalışanların zamanını ve zihnini daha yaratıcı, katma değerli faaliyetlere harcamak. Karışık bir işyeri ortamında hataların ortaya çıkma olasılığı daha yüksektir ve bu da hatalı üretime yol açabilir. Yalın üretimdeki hatalar israf yaratır ve boyunduruğu zorlamak için küçük miktarlarda kusurlu ürünler üretilse bile bu kabul edilemez (Nakajima, 1989).

"Poka-Yoke" tekniği, "bir hata yapılmadan" önce önlem alır. İşyerinde hataları, kusurları ve potansiyel yaralanmaları önlemek için kullanılan prosedürlerin sınıflandırılması, düzenlenmesi, ortadan kaldırılması, standartlaştırılması ve sürdürülmesini öneren tekniklere 5S teknikleri adı verilir. Japonca beş kelimenin kısaltması olan "5S", işyerinin düzenli tutulmasına yardımcı olur, gereksiz malzeme stoğunun önüne geçer, çalışan

verimliliğini artırır, düzenli ve kolay erişilebilir arşivler sağlar ve malzeme israfını azaltır (Çakırkaya vd. 2016). Şekil 1.6.1, 5S kavramını oluşturan "sınıflandırma", "düzenleme", "silme", "standartlaştırma" ve "bakım" aşamalarını göstermektedir.



Şekil 1.3: 5S Döngüsü

5S tekniğinin unsurları kısaca şu şekilde açıklanabilir (Erdem vd., 2013).

- Yeniden Sıralama: Bu, süreçte ihtiyaç duyulan tüm nesnelere olmayanlardan ayırmayı içerir. Malzemeleri kullanım sıklığına ve yerine göre yerleştirin,
- Organize: Bu, ihtiyaç duyduğunuz alet ve ekipmanların arama sırasında kolayca bulunabilmeleri için uygun şekilde düzenlendiği ve etiketlendiği anlamına gelir.
- Temizleme: Bu, yerleri süpürmek, makineleri silmek ve çalışma alanındaki her şeyin temiz tutulması anlamına gelir.
- Standardizasyon: Amaç, bu üç aşamayı alışkanlık haline getirmek ve temizlik uygulamalarının sınıflandırma, düzenlilik ve azalan getirilerini önleyerek uygulamanın korunmasını sağlamaktır.
- Disiplin: 5S'i desteklemek, uyarmak ve cezalandırmak yerine, uygun prosedürlere sürekli bağlılığın bir davranış biçimi olduğu anlamına gelir.

Kaizen (sürekli iyileştirme), şirket içinde çeşitli seviyelerdeki tüm çalışanların çabalarıyla gerçekleştirilen faaliyetlerden oluşur. Sürekli iyileştirmenin en önemli özelliği ilerlemeye devam etmektir. Yapılan düzeltmelerin kalıcı olması gerekmektedir. Kararsızlık ilerlemenin önündeki duvardır. (Kocamış vd. 2015). Kaizen'in temel yaklaşımları şu şekilde sıralanabilir;

- İsrafi azaltmak için sürekli iyileştirme gösterme ihtiyacı,
- Ekipman geliştirmeye büyük önem veriyoruz ve iş yeri düzenlemelerine göre ekipman kalitesini artırmak için çalışıyoruz,
- Çalışan eğitimini ve gelişimini engelleyen politikalar içermez,
- İnsan odağı, insanları üretim aşamasında işlerini daha etkin ve verimli yapmanın yollarını bulmaya teşvik eder,
- İnovasyona dayalıdır,

### **1.7. Dünya Standardında Üretim**

Yalın üretim, Toyota üretim sistemi ile birlikte gelişti. WCM (Dünya Standartlarında Üretim), WCM'nin amacı, sistemleri sürekli iyileştirmek için yeni yaklaşımlar getirmektir. WCM tüm süreçleri değerlendirdikten sonra maksimum hasara odaklanabilir. WCM, verimliliği ve kaliteyi artırmak ve sürekliliği sağlamak için bir fikir olarak tanımlanmaktadır (Tepe Kule 2015). WCM'nin amacı, verimliliği artırmak, kaliteli ürün standartlarını sağlamaktır. Tüm WCM sütunları (sütun şartlandırılmış) ve İşyeri Organizasyonu pilleri için modeller mevcuttur. Tüm süreçlerin kolay olması, inovasyon ve verimlilik açısından büyük bir potansiyele sahip olmasıdır. Model aralığı, pilin ilişkili kayıplarının sırasına göre önceliklendirilir ve seçilir.

WCM çalışması şunu buldu:

- Güvenli bir çalışma ortamı yaratmak;
- Değer katmayan faaliyetlerin azaltılması.
- Kalite kusurlarını en aza indirmek;
- Uygun bir çalışma ortamı yaratın,
- Kalite ve süreç yetkinliklerini geliştirin. (Koçak vd 2011).

## 1.8. Geleneksel Üretim Sistemleri

Konvansiyonel üretim sistemi, çok fazla israfa neden olan karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu atıklar, fazla üretim, boşa harcanan zaman, nakliye, prosesler, depolama, hareketlerinden kaynaklanan atıklar olarak sıralanabilir (Yılmaz vd. 2003). Yalın üretim sisteminin hedefi israfın tespit edilmesi ve ortadan kaldırılmasıdır. Konvansiyonel imalat firmaları maliyetlerin minimizasyonu düşüncesiyle standartları belirlemiş ve mümkün olan en düşük birim fiyattan üretim yapmaya çalışmışlardır. Yalın üretim şirketleri ise özellikle israfı azaltmaya odaklanır (Liker vd. 2015). Geleneksel üretim sektörü bölümlere ayrılmıştır ve her bölüm faaliyetlerini etkin bir şekilde yönetmektedir. Her departman başkanı kendi departmanından sorumludur ve farklı departmanlar arasındaki bilgi akışı ve iletişim gecikir. Çalışanlar, departmanlarının işleriyle ilgilenmeye başlar ve şirkete bakış açıları bozular. Ancak yalın üretim sistemleri tüm süreci değer akışı etrafında yönetir ve çalışanlar departmanlara bölünmek yerine süreç boyunca tüm organizasyona karşı sorumludur (Kennedy vd., 2013).

Geleneksel imalatta operasyonlar, üretim programlarına göre yönetilir ve finansal raporlama üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu için envanter sürekli olarak izlenir. Yalın üretim ise müşteri talebi oluşturma ve akış oluşturma yoluyla operasyonel kontrol sağlar. Geleneksel üreticiler varlık verimliliğine ve maliyet tasarrufuna odaklanan kararlar alırken, yalın üreticiler değer yaratmaya ve sürekli iyileştirmeye odaklanan kararlar alırlar (Katko, 2013). Yalın üretim sistemlerinde çalışanlar, süreçleri iyileştirmek ve karar alma süreçlerine katılmak için eğitilirler. Geleneksel üretim sistemlerinde üretim planları, uzmanlar tarafından, ancak üretim planlaması konusunda bilgisi olmayan yöneticiler tarafından geliştirilmektedir (Ahakchi, 2012; Brewer 2006).

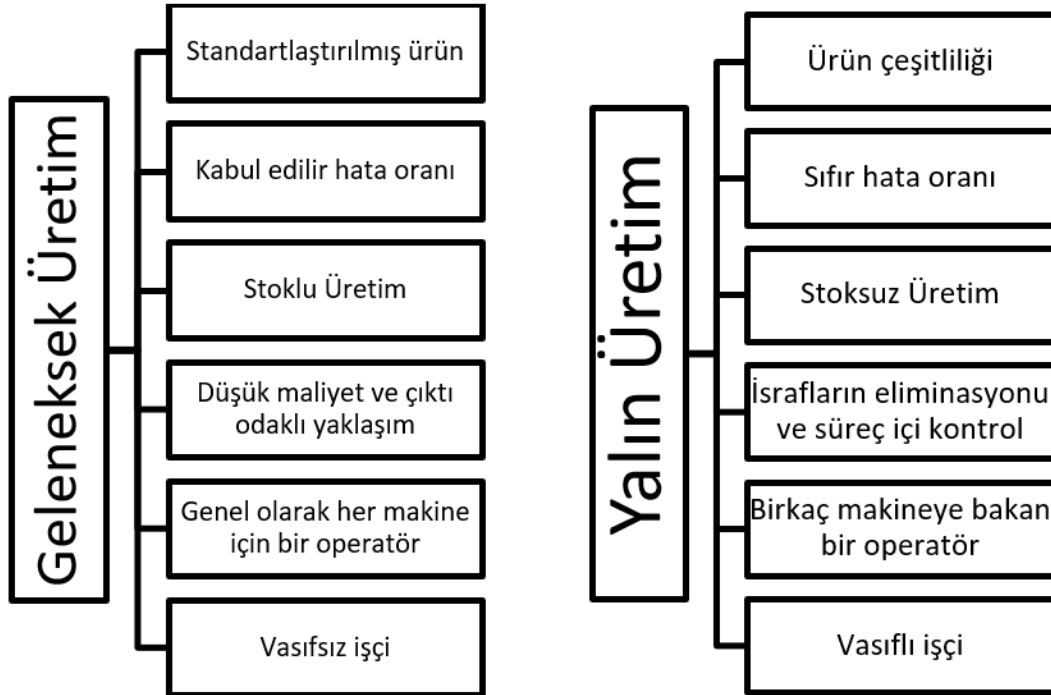
Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) tarafından 1986 yılında otomobil endüstrisi üzerinde gerçekleştirilen ve yaklaşık 17 ülkedeki 90 fabrikayı hedef alan bir araştırma, General Motor Company'nin Framingham fabrikası ile Toyota'nın Takaoka fabrikasını karşılaştırırken seri üretim ve üretim arasında bir fark olduğunu ortaya çıkardı. Yalın üretim (Womack vd. 1990). Framingham fabrikası, tam bir seri imalatçı olduğu için araştırma için seçildi. Takaoka fabrikası ise yalın üretim yöntemini kullanıyor.

Araştırmacılar Framingham hakkında şunları söylüyor:

- Framingham fabrikasının montaj hattının yanındaki koridorlar, üretime hiçbir gerçek değer katmayan dolaylı işçilerle doluydu.
- Öte yandan, Takaoka fabrikasında sahada dolaylı işçiler yoktu, ancak üretime katkıda bulunan doğrudan işçiler vardı.
- Framingham fabrikasının üretim alanında geçici depolama tesisi vardı ancak Takaoka fabrikasında geçici depolama tesisi yoktu.
- Framingham fabrikasında montaj hattı işçileri mevcut iş istasyonlarına paralel yerleştirilmiyor, bazı işçiler daha fazla çaba harcıyor, diğerleri ise daha az çaba harcıyor ve daha az zaman harcıyor. Takaoka fabrikasında hat, her işçinin aynı hızda çalışacağı şekilde düzenlendi.
- Framingham fabrikasındaki montaj hattı çalışanları, araçlara tam olarak uymayan parçaları takmaya çalıştı ve uymayan parçaların atılmasını sağladı. Takaoka fabrikasında araca uymayan parçalar özenle işaretlenerek değiştirilmek üzere kalite kontrole gönderildi. Bu nedenle bir sorun meydana gelmişe, bir daha yaşanmaması için gerekli önlemler alındı.
- Takaoka fabrikasında, son montaj hattındaki tüm işçiler bir anormallik fark ederse tezgâhın üzerindeki kabloyu çekerek hattı durdurabiliyorlardı. General Motors'ta yalnızca üst düzey yöneticiler montaj hatlarını güvenlikle ilgili olmayan nedenlerle kapatabiliyordu. Ancak General Motors'un makine ve parça teslimatında sorun yaşaması hattın sık sık durmasına neden oluyordu. Herhangi bir Toyota çalışanı montaj hattını durdurabilirdi ama bunu nadiren yapardı. Bunun nedeni, hataya veya arızaya neden olan sorunun halihazırda giderilmişe olması ve bir daha asla meydana gelmeyecek olmasıdır. Hatanın fark edilmesi ve harekete geçilmesiyle hattın durdurulmasını gerektiren nedenlerin çoğu otomatik olarak ortadan kaldırıldı.
- Framingham fabrikasındaki montaj hattının sonunda, herhangi bir nedenle arızalanan veya tamir edilen araçların yerleştirildiği bir atölye bulunuyordu. Araçtaki sorun teslimattan önce çözülmüşe olmasına rağmen bazen sorun devam ederken araç teslim ediliyordu. Takaoka fabrikasında montaj hattının sonunda tamirhane yoktu. Neredeyse tüm arabalar montaj hattından doğrudan çıktı.

- Framingham fabrikasında kaynak ve boyahane ile boya ve son montaj departmanı arasında bazı sevk edilmemiş ve kullanılmamış parçalar vardı, ancak Takaoka fabrikasında tampon envanteri yoktu.
- Framingham fabrikasındaki işçiler daha az motive olmuş gibi görünürken, Takaoka fabrikasındaki işçiler, öncelikle ne ürettikleri konusundaki farkındalıkları ve iş güvenliğinin sağladığı güç nedeniyle daha yüksek motivasyona sahip görünüyorlardı (Womack vd. 1990).

Japonların geliştirdiği yalın üretim sisteminin uluslararası pazar koşullarına uyum sağlama konusundaki esnekliği, üretim sürecinde mikroelektronik teknolojisinin kullanılmasına değil, tamamen farklı bir organizasyon ve yönetim anlayışına dayanmaktadır. Üretim aşamasında girdi firmalarıyla olan ilişki ve sonrasında pazarlama ile olan ilişki. Bu yeni organizasyon sistemi, 1970'li yıllardan bu yana değişen talep koşullarına esnek bir şekilde yanıt verme yeteneği nedeniyle Fordist sisteme göre önemli avantajlar sunuyordu. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi Japon otomobilleri yalın üretim sistemi nedeniyle maliyet avantajına sahip olmuş ve bu avantajını 1970'den 1980'e kadar genişletmeyi başarmıştır.



Tablo 1.1: Yalın ve geleneksel üretim arasındaki fark

## 1.9. Çağdaş Üretim Sistemleri

1560'lı yıllarda Latince el yardımıyla (manualis) ve yapmak (facture) kelimelerinin bir araya getirilmesiyle meydana gelen imalat (manufacture) kelimesi, hammaddelerin işlenmesi için yapılan her türlü işlemi karşılamaktadır. Faaliyetin bu manası, insanlığın varlığından beri bulunduğunu ve böylece insan hayatındaki önemini göstermektedir. Tez çalışmasında üretim sistemlerinin sürekli gelişimi için önerilen sistematik yapının da bu kapsamda önemli olacağı kanaatindeyiz. Üretim süreçleri, elemanları, elemanlarının birbirleriyle olan ilişkileri ve ortak amaçlarıyla bir sistem olarak ele alınmaktadır. Üretim sistemleri, yapılan üretimin miktarına, akışına ve uygulanan teknoloji ile benimsenen felsefelere göre farklı kategorilere ayrılmaktadır. Üretim sistemleri yukarıdaki sınıflar göz önüne alındığında kesikli, sürekli, parti tipi, atölye tipi ve karma tip üretim sistemleri gibi türlere ayrılmaktadır. Çağdaş üretim sistemleri denildiğinde ortaya çıkan birçok farklı kavram daha olmaktadır bunların en başında gelen kavramlardan bir tanesi ise Toplam Verimli Bakım olmaktadır.

Toplam Verimli Bakım (TVB); İşletmelerin içinde bulunduğu rekabet koşulları, işletmeleri çeşitli yönetim felsefelerini uygulamaya yöneltmiştir. İşletmeye değer katmayan her türlü varlık ve sürecin ortadan kaldırılmasını amaçlayan yalın düşünce, üretim sistemleri başta olmak üzere birçok alanda benimsenmiştir (Belekoukias vd. 2014). Yalın düşüncenin üretim alanında ilk uygulanması 1940'lı yıllarda Toyota ile başlamış ardından da yayılmaya devam etmiştir (Melton, 2005).

Sıfır ürün hatası, sıfır makine arızası, yüksek tesis ve makine verimliliğine ulaşmayı, ürün kalitesini korumayı, üretim maliyetlerini düşürmeyi ve kayıpları ortadan kaldırmayı amaçlayan Toplam Üretken Bakım (Arashpour vd., 2010), yalın bakımın en önemli araçlarından biridir. İsrafın ortadan kaldırılması ilkesini uygulayan bir üretim felsefesi. (Gulati, 2012).

Toplam verimli bakım felsefesi, Amerika Birleşik Devletleri'nde geliştirilen verimli bakımın değiştirilmiş bir biçimidir. Japon yönetim tarzına sahip olan TVB, bir işletmenin bütün çalışanlarının iştiraki temeline dayanmaktadır. TVB uygulamalarında makine operatörleri, sorumlu oldukları makinelerin temel bakım işlemlerini, makinelerinin istenen

seviyede çalışma performansı göstermesini sağlama ve makinelerin arızalanmadan önce potansiyel problemlerin tespiti gibi işlemleri gerçekleştirmektedirler.

Günümüzde TVB, farklı çalışma gruplarını bir araya getirip sıfır hata ve sıfır arıza hedeflerine ulaşarak Toplam Ekipman Etkinliğini (TEE) en üst seviyeye çıkarmak amacıyla, birçok işletmede uygulanmaktadır (Nakajima, 1989; Ahuja ve Khamba, 2007). Karmaşık üretim sistemlerinde TVB uygulamaları bilgisayar yazılımları gerektirmektedir. Bundan dolayı bazı işletmeler kendi ihtiyaçlarına uygun olan bireysel çözümler geliştirme yolunu izleyebilmektedir. Kendi çözümlerini geliştirme çabaları da çoğu zaman TEE gibi TVB performans göstergelerinin hesaplanmasının ötesine geçememektedir. Süreç iyileştirme için şart olan analiz yetenekli yazılım çözümlerinin yoğun rekabet ortamı içindeki işletmelere can simidi hükmünde yardımcı olacağı kanaatindeyiz. Üretim Kayıpları: Makine bazlı olan bu üretim kayıpları genellikle süreç içi ve son ürün stok miktarlarının artmasına neden olmakta, sonuç olarak da işletmeler için yalın üretim kavramı içinde yer alan önleyici ve düzeltici bakım müdahalelerini gerektirmektedir. Yalın düşüncüyü hayata geçirmek isteyen işletmeler bu üretim kayıplarını ortadan kaldırmak zorundadır. Bu doğrultuda, önleyici ve düzeltici bakım müdahalelerinde bulunabilmek amacıyla üreticilerin, verimliliklerini ve performanslarını ölçme, izleme ve analiz edebilmeleri gerekmektedir (Madu 1999).

### **1.10. Araç ve Koltuk Üretimi**

Otomotiv sektörü birçok şirket tarafından işletilmektedir. Otomobil üreticileri, Lojistik ve maliyet nedenlerinden dolayı üretim tesislerini dünyanın farklı yerlerine taşıdılar. Bu da gelişmekte olan ülke insanların ekonomik gücünün arttığını ve gelişmekte olan ülkelerde otomobile olan talebin arttığını gösteriyor. Ancak Çin, Güney Kore, Hindistan gibi gelişmekte olan ülkelerin de kendi otomobillerini üretmeye başladıkları gözleniyor.

Başta Asya olmak üzere gelişmekte olan ülkelerde de otomobil üretim verilerindeki değişiklikler görülüyor. Otomotiv sektörü, yapısı gereği ekonomik gelişmelerden en çok etkilenen sektörlerden biridir. Gelişmekte olan ülkelerdeki düşük araç sahipliği oranı, otomobil üreticileri için büyük fırsatlar sunuyor. Bu nedenle otomobil firmaları yeni

yatırım destinasyonu olarak Hindistan ve Çin başta olmak üzere gelişmekte olan ülkeleri tercih ediyor. Türk otomobil üreticileri Otomobil Sanayicileri Derneği'ne (OSD) üye oldu.

14 OSD firmasından 12'si kara taşıtı üretimi yaparken, Hattat Tarım ve Türk Traktör olmak üzere ikisi tarım ve orman makineleri üretimi alanında faaliyet göstermeye devam ediyor. Türkiye'de otomobil üretimi Doğu Marmara bölgesinde yoğunlaşıyor. Doğu Marmara bölgesinde yoğunlaşmanın nedeni bu bölgenin Avrupa için lojistik açıdan en uygun bölge olmasıdır. Türkiye'de faaliyet gösteren otomotiv sanayi şirketlerinin toplam üretim kapasitesi yılda yaklaşık 1,5 milyon araç civarındadır (OSD, 2016). Bir başka deyişle otomotiv sektörü otomobil üretimini kapsayan bir sektördür. Uluslararası Standart Endüstriyel Sınıflandırma (ISIC) çerçevesinde otomotiv sektörü. Buna otobüs, minibüs, karavan, traktör, otomobil, kamyonet, midibüs, treyler, iki tekerlekli ve üç tekerlekli araçlar ile karayolu ve motorlu taşıt imalat sanayi olarak da adlandırılan yan sanayi ürünleri dahildir. (Tekin vd. 2005).

Otomotiv sektörü ve üretimi dahilinde ortaya çıkan bazı önemli ihtiyaçlar ve yan ürünler otomotiv sektörünün doğuşundan günümüze kadar olmaktadır. Dışarıdan gayet hoş ve basit gözükken ‘koltuk’larda bu ürünlerden bir tanesidir, her geçen gün gelişen teknoloji ve küreselleşme sayesinde müşterilerin üreticilerden talepleri çoğu zaman kişiselleştirilmiş olabiliyor veya bazı araçların koltuk ayarı dahi üretilmiş aracın satışının beklenen seviyenin altında seyretmesine sebep olabiliyorken özellikle günümüzde uzmanlar bu konuya dikkat etmektedirler. Koltuk nedir ne kadar etkisi olabilir bir otomobilin üzerine diyenler olabilir. Koltuk, bir aracın en önemli bileşenlerinden birisidir. Koltuklar otomotiv tasarım çağının trendleri ve modern stilleri doğrultusunda tasarlanmalıdır. Buna ek olarak sürücü ve yolcu koltuklarının emniyetli ve kullanışlı olması gerekmektedir.

Son yıllarda, bir otomobilin kısa ömrü boyunca bir otomobil modeli hızla değişmektedir. Koltuk tasarımı da müşteri ihtiyaçlarını ve teknoloji değişimini desteklemek için sürekli geliştirilmektedir. Araba koltuğu kavramsal tasarımı bir arabanın tasarımında önemli rol oynamaktadır. López (2010) tarafından yapılan çalışmada koltuk işlevlerinin kinematiği üzerine özel olarak yoğunlaşmıştır. Koltuk kinematiği ve parametrelerinin tasarımı, modeli gelecekteki geliştirme süreçlerinde uygulamak için yararlı bir araç olmaktadır. Bu amaçla CATIA-V5 tasarım programı ve Generative Shape Design arayüzü kullanılarak

koltuk modeli parametrik olacak şekilde oluşturulmuş, koltuğun tüm bileşenleri ve fonksiyonları tek tek incelenerek tüm model üzerindeki etkisi göz önüne alınarak koltuğun kinematiği gerçekleştirilmiştir. Bu sayede parametrik olarak tasarlanan çeşitli mekanizmaların parametre değerlerinin değiştirilebilmesine olanak sağlanmıştır. Das, Elisala ve Rao (2014) tarafından yapılan araştırmada, koltuk modelinin test edilmesi için Hiper Mesh yazılımı kullanılarak hem maliyet düşürmeyi hem de ağırlık optimizasyonun sağlanması hedeflenmiştir. Yöntem koltuk modelinin tasarlanmasının yanında bir dizi prosedür de içermektedir. Bu teknik, otomobilin bileşenlerinin ve diğer bölgelerin test edilmesinde kullanılmıştır. Ayrıca maliyet azaltmaya da yardımcı olmuştur.

Otomobil şirketleri koltuk modelinin test edilmesinde çok para harcamaktadır. Bu yöntem ile büyük miktarda kaynaktan ve maliyetten tasarruf edilmiştir. Yüce, Karpat, Yavuz ve Sendeniz (2014) tarafından yapılan çalışmada, yeni nesil sürdürülebilir toplu taşıma araçları için hafif bir yolcu koltuğu tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Singh, Ahirwar ve Tiwari (2013) tarafından yapılan araştırmada, fren uygularken oluşan ani ivmelenmeden kaynaklı şokları azaltmak ve koltukların yapısal özelliklerinin optimizasyonu için kullanılan farklı araçlar, yöntemler ve daha iyi sonuçlar elde etmek için tasarımda uygun değişikliklerin yapılmasıyla ilgili gelecek perspektif sunulmaktadır. Randive, Karambe ve Kamble (2014) tarafından yapılan araştırmada, düşük ağırlık hedefi ile, düşük mukavemetli çelik plakadan imal edilen bir araba koltuğu sırtlığının gerilmeleri ve eğilmeleri ile sınırlamalar içeren serbest boyutlu sonlu elemanlara dayalı optimizasyon, ANSYS yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Serbest boyut optimizasyonunda, sırtlığın bir sonlu eleman plakasındaki sac metal kalınlığı, ağırlığı en aza indirmek için gerilme ve eğilme kısıtlamaları göz önünde bulundurularak tasarım değişkenleri optimize edilmiştir. Serbest boyut optimizasyonundan ve minimum çekilebilir sac metal kalınlığından elde edilen sonuçlarla optimum hafiflikte imal edilen nihai bir tasarım elde edilmiştir. Nihai tasarımın işlevsel performansını doğrulamak için, optimize edilmiş koltuk sırtlığı ANSYS yazılım paketi ile analiz edilmiştir. Analiz sonuçları, malzeme veriminin doğru bir şekilde tahmin edilmesini sağlayarak sırtlık plakasındaki yük dağılımı, verim ve nihai mukavemet için emniyet katsayısı faktörünün belirlenmesini sağlamıştır.

Araç koltuğunun kaza anında güvenlik performansını doğru bir şekilde tahmin edebilmek için bilgisayar destekli tasarım ve sonlu elemanlar analizi gerekli olmuştur. Tüm bu çalışmaları incelediğimizde görüyoruz ki bir otomobilin üretim süreci bilgisayar destekli sistemlerin ve yoğun matematik, geometri hesaplamaları içinde insanların güvenliği ön planda tutularak sağlanmaktadır. Örneğin Yüce, Karpat, Yavuz ve Erbil (2014) tarafından yapılan bir çalışmada ticari araç yolcu koltukları için cam elyaf takviyeli kompozitlerden koltuk bağlantı parçalarının üretimi gerçekleştirilmiştir.

Cam elyaf takviyeli kompozit malzemeden elle dökme yöntemiyle üretilen koltuk bağlantıları güvenlik testlerinden geçmiştir. Tasarım açısından da geleneksel bağlantılara göre daha hafif ve daha kompakttır. Emniyet kemerinin çekme testinde parçaya uygulanan kuvvet 900 N'a çıkarılmış olup herhangi bir parçada deformasyon gözlenmemiştir. Bu parça emniyet kemeri çekme testini geçmiştir. Araç gövdesine olan bağlantıda veya emniyet kemeri bağlantı parçasında herhangi bir hasar oluşmadı. Saçtan yapılanaya göre yaklaşık 30 kat daha hafiftir.

### **1.11. Koltuk Üretiminde Tasarım ve Ergonomi**

Araç koltukları için gerekli tasarımları incelemeye önce akla gelen ilk şey Ergonomi olmaktadır, Ergonomi Yüklenen görev ve iş koşulları, vücudun duruşunu ve operatörün vücut yapısına gelen yüklenmeleri belirlemektedir. Koltuk bu yüklerden en çok etkilenen komponentlerden birisidir. Uzayan oturma süreleri, yüzey basıncı, kalça altı kısmına gelen basınç, konforlu olmayan bacak ve ayak pozisyonu sebebiyle sırt ağrısı, uyuşma ve kalça kısmında rahatsızlık risklerini arttırmaktadır. Bu rahatsızlıkların kaynakları; araç içi titreşimlerin kullanıcıya iletilmesi, vücut basıncının kalça ve sırt kısmına dağılması, vücut duruşunun statik veya dinamik yüklenmelere karşı kontrolü, kıyafet ve koltuk kaplama malzemesi, algı ve iç ergonomik karakteristiklerdir. Bu girdiler rahatsızlık mekanizmalarını göstermekte olup koltuk tasarımı ve koltuk davranışının mekanik gereksinimlerini belirlemede dikkate alınmalıdır.

## 2. MONTAJ HATLARI

Montaj, bir ürün oluşturmak için benzer veya farklı birçok parçanın bir araya getirilmesi işlemidir. Montaj işlemi için gerekli parçalar yarı mamul veya bileşenler olabilir. Yarı mamul parçalar montaj öncesinde çeşitli işlemlerden geçirilen parçalardır (Yıldız, 2015).

Montaj hattı, birbiriyle bilgi ve ürün alışverişinde bulunan, arka arkaya yerleştirilen iki veya daha fazla iş istasyonundan oluşan sistemdir. Ürün belirli bir çevrim süresi içinde iş istasyonları arasında taşınır, ürün için gerekli iş adımları birbiri ardına gerçekleştirilir ve hat sonunda nihai ürün tamamlanır (Yıldız, 2015).

- Çalışma: Ürün üzerinde yapılacak işlere ayrılabilir en temel unsurdur. Örneğin, bitmiş bir ürün oluşturmak için bir ürüne toplam 4 vida sıkarsanız, her vida iş olarak sayılır.
- İşlem süresi: İşlemi gerçekleştirmek için geçen süre.
- İşyeri: Bir veya daha fazla görevin yerine getirildiği yer.
- İstasyon Saatleri: İşyerinizde çalışılan toplam saattir.
- Çevrim süresi: Montaj hattında iki ürünün birbiri ardına üretilmesi için geçen süre. Yani, tüm işlemleri tamamlamak için geçen toplam süre. Çevrim süresi istasyondaki maksimum süreden büyük veya ona eşit. Çevrim süresi için alt sınır maksimum istasyon süresidir (Yıldız, 2015).
- Toplam serbest süre: Bir istasyonun toplam boş süresi olarak adlandırılır (Yıldız, 2015).
- Tek modelli montaj hattı: Yalnızca bir tür ürün üretmek için oluşturulmuş bir hat. Tek tip ürün tüm kapasiteyi doldurur,
- Çok modelli montaj hattı: Birden fazla benzer ürünün üretildiği hat. Ürün türlerinin önceliklendirilmesi ve birden fazla model hattı için üretim miktarlarının belirlenmesi önemlidir. Öncelikle montaj hattı dengeleme işlemini yapmanız gerekir. Bundan sonra modellerin sırasına karar vermeniz gerekiyor. Son olarak üretim miktarını belirlemeniz gerekiyor.

Montaj hattı dengeleme, öncelik, kapasite ve zaman özelliklerine dayalı olarak optimum döngü sürelerine göre yapılacak işleri iş istasyonlarına tahsis eder. Üretim sistemi ve

montaj hattının kısıtlarına göre istasyonlara gerekli işlemlerin dengelenmesi sorununa montaj hattı dengeleme problemi adı verilmektedir (Altunay vd. 2017).

Hat dengeleme, iş önceliğine göre üretim hızını artırmak için işin istasyonlar arasında dengeli bir şekilde dağıtılmasıdır. Montaj hattı dengesini dikkate almak için önceliklendirme ilişkileri kurulmalıdır.

İşlem gerçekleştirilmeden önce gerekli tüm görevler tamamlanmalıdır. Buna öncelik kısıtlaması denir. Her operasyon kesin ve katı bir şekilde bir operasyona atanmalıdır. Bir davranış yalnızca bir istasyona atanabilir, ancak bir istasyona birden fazla davranış atanabilir. Hareket süresi ve istasyon süresi, döngü süresinden büyük olamaz. Bazen, operasyon için gerekli olan operasyona özel operasyonları gerçekleştirmek için özel makine veya aletlerin kullanılması gerekebilir. Bu gibi durumlarda istasyon kısıtlamaları ayarlanmalıdır. Yine, çalıştırılması için vasıflı işçiler gerektirebilir ve yalnızca belirli operatörler tarafından gerçekleştirilmelidir. Bu tür kısıtlamalara operatör kısıtlamaları denir (Yıldız, 2015). Geleneksel hat denge probleminde üretim hattı düzdür. Toyota, JIT üretimini gerçekleştirmek için üretim hattını U-hattı tasarımına göre yeniden tasarladı (Ağpak, 2002).

Montaj hattı farklı ürünlere göre üç bölüme ayrılmaktadır (Muzoğlu, 2014). Bunlar;

- Tek modelli montaj hatları,
- Birden fazla model için montaj hatları,
- Karma modelli montaj hattı,



Şekil 2.1: Tek bir model montaj hattının şeması

Çok makineli montaj hattı: Birden fazla benzer ürünün üretildiği bir hat. Birden fazla model hattınız varsa, üretim hacimlerini belirlemek için ürün tiplerine öncelik vermek önemlidir.

Her şeyden önce, konveyör bandının dengelenmesi gereklidir. Ardından, modellerin sırasını belirlememiz gerekiyor. Son olarak üretim miktarını belirlememiz gerekiyor.



Şekil 2.2: Çok modelli bir montaj hattının şematik diyagramı



Şekil 2.3: Gecikmesiz montaj hattı örneği



Şekil 2.4: Gecikmeli montaj hattı

Gecikmesiz bir montaj hattında, bir çevrim süresi ayarlanır ve tüm istasyonların bu çevrim süresi spesifikasyonuna uyması için hat dengelenir. Konveyörler veya koşu bantları, malzemenin istasyonlar arasında akışını sağlar. İşlenecek iş parçası periyodik olarak veya sabit bir hızla bir istasyondan diğerine aktarılır. Her iki durumda da işyerine verilen süre aynıdır. Operatör, bant boyunca istasyon çevresinde iş parçasıyla aynı hızda hareket eder, gerekli görevleri sırayla gerçekleştirir ve görev tamamlandığında istasyonun başlangıç noktasına geri döner. Gerçek hayatta karşılaştığımız problemlerde işlem süreleri genellikle insan etkisinden dolayı stokastiktir. Bu nedenle doğru dengeyi sağlamak için montaj hattını gecikmeler dikkate alınarak tasarlamak daha mantıklıdır. Bu nedenle, insan faktörlerine bağlı olarak işlem süresinde değişikliklere izin verilmektedir.

İş parçalarının konveyör bandına aktarılmasındaki gecikmeler her zaman önlenemeyeceğinden, işin zamanında tamamlanamama ihtimalinin de göz önünde bulundurulması gerekir. Literatürde bu konuyla ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Becker ve Scholl 2006). Montaj hattının ilk kez dengelenmesi Bir montaj hattının ilk devreye alınması sırasında üretim sistemine ait veriler ve maliyetler doğru olarak

belirlenemediğinden, montajı yapılacak ürünlere göre hattın ayarlanması sorunu ortaya çıkmaktadır. Bu durumda öncelikle üretilecek ürüne yönelik bir iş akış diyagramı oluşturmalı ve öncelik ilişkisi diyagramını buna göre ayarlamalısınız. Daha sonra farklı üretim seçenekleri belirlenir ve değerlendirilir.

Kullanılacak farklı makineler ve farklı işgücüne sahip işçiler farklı görev ve istasyonlara atandıktan sonra maliyetler hesaplanır ve maliyetleri en aza indirecek montaj hatları kurulur. Yeniden Hizalamalı Montaj Hatları Gerçek montaj hattı problemlerinde, müşteri gereksinimlerindeki veya satın alınan ekipman veya makinelerdeki değişiklikler, montaj hattının yeniden hizalanmasını ve yeniden hizalanmasını gerektirir. Yeniden ayarlama ihtiyacı. Dört temel faktörden kaynaklanmaktadır: yeni makineler, yeni işgücü, yeni ürünler ve yeni yöntemler.

Yenileme sırasında montaj hattı zaten kuruludur, dolayısıyla istasyon sayısını en aza indirmek yerine, mevcut iş istasyonlarında döngü süresini en aza indirerek birim zaman başına çıktıyı artırabilirsiniz. Amaç maliyetleri azaltmaktır. Döngü sürelerini en aza indirirken iş yükünü istasyonlar arasında mümkün olduğunca eşit bir şekilde dağıtmak önemlidir. Bir diğer önemli konu ise makinenin istasyona doğru yerleştirilmesidir. Özellikle ağır sanayide, makinelerin istasyona kurulduktan sonra yerlerini değiştirmek hem zor hem de pahalıdır. Ayrıca yeni bir makine almayı düşünürken, makinenin başlangıç maliyetini ve getirdiği katma değeri kapsamlı bir şekilde değerlendirip, dengeyi gözeterek bir hat kararı vermek gerekir.

Son yıllarda bu faktörleri dikkate alan araştırmalar yoğunlaşmıştır. Manuel Montaj Hatları İki tip manuel (insanlı) montaj sistemi vardır. Bunlara "tek istasyon" ve "çok istasyon" denir. Tek istasyonlu montaj sistemleri çoğunlukla karışık yapıya sahip ancak sınırlı miktarlarda ürünler üretir. Bu sistem büyük ebatlı ürünler üretmek için kullanılır. Bu yöntemde ürün üretim süreci boyunca taşınmaz. Bu tür montajın örnekleri arasında uçak ve gemi yapımı yer almaktadır. Çok istasyonlu montaj sisteminde gerçekleştirilen işlemler, birden çok istasyonda gerçekleştirilen alt işlemlere bölünür. Çok istasyonlu manuel montaj hattında, ilgili işin belirli bir kısmı her istasyonda tamamlanır ve kalan işin tamamlanması için yarı mamul bir sonraki istasyona taşınır. İstasyon çalışanları aynı görevleri yapmaya

devam ettikçe zamanla işlerinde uzmanlaşarak işlerini daha hızlı ve daha kaliteli tamamlayabilirler.

Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle birlikte manuel montaj hatları yavaş yavaş yerini robotların kullanıldığı otomatik montaj hatlarına bırakıyor ancak birçok firma hala manuel montaj hatlarını kullanıyor. İstasyonlara dağıtılan iş yükleri bir veya daha fazla çalışan tarafından tamamlanır. Manuel hatlar özellikle otomasyonlu montaj hatlarında zarar görebilecek hassas veya kırılabilir parçaların imalatını yapan firmalar tarafından tercih edilmektedir. Ayrıca işçilik maliyetlerinin otomatik montaj hatlarında kullanılan makinelerin maliyetinden daha düşük olduğu durumlarda manuel hatlar tercih edilmektedir. Hat düzeni, manuel montaj hatlarının dengelenmesinde önemli bir rol oynar. Sorun daha da karmaşık hale geliyor çünkü istasyonlar arasında koordinasyonu sağlayan yer altı güzergahlarında, işçilerin başka görevleri de yerine getirebilecek vasıflı işçiler olması ve istasyonların birbirine mümkün olduğunca yakın olması gerekiyor.

U şeklindeki montaj hattı düzeninin bir diğer faydası, talepteki değişikliklere uyum sağlamak için hatta gerekli işçi sayısını artırma veya azaltma esnekliğidir. Bu esnekliğin sağlanmasına Japocada “seiken” adı verilmektedir. Bu esneklik, U şeklindeki bir işyerine çalışanların eklenmesi veya çıkarılmasıyla kolayca elde edilir. Otomatik montaj hattı: Bu tip montaj hattında istasyon içi çalışma ve istasyonlar arası hareket otomatik olarak yapılır. İstasyonlar arası transferin iki türü vardır: mekanik ve mekanik olmayan. Mekanik taşıma hatlarında iş parçaları istasyonlar arasında ve istasyonlar arasında konveyör bantlar veya benzeri hareket sistemleri kullanılarak taşınır. Mekanik olmayan hatlarda iş parçaları istasyonlar arasında ve istasyonlar arasında manuel olarak taşınır.

Otomatik hatlar ilk olarak çalışma ortamının tehlikeli olduğu ve çalışanlar için ciddi sağlık sorunlarına neden olan montaj hatlarında kullanıldı. Daha önce otomotiv sektöründe kullanılan otomatik montaj hatları, daha sonra birçok ürünün montajını yapabilecek şekilde tasarlandı. Montaj hattı kurulumlarında özellikle elle montajı zor olan veya işçilik maliyetlerinin yüksek olduğu ürünlerde otomatik hatlar ve robotlar kullanılmaktadır. Otomatik hattaki işlem süresindeki değişiklikler çok küçük olduğundan, manuel hattaki iş yükündeki değişikliklerin okul yapısı içinde neden olduğu işlem süresi doğası gereği daha belirleyicidir. Bu nedenle manuel hatlarda meydana gelen gecikmeler ve boşa kalma

süreleri, otomatik hatlarda daha az görülmektedir. Düz (I tipi) montaj hattı. Tip I montaj hattı, hat boyunca arka arkaya dizilmiş iş istasyonlarından oluşan bir montaj hattıdır. Üretim sistemi montaj hattı başlangıçta doğrusal bir montaj hattı olarak ortaya çıktı. Montajı yapılacak ürün ilk istasyona girer ve son istasyondan tamamen monte edilmiş olarak ayrılır. Düz çizgilerin hem avantajları hem de dezavantajları vardır. Düz montaj hatlarının avantajları arasında daha hızlı ve daha basit iş akışları yer alır. Dezavantajları ise çok fazla alan gerektirmesi ve çalışanlar arasında iletişim için daha az fırsat bulunmasıdır. Cihaz ve iş istasyonu yerleşimi montaj hattında önemli bir etkidir. Hattın konumu ve üretilen ürünün özellikleri hattın şeklini belirler. Montaj hatları fiziksel olarak birçok farklı şekilde tasarlanabilir. Geleneksel hat dengeleme probleminde modellenen üretim hattı düz bir çizgidir, yani şekil çizgiyi takip eder. Geleneksel montaj hatları, şirketin konumu, personel sayısı ve benzeri sınırlamalar nedeniyle yetersizdir.

Toyota'nın üretim hatlarının U şeklindeki düzenlemesiyle, JIT (tam zamanında üretim) ilkelerini uygulayan yeni bir hat tasarımı ortaya çıktı. U şeklindeki montaj hattının yapısı, konvansiyonel hatların aksine hat giriş ve çıkışlarının aynı konumda olmasıdır.

Hat dengeleme problemleri ile U-MHD (U-Tipi Montaj Hattı Dengeleme) problemleri arasındaki temel farklar. Geleneksel hat dengeleme probleminde, tahsis edilebilir iş kümesindeki (önceden tahsis edilmiş iş ögesi) bir iş ögesi seçilir ve ilgili istasyona atanır; oysa U-MHD probleminde, tahsis edilebilir iş kümesi, iş öğelerinin bir kombinasyonundan oluşur. Önceleri atanmış iş öğeleri ve atanmış ardılları olan iş öğeleri. İstasyonlara atanan çalışanlar bu kümeden seçilir. Geleneksel bir düz montaj hattını U şeklinde düzenleyerek, işçiler düz bir hatta mümkün olmayan montaj görevlerini gerçekleştirmek için U şeklindeki hattın iki ayağı arasında hareket edebilirler. Bu esneklik, JIT felsefesini benimseyen şirketlerin tesisteki toplam çalışan sayısını potansiyel olarak azaltmasına ve daha verimli bir tesis düzeni oluşturmaya olanak tanır. Geleneksel düz hatlar yerine U hatlarını seçmenin birçok avantajı vardır (Miltenburg ve Wijngaard, 1994).

### 3. ÜRETİM HATTI MODEL ÇİZİMLER VE VERİMLİLİK ANALİZİ

Uygulamanın kapsamı, uygulama yapılan montaj hattında, iş istasyonları, montaj hattı, geleneksel bir hat yapısını benimser. Hat, arka arkaya düzenlenmiş iş istasyonlarından oluşur. İşlem süresi, ayrı ayrı değerlendirmeye alınmıştır. Yeni proses hatları için çevrim süreleri önceden hesaplanır ve hatlar dengelenir. Uygulamanın yapıldığı üretim hattı:

- Sabit sayıda operatör bulunmaktadır. Uygulamada, istasyonlarda bulunan iş gücü farklı becerilere sahip olup, bazı istasyonlar operatörsüz çalışmaktadır.
- Tek bir operatör gerektiren istasyonlar, tek bir ekip üyesi tarafından işletilebilir.

#### 3.1. Uygulama Yapılacak Ürün

Uygulama için, Araç koltuk şasilerinin üretimi ve montajı yapılacak hat analiz edilmiştir. Tasarımı yapılan ürünün, işlemi gerçekleştirecek istasyonlar ve konveyör hattının çizimleri Solid Works Programda çizilmiştir ve aşağıda bulunabilir. (Şekil 3.1-3.2).

Ayrıca, denetlenen montaj hattında ürüne ilişkin çalışma tanımları, uygun istasyonlar, gerekli ekipman listeleri ve kullanılan malzemelere ilişkin çalışma süresi yer verilmektedir. (Tablo 3.1).

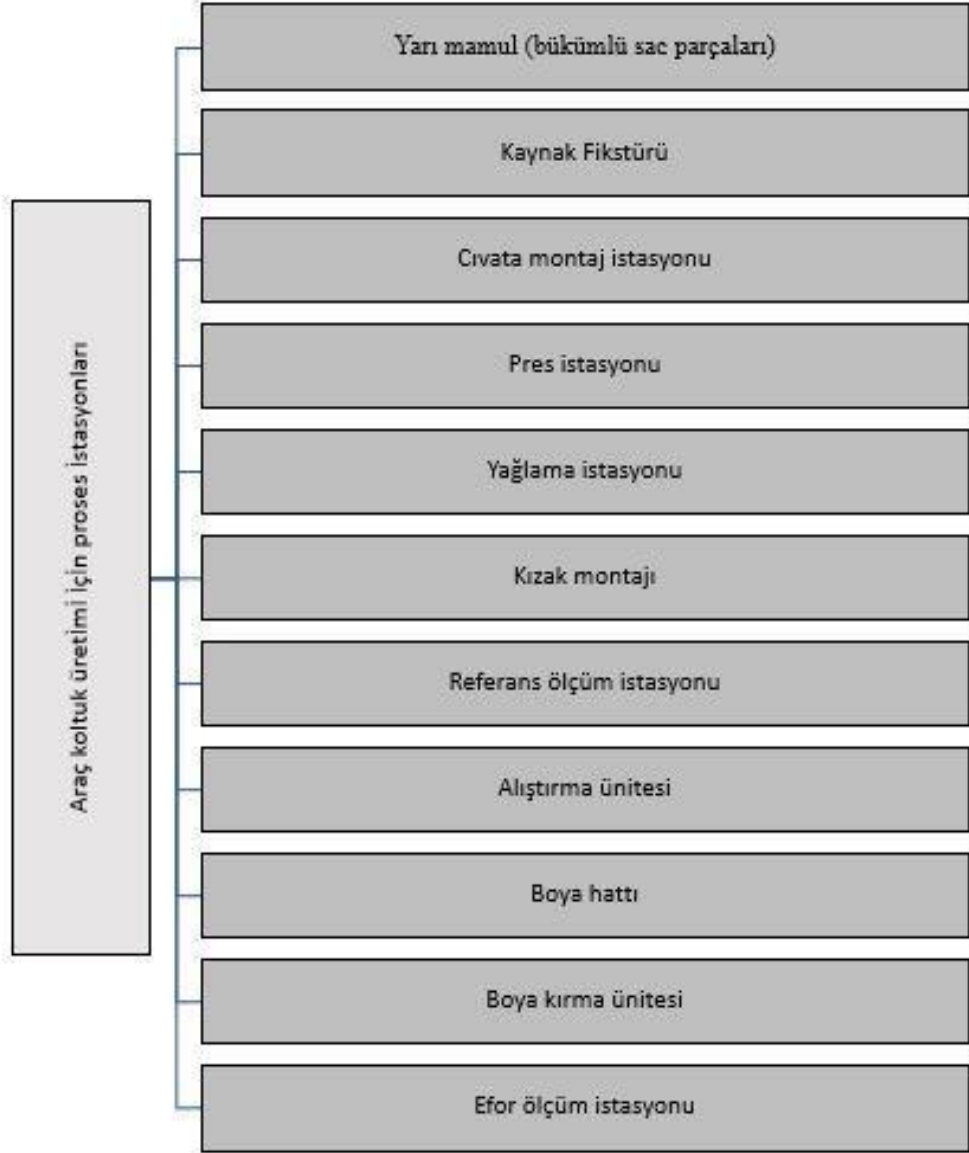


Şekil 3.1: Araç koltuk şasi tasarımı (ürün)



Şekil 3.2: Araç koltuk şasi tasarımı (numune ürün)

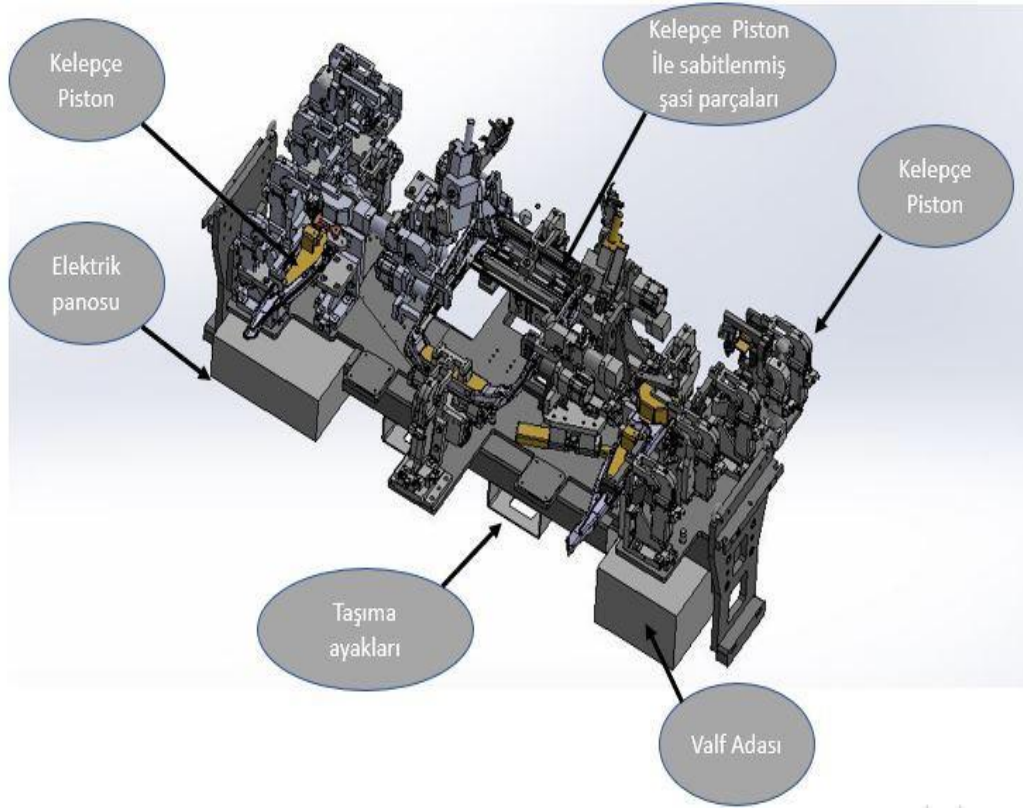
Otomotiv yan sanayisinde üretimi yapılan, araç koltuk şasi imalatı için proses hattındaki istasyonların bütünü, Solid Works (3D çizim programı) ortamında tasarımı yapılmıştır. İstasyonlardaki görev dağılımı ve sıralaması aşağıda bulunmaktadır (Tablo 3.1).



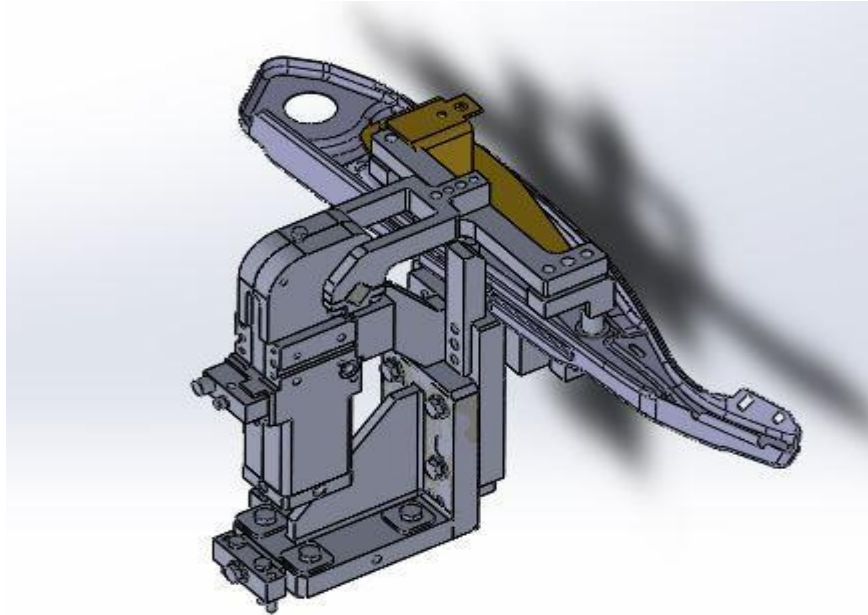
Tablo 3.1: Proses hattı işlem sıralaması

Tasarımı yapılan istasyonların amacı, kullanılan standart ekipmanlar, seçilen malzeme cinsi ve adedi, sırasıyla görsel olarak aşağıda tablolar halinde açıklanmıştır.

Model 1. Kaynak Fikstürü (Robotlu istasyon)

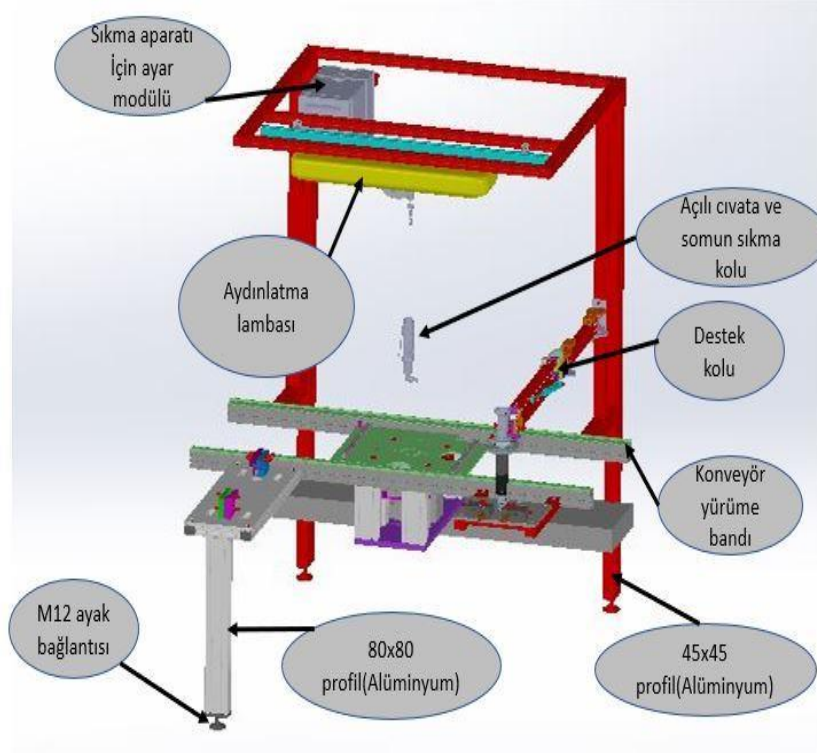


Şekil 3.3: Kaynak fikstürü



Şekil 3.4: Sol ön fikstür





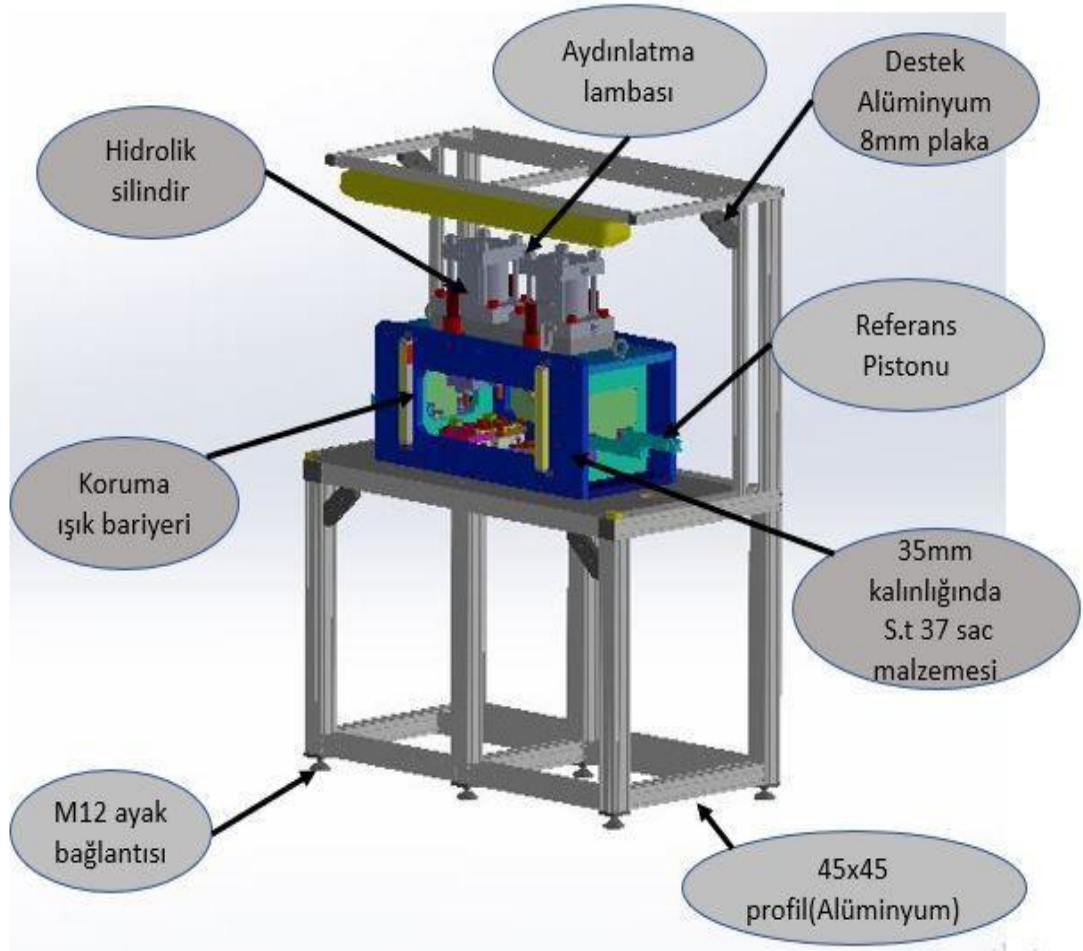
Şekil 3.6: Cıvata montaj istasyonu (Solid Works çizimi)

Proses hattındaki istasyonların şasilerin de Alüminyum profil kullanılmıştır. Alüminyum Profili bugün çelik yapıların yerini almaya başladı. Profillerin bağlantı yapısı sayesinde gerekli parça ve profillerin bağlantıları pratik ve kolay bir şekilde yapılabilmektedir. Profil 6000 serisi alüminyumdan yapılmıştır ve korozyon direnci için 11 mikron anodize kaplamaya sahiptir. Bu faktörler sayesinde profillerle uygulamada zımpara, boyama gibi daha sonraki işlemlere ihtiyaç duyulmamaktadır. Alüminyum profil 6000 mm olarak üretilmektedir. Profiller artık her sektörde kullanılmaktadır. Sigma profili her türlü şasi, kabin, ekran, masa ve makine mühendisliğine uygundur. Profile uygun parçaları bağlayarak zengin bir tasarım elde edebilirsiniz. Tasarımda genel olarak kullanılmasının nedeni açıklanmıştır.

### Model 3. Pres İstasyonu (Opr)

Bu istasyonda, sac parçalarının önemli noktalarına ezme işlemi uygulanmaktadır. Bu işlem yan yana konumlandırılmış metal şaseye bağlı iki adet hidrolik silindir ile gerçekleştirilir. Yarı mamul ürün bu istasyona operatör yardımı ile bırakılıp, sağda iki adet, solda iki adet

referanslama pistonu ile istenilen konuma otomatik olarak ayarlanır. Ayarlama yapıldıktan sonra hidrolik piston yardımıyla işlem gerçekleşir.



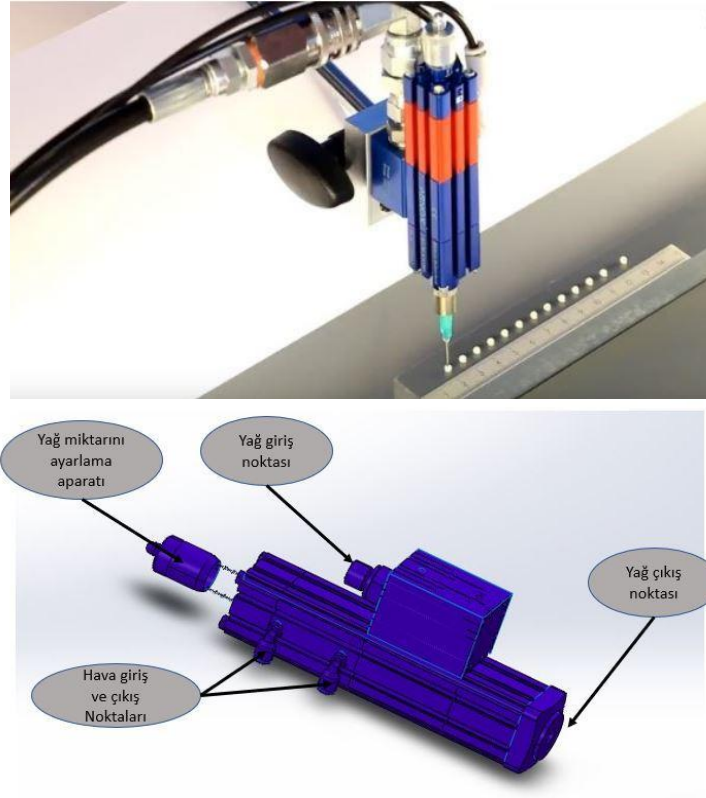
Şekil 3.7: Presleme istasyonu

Bu istasyonda hidrolik Silindir Seçimi yapılırken, Pres işleminin uygulanacağı sac malzemesinin mukavemeti göz önünde bulundurularak, uygulanması gereken kuvvet hesaplanarak silindir seçimi gerçekleştirilmiştir.

#### Model 4. Yağlama İstasyonu (Otomatik)

Bilindiği üzere üretim hatlarının pek çok parçası belli miktarda yağ ve/veya gres ile yağlanmaktadır. Geçmişte, bu tür yağlamanın çoğu elle, parmaklarla veya parçaları yağa batırarak yapılıyordu. Ancak bu durumda, geliştirilmekte olan ürün standardına göre yağlama yapmak neredeyse imkansızdı. Çünkü her seferinde gerçekte ihtiyaç duyulandan daha fazla veya daha az yağ kullanıldı. Her iki durumda da memnuniyetsizlik vardı.

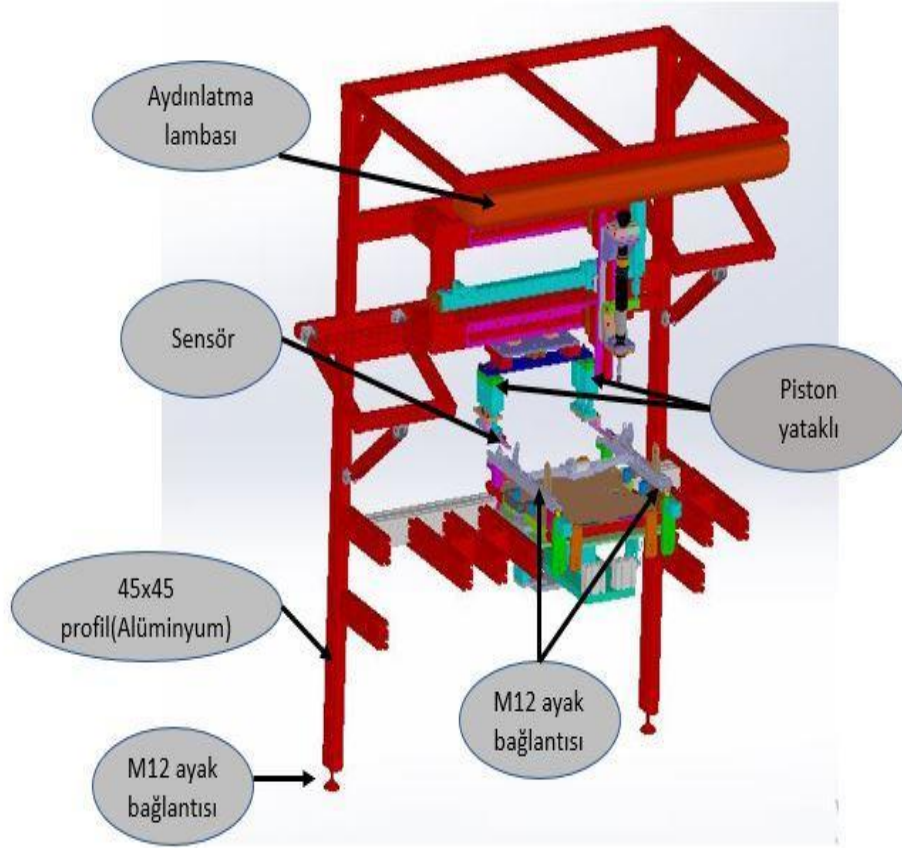
Tüm bu sorunları çözen bir sistem dozlama veya dozajlama olarak tanımlanabilir. Bu tasarımda kızakların bağlanacağı ray yatakları, toplam dört adet pnömatik piston ile uygun şekilde referanslama yapıp istenilen noktalara belirli ölçüde yağ püskürtülür, yağ püskürtme işlemi dozajlama ile yapılır. Tasarım da yağ püskürtülmesi gereken toplam 6 nokta için ayrı ayrı dozajlama sistemi kullanılmıştır.



Şekil 3.8: Dozajlama valfi

#### Model 5. Kızak Montajı ve Kontrolü (Opr)

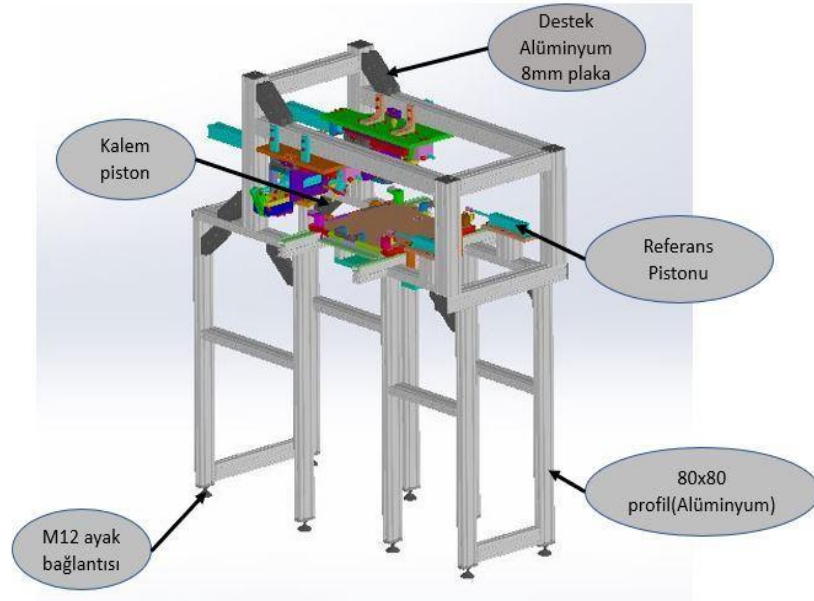
Kızak montajı bu istasyonda operatör tarafından manuel olarak yapılmaktadır. Ray yataklarına yağlama işlemi yapılmış halde bu istasyona iletilir, kızaklar uygun şekilde yerleştirip bırakılır ve otomatik olarak kızakların doğru montaj yapıp yapılmadığı kontrol edilir, bu kontrol işlemi sağda ve solda sabitlenmiş yataklı pistonun ucuna bağlı indüktif sensör (Metaller için varlık veya yokluk algılama) ile gerçekleştirilir ve sistemin montaj kontrolü yapılmış olur.



Şekil 3.9: Kızak montajı ünitesi

#### Model 6. Referans Ölçüm Noktası İstasyonu (Otomatik)

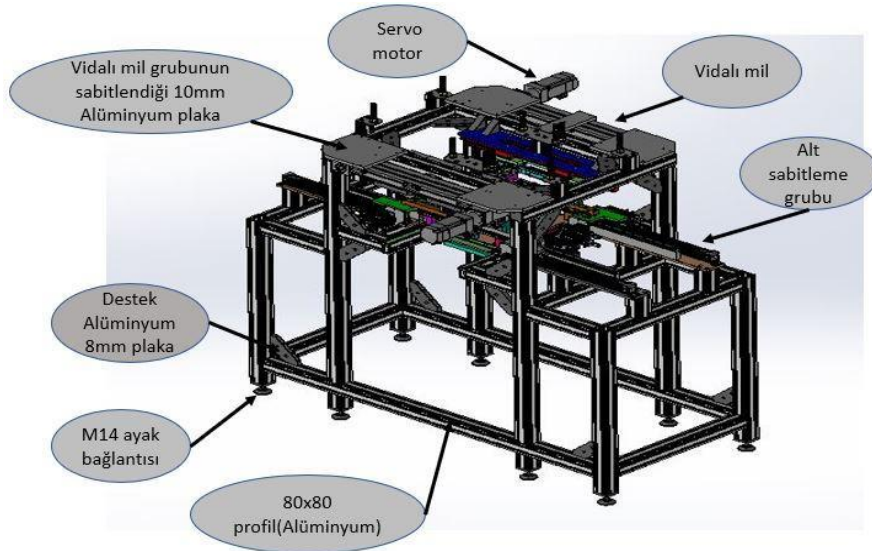
Bu istasyonda şasinin referans ölçüm işlemi gerçekleştirilir. Araç koltuk şasesi bu istasyonda 4 adet pnömomatik piston ile sabitlenir, sabitlenen şasinin üzerindeki noktalar, kalem piston ile kontrolü sağlanır, kalem pistonlar uygun deliklere denk gelmiyor ise ürün hatalı stok grubuna bırakılıp, analiz edilip hata tespiti yapılır.



Şekil 3.10: Referans ölçüm ünitesi

#### Model 7. Alıştırma Ünitesi (Otomatik)

Alıştırma ünitesinin amacı ray yataklarına dozajlama pistonu ile püskürtülen yağın, kızak montajı sonrasında bu istasyonda hareket verilip, yağın uygun şekilde dağıtılması ve sistemin doğru çalıştığını görmek için bu proseste işleme alınır, ray ve kızağa alıştırma işlemi uygulanmış olur.

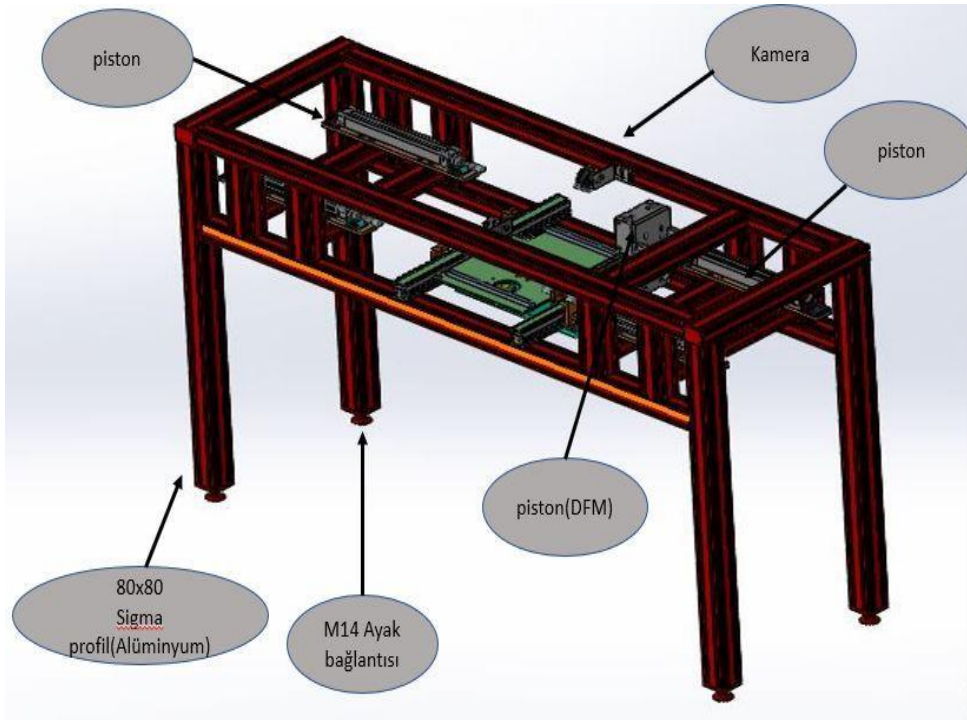


Şekil 3.11: Alıştırma ünitesi

Alıştırma sisteminin mekanik olarak çalıştırılması ise alt grubun ray kısmını sabitlemesi ile başlar, iki adet servo motor (ayarlanabilir hız, açı ve tork sağlayan bir sistem olarak nitelendirilmektedir.) ve bunlara bağlı vidalı miller grubu yardımı ile rayın üzerindeki kızağı tutup ileri geri hareket işlemi uygulanır.

#### Model 8. Boya Kırma Ünitesi (Otomatik)

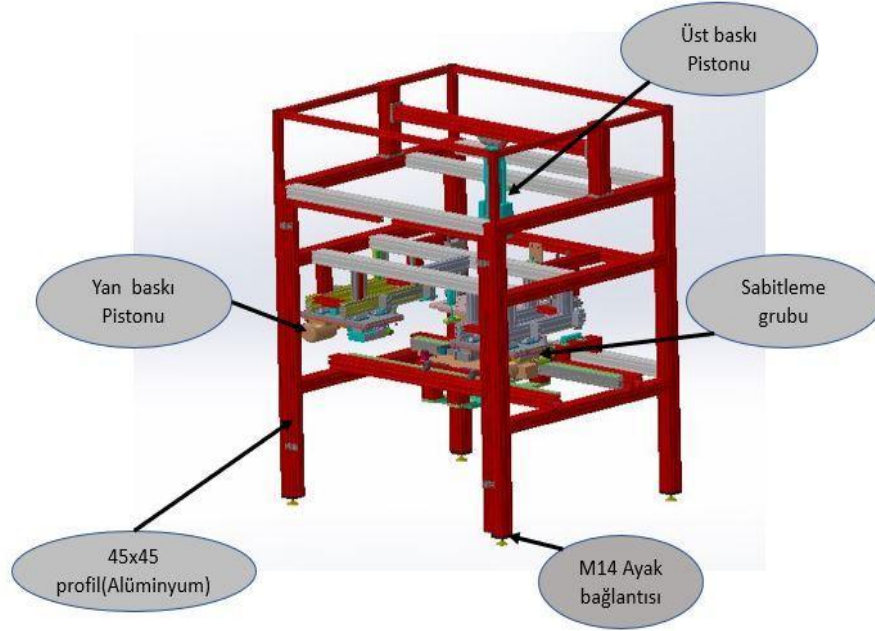
Araç koltuğu şasinin hareket mekanizmasının piston yardımı ile testi bu istasyonda gerçekleştirilir ve bu işlemde ürünün belirli zamanda maruz kaldığı darbeler sonucunda ürünün verdiği tepki kamera yardımı ile analiz edilir.



Şekil 3.12: Boya aşındırma ünitesi

#### Model 9. Efor Ölçüm Ünitesi (Otomatik)

Bu, malzemenin yüklerine dayanma yeteneğinin belirlenmesine yardımcı olur. Tasarım, yorulma testi uygulamalarında beklenen hizmet yüklerini karşılayan veya aşan malzemeleri seçer. Döngüsel yorulma testi; çekme, basma, bükülme, burulma veya bu yüklerin bir kombinasyonu altında döngüsel olarak yüklenebilir ve boşaltılabilir. Yorulma testleri tipik olarak çekme-gerilme, basma-basınç ve ters çekme yüklemesi altında gerçekleştirilir.



Şekil 3.13: Efor ölçüm ünitesi

Bu İstasyonda Araçlar için tasarlanan koltuk şasisinin efor testi uygulanmaktadır. Test işlemi, ürünün alt grubunun sabitlenip hareketli kısma yandan ve üstten kuvvet uygulanır, kuvvet uygulanırken kızak hareket ettirilmeye çalışılır, bu proses işlemi 15 dakika boyunca devam eder, test sonunda ürünün minimum ve maksimum ömrü hesaplanmış olur.

### 3.2. Uygulama Yapılacak Prosesin Verimlilik Analizi

Araç koltuk şasi imalatı ve montajı sırasında 10 iş istasyonu incelenmiştir. Bu iş istasyonları sırasıyla; Kaynak, Mekanik birleştirme, Pres, Yağlama, Kızak montajı, Referans ölçüm, Alıştırma, Boya, Boya kırma, Efor ölçüm 'dür. Montaj hattı kapasitesini dengelemeden önce hat analizi, makine adet ve süreler aşağıdaki tabloda yer almaktadır. (Tablo 3.2).

ÜRÜN İÇİN PROSES HATTI SIRALAMASI VE ANALİZİ				
ÜRÜN		FORD Araç koltuklarının şasi imalatı		
No	İSTASYON ADI	OPERASYON BİLGİSİ	OPERASYON AÇIKLAMALARI	ÜRETİM ŞEKLİ
1	Kaynak	Süre 8 dk	Parçaların birbirine kaynak yapılması	Robotlu İstasyon
2	Mekanik Birleştirme	Süre 2 dk	Perçinleme işlemi	Operatör(Manuel)
3	Pres	Süre 1 dk	Pimleme işlemi	Operatör(Manuel)
4	Yağlama	Süre 2 dk	kızak montajı öncesi yağlama işlemi	Otomatik
5	Kızak montajı	Süre 1.5 dk	Kızakların Yağlı Ray üzerine montajı	Operatör(Manuel)
6	Referans Ölçüm	Süre 1 dk	Standart Delik ve ölçü kontrolü	Otomatik
7	Alıştırma Ünitesi	Süre 5 dk	Ray üzerindeki kazağın hareket ettirilmesi	Otomatik
8	Boya	Süre 1440 dk (1 Gün)	Ral kodu 9005 (Fırın da Boya)	Otomatik
9	Boya Kıрма	Süre 10 dk (standart)	Boya kırma test ünitesi	Otomatik
10	Efor ölçüm	Süre 15 dk (standart)	Ürünün ömrü için cycle time	Otomatik

Tablo 3.2: Ürün imal kılavuzu ve hat bilgisi

No	İSTASYON ADI	Makine Adet	Makine süresi (sn)	Makine süresi (dk)
1	Kaynak	1	480	8
2	Mekanik Birleştirme	1	120	2
3	Pres	1	60	1
4	Yağlama	1	120	2
5	Kızak montajı	1	90	1,5
6	Referans Ölçüm	1	60	1
7	Alıştırma Ünitesi	1	300	5
8	Boya	1	86.400	1440
9	Boya Kıрма	1	600	10
10	Efor ölçüm	1	900	15
Toplam		10	2.730	45.5

Tablo 3.3: Kapasite dengeleme öncesi hat bilgisi

Her istasyonda makineler kullanılıyorsa ve mevcut montaj hattı iyileştirilmemişse maksimum işlem süresi. Kuvvet ölçüm testi 15 dakika sürer. Döngü zamanı, maksimum işlem süresine denk gelmektedir. Bu durumda üretim miktarını hesaplamak için aşağıdaki adımlar kullanıldı:

$$\text{Üretim Hacmi} \left( \frac{\text{Adet}}{\text{saat}} \right) = \frac{60(dk)}{\text{Maksimum işlem süresi}} \quad (1)$$

$$\text{Üretim Hacmi (Adet / saat)} = \frac{60}{15} = 4 \text{ adet/saat} \quad (2)$$

Günlük üretimi hesaplamak için aşağıdaki hesaplama prosedürü kullanılmıştır.

$$\text{Günlük Üretim Hacmi (Adet/gün)} = \frac{60(dk) \times \text{Günlük çalışma süresi (saat)}}{\text{Çevrim süresi (Cycle time)(dk)}} \quad (3)$$

$$\text{Günlük Üretim Hacmi (Adet/gün)} = \frac{60(dk) \times 8(\text{saat}) \times 3(\text{vardiya})}{15(dk)} = 96 \text{ adet/gün}$$

Denge hattı indeksini hesaplamak için aşağıdaki hesaplama prosedürü kullanılır: Daha düşük bir pürüzsüzlük indeksi değeri, daha yumuşak bir dengeyi gösterir.

Düzensizlik indeksi (%) =

$$\frac{\sqrt{(\text{İstasyonlardaki en büyük işlem süresi} - \text{ilgili istasyonlardaki işlem süresi})^2}}{\text{İstasyon sayısı} \times \text{Maksimum iş süresi}} \times 100 \quad (4)$$

Düzensizlik indeksi (%) =

$$\frac{\sqrt{(15-8)^2 + (15-2)^2 + (15-1)^2 + (15-2)^2 + (15-1.5)^2 + (15-1)^2 + (15-5)^2 + (15-10)^2}}{9 \times 15} \times 100$$

$$= 24.413\%$$

Hattın verimi hesaplanırken aşağıdaki hesaplama prosedürü kullanıldı. Yüksek verimlilik, istasyondaki harcamaların etkinliğini gösterir.

$$\text{Hat etkinliği (\%)} = \frac{\text{Toplam işlem süresi}}{\text{Toplam iş istasyonu sayısı} \times \text{Maksimum iş istasyonu süresi}} \times 100 \quad (5)$$

$$\text{Hat etkinliği (\%)} = \frac{45.5}{9 \times 15} \times 100 = 33.703 \%$$

Bir hattın teorik verimi hesaplanırken aşağıdaki hesaplama prosedürü kullanılır. Teorik verimlilik, bant genişliği verimliliği için üst sınırdır.

$$\text{Kuramsal Etkinlik (\%)} = \text{Düzensizlik indeksi} + \text{Hat Etkinliği} \quad (6)$$

$$\text{Kuramsal Etkinlik (\%)} = 24.413 \% + 33.703 \% = 58.116 \%$$

Hesaplamaları ve sonuçları bir şablonda görüntülemek için; Özetle Tablo (3.4-3.5) incelenebilir.

İşlem süreleri	
İSTASYON ADI	Makine süresi (dk)
Kaynak	8
Mekanik Birleştirme	2
Pres	1
Yağlama	2
Kızak montajı	1,5
Referans Ölçüm	1
Aıştırma Ünitesi	5
Boya Kıрма	10
Efor ölçüm	15
<b>Toplam (dk)</b>	<b>45,5</b>
<b>Maksimum süre (dk)</b>	<b>15 (dk)</b>
Üretim Hacmi	4
Hat Verimi (%)	34%

Tablo 3.4: Üretim hatlarının dengelenmesi öncesinde verimlilik ve kapasite hesaplamaları

Maksimum Üretim (saat/adet)	4
Günlük üretim adedi	96
Çevrim süresi (dk)	15
Düzensizlik İndeksi	24%
Hat Etkinliği	34%
Kuramsal Etkinlik	58%

Tablo 3.5: Hat kapasitesinin hesaplanması

Tasarımı oluşturulan proses hattında, yapılan uygulamalar ve istasyon adetleri baz alınıp, yüksek verimli proses hattı elde edebilmek için mevcut makine sayısına ve çalışma süresine bağlı olarak iyileştirmeler yapılabilir.

## 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında otomotiv yan sanayi firmalarında ticari araç koltukları üretiminin amacı, üretim süreçlerini gözden geçirerek durumu iyileştirmek, döngü sürelerini kısaltmak, katma değeri olmayan hareketleri ortadan kaldırmak ve yalın üretim yöntemlerinden faydalanmak ve bunlardan biri olan WCM'yi (Dünya Klasında Üretim) artırmaktır. Bu nedenle amaç, verimliliği artırmaktır. Çalışma ayrıca ticari araç koltuk montaj hatları için bir iyileştirme çalışması önermektedir. Günümüzde her geçen gün yaygınlaşan yalın üretim odaklı işletmelerin temel olarak en büyük avantajlarını aşağıdaki sıralamak doğru olacaktır.

Yalın üretim odaklı işletmelerin avantajları aşağıdaki gibi olur.

- Kalite performansı ciddi şekilde artar ve daha az kusur ile daha az tamir söz konusudur,
- Az makine, proses hataları azalır,
- Düşük stok seviyeleri nedeniyle,
- Envanter miktarı azalır,
- Yerden tasarruf edin ve alan gereksinimlerini azaltın.
- Daha yüksek üretkenlik ve kişi başına daha fazla çıktı,
- Geliştirilmiş teslimat performansı,
- Sürekli gelişim kültürümüz var,
- Müşteri memnuniyetinin artması,
- Çalışan memnuniyeti ve katılımının artması.
- Tedarikçilerle garantili, gelişmiş ilişkiler,
- Kapasite artışları planlanıyor.

Bir değişiklik olduğunda, eğer uzmanlık alanınız global pazarda ise, pazarınıza hizmet veren firmaların güncel tüm ihtiyaçlarını, gereksinimlerini ve modernliğini dikkate alarak o değişimi başlatmanız yeterlidir. Gerek kendi ülkenizde gerekse diğer birçok ülkede otomotiv gibi küresel bir pazarın içinde sizin pazar payınıza bakan sizden nasıl pay alacağını düşünen onlarca başka firma olacaktır.

Bu durumda teknolojik gelişmeleri dikkatle takip etmek, gelişen endüstriyel teknolojileri analiz etmek ve bunların üretime ve sonraki süreçlere yansıttığı değer ve avantajları belirlemekte fayda var. Gelişen teknolojiyi takip etmezsek rakiplerimiz her geçen gün gelişecek, hatta sektörümüzde devrim yaratabilir. Şirketimizin faaliyet gösterdiği sektör, teknolojik gelişmelerin üretim ve diğer birçok fonksiyonu etkilediği bir sektör olduğundan montaj hatları ve yalın üretim teknikleri, üretimin her alanında şirkete avantajlar sunmaktadır. Literatürde bilinen montaj hattı konseptinin, Toyota'da JIT uygulamasının ön koşullarından biri olduğu ortaya çıktı. Bu yerleşim planının en dikkate değer ve önemli avantajı, üretim hacmindeki değişikliklere uyum sağlamak için gereken işçi sayısını artırma veya azaltma esnekliğidir.

Yalın üretim, işletmelerin genelinde küçük iyileştirmeler standartlaştırıldığında şirketlerin büyük faydalar elde etmelerini sağlamaktadır. Yalın üretim aynı zamanda bir üretim sistemidir ve süreklilik gerektirmektedir. Tüm adımları bir bütündür ve birbirini takip eder. İyileştirme faaliyetlerinde herhangi bir kısıtlama yoktur. Yalın üretimin başarılı olabilmesi için alt kademelerden yönetim kademelerine kadar benimsenmesi ve şirket kültürüne yerleşmesi gerekmektedir. Tüm çalışanların katkısı gereklidir. Bu nedenle sistemli bir şekilde tüm çalışanlara iletilmeli ve öneri sistemine katılmaları beklenmelidir. Bu çalışmada ticari araç koltuklarında yalın üretim odaklı montaj hattı kurulması ve iyileştirme çalışmaları ile yapılan yalın üretim çalışmaları aktarılmıştır. Bu çalışma ve benzer çalışmalar montaj hatlarını daha da geliştirebilir ve hem yalın üretimin hem de üretim sahasındaki U şekilli montaj hatlarının avantajlarını ve faydalarını bilimsel olarak ortaya koyabilir.

## 5. KAYNAKLAR

- Ağpak, K., Gökçen, H., Saray, N.N., Özel, S. 2002. Stokastik Görev Zamanlı Tek Modelli U Tipi Montaj Hattı Dengeleme Problemleri İçin Bir Sezgisel. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 17(4): 115-124.
- Ahakchi, R., Yangjh, B.S. ve Alilou, M. 2012. Lean Accounting, Adaptation Tool Lean Thinking and Lean Production. World Applied Sciences Journal. 17(8): 1040-1045.
- Ahuja, I.P.S., ve Khamba, J.S., “Total productive maintenance: literature review and directions”, International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 25 Iss:7, pp. 709 – 756, 2008.
- Altunay, H., Özmutlu, H. C., & Özmutlu, S. (2017). Paralel görev atamalı montaj hattı dengeleme problemi için yeni bir matematiksel model önerisi. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 18(1), 15-33.
- Arashpour, M., Enaghani, M. R., ve Andersson, R. “The rationale of lean and TPM.” Paper presented at the Proceedings of the International Conference of Engineering and perations Management (IEOM’10), 2010.
- Arıcı, T. 2017. Yalın Üretim Sistemlerinin Firmaların Çevresel Yönetim Performanslarına Etkileri ve Şirketleri İçin Gelecek Görünümü: Dinamik Kalite Yönetimi. Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler, Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Gebze.
- Asilkan, Ö. 2008. “Veri Madenciliği Kullanılarak İkinci El Otomobil Pazarında Fiyat Tahmini”, Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış doktora tezi, Antalya.
- Aydın, H. 2009. Yalın Üretim Sistemi, Değer Akış Haritalama Yöntemi ve Yalın Üretim Sisteminin Çalışanlara Etkileri. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Babalık, F.C.2007. Mühendisler İçin ERGONOMİ İşbilim. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Becker, C. ve Scholl, A. (2006). A Survey on Problems and Methods in Generalized Assembly Line Balancing, European Journal of Operational Research, 694-715.
- Bedir, A., (2002), “Türkiye’de Otomotiv Sanayi Gelişme Perspektifi”, Devlet Planlama Teşkilatı, Ankara.
- Belekoukias, I., Garza-Reyes, J. A., ve Kumar, V., 2014 “The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations”. International Journal of production research, 52(18), 5346-5366,
- Borris, S. 2006, “Total Productive Maintenance proven strategies and techniques to keep equipment running at peak efficiency”, McGraw-Hill,

- Brett W. Braiden ve Kenneth R. Morrison, 1996 Lean Manufacturing optimization of automotive motor compartment system, (Computers and Industrial Engineering, Vol.31, Issue.1-2, Kasım), s.99.
- Cesur, N. (2004), “İşletmelerde Yeni İlke; Yalın Üretim”, Verimlilik Dergisi, sayı 28,7-16.
- Corominas, A., Pastor, R. and Plans, J., (2008), Balancing Assembly Line with Skilled and Unskilled Workers, Omega, 36, 6, 1126–1132.
- Çakırkaya, M. ve Acar, M.E. (2016). 5S Tekniği Aşamaları ve Makarna Sektöründe Bir Uygulama. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi. 30(4): 845-868.
- Das, M., Elisala, A. ve Rao, GS Uluslararası Mühendislik Bilimleri ve Araştırma Teknolojileri Dergisi Gelişmiş Simülasyon Prosedürü Kullanılarak Ticari Yolcu Aracı Koltuğu Tasarımı ve Testi.
- El-Baz M., A., “Fuzzy performance measurement of a supply chain in manufacturing companies”.
- Elmas, Ç. (2007). Yapay Zeka Uygulamaları, Cilt 1, Bölüm 7: Bulanık Mantık, 185- 199, Seçkin Yayıncılık.
- Emiroğlu, A. (2016). Yalın Üretim ve Tam Zamanlı Envanter Stratejisi. Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi. (16): 73-81.
- Erdem, M.S., Tüzemen, Ş. ve Hastürk, E., Kaygusuzer, R.Ö. ve Topal, T. (2013). Yan Sanayi İşletmesinde Yalın Felsefe Uygulamaları; 5s, Hat Dengeleme. International SMES conference (ss.125-135). Düzenleyen Tüm Sanayici ve İş adamları Derneği. İstanbul. 12-15 Eylül.
- Erdoğan, B.Z., Haşit, G. ve Taşer, A. (2006). Tam Zamanlı Üretim Sisteminin Kütahya İlinde Seramik Üretimi Yapan Kobiler’de Uygulanabilirliği Üzerine Bir Araştırma. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi. (16): 191-212.
- Gökşen, Yılmaz (2003). “Geleneksel Üretimden Esnek Üretime: Karşılaştırmalı Bir İnceleme.” Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, C. (5), 32-48.
- Gulati, R. 2012, “Maintenance and reliability best practices”, Industrial Press,
- Gümüştekin, G., Demirci, M.K., Aydemir, M., Yurdakul, M., Taşkın, E., Ergun Özler, D., Keçek, G., Özler, H., Aktaş, R. ve Ünal S. (2009). İşletmecilik Kuram ve Uygulama. Ankara: Detay Yayıncılık.
- Huntzinger, J.R. (2007). Lean Cost Management: Accounting for Lean by Establishing Flow. USA: J. Ross Publishing.
- İstanbul Sanayi Odası (İSO), (2002). Otomotiv Sanayii Sektörü, İstanbul: İSO Yayınları.
- İşler, M. ve Güner, M. (2014).

- Yalın Üretim Araçlarından Heijunka ve Konfeksiyon Uygulamaları. XIII. Uluslararası İzmir Tekstil ve Hazır Giyim Sempozyumu (ss. 264- 267), Düzenleyen Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Mühendisliği Bölümü. İzmir. 2-5 Nisan 2014.
- İşlier, A. 1998. “Üretim Sistemleri: Kavramlar, Değerlendirme, Tasarım”, Osmangazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, s.123.
- James P. WOMACK, Yalın Düşünce, (İstanbul: Sistem Yayıncılık,1998), s.155.
- Kalender F. Y., Yılmaz, M. M., ve Türkbey, O., “Montaj Hattı Dengeleme Problemine Bulanık Bir Yaklaşım” Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, vol:23, no:1, 129-138, (2008).
- Katko, N.S. (2013). The Lean CFO: Architect of Lean Management System. New York: CRC Press.
- Keskintürk, T. ve Küçük, B. (2006). Karışık Modelli Montaj Hatlarının Genetik Algoritma Kullanılarak Dengelenmesi, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi, İstanbul.
- Kocamış T., Lean Accounting Method for Reduction in Production Costs in Companies, International Business and Social Science, 2015, 6(9), 6-13.
- Koçak, A., Sözen, K., Çiçekli, U. G., Soyuer, H. 2011. Bilgi Sistem ve Teknolojilerinin Dünya Klasında Üretim Anlayışına Etkisi, XI. Üretim Araştırmaları Sempozyumu, 613-623, İstanbul.
- Liker, Jeffrey K., Michael Hoseus vd. (2015). Toyota Kültürü (Kıvanç Tanrıyar). İstanbul: Optimist Yayın Grubu.
- Madu, C. N. (1999). Reliability and Quality Interface. International Journal of Quality and Reliability Management, 16, 691-698.
- Maraşlı, Hikmet (2013). “Yalın Üretim Bazlı Üretim izleme ve İyileştirme” Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, C. (3), 45-64.
- Mcvay, G., Kennedy, F. ve Fullerton, R. (2013). Accounting in the Lean Enterprise. USA: CRC press.
- Melton, T., “The benefits of lean manufacturing: what lean thinking has to offer the process industries”. Chemical Engineering Research and Design, 83(6), 662-673, 2005.
- Miltenburg, G. J. & Wijngaard, J. (1994). The U-line line balancing problem. Management science, 40(10), 1378-1388.
- Miltenburg, J. (2001). U-shaped production lines: A review of theory and practice. International Journal of Production Economics, 70(3), 201-214.

- Mora, SM, Gil, JC ve López, AMC (2019). Tersine mühendislik teknikleri kullanılarak FDM ile elde edilen ABS parçalarının boyutsal özelliklerinde üretim parametrelerinin etkisi. *Procedia Manufacturing* , 41 , 968-975.
- Morgan, M. James ve Jeffrey K. Liker, (2007). Toyota Ürün Geliştirme Sistemi (Çev. Aysel Yılmaz). İstanbul: Farba Yayınları.
- Muzoğlu, B. (2014). *Paralel Karışık Modelli Montaj Hattı Dengeleme Problemi Ve Bir İşletmede Uygulanması* (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi).
- Nakajima, S. (Ed.). “TPM development program: implementing total productive maintenance”, Productivity, 1989.
- Neely, A., Gregory, M., ve Platts, K. 2005, “Performance measurement system design: A literature review and research agenda”, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 25 Iss: 12, 1228 – 1263,
- Ohno, Taiichi, (2017). Toyota Ruhu (Çev. Canan Feyyat). İstanbul: Scala Yayıncılık.
- Osd, (2016), Otomotiv Sanayii 2016 Yılı Küresel Değerlendirme Raporu
- Özdemir R.G., Ayağ, Z., Çakır, D., “Hazırlık sürelerinin azaltılması için bir hat dengeleme modeli”, YA/EM (Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği), XXIV Ulusal Kongresi, Gaziantep- Adana 15-18 Haziran (2004).
- Özerman, E, (2004), “2003 Yılı Otomotiv Sanayii İhracatımız ve 2004 Yılına İlişkin Beklentiler”, İhracatı Geliştirme Etüt Merkezi (İGEME) Dergisi, Sayı:26, Nisan, 2004, www.igeme.org.tr (Son Erişim Tarihi: 17.08.2020).
- Par Ahlstrom 1998, Sequences in the implementation of lean production, (*European Management Journal*, Vol.16, Issue.3, Haziran), s.327.
- Paranjape, B., Rossiter, M., ve Pantano, V., “Performance measurement systems: successes, failures and the future – a review”, *Measuring Business Excellence*, Vol.10 No.3 4-14, 2006.
- Pekin, E. ve Çil, İ. (2015). Kauçuk Sektörü Poka-Yoke Uygulaması. *S.A.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*. 19(2): 163-170.
- Porter, M. (1985). *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. New York: FreePress.
- Randive, P. R., Karambe, M. D., & Kamble, S. M. (2014). OPTIMIZATION SEAT OF BACK REST OF A CAR. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 3(3), 505.
- Savran, Sungur, (2013). Üçüncü Büyük Depresyon: Kapitalizmin Alacakaranlığı. İstanbul: Yordam Kitap.

- Singh, R., Ahirwar, SL ve Tiwari, SK (2013). Yüksek Konforlu, Güvenilir ve Ekonomik Sürücü Araba Koltuğu Tasarımı. *Uluslararası Ortaya Çıkan Teknoloji ve İleri Mühendislik Dergisi* , 3 (10), 142-148.
- Sönmez, V. ve Testik, M., C., “Sürekli Üretim Hatlarında Kullanılan Makinelerin Performanslarının İzlenmesi Amacıyla Geliştirilen Bir Bilgi Sistemi Çerçevesi” *Savunma Bilimleri Dergisi*, (Kabul edilmiştir, 2015).
- Şeker, (2016) Yalın Üretim Sisteminde Kanban, Tek Parça Akışı Ve U Tipi Yerleştirme Sistemleri, *The Journal of Academic Social Science Studies*
- Tanyaş M. ve Baskak, M. (2006). Üretim Plânlama ve Kontrol, İrfan Yayıncılık, İstanbul.
- Tapping, D. (2003). *The Lean Pocket Guide Tools For The Elimination Of Waste*. USA: Running Lean.
- Tekin, M. ve Zeren, M. (2005). Konya Otomotiv Yan Sanayinin Rekabet Gücü Hakkında Bir Araştırma. V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu, İstanbul Ticaret Üniversitesi.
- Tepekule, E.T. 2015. Dünya Klasmanında Üretim Kapsamında İş Sağlığı ve Güvenliği Çalışmalarına Yönelik Bir Model Önerisi ve Uygulama. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, İzmir.
- Thomas A. Kochan, *After Lean Production*, (New Jersey: Prentice Hall, 1997), s.88.
- Top, A. ve Yılmaz, E. (2009). Üretim Yönetimi. İstanbul: Yaprak Yayınları.
- Tuttokmağı ve Kaygusuz (2018), Akıllı Şebekeler ve Endüstri 4.0
- Walker, G. (2007). *Modern Competitive Strategy (Second Ed.)*. McGraw-Hill.
- Woehrle, S. L., Abou-Shady, L. 2010. Using Dynamic Value Stream Mapping and Lean Accounting Box Scores to Support Lean Implementation, *American Journal of Business Education*, 3(8): 67-75.
- Womack, J. P., Jones, D. T. (2003). *Yalın Düşünce*. İstanbul: Sistem Yayıncılık.
- Womack, James P. ve Daniel T. Jones 1990, *Dünyayı Değiştiren Makine, Çeviren: Otomotiv Sanayi Derneği*, (3.b., İstanbul: Otomotiv Sanayi Derneği Yayını).
- Yıldız, G. ve Ardıç, K. (2002). Japon İşletmecilik Uygulamaları Türk İşletme Yönetimine Bir Model Olabilir Mi? *Mimar ve Mühendis Dergisi*, 6.
- Yıldız, Y. 2015. Sıra Bağımlı Teslim Zamanlı Öğrenme Etkili Basit Montaj Hattı Dengeleme Problemi. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kayseri.

Yuce, C., Karpat, F., Yavuz, N., & Sendeniz, G. (2014). A case study: Designing for sustainability and reliability in an automotive seat structure. *Sustainability*, 6(7), 4608-4631.

Zerenler, M. ve Karaboğa, K. (2014). Müşteri Memnuniyetinin Sağlanması Hataların Önlenmesine Yönelik Üretim Odaklı Bir Bakış Açısı: Poka-Yoke Sistemleri. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi Dr. Mehmet Yıldız Özel Sayısı, s. 263-275.

