

**BİR OTOMOTİV FİRMASINDA YALIN ÜRETİM ODAKLI
MONTAJ HATTI İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI**

Berna KARASU



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİR OTOMOTİV FİRMASINDA YALIN ÜRETİM ODAKLI MONTAJ
HATTI İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI**

Berna KARASU
(ORCID No: 0000-0001-6907-257X)

Doç. Dr. A. Yurdun ORBAK
(Danışman)
(ORCID No: 0000-0002-4921-4275)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2019

©Her Hakkı Saklıdır

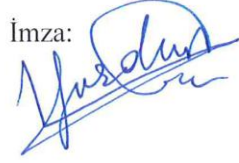
TEZ ONAYI

Berna KARASU tarafından hazırlanan “Bir Otomotiv Firmasında Yalın Üretim Odaklı Montaj Hattı İyileştirme Çalışmaları” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr., Ali Yurdun ORBAK

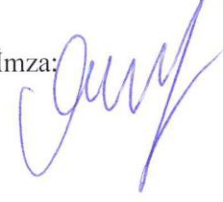
Başkan : Doç. Dr. Ali Yurdun ORBAK
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Endüstri Mühendisliği
Anabilim Dalı

İmza:



Üye : Doç. Dr. Aytaç YILDIZ
Bursa Teknik Üniversitesi,
Mühendislik ve Doğa
Bilimleri Fakültesi, Endüstri
Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza:



Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet AKANSEL
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Endüstri Mühendisliği
Anabilim Dalı

İmza:



Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN

Enstitü Müdürü

23.07.2019

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

23 /07/2019

İmza

Berna KARASU

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİR OTOMOTİV FİRMASINDA YALIN ÜRETİM ODAKLI MONTAJ HATTI İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI

Berna KARASU

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. A. Yurdun ORBAK

Yalın üretim, israfa yol açan üretimdeki tüm aktivitelerin yok edilmesi, katma değer yaratan aktivitelerin artırılması işlemidir. Yalın üretim bir süreç işidir, uzun zaman alır ve sürekli çaba gerektirir. Fakat yalın üretim ile birlikte kısıtlı kaynaklarla en iyi optimum çıktılar elde edilir. Bu sebeple bu çalışmada yalın üretim sistemi ve yalın üretim sistemlerinden biri olan WCM (World Class Manufacturing) metodolojisi tercih edilmiştir.

İşletmeler, varlığını sürdürebilmek, pazarda rakipleri ile mücadele edebilmek ve sahip oldukları kaynakları optimum biçimde kullanmak zorundadırlar. Bu yüzden yapılan bu tez çalışmasında, bir otomotiv firmasında üretimin israflardan arındırılarak, montaj hattı iyileştirme çalışmalarına yer verilmektedir. Ayrıca bu çalışmada, World Class Manufacturing (WCM), Workplace Organization (WO) aktiviteleri ile katma değer oluşturmaya iş adımları elimine edilmeye çalışılarak, montaj hattı iyileştirme problemine farklı bir bakış açısı oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yalın üretim sistemi, WCM, WO aktiviteleri, Montaj Hattı İyileştirme

2019, vii + 78 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

ASSEMBLY LINE IMPROVEMENT STUDIES OF AN AUTOMOTIVE FIRM USING LEAN MANUFACTURING

Berna KARASU

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Industrial Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. A. Yurdun ORBAK

Lean production is the process of eliminating all activities in production that cause waste, and increasing the activities that create added value. Lean manufacturing is a process of work, it takes a long time and requires constant effort. However, thanks to lean manufacturing, optimum outputs are obtained with limited resources. For this reason, lean production system and WCM (World Class Manufacturing) methodology which is one of lean manufacturing system has been preferred in this study.

Companies have to be able to survive, have to be able to struggle with their competitors in the market and have to use their resources in an optimum way. For this reason, in this thesis, assembly line improvement works are included in an automotive company by eliminating waste from production. In addition, in this study, a different point of view has been created for the assembly line improvement problem by trying to eliminate the work steps that do not create added value with World Class Manufacturing (WCM), Workplace Organization (WO) activities.

Key words: Lean Manufacturing System, WCM, WO activities, Assembly Line Improvement

2019, vii + 78 pages.

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans çalışmalarım boyunca bana her konuda destek veren, tanımaktan büyük onur duyduğum, değerli zamanını, bilgilerini ve tecrübelerini esirgemeyip paylaşan saygıdeğer danışmanım ve hocam Doç. Dr. A. Yurdun ORBAK'a teşekkürlerimi sunarım.

İyi bir eğitim almamı sağlayan, her türlü yardımlarını üzerimden hiçbir zaman eksik etmeyen her zaman yanımda olduklarını bildiğim çok değerli aileme en içten, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Berna KARASU

23 /07/2019

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER	3
2.1. Üretim Ve Üretim Sistemleri	3
2.1.1. Üretim	3
2.1.2. Üretim sistemleri.....	4
2.2. Yalın Üretim.....	7
2.2.1. Yalın üretimin tarihçesi.....	8
2.2.2. Yalın üretim ilkeleri	11
2.2.3. Yalın üretim araçları	14
2.3. Dünya Sınıfında Üretim World Class Manufacturing (WCM).....	23
2.4. Montaj Hatları ve Montaj Hattı Dengeleme.....	27
2.4.1. Montaj hatları.....	27
2.4.2. Montaj hattı çeşitleri	30
2.4.3. Montaj hattı dengeleme.....	31
3. MATERYAL VE YÖNTEM – BİR OTOMOTİV FİRMASINDA YALIN ÜRETİM ODAKLI MONTAJ HATTI İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI	33
3.1. Planlama Aşaması	34
3.2. Uygulama Aşaması	40
3.2.1. Muri analizi ve Muri iyileştirmeleri.....	41
3.2.2. Mura analizi ve Mura iyileştirmeleri.....	48
3.2.3. Muda analizi ve Muda iyileştirmeleri	54
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	57
5. SONUÇ	68
KAYNAKLAR	71
EKLER.....	73
ÖZGEÇMİŞ	78

KISALTMALAR DİZİNİ

Kisaltmalar	Açıklama
MHDP	Montaj Hattı Dengeleme Problemi
NVAA	Non-Value Added Activities / Katma Değer Oluşturmayan Aktivite
PUKÖ	Planla - Uygula - Kontrol Et - Önlem Al Döngüsü
SMED	Single Minute Exchange of Dies / Tekil Dakikalarda Kalıp Değişimi
Sn	Saniye
SVAA	Semi-Value Added Activities / Yarı Katma Değer Oluşturan Aktivite
TZÜ	Tam Zamanında Üretim
TPM	Total Productive Maintenance / Toplam Üretken Bakım
VAA	Value Added Activities / Katma Değer Oluşturan Aktivite
VSM	Value Stream Mapping / Değer Akış Haritalama
WCM	World Class Manufacturing / Dünya Sınıfında Üretim
WO	Workplace Organization / İşyeri Organizasyonu

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Üretim sürecinin şematik gösterimi	3
Şekil 2.2. Tam zamanında üretim sisteminin temel kavramları (Kanat ve Güner 2006) ...	6
Şekil 2.3. Yalın üretimde israf kavramı (Arıcı 2017)	7
Şekil 2.4. Yalın uygulamalar üzerine inşa edilen operasyonlar (Katko 2014).....	8
Şekil 2.5. Yalın üretim tarihi kronolojik sıra (Kılıç 2016).....	10
Şekil 2.6. Kanban ve çekme sistemi şematik gösterimi	16
Şekil 2.7. Poka-yoke örneği	18
Şekil 2.8. Jidoka şematik gösterimi	19
Şekil 2.9. Setup süresi şematik gösterimi	19
Şekil 2.10. İç setup - dış setup şematik gösterimi	20
Şekil 2.11. Heijunka'lı üretim sistemi şematik gösterimi.....	21
Şekil 2.12. WCM çatısı Yönetimsel ve Teknik Pillarlar (Bozağaç 2018)	24
Şekil 2.13. WCM Sistemi Ve Amaçları (Bozağaç 2018).....	26
Şekil 2.14. Montaj şematik gösterimi	28
Şekil 2.15. Montaj hattı şematik gösterimi	28
Şekil 2.16. Öncelik diyagramı.....	29
Şekil 2.17. Tek modellenli montaj hattı şematik gösterimi	30
Şekil 2.18. Çok modellenli montaj hattı şematik gösterimi.....	30
Şekil 2.19. Karmaşık modellenli montaj hattı şematik gösterimi	31
Şekil 3.1. Mevcut durum kayıp analizi	35
Şekil 3.2. Hat bazında NVAA- hat dengesi kayıpları	36
Şekil 3.3. 4. Hat VAA-SVAA-NVAA-Hat dengesi pareto su	37
Şekil 3.4. 4. Hat iş gücü ve hat denge kaybı aylık bazda dağılımı	37
Şekil 3.5. 5. Hat iş gücü ve hat denge kaybı aylık bazda dağılımı	38
Şekil 3.6. Mevcut durum yüzde NVAA dağılımları	39
Şekil 3.7. Golden zone (yatay ergonomik bölge) şematik gösterimi	42
Şekil 3.8. Strike zone (dikey ergonomik bölge) şematik gösterimi	43
Şekil 3.9. 4. Hat Muri analizi	46
Şekil 3.10. 4. Hat mevcut durum Muri analizi sonuçları	46
Şekil 3.11. 5. Hat Muri analizi	47
Şekil 3.12. 5. Hat mevcut durum Muri analizi sonuçları	48
Şekil 3.13. A,B,C vardiyaları arasındaki farklar	49
Şekil 3.14. Mevcut durum - kayıpların % dağılımı.....	56
Şekil 4.1. Golden zone ve strike zone ile ilgili iyileştirme yapılan birkaç örnek	57
Şekil 4.2. Mevcut durum yerleşim düzeni	58
Şekil 4.3. 4. hat Muri analizi iyileştirme sonrası	59
Şekil 4.4. 4. hat mevcut durum Muri analizi sonuçları	59
Şekil 4.5. 5. hat Muri analizi iyileştirme sonrası	60
Şekil 4.6. 5. hat mevcut durum Muri analizi sonuçları	61
Şekil 4.7. Görsel işlem kartları.....	62
Şekil 4.8. A,B,C vardiyaları arasındaki farklar iyileştirme sonrası	63
Şekil 4.9. İyileştirme sonrası yerleşim düzeni	67

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. İtme ve çekme stratejilerinin karşılaştırılması (Arıcı 2017)	13
Çizelge 2.2. VSM simgeleri ve açıklamaları	22
Çizelge 3.1. MURİ, MURA, MUDA hedefleri.....	40
Çizelge 3.2. MURİ, MURA ve MUDA neden ve çözümleri.....	40
Çizelge 3.3. Muri analizinde değerlendirilen ergonomik hareketler.....	43
Çizelge 3.4. Sırt hazırlama operasyonu zaman analizi	49
Çizelge 3.5. Sırt hazırlama 1. operasyon mevcut iş dağılımı.....	50
Çizelge 3.6. Sırt hazırlama 2. operasyon mevcut iş dağılımı.....	52
Çizelge 3.7. Sırt hazırlama 3. operasyon mevcut iş dağılımı.....	53
Çizelge 3.8. Sırt hazırlama 4. operasyon mevcut iş dağılımı.....	54
Çizelge 4.1. Sırt hazırlama operasyonu zaman analizi iyileştirme sonrası	62
Çizelge 4.2. Sırt hazırlama 1. operasyon iş dağılımı iyileştirme sonrası	63
Çizelge 4.3. Sırt hazırlama 2. operasyon iş dağılımı iyileştirme sonrası	65
Çizelge 4.4. Sırt hazırlama 3. operasyon iş dağılımı iyileştirme sonrası	66
Çizelge 4.5. Sırt hazırlama 4. operasyon iş dağılımı iyileştirme sonrası	66
Çizelge 5.1. 4. hat Operatör İhtiyacı Tablosu Öncesi	68
Çizelge 5.2. 4. hat Operatör İhtiyacı Tablosu Sonrası	69
Çizelge 5.3. 5. hat Operatör İhtiyacı Tablosu Öncesi	69
Çizelge 5.4. 5. hat Operatör İhtiyacı Tablosu Sonrası	70

1. GİRİŞ

Otomotiv sanayinde, diğer endüstriyel kuruluşlarda olduğu gibi ürün çeşitliliğinin ve müşteri isteklerinin sürekli değiştiği ve giderek arttığı yadsınamaz bir gerçektir. Aynı zamanda işletmeler uzun ömürlü olmak ve karlı bir süreç yürütmek için bu değerleri etkin, verimli şekilde kullanmak ve israfı azaltarak yalın üretim ile beraber nihai ürün ya da hizmet üretmek zorundadırlar. Bu sebeple otomotiv sektöründe faaliyet gösteren firmalar, içinde bulundukları pazarda varlıklarını sürdürebilmek ve pazar içerisindeki diğer rakipleri ile rekabet edebilmeleri için müşteri beklentilerini karşılamak zorundadırlar. Aynı zamanda, küreselleşen dünyada kullanılan enerji, iş gücü, hammadde gibi kaynakların etkin ve verimli kullanılması da gerekmektedir. Üretim için kullanılan, hammadde, işgücü ve sermayenin her biri bir değerdir. Seri üretim çalışmalarında bulunan işletmeler kapasitelerini, müşteri talepleri ile karşılamak ve dengelemek durumundadır. Yine bu işletmeler, çevrim zamanına göre üretim yaparak, model sıralaması oluşturarak, atıl zamanları yok ederek, operatör kullanımını ve kaynak kullanımını optimize ederek ürün maliyetlerinde düşüşü sağlamak durumundadır.

Mevcut proseslerin iyileştirilmesi, iş gücünün verimli kullanımı, çalışma ortamının, çalışanların sağlığının ve güvenliğinin sağlanması ve devam ettirilmesi de verimlilik koşullarını arttırmaktadır.

Otomotiv sektöründe rekabetin sağlanabilmesi ve devam ettirilebilmesi için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Yalın üretim sistemi bu yöntemlerden sadece birisidir.

Yalın üretim sistemleri prosesin sürekli iyileştirilmesini, verimliliğin artırılmasını, maliyetlerin iyileştirilmesini, stokların azaltılmasını, çevrim süresinin optimize edilmesini sağlamak gibi birçok yararları bulunmaktadır.

Bu tez çalışmasında, yalın üretim sistemi ile beraber montaj hattında iyileştirme çalışmaları öngörülmektedir. Çalışmanın amacı, otomotiv yan sanayi firmasında, yalın üretim sistemi ve yalın üretim sistemlerinden biri olan WCM (World Class

Manufacturing) araçlarını kullanarak üretim sürecinin incelenmesi, çevrim süresinin azaltılması, katma değer yaratmayan hareketlerin giderilmesi ve lay-out (yerleşim düzeni) iyileştirilmesidir. Böylelikle, verimlilik artışı sağlanması hedeflenmektedir. Ayrıca WCM ile birlikte hat iyileştirme çalışmalarına farklı bir bakış açısı kazandırmak hedeflenmiştir. Bu çalışmada, karışık modelli ürün üreten bir hat için iyileştirme çalışmaları önerilmiştir. İşletmede mevcut durum analizi yapılarak, karışık modelli montaj hatlarının çevrim sürelerinin ve operatör sayısının düşürülmesi hedeflenmiştir. İyileştirme esnasında, katma değer oluşturmayan aktiviteleri elimine etmek için geliştirilen çözümler önerilmiştir. Çalışmanın sonucunda, minimum çevrim süresi ve minimum operatör sayısı elde edilmiştir.

Yapılan tez çalışması dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm giriş bölümüdür, yapılan tez aşaması hakkında bilgi verilmektedir. İkinci Bölüm, kaynak araştırması bölümüdür. Üretim, üretim sistemleri, yalın üretim, yalın üretimin tarihçesi, yalın üretim ilkeleri, yalın üretim araçları, WCM (World Class Manufacturing), montaj hatları, montaj hattı dengeleme çalışmaları gibi temel bilgiler yer almaktadır. Üçüncü bölüm, Materyal ve Yöntem bölümünde ise, bir otomotiv yan sanayi firmasında yalın üretim sistemleri incelenmiş olup, WCM çalışmaları ile montaj hattı iyileştirme çalışması anlatılmıştır. Dördüncü ve son bölümde ise Sonuçlar ve Değerlendirme kısmı bulunmaktadır.

2. KURAMSAL TEMELLER

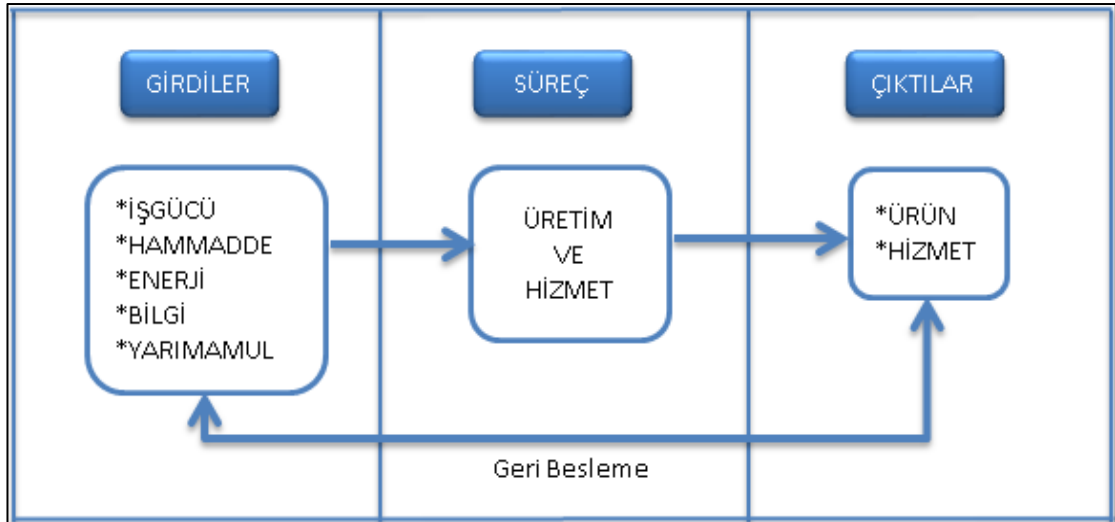
2.1. Üretim ve Üretim Sistemleri

2.1.1. Üretim

Evrende bulunan kaynakların kullanılarak, canlıların talep ve gereksinimlerinin karşılanması için ürün ve hizmetleri meydana getirmektir. Ayrıca üretim canlıların ihtiyaçlarını karşılayabilmek için hizmetlerin sayısını ve faydasını arttırmaya yönelik faaliyetleri de kapsamaktadır. .

Üretim üç aşamadan oluşmaktadır. Bunlar; girdiler, süreç ve çıktılardır. Şekil 2.1’de üretim aşamaları gösterilmektedir. Ürün ve hizmet ise üretim sürecindeki çıktılardır. Üretimin yapılabilmesi için girdiler dediğimiz doğada bulunan hammadde, işgücü, sermaye ve bilgi kavramlarının bir araya getirilmesi gerekmektedir.

Üretimi kısaca özetleyecek olursak, canlıların gereksinimlerini karşılamak, toplumsal ve ekonomik yarar oluşturmak sebebiyle mevcutta sahip olunan kaynakları ürün ve hizmet meydana getirmek için optimum seviyede kullanmak demektir.



Şekil 2.1. Üretim sürecinin şematik gösterimi

2.1.2.Üretim sistemleri

Müşteri talepleri, üretim miktarları ve ürün özelliklerine göre üretim sistemleri türleri beş ana başlık altında incelenmektedir. Üretim sistemleri türleri şunlardır;

- Proje tipi üretim
- Atölye tipi üretim
- Parti tipi üretim
- Seri üretim
- Tam zamanında üretim

Proje tipi üretim

Proje tipi üretim, müşteri arzularına göre daha önce üretilmemiş bir ürünün imal edilmesidir. Proje tipi üretimde müşteri istek ve arzuları önemli bir yer teşkil etmesi sebebiyle müşteriye özgü benzersiz, tasarım ürünler meydana gelmektedir. Bu yüzden proje tipi üretime ait üretim faaliyetleri çok fazladır ve dolayısı ile maliyette diğer üretim tiplerine göre oldukça yüksektir. Yapı işleri, özel tasarım taşıtlar, dekorasyon işlemleri proje tipi üretime örnek olarak verilebilir (Arıcı 2017).

Atölye tipi üretim

Atölye tipi üretimde, ürünler müşterinin talep ettiği zamanda ve talep ettiği miktarda üretilmektedir. Arıcı (2017)'ya göre üretim planlama müşterinin talebine göre yapıldığı için, üretim maliyeti çok fazladır. Bu üretim tipinin avantajlarından bir tanesi ise seri olmaması dolayısı ile esnekliğin fazla olmasıdır.

Parti tipi üretim

Parti tipi üretimde, belirli zamanlarda, değişken miktarlardaki müşteri siparişlerini karşılamak amacıyla ürünler üretilir. Burada en önemli nokta, üretim planlamasının müşterinin ihtiyaçlarını doğru biçimde karşılamasıdır. Parti tipi üretimin avantajları, fazla miktarlarda, çok çeşitli ürün üretilmesidir. Bu üretim tipine örnek olarak giyim, teknolojik cihazlar, dekoratif eşyalar, gıda sektörleri verilebilir (Arıcı 2017).

Seri üretim

Seri üretimde, üretim hattında bulunan tüm iş gücü, makine ve ekipman bir veya birbirine benzer ürünlerin üretilmesi için koordineli bir şekilde çalışmaktadır. Bu sebeple, üretim sistemi poka – yokeler ve otomasyon sistemleri ile desteklenmektedir. Sonuç olarak seri üretimde elde edilen ürün kalitesi de daha yüksek olmaktadır. Seri üretimin en büyük dezavantajı ise üretim hattındaki en ufak bir sorun üretimi yavaşlatmakta veya duraksatmaktadır (Arıcı 2017).

Tam zamanında üretim

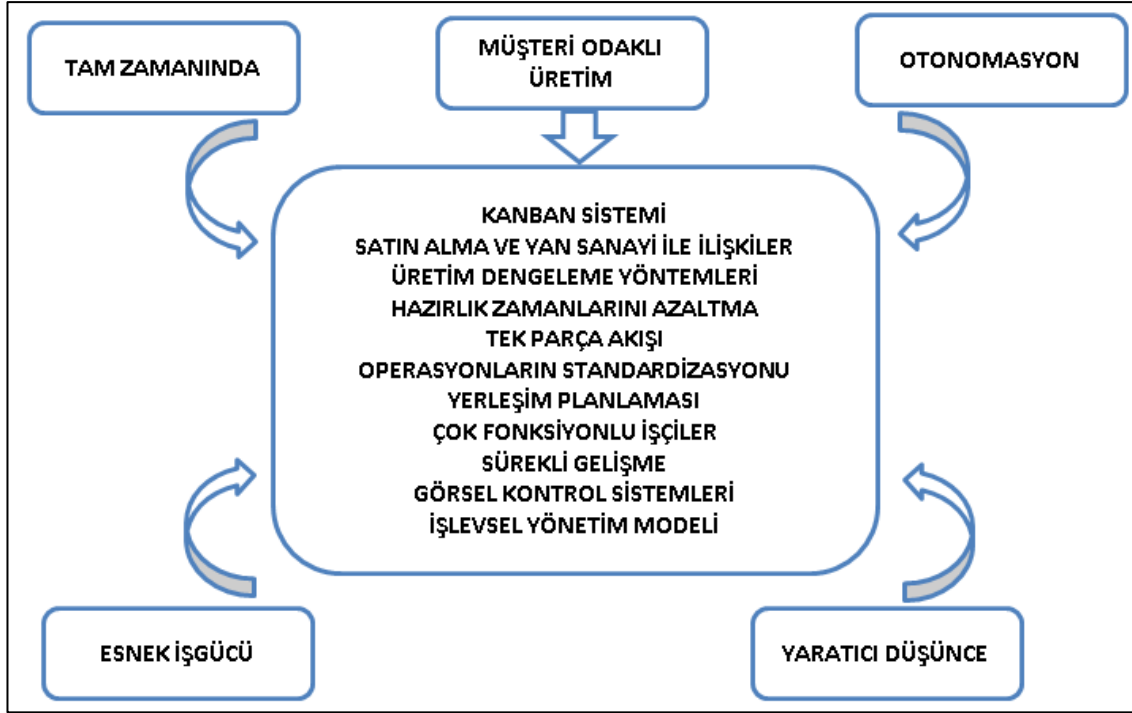
Tam zamanında üretim (TZÜ), tam zamanda istenilen miktarda, doğru ürünleri üretmek için yapılan üretim faaliyetlerinin bütünüdür. Bu sayede verimsizlik ve israfların önüne geçilerek üretim kalitesi sağlanmış olmaktadır.

Tam zamanında üretim (TZÜ) hammaddenin temininden, üretim süreçlerinin geliştirilmesine, son olarak da ürün veya hizmetin elde edilmesi ve nihayetinde müşteriye teslim edilmesine kadar ki tüm süreçlerde israf ve kayıpların elimine edilip verimliliğin artmasını hedefleyen üretim sistemidir.

İlk defa Taichi Ohno tarafından Toyota'da ortaya atılmış ve geliştirilmiştir. Müşteri isteklerini en kısa sürede karşılayabilmek için uygulanmaya başlanmıştır.

TZÜ'nün amacı, üretim sisteminde verimliliği etkileyen, gereksiz maliyetler oluşturan tüm kayıpların ortadan kaldırılmasıdır. İşletmede, israflar ortadan kaldırıldığında Tam Zamanında Üretim oluşacaktır (Kanat 2006).

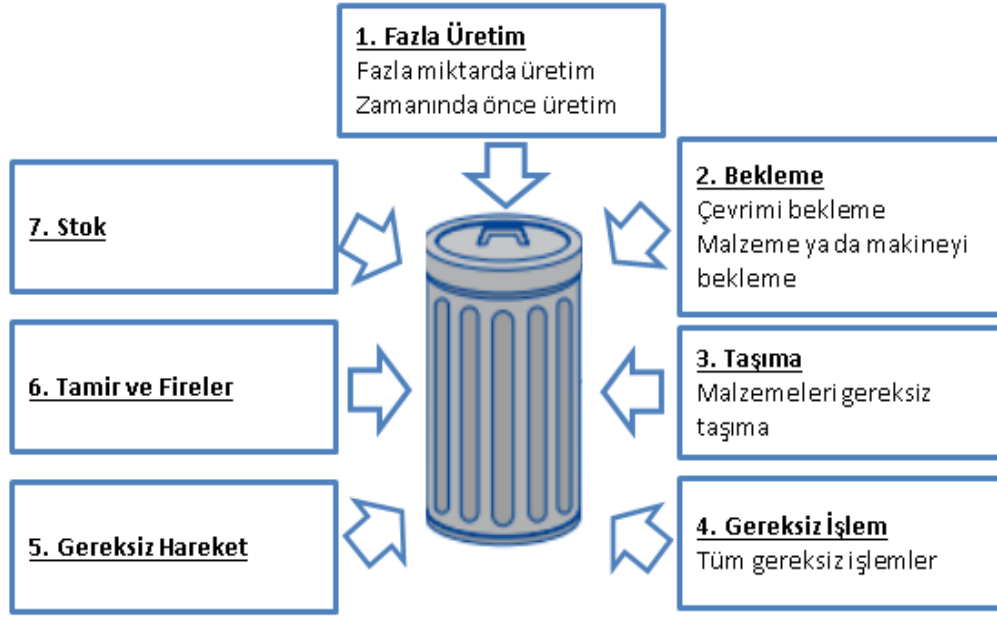
Tam zamanında üretim sisteminin kavramları Şekil 2.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Tam zamanında üretim sisteminin temel kavramları (Kanat ve Güner 2006)

İsraf ve kayıp yalnızca hatalı üretim yapmak değil, katma değeri olmayan fakat maliyet yaratan tüm faaliyetlerdir. 7 temel israf şunlardır (Woehrle ve Abou-Shady 2010);

- Gereksiz üretim
- Bekleme zamanı
- Gereksiz taşıma
- Gereksiz işleme
- Fazla stok
- Gereksiz hareket
- Kusurlu ürün

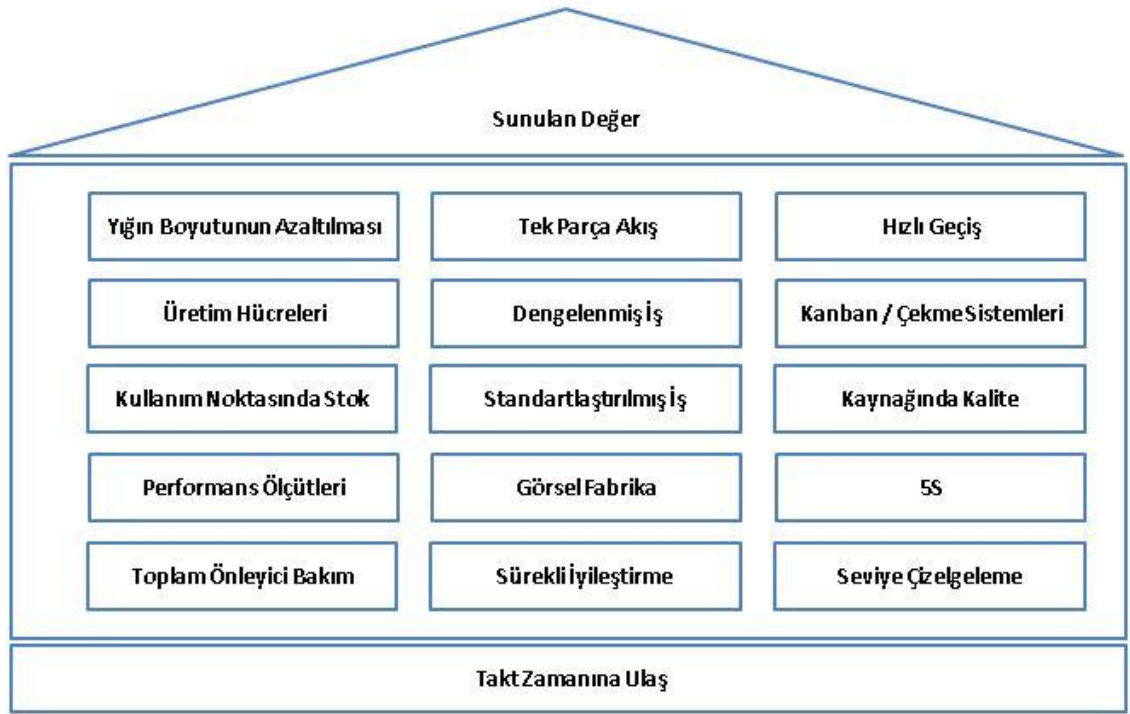


Şekil 2.3. Yalın üretimde israf kavramı (Arıcı 2017)

2.2. Yalın Üretim

Yalın üretim, müşteri talepleri doğrultusunda ürün ve üretim süreçlerini iyileştirmeyi, israf ve kayıpları yok etmeyi, işgücü, maliyet, ıskarta ve stoğu azaltmayı amaçlayan, aynı zamanda tedarikçi ve müşteri ilişkilerini sağlayan ve yöneten bir sistemattir.

Yalın üretimin temel amacı çevrim zamanını optimize ederek, sıfır hata, sıfır stok ve daha az maliyetle üretimi gerçekleştirmektir. Tam zamanında daha az üretim lotları ile yüksek çeşitlilikte ürün üretmek temel esastır. Ayrıca müşteri istekleri doğrultusunda katma değer oluşturmeyen faaliyetleri yok etmek amacı da bulunmaktadır. Yalın uygulama ile ilgili terimler Şekil 2.4.'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Yalın uygulamalar üzerine inşa edilen operasyonlar (Katko 2014)

2.2.1. Yalın üretimin tarihçesi

1800’lü yıllarda, üretim kavramı süreç olarak ele alınmaya başlanmıştır. Bu yıllarda süreç kavramının ortaya çıkmasına katkı sağlayanlardan biri de Eli Whitney’dir. Eli Whitney, silah üretiminde az çevrim süreli süreçler şeklinde üretim sistemini uygulamış ve devam ettirmiştir.

1900’lü yıllarda Frederick Taylor standart iş kavramını oluşturmuştur. Frank Gilbreth iş ve hareket etüdünü ayrıca proses haritalama kavramını ortaya atmıştır.

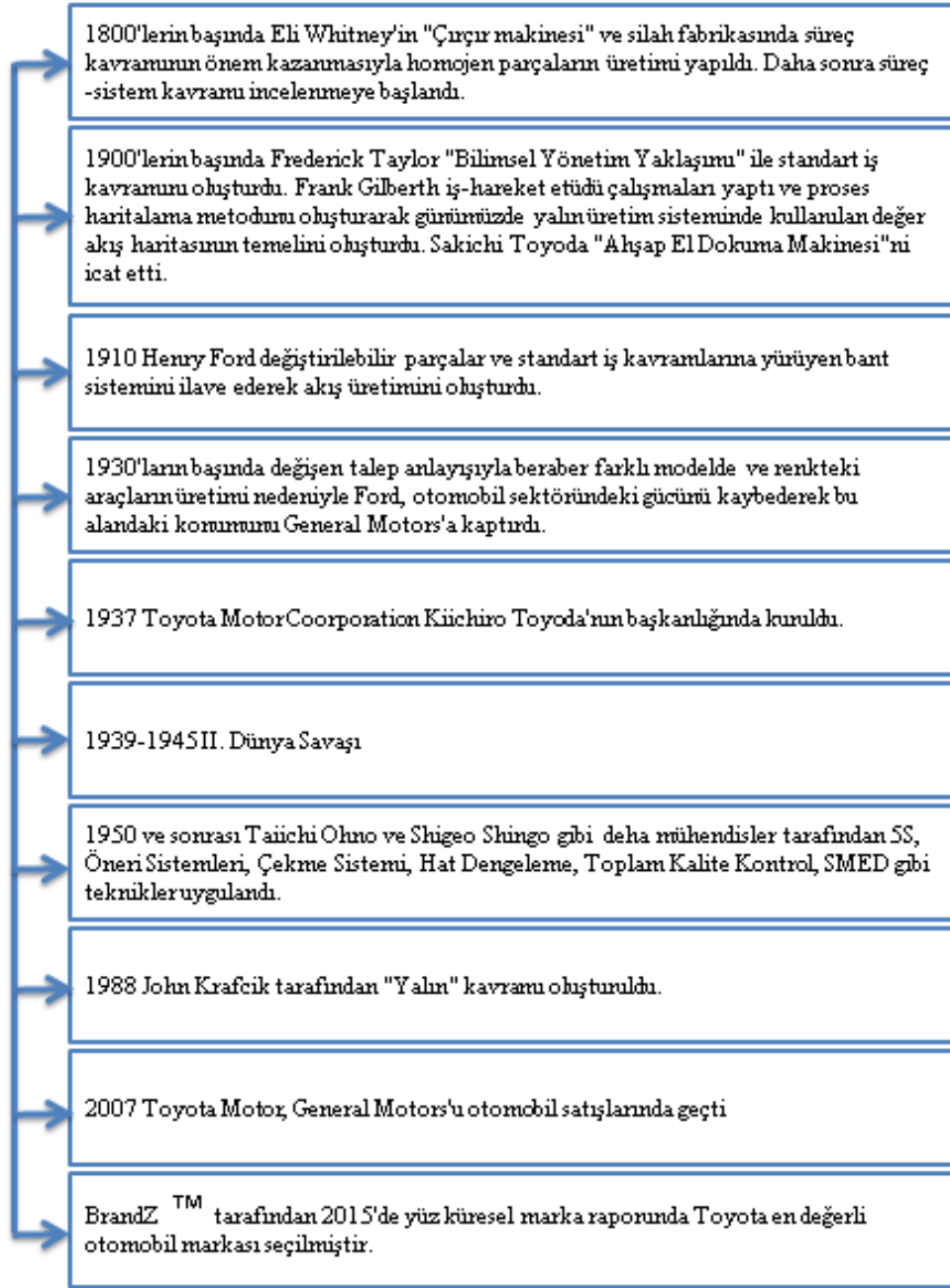
1910’lu yıllarda, Henry Ford, akış üretim sistemini uygulamış ve geliştirmiştir. Akış sistemini mezbahanelerdeki bant sisteminden örnek alarak yapmıştır.

1950’li yıllarda Eiji Toyoda ve Taichi Ohno’nun liderliğinde yalın üretim sisteminin

temelleri atılmıştır. Toyota, Ford gibi akış sistemini uygulamış fakat piyasada varlığını sürdürebilmek için ve değişen taleplere uyum sağlamak amacıyla yalın üretim sistemini benimsemişler ve uygulamışlardır.

Toyota üretim sistemi ile beraber görsel fabrika, 5S, kaizen, çekme sistemi, hat dengeleme, SMED gibi kavram ve teknikler geliştirilmiştir. Toyota üretim sisteminin en önemli amacı ise tam zamanında, müşterinin istediği anda ve stoksuz üretimdir (Kılıç 2016).

Yalın üretim sisteminin tarihsel gelişimi Şekil 2.5.'de gösterilmektedir.



Şekil 2.5. Yalın üretim tarihi kronolojik sıra (Kılıç 2016)

2.2.2. Yalın üretim ilkeleri

Yalın üretim düşüncesinin ana prensibi değer ve israf kavramlarını ayırarak müşteriye israflardan arındırılmış değeri aktarmaktır. Bu prensipler;

- 1) Değer
- 2) Değer akışı
- 3) Akış
- 4) Çekme
- 5) Mükemmellik

Değer

Değer yalın düşüncenin ilk adımıdır. Değer sadece son müşteri tarafından tanımlanabilir ve ancak belirli bir zamanda belirli bir fiyatta müşteri ihtiyaçlarını karşılayan belli bir ürün cinsinden ifade edildiğinde bir anlam taşır. Değeri müşteri üretici için oluşturur. Bu yüzden değer müşteriye göre şekillendirilmelidir (<https://lean.org.tr/yalin-dusuncenin-ilkeleri/>, 2019). Değeri oluşturan etmenler;

- İşleme
- Kontrol
- Taşıma
- Bekleme
- Stok

Bu etmenlerden sadece işleme süresi ürünün değer kavramını yükseltir, diğer 4 adedi müşteri açısından önemli faktörler değildir. “Değer” kavramının karşısı olarak “israf” kavramı bulunmaktadır. Bu yüzden kayıp olarak ifade ettiğimiz bu 5 etmenin elimine edilmesi gerekmektedir. Yalın üretimin özü değerdir ve yalın üretim sistemi israfların elimine edilmesini amaçlamaktadır.

Değer akışı

Değer akışı, yalın üretim ilkelerinin ikinci adımıdır. Hammaddenin başlangıcından, müşteriye kadar olan süreçteki değer oluşturan ve oluşturmayan tüm basamaklarıdır.

Üretim esnasında değer oluşturan ve oluşturmayan faaliyetler 3 adettir. Müşterinin ürünü oluştururken maliyetini kabul ettiği faaliyetler katma değer yaratan faaliyetlerdir (VAA). Yarı katma değer yaratan faaliyetler (SVAA) ise müşterinin istediği ürünü üretmek için katma değer yaratmayan fakat yapılması gerekli olan faaliyetlerdir. (Vidayı tutturmak, parçayı sabitlemek vb.) Katma değeri olmayan faaliyetler (NVAA) ise müşterinin istediği ürün için gerekli görmediği faaliyetler bütünüdür (<https://lean.org.tr/yalin-dusuncenin-ilkeleri/>, 2019).

Değer akışında kullanılan yalın araçlardan bir tanesi ve en önemlisi değer akış haritalamadır. Değer akış haritalama değer ve israf adımlarını analiz ederek israf ve değer adımlarını anlama ve değerlendirme olanağı sağlar. Tüm sürece geniş bir bakış açısı ile bakılmasını sağlar.

Akış

Üçüncü üretim ilkesi Akıştır. Yalın üretim akışı, israf ve kayıpların yok edilerek tek akış sisteminin kullanılmasıdır. Henry Ford üretim hattındaki tüm makineleri belirli bir sıraya göre dizerek bitmiş ürüne kadar olan tüm süreçte akışı başarılı bir şekilde uygulamıştır. Aynı şekilde Shiego Shingo tip geçişlerinde sürekli akışı sağlamayı başarmışlardır. Böylelikle, çeşitli süreç adımlarını sürekli akış içerisinde başarmışlardır (<https://lean.org.tr/yalin-dusuncenin-ilkeleri/>, 2019).

Çekme

Dördüncü üretim ilkesi çekmedir. Çekme, ürünü müşterinin talebi olmadan diğer sürece itmektense, müşteri tarafından ihtiyaç halinde çekilmesi demektir.

Çekme, müşterinin talebiyle başlar, sonrasında her sürecin bir öncekinden talep etmesiyle, üretim başlamış olur (<https://lean.org.tr/yalin-dusuncenin-ilkeleri/>, 2019).

Çekme sistemi, müşteri talep hızıyla, üretim hızının aynı olmasını sağlar. Çekme sistemi sayesinde talep edilen ürünler, talep edilen adette ve miktarda üretilmiş olur.

Çizelge 2.1. İtme ve çekme stratejilerinin karşılaştırılması (Arıcı 2017)

İTME SİSTEMİ	ÇEKME SİSTEMİ
Üretim, gelecekteki talep tahminine göre yönlendirilir.	Üretim, mevcut talebe göre yönlendirilir.
Talepteki değişimler, aşırı ve ölü stoka neden olmaktadır.	Talepteki değişimler, sonraki procesten öncekine aktarılabilir.
Oluşabilecek hatalara yönelik emniyet stokları oluşturulur.	Hatalar oluşmadan önleniği için emniyet stokuna gerek yoktur.
Prosesler arası bilgi akışı hızlıdır.	Prosesler arası bilgi akışı yavaştır.

Mükemmellik

Mükemmellik, yalın üretim ilkelerinin beşinci adımdır. İşletmeler değerlerini doğru tanımlayarak, değer akışlarını oluşturarak, katma değer oluşturan adımlar ile sürekli akış sağlanarak ve nihai müşterilerin ilk operasyondan başlayarak değer akışını

sağlayarak, işgücü, maliyet azaltımı ile beraber mükemmellik düşüncesi oluşturmalarıdır. Ayrıca mükemmellik müşteri ile doğrudan iletişim halinde olmayı da gerektirir (Arıcı 2017).

2.2.3.Yalın üretim araçları

Toplam üretken bakım (TPM)

TPM İngilizce açılımı Total Productive Maintenance'dır. Türkçe karşılığı ise Toplam Üretken Bakımdır. Bütün kademelerdeki çalışanların oluşturduğu takımlar ile beraber kayıp ve israfları belirleyerek bu kayıpları elimine etme ve iyileştirme metodudur.

5S

Japonca baş harfleri S ile başlayan kelimelerdir bu sebeple 5S olarak adlandırılmaktadır. Çizelge 2.2'de bu 5 adım gösterilmektedir. Amacı çalışma alanını ve çevresini düzenlemek ve devamlılığını sağlamaktır. 5S çalışma ortamı ve çevresini organize eden ve standardizasyonu sağlayan sistematik bir yaklaşımdır.

5S iş akışının sağlanmasına ve böylelikle verimliliğin artmasına da yardımcı olur. 5S gerçek anlamda uygulandığında normalden sapmalar daha kolay anlaşılabilir ve süreçler görsel ve net bir şekilde iyileştirilebilir.

Çizelge 2.2. 5S adımları (Arıcı 2017)

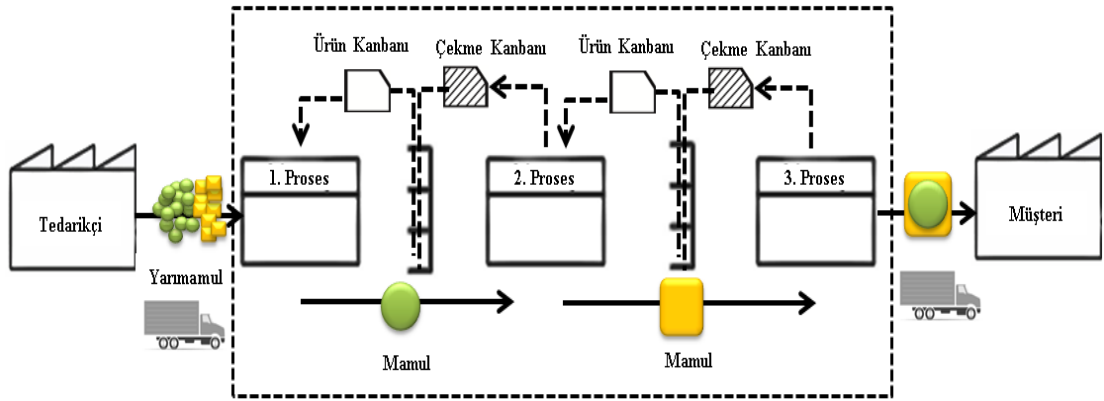
JAPONCA	İNGİLİZCE	TÜRKÇE	ANLAMI
Seiri	Sort	Sınıflandır	Üretim için ihtiyaç duyulan ve ihtiyaç duyulmayan şeylerin ayrımı ve gereksiz şeylerden kurtulmayı ifade eder.
Seiton	Set in Order	Sırala	İhtiyaç duyulan şeylere kolayca ulaşabilmek için düzenli bir çalışma ortamı hazırlamayı ifade eder.
Seiso	Shine	Temizlik	Çalışma ortamının temizlenmesini ifade eder.
Seiketsu	Standardize	Standartlaştır	Düzen oluşturma, düzeni ve temizliği devam ettirmeyi ifade eder.
Shitsuke	Sustain	Disiplin	Sürekliliğin sağlanmasını ifade eder.

Kanban ve çekme sistemi

Kanban, Japonca mamulün tanım kartı olarak tanımlanabilir. Kanban kartının üzerinde ürüne ait tüm bilgiler bulunmaktadır. Kanban çekme sisteminin önemli bir parçasıdır. Operasyonlar arasında bilgi akışını sağlar ve bir önceki operasyondan parça çeker.

Çekme sistemi, stoksuz ve kesintisiz sürekli üretim için uygulanmaktadır. Çekme sisteminde bir sonraki operasyondan talep edilmeyen hiçbir ürün bir önceki

operasyonda imal edilmemektedir. Bu sayede operasyonlar arasında stok bulundurulmamış olur. Bu sistem kanban ile beraber kullanılmaktadır. Çekme sistemi tam zamanında üretim (TZÜ) sisteminin en önemli parçasıdır. En son operasyona verilen talep diğer operasyonların çekme sistemi ile beraber yönetilmesini sağlar. Her operasyon bir önceki operasyonu harekete geçirerek, bir önceki operasyondan ürün çeker. Bu aşama yan sanayiden hammadde çekmeye kadar devam eder. (Yılmaz 2010)



Şekil 2.6. Kanban ve çekme sistemi şematik gösterimi

Poka – Yoke

Poka - Yoke hata önleyici sistemler Japonca Poka ve Yoke sözcüklerinden oluşmaktadır. Poka, hata Yoke ise azaltmak, elimine etmek anlamlarına gelmektedir. Üretim sürecinde, hata oluşumunu ve hatanın tekrarlanmasını önleyici ve sürekli iyileştirmeyi öngören yalın üretim aracıdır. Poka - Yoke'de temel amaç hataların, kusurlu parça ve ürünlerin üretilmesini engelleyecek kalite odaklı iyileştirmeler yapmaktır.

Poka – Yoke ilk defa Shiego Shingo tarafından bulunmuştur. 1961 yılında Shingo bir elektrik firmasını ziyaret ederken switch ile ilgili bir çözüm önermiş ve bu öneri ilk poka - yoke örneği olmuştur. Poka Yoke araçları ikiye ayrılmaktadır (Shingo 1997). Bunlar; önleme ve bulma araçlarıdır.

Önleme poka – yoke aracı (kontrol yaklaşımı): hatanın oluşumunu tamamen engellemektir. Bu poka – yoke aracı ile hata yapılamaz.

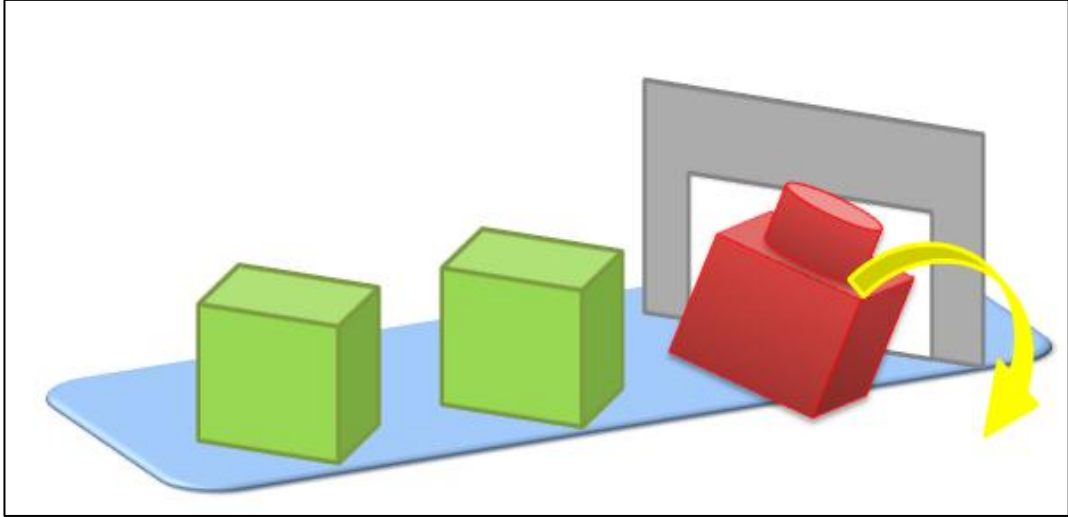
Bulma poka – yoke aracı (uyarı yaklaşımı): hata oluştuğu anda sinyal verir. Böylece çalışanlar hatayı kolayca farkedebilir.

Hata: Bir işlemin yanlış yapılarak belirlenen bir üretim prosesinden sapmasıdır.

Kusur: Bir ürünün istenilen özelliklerini yerine getirememesi ve müşteri şikayetine sebebiyet vermesidir.

Hata türleri ise şunlardır (Parıltı 2003);

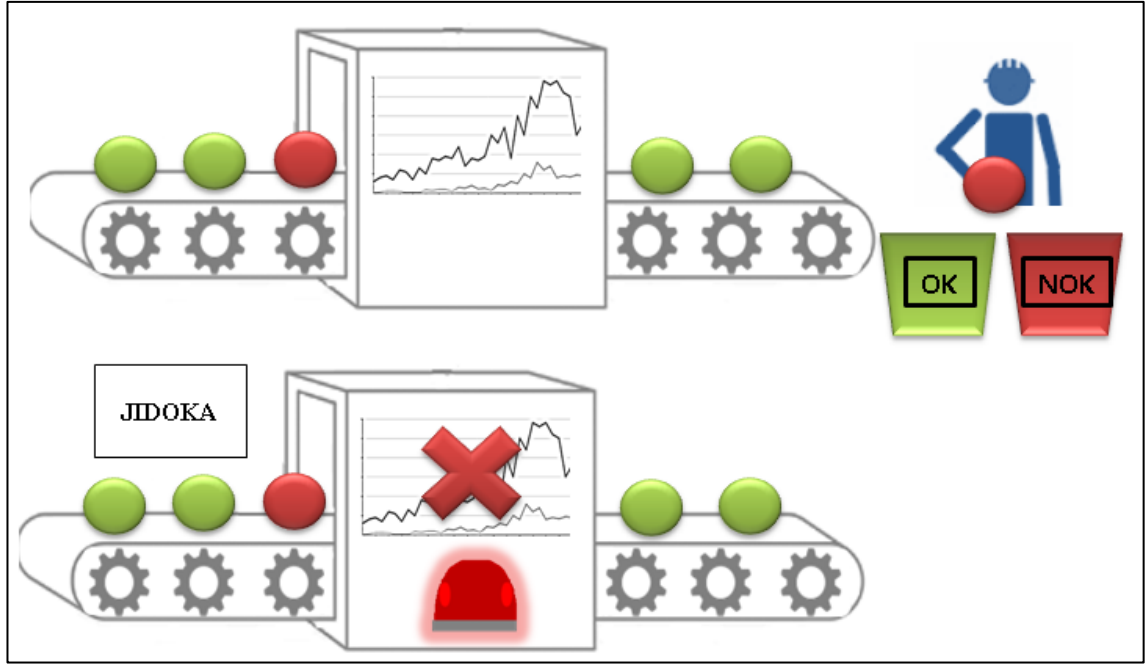
- Unutkanlık
- Alışkanlıklardan kaynaklanan hatalar
- Tanımlama ve teşhis hataları
- Amatör hatalar
- Farkında olunmayan hatalar
- Kararsızlığa dayalı hatalar
- Standart eksikliğinden kaynaklanan hatalar
- Kasti hatalar



Şekil 2.7. Poka-yoke örneği

Jidoka

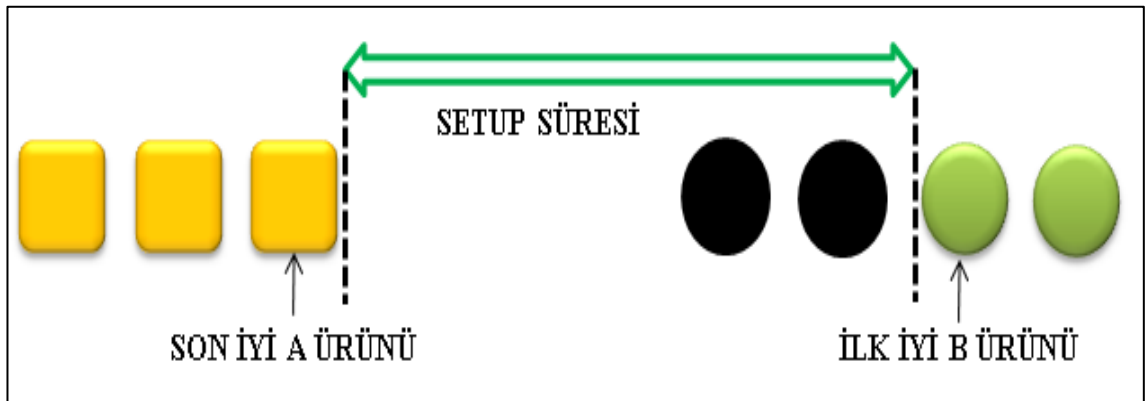
Jidoka, otonomasyon anlamına gelmektedir. Makinaları ve manuel operasyonları da içinde barındırır. Jidoka, üretim sırasında normal olmayan durumları tespit edip gerekli durumlarda üretimi durdurabilme kavramıdır. Operasyon hattından hatalı bir ürün geçtiğinde üretimi durdurduğu için Jidoka'nın kalite kontrol işlevi de bulunmaktadır (Yılmaz 2010).



Şekil 2.8. Jidoka şematik gösterimi

SMED

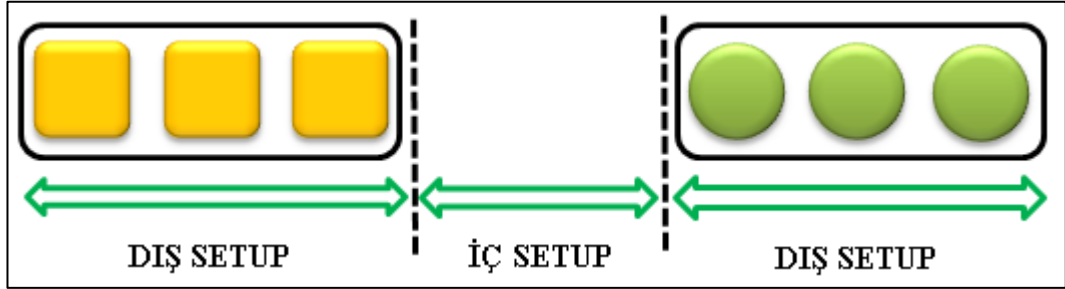
Bir önceki üretim lotunda üretilen ürün ile bir sonraki üretim lotundaki ilk kaliteli ürünü oluşturuncaya kadar ki geçen süreye setup denilmektedir.



Şekil 2.9. Setup süresi şematik gösterimi

Setup ikiye ayrılmaktadır. Bunlar;

- İç Setup: Üretimin durduğu zamanlar yapılan işlemlerdir.
- Dış Setup: Üretimi durdurmadan yapılan hat yanındaki hazırlıkların tümüne denir.



Şekil 2.10. İç setup - dış setup şematik gösterimi

SMED, tek haneli rakamlarla, yani 10 dakikanın altındaki olan kalıp değişimlerine denir. (< 10 dk)

Kaizen

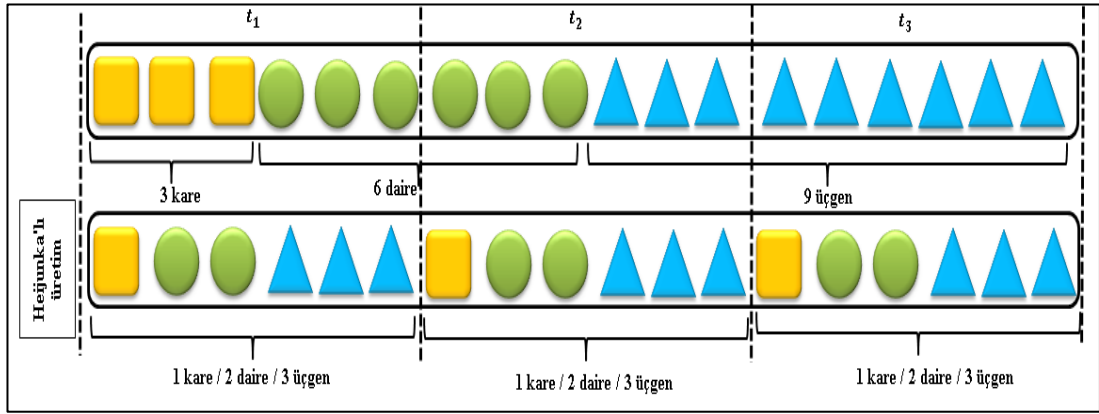
Japonca “KAI” ve “ZEN” kelimelerinden oluşmaktadır. Kai’nin anlamı değiştirmek olup, Zen’in anlamı ise iyileştirmedir. Yani kaizen için sürekli iyileştirme denilebilir. Kaizen proseye yapılacak olan küçük değişiklikler ile proseye iyileştirmeyi amaçlamaktadır. Kaizen çalışmalarında ekipler oluşturulur ve ekipteki kişilerin tümünün çalışmaya katılmaları beklenir.

Kaizenin amacı süreçte geçici çözümler yerine kalıcı çözümler getirmek ve bunları sürekli iyileştirmektir. Kaizen problemi PUKÖ (Planla / Uygula / Kontrol et / Önlem al) döngüsüne göre ele alır.

Heijunka

Heijunka (Sıralı Üretim), ortalama olarak adlandırılmaktadır. Heijunka, üretim hattında ürünlerin, tür ve hacim açısından sıralı olarak üretilmesidir. Heijunka'lı üretimin amacı, sıralı üretim ile taleplerdeki dalgalanmaları azaltarak veya yok ederek verimliliği arttırmaktır. Bu sayede müşteri memnuniyeti sağlanmaktadır (Yılmaz 2010).

Heijunka, sıralı üretimde üretim planlaması küçük lotlar halinde ve eşit sayıda yapılmaktadır. Şekil 2.11.'de Heijunka üretim sistemi gösterilmektedir.

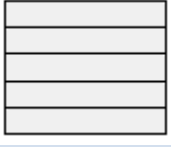


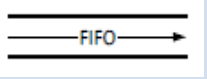
Şekil 2.11. Heijunka'lı üretim sistemi şematik gösterimi

Değer akış haritalama

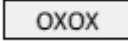
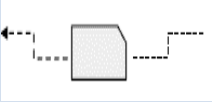
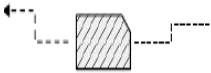
VSM (Value Stream Mapping), Değer Akış Haritalama'nın açılımıdır. Tedarikçiden müşteriye kadar olan süreci ve akışı gösteren faaliyetlerdir. VSM'de amaç yalın üretimi uygulayacak iyileştirmeler yapmaktır. Ayrıca NVAA'ları ortadan kaldırmaktır.

Çizelge 2.2. VSM simgeleri ve açıklamaları

Simge	Anlamı
	Üretim Prosesi
	Dış Kaynaklar Müşteri / Tedarikçi
	Veri Kutusu
	Stok
	Nakliye
	İtme ile malzeme hareketi

	Çekme ile malzeme hareketi
	Süpermarket
	FIFO'ya göre malzeme transferi
	Fiziksel çekme
	Tampon ve emniyet stoğu
	Manuel bilgi akışı

Çizelge 2.2. VSM simgeleri ve açıklamaları (devam)

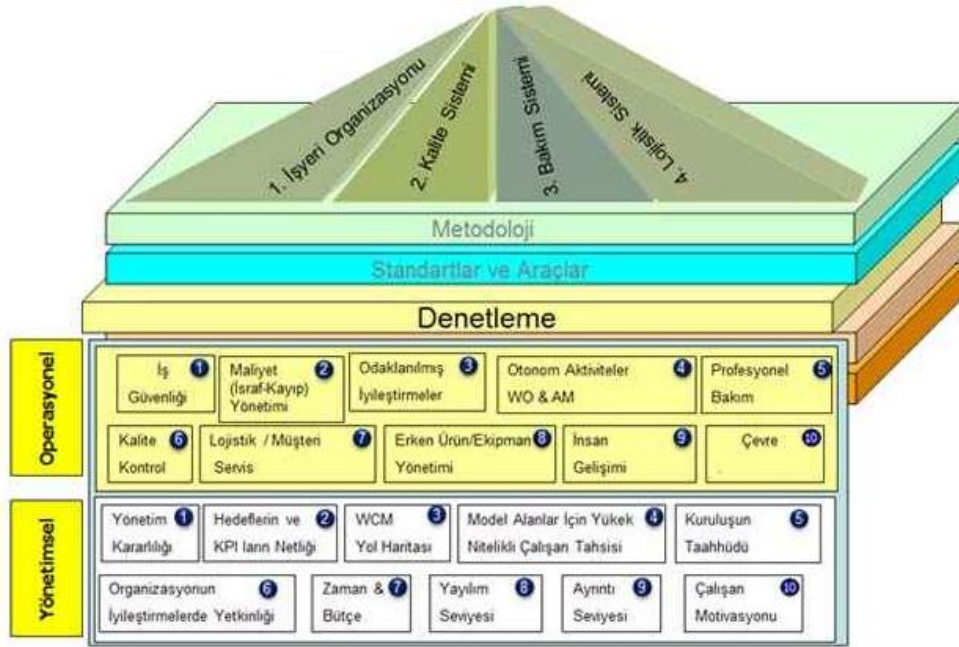
	Elektronik bilgi akışı		Kanban kutusu
	Bilgi		Üretim Seviyelendirme
	Kanban Sinyali		Sıralı Çekme
	Üretim Kanbanı		Git – Gör Üretim çizelgeleme
	Çekme Kanbanı		Kaizen önerisi

2.3. Dünya Sınıfında Üretim World Class Manufacturing (WCM)

Yalın üretim sistemi Toyota üretim sistemi ile beraber gelişmiştir. WCM (World Class Manufacturing – Dünya Sınıfında Üretim) Japon üretim sisteminden etkilenmiştir. WCM yalın üretim sistemine yeni yaklaşımlar getirerek sürekli iyileştirmeyi amaçlamaktadır.

WCM (World Class Manufacturing), tüm üretim süreçlerini kapsayan, kalite, verimlilik, güvenlik ve teslimatın sürekli olarak iyileştirilmesi ve geliştirilmesine imkan sağlayan entegre bir modeldir. WCM tüm süreçleri kapsar ve en büyük kayba odaklanmayı sağlar.

WCM, verimlilik ve kaliteyi iyileştirebilmek ve devamlılığı sağlayabilmek için yalın üretim ve kalite gibi uygulamaları içinde bulunduran rekabetçi bir düşünce olarak tanımlanabilir (Tepekule 2015).



Şekil 2.12. WCM çatısı Yönetimsel ve Teknik Pillarlar (Bozağaç 2018)

WCM temel olarak 10 yönetimsel ve 10 teknik pillar olmak üzere toplamda 20 pillardan oluşmaktadır.

Yönetimsel Pillar;

- Yönetimin Kararlılığı

- Hedeflerin ve KPI'ların Netliđi
- WCM Yol Haritası
- Model Alanlar İçin Yüksek Nitelikli alışan Tahsisi
- Kuruluřun Taahhüdü
- Organizasyonun İyileřtirmelerde Yetkinliği
- Zaman Ve Bütçe
- Yayılım Seviyesi
- Ayrıntı Seviyesi
- alıřan Motivasyonu

Teknik Pillarlar;

- İř Güvenliği (SA)
- Maliyet Yayılım (CD)
- Odaklanılmış İyileştirme (FI)
- Otonom Aktiviteler (İř yeri Organizasyonu/Otonom Bakım) (WO/AM)
- Profesyonel Bakım (PM)
- Kalite Kontrol (QC)
- Lojistik (Log)
- Erken rn/Ekipman Yönetimi (EPM/EEM)
- alıřan Gelişimi (PD)
- evre Ve Enerji (EN/NRG)

On pillar, maliyeti, verimliliği, müşteri memnuniyetini, evre bilincini, iř güvenliğini, kaliteyi st seviyelerde tutmaya çalışılarak işletmenin rekabet yeteneğini arttırmaktadır. On pillar, sıfır hata, sıfır kayıp, sıfır arıza, sıfır kaza, sıfır kirlilik ve sıfır müşteri şikayeti gibi çalışmalara odaklanarak dünya klasında üretim sınıfına ulaşmaya çalışmaktadır (Koçak ve ark. 2011).

Pillarlar 1 ve 5 puan arasında puanlanmakta ve toplamda 100 puan üzerinden değerlendirilmektedir.

WCM pillarlarından maliyetlerin yayılımı, kayıpların analiz edilmesine; İş yeri organizasyonu, iş istasyonlarının iyileştirilmesine; iş güvenliği, çalışma çevresinin güvenliğinin sağlanmasına çalışmaktadır. Kalite ıskartayı azaltmaya; odaklanmış iyileştirme projelerdeki iyileştirmelere uygun çözüm yöntemleri oluşturmaya; personel gelişimi, çalışanların geliştirilmesine; lojistik malzeme akışını ve stoğu düzenlemeye; profesyonel bakım, arızalara odaklanmaktadır (Murino 2014).

Üretim sistemi; temel olarak iş yeri organizasyonu, kalite, bakım ve lojistik olarak dört temel üzerinde yapılandırılır. Üretim sisteminin amacı sıfır israf, sıfır hata, sıfır arıza, sıfır stok ve sıfır iş kazasıdır (Bozağaç 2018).



Şekil 2.13. WCM Sistemi Ve Amaçları (Bozağaç 2018)

Otonom Bakım ve İş yeri Organizasyonu pilları Otonom Aktiviteler Pillarını oluşturur. Montaj hatlarında genellikle WO (Workplace Organization-İşyeri Organizasyonu) pillar faaliyetleri uygulanmaktadır. İş yeri organizasyonunda olduğu gibi diğer pillarlarda kalitede 0 hata, profesyonel bakım ve otonom bakımda 0 arıza, Lojistikte 0 stok ve en önemlisi de iş güvenliğinde 0 kazayı hedeflemektedir.

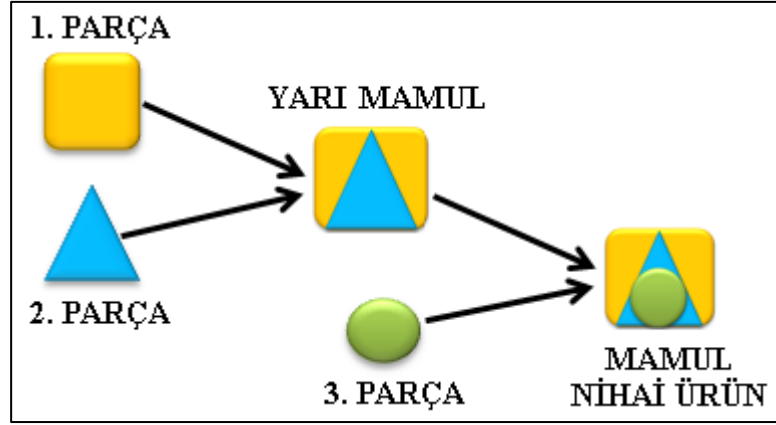
WO'nun amacı, iş yeri organizasyonunun tüm araçları ile üretkenliği arttırmak, kalite hatalarını azaltarak, yüksek kalitede ürün standardı sağlamaktır. WO katma değeri olmayan hareketler, dengeleme kayıpları insan ve metot kaynaklı kalite hatalarına yönelmektedir. WCM'in tüm pillarlarında ve İş yeri Organizasyonu pillarında model alan seçimi vardır. Bunun nedeni tüm uygulamaların aynı anda gözlemlenebilme kolaylığı, iyileştirme fırsatlarının çok olması ve etkilerinin fazla olmasıdır. Model alan seçimi pilların ilgili kayıplarının sıralamasına göre önceliklendirme yapılarak tespit edilir. WO çalışmaları ile şunlar sağlanır;

- Güvenli çalışma ortamı sağlamak
- NVAA'ları azaltmak
- Kalite hatalarını azaltmak
- Ergonomik bir çalışma ortamı sağlamak
- Çalışanların katılımını arttırmak
- Ürün ve proses hakkında yetkinliği geliştirmektir.

2.4. Montaj Hatları ve Montaj Hattı Dengeleme

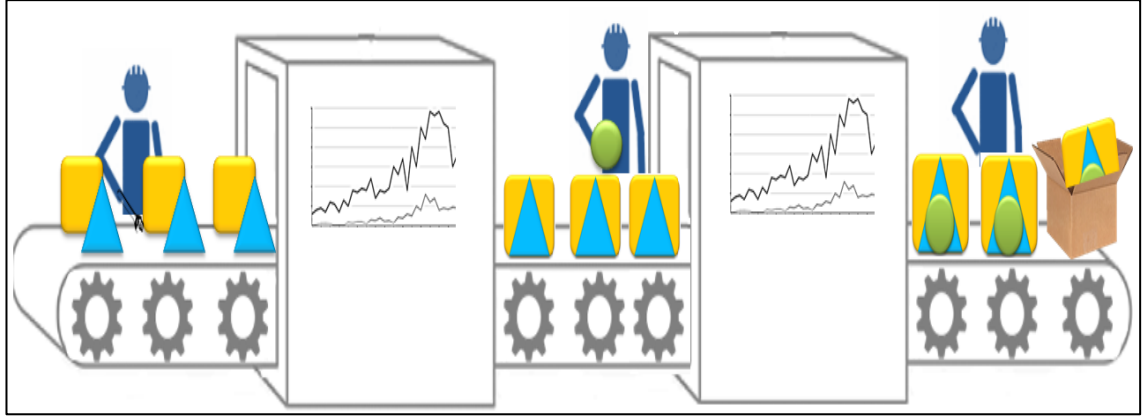
2.4.1. Montaj hatları

Montaj: Mamulü oluşturmak için birbirine benzer veya farklı birden fazla parçanın bir araya getirilerek birleştirilmesi işlemidir. Montaj işlemi için gerekli parçalar yarı mamul veya komponentler olabilir. Yarı mamul parçalar montaj işlemine tabi tutulmadan önce farklı işlemlere tabi tutulan parçalardır (Yıldız 2015).



Şekil 2.14. Montaj şematik gösterimi

Montaj hattı: Birbirleri arasında bilgi ve ürün alışverişi yapan sıralanmış iki veya daha fazla iş istasyonundan oluşan sistemlerdir. Ürünler iş istasyonları arasında belirlenen bir çevrim süresi içerisinde taşınır ve ürün üzerinde yapılacak olan gerekli işlemler sırasıyla yapılır ve hattın sonunda bitmiş ürün elde edilir (Yıldız 2015).



Şekil 2.15. Montaj hattı şematik gösterimi

Operasyon: Ürün üzerinde yapılacak olan işlerin bölünebilecek en temel ögesine denir. Örneğin; bir ürüne toplamda 4 adet vida sıkılıyor ve bitmiş ürün elde ediliyorsa, her bir vida sıkımı operasyon olarak nitelendirilmektedir.

Operasyon süresi: Operasyonun gerçekleşebilmesi için ihtiyaç duyulan süredir.

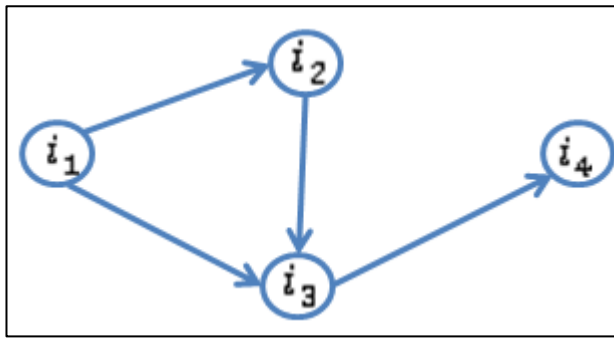
İş istasyonu: Bir veya birden fazla operasyonun gerçekleştirildiği yerdir.

İstasyon süresi: İş istasyonundaki yapılan operasyon sürelerinin toplamıdır.

Çevrim süresi: Montaj hattı içerisinde birbiri ardına üretilen iki mamul arasındaki zamandır. Diğer bir deyişle, tüm operasyonların gerçekleştirilebilmesi için geçen toplam zamana denir. Çevrim süresi, istasyondaki sürelerin en fazlasına ya da en büyük istasyon süresinden daha büyüktür. Çevrim süresinin en alt limiti en büyük istasyon süresidir (Yıldız 2015).

Toplam boş zaman: İstasyonların boş zamanlarının toplamı olarak adlandırılmaktadır (Yıldız 2015).

Öncelik diyagramı: Montaj hattını oluşturan istasyonlar arasında öncelik veya birbirleri arasında sıra ilişkileri bulunmaktadır. i_1 operasyonu i_2 operasyonundan önce tamamlanması gerektiği durumunda ise i_1 operasyonu i_2 operasyonunun öncülüdür (Yıldız 2015).



Şekil 2.16. Öncelik diyagramı

Denge kaybı: İşlerin istasyonlara dengesiz şekilde dağılmasından dolayı oluşan boş süredir. İstasyondaki boş sürenin toplam çevrim süresine oranıdır.

2.4.2. Montaj hattı çeşitleri

Montaj hattı ürün farklılıklarına göre 3'e ayrılmaktadır (Muzoğlu 2014). Bunlar;

1. Tek modelli montaj hattı
2. Çok modelli montaj hattı
3. Karma modelli montaj hattı

Tek modelli montaj hattı: Bu hatlar sadece tek tip ürün üretimi için oluşturulmuş hatlardır. Tüm kapasite tek tip ürün ile doldurulmuştur.



Şekil 2.17. Tek modelli montaj hattı şematik gösterimi

Çok modelli montaj hattı: Birbirine benzer birden fazla ürünün üretildiği hatlardır. Çok modelli hatlarda ürün çeşitlerinin öncelik sıralaması ve üretim miktarlarına karar verilmesi önemlidir. Öncelikle montaj hattı dengelemesi yapılmalıdır. Sonrasında model sıralamasına karar verilmelidir. Son olarak, üretim hacimlerine karar verilmelidir.



Şekil 2.18. Çok modelli montaj hattı şematik gösterimi

Karma modelli montaj hattı: Birden fazla ürünün aynı anda ve karışık olarak üretildiği montaj hatlarıdır. Karma modelli montaj hatlarında boş istasyon süreleri ve istasyon sayısı fazladır.



Şekil 2.19. Karmaşık modelli montaj hattı şematik gösterimi

2.4.3. Montaj hattı dengeleme

Montaj Hattı Dengeleme, yapılması gereken işlerin, öncelik ilişkilerine, kapasite ve zaman kısıtlarına göre iş istasyonlarına optimum çevrim süresine göre atanmasıdır.

Montaj hatlarında üretim sistemi ve kısıtlara göre belirli bir amaç doğrultusunda, yapılması gerekli operasyonların istasyonlara dengeli bir şekilde atanması problemine montaj hattı dengeleme problemi (MHDP) denilmektedir (Altunay ve ark. 2017).

Diğer tanımlar ise şunlardır;

Hat dengeleme, operasyonların öncelik sıralamasına bağlı kalmak kaydıyla ve üretim hızını iyileştirmek için operasyonların istasyonlara dengeli olarak dağıtılmasıdır (İşlier 1998).

Montaj hattı dengeleme çalışmaları için, öncelik ilişkileri oluşturulmalıdır. Bir operasyona geçebilmek için öncesinde tamamlanması gerekli tüm işlerin yapılması gerekmektedir. Bu durum öncelik kısıtı olarak adlandırılmaktadır.

Her bir operasyon kesinlikle ve kesinlikle herhangi bir operasyona atanmak durumundadır. Operasyonlar sadece bir istasyona atanabilirken, bir istasyona birden fazla operasyon atanabilmesi mümkündür. Bu durum atama kısıtı olarak adlandırılmaktadır.

Diğer bir kısıt ise çevrim süresidir. Hiçbir operasyonun ve istasyon süresinin çevrim

süresinden büyük olması mümkün değildir.

Bazı durumlarda bir operasyon için gerekli o operasyona özgü işlemler belirli makine veya aletler ile yapılmak durumunda olabilir. Bu gibi durumlarda istasyon kısıtları oluşturulmalıdır.

Yine bazı durumlarda, bir operasyon nitelikli iş gücü gerektirebilir ve sadece belirli operatörlerle yapılması gerekebilir. Bu gibi kısıtlara operatör kısıtları denir (Yıldız 2015).

Geleneksel hat dengeleme problemlerinde üretim hatları düz hat tipidir. Toyota'da, JIT üretimi uygulanabilmek için üretim hatları U hat tipinde yeniden tasarlanmıştır (Ağpak 2002).

3. MATERYAL VE YÖNTEM – BİR OTOMOTİV FİRMASINDA YALIN ÜRETİM ODAKLI MONTAJ HATTI İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI

Uygulama otomotiv ana sanayilerine parça üreten Türk sermayeli bir şirket olan otomotiv yan sanayinde yapılmaktadır. Firma 2010 yılından bu yana WCM (World Class Manufacturing) üretim metodolojisini uygulamaktadır.

Bu çalışmada ikinci bölümde bahsedilen Yalın üretim sistemi unsurları ve montaj hattı iyileştirme ile ilgili yapılan uygulama anlatılacaktır. İkinci bölümde anlatılan yalın üretim araçları ve WCM araçlarından bu çalışmada yararlanılmaktadır. Öncesinde mevcut durumdan bahsedilecek sonrasında yapılan iyileştirmelerle gelinen nokta ve sonuç olarakta mevcut durum ile son durum arasındaki farklar ve elde edilen kazanımlar gösterilecektir.

Bu çalışma montaj bölümündeki iyileştirme çalışmalarını kapsamaktadır. Çalışmalar PUKÖ döngüsünde anlatılacaktır.

Planlama aşamasındaki aşağıdaki süreçler ele alınacaktır:

1. Kayıpların analizi, kayıpların önceliklendirilmesi, kayıp alanı ve tesisin seçilmesi
2. Seçilen alandaki kayıpların ayrıştırılması ve öncelikli kayıp alanlarının belirlenmesi ve öncelikli iyileştirme alanının seçilmesi
3. İyileştirme konusunun seçilmesi ve hedeflerin belirlenmesi
4. Ekip üyelerinin seçilmesi

Uygulama aşamasında aşağıdaki süreçler ele alınacaktır:

5. Muri analizi ve iyileştirmeleri
6. Mura analizi ve iyileştirmeleri
7. Muda analizi ve iyileştirmeleri

Kontrol aşamasında aşağıdaki süreç ele alınacaktır:

8. Sonuçların kontrolü

Önlem alma aşamasında ise aşağıdaki süreç ele alınacaktır:

9. Standartlaştırma ve Kontroller

3.1. Planlama Aşaması

Planlama bölümünde hammadde aşamasından mamul aşamasına kadar bütün üretim sürecinin detaylı analizi gerçekleştirilmiştir.

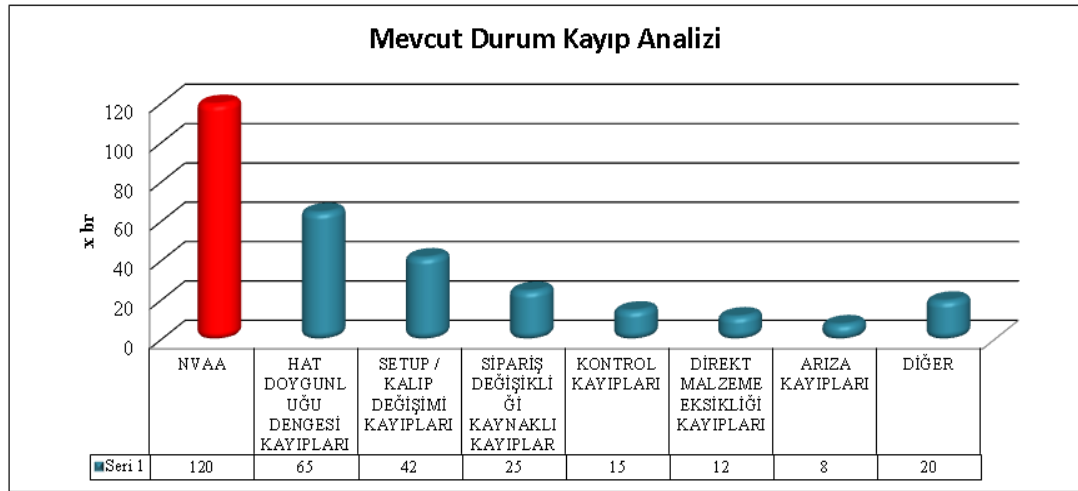
Bu sayede bütün işlemlerin fonksiyonları tanımlanmış, işlem akışı, çalışan sayısı ve çevrim süresi gibi konular hakkında bilgiler edinilmiştir.

Öncelikli olarak üretim hattının tümünde oluşan kayıplar analiz edilmiştir. Bu kayıplar şunlardır;

- NVAA kayıpları
- Hat yoğunluğu / denge kayıpları
- Ödünç işçilik kayıpları
- Sipariş değişikliği kayıpları
- Kontrol kayıpları
- Kalitesizlik kayıpları
- Direkt malzeme eksikliği kayıpları
- İnsan kaynakları kayıpları
- Arıza kayıpları
- Proje, yeni ürün devreye alma kayıpları
- Kısa duruşlar

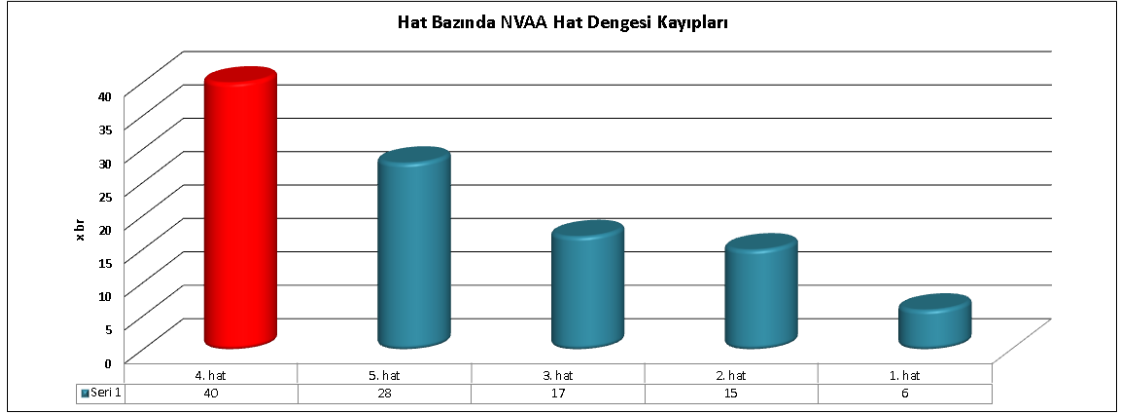
- Bilgi işlem kaynaklı kayıplar
- Kalite kayıpları
- Enerji eksikliği kayıpları
- Setup / kalıp değişimi kayıpları

Bu kayıplar WCM – CD (Cost Deployment) pillarında kullanılan C matriste bulunmaktadır. Tüm kayıplar önceliklendirilmiştir. Önceliklendirme Şekil 3.1.'de verilmiştir. İlk 3 kaybı NVAA kayıpları, hat yoğunluğu denge kayıpları ve setup kayıpları oluşturmaktadır. En büyük oran ise NVAA kayıplarına aittir. Bu sebeple bu çalışmanın konusu NVAA kayıplarının azaltılarak elimine edilmesi için hat iyileştirme çalışmaları seçilmiştir.



Şekil 3.1. Mevcut durum kayıp analizi

Sonrasında NVAA kayıplarının hangi hatta daha fazla olduğunu görmek amacıyla hat bazında NVAA ve hat dengesi kayıpları incelenmiştir. Toplamda 5 farklı hat bulunmaktadır. En fazla kaybın 4. Hatta olduğu yapılan analizler sonucunda gözlemlenmiştir. Bu sayede iyileştirme yapılacak alan 4. Hat olarak belirlenmiştir. Yaygınlaştırma alanı olarak da 5. Hat seçilmiştir.

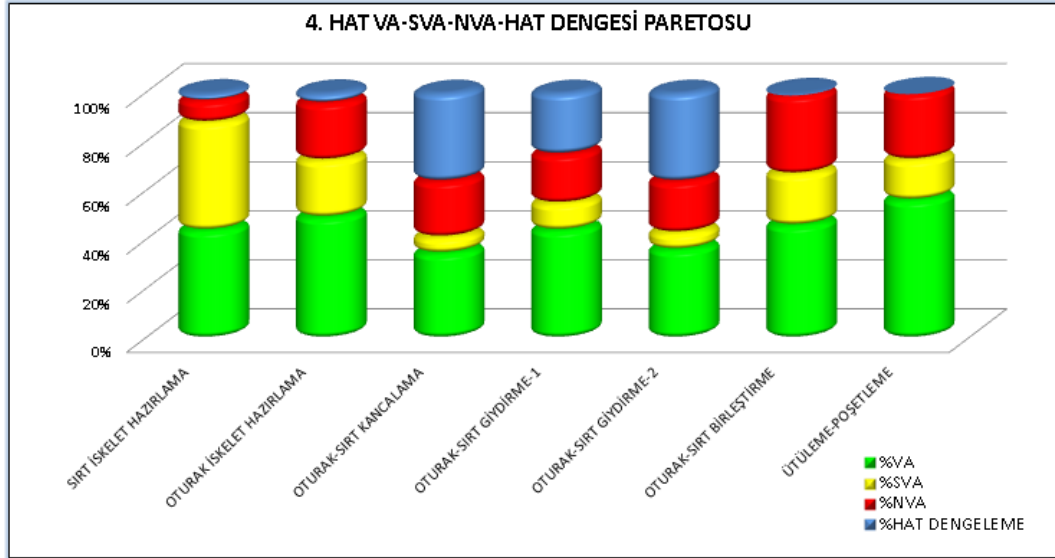


Şekil 3.2. Hat bazında NVAA- hat dengesi kayıpları

Seçilen hatlardaki VAA-SVAA-NVAA analizleri yapıldı. 4. ve 5. hat operasyonları şunlardır;

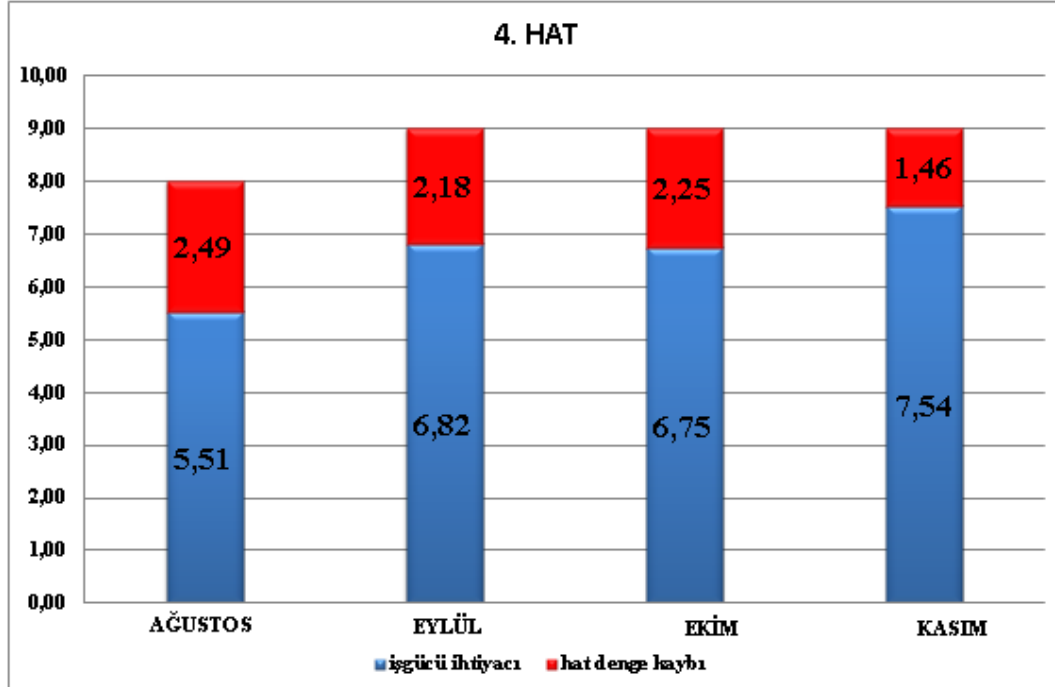
- Sırt iskelet hazırlama
- Oturak iskelet hazırlama
- Oturak sırt kancalama
- Oturak sırt giydirme (1. Operasyon)
- Oturak sırt giydirme (2. Operasyon)
- Oturak sırt birleştirme
- Ütüleme – Poşetleme

VAA-SVAA-NVAA dağılımını gösteren pareto Şekil 3.3.'te gösterilmiştir.

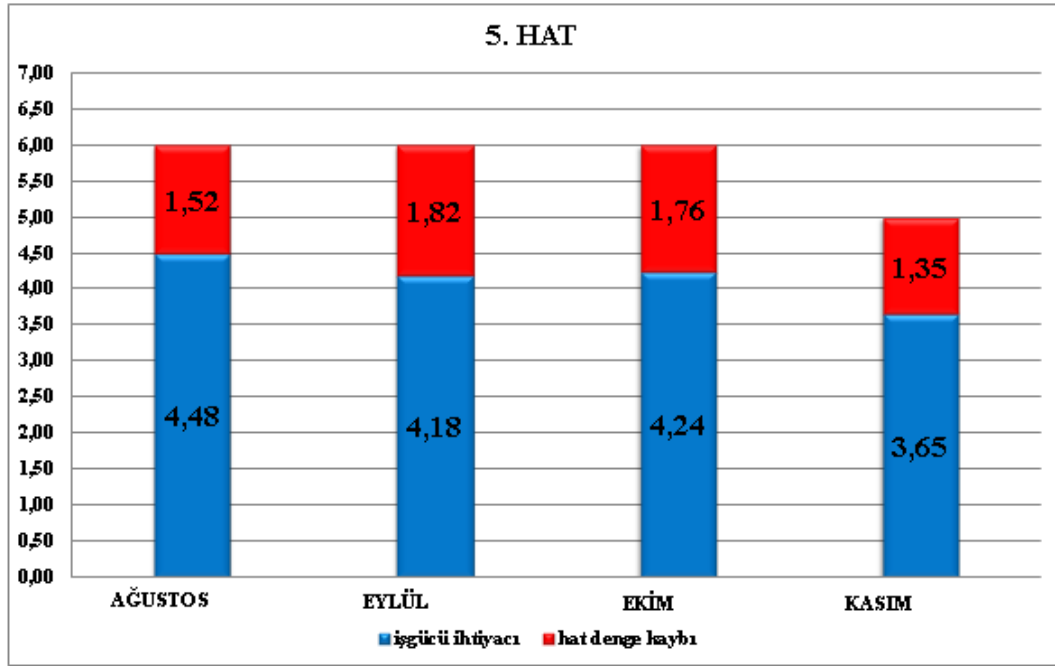


Şekil 3.3. 4. Hat VAA-SVAA-NVAA-Hat dengesi paretosu

4 ve 5. Hatlardaki iş gücü ihtiyacı ve hat denge kaybı aylık bazda Şekil 3.4. ve Şekil 3.5.'de gösterilmektedir.



Şekil 3.4. 4. Hat iş gücü ve hat denge kaybı aylık bazda dağılımı



Şekil 3.5. 5. Hat iş gücü ve hat denge kaybı aylık bazda dağılımı

Hat denge kaybı 3.1 nolu formüle göre hesaplanmıştır:

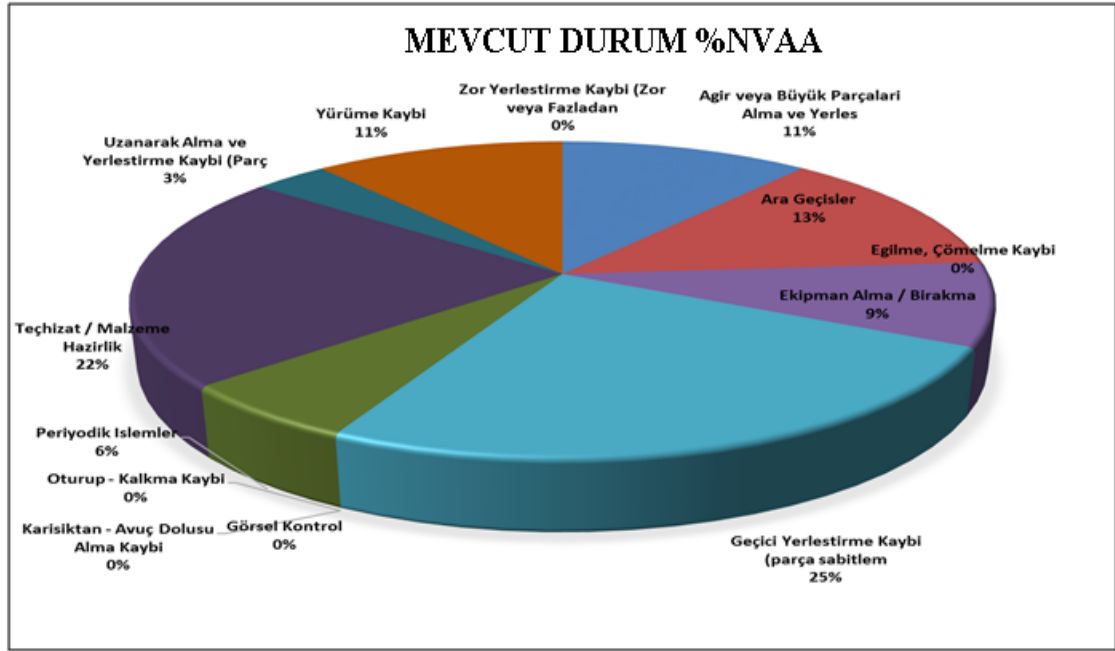
$$\text{Hat Denge Kaybı} = \text{Mevcut İşgücü} - \text{İşgücü İhtiyacı} \quad (3.1)$$

Hattaki analizler sonucundaki NVAA'lar şunlardır;

- Uzanarak alma ve yerleştirme
- Yürüme
- Zor veya fazladan yerleştirme
- Ağır veya büyük parçaları alma ve yerleştirme
- Ara geçişler
- Eğilme, çömelme kaybı
- Ekipman alma, bırakma
- Geçici yerleştirme kaybı
- Görsel kontrol
- Karışık bir yerden avuç dolusu alma kaybı
- Oturup kalkma kaybı

- Periyodik işlemler
- Teçhizat/ malzeme hazırlık

NVAA dağılımları Şekil 3.6.'da gösterilmektedir.



Şekil 3.6. Mevcut durum yüzde NVAA dağılımları

Burada hedef, NVAA'ların azaltılması ve hat dengesi kayıplarının azaltılarak çevrim süresinin ve operatör sayısının azaltılması olarak belirlenmiştir. Diğer hedefler ise şunlardır;

Çizelge 3.1. MURİ, MURA, MUDA hedefleri

YÖNTEM	ÇÖZÜM	HEDEF
MURİ	Ergonominin sağlanması	Mevcut ergonomi puanı 15 olan ve vücut hareketlerinde dikeyde 3 puan olan noktalarda iyileşme sağlamak.
MURA	Standartlaştırma	Düzensiz operasyonların iyileştirilmesi.
MUDA	NVAA'ların elimine edilmesi	NVAA'larda iyileşme.

Yapılan bu analizlere göre çeşitli yetkinliklerdeki ekip üyeleri ile beraber bir çalışma takımı kurulmuştur.

3.2. Uygulama Aşaması

Uygulama aşamasında Muri, Mura ve Muda analizleri ve iyileştirmelerinden bahsedilecektir.

Çizelge 3.2. MURİ, MURA ve MUDA neden ve çözümleri

	NEDEN	ÇÖZÜM
MURİ	Zor ve normal olmayan işler	Ergonomik çalışmalar
MURA	Düzensiz hareketler	Standart operasyon tanımlamaları
MUDA	Katma değer yaratmayan işler	Analiz ve azaltma

Analizlerde, zaman etüdü yapabilmek için süreçteki her faaliyet incelenip insan ve makine hareketleri analiz edilmiştir. Kamera tekniği kullanılarak, 30 araçlık 3 vardiyada videoya çekilmiştir. Normal çalışma şekline müdahale edilmeden çekimler

gerçekleştirilmiştir.

Video çekimleri sonucunda, operatörlerin yaptığı, nihai ürün eldesine katkı sağlayan işler (katma değeri olan operasyonlar) ile sağlamayan işler birbirinden ayrılarak analiz edilmiştir.

Videosu çekilen operasyonun adımları çıkarılmış, adımlar izlenerek NVAA adımları incelenmiştir. Adımları çıkartılan operasyon belirlenen adımlara göre tek tek analiz edilmiştir. Bu sayede dalgalanmalar, en kısa ve en uzun süreler gözlemlenmiştir.

Hatta yapılan analiz çalışması sonucu hattaki NVAA/VAA dağılımları belirlenmiştir.

Zaman Etüdünde kayıpların tespiti ve ortadan kaldırılması için analiz çalışması yapılmıştır. Bu sayede operatörlerin operasyonu tamamlaması gereken zaman saptanmış ve operatörün tamamlama zamanı ile karşılaştırılarak kayıplar tespit edilmiştir.

Her operatörün operasyon çevrim süresi değişimi belirlenmiştir. Her vardiya için yapılan video çekimler üzerinden yapılan analize süre değişimleri belirlenmiştir.

3.2.1. Muri analizi ve Muri iyileştirmeleri

Öncelikli olarak 4.hattın Muri analizi yapılmıştır.

Muri: Operasyonların kolaylaştırılması, zor ve doğal olmayan operasyonların iyileştirilmesi işlemleridir.

Hareket etüdünde; katma değersiz hareketleri ortadan kaldırmak için hareketler analiz edilmiş, daha az iş gücü gerektiren fakat ekonomik etkinliği daha yüksek çalışma koşulları için yeniden düzenleme yapılmıştır.

Katma değeri ve ergonomi rahatlığı yüksek çalışma ortamları oluşturmak için operatörün Golden Zone (Yatay Ergonomik Bölge) / Strike Zone (Dikey Ergonomik Bölge) alanlarında çalıştırılması için iyileştirmeler yapılmış ve mümkün olan en az hareket ile maksimum verim sağlanmaya çalışılmıştır.

Golden Zone (Yatay Ergonomik Bölge), operatörün yatay düzlemdeki malzemeleri zorlanmadan alması için kullanılan bir yöntemdir.

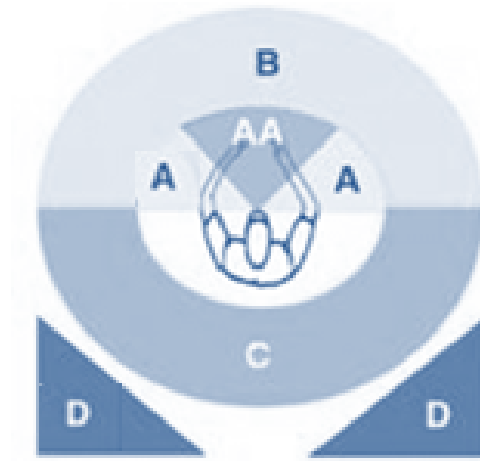
AA→ Tüm malzemeler montaj noktasından ayrılmadan ulaşılabilir konumdadır.

A→Malzemeler montaj noktasının 3 katı mesafesi içerisinde. Operatör dirseklerden uzanarak ve iki kolunu kullanarak malzemeleri alabilir.

B→Malzemelere ulaşmak için elleri omuz hizasının üzerinde kaldırmak gerekmektedir.

C→Malzemelere uzanmak için kolların uzatılması gerekmektedir veya basamak gibi yardımcı araçlar kullanılması gerekmektedir.

D→Malzemeler operatörün erişim alanının dışında ve ancak özel araçlarla ulaşabilir.



Şekil 3.7. Golden zone (yatay ergonomik bölge) şematik gösterimi

Strike Zone (Dikey Ergonomik Bölge), operatörün dikey düzlemdeki malzemeleri zorlanmadan alması için kullanılan bir yöntemdir.

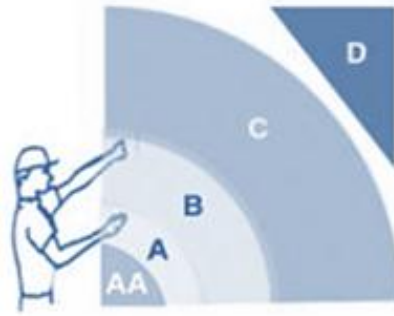
AA→ Tüm malzemeler ellerin kaldırılmadan ulaşılabileceği yüksekliktedir.

A→ Malzemeler ancak eller kaldırılarak ulaşılabilir.

B→ Malzemelere ulaşmak için elleri omuz hizasının üzerinde kaldırmak gerekmektedir.

C→ Malzemelere uzanmak için kolların uzatılması gerekmektedir veya basamak gibi yardımcı araçlar kullanılması gerekmektedir.

D→ Malzemeler operatörün erişim alanının dışındadır.



Şekil 3.8. Strike zone (dikey ergonomik bölge) şematik gösterimi

Muri analizinde her bir operasyon 3 seviyede incelenmiştir.

- Seviye 1: Operatörün çalışması istenen ergonomik seviyedir.
- Seviye 2: Ergonomik olarak kabul edilebilir fakat iyileştirilmesi gerekmektedir.
- Seviye 3: En kötü ergonomik durumu ifade eder ve iyileştirme çalışmalarına buradan başlanması gerekmektedir.

Muri analizinde operasyonlar aşağıdaki ergonomik hareketlere göre değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.3. Muri analizinde değerlendirilen ergonomik hareketler

Belden eğilme	1	0°-15°
	2	15°-30°
	3	>30°
Belin dönmesi	1	0°-15°
	2	15°-45°
	3	>45°

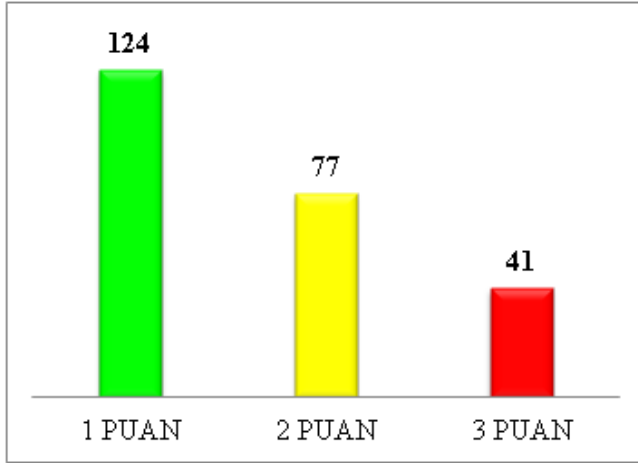
Çizelge 3.3. Muri analizinde değerlendirilen ergonomik hareketler (devam)

Kolların çalışma yüksekliği	1	Bel
	2	Omuz
	3	Omuzların üstünde
Dizlerin bükülmesi / gerilmesi	1	0°-30°
	2	30°-60°
	3	>60°
Dirsek ve bileklerin döndürülmesi	1	0°-90°
	2	90°-180°
	3	>180°
Parça / malzeme alma	1	Kolayca alma
	2	Kolların gerilerek alınması
	3	Zorlanarak alma
Çalışma alanı / vücudun dönmesi	1	0°-45°
	2	45°-90°
	3	>90°
Yürüme	1	0-4 adım
	2	5-9 adım
	3	>10 adım
Taşıma	1	0-3 kg
	2	3-5 kg
	3	>5 kg

Çizelge 3.3. Muri analizinde değerlendirilen ergonomik hareketler (devam)

Bileğin bükülmesi	1	0°
	2	0°-15°
	3	>15°
Boynun dönmesi	1	0°-20°
	2	20°-40°
	3	>40°

4.hattın mevcut durum Muri analizi şöyledir:



Şekil 3.12. 5. Hat mevcut durum Muri analizi sonuçları

- 1.seviye ergonomik hareketlerin 124 adet olduğu,
- 2.seviye ergonomik hareketlerin 77 adet olduğu,
- 3.seviye ergonomik hareketlerin 41 adet olduğu görülmektedir.

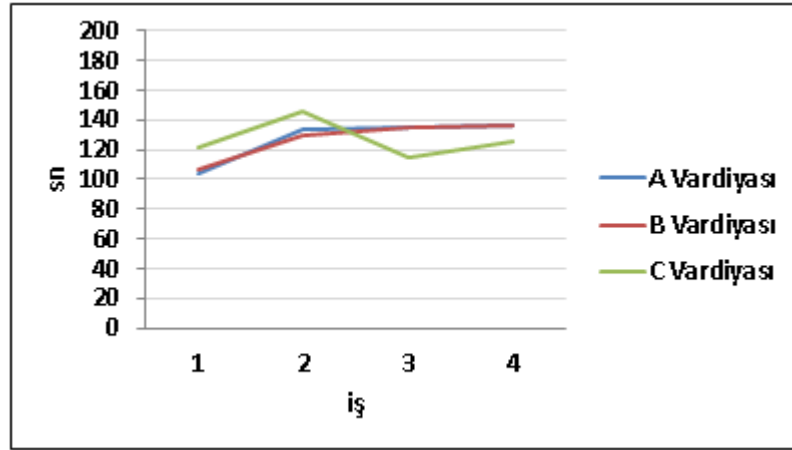
İyileştirilmesi gereken 1. nokta: Hattın işleyişi incelendiğinde operatör, montaj malzemelerini alabilmek için geriye dönmekte ve yürümektedir. Bu kısımların iyileştirilmesi gerektiği için çalışmalar yapılmıştır.

3.2.2. Mura analizi ve Mura iyileştirmeleri

Mura: Düzensiz operasyonların iyileştirilmesidir. 3 vardiyadaki zaman analizleri yapılmıştır. Sonuçlar Çizelge 3.4.'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. Sırt hazırlama operasyonu zaman analizi

Mevcut Durum	1.İş	2.İş	3.İş	4.İş	Ort.
A Vardiyası	103,6 sn	133,2 sn	135,32 sn	136,42 sn	127,135 sn
B Vardiyası	106,6 sn	130,2 sn	135,32 sn	136,42 sn	127,135 sn
C Vardiyası	121,7 sn	145,42 sn	115,28 sn	125,84 sn	127,06 sn



Şekil 3.13. A,B,C vardiyaları arasındaki farklar

Mevcut durum detaylı iş dağılımı Çizelge 3.5., Çizelge 3.6., Çizelge 3.7., Çizelge 3.8.’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. Sırt hazırlama 1. operasyon mevcut iş dağılımı

MEVCUT İŞ DAĞILIMI	SÜRE (sn)	
%40 sırt kılıf ve süngerini al	1,13	1. OPERASYON
Bant üzerine koy	1,14	
Kılıfı gergi teli gözükecek pozisyona getir	2,80	
Kancalama makinasını al	1,05	
Kancalamaya başla	13,75	
Kanca makinasını bırak	0,70	
Kılıfı al	0,75	
Kılıf rafına koy	1,17	
Yürüme	1,16	
%60 sırt kılıf ve süngerini al	1,77	
Bant üzerine koy	1,33	
Kılıfı katla	1,60	
Kılıfı gergi teli gözükecek pozisyona getir	1,30	
Kanca makinasını al	1,10	
Kancalamaya başla	15,66	
Kılıfı çevir	1,08	
Kılıfı gergi teli gözükecek pozisyona getir	1,53	
Kancalamaya başla	15,54	
Kanca makinasını bırak	0,67	
Kılıfı çevir	1,47	
Kılıf plastik bölgesini tuttur	3,20	
Kanca makinasını al	1,10	
Kılıf kulaklarını kancala	1,80	

Çizelge 3.5. Sırt hazırlama 1. operasyon mevcut iş dağılımı (devam)

Kanca makinasını bırak	0,64
Kılıf plastik bölgesini tuttur	2,33
Kanca makinasını al	1,10
Kılıf kulaklarını kancala	1,74
Kanca makinasını bırak	0,66
Kılıfı al	0,70
Rafa koy	1,24
Dolu arabayı çıkarıp boş arabayı çekme	3,15
Dolu arabanın agv ye takılması	1,68
Tabancayı temizle	0,02
Tabancayı yağla	0,05
Sensör kutularını açma	0,57
Kanca kutularını açma	0,22
Tabancaya kanca tak	0,70
Yağ bidonunu doldur	0,10
Çevre temizliği ve düzen	1,03
Etiket barkod okutma	1,8
%60 süngerini önüne çekme	5,1
Kilit bölgesi kulakları yönlendirme (%60)	19,6
Kilit bölgesi kulakları yönlendirme (%40)	1,3
%60 iskelet alma	0,6
Kilit bölgesi kulak plastik profilleri takma (%60)	1,9
İskeleti süngerin içine yerleştirme (%60)	1,4
%40 iskelet alma	1,4

Çizelge 3.6. Sırt hazırlama 2. operasyon mevcut iş dağılımı

MEVCUT İŞ DAĞILIMI	SÜRE (sn)	
Kilit bölgesi kulak plastik profilleri takma (%40)	1,3	2.OPERASYON
İskeleti süngerin içine yerleştirme (%40)	2,2	
%60 sırtı ters çevirme	2,3	
Emniyet kemerini kılıftan geçirme	2,2	
Kılıfın sol köşesini giydirme	4,7	
Kılıfın sağ kısmını giydirme	10,6	
Kılıfın sol alt köşesini giydirme	2,7	
Kılıf düzeltme ve sırtı ters çevirme	5,2	
Kilit bölgesini içine sokma	1,6	
Kilit butonu bölgesini içine sokma	1,1	
Kilit bölgesini düzeltme	1,3	
Kilit bölgesi plastik profil takma	1,0	
Tela yerleştirme	6,3	
EPP takma	4,0	
Kilit bölgesi fermuar çekme	8,7	
Orta bölge fermuar çekme	28,4	
Sırtı döndürme	3,2	
Alt plastik profili kapatma	10,7	
Kilit mandal plastiği takma	33,4	
Kilit mandal plastiği etrafını düzeltme	1,4	

Çizelge 3.7. Sırt hazırlama 3. operasyon mevcut iş dağılımı

MEVCUT İŞ DAĞILIMI	SÜRE (sn)	
Etiketi yapıştırma	11,6	3.OPERASYON
Orta kemer kapağı takma	2,2	
Kemer plastiği takma ve kontrol	6,4	
Başlık fişeği takma (2 set)	1,6	
%60 sırtı bırakma	14,2	
%40 sırtı döndürme	1,2	
%40 sol kısmı giydirme	4,6	
%40 sağ kısmı giydirme	9,8	
%40 alt kısmı giydirme	17,1	
%40 sırtı ters çevirme	10,3	
Kilit bölgesini içine sokma	12,2	
Kilit bölgesi plastik profil takma	9,9	
%40 sırtı döndürme	3,8	

Çizelge 3.8. Sırt hazırlama 4. operasyon mevcut iş dağılımı

MEVCUT İŞ DAĞILIMI	SÜRE (sn)	
Tela yerleştirme	6,3	4.OPERASYON
Epp takma	22,4	
Orta kısım fermuar çekme	1,5	
Yan kısım fermuar çekme	27,1	
Alt kısım plastik profil takma	1,6	
Kilit mandal plastiği etrafını düzeltme	14,8	
Kilit mandal plastiği takma	2,8	
Kilit mandal plastiği etrafını düzeltme	14,7	
Başlık fişeği takma (1 set)	10,9	
%40 sırtı %60ın üstüne bırakma	7,3	
Butona basma	4,9	
Bant kayması	18,0	
Çevre temizliği ve düzen	1,0	

İyileştirilmesi gereken 2. nokta: Operatörlerin çalışma şekli incelendiğinde süre anlamında çok farklılık gözlenmese de işin standart hale getirilmesi gerekmektedir. Bu sebeple standardı sağlamak için eğitimler verilmesi ve görselliklerin arttırılması gerekmektedir.

3.2.3. Muda analizi ve Muda iyileştirmeleri

Katma değeri olmayan faaliyetlerin iyileştirilmesi işin yeniden düzenlenmesi ve proses entegrasyonu, düşük maliyetli otomasyonların uygulanmasıdır.

Katma Değeri Olan Aktiviteler (VAA)

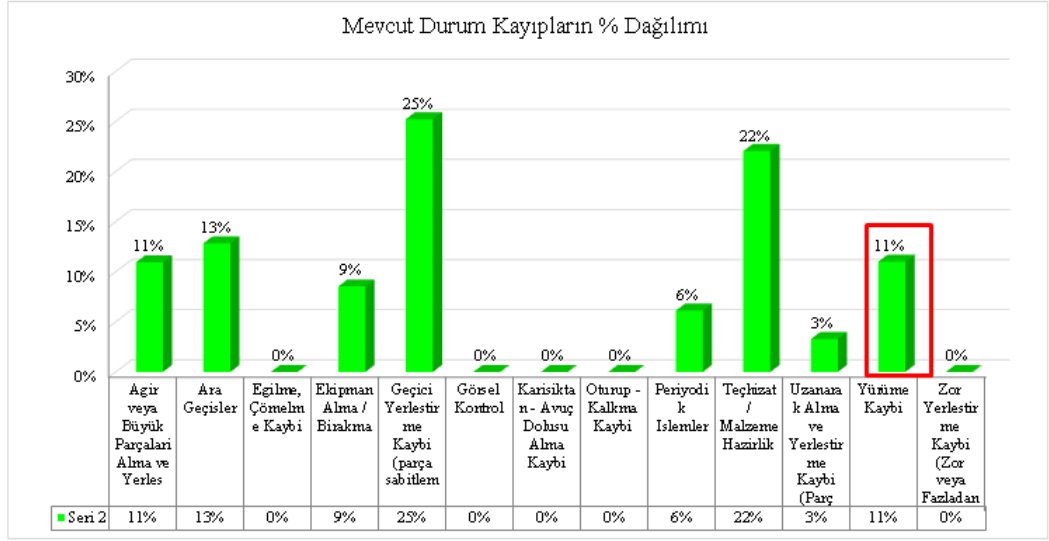
- Montaj
- Birleştirmek
- Etiketlemek
- Vidalamak
- Paketlemek
- Yapıştırmak

Yarı Katma Değeri Olan Aktiviteler (SVAA)

- Parça Alma
- Pozisyonlama
- Butona Basma
- Yerleştirme

Katma Değeri Olmayan Aktiviteler (NVAA)

- | | |
|--------------|----------------------|
| • Çekmek | • Ayırmak |
| • Seçmek | • Taşıma |
| • Kaldırmak | • Bekleme |
| • İndirmek | • Elden ele geçirmek |
| • İstiflemek | • Döndürme |
| • Taşımak | • Almak |
| • Aramak | • Durmak |
| • Yürüme | • İtmek |
| • Düzenlemek | • Yerine Bırakmak |



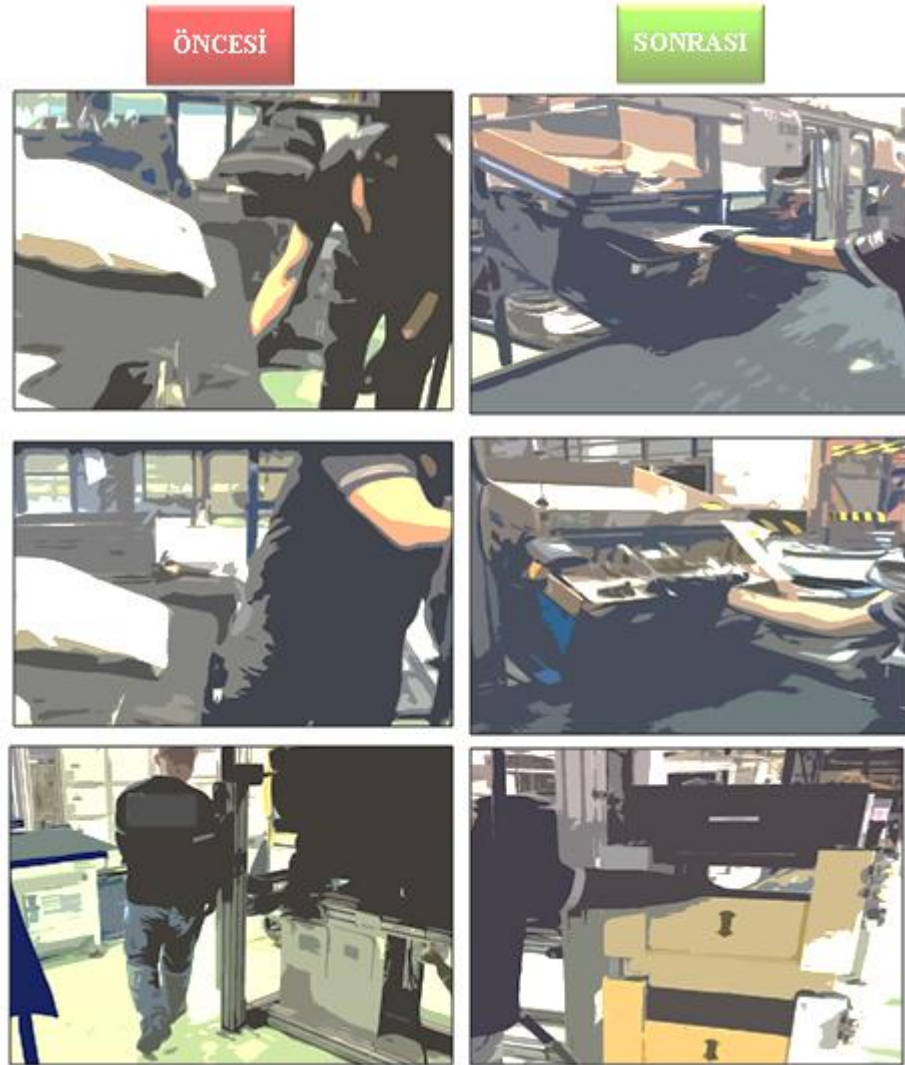
Şekil 3.14. Mevcut durum - kayıpların % dağılımı

İyileştirilmesi gereken 3. nokta: Hattın işleyişi incelendiğinde 5.hat poşetleme ve 4.hat poşetleme operasyonu ayrı yerlerde yapılmaktadır. Bu sebeple ayrı operatörler bulunmaktadır. Şekil 3.14’de kırmızı ile gösterilen yürüme kayıpları fazladır. Poşetleme operasyonu ortaklaştırılmalı ve yürüme kayıpları azaltılmalıdır. Diğer kayıp ise teçhizat ve malzeme hazırlık kayıplarıdır. Bu sebeple malzeme hazırlık konusunun iyileştirilmesi gerekmektedir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

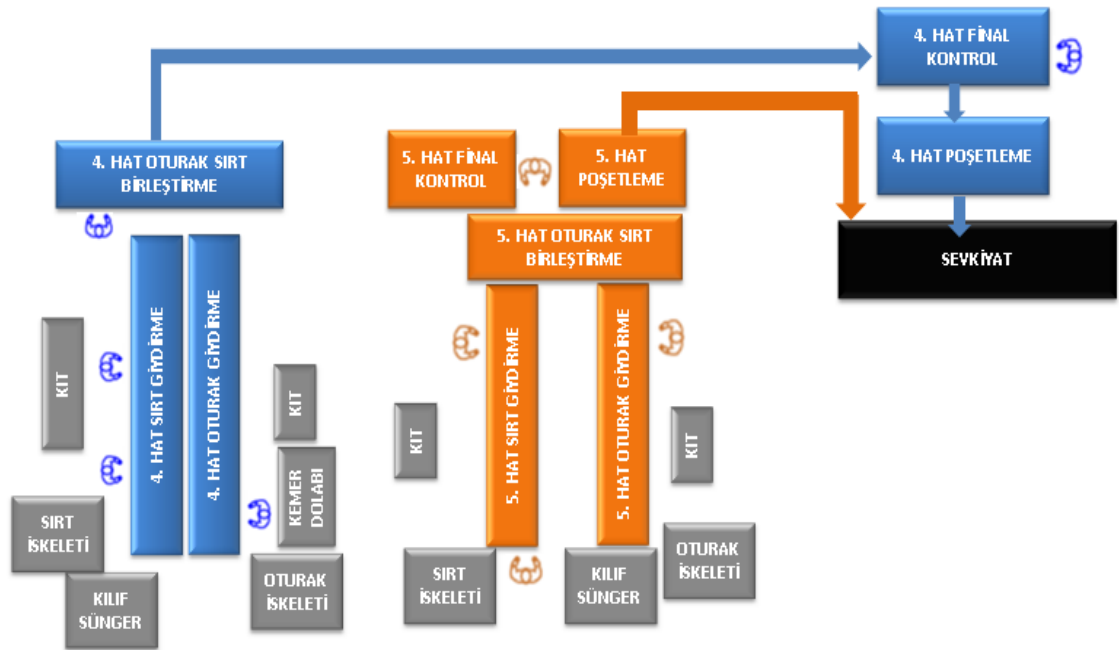
Kitting yöntemiyle montaj hattında yapılan her ürünün komponentlerinin o ürünle aynı anda ve belirlenen miktarda gelmesi sağlanmıştır. Montaj malzemeleri operatörün önüne (golden zone (yatay ergonomik bölge)) alınarak vücut dönmesi ve yürümesi elimine edilmiştir.

Bu sayede doğru ürünler hatta beslenirken aynı zamanda operatörün parça arama zamanı olmayacak ve bu NVAA'da elimine edilmiş olacaktır.



Şekil 4.1. Golden zone ve strike zone ile ilgili iyileştirme yapılan birkaç örnek

Mevcut durumdaki hattın lay-out (yerleşim düzeni) şu şekildeydi;



Şekil 4.2. Mevcut durum yerleşim düzeni

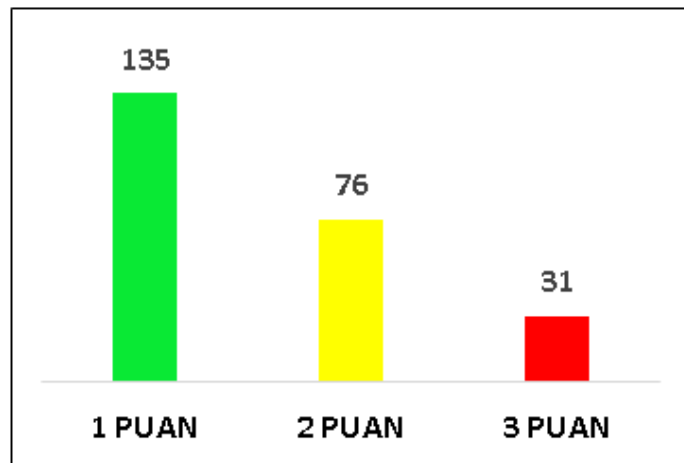
4.hat yapılan iyileştirmeler sonrasındaki Muri analizi şöyledir;

4. HAT MURİ ANALİZİ-İYİLEŞTİRME SONRASI

Manuel Proseslerde Çalışan Hareketleri Ergonomi Değerlendirme Matrisi																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Şekil 4.3. 4. hat Muri analizi iyileştirme sonrası

İyileştirme sonrası Muri analizi sonuçlarının;



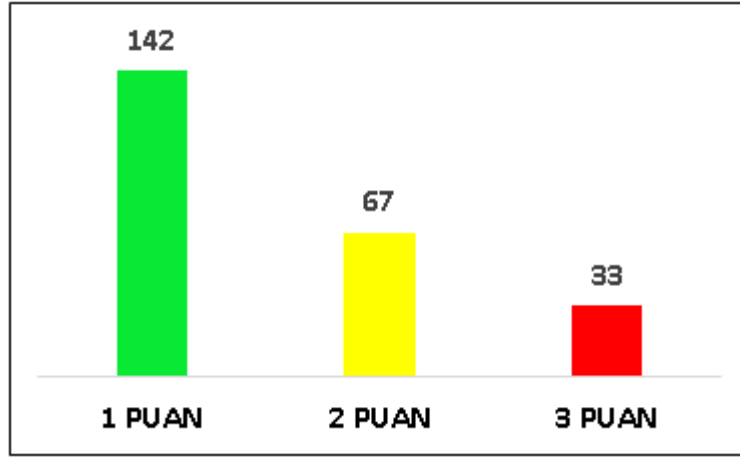
Şekil 4.4. 4. hat mevcut durum Muri analizi sonuçları

- 1.seviye ergonomik hareketlerin 135 adet olduğu,
- 2.seviye ergonomik hareketlerin 76 adet olduğu,
- 3.seviye ergonomik hareketlerin 31 adet olduğu görülmektedir.

5.hat yapılan iyileştirmeler sonrasındaki Muri analizi şöyledir;

5. HAT MURİ ANALİZİ- İYİLEŞTİRME SONRASI

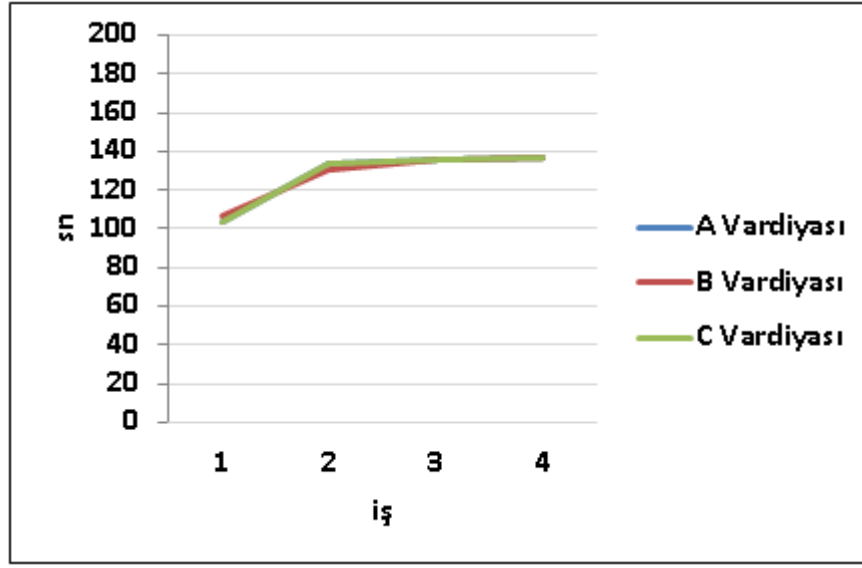
Manuel Proseslerde Çalışan Hareketleri Ergonomi Değerlendirme Matrisi																								
operasyondaki hareketleri	bölme 1			bölme 2			bölme 3			bölme 4			bölme 5			bölme 6			bölme 7			bölme 8		
seviye	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
örnek	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
OTURAK SÜNGER KILFI AL VE KİRCİLE	2		3	1		1		1		1		1		3	1		1		2		1		17	
EMNİYET KEMERİNİ AL	1		1		2	1		1		1		1		1		1		1		1		1		12
OTURAK İSKELETİ AL SÜNGERE KILFI GİYDİR	2		2	1		1		2		2		2		3	1		3		3		3		1	21
OTURAK PLASTİK ARAÇLARI TAK	2		2	1		1		2		1		1		1		1		3		3		1		16
SİRT SÜNGER KILFI AL VE KİRCİLE	2		3	1		1		1		1		1		3	1		1		2		1		17	
SİRT İSKELETİ AL SÜNGERE KILFI GİYDİR	2		2	1		1		2		2		2		3	1		3		3		3		1	21
SİRT PLASTİK ARAÇLARI TAK	2		2	1		1		2		1		1		1		1		3		3		1		16
OTURAK AL	1		2	1		1		2		2		2		3	1		3		2		1		19	
SİRT AL	1		2	1		1		2		2		2		3	1		3		2		1		19	
OTURAK VE SİRTİ BİRLEŞTİR	2		2	1		3		2		2		2		2	1		1		3		2		21	
KOLTUĞU BANDA BIRAK	1		2	1		1		1		3		2		1		3		2		1		18		
KOLTUĞU FİNAL KONTROL ARAÇLARINA YERLEŞTİR	2		2	1		1		2		2		2		2	1		3		3		1		20	
ÖTÜLEME	1		1		3	1		1		1		1		1		1		2		2		15		
KOLTUK BAŞLIĞINI AL VE TAK	1		1		2	1		1		1		1		3	1		1		1		1		14	
KOLTUĞU KONTROL ET		3		2	1		1		2		1		1		1		1		2		3		18	
KOLTUĞU POŞETLEME MASASINA BIRAK	1		2	1		1		2		2		3		1		3		3		1		20		
BANDI OLUŞTUR	1		1		2	1		2		1		1		1		1		1		2		14		
POŞET AL	1		1		1		1		2		1		1		1		1		2		13			
OTURAK POŞETLE	1		1		1		1		2		2		1		1		1		2		1		14	
SİRTİ POŞETLE	1		1		2	1		2		2		1		1		1		2		1		15		
POŞETLERİ BANTLA	1		1		1		1		2		1		1		1		1		3		2		15	
BANDA KÖY	1		2	1		1		2		2		3		1		3		3		1		20		
	12	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12	2	17	4	1	21	0	1	9	16	0	11	10	1	10	3	9	22	0	0
	13	8	1	8	12																			



Şekil 4.6. 5. hat mevcut durum Muri analizi sonuçları

- 1.seviye ergonomik hareketlerin 142 adet olduğu,
- 2.seviye ergonomik hareketlerin 67 adet olduğu,
- 3.seviye ergonomik hareketlerin 33 adet olduğu görülmektedir.

Vardiyalar arası iş dağılımı farklıydı ve sırt giydirme operasyonu esnasında 2. Operatör hattı yavaşlatmaktaydı. İş dağılımı düzenlenerek operatörlere SOP üzerinden eğitim verilerek vardiyalar arası yaşanan sapmanın önüne geçilmiştir. Bütün vardiyaların standart bir düzende çalışması sağlanmıştır.



Şekil 4.8. A,B,C vardiyaları arasındaki farklar iyileştirme sonrası

Çizelge 4.2. Sırt hazırlama 1. operasyon iş dağılımı iyileştirme sonrası

SONRASI İŞ DAĞILIMI	SÜRE (sn)	
%40 sırt kılıf ve süngerini al	1,13	1.OPERASYON
Bant üzerine koy	1,14	
Kılıfı gergi teli gözükecek pozisyona getir	2,80	
Kancalama makinasını al	1,05	
Kancalamaya başla	13,75	
Kanca makinasını bırak	0,70	
Kılıfı al	0,75	
Kılıf rafına koy	1,17	
Yürüme	1,16	
%60 sırt kılıf ve süngerini al	1,77	

Çizelge 4.2.(devamı) Sırt hazırlama 1. operasyon iş dağılımı iyileştirme sonrası

Bant üzerine koy	1,33
Kılıfı katla	1,60
Kılıfı gergi teli gözükecek pozisyona getir	1,30
Kanca makinasını al	1,10
Kancalamaya başla	15,66
Kılıfı çevir	1,08
Kılıfı gergi teli gözükecek pozisyona getir	1,53
Kancalamaya başla	15,54
Kanca makinasını bırak	0,67
Kılıfı çevir	1,47
Kılıf plastik bölgesini tuttur	3,20
Kanca makinasını al	1,10
Kılıf kulaklarını kancala	1,80
Kanca makinasını bırak	0,64
Kılıf plastik bölgesini tuttur	2,33
Kanca makinasını al	1,10
Kılıf kulaklarını kancala	1,74
Kanca makinasını bırak	0,66
Kılıfı al	0,00
Rafa koy	0,00
Dolu arabayı çıkarıp boş arabayı çekme	3,15
Dolu arabanın agv ye takılması	1,68
Tabancayı temizle	0,02
Tabancayı yağla	0,05
Sensör kutularını açma	0,57
Kanca kutularını açma	0,22
Tabancaya kanca tak	0,70
Yağ bidonunu doldur	0,10
Çevre temizliği ve düzen	1,03
Etiket barkod okutma	1,8
%60 süngerini önüne çekme	3,1
%60 iskelet alma	2,6
İskeleti süngerin içine yerleştirme (%60)	1,4
%40 iskelet alma	1,4
İskeleti süngerin içine yerleştirme (%40)	1,2

Çizelge 4.3. Sırt hazırlama 2. operasyon iş dağılımı iyileştirme sonrası

SONRASI İŞ DAĞILIMI	SÜRE (sn)	
%60 sırtı ters çevirme	1,3	2. OPERASYON
Emniyet kemerini kılıftan geçirme	1,2	
Kılıfın sol köşesini giydirme	4,7	
Kılıfın sağ kısmını giydirme	10,6	
Kılıfın sol alt köşesini giydirme	2,7	
Kılıf düzeltme ve sırtı ters çevirme	5,2	
Kilit bölgesi kulakları yönlendirme (%60)	19,6	
Kilit bölgesini içine sokma	1,6	
Kilit butonu bölgesini içine sokma	1,1	
Kilit bölgesi kulak plastik profilleri geçir(%60)	2,9	
Kilit bölgesini düzeltme	1,3	
Tela yerleştirme	6,3	
EPP takma	4,0	
%40 sırtı döndürme	1,2	
%40 sol kısmı giydirme	4,6	
%40 sağ kısmı giydirme	9,8	
%40 alt kısmı giydirme	17,1	
%40 sırtı ters çevirme	10,3	
%40 kilit bölgesini içine sokma	12,2	
%40 kilit bölgesi kulakları yönlendirme	1,3	
%40 kilit bölgesi kulak plastik profilleri geçir	1,3	
Bant kayması	6,0	

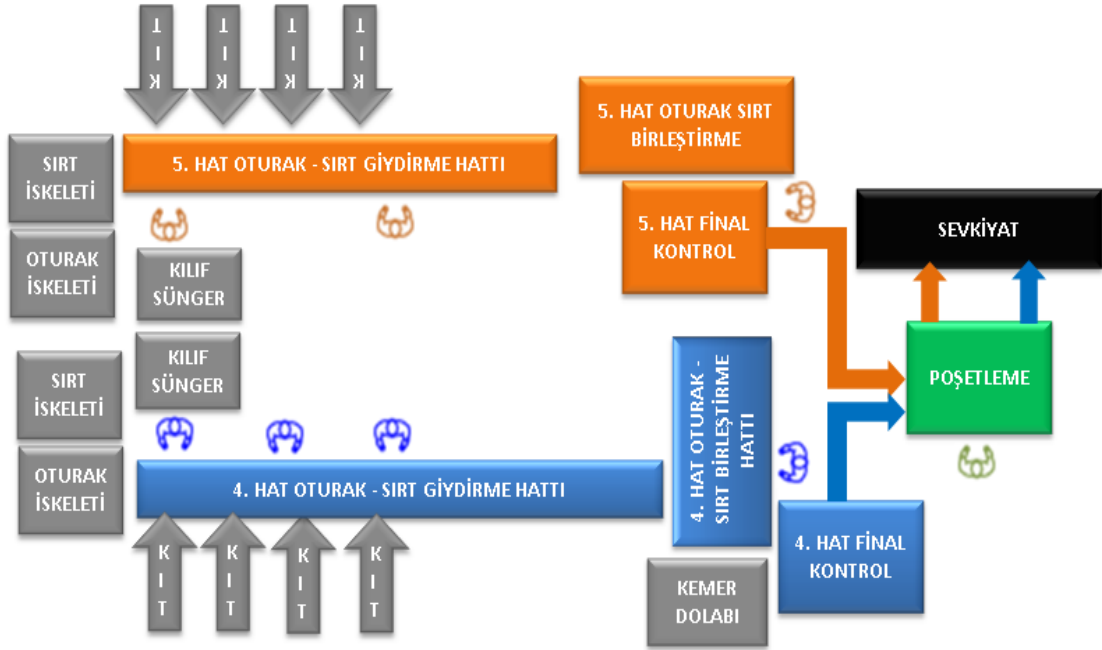
Çizelge 4.4. Sırt hazırlama 3. operasyon iş dağılımı iyileştirme sonrası

SONRASI İŞ DAĞILIMI	SÜRE (sn)	
%60 kilit bölgesi fermuar çekme	8,7	3. OPERASYON
%60 orta bölge fermuar çekme	28,4	
%60 sırtı döndürme	3,2	
%60 alt plastik profili kapatma	10,7	
%40 kilit bölgesi plastik profil takma	9,9	
%40 sırtı döndürme	3,8	
%40 tela yerleştirme	6,3	
%40 EPP takma	22,4	
%40 orta kısım fermuar çekme	1,5	
%40 yan kısım fermuar çekme	27,1	
Alt kısım plastik profil takma(4.operatör)	0,0	
Bant kayması	6,0	

Çizelge 4.5. Sırt hazırlama 4. operasyon iş dağılımı iyileştirme sonrası

SONRASI İŞ DAĞILIMI	SÜRE (sn)	
Alt kısım plastik profil takma	1,6	4. OPERASYON
Kilit madal plastiği takma	33,4	
Kilit mandal plastiği etrafını düzeltme	1,4	
Etiketi yapıştırma	2,2	
Orta kemer kapağı takma	11,6	
Kemer plastiği takma ve kontrol	6,4	
Başlık fişeği takma (2 set)	1,6	
%60 sırtı bırakma	14,2	
Kilit mandal plastiği etrafını düzeltme	14,8	
Kilit mandal plastiği takma	2,8	
Kilit mandal plastiği etrafını düzeltme	14,7	
Başlık fişeği takma (1 set)	10,9	
%40 sırtı %60ın üstüne bırakma	7,3	
Bant kayması	6,0	

4.hat poşetleme ve 5. Hat poşetleme operasyonları ayrı yerlerde yapılmaktaydı bu sebeple iki hatta da ayrı birer operatör bulunmaktaydı.



Şekil 4.9. İyileştirme sonrası yerleşim düzeni

Yeni hat düzenine geçilerek 4. Hat poşetleme ve 5. Hat poşetleme operasyonları aynı operatöre verilerek operasyonlar birleştirilmiştir. Bunun sebebi hat üzerinde oturak giydirmeyeyle sırt giydirme operasyonları aynı hatta yapıldığı için operasyonlar ortaklaştırılabilmektedir. Yeni yapılan düzenleme ile operatörlerin arkalarına dönerek malzeme almaları engellenerek malzemeler golden zone'a (yatay ergonomik bölgeye) alınmıştır. Bu sayede NVAA'larda %5 iyileşme sağlanmıştır.

5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında otomotiv yan sanayi firmasında, yalın üretim sistemi ve yalın üretim sistemlerinden biri olan WCM (World Class Manufacturing) araçlarını kullanarak üretim sürecinin incelenmesi, çevrim süresinin azaltılması, katma değer yaratmayan hareketlerin giderilmesi ve lay-out (yerleşim düzeni) iyileştirilmeleri yapılmıştır. Böylelikle, verimlilik artışı sağlanması hedeflenmiştir. Bu çalışmada, montaj hatları için iyileştirme çalışmaları önerilmiştir. İşletmede mevcut durum analizi yapılarak, çevrim süreleri ve operatör sayıları iyileştirilmiştir. İyileştirme esnasında, katma değer oluşturmeyen aktiviteleri elimine etmek için geliştirilen çözümler önerilmiştir. Çalışmanın sonucunda, 4. hatta hat denge kaybı % 29'dan % 9'a (9 kişiden 8 kişiye); 5. hatta hat denge kaybı % 36'dan % 9'a (5 kişiden 4 kişiye) düşmüştür. NVAA'larda da % 5 iyileşme sağlanmıştır.

Çizelge 5.1. 4. hat Operatör İhtiyacı Tablosu Öncesi

4. HAT ÖNCESİ	Çevrim Süresi		Operatör İhtiyacı	Operatör Sayısı	
Oturak İsk. Hazırlama	243,13	sn	0,81	0,85	kişi
Sırt İsk. Hazırlama	251,17	sn	0,84	0,85	kişi
3. Sıra Giydirmeye	75,87	sn	0,25	0,3	kişi
Oturak Çakma	127,67	sn	0,43	0,5	kişi
Sırt Çakma	94,98	sn	0,32	0,5	kişi
Oturak Giydirmeye	202,55	sn	0,67	1	kişi
Sırt Giydirmeye	417,61	sn	1,39	2	kişi
Oturak-Sırt Birleştirme	146,07	sn	0,49	0,6	kişi
Kapak Montajı	99,04	sn	0,33	0,4	kişi
Final Kontrol ve Ütü	285,45	sn	0,95	1	kişi
Poşetleme	159,51	sn	0,53	1	kişi
	35,05	dk	7	9	

Çizelge 5.2. 4. hat Operatör İhtiyacı Tablosu Sonrası

4. HAT SONRASI	Çevrim Süresi		Operatör İhtiyacı	Operatör Sayısı	
Oturak İsk. Hazırlama	243,13	sn	0,81	0,85	kişi
Sırt İsk. Hazırlama	251,17	sn	0,84	0,85	kişi
3. Sıra Giydirmeye	75,87	sn	0,25	0,3	kişi
Oturak Çakma	127,67	sn	0,43	0,45	kişi
Sırt Çakma	94,98	sn	0,32	0,35	kişi
Oturak Giydirmeye	202,55	sn	0,67	0,7	kişi
Sırt Giydirmeye	417,61	sn	1,39	1,5	kişi
Oturak-Sırt Birleştirme	146,07	sn	0,49	0,6	kişi
Kapak Montajı	98,74	sn	0,33	0,4	kişi
Final Kontrol ve Ütü	285,45	sn	0,95	1	kişi
Poşetleme	159,51	sn	0,85	1	kişi
	35,05	dk	7,33	8	

Çizelge 5.3. 5. hat Operatör İhtiyacı Tablosu Öncesi

5. HAT ÖNCESİ	Çevrim Süresi		Operatör İhtiyacı	Operatör Sayısı	
Oturak İsk. Hazırlama	158,51	sn	0,36	0,4	kişi
Sırt halı Yapıştırma	42,13	sn	0,1	0,1	kişi
Sırt İskelet Hazırlama	158,5	sn	0,45	0,5	kişi
Oturak Çakma	72,42	sn	0,16	0,5	kişi
Sırt Çakma	92,95	sn	0,21	0,5	kişi
Oturak Giydirmeye	230,79	sn	0,52	1	kişi
Sırt Giydirmeye	417,38	sn	0,94	1	kişi
Oturak-Sırt Birleştirme	162,59	sn	0,37	0,4	kişi
Final Kontrol ve Ütü	108,84	sn	0,25	0,25	kişi
Poşetleme	142,36	sn	0,32	0,35	kişi
	26,44	dk	3,68	5	

Çizelge 5.4. 5. hat Operatör İhtiyacı Tablosu Sonrası

5. HAT SONRASI	Çevrim Süresi		Operatör İhtiyacı	Operatör Sayısı	
Oturak İsk. Hazırlama	158,51	sn	0,36	0,4	kişi
Sırt halı Yapıştırma	42,13	sn	0,1	0,1	kişi
Sırt İskelet Hazırlama	198,5	sn	0,45	0,5	kişi
Oturak Çakma	72,42	sn	0,16	0,2	kişi
Sırt Çakma	92,95	sn	0,21	0,25	kişi
Oturak Giydirme	230,79	sn	0,52	0,55	kişi
Sırt Giydirme	417,38	sn	0,94	1	kişi
Oturak-Sırt Birleştirme	162,59	sn	0,37	0,5	kişi
Final Kontrol ve Ütü	108,84	sn	0,25	0,5	kişi
Poşetleme	142,36	sn	0	0	kişi
	27,11	dk	3,36	4	

Yalın üretim sistemlerinin uygulanması için montaj hatlarındaki NVAA kayıpları analiz edilerek süreç içindeki düzensizlikler tespit edilmiştir. Mevcut hat akışları birleştirilerek zaman ve operatör kazancı sağlanmıştır.

Operatörün ergonomik hareketlerini iyileştirmek için MURİ uygulamaları yapılmıştır. Tüm bu çalışmalar ile Yalın üretim sistemi WCM aracıyla uygulanmıştır.

Yapılan çalışmadan da görüleceği üzere Yalın üretim, işletmelerdeki küçük iyileştirmelerin standartlaştırıldığında firmalara büyük kâr elde etme olanağı sağlar. Yalın üretim bir üretim sistematığıdır ve süreklilik isteyen bir iştir. Tüm adımları bir bütündür ve birbirini takip etmektedir. İyileştirme faaliyetlerinin sınırı yoktur. Yalın üretimin başarılı olabilmesi için alt seviyeden yönetici seviyesine kadar benimsenmeli ve firma kültürü oluşturulmalıdır. Tüm çalışanların katkısı gerekmektedir. Bu sebeple bütün çalışanlara bu sistematik öğretilmeli ve öneri sistemi ile katkıda bulunmaları beklenmelidir.

Bu çalışmada WCM araçları ile yapılan yalın üretim çalışmaları aktarılmıştır. Montaj hatlarında bu ve buna benzer detay kayıp analizleri yapılarak denge kayıpları yapılacak olan diğer çalışmalar ile daha da iyileştirilebilir.

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.

Altunay, H., Özmutlu, H. C., Özmutlu, S. 2017. Paralel Görev Atamalı Montaj Hattı Dengeleme Problemi İçin Yeni Bir Matematiksel Model Önerisi. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(1): 15-33.

Anonim. Yalın Düşüncenin İlkeleri. <https://lean.org.tr/yalin-dusuncenin-ilkeleri/> (Erişim Tarihi: 15.06.2019)

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.

Bozağaç, İ., 2018. Tofaş-World Class Manufacturing. <https://lean.org.tr/tofas-world-class-manufacturing/> (Erişim Tarihi: 03.06.2019).

İşlier, A. 1998. “Üretim Sistemleri: Kavramlar, Değerlendirme, Tasarım”, Osmangazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, s.123.

Kanat, S., Güner, M. 2006. Tam Zamanında Üretim Sisteminin Tekstil Ve Konfeksiyon Sanayine Uygulanabilirliği. *Tekstil Ve Konfeksiyon Dergisi*, 4: 274-278.

Katko, N. 2014. Yalın CFO. Çev. Sancı, T., Optimist Yayınları, 166s, İstanbul.

Kılıç, A. 2016. Otomotiv Yan Sanayinde Yalın Üretim Uygulaması. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul

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.

Murino, T. 2014. A World Class Manufacturing Implementation Model, Applied Mathematics In Electrical And Computer Engineering, Department Of Materials Engineering And Operations Management, University of Naples, Napoli-Italy, s.374.

Muzoğlu, B. 2014. Paralel Karışık Modelli Montaj Hattı Dengeleme Problemi Ve Bir İşletmede Uygulanması. *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.

Parıltı, N. 2003. Müşteri Memnuniyetinin Sağlanması Hatasız Üretim Aracı: Poka Yoke. *Gazi Üniversitesi, İİBF Dergisi*, 143-152.

Shingo, S. 1997. Mistakes-Proofing For Operators The ZQC System Productivity Inc. Portland Oregon, 40-42.

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.

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.

Yılmaz, İ. 2010. Tam Zamanında Üretim Sistemlerinde Lojistik Operasyonlarının Optimizasyonu. *Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

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.

EKLER

EK 1	4. hat Muri analizi mevcut durum
EK 2	5. hat Muri analizi mevcut durum
EK 3	4. hat Muri analizi iyileştirme sonrası
EK 4	5. hat Muri analizi iyileştirme sonrası

EK 1 4. hat Muri analizi mevcut durum

4. HAT MURİ ANALİZİ																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Manuel Proseslerde Çalışan Hareketleri Ergonomi Değerlendirme Matrisi																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
operasyondaki hareketleri		belden eğilme			belin dönmesi			kolların çalışma yüksekliği			dizlerin bükülmesi/gerilmesi			dirsek ve bileklerin döndürülmesi			parça/malzeme alma			çalışma alanı (vücudun dönmesi)			yürüme			taşıma			bileğin bükülmesi			boyun dönmesi			TOPLAM	seviye 1 : 1 puan seviye 2 : 2 puan seviye 3 : 3 puan																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
		0°-15°	15°-30°	>30°	0°-15°	15°-45°	>45°	0°-15°	15°-30°	>30°	0°-90°	90°-180°	>180°	0°-90°	90°-180°	>180°	0°-45°	45°-90°	>90°	0-4 adım	5-9 adım	>10 adım	0-3 kg	3-5 kg	>5 kg	0	0°-15°	>15°	0°-20°	20°-40°	>40°																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
seviye		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			

5. HAT MURİ ANALİZİ																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Manuel Proseslerde Çalışan Hareketleri Ergonomi Değerlendirme Matrisi																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
operasyondaki hareketleri		belden eğilme			belin dönmesi			kolların çalışma yükseklığı			dizlerin bükülmesi / gerilmesi			dirsek ve bileklerin döndürülmesi			parça/malzeme alma			çalışma alanı (vücudun dönmesi)			yürüme			taşıma			bileğin bükülmesi i			boyunun dönmesi			TOPLAM	seviye 1 : 1 puan seviye 2 : 2 puan seviye 3 : 3 puan																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
seviye		0°-15°	15°-30°	>30°	0°-15°	15°-45°	>45°	0-80 cm	80-100 cm	100-120 cm	120-140 cm	0°-30°	30°-60°	>60°	0°-90°	90°-180°	>180°	kaldırma alma	kolların gerilerek parçaların k. alına	0°-45°	45°-90°	>90°	0-4 adım	5-9 adım	>10 adım	0-3 kg	3-5 kg	>5 kg	0°-15°	15°-30°	>30°	0°-20°	20°-40°	>40°																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
kriter		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
1	OTURAK SÜNGER KİLİFİ AL VE KANCALA	2			3			1						2		1		1					3	1		1			2		1		18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													

4. hat Muri analizi iyileştirme sonrası

4. HAT MURİ ANALİZİ - İYİLEŞTİRME SONRASI

Manuel Proseslerde Çalışan Hareketleri Ergonomi Değerlendirme Matrisi

operasyondaki hareketleri		belden eğilme			belin dönmesi			kolların çalışma yük-sekliği			dizlerin bükülmesi /gerilmesi			dirsek ve bileklerin döndürülmesi			parça/malzeme alma			çalışma alanı (vücudun dönmesi)			yürüme			taşıma			bileğin bükülmesi			boyun dönmesi			TOPLAM																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
seviye		0°-15°	15°-30°	30°-45°	0°-15°	15°-45°	45°-90°	bel seviyesinde emniyetli	bel seviyesinde emniyetli	emniyetli	0°-90°	90°-120°	120°-150°	0°-90°	90°-120°	120°-150°	0°-90°	90°-120°	120°-150°	0°-45°	45°-90°	90°-120°	0-4 adım	5-9 adım	10-14 adım	0-3 kg	3-5 kg	5-10 kg	0°-15°	15°-45°	45°-90°	0°-90°	90°-120°	120°-150°																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
1	OTURAK SÜNGER KILIPI AL VE KANCALA	2			3	1					1		1				1					3	1			1			2		1			17																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

EK 4

5. hat Muri analizi iyileştirme sonrası

5. HAT MURİ ANALİZİ - İYİLEŞTİRME SONRASI

Mameli Proseslerde Çalışan Hareketleri Ergonomi Değerlendirme Matrisi

operasyondaki hareketleri		belde eğilme			belin dönmesi			kollarını çalışma yüksekliği			dizlerin bükülmesi/gerilmesi			direk ve bileklerin döndürülmesi			parça/malzeme alma			çalışma alanı (tüccuclum dönmesi)			yürüme			taşıma			hileğin bükülmesi			boyun dönmesi			TOPLAM																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
seviye		0°-15°	15°-30°	30°-45°	0°-15°	15°-45°	45°-90°	bel seviyesinde	omuz seviyesinde	omuzların üstünde	0°-30°	30°-60°	60°-90°	0°-30°	30°-180°	>180°	kalıpla alma (hazırlama emekli)	kalıpla geriye (kalıpla alma emekli)	kalıpla geriye (kalıpla alma emekli)	0°-45°	45°-90°	90°-180°	0-4 adım	5-9 adım	> 10 adım	0-3 kg	3-5 kg	>5 kg	0	0°-15°	15°-30°	30°-45°	0°-20°	20°-45°	45°-90°																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
kriter		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
1	OTURAK SÜNGER KILIFI AL VE KANCALA	2			3	1					1		1				1					3	1			1			2		1		17																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														</

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Berna KARASU
Doğum Yeri ve Tarihi : Bursa – 06/08/1991
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Bursa Gazi Anadolu Lisesi - Fen Bilimleri
(2005-2009)
Lisans : Yalova Üniversitesi - Endüstri Mühendisliği
(2009-2014)
Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi – Fen bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği
(2014-2019)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Magneti Marelli Mako A.Ş. : WCM QC Mühendisi
(2014-2016)

İletişim (e-posta) : brnkarasu@gmail.com

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
TEZ ÇOĞALTMA VE ELEKTRONİK YAYIMLAMA İZİN FORMU

Yazar Adı Soyadı	Berna KARASU
Tez Adı	BİR OTOMOTİV FİRMASINDA YALIN ÜRETİM ODAKLI MONTAJ HATTI İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI
Enstitü	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Endüstri Mühendisliği
Tez Türü	Yüksek Lisans Tezi
Tez Danışman(lar)ı	Doç. Dr. Ali Yurdun ORBAK
Çoğaltma (Fotokopi Çekim) izni	☐ Tezimden fotokopi çekilmesine izin veriyorum ☐ Tezimin sadece içindekiler, özet, kaynakça ve içeriğinin % 10 bölümünün fotokopi çekilmesine izin veriyorum ☒ Tezimden fotokopi çekilmesine izin vermiyorum
Yayımlama izni	☐ Tezimin elektronik ortamda yayımlanmasına izin veriyorum

Hazırlamış olduğum tezimin belirttiğim hususlar dikkate alınarak, fikri mülkiyet haklarım saklı kalmak üzere Bursa Uludağ Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı tarafından hizmete sunulmasına izin verdiğimi beyan ederim.

Tarih : 23.07.2019

İmza :

