

## OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE KAİZEN YÖNTEMİ İLE TESİS YERLEŞİM TASARIMI VE REBA ANALİZİ

Meryem ULUSKAN<sup>1\*</sup>, Mehtap Tutku ÖZYALINER<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, ORCID No : <http://orcid.org/0000-0003-1287-8286>

<sup>2</sup> Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Eskişehir, ORCID No : <https://orcid.org/0000-0001-8029-1482>

Anahtar Kelimeler	Öz
Kaizen, REBA, Tesis Yerleşim Tasarımı, Ergonomi, Süreç İyileştirme, Otomotiv Endüstrisi	<i>Bu çalışmada süreç iyileştirme tekniklerinden Kaizen ve tesis yerleşim tasarımı yöntemleri entegre bir şekilde kullanılarak otomotiv yan sanayiinde üretimi yapılan bir parça ele alınmış ve süreçte gerçekleşen hatalar incelenmiştir. İlgili süreç için ayrıca REBA analizi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sonucunda, müşteri memnuniyetini önemli derecede etkileyen bir hataya yönelik önleme ve iyileştirme faaliyetleri sunularak bu faaliyetlerin beklenen getirileri belirlenmiştir. Süreç kalitesinin Kaizen yöntemi ile iyileştirilmesi sağlanırken ergonomik yönlere göz önüne alınarak tesis yerleşimi önerileri sunulmuş ve bu önerilerin uygulanabilirlik açısından maliyet analizleri gerçekleştirilmiştir. İş sağlığı ve güvenliği açısından, bu çalışmada önerilen tasarım iyileştirmesi sonrasında, iş kazası riski %13 ile %18 oranında azaltılacak ve çalışanlara daha güvenli bir atölye ortamı sağlanacaktır. Ayrıca, yine bu çalışmada sunulan tasarım ve iyileştirme önerileri ile parçaların hatalı kasalanmasından kaynaklı hatalar azalarak finansal kayıplar önlenecek, çevrim süresinden yaklaşık %25 oranında bir kazanç sağlanacak ve kullanılan alandan yaklaşık %22'lik bir verim artışı sağlanarak maliyet azaltılacaktır.</i>

## FACILITY LAYOUT DESIGN WITH KAIZEN METHOD AND REBA ANALYSIS IN AUTOMOTIVE INDUSTRY

Keywords	Abstract
Kaizen, REBA, Facility Layout Design, Ergonomics, Process improvement, Automotive Industry	<i>In this study, an intermediate product manufactured in an automotive supplier plant is addressed through an integrative approach including Kaizen method and facility layout design technique, which are among the process improvement techniques, and the errors in the process are examined. In addition, REBA analysis is conducted for the process. As a result of this study, the prevention and improvement activities for an error that significantly affect customer satisfaction were presented and the expected returns of these activities were determined. While improving the quality of the process with the Kaizen method, suggestions for facility layout have been presented by considering the ergonomic aspects and cost analyzes have been carried out in terms of applicability. In terms of occupational health and safety, when the layout design improvement proposed in this study is realized, 13% to 18% of the insecure conditions, one of the main causes of occupational accidents, will be eliminated and a safer workshop environment will be achieved. In addition, with the design and improvement suggestions presented in this study, the errors that negatively affect customer satisfaction will be reduced, and related financial losses will be prevented, cycle time will be approximately reduced by 25% and a yield of 22% will be obtained from the area utilized and the cost will be reduced.</i>

Araştırma Makalesi

Research Article

Başvuru Tarihi

: 26.06.2020

Submission Date

: 26.06.2020

Kabul Tarihi

: 01.12.2020

Accepted Date

: 01.12.2020

\* Sorumlu yazar; e-posta : [muluskan@ogu.edu.tr](mailto:muluskan@ogu.edu.tr)



Bu eser, Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) hükümlerine göre açık erişimli bir makaledir.

This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## 1. Giriş

Günümüzde işletmelerin, faaliyet gösterdikleri pazardan daha fazla pay alabilmeleri, aldıkları bu payı koruyup daha fazla geliştirebilmeleri, rekabet ortamında başarı sağlamaları ve verimliliklerini arttırabilmeleri için ürün ve hizmetlerinin fiyat ya da kalite yönüyle rakiplerinden üstün olmaları gerekmektedir. Bu nedenle, kalite kavramı ve kaliteye yönelik uygulamalar her geçen gün önem kazanmaktadır.

Kalitenin geliştirilmesi, verimliliğin artırılması, maliyetlerin azaltılması dolayısıyla rekabette güçlü olmanın yolu kalite çalışmalarının yapılmasıdır. Bu çalışmalar, müşteri beklentilerini her şeyin üzerinde tutan ve müşteri tarafından tanımlanan kaliteye ulaşmak için tüm faaliyetlerin yürütülmesi ile mümkün olacaktır.

Süreçlerin en etkin ve verimli şekilde yönetilebilmesi, girdilerin çıktılara dönüşmesinde faaliyet gösteren katma değeri yüksek adımlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Bunun yanında, katma değer yaratmayan adımların çıkarılmasıyla süreç iyileştirilmiş olur.

Bu çalışmada süreç iyileştirme tekniklerinden Kaizen ve tesis yerleşim düzenlemesi yöntemleri entegre bir şekilde kullanılarak otomotiv yan sanayiinde üretimi yapılan bir parça ele alınmış ve mevcut hatalar incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda sahip olunan hatalar belirlenip bu hataları önlemeye ve azaltmaya yönelik iyileştirme çalışmaları üzerinde durulmuştur. Süreç kalitesinin Kaizen teknikleri ile iyileştirilmesi sağlanırken ergonomik yönler göz önüne alınarak tesis yerleşimi önerileri getirilmiş ve bu önerilerin uygulanabilirlik açısından maliyet analizleri gerçekleştirilmiştir.

## 2. Bilimsel Yazın Taraması

Küresel rekabet ve dalgalı müşteri talepleri, üretim işletmelerinin rekabet edebilirliklerini ve sürdürülebilirliklerini arttırmak için maliyet azaltma ve verimlilik iyileştirmeye odaklanmalarını gerektirmektedir. Bu nedenle işletmeler için rekabet güçlerini arttırmak ve sürdürülebilir üretim sağlamak önemlidir. Kaizen ve tesis yerleşimi tasarımı, rekabet gücünü artırıcı süreç ve kalite iyileştirme yöntemleri arasındadır.

Kaizen, bir işletmenin her seviyesindeki israfları ortadan kaldırmak için uygulanan popüler bir tekniktir. Kai (değişim) ve Zen (daha iyisi için) kavramlarını içeren bileşik bir Japonca kelime olan Kaizen, standart çalışma biçiminin sürekli iyileştirilmesini ifade etmektedir (Chanda, 2017). Ele aldığı problemin büyüklüğüne, uygulamayı yapan ekibe ve uygulamada kullanılan araçlara göre Hızlı Kaizen (Küçük Kaizen),

Kaizen Teian (Çalışan Öneri Sistemi), Kaizen Etkinlikleri, Standart Kaizen (Büyük Kaizen) ve Genişletilmiş Kaizen (Yönetim Seviyesinde Kaizen) gibi çeşitleri vardır (Uluskan, 2019).

Yalın düşüncenin temel yapı taşlarından olan Kaizen, süreçlerdeki israfları ortadan kaldırarak süreç iyileştirmeye odaklanan ve birçok yalın aracı bünyesinde barındıran bir şemsiye kavramdır (Kumar, Dhingra ve Singh, 2018). Yalın yöntemlerin özü, katma değerli süreçleri yaratmak için israf veya katma değerli olmayan faaliyetlerin ortadan kaldırılmasına odaklanmak ve üretim sisteminde yalnızca katma değer yaratan faaliyetler gerçekleştirmektir (Belay, Welo ve Helo, 2014). Bu nedenle, Kaizen değer odaklı bir süreç iyileştirme tekniğidir. Kaizen tekniği literatürde üretimden sağlığa çok farklı alanlarda süreç iyileştirme amacıyla kullanılmıştır (örn. Chanda, 2017; Kumar ve diğ., 2018; Mahmood, Kareem, Rashid ve Abdulla, 2017; Mazzocato, Stenfors-Hayes, Von Thiele Schwarz, Hasson ve Nyström, 2016). Literatürdeki bu Kaizen çalışmalarında görsel kontrol, poka-yoke, değer akışı haritalama (VSM), hücresel üretim, işin standartlaştırılması, çekme sistemi ve kanban gibi birçok yalın araç ve teknik kullanılmıştır. Bu araçlar yalnızca maliyeti düşürmeye katkıda bulunmakla kalmaz, aynı zamanda ürün kalitesini iyileştirerek kuruluşa fayda sağlar (Naqvi, Fahad, Atir, Zubair ve Shehzad, 2016).

### 2.1. Tesis Yerleşimi Çalışmaları

Yalın üretim prensiplerinin uygulanması ve sürekli iyileştirmeye inanılması, endüstrilerin küresel rekabeti sürdürmelerine yardımcı olan araçlardır. Nüfus artışı ile teknoloji talebi her zamankinden daha fazla artmaktadır. Bu, mevcut modellerin üretim oranlarında düzenli bir artışa ve hatta yeni ürün modellerinin piyasaya sürülmesine yol açar. Bu faktörler genellikle imalat sanayinde "yerleşim değişikliği" ile sonuçlanır. Tesis yerleşimi kaynak kullanımını iyileştirir ve yalın araçların uygulanması için ortam oluşturur (Naqvi ve diğ., 2016).

Tesis yerleşimi, üretimin farklı yönlerinin, istenen üretim sonuçlarına ulaşmak için uygun bir şekilde düzenlenmesidir. Tesis yerleşimi, departmanların, iş istasyonlarının, makinelerin, ekipmanların, malzemelerin, ortak alanların vb. fiziki düzenlemesinin mevcut veya önerilen bir endüstri içindeki entegrasyonudur (Naik ve Kallurkar, 2016). Tesis yerleşimi, kullanılabilir alan, nihai ürün, kullanıcıların güvenliği ve tesis ve operasyonların kolaylığını göz önünde bulundurur. Tesis yerleşiminin tasarımı, bir işletmenin üretim sürecinin sürekli ve sorunsuz akışını desteklemek için performansında etkili bir faktördür (Suhardi, Juwita ve Astuti, 2019). Bu nedenle tesis yerleşimi, üretim sahasında tesislerin (departmanlar, iş istasyonları, makineler, ekipman, vb.) optimum şekilde

düzenlenmesini ve bu tesisler arasındaki malzeme akışını düzenlemeyi amaçlayan en sık uygulanan bir diğer verimlilik iyileştirme yöntemidir (Heragu, 2008; Naik ve Kallurkar, 2016). Tesis yerleşiminin özü, üretim sahasındaki nesnelere (bölüm, iş istasyonu, makine vb.) optimum konumu ve bu tesisler arasındaki optimum malzeme akışıdır. Tesis yerleşiminin temel amacı toplam iş akışını en aza indirmek, dolayısıyla verimliliği artırmak, atölyedeki toplam mal akışını azaltmak, malların operatörlerin ve makinelerin arasındaki akışını iyileştirmek, malzeme taşıma maliyetlerini ve üretim sistemindeki toplam teslim süresini en aza indirmektir (Sooncharoen, Vitayasak ve Pongcharoen, 2015; Hossain, Rasel ve Talapatra, 2014; Hosseini-Nasab, Fereidouni, Ghomi ve Fakhrzad, 2018).

Tesis yerleşiminin verimlilik ve maliyet azaltmada etkisi üzerine çalışmalar mevcuttur. Örnek olarak Kovacs ve Kot (2017)'un çalışmalarında amaç, tesis yerleşimi için yeniden tasarım sürecinin nedenlerini, amaçlarını ve adımlarını göstermektir. Çalışmada anlatılan vaka çalışması, gerçek bir üretim sisteminde üretim için daha küçük bir alanla çalışılırken verimliliğinin ve azaltılmış üretim maliyetinin yeniden yerleşim tasarımı ile nasıl iyileştirilebileceğini göstermektedir. Bir diğer çalışma olan Naqvi ve diğ. (2016) çalışmalarında yerleşim tasarımında kullanılan farklı yaklaşımların kapsamlı bir karşılaştırmasını sunmaktadır. Yazarlar bu çalışmada çeşitli ürünler üreten çok uluslu bir şirket için sistematik yerleşim planlamasını kullanarak üretim bölümünün yeniden yerleşimi için dört olası alternatif sunmuşlardır. Bu alternatifler, erişilebilirlik ve malzeme akış verimliliği kriterleri temelinde değerlendirilmiştir.

Bu çalışmalar göz önüne alındığında, ilk tesis yerleşimi kadar yeniden yerleşimin de önemi ortaya çıkmaktadır. Çoğu tesis yerleşimi, gerçekleştirilecek işin ilk koşulları için uygun şekilde tasarlanmıştır. Ancak bu yerleşimler büyüme döneminde birçok darboğaza sebep olabilir. Bu nedenle, kapasite büyüdükçe ve ürünler farklılaştıkça, yeniden düzenlemenin gerekli olduğu iç ve dış değişikliklerin uyarlaması gerekir. Yeniden yerleşimin nedenleri arasında, üretim hacmindeki değişiklikler, süreç ve teknolojiye bağlı değişiklikler ve ürünlerdeki değişiklikler sayılabilir. Yeniden yerleşim sıklığı mevcut durumun gerekliliğine bağlıdır. Bu nedenle tesis yerleşimi tasarımı, dinamik çevrenin değişen şartlarına bağlı sürekli bir yinelenmeli süreçtir (Naik ve Kallurkar, 2016).

## 2.2. Birleştirilmiş Süreç İyileştirme Yöntemi - Yalın Ve Tesis Yerleşimi

Yalın çalışmalarla tesis yerleşimi çalışmalarını bir arada kullanan birleştirilmiş süreç iyileştirme yöntemi, yalın ve tesis yerleşimi öğelerini aynı anda uygulayarak bu yöntemlerin farklı avantajlarını birleştirir; bu nedenle, her bir yöntemi ayrı olarak uygulamaktan daha etkilidir. Bu birleşik yöntem için uygulamada veya literatürde,

tek tip ve standart bir metodoloji veya bir prosedür mevcut değildir (Kovacs, 2020). Bu nedenle, her araştırmacı ve endüstriyel uzman, yalın ve tesis yerleşimi yöntemlerinin unsurlarını ve avantajlarını birleştirerek kendi metodolojilerini ve prosedürlerini farklı şekilde inceleyip uygulayabilir. Sonuç olarak, her yazarın kombine yöntemlerine ilişkin metodolojiler ve prosedürler benzersizdir ve diğer yayınlanmış yöntem ve prosedürlerden farklı olarak süreç iyileştirmeleri gerçekleştirerek literatüre katkıda bulunur (Kovacs, 2020). Bununla birlikte, yalın çalışmalarla tesis yerleşimi çalışmalarını bir arada kullanan birleştirilmiş çalışmalar literatürde az sayıdadır.

Bu çalışmalara örnek olarak Chan ve Tay (2018) çalışmalarında Çin'de faaliyet gösteren bir baskı şirketinde üretkenliği artırmak için katılımcı gözlemlerini içeren iki Kaizen etkinliği gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada hat dengeleme, standart çalışma ve standart yerleşim arasındaki ilişkiler incelenerek gerçekleştirilmiş olan uygulama ile %10-30 oranında verimlilik artışı elde edilmiştir.

Benzer şekilde Kovacs (2020)'ın çalışmasının amacı, yalın yöntemleri temel olarak uygulayan ve tesis düzeni tasarım yöntemini aynı anda kullanan yeni bir birleşik verimlilik geliştirme yönteminin metodolojisinin ve prosedürünün oluşturulmasıdır. Çalışmada gerçekleştirilen örnek vakada 13 adet yalın ve tesis düzeni tasarım yönteminin (malzeme iş akışını, malzemelerin seyahat mesafesini, malzeme taşıma maliyetini ve montaj için kullanılan alanı en aza indirmeyi amaçlayan) uygulanması, 10 nicel ve 5 nitel göstergenin iyileştirilmesine yol açmıştır. İyileştirilen bu göstergeler; verimlilik; devir süresi; iş istasyonu ve operatör sayısı; WIP (çalışma süreci) envanterleri; montaj için kullanılan alan; malzeme iş akışı; malzemelerin taşınma mesafesi; malzeme taşıma maliyeti; işgücü maliyeti; bileşen tedariki; ürünlerin kalitesi; şeffaflık; standardizasyon; işyeri ergonomisidir.

Diğer taraftan sınırlı sayıda çalışma insan faktörünü göz önüne alarak tesis yerleşimi üzerine odaklanmıştır. Örnek olarak Li, Tan ve Li (2018) çalışmalarında üretim biriminin dinamik tesis düzenine odaklanarak insan faktörünün önemine ve geleneksel optimizasyon modeline dayanarak, güvenliği, sürdürülebilirliği, yüksek verimliliği ve düşük maliyeti birleştiren en iyi çözümü bulmak için bir matematik modeli oluşturmuştur. Bu çalışmada model birkaç vaka üstünde incelenerek, modelin hem verimlilik iyileştirmede hem de güvenli ve rahat insan-makine etkileşiminin uygulanmasında etkili olduğu kanıtlanmıştır.

Benzer şekilde, Suhardi ve diğ. (2019) tekstil sektöründe gerçekleştirdikleri çalışmalarında ilgili işletmede tesis yerleşimini yeniden tasarlamayı amaçlamıştır. Bu çalışmada toplam malzeme taşıma maliyetini en aza indirmek için sistematik yerleşim planlama ve ergonomi yaklaşımını kullanarak iki

tasarım alternatifi önerilmiş ve toplam malzeme elleçleme maliyeti ve malzeme transfer süreleri açısından performansları değerlendirilmiştir.

Literatürde incelenen tüm bu çalışmalar göz önüne alındığında süreç iyileştirme için yalın yöntemlerin ve tesis yerleşimi tasarımının ayrı ayrı uygulandığı çalışmaların mevcut olduğu, fakat, bu iki yöntemi bir arada entegre bir şekilde kullanan çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmektedir. Diğer taraftan, tesis yerleşimi literatüründe ergonomik etkenlerin de göz önüne alındığı çalışmaların sayısı fazla değildir. Bu noktada araştırmamızın amacı, literatürde görülen bu boşluklara odaklanarak yalın yöntemlerden Kaizen'i ve tesis yerleşimi tasarımı yöntemini ergonomik faktörler de göz önünde bulundurarak entegre bir şekilde bir arada kullanmak ve yerleşim tasarımı önerileri sunmaktır.

### 3. Bir Otomotiv İşletmesinde Gerçekleştirilen Uygulama ve REBA Analizi

#### 3.1. Ele Alınan Süreç

Fabrikada üretimi gerçekleştirilen bir parçanın üretim sürecinde yaşadığı problemlere yola çıkarak işlem gördüğü bir tesisin yeniden planlamasına karar verilmiştir. Bu problemin ele alınması sebebi ise, daha önce önemli bir müşteri firmaya yollanan fazla miktarda hatalı ürün bulunmasıdır. Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi için işletmeden 11 Kasım 2019 tarihli izin alınmıştır. Bu çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

#### 3.2. Kaizen Uygulaması

Bu çalışmada süreç iyileştirme 7 adımlı genişletilmiş Kaizen tekniği ile gerçekleştirilmiştir. Genişletilmiş Kaizen, karmaşık problemlerin çözümünde uygulanan, daha uzun sürede sonuçlanan ve daha fazla katılımıyla gerçekleştirilen bir araçtır (Uluskan, 2019). Bu çalışmada uygulanan adımlar Planla-Uygula-Kontrol Et-Önlem Al (Plan - Do - Check - Act - PDCA) adımlarına uygun olarak; mevcut durum analizi ve problemin belirlenmesi, karşı önlemlerin belirlenerek ve iyileşme faaliyetlerinin planlanması, sonuçların kontrolü, standartlaşma ve kontroller olarak sıralanabilir.

##### 3.2.1. Problemin Belirlenmesi

Bu aşamada ilk olarak problem belirlenmiştir. Ele alınan parça, büyük bir otomotiv işletmesi olan müşteri firmaya gönderilen bir ara üründür. Bu, belirlenen sağ ve sol emniyet kemeri braketi parçaları olan 61077 RH (sağ) ve 61078 LH (sol) adlı parçaların, son operasyonu olan Komple Punta Hattı'nda hatalı kasalanması sonucu müşteriye 800 parçalık (400 adet 61077 RH ve 400 adet

61078 LH olmak üzere) parti sevkinde 61077 RH nolu 60 parça, hatalı olarak 61078 LH etiketi ile gönderilmiştir. Bu hata sonucu müşteri firmanın üretiminde sorun yaşanmış ve bu durum ceza maliyeti olarak çalışma yaptığımız firmaya yansıtılmıştır. Benzer hataların devam etmesi sonucu müşteri kaybına varacak sorunlar ortaya çıkacaktır. Bu nedenle üretim sürecinde ilgili hataya sebep olan faktörlerin tespit edilmesi ve önlenmesi gerekmektedir.

##### 3.2.2. Mevcut Durum Analizi

Bu adımda, problemin olduğu sürecin detaylı olarak açıklanması için süreç akışı incelenmiş ve ilk olarak parçaların Komple Punta Hattı'nda çevrim süreleri ölçülmüştür. Art arda 10 defa ölçülmüş çevrim süreleri ve bu sürelerin ortalaması Tablo 1'de verilmiştir.

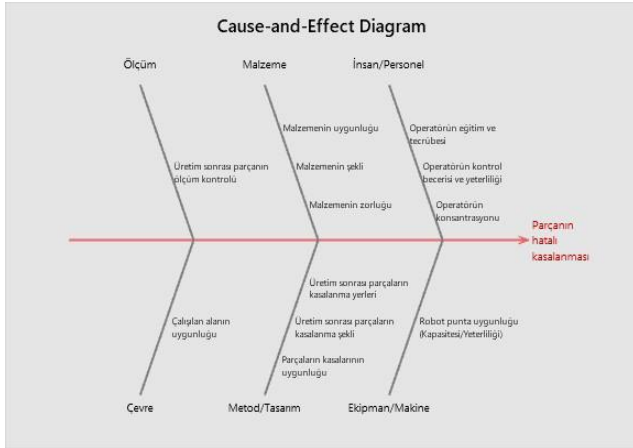
Tablo 1

61077-61078 Nolu Parçaların Komple Punta Hattı'nda Gözlemlenen Birim Başına Çevrim Süreleri

Ölçülen Çevrim Süresi Numarası	Çevrim Süresi (sn)
1. Çevrim Süresi	19,53
2. Çevrim Süresi	21,46
3. Çevrim Süresi	21,60
4. Çevrim Süresi	20,04
5. Çevrim Süresi	19,29
6. Çevrim Süresi	18,61
7. Çevrim Süresi	18,77
8. Çevrim Süresi	18,96
9. Çevrim Süresi	19,99
10. Çevrim Süresi	22,04
Ortalama çevrim süresi	20,029

Diğer taraftan mevcut durum bilgilerinin verilmesi (3G - Gemba, Gembutsu, Genjitsu - teknikleri ile problemin yaşandığı yerde incelemeler sonucunda, durumu ve değerleri kontrol ederek belirlenecek grafikler, hata kayıtları, sayısal veriler vb.) gereklidir. 3G yöntemi ile elde edilen bulguların ve mevcut verilerin ışığında yapılan beyin fırtınası yöntemi ile problemin olası kök nedenleri belirlenmiş ve belirlenen nedenler balık kılıcı diyagramına yerleştirilmiştir. Balık kılıcı metodunda insan, makine, çevre, metot ve malzemenin, problemin ortaya çıkmasındaki olası etkileri incelenmektedir.

Kısaca, mevcut problemimiz olan, 61077 RH ve 61078 LH nolu parçaların Komple Punta operasyonunun ardından hatalı kasalanması sonucu ortaya çıkan kalite hatasının sebepleri araştırılmış ve beyin fırtınası yöntemiyle Minitab programında Şekil 1'deki balık kılıcı diyagramı oluşturulmuştur.



Şekil 1. Balık Kılçığı Diyagramı

Bu diyagramda “İnsan/Personel” başlığı incelendiğinde operatörün eğitim ve tecrübesi, kontrol becerisi ve yeterliliği uygun görülmektedir. Ancak operatörün konsantrasyonu ve anlık dikkat dağınıklığının parçanın hatalı kasalanmasına sebep olabileceği görülmektedir. Bu problemin ortaya çıkmasında etkinin yine “İnsan/Personel” başlığında yer almadığı “Metot/Tasarım” başlığı altında üretilen parçaların kasalanma yerlerinin zorluğunun etkisi olduğu düşünülmektedir.

“Ekipman/Makine” başlığı incelendiğinde ise, komple puntanın uygunluğu (kapasite/yeterliliği) ile ilgili parametrelerin test edildiği ve uygunsuzluğuna dair herhangi bir sonuç ortaya çıkmadığı görülmektedir. Bu sayede “Ekipman/Makine”nin de parçaların hatalı kasalanması probleminin ortaya çıkmasında etkisi olmadığı düşünülmektedir. Fakat makinenin boş durmaması adına komple puntada yapılan aynı müşteri firmanın parça ailelerinin çalıştığı istasyonlar birleştirilmiş olup konumlandırılmadaki uzaklıklar nedeniyle parçaların çevrim süreleri uzamaktadır.

“Malzeme” başlığı altında, malzemenin uygunluğu, şekli ve zorluğunun parçanın hatalı kasalanmasında herhangi bir etkisinin olup olmaması konusu incelendiğinde ise 61077-61078 nolu parçaların birbirlerinin simetriği (sağ ve sol emniyet kemeri parçaları) olması sebebiyle hatalı kasalanma probleminde etkisi olduğu ortaya çıkmıştır.

“Metot/Tasarım” başlığındaki olası sebepleri ayrı ayrı incelenmiştir.

61077 ve 61078 nolu parçaların birbirlerinin simetriği olması sebebiyle, üretim sonrası parçaların kasalanma yerlerinin parçaların karıştırılıp hatalı kasalanmasına sebep olmamak adına önemli olduğu belirlenmiştir. Ancak tesiste üretim sonrası parçaların kasalanma yerlerinin ve şekillerinin bu koşula uygun olmadığı ve problem üzerinde etkisi olduğu açıkça görülmektedir. Aynı zamanda parçaların kasalanma yerleri puntaya

uzak olduğundan komple punta hattı alt tesisinin, tesiste kapladığı alan açısından da maliyete sebep olmaktadır.

Parçaların kasalarının uygunluğu alt başlığı incelendiğinde, parçaların kasalanmasında kullanılan 400 adet parça kapasiteli eski demir kasaların, parçaların üretim sürecindeki taşıma işlemleri için ergonomik açıdan uygun olmadığı belirlenmiştir.

Diyagramda “Ölçüm” başlığı incelendiğinde üretim sonrası parçaların ölçüm kontrollerinin Komple Punta Hattı’nda üretildikten sonra kasalanmadan önce operatör tarafından gözle %100 kontrolü yapılarak gerçekleştirildiği gözlemlenmektedir. Ancak hatalı kasalanan parçaların müşteri firmaya sevkiyatından önce tespiti açısından yeterli olmadığı görülmekte ve problem üzerinde etkisi olduğu belirlenmektedir.

“Çevre” başlığı altında bulunan *çalışılan alanın uygunluğunun* problem üzerinde etkisi olup olmadığı üzerinde durulduğunda, parçaların hatalı kasalanmasına sebep olmadığı gözlemlenmektedir. Ancak Punta makinesinin etrafının tel çitlerle örülü olması ve Komple Punta Hattı’nda 3 adet açık kapı bulunması sebebi ile operasyonlar esnasında çapak atma sorununun İş Sağlığı ve Güvenliği açısından problem oluşturduğu görülmektedir. Ayrıca operatörün vardiya boyunca oturacağı bir çalışma sandalyesi bulunmaması da İşbilim kanunları açısından sorun yaratmaktadır.

Bu sebeplerden dolayı parçanın üretim sürecinde iyileştirme yapmak amacıyla Komple Punta Hattı’nda Yerleşim Düzenlemesi Değişikliği yapma projesi fikri sunulmuştur.

### 3.2.3. Hedef Belirleme

Problemlerin mevcut durum analizi sonucu ortaya çıkması neticesinde bu problemlerin çözülmesiyle ulaşılması istenen hedefler belirlenir. Bu hedeflerin “belirli, ölçülebilir, başarılı, zamanlı ve gerçekçi” olması gerekir. İncelenen parçalarda hedefler;

- Üretilen parçaların hatalı kasalanmasını önlemek,
- Üretilen parçanın çevrim süresini kısaltarak (15 sn’in altına düşürerek) kârı enbüyüklemek,
- Yerleşim düzenlemesinde kaplanan alandan (en az %20) verim elde etmek ve maliyeti enbüyüklemek

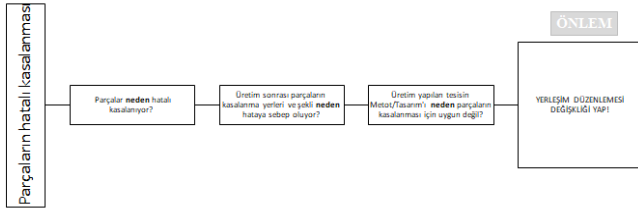
koşullarının sağlanmasıdır.

Üretilen parçaların çevrim süresini kısaltarak kârı enbüyüklemek hedefinde elde edilen verilerden yararlanılarak birim başına sürelerle ilgili izleyen durumlar belirlenmiştir.

### 3.2.4. Kök Neden Analizi

Mevcut durum, balık kılıçığı aracılığıyla incelenirken tespit edilen olası nedenler 3G yöntemi ile araştırılmıştır. Araştırma sırasında uygun olmadığı belirlenen başlıklar "Not OK (uygun değil)" olarak işaretlenmiştir. Bu olası nedenlerden yola çıkarak kök nedenlerin tespiti için "Neden-Neden Analizi (5-Neden)" yapılmıştır. Bu analizde başlıklara "Neden?" sorusu sorularak problemin kaynağına inilmeye çalışılır.

Ana problem olan 61077-61078 nolu parçaların hatalı kasalanması 5-neden analizi ile detaylandırılarak incelendiğinde üretim sonrası parçaların kasalanma yerleri ve şekillerinin yeterli olmadığı görülmüştür. Üretim yapılan punta kaynak hattında Metot/Tasarım'ın parçaların kasalanması için uygun olmadığı belirlenmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. 5-Neden Yöntemi İle Kök Neden Analizi

### 3.2.5. REBA Yöntemi ile Ergonomi Risk Analizi

REBA (Rapid Entire Body Assessment) yöntemi, elle yapılan taşıma ve kaldırma işlemlerindeki riskleri belirlemek ve sayısal olarak hesaplamak için yaygın olarak kullanılan bir araçtır. Kısaca, REBA yöntemi, analiz edilmek istenilen bir çalışma duruşu veya hareketin neden olduğu riski sayısal olarak ifade eder. Vücudun tüm kısımlarının analiz edilmesine imkan veren bu yöntem, bir çalışma duruşu esnasında gövdede, boyunda, bacaklarda, üst kollar, alt kollar ve bileklerde ortaya çıkan fleksiyon ve ekstansiyonlara ve bu duruşlar esnasında çalışanın maruz kaldığı yüklere bağlı olarak Şekil 3 ve 4'teki gibi değişen skorlar belirlemektedir (Çoker ve Selim, 2019).

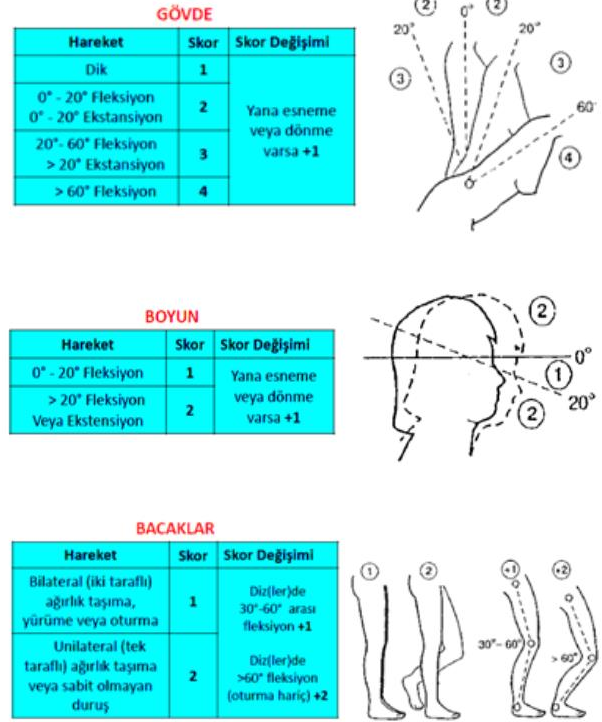
REBA yöntemine göre bir çalışma duruşunun REBA skoru belirlenirken öncelikle vücut bölümleri A ve B Grubu olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Sağiroğlu, Coşkun ve Erginel, 2015):

A Grubu: Gövde, Boyun, Bacaklar

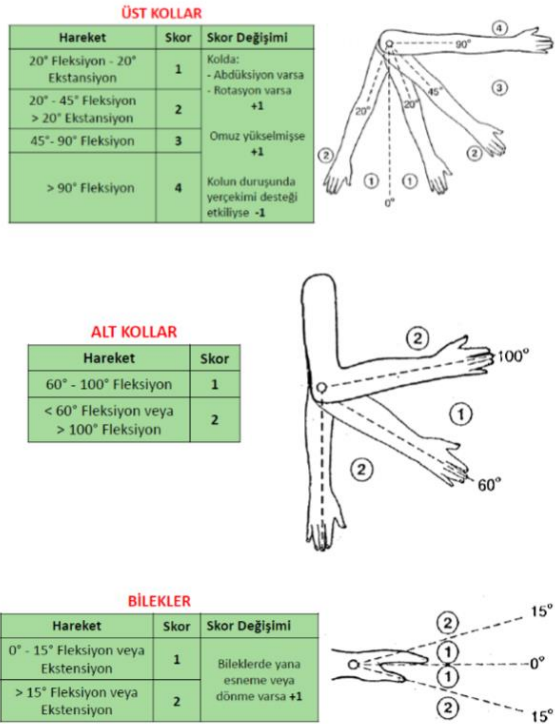
B Grubu: Üst kollar, Alt Kollar, Bilekler

REBA yönteminde puanlama Tablo A, Tablo B ve Tablo C adı verilen üç tablo ile gerçekleştirilir. Gövde, boyun ve bacakların ayrı ayrı skorları belirlenerek, Tablo 2'de verilmiş olan Tablo A yardımıyla bu skorların bir kombinasyonundan oluşan bir skor belirlenir. Bu skora Tablo 3'te verilmiş olan Yük/Kuvvet skorlarından uygun

olanı eklenerek A Skoru elde edilir (Sağiroğlu ve diğ., 2015).



Şekil 3. A Grubu Vücut Bölümleri İçin REBA Duruş Puanlaması (Atıcı, Gönen ve Oral, 2015)



Şekil 4. B Grubu Vücut Bölümleri İçin REBA Duruş Puanlaması (Atıcı ve diğ., 2015)

Tablo 2

REBA Yöntemi Tablo A Puanlaması (Atıcı ve diğ., 2015)

		BOYUN											
		1				2				3			
		BACAĞLAR				BACAĞLAR				BACAĞLAR			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
GÖVDE	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Tablo 3

Yük/Kuvvet Değerleri (Atıcı ve diğ., 2015)

Yük / Kuvvet	Skor
< 5 kg	0
5 – 10 kg	1
> 10 kg	2
Ani veya hızlı kuvvet artışı	+1

Benzer şekilde, üst kol, alt kol ve bileklerin ayrı ayrı skorları belirlenerek, Tablo 4'te verilen Tablo B yardımıyla bu skorların bir kombinasyonundan oluşan bir skor belirlenir. Bu skora Tablo 5'te verilen Kavrama değerlerinden uygun skor eklenerek B Skoru elde edilir.

Son olarak Tablo 6'da verilen Tablo C kullanılarak, A ve B skorlarının bir kombinasyonundan oluşan C Skoru elde edilir. C Skoruna Tablo 7'de verilen Aktivite skor değerlerinden uygun olan değer ilave edilmesiyle REBA Skoru elde edilmiş olur.

Tablo 4

REBA Yöntemi Tablo B Puanlaması (Atıcı ve diğ., 2015)

		ALT KOL					
		1			2		
		BİLEK			BİLEK		
		1	2	3	1	2	3
ÜST KOL	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

Tablo 5

Kavrama Değerleri (Atıcı ve diğ., 2015)

Derece	Açıklama	Skor
İyi	İyi bir tutma kolu ve orta şiddette kavrama gücü	0
Uygun	El tutuşu uygun fakat ideal değil veya vücudun başka bir bölgesi ile kavrama uygun	1
Kötü	El tutuşu uygun olmamasına rağmen mümkün	2
Uygun değil	Zor ve güvenli olmayan tutuş, tutma kolu yok Vücudun başka bir bölgesi kullanılarak tutuş uygun değil	3

Tablo 6

REBA Yöntemi Tablo C (Atıcı ve diğ., 2015)

		B SKORU											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A SKORU	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
	4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
	5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
	6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
	7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
	8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	11	12	12
	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Tablo 7

Aktivite Skor Değeri (Atıcı ve diğ., 2015)

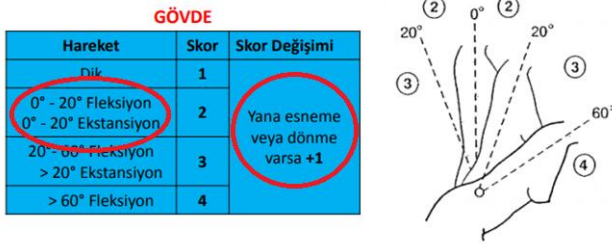
Aktivite	Skor
Bir veya daha fazla vücut bölgesi sabit (ör: 1 dakikadan uzun süre tutma)	+1
Kısa aralıklarla tekrar eden işler (ör: 1 dakikada 4'ten fazla tekrar eden iş) (yürüme hariç)	+1
Yapılan iş duruşta hızlı ve büyük değişikliğe neden oluyorsa veya sabit olmayan zeminde çalışılıyorsa	+1

### 3.2.6. Uygulama Yapılan Komple Punta Hattı için REBA Yöntemi ile Risk Analizi

#### ➤ Tablo A Puanlaması

Komple Punta Hattı'nda yapılan gözlemlere göre istasyonlara parça bileşenlerinin montelenmesi esnasında, operatör gövde duruşu 0°-20° arasında fleksiyon/ekstansiyon hareketi yapmakta olup, yana esneme ve dönme hareketleri mevcuttur. Bu doğrultuda Şekil 5'e göre belirlenen gövde skoru Denklem 1'de verilmiştir.

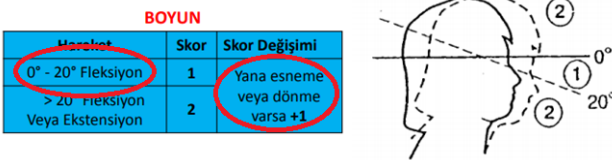
$$\text{Gövde Skoru} = 2 + 1 = 3 \quad (1)$$



Şekil 5. Komple Punta Hattı'nda Operatör Gövde Skoru

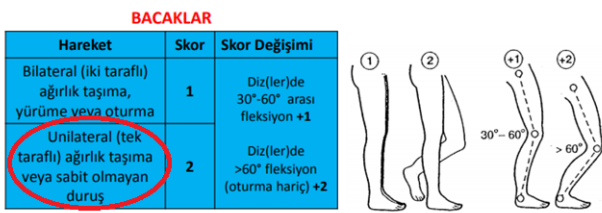
Benzer şekilde, Komple Punta Hattı'nda yapılan gözlemler sonucunda istasyonlara parça bileşenlerinin montelenmesi esnasında, boynu ile 0°-20° arasında fleksiyon ve yana dönme hareketi yapan operatör için Şekil 6'ya göre belirlenen boyun skoru Denklem 2'de verilmiştir.

$$\text{Boyun Skoru} = 1 + 1 = 2 \quad (2)$$



Şekil 6. Komple Punta Hattı'nda Operatör Boyun Skoru

Diğer taraftan, gözlemler sırasında Komple Punta Hattı'nda parça taşıma, yerleştirme ve kasalama hareketlerinde sabit olmayan duruşlar saptanmıştır. Bu sonuca göre Şekil 7'de görüldüğü gibi bacak skoru 2 olarak belirlenmiştir.



Şekil 7. Komple Punta Hattı'nda Operatör Bacak Skoru

Son olarak, gövde skoru 3, boyun ve bacaklar skorları 2 olarak belirlendiğinden Tablo 8'de görüldüğü gibi 5 keşişim değeri, Tablo A değeri olarak elde edilir.

Komple Punta Hattı'nda parça bileşenlerinin istasyonlara monte edilmesi ve bitmiş ürünlerin kasalanması esnasında taşınan ağırlık değeri 5 kg'dan az olduğu için Tablo 9'da görüldüğü gibi A skoruna herhangi bir Yük/Kuvvet puan eklenmemiştir.

Tablo 8

Komple Punta Hattı'nda A Skoru Belirleme

**TABLO A**

		BOYUN											
		1				2				3			
GÖVDE		BACAĞLAR				BACAĞLAR				BACAĞLAR			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6	
2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7	
3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8	
4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9	
5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9	

Tablo 9

Komple Punta Hattı'nda Yük/Kuvvet Skoru Belirleme

**YÜK / KUVVET**

Yük / Kuvvet	Skor
< 5 kg	0
5 - 10 kg	1
> 10 kg	2
Ani veya hızlı kuvvet artışı	+1

➤ **Tablo B Puanlaması**

Komple Punta Hattı'nda yapılan gözlemlere göre istasyonlara parça bileşenlerinin montelenmesi ve bitmiş ürünün istasyondan alınması esnasında, operatörün üst kollarının 45°'ye kadar ulaşabilen hareket ve rotasyon yapmasına istinaden Şekil 8'e göre belirlenen üst kollar skoru Denklem 3'te verilmiştir.

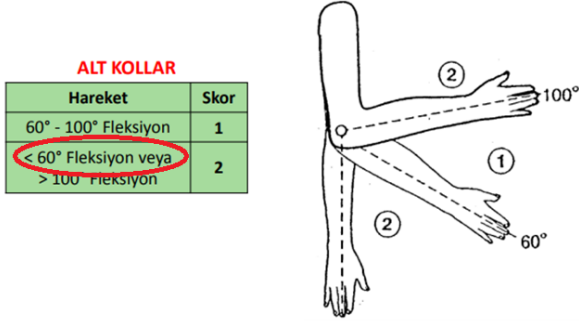
$$\text{Üst Kollar Skoru} = 2 + 1 = 3 \quad (3)$$



Şekil 8. Komple Punta Hattı'nda Operatör Üst Kollar Skoru



Benzer şekilde, Komple Punta Hattı'nda gerçekleştirilen işlemler esnasında operatörün üst kollarında 60°'ye kadar ulaşabilen harekete istinaden alt kollar skoru Şekil 9'da görüldüğü gibi 2 olarak belirlenmiştir.



Şekil 9. Komple Punta Hattı'nda Operatör Alt Kollar Skoru

Komple Punta Hattı'nda gerçekleştirilen işlemler esnasında bilekler için 0°-15° arasında fleksiyon/ekstansiyon ve aynı zamanda dönme hareketleri olduğundan Şekil 10'da görüldüğü gibi bilekler skoru Denklem 4'teki şekilde belirlenmiştir.

$$\text{Bilekler Skoru} = 2 + 1 = 3 \quad (4)$$



Şekil 10. Komple Punta Hattı'nda Operatör Bilekler Skoru

Üst kol skoru 3, alt kol skoru 2 ve bilek skoru 3 olarak belirlendiğinde tablodaki kesişim kümesi olan B değeri Tablo 10'da görüldüğü gibi 5 olarak elde edilir.

Tablo 10  
Komple Punta Hattı'nda B Skoru Belirleme

		TABLO B					
		ALT KOL					
		1			2		
		BİLEK			BİLEK		
		1	2	3	1	2	3
ÜST KOL	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

İstasyonlara parça bileşenlerinin montelenmesi ve bitmiş ürünün istasyondan alınması esnasında gerçekleşen kavrama derecesi iyi olduğu için Tablo 11'de görüldüğü gibi B skoruna herhangi bir Kavrama puan eklenmemiştir.

Tablo 11  
Komple Punta Hattı'nda Kavrama Skoru Belirleme

KAVRAMA		
Derece	Açıklama	Skor
İyi	İyi bir tutma kolu ve orta şiddette kavrama gücü	0
Uygun	El tutuşu uygun fakat ideal değil veya vücudun başka bir bölgesi ile kavrama uygun	1
Kötü	El tutuşu uygun olmamasına rağmen mümkün	2
Uygun değil	Zor ve güvenli olmayan tutuş, tutma kolu yok Vücudun başka bir bölgesi kullanılarak tutuş uygun değil	3

Belirlenen A skoru ve B skorunun kesişim kümesinden elde edilen C değeri Tablo 12'de görüldüğü gibi 6 olarak bulunmuştur.

Tablo 12  
Komple Punta Hattı'nda C Skoru Belirleme

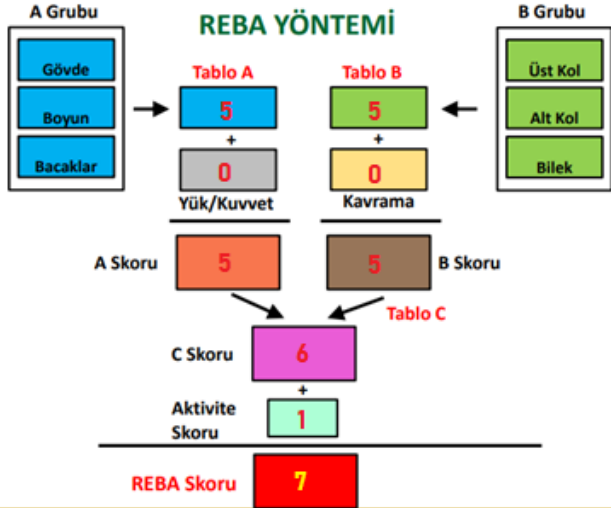
		TABLO C											
		B SKORU											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A SKORU	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
	4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
	5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
	6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
	7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
	8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Elde edilen C skoruna, Komple Punta Hattı'nda yapılan aktivitelerin duruşta değişikliğe sebebiyet vermesiyle Tablo 13'te görüldüğü gibi +1 puan eklenerek 7 skoruna ulaşılmıştır.

Tablo 13  
Komple Punta Hattı'nda Aktivite Skoru Belirleme

AKTİVİTE SKORU	
Aktivite	Skor
Bir veya daha fazla vücut bölgesi sabit (ör: 1 dakikadan uzun süre tutma)	+1
Kısa aralıklarla tekrar eden işler (ör: 1 dakikada 4'ten fazla tekrar eden iş) (yürüme hariç)	+1
Yapılan iş duruşta hızlı ve büyük değişikliğe neden oluyorsa veya sabit olmayan zeminde çalışılıyorsa	+1

Gerçekleştirilen risk analizi sonucunda ulaşılan REBA skoru Şekil 11'de özetlendiği gibi 7 olarak bulunmuş, risk seviyesi Tablo 14'te görüldüğü gibi orta olarak belirlenmiş ve Komple Punta Hattı'nda yapılacak tasarım düzenlemesinin gerekli olduğuna karar verilmiştir.



Şekil 11. REBA Yöntemi İle Risk Değeri Hesaplama Özeti

### 3.2.6. Karşı Önlemlerin Belirlenmesi

Bir önceki adım olan kök neden analizi ile tespit edilen kök nedenlere karşı alınacak önlemler ve iyileştirme faaliyetleri bu adımda belirlenir. Uygulamaya geçirmek için planlama yapılır.

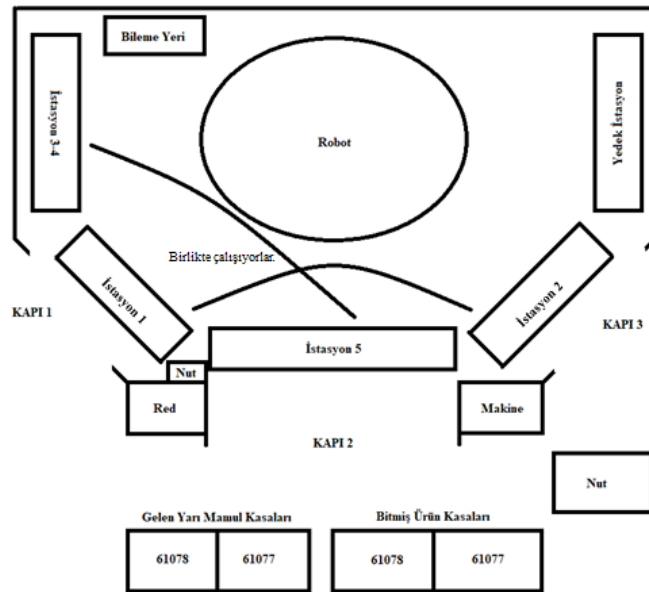
Tablo 14

REBA Risk Değerlendirmesi

REBA Risk Derecelendirmesi			
Derece	REBA Skoru	Risk Seviyesi	Önlem
0	1	İhmal Edilebilir	Gerekli Değil
1	2-3	Düşük	Gerekli olabilir
2	4-7	Orta	Gerekli
3	8-10	Yüksek	Kısa zaman içerisinde Gerekli
4	11-15	Çok Yüksek	Hemen Gerekli

Tespit edilen kök nedenler üzerine beyin fırtınası yapılarak karşı önlemler belirlenmiştir. Tespit edilen, üretim yapılan tesisin Metot/Tasarım'ının parçaların kasalanması için uygun olmadığı düşünülmüş ve tesisin yerleşim düzenlemesinde değişiklik yapılmasına karar verilmiştir.

Üretim sonrası kasalama şekli kaynaklı problem üzerine düşünülmüş ve kasalama şeklinde değişiklik yapılması önerilmiştir. Tesiste yapılan yerleşim düzenlemesinde iş sağlığı ve güvenliği, işbilim gibi konular da karşı önlemlerin belirlenmesinde etkili olmuştur. Şekil 12'de görülen Komple Punta Hattı'nın mevcut durumundaki iyileştirme amaçlı planlanan yerleşim düzenlemesi ile ilgili karşı önlemler izleyen bölümde detaylı olarak verilmiştir.

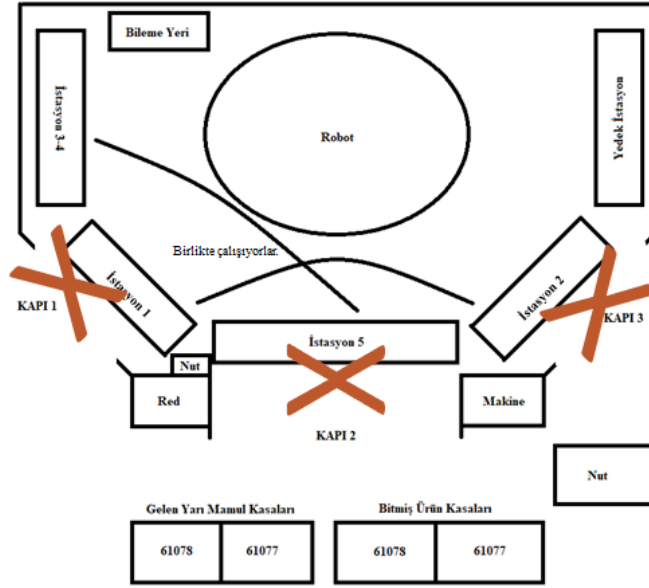


Şekil 12. Komple Punta Hattı Mevcut Tasarımı

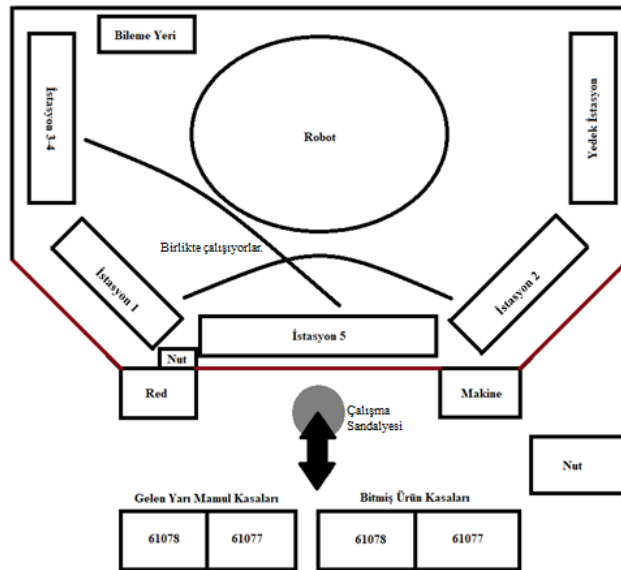
### 3.3. Belirlenen Karşı Önlemler

**1. Öneri:** İş sağlığı ve güvenliği açısından, Komple Punta Hattı'nda telli çitinin yetersiz oluşundan dolayı kaynak işlemi esnasında çapak atma sorunu sebebiyle etrafının filmli cam ile kaplanması; Şekil 13'te görüldüğü gibi Kapı 1, Kapı 2 ve Kapı 3'ün iptali ve bu kapılar yerine Komple Punta Hattı'nın tamamen kapatılması ve operasyondaki manuel işlemler için açılıp kapanabilen sürgülü kapak sistemi önerilmiştir.

Ek olarak, ergonomik açıdan operatörün tüm gün ayakta çalışması göz önünde bulundurulduğunda, operatör yorgunluğu ve konsantrasyon bozukluğu oluşacağından, bitmiş ürünlerin hatalı kasalanması problemini önlemek amacıyla üretim hattına bir çalışma sandalyesi eklenmesi önerilmiştir (Şekil 14).



Şekil 13. Komple Punta Hattı İçin Belirlenen Karşı Önlemlerden 1. Tasarım Önerisi - Mevcut Tasarımdaki Kapı 1, 2 ve 3'ün İptali



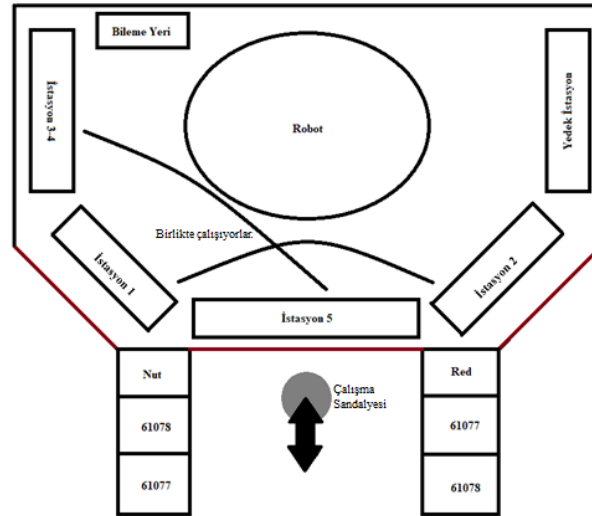
Şekil 14. Komple Punta Hattı İçin Belirlenen Karşı Önlemlerden 1. Tasarım Önerisi - Çalışma Sandalyesi Eklenmesi

**2. Öneri:** Komple Punta Hattı'ndaki parçaların hatalı kasalanmasının sebepleri 3.2.2. Mevcut Durum Analizi ve 3.2.4. Kök Neden Analizi bölümlerinde balık kılıcı diyagramı ve kök neden analizi ile incelenmiş ve kök nedenin komple punta hattının Metot/Tasarım'ından kaynaklı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu neden üzerine odaklanılarak problemi ortadan kaldırmak amacıyla parçaların hatalı kasalanmasını önleyebilmek için aşağıda detaylı olarak açıklanan tasarım önerilmiştir.

Şekil 12'de görüldüğü gibi mevcut tesiste bulunan ve yarı mamul ve bitmiş ürünlerin konulduğu eski demir kasaların yerleştirildikleri konumlar, punta kaynak hattına gelen yarı mamulün operatör tarafından alınması, işlem göreceği istasyona yerleştirilmesi ve işlem sonrası bitmiş ürünlerin tekrar kasalanması aşamalarında, operatör için kafa karışıklığı yaratmaktadır. Bu durum da hem parçaların hatalı puntalanmasına, hem de bitmiş ürünlerin hatalı kasalanmasına sebep olmaktadır. Bu karışıklığı önlemek için Şekil 15'te tasarlandığı gibi gelen yarı mamullerin operatörün solunda bulunan kasalara, bitmiş ürünlerin ise operatörün sağında bulunan kasalara yerleştirilmesi şeklinde bir düzen önerisi sunulmuş ve bu yeni kasa yerleşiminin parçaların hatalı kasalanmasını

önlemesinin yanı sıra operatörün istasyondan uzakta bulunan kasalara olan yürüme mesafesini azaltması ile gereksiz hareketleri ortadan kaldırarak çevrim süresini kısaltması ve tesiste kaplanan alandan yer kazanılması planlanmıştır. Bu öneri ile birlikte aynı zamanda, üretim aşamalarında kullanılan 25 parça kapasiteli KLT tipi kasaların Komple Punta Hattı'na gelmek üzere 400 parçalık eski büyük demir kasalara boşaltılması için ve 25 parçalık partilerden toplamda 400 bitmiş parça (61077 ve 61078 nolu parçalar için ayrı ayrı) üretilmesi için oluşan gereksiz bekleme süresi ve bu kasalardaki ürünlerin tekrar 400 ürün kapasiteli eski büyük demir kasalara boşaltılmasıyla oluşan gereksiz işlem süresi sebebiyle, üretim sürecini olumsuz yönde etkileyen ve parça tamamlanma süresini arttıran bu boşaltma faaliyetini de ortadan kaldırmak hedeflenmiştir.

Bahsedilen bu olumsuzlukları gidermek için yapılacak iyileştirme faaliyetlerinden 2. öneri doğrultusunda parçaların hatalı kasalanmasını önlemek, çevrim süresini kısaltmak ve tesiste kaplanan alanı enküçükleme amacıyla kasaların uygunluğu, kasalanma şekli ve yerleri için; Raf düzeni ve KLT tipi kasaların kullanımı önerisi oluşturulmuştur.



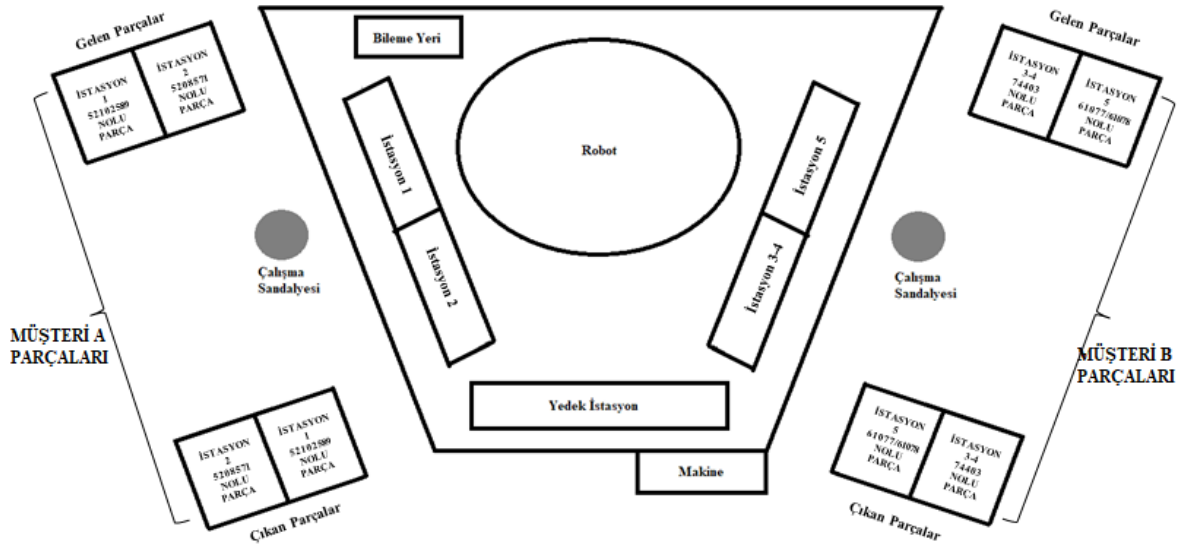
Şekil 15. Komple Punta Hattı İçin Belirlenen Karşı Önlemlerden 2. Tasarım Önerisi

**3. Öneri:** 1 ve 2. öneriler göz önüne alındığında tüm bunları kapsayan;

- ✓ İş sağlığı ve güvenliği açısından kaynak esnasında çapak atma sorununa çözüm olarak filmli cam ile kaplanılan, manuel operasyonlar için sürgülü kapak sistemi bulunan,
- ✓ Ergonominin önemi sebebiyle ve parçaların hatalı kasalanmasında operatörün yorgunluğu ve

konsantrasyonunun bozulmasını önlemek amacıyla bir çalışma sandalyesi mevcut olan ve yine,

- ✓ Parçaların hatalı kasalanmasında kasaların uygunluğu, kasalanma şekli ve yerleri, aynı zamanda da çevrim süresini kısaltmak ve tesiste kaplanan alanı enküçükleme amacıyla birlikte çalışan istasyonların yakın konumlandırılmasına yönelik yeni bir yerleşim düzenlemesi önerisi sunulmuştur (Şekil 16).



Şekil 16. Komple Punta Hattı İçin Belirlenen Karşı Önlemlerden 4. Tasarım Önerisi

3. öneri ile, birlikte çalışan istasyonlar için, yani i) istasyon 1 ve 2 ile ii) istasyon 3-4 ve 5 için, yakın konumlandırma yapılması amaçlanmıştır. Bu şekilde operatörün puntalama işlemi öncesinde parça bileşenlerini istasyonlara monte etmesi, monte ettiği bileşenler puntalama işlemi görürken diğer istasyonda puntalanması biten bitmiş ürünü istasyondan alması ve kasalaması, ardından bu işlemleri döngü şeklinde her iki istasyona da uygulaması esnasında kaybettiği zaman önlenebilecek ve yalın üretim felsefesinde 7 temel israftan biri olan gereksiz taşıma işlemi ortadan kaldırılarak parçanın çevrim süresi kısaltılabilecektir. Bu amaçlarla, birlikte çalışan 1 ve 2 istasyonları ile 3-4 ve 5 istasyonlarının yakın konumlandırılması önerilmiş ve bu tasarım Şekil 16'da verilmiştir. Öneride planlanan tasarımda ayrıca, operatöre ergonomik açıdan rahatlık sağlaması ve Müşteri A'nın ve Müşteri B'nin parçalarının kendi alanlarında puntalanıp kasalanabilmesi için her iki tarafa da çalışma sandalyesi eklenmiştir. Burada belirtmelidir ki, punta kaynak robotu yazılım gereği aynı anda hem Müşteri A'nın, hem de Müşteri B'nin parçalarını işleyememektedir. Bu nedenle iki operatöre ihtiyaç duyulmamakta ve punta kaynak hattında sadece bir operatör ile çalışılmaktadır.

#### 3.4. Tasarım Önerileri 2 ve 3 İçin REBA Analizi

2. tasarım önerisi ile REBA Risk Analizi skoru 7 olarak bulunan Komple Punta Hattı'na sunulan tasarım değişikliğinde operatöre çalışma sandalyesi sunulması fikri ile;

i) Operatörün çalışma sandalyesine oturarak dik pozisyonda manuel işlemleri gerçekleştireceği düşünülürse, sadece parça bileşenlerini almak ve bitmiş ürünü kasalamak için operatör yana dönme ve esneme hareketi yapacağı için gövde skoru en fazla 2 olarak hesaplanacaktır.

ii) Operatör tarafından istasyonlara yerleştirilecek parça bileşenlerinin alınarak monte edilmesi esnasında gövde ile 0°-20° arasında fleksiyon ve yana dönme hareketi yapan boyun için skor en fazla 2 olarak hesaplanacaktır.

iii) Çalışma sandalyesi ekleme önerisiyle oturma pozisyonunda manuel operasyonların gerçekleşeceği göz önüne alındığında bacak skoru en fazla 1 olarak hesaplanacaktır.

Tablo A'da gövde, boyun ve bacak skorlarına bakılarak bulunan değer 4 olup, operatörün taşıdığı yük 5 kg'dan küçük olduğu için herhangi bir puan eklenmeyecek ve A skoru 4 olarak hesaplanacaktır.

iv) Komple Punta Hattı'nda işlem gören parça bileşenlerinin istasyonlara yerleştirilmesi ve bitmiş ürünün istasyondan alınması esnasında üst kolların 45°-90° arasında hareket etmesi ve rotasyon yapmasına dayalı olarak üst kollar skoru en fazla 4 olarak hesaplanacaktır.

v) Parça bileşenlerinin istasyonlara yerleştirilmesi ve bitmiş ürünlerin istasyondan alınması esnasında 60°'ye kadar ulaşabilen harekete istinaden alt kollar skoru en fazla 2 olarak hesaplanacaktır.

vi) Operatör tarafından istasyonlara parça bileşenlerinin monte edilmesi esnasında 0°-15° arasında fleksiyon/ekstansiyon ve aynı zamanda dönme hareketleri olduğundan bilekler skoru en fazla 2 olarak hesaplanacaktır.

Tablo B'de üst kollar, alt kollar ve bilekler skorlarına bakılarak bulunan değer 6 olup, operatörün kavrama derecesi iyi olduğu için herhangi bir puan eklenmeyecek ve B skoru 6 olarak hesaplanacaktır.

Belirlenen A skoru ve B skorunun kesişim kümesinden elde edilen Tablo C değeri maksimum 6 olarak bulunacaktır.

Elde edilen C skoruna Komple Punta Hattı'nda yapılan aktivitelerin herhangi bir puan eklentisi olmadığından son olarak 6 skoruna ulaşılabilecektir.

2. öneride sunulan çalışma sandalyesi ekleme fikri ile 3. öneri tüm önerilerin birleştirildiği bir tasarım düzenlemesi olduğu için ergonomi açısından aynı şekilde ifade edilebilir olacağından REBA Risk Analizi skoru eşit olarak bulunacaktır.

### 3.5. Yapılabilirlik ve Maliyet Analizleri

Yerleşim düzenlemesi değişikliği yapılması planlanan üretim hattında parçaların sözleşmesi 5 yıllık olup 3 yılı dolduğu için fazla maliyetli değişikliklerin gerçekleştirilmesinin mümkün olamayacağı belirlenmiştir. Bunun için sunulan önerilerin maliyet analizleri yapılarak yapılabilirliği yorumlanmıştır.

**1. Öneri:** İş sağlığı ve güvenliği açısından kaynak esnasında çapak atma sorununa çözüm olarak filmli cam ile kaplama ve manuel operasyonlar için sürgülü kapak sistemi ortalama bir maliyete sahip olup yapılabilirlik açısından çok sorun teşkil etmemektedir.

En ve boyu 60x200 cm'lik 18 parça tel çit ile etrafı sarılı Robot Punta'nın genişliği 6 cm'lik cam ile kaplanması, piyasa araştırmasından elde edilen verilerle yaklaşık olarak, 1.748 TL civarı olarak bulunmuş, camın film ile kapması ise 75\*600 cm'lik 59,45 TL'ye satılan 6 adet film ile kaplanabileceğinden 356,70 TL'ye maliyet oluşturmuştur. Kısaca toplamda filmli cam 2.104,70 TL maliyete sahiptir.

Filmli cam ile kaplanan Komple Punta Hattı'nda operatörün istasyonlara işlem görmesi için parçayı yerleştirip, işlem bittikten sonra demonte işlemlerini manuel yapabilmesi amacıyla koyulacak sürgülü kapak sisteminin maliyeti ise yine yaklaşık olarak 58,48 TL olarak belirlenmiştir. Böylelikle 1. Öneri toplamda 2.163,18 TL maliyete sahiptir.

Ergonomi göz önüne alınarak sunulan bu öneri için işletmede halihazırda bulunan çalışma sandalyelerinden biri kullanılabileceğinden işletme

açısından maliyetli olmayıp yapılabilirlik açısından bir sorun teşkil etmemektedir.

Sonuç olarak 1. öneri maliyet özeti Tablo 15'teki şekildedir.

Tablo 15

#### 1. Öneri Maliyet Özeti

Maliyet Kalemi	Maliyet (TL)
Filmli Cam	~ 2.104,70 TL
Sürgülü Kapak Sistemi	~ 58,48 TL
<b>Toplam</b>	<b>~ 2.163,18 TL</b>

**2. Öneri:** Parçaların hatalı kasalanmasında kasaların uygunluğu, kasalanma şekli ve yerleri, aynı zamanda da çevrim süresini kısaltmak ve tesiste kaplanan alanı enküçükleme amacıyla önerilen Raf Düzeni ve KLT tipi kasalar işletmede mevcut olup işletme için bir maliyet oluşturmamaktadır. Bu nedenle bu önerimizin de yapılabilirlik derecesi çok yüksektir.

**3. Öneri:** 2 yıllık sözleşmesi kalan parçaların üretildiği üretim hattındaki istasyonların değişikliği fikri fazla maliyetli olup yapılabilirlik derecesi oldukça düşüktür.

Öneriye göre istasyonların her biri için birer adet olmak üzere toplamda 4 adet sürgülü kapak sistemi yapılacağı için 4x58,48 işlemi sonucu olarak 233,92 TL bulunur.

İstasyon eksenini kaydırmada, bir fikstür değişimi maliyeti yaklaşık olarak 60.000 – 70.000 TL olup çevrim süresini kısaltmak amacıyla birlikte çalışan istasyonların yakın konumlandırılması için iki istasyonun ekseninin kaydırılmasına ihtiyaç vardır.

Sonuç olarak 3. öneri maliyet özeti Tablo 16'daki şekildedir.

Tablo 16

#### 3. Öneri Maliyet Özeti

Maliyet Kalemi	Maliyet (TL)
Filmli Cam	~ 2.104,70
Sürgülü Kapak Sistemi	~ 233,92 TL
Çalışma Sandalyesi	-
Raf Düzeni	-
KLT Tipi Kasalar	-
İstasyon Ekseni Kaydırma	~ 120.000 - 140.000
<b>Toplam</b>	<b>~ 122.338 - 142.338</b>

### 3.6. İyileştirme Faaliyetlerinin Getiri Tahminleri

**1. Öneri:** Ateş ve Aytaç (2019) iş kazalarının genellikle %18'inin işyeri çalışma koşullarının ve çevresel koşulların uygunsuzluğuna, %80'inin ise insanlara bağlı olduğunu savunmuştur. Benzer şekilde, Karakurt, Satar, Bilen, Açıklın ve Gülen (2012) çalışmalarında, iş kazalarının %87'sinin güvensiz hareketler, %13'ünün

de güvensiz şartlar sonucunda meydana geldiğini belirtmiştir. Bu belirlemeler göz önüne alındığında, mevcut çalışmada sunulan 1. öneri ile kaynak işleme esnasında üretim istasyonunun etrafına çapak sıçrama sorunu ortadan kaldırılarak çalışma şartları iyileştirilecek, böylece iş kazalarının temel sebeplerinden olan ve güvensiz çevre koşullarından kaynaklanan yaklaşık %13 ile %18'lik bir risk ortadan kaldırılarak operatörler için daha güvenli bir atölye ortamında çalışma imkânı sağlanacaktır.

İşbilim (ergonomi) göz önüne alındığında tüm gün ayakta çalışan operatörün yorgunluğu ve konsantrasyonunun bozulmasına yönelik durumlar ortadan kalkmış olup parçanın hatalı kasalanmasındaki sebeplerden birinin oluşmasına engel olunacaktır.

**2. Öneri:** Mevcut üretim sürecinde bir parçanın Komple Punta Hattı'ndaki hatalı kasalanma oranı %7,5 gibi oldukça yüksek bir değer, çevrim süresi ortalama olarak 20,029 sn ve tesiste kasalar tarafından kaplanan alan 1,7024 m<sup>2</sup> olarak bulunmuştur. Yapılacak iyileştirme sonrası hatalı kasalanma oranının azalması ve çevrim süresinin 15 saniyenin altına düşmesi ve tesiste kasalar tarafından kaplanan alanın yaklaşık olarak 1,3272 m<sup>2</sup> olacağı öngörülmektedir. Böylelikle parçaların hatalı kasalanmasından kaynaklı üretim kaybı azalacak, çevrim süresinden yaklaşık %25 oranında bir kazanç sağlanacak ve kaplanan alandan yaklaşık %22'lik bir verim sağlanarak, hedefimiz olan yerleşim düzenlemesinde kaplanan alandan (en az %20) verim elde etmek ve maliyeti en küçükleme maddesi gerçekleştirilebilecektir.

İyileştirme faaliyetlerine yönelik öneri ile ilgili hesaplamalar aşağıda belirtilmiştir:

#### ➤ **Önceki kasalama düzeni ile,**

Demir mavi büyük kasa ölçüleri Tablo 17'de verilmiştir.

Tablo 17

Demir Mavi Büyük Kasa Ölçüleri	
Boyut Adı	Boyut uzunluğu (cm)
Genişlik	76 cm
Derinlik	56 cm
Uzunluk	64,5 cm

Buna göre, bir adet demir büyük mavi kasanın kapladığı toplam alan 0,4256 m<sup>2</sup>'dir.

İki adet gelen yarı mamul için kasaların kapladığı toplam alan 0,8512 m<sup>2</sup>'dir.

İki adet işlenmiş nihai ürün için kasaların kapladığı toplam alan yine 0,8512 m<sup>2</sup>'dir.

Mevcut durumda toplamda 1,7024 m<sup>2</sup>'lik alan kullanılmaktadır.

#### ✓ **Önerilen raf düzeni ile,**

Tablo 18'de verilmiş olan raf düzeni ölçülerine göre rafın kapladığı toplam alan 0,4760 m<sup>2</sup> olarak hesaplanır. Buna göre iki adet işlenmiş nihai ürün için demir mavi büyük kasaların kapladığı toplam alan 0,8512 m<sup>2</sup> olarak bulunur. Sonuçta önerilen kasalama ve raf düzeni ile toplamda 1,3272 m<sup>2</sup>'lik alan kullanılacak ve alandan yaklaşık %22 verim elde edilecektir.

Tablo 18

Raf Düzeni Ölçüleri

Boyut Adı	Boyut uzunluğu (cm)
Genişlik	136 cm
Derinlik	35 cm
Uzunluk	148,5 cm

İşletmede 3 punta hattının olduğu göz önüne alınırsa kazanılan alanın elde edilen bu kazancın 3 katı olacağı açıktır. Benzer şekilde, bu iyileştirme işletmede bulunan 6 montaj hattına daha uygulanabilecek şekilde olup, firmanın kazanımını arttırabilecek durumdadır.

#### ➤ **Önceki kasaların kullanımı ile,**

Mevcut durumda demir büyük mavi kasalarda 400 adetlik parça bulunmaktadır. İki adet gelen yarı mamul için kasalardaki toplam parça sayısı 800 (400 adet 61077 ve 400 adet 61078) olmaktadır.

#### ✓ **Önerilen KLT tipi kasaların kullanımı ile,**

Önerilen raf düzeni 4 katlı, 3 sıralı ve 4 sütunlu bir yapıdadır. Böylelikle, 1 katta 12 adet KLT tipi kasa olduğundan, 4 katta toplamda 48 adet KLT tipi kasa olacaktır. 1 KLT kasanın 25 adet parça içerebileceği bilinmektedir. Toplamda 48 \* 25 = 1200 parça (600 adet 61077 ve 600 adet 61078) içerecek ve 400 adetlik parça taşıma ve bekleme süreleri ortadan kalkacaktır.

**3 . Öneri:** Tüm önerilerin birleştirildiği bu öneride, iş sağlığı ve güvenliği açısından düşünüldüğünde yapılacak iyileştirme sonrasında iş kazası riskinin temel sebeplerinden biri olan güvensiz koşullardan kaynaklanan %20'lik kısım ortadan kaldırılacak ve daha güvenli bir atölye ortamında çalışma imkânı sağlanacaktır.

İşbilim (ergonomi) göz önüne alındığında tüm gün ayakta çalışan operatörün yorgunluğu ve konsantrasyonunun bozulmasına yönelik durumlar

ortadan kalkmış olup parçanın hatalı kasalanmasındaki sebeplerden birinin oluşmasında engel olunacaktır.

Özetle, parçaların hatalı kasalanmasından kaynaklı üretim kaybı azalacak, çevrim süresinden yaklaşık %25 oranında bir kazanç sağlanacak ve kaplanan alandan yaklaşık %22'lik bir verim sağlanarak, yerleşim düzenlemesinde kaplanan alandan (en az %20) verim elde etmek ve maliyeti enküçükleme hedeflerine ulaşılacaktır.

Son olarak, sunulan raf düzeni ve bu raf düzenine uygun KLT tipi kasa kullanımı firmada bulunan diğer 3 punta hattına ve halihazırda raf düzeni kullanılan ancak karmaşık ve düzensiz yapısı nedeniyle iyileştirilebilecek 61077 RH ve 61078 LH nolu parçaların üretiminde birleştirilen yarı mamul olan nut adlı parçanın, somun kaynağı operasyonunun gerçekleştirildiği montaj hattı gibi diğer 6 montaj hattına da uygulanabilecek şekilde olup, firmanın kazanımını arttıracaktır.

### 3.7. Değerlendirme Sonuçları ve İyileştirme Faaliyetlerinin Planlanması

Belirlenen karşı önlemler, aksiyon önceliklendirme matrisi kullanılarak Tablo 19'da görüldüğü gibi önceliklendirilmiştir. Matrise göre etki derecesi yüksek olan faaliyete 3, orta olan faaliyete 2 ve düşük olan faaliyete 1 değeri verilmelidir. Aynı şekilde, yapılabilirliği yüksek olan faaliyete 3, orta olan faaliyete 2 ve düşük olan faaliyete 1 değeri verilmelidir. Son olarak yüksek maliyetli olan faaliyete 1, orta seviye maliyetli olan faaliyete 2 ve düşük maliyetli faaliyete 3 değeri verilmelidir. Bu üç başlıkta alınan değerler çarpılarak sonuç değeri bulunur ve değeri daha büyük olan faaliyete öncelik verilir. Önerilere yönelik yapılan değerlendirmelerin sonuçları Denklem 5-7'de verildiği gibidir.

$$1. \text{Öneri: } 2 * 3 * 2 = 12 \quad (5)$$

$$2. \text{Öneri: } 3 * 3 * 2 = 18 \quad (6)$$

$$3. \text{Öneri: } 3 * 1 * 1 = 3 \quad (7)$$

Bu değerlendirme sonuçlarından yola çıkılarak önerilere atanan öncelik sıralamaları Tablo 19'da verilmiştir.

Bu yöntem doğrultusunda 18 değerini alan "Raf düzeni ve KLT tipi kasalar kullanımı önerisi" en yüksek değere sahip olup, Şekil 12'de verilmiş olan Komple Punta Hattı'nın mevcut durumundaki iyileştirme amaçlı planlanan yerleşim düzenlemesinde bu faaliyete öncelik verilmesi gerektiğine karar verilmiştir. Faaliyet, ilerleyen zamanlarda gerçekleştirilmek üzere, Kalite Kontrol ve Üretim birimleri iş birliğinde planlanmıştır.

Tablo 19

Karşı Önlemlerin Planlanması Ve Öncelik Matrisi

Faaliyet	Etki Derecesi	Yapılabilirlik	Maliyet	Sonuç	Öncelik
İş sağlığı ve güvenliği açısından Komple Punta'nın telli çitin yetersiz oluşundan kaynaklı çapak atma sebebiyle etrafının filmli cam ile kaplanması; Kapı 1, Kapı 2 ve Kapı 3'ün iptali ve kapılar yerine Komple Punta alanının tamamen kapatılması ve operasyon işlemleri için açılıp kapanabilen sürgülü kapak ve hem ergonomik açıdan operatörün tüm gün ayakta çalışması göz önünde bulundurularak; hem de bu sebeple operatörün yorgunluğu ve konsantrasyonun bozulmasına bakılarak parçanın hatalı kasalanmasına engel olmak amacıyla üretim hattına bir çalışma sandalyesi eklenmesi önerisi	2	3	2	12	2
Parçaların hatalı kasalanmasını önlemek, aynı zamanda da çevrim süresini kısaltmak ve tesiste bu işlem için kullanılan alanı enküçükleme amacıyla kasaların uygunluğu, kasalanma şekli ve yerleri için; Raf düzeni ve KLT tipi kasa önerisi	3	3	2	18	1
1 ve 2. öneriler göz önüne alındığında tüm bunları kapsayan yeni bir yerleşim düzenlemesi önerisi	3	1	1	3	3

### 3.8. Sonuçların Kontrolü

Önceki adımlarda planlanan üretimde kasalama şekli ve yerleri için; Raf Düzeni ve KLT tipi kasa önerisi ve öngörülen iyileştirme sonuçları kalite kontrol ve üretim biriminin iş birliğiyle birlikte hayata geçirilmesi için fabrikaya sunulmuştur. Yapılacak yerleşim düzenlemesi değişikliğinin faydalı olup olmadığının gözlemlenmesi için parçanın Komple Punta Hattı'ndaki hatalı kasalanma oranına bakılması gerekmektedir.



### 3.9. Standartlaştırma ve Kontroller

Uluslararası Standardizasyon Örgütü'nün (ISO) yaptığı tanıma göre, standardizasyon "belirli bir faaliyetten ekonomik fayda sağlamak üzere, bütün ilgili tarafların katkı ve iş birliği ile belirli kurallar koyma ve kuralları uygulama işlemi"dir. Süreçlerin kontrol altında kalarak devam etmesi için önlemler alınmalıdır. Eğer tekrar parçaların hatalı kasalanması ile ilgili bir problem ortaya çıkarsa bu durumun derhal önüne geçilmeli, üretim hattında tekrar iyileştirme çalışmaları yapılmalıdır. Sık yapılan kontrollerle bu kontrollerin sürekliliği sağlanmalıdır. Kasalama için yapılan öneriler faaliyete geçirilmeli ve operatörlerin yeni kasalama şekli ve yerlerini benimsemesi sağlanmalıdır. Kasalama şekli ve yerindeki bu değişikliğin sık sık kontrolü sağlanmalıdır.

### 4. Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında süreç iyileştirme yöntemlerinin uygulanabilmesi için iş akışı izlenerek işletmenin üretimini gerçekleştirdiği bir emniyet kemeri parçasının hatalı kasalanmasındaki oran incelenmiştir. Fabrikadan alınan verilere göre Balık Kılçığı Diyagramı sonucunda bu probleme sebep olarak ortaya çıkan ve işletmenin de talebi üzerine yerleşim düzenlemesinde değişikliğe yoğunlaşmıştır. Süreç iyileştirme yöntemlerinden Kök Neden Analizi ile problem oluşumunda parçanın üretim sürecindeki son üretim hattı olan Komple Punta Hattı'ndaki yerleşim düzeninin sebep olduğu ortaya çıkmıştır. Kasalanma şekli ve yerleri için süreç iyileştirme yapılması gerektiğine karar verilmiştir.

Ele alınan problemin çözümü için Kaizen çalışması gerçekleştirilmiştir. Kaizen çalışması; problemin tanımlanması, mevcut durumun izlenmesi, hedeflerin belirlenmesi, kök nedenlerin araştırılması, karşı önlemlerin belirlenmesi ve iyileştirme faaliyetlerinin planlanması, standartlaştırma ve kontrol adımlarını içermektedir. Mevcut durum incelendiğinde, parçanın üretim operasyonlarından biri olan Komple Punta operasyonunda hatalı kasalandığı görülmüştür. Bu problem doğrultusunda Komple Punta Hattı'nda yerleşim düzenlemesi değişikliği önerisi işletmeye sunulmuştur.

Teorik açıdan bakıldığında, literatürde süreç iyileştirme için yalın yöntemlerin ve tesis yerleşimi tasarımının ayrı ayrı uygulandığı çalışmaların mevcut olduğu, fakat, bu iki yöntemi bir arada entegre bir şekilde kullanan çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmektedir. Diğer taraftan, tesis yerleşimi literatüründe ergonomik etkenlerin de göz önüne alındığı çalışmaların sayısı fazla değildir. Bu noktada bu çalışmamız literatürde görülen bu boşluklara odaklanmış ve yalın yöntemlerden Kaizen'i ve tesis yerleşimi tasarımı yöntemini ergonomik faktörler de göz önünde bulundurarak

entegre bir şekilde bir arada kullanarak ve yerleşim tasarımı önerileri sunmuştur.

Bu çalışmada daha önce yapılan çalışmalardan farklı olarak bir süreci iyileştirmeye yönelik yapılan Kaizen uygulamasında, problem yaratan sürecin kök nedeni olan tesisin yerleşim düzenlemesinde tasarım değişikliğine gidilerek, tek başına üretimde kaliteyi arttırmak amacıyla değil çok yönlü bir şekilde yalın üretimin temel üçgeni (kalite-maliyet-zaman) esas alınarak, üretimde kaliteyi arttırırken maliyeti ve zamanı azaltmaya yönelik bir tesis planlaması hedeflenmiştir. Tüm bu hedefler doğrultusunda çalışma sürecinde İş Sağlığı ve Güvenliği kanunları göz önüne alınmıştır. Bu şekilde çok yönlü bir çalışma olması açısından daha önce gerçekleştirilmiş çalışmalardan farklıdır.

Üretim süreci ele alınan parçaların hatalı kasalanması problemi ele alınıp, bu problemi ortadan kaldırmak için yapılan kök neden analizi doğrultusunda belirlenen karşı önlemlerde hazırlanan önerilerde, hedef ayarımızda bulunan diğer kısıtlarımız olan tesiste kaplanılan alanı enküçükmek ve bununla birlikte maliyeti düşürmek amacıyla da sunulan raf düzeni ve bu raf düzenine uygun KLT tipi kasa kullanımı firmada bulunan diğer 3 punta hattına ve halihazırda raf düzeni kullanılan ancak karmaşık ve düzensiz yapısı nedeniyle iyileştirilebilecek 61077 RH ve 61078 LH nolu parçaların üretiminde birleştirilen yarı mamul olan nut adlı parçanın, somun kaynağı operasyonunun gerçekleştiği montaj hattı gibi diğer 6 montaj hattına da uygulanabilecek şekilde olup, firmanın kazanımını arttıracak durumdadır.

Yapılan bu çalışma hem kalite hem de tesis planlama alanında daha sonraki dönemlerde yapılacak olan araştırmalara ışık tutacak olup, süreç iyileştirme ve Kaizen uygulamalarında farklı alanların entegre şekilde çalışmasıyla işletmelerin tüm fonksiyonlarında gelişmesini sağlayan toplam kalite yönetiminin önemini vurgulamıştır. Gelecek çalışmalar benzer üretim süreçlerinde Kaizen ve tesis yerleşimi yöntemlerini ergonomik açılar da göz önüne alınarak gerçekleştirilebilir. Diğer taraftan farklı endüstrilerde de yine Kaizen ve tesis yerleşimi entegrasyonu çalışmaları gerçekleştirilebilir.

### Teşekkür

Bu çalışmanın gerçekleştirildiği işletmede araştırmacılara her türlü desteği veren Kalite Departmanı çalışanlarına yardımlarından ötürü teşekkür ederiz.

### Araştırmacıların Katkısı

Bu araştırmada; Meryem ULUSKAN, bilimsel yazın araştırması, araştırma tasarımı ve uygulaması ile makalenin oluşturulması; Mehtap Tutku ÖZYALINER, bilimsel yazın araştırması, veri toplama, araştırma tasarımı ve uygulaması ile makalenin oluşturulması konularında katkı sağlamışlardır.

### Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

### Kaynaklar

- Ateş, E. ve Aytaç, N. (2019). Adana'da bir inşaat firmasında çalışanların iş kazalarının ve çalışma koşulları ile ilişkisinin araştırılması. *Sakarya Tıp Dergisi*, 9(4), 661-668. doi: <https://doi.org/661-668.10.31832/smj.585769>
- Atıcı, H., Gönen, D. ve Oral A. (2015). Çalışanlarda Zorlanmaya Neden Olan Duruşların Reba Yöntemi İle Ergonomik Analizi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), 239-244. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/iesd/issue/20874/224031>
- Belay, A. M., Welo, T., ve Helo, P. (2014). Approaching lean product development using system dynamics: investigating front-load effects. *Advances in Manufacturing*, 2(2), 130-140. doi: <https://doi.org/10.1007/s40436-014-0079-9>
- Chan, C. O. ve Tay, H. L. (2018). Combining lean tools application in kaizen: A field study on the printing industry. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 67(1), 45-65. doi: <https://doi.org/10.1108/IJPPM-09-2016-0197>
- Chanda, M. D. (2017). The study of the relationship between Kaizen practices and operations' performance improvement in Zambian manufacturing companies. *The International Journal of Multi-Disciplinary Research Conference ID: CFP/119/2017*.
- Çoker, İ. ve Selim, H. (2019). Bir tekstil işletmesinde kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına yönelik ergonomik risk değerlendirme. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 6(5), 230-240. Erişim adresi: [http://www.asead.com/FileUpload/bs683328/File/17.coker-selim\\_makale.pdf](http://www.asead.com/FileUpload/bs683328/File/17.coker-selim_makale.pdf)
- Heragu, S. S. (2008). Facilities design. CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL, USA.
- Hossain, M. R., Rasel, M. K., ve Talapatra, S. (2014). Increasing productivity through facility layout improvement using systematic layout planning

pattern theory. *Global Journal of Research In Engineering*. 14 (7), 71-76. Erişim adresi: <https://engineeringresearch.org/index.php/GJRE/article/view/1269/1201>

- Hosseini-Nasab, H., Fereidouni, S., Ghomi, S. M. T. F., ve Fakhrzad, M. B. (2018). Classification of facility layout problems: a review study. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94(1-4), 957-977. doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0895-8>
- Karakurt, Ü., Satar, S., Bilen, A., Acikalin, A., ve Gülen, M. (2012). Occupational accidents and emergency medicine/Acil tip ve is kazalari. *Eurasian Journal of Emergency Medicine*, 11(4), 227. doi: <https://doi.org/10.5152/jaem.2012.037>
- Kovacs, G., ve Kot, S. (2017). Facility layout redesign for efficiency improvement and cost reduction. *Journal of Applied Mathematics and Computational Mechanics*, 16(1), 63-74. doi: <https://doi.org/10.17512/jamcm.2017.1.06>
- Kovacs, G. (2020). Combination of Lean value-oriented conception and facility layout design for even more significant efficiency improvement and cost reduction. *International Journal of Production Research*, 58(10), 2916-2936. doi: <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1712490>
- Kumar, S., Dhingra, A. K. ve Singh, B. (2018). Process improvement through Lean-Kaizen using value stream map: a case study in India. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 96(5-8), 2687-2698. doi: <https://doi.org/10.1007/s00170-018-1684-8>
- Li, J., Tan, X. ve Li, J. (2018). Research on dynamic facility layout problem of manufacturing unit considering human factors. *Mathematical Problems in Engineering*, 1-13. doi: <https://doi.org/10.1155/2018/6040561>
- Mahmood, O. K., Kareem, J. A. H., Rashid, W. N. ve Abdulla, D. F. (2017). Facility Layout Design and its Impact on the Healthcare Service Quality in Teaching Hospital and Pediatric Teaching Hospital in Sulaymaniyah City. *International Review of Management and Marketing*, 7(2), 174-179. Erişim adresi: <http://www.econjournals.com>
- Mazzocato, P., Stenfors-Hayes, T., Von Thiele Schwarz, U., Hasson, H. ve Nyström, M. E. (2016). Kaizen practice in healthcare: a qualitative analysis of hospital employees' suggestions for improvement. *BMJ open*, 6(7). doi: <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-012256>
- Naik, S. B. ve Kallurkar, S. (2016). A literature review on efficient plant layout design. *International Journal of Industrial Engineering Research and Development*,

7(2), 43-51. doi: <https://doi.org/10.34218/IJIIRD.7.2.2016.005>

Naqvi, S. A. A., Fahad, M., Atir, M., Zubair, M. ve Shehzad, M. M. (2016). Productivity improvement of a manufacturing facility using systematic layout planning. *Cogent Engineering*, 3(1), 1207296. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/23311916.2016.1207296>

Sağiroğlu, H., Coşkun, M. B. ve Erginel, N. (2015). REBA ile bir üretim hattındaki iş istasyonlarının ergonomik risk analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), 339-345. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/195469>

Sooncharoen, S., Vitayasak, S. ve Pongcharoen, P. (2015). Application of biogeography-based optimisation for machine layout design problem. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 4(3), 251. Erişim adresi: <http://www.ijmerr.com/uploadfile/2015/0707/20150707031544439.pdf>

Suhardi, B., Juwita, E. ve Astuti, R. D. (2019). Facility layout improvement in sewing department with systematic layout planning and ergonomics approach. *Cogent Engineering*, 6(1), 1597412. doi: <https://doi.org/10.1080/23311916.2019.1597412>

Uluskan, M. (2019). Süreç yeterlilik analizinin genişletilmiş kaizen yöntemine entegrasyonu: Otomotiv sektöründe bir uygulama. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27(3), 165-183. doi: <https://doi.org/10.31796/ogummf.581278>