

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇELİK PROFİL ÜRETİMİ YAPAN BİR FİRMADA YALIN
DÖNÜŞÜM VE JİDOKA UYGULAMALARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Uğur AKYÜZ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

TEMMUZ 2024

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇELİK PROFİL ÜRETİMİ YAPAN BİR FİRMADA YALIN
DÖNÜŞÜM VE JİDOKA UYGULAMALARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Uğur AKYÜZ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr.Öğr.Üyesi Mehmet Rıza ADALI

TEMMUZ 2024

Uğur Akyüz tarafından hazırlanan “Çelik Profil Üretimi Yapan Bir Firmada Yalın Dönüşüm Ve Jidoka Uygulamaları” adlı tez çalışması 08.07.2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Jüri Başkanı :

Üniversitesi

.....

Jüri Üyesi :

Dr.Öğr.Üyesi Mehmet Rıza ADALI (Danışman).....
Sakarya Üniversitesi

Jüri Üyesi :

Üniversitesi

.....



ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğine ve Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesine uygun olarak hazırlamış olduğum “Çelik Profil Üretimi Yapan Bir Firmada Yalın Dönüşüm ve Jidoka Uygulamaları” başlıklı tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın tüm aşamalarında yukarıda belirtilen yönetmelik ve yönergeye uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, bu tezi başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve 20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince Sakarya Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Enstitü tarafından belirlenmiş ölçütlere uygun rapor alındığını, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun ortaya çıkması halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.

(...../...../20.....).

(imza)

Uğur AKYÜZ







TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca sonsuz desteklerini ve sevgilerini bana hissettiren, beni teşvik eden sevgili eşim ve sevgili oğluma teşekkür ederim.

Tez çalışmamın her aşamasında beni teşvik eden, değerli fikirlerini sunarak bana yol gösteren kıymetli hocam Dr.Öğr.Üyesi Mehmet Rıza ADALI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Eğitim hayatım boyunca her zaman yanımda olan, beni yetiştirip bugünlere getiren aileme, bu yolculuktaki emekleri ve destekleri için teşekkür ederim.

Uğur AKYÜZ



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	v
TEŞEKKÜR	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
TABLO LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xvii
ÖZET	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	3
2.1. Jidoka Tekniği ile Yapılan Çalışmalar	3
2.2. Literatür Çalışmalarının Değerlendirilmesi	4
3. YÖNTEMLER	5
3.1. Yalın Üretim	5
3.2. Yalın Üretimin İlkeleri	6
3.2.1. Değer	7
3.2.2. Değer akışı	7
3.2.2.1. Değer katan faaliyetler	8
3.2.2.2. Değer katmayan ama yapılması zorunlu faaliyetler	8
3.2.2.3. Değer katmayan faaliyetler	8
3.2.3. Akış	8
3.2.4. Çekme	9
3.2.5. Mükemmellik	10
3.3. İsraf	11
3.3.1. Fazla üretim	12
3.3.2. Envanter (fazla stok)	12
3.3.3. Hareket	12
3.3.4. Bekleme	13
3.3.5. Fazla işleme	13
3.3.6. Hatalı üretim (hurda ve rework)	13
3.3.7. Gereksiz taşıma	13
3.3.8. Kullanılmayan yetenek/vasıfsız personel	14
3.4. Yalın Üretim Teknikleri	14
3.4.1. 5S	14
3.4.1.1. 1S-ayıklama	15
3.4.1.2. 2S-düzenleme	16
3.4.1.3. 3S-temizlik	16
3.4.1.4. 4S- standartlaştırma	16
3.4.1.5. 5S-disiplin	16
3.4.2. Kaizen	17
3.4.3. TPM	19

3.4.4. OEE	21
3.4.5. SMED.....	23
3.4.6. Tam zamanında üretim (JIT).....	25
3.4.7. Standart iş.....	26
3.4.8. Poka-Yoke.....	27
3.4.9. Jidoka	29
4. UYGULAMA.....	33
4.1. OEE Sisteminin Kurulması	33
4.1.1. Duruş tanımlarının belirlenmesi, kullanılabilirlik hesaplaması tasarımı .	33
4.1.2. Performans hesaplamasının tasarlanması.....	35
4.1.3. Kalite hesaplamasının tasarlanması	37
4.1.4. OEE sistematığının MES sisteminde devreye alınması	37
4.2. Mevcut Durum Analizi.....	40
4.2.1. Ebat değişimi duruşu.....	41
4.2.2. Hatta malzeme kalması duruşu	42
4.2.3. Yüzeysel duruşu	42
4.2.4. Ölçüsel duruşu.....	42
4.2.5. Paso duruşu (aşınma)	42
4.2.6. Mamul kalınlık değişimi duruşu	42
4.2.7. Doğrultma duruşu.....	42
4.3. Jidoka Uygulamaları.....	43
4.3.1. Hata önleme analizi.....	43
4.3.2. Andon sistemi.....	45
4.3.3. Otomatik durma sistemlerinin kurulması	47
4.3.4. Veri analizi ve izleme.....	49
5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	51
KAYNAKLAR.....	55
ÖZGEÇMİŞ.....	59

KISALTMALAR

ECRS	: Eliminate-Combine-Rearrange-Simplify
JIT	: Just in Time (Tam Zamanında Üretim)
MES	: Manufacturing Execution System (Üretim Yürütme Sistemi)
OEE	: Overall Equipment Effectiveness (Toplam Ekipman Etkinliği)
SEÇ	: Sağlık, Emniyet, Çevre
SMED	: Single Minute Exchange of Die (Tekli Dakikalarda Kalıp Değişimi)
SQDCM	: Safety (Emniyet), Quality (Kalite), Delivery (Teslim zamanı), Cost (Maliyet), Moral (Moral)
TPM	: Total Productive Maintenance (Toplam Üretken Bakım)
TPS	: Toyota Production System (Toyota Üretim Sistemi)



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1. Literatür özeti.	3
Tablo 3.1. Yalın üretimin kökleri.	6
Tablo 3.2. Kaizen çalışmalarına katılımı hiyerarşik yapı.	18
Tablo 3.3. 16 büyük kayıp.	20





ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. Kobetsu kaizen 10 adımı.	18
Şekil 3.2. JIT düşüncesinin prensipleri (Santos vd., 2006).	26
Şekil 3.3. Delik açma ve vidalama işi çevrim süresi.	31
Şekil 4.1. Kullanılabilirlik hesaplaması formülü.	35
Şekil 4.2. Performans hesaplaması formülü.	36
Şekil 4.3. Kalite hesaplaması formülü.	37
Şekil 4.4. OEE sistematığının kurulması ve yönetilmesi süreç akış şeması.	38
Şekil 4.5. OEE raporu MES sistemi ekran görüntüsü.	39
Şekil 4.6. Fabrika duruş süreleri grafiği.	40
Şekil 4.7. A2 fabrikası duruş verileri.	41
Şekil 4.8. A2 fabrikası işletme hurdası dağılımı.	41
Şekil 4.9. Hatta kalan malzeme görüntüsü	44
Şekil 4.10. Hatta malzeme kalması kaynaklı duruş süresi (2022) aylık dağılımı.	45
Şekil 4.11. Hadde hurdası miktarı (2022) aylık değişim grafiği.	45
Şekil 4.12. Ürün reçetesi akım kontrol tolerans tablosu ekranı	46
Şekil 4.13. Üretim tezgahları akım değişim grafiği ekranı.	47
Şekil 4.14. Üretim hattı simülasyon ekranı.	47
Şekil 4.15. Ara makas prosesi.	48
Şekil 4.16. Ara makas prosesi PLC bilgi akış şeması.	49
Şekil 4.17. Hatta malzeme kalması kaynaklı duruş süresi (2023) aylık dağılımı.	50
Şekil 4.18. Hadde hurdası miktarı (2023) aylık değişim grafiği.	50
Şekil 5.1. Hatta malzeme kalması kaynaklı duruş sürelerinin aylık karşılaştırma grafiği.	52
Şekil 5.2. Hatta malzeme kalması kaynaklı toplam duruş sürelerinin yıllık değişim grafiği.	52
Şekil 5.3. Hadde hurdası aylık karşılaştırma grafiği.	53
Şekil 5.4. Hadde hurdası yıllık değişim grafiği.	53



ÇELİK PROFİL ÜRETİMİ YAPAN BİR FİRMADA YALIN DÖNÜŞÜM VE JİDOKA UYGULAMALARI

ÖZET

Maliyetlerin artması halihazırda zorlu olan rekabet koşullarında işletmeleri daha da dezavantajlı hale gelmesine neden olmaktadır. İşletmeler, zorlu rekabet ortamında ayakta kalabilmek, fiyat avantajlarını ve kar marjlarını koruyabilmek için geleneksel üretim modellerinden ayrılmak, kısıtlı olan kaynakları en verimli şekilde kullanmak ve satış fiyatını artırmak yerine maliyetleri düşürmek işletmelerin öncelikli hedefi olmak zorundadır.

Değeri, müşteriye doğru zamanda, talep edilen miktarda, istenen kalitede ve en az maliyette ulaştırma isteği üretim sektöründe köklü bir değişime sebep olmuştur. Bu değişimin merkezinde de üretim süreçlerindeki israfları ortadan kaldırmayı amaçlayan bir yaklaşım olan Yalın Üretim yer almaktadır. Yalın üretim felsefesinin temel amacı süreçlerdeki israfların ortadan kaldırılması / en aza indirilmesidir. Süreçlerdeki 8 büyük israftan bir tanesi olan “Hatalı Üretim” israfı birçok şirketin karşılaştığı sorunlardan bir tanesidir. Çoğu firma yüksek fire veya hurda oranları ile üretimlerini devam ettirmektedir. İşletmeler farklı çözümler uygulayarak bu kayıpların ortadan kaldırılmasını / en aza indirilmesi amaçlamaktadır. Yalın üretim ve Toyota Üretim Sisteminin temel yapı taşlarından biri olan Jidoka, hatalı üretim israfının ortadan kaldırılması/en aza indirilmesi için kullanılabilecek en iyi tekniklerden bir tanesidir. Jidoka, makinelerde veya proseslerde meydana gelebilecek arıza, kalitesizlik vb. hataları tespit eden, süreci durdurarak hatanın sonraki süreçlere aktarılmasını engelleyen otomasyon sistemleridir. Jidoka, sadece tezgahlarla sınırlı olmayıp emek yoğun proseslerde de kullanılabilir. Bununla birlikte son yıllarda yazılım mimarilerinde de kullanılmaya başlanmıştır.

Bu çalışmada, çelik profil üretim sektöründe faaliyet gösteren işletmede, OEE sistemi kurulmuş ve ham madde, işgücü ve ekipman kapasitelerinin verimli kullanılabilmesi için Jidoka yöntemi uygulanmıştır. Mevcut durum analizinde 2022 yılına ait OEE ve duruş verileri kullanılmıştır. Bu veriler ışığında ilk olarak odak fabrika seçilmiştir. Seçim kararında hem duruş süreleri hem de yönetim tarafından alınan yatırım kararları etkili olmuştur. Fabrika seçiminden sonra uygulama yapılacak kayıp noktası belirlenmiş ve devreye alınmıştır. Çalışma sonucunda ilgili kayıp süresi 12,5% azalmıştır. Hurda miktarında da 19,5% iyileştirme sağlanmıştır.

Çalışmada elde edilen kazanımlar, yalın dönüşüm ile dijital dönüşüm entegrasyonunun işletmelere getireceği faydaları göstermiştir. Ayrıca Jidoka tekniğinin sadece kalite kayıplarına değil aynı zamanda kapasite kayıplarına da önlem olabileceği ortaya çıkmıştır. Elde edilen kazanımlar sonucunda uygulamanın firmanın diğer fabrikalarına da yaygınlaştırılmasına karar verilmiştir.



LEAN TRANSFORMATION AND JIDOKA IMPLEMENTATION IN A STEEL PROFILE PRODUCTION COMPANY

SUMMARY

The increasing costs aggravate the already challenging competitive conditions, putting businesses at a further disadvantage. In order to survive in the tough competitive environment and maintain price advantages and profit margins, companies must prioritize departing from traditional production models, using limited resources most efficiently, and reducing costs rather than increasing selling prices.

The desire to deliver value to customers with timely, in the requested quantity, in customer-defined quality and at minimal cost has led to a profound transformation in the manufacturing sector. Lean production takes a place at the center of this change which aimed at eliminating wastes in production processes. The primary goal of the lean production philosophy is to eliminate or minimize waste in its processes. One of the 8 major wastes in processes is "Defective Production / Scrap" a problem encountered by many companies. Most companies continue their production with high scrap or defect rates. Companies aim to eliminate or minimize these losses by implementing various solutions. Jidoka, one of the fundamental pillar of Lean Production and the Toyota Production System, is One of the most effective techniques that can be employed to eliminate or minimize defective production waste. Jidoka is an automation system that detects faults, defects, etc., in machines or processes, stops the process, and prevents the error from being transferred to subsequent processes. Jidoka can be used not only with machines but also in labor-intensive processes. Moreover, it has begun to be implemented in software architectures recently.

In this study, an Overall Equipment Effectiveness (OEE) system has been implemented in the steel profile production industry. First of all, a downtime methodology suitable for the business processes was created. As part of study, a distinction was made between planned and unplanned downtime type. Planned downtimes were identified along with the underlying reasons inherent in the nature of the production processes, along with general definitions applicable to all companies. Next step, an unplanned downtime class was created, and 5 main categories were identified as the top reasons. While determining these main categories, both top reasons applicable to all production companies and sector-specific top reason titles were created. After defining the downtime classifications, the next step was to determine the point where the downtime signal would be received and to carry out the conceptual design for the MES system to calculate availability. For performance calculation, it is necessary to determine the target cycle time for the line. Within this scope, bottleneck points and target cycle times for each product were determined by analyzing the products produced on the line. In cases where multiple product types are produced within a shift, the target cycle time is proportionally weighted based on the net production times of the products and determined as a weighted average. Due to the nature of the hot rolling process, the amount of final product exiting the line will not be equal to the raw material input to the line. The difference in quantity between input

and output will be deducted from the quality calculation as production losses (engineering scrap). In addition, if the final product exiting the line is out of tolerance (scrap) or requires reprocessing, it is also designed to be deducted from the quality calculation. After all formulas were determined, the workflow of the created OEE methodology was coded and implemented in the MES system based on the conceptual design.

With the establishment of a lean office, the company has embarked on a lean transformation process. In addition to integrating lean production practices (5S, autonomous maintenance, Kaizen, OEE, etc.) into the company, losses are also analyzed, and rapid precaution are taken. Within this scope, the downtime data for three factories within the company in 2022 were analyzed. After considering the analysis results and investment decisions, a pilot factory was selected. After selecting the target factory, downtime and scrap data for the factory were analyzed in detail. Despite the highest percentage of "Changeover" downtime in the downtime data, "Remaining Material on the Line" downtime loss was chosen as the focal point. This is because there are already existing and ongoing improvement efforts related to the "Changeover" downtime, and the "Remaining Material on the Line" downtime not only creates capacity losses but also leads to quality losses (rolling scrap).

Remaining material on the line arises from instabilities that can occur during the rolling process. Main causes include voltage fluctuations in power lines, sudden increases in machine currents, or material passing through a machine at a speed higher than the recipe values for the next machine, preventing the material from entering the next machine. To restart production that has stopped due to remaining material on the line, the remaining material on the line needs to be cleared. During these operations, production cannot take place, leading to capacity losses. Additionally, since the remaining material on the line cannot be reworked or used, it is scrapped (rolling scrap). Andon systems have been installed to quickly respond to increases in current values and these abnormalities on the line. During changeover, the product recipe is called from the control panel of the SCADA system, and the number of rolling stand to be used in the product to be produced and which rolling stand will be used are marked on the recipe. In addition, the current tolerance values for the selected machines are entered as a percentage. If the machine current values exceed the tolerance value in the recipe during production, warning signals are displayed on the screens of the control room. The operator takes necessary actions based on this warning. High machine speeds sometimes do not allow the operator to make necessary interventions, leading to both capacity and quality losses due to material sticking to the line. At this point, the Jidoka system comes into play to minimize the losses experienced.

If, after passing through the intermediate shear point and entering the finishing group machines on the rolling line, the material cannot enter the rolling mill due to any reason and accumulates, the operator at the control tower detects this anomaly both through the production simulation screen and by monitoring the line live. The operator presses the button to trigger the intermediate shear. Upon the operator's press, the intermediate shear takes the "cutting" position, thus starting to cut the material coming from behind. This prevents further accumulation of material on the machine. Additionally, with less remaining material on the line, the time required to clear it will be reduced.

As a result of the study, the relevant downtime decreased by 12.5%. There was also a 19.5% improvement in scrap quantity. The gains achieved in the study have

demonstrated the benefits of integrating lean transformation with digital transformation for companies. Furthermore, the Jidoka technique has been shown to prevent not just quality losses, but also capacity losses. As a result of the gains achieved, it has been decided to extend the implementation to the company's other factories.





1. GİRİŞ

Küresel rekabetin günden güne artması, işletmeleri fiyat avantajlarını korurken kar marjlarını da artırmak amacıyla müşterinin değer verdiği faaliyetlerde bulunmak için çalışmalar yapmaya zorlamaktadır. Değeri, müşteriye doğru zamanda, talep edilen miktarda, istenen kalitede ve en az maliyette ulaştırma isteği üretim sektöründe köklü bir değişime sebep olmuştur. Bu değişimin merkezinde de üretim süreçlerindeki israfları ortadan kaldırmayı amaçlayan bir yaklaşım olan Yalın Üretim yer almaktadır.

İkinci Dünya Savaşı'nı kaybeden Japonya'nın içinde bulunduğu ekonomik koşullar sonucu ortaya çıkan bu yönetim felsefesi, doğduğu işletme olan Toyota'nın adını alarak "Toyota Üretim Sistemi" olarak da anılmaktadır. Endüstriler arasında yaygınlaşan bu felsefe farklı kültürlerde birbirine benzer fakat çeşitli isimlerle kullanılmıştır.

Yalın üretim felsefesinin ilk uygulayıcısı Toyota fabrikasıdır. Temelleri, Taiichi Ohno ve diğer Toyota yöneticileri tarafından Amerika ziyareti sırasında oluşturulan bu sistemin amacı, Amerika'da bulunan firmalarla yarışabilecek bir üretim sistemi geliştirme düşüncesidir. Bu dönemde, Henry Ford tarafından öncülük edilen ve günümüzde birçok sektörde hala yaygın olarak kullanılan kitle üretim sistemi Amerika'da hakimdi. Tahminlere göre yığın halinde üretim yapıp, üretim sonrası kalite kontrol faaliyetlerinin yapılmasına dayalı olan bu üretim sistemi Taiichi Ohno tarafından kabul görmemiştir. Bunun yerine TPS olarak anılan ve ürün esaslı strateji yerine küresel rekabeti ve müşteri odaklı stratejileri esas alan bu yöntem geliştirilmiştir (Zerenler ve Iraz, 2006).

Yalın üretim felsefesinin endüstriyel anlamda farkındalık yaratması, Toyota üretim sistemini uygulayan çoğu şirketin bunu başararak verimliliklerini artırmaları sonucu olmuştur. Bunun akabinde, ilk olarak Japon otomotiv fabrikası Toyota'da uygulanan Yalın sistem, dünyaca kabul görmüş bir işletme yönetim felsefesine dönüşmüştür (Kurilava, 2015). Buna rağmen dünyanın yalın üretime olan ilgi ve merakı James Womack'ın "Dünyayı Değiştiren Makine" adlı kitabı yayınlanıncaya kadar sınırlı seviyede kalmıştır (Yuji ve Monica, 2010).

Womack, Jones ve Roos, 'Dünyayı Değiştiren Makine' adlı kitapta yalın üretimi, içinde katma değersiz unsur bulunmayan ve maliyet, işçilik, stok seviyesi, hata, tasarım ve geliştirme süreci, layout, hurda ve rework, müşteri memnuniyetsizliği gibi faktörlerin minimum seviyeye indirildiği bir üretim sistemi olarak tanımlamıştır (Womack ve diğerleri, 1992).

Toyota Üretim Sistemi'nin temel yapı taşlarından bir tanesi olan Jidoka, ortaya çıkan tüm anormalliklerde sistemi durdurma ve bu anormalliğe karşı cevap bulma olarak tanımlanmaktadır. Toyota kurucusu Sakichi Toyoda tarafından geliştirilen bu sistem, Toyota'nın üç konsepti daha geliştirmesine olanak sağlamıştır. Bunlar; ürün hatalı üretildiğinde birden fazla hatalı ürün ortaya çıkmasını önlemek için makinenin operasyonu engelleyecek şekilde otomatik olarak durması, bu metotla iş gücünün azaltılmasına veya makinelerin özelliklerinin artırılmasına ve bir operatörün birden fazla makineyi yönetebilmesine imkan tanınması ve herkesin hataya karşı duyarlılığın canlı kalmasını sağlayacak teknikler geliştirmesidir (Aksoy, 2019)

Bu çalışmanın amacı, Yalın Üretim 'in temel yapı taşlarından olan Jidoka sisteminin üretim kayıpları (malzeme, kalite, kapasite, işçilik vb.) üzerindeki etkisinin açıklanmasıdır. Bu amaçla, yalın dönüşüm sürecinde olan ve çelik profil üretimi yapan bir firmadaki üretim hattının malzeme ve kapasite kayıplarının Jidoka uygulaması ile azaltılması hedeflenmektedir.

Belirlenen amaca göre yapılan bu çalışma literatür tarama, yöntem ve uygulanan metotlar, Jidoka sisteminin uygulanması, sonuç ve değerlendirme olmak üzere 5 bölümden oluşmaktadır ve ilk bölümde Yalın Üretim ve Jidoka kavramları hakkında tanımlamalar yapılmıştır. İkinci bölümde ise çalışmada kullanılan teknik ile ilgili literatürdeki çalışmalar incelenmiş ve yorumlanmıştır.

Üçüncü bölümde yalın üretim, israf, yalın üretim ilkeleri ve bazı yalın üretim tekniklerine yer verilmiştir. Dördüncü bölümde çalışmanın uygulaması gerçekleştirilmiştir. Son bölümde, uygulamanın sonuçları değerlendirilmiş ve bu alanda yapılacak çalışmalara yönelik öneriler sunulmuştur.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Yalın üretim felsefesinin temel amacı süreçlerdeki israfların ortadan kaldırılması / en aza indirilmesidir. Süreçlerdeki 8 büyük israftan bir tanesi olan “Hatalı Üretim” israfı birçok şirketin karşılaştığı sorunlardan bir tanesidir. Çoğu firma yüksek fire veya hurda oranları ile üretimlerini devam ettirmektedir. İşletmeler farklı çözümler uygulayarak bu kayıpların ortadan kaldırılmasını / en aza indirilmesi amaçlamaktadır.

Bu çalışmada literatür taraması için Jidoka ile ilgili çalışmalar incelenmiştir. Çalışma içerikleri kronolojik sıraya göre özetlenip, değerlendirilmiştir.

2.1. Jidoka Tekniği ile Yapılan Çalışmalar

Jidoka kavramı, 20. yüzyılın başında Toyota'nın kurucusu Sakichi Toyoda tarafından, dokuma tezgahındaki bir ipin koptuğu zaman otomatik olarak duran bir tekstil dokuma tezgahı icat etmesiyle ortaya çıkmıştır (<https://www.lean.org.tr/yalin-kavramlar-jidoka-nedir/>), (Aydin, 2009). Jidoka, ortaya çıkan herhangi bir anormallikte sistemin durdurulmasını ve probleme çözüm bulunmasını amaçlar.

Bu bölümde, 2008-2022 yılı arasında Jidoka felsefesi kullanarak yapılan çalışmalar incelenmiştir. Bu çalışmaların amaçları ve edinilen sonuçlar kronolojik bir sırayla Tablo 2.1. (Devamı)'de özetlenmiştir.

Tablo 2.1. Literatür özeti.

Yazar	Çalışma Yılı	Özet
Danovaro ve Arkadaşları	2008	Bu çalışmada, Jidoka felsefesinin yazılım üretimine dahil etmek üzerine bütünsel yaklaşım önerilmiştir. Jidokayı destekleyecek araçların mimarisi tasvir edilmiş ve bileşenleri tanımlanmıştır.
Nilda ve Arkadaşları	2018	Bu çalışmada, çimento ambalajı (kraft torba) üretimi yapan bir fabrikadaki makinelerde meydana gelen arızalara tepki süresinin ve buna bağlı olarak hatalı üretim miktarının azaltılmasına yönelik jidoka çalışması uygulanmıştır. Gerçekleştirilen andon uygulamaları ve jidoka prosedürleri ile birlikte arıza tepki süresi %93,66'ya kadar iyileştirilebileceği hesaplanmıştır.
Romero ve Arkadaşları	2019	Çalışmada, önceden manuel olarak yürütülen işlemlere yönelik tam otomasyon işlemlerinin (Jidoka sistemleri) kademeli olarak geliştirilmesi /benimsenmesi savunulmuştur.

Tablo 2.1. (Devamı) Literatür özeti.

Tekin ve Arkadaşları	2019	Türkiye'de faaliyet gösteren ve ISO 500 sanayi şirketleri arasında yer alan firmada gerçekleştirilen bu çalışmada, yüksek kalitede ürünler üretmek ve verimlilik artışı sağlamak amacıyla Jidoka ve SMED teknikleri uygulanmıştır. SMED tekniği sayesinde 36,5 dakikalık bir zaman kazandırılmıştır. Jidoka uygulaması ile de vals tüpü üretiminde herhangi bir anormallik oluştuğunda operatörün müdahale edebilmesini sağlayacak ışıklı göstergeler eklenmiştir.
Alcaraz ve Arkadaşları	2022	Çalışmada, makinelerle ilişkili Yalın Üretim araçları ile sürdürülebilirlik ilişkisinin sayısallaştırmak için yapısal eşitlik modelini (SEM) raporlamaktadır. Rapor için Meksika Serbest Ticaret Bölgelerinde anket çalışması yapılmıştır. Yapılan bu anket çalışmasında Yalın üretim araçları (TPM, Jidoka ve OEE) bağımsız değişken olarak kabul edilmiş ve elde edilen 239 yanıt "En Küçük Kareler" tekniği kullanılarak sürdürülebilirlik ile ilişkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda; TPM, OEE ve Jidoka'nın sürdürülebilirlik ile doğrudan etkilediği tespit edilmiştir.

2.2. Literatür Çalışmalarının Değerlendirilmesi

Jidoka, TPS'in temel bileşenlerinden biri olan ve proseslerde yaşanabilecek anormalliklerin bir sonraki istasyona/sürece aktarılmasını engelleyen sistemlerdir. Jidoka (otonamasyon) sistemleri ile süreç içerisinde herhangi bir anormallik meydana gelmesi durumunda sürecin durdurularak, anormalliğin sonraki süreçlere akmasının engellenmesi ve malzeme/kapasite kayıplarının azaltılması amaçlanmaktadır. Her ne kadar TPS ile birlikte üretim süreçlerinde kullanılmaya başlansa da son yıllarda yazılım mimarilerinde de kullanılmaya başlanmıştır. Bu kapsamda yapılan bu çalışma Jidoka ile ilgili yapılmış uygulamaları da içermektedir.

Bu çalışma ile birlikte işletmenin kayıplarının tespit edilebilmesi ve bu kayıplara karşı aksiyonlar alabilmek için OEE sistemini kurulması amaçlanmıştır. Kurulan OEE sistemi ile birlikte kayıplar analiz edilmiş olup, bu kayıplar içerisinde önemli bir oran oluşturan ve ortaya çıkması durumunda aynı anda gerçekleşen işgücü, malzeme ve kapasite kayıplarının azaltılabilmesi için Jidoka uygulamalarının yapılması hedeflenmiştir.

3. YÖNTEMLER

Bu çalışmada üretim hattındaki malzeme ve kapasite kayıplarının Jidoka sistemi ile azaltılması hedeflenmiştir. Bu bölümde yapılan uygulamanın daha iyi anlaşılabilmesi için çalışmada kullanılan metotlar ve bazı yalın üretim teknikleri hakkında bilgi verilmiştir.

3.1. Yalın Üretim

Yalın Üretim; temelinde insana saygı ve sürekli iyileştirme (Kaizen) olan, süreçlerdeki değer katmayan faaliyetlerin eliminde edilmesini ve maliyetlerin düşürülmesini hedefleyen, üretimle birlikte hizmet sektöründe de uygulanabilen bütünsel bir yönetim yaklaşımıdır.

İlk olarak Toyota fabrikalarında uygulanmaya başlayan bu anlayış Toyota Üretim Sistemi (Toyota Production System) olarak da bilinmektedir. Bu felsefe, müşteri taleplerinin yüksek kalite, düşük maliyet ile karşılanacağı, daha kısa teslim süreleri sağlayan, israflardan arındırılmış, eldeki kaynakları en etkin şekilde kullanan bütünsel bir yaklaşımdır.

Yalın üretim, 1950'li yıllarda Toyota'nın mühendis çalışanlarında biri olan Taiichi Ohno tarafından Ford'un kitlesel üretiminden farklı bir düşünce olarak ortaya konulmuştur. Müşterinin isteğini doğru zamanda, istenen kalitede ve talep edilen miktarda üretilip müşteriye ulaştırmayı hedefleyen bir yönetim şeklidir (Acar, 1999)

Yalın üretim tekniklerinin çıkış noktası üretim olmasına rağmen hizmet sektöründe de kullanılabilir. Buradaki asıl zorluk amaca uygun bir şekilde bu tekniklerin prosese uygun bir şekilde nasıl uyarlayacağımız ve bunları nasıl uygulayacağımızdır (Dennis, 2007). Yalın üretim başka bir kaynakta ise üretim ve iş süreçlerindeki değer katmayan faaliyetleri ortadan kaldıran bir sistem olarak tanımlanmıştır. Bu metodoloji, sistem kurma, kaliteyi artırma, verimliliği artırma ve maliyetleri azaltma gibi adımlarla büyük resmi ele alır (Elbert, 2013).

Üretimin, bir sistem olarak kabul edilmesini sağlayan tarihsel gelişmelerin, geçmişten günümüze kadar sıralı olarak tanımlanması, Yalın Üretimin gelişim sürecinin

anlaşılabilmesi ve açıklanabilmesi için oldukça önemlidir. Üretimin bir sistem haline geçişi sürecinde gerçekleştirilen çalışmalar, Yalın Üretim kültürünün oluşmasının temellerini oluşturmuştur. (Öner, 2019)

Üretim faaliyetlerinde ortaya konulan ilk tanım süreçtir. 18.yy ile birlikte üretimin bir sistem haline gelmesinde etkisi olan insanlar bazı çalışmalar gerçekleştirmiştir. Bu çalışmalar Tablo 3.1.'de özetlenmiştir (Kesit, 2019), (Nicholas, 2018).

Tablo 3.1. Yalın üretimin kökleri.

<i>Gelişim Aşamaları</i>	<i>Kişi/Kişiler</i>	<i>Tarih</i>
Değiştirilebilen parçalar	Eli Whitney	1850'ler
Modern makine araçlarının ortaya çıkması		1860-1875
Çizim ve teknik resim standartlarının oluşturulması	Henry Ford	1860-1875
Standart tolerans sisteminin geliştirilmesi		
Zaman etütlerinin geliştirilmesi	Frederick Taylor	1890-1910
İş standart metodolojisinin oluşturulması		
Standart işlerin oluşturulması	Frank ve Lillian Gilbreth	1890-1910
Zaman ve hareket etütleri		
Süreç şemaları	Henry Ford	1912-1926
Montaj hattı		
Ford'un kendi yönetim felsefesini geliştirmesi		
Dikey entegrasyon		
Akış yönetimi		
İstatistiksel proses kontrolü	Joseph Jura Edward Demming	1942-1948
Toplam kalite yönetimi		
Tam zamanında üretim	Eiji Toyoda Taiichi Ohno	1950-1985
Toyota üretim sistemi		
Stoksuz üretim		
İş ekipleri		
5S		
Kalite çemberleri		
Yetkilendirilmiş işçiler		
Değer akış yönetimi		

3.2. Yalın Üretimin İlkeleri

Yalın düşüncenin hedefi, yalın üretim kültürünü şirkete yaymak, yalın değere ulaşmak ve yönetimin öncelik rotasını bu yöne doğru değiştirmek, süreçleri israftan arındırırken katma değerli faaliyet oranını artırmak ve verimliliği elde etmektir (Ercan, 2013).

Farklı kitleler tarafından da kabul gören yalın üretimin 5 temel ilkesi şu şekildedir:

- Değer
- Değer akışı
- Sürekli Akış
- Çekme
- Mükemmellik

3.2.1. Değer

Yalın düşüncenin ilk adımı değerdir. Yalın üretim açısından değer, müşterinin parasını ödeyerek satın almayacak faaliyetler bütünüdür. Değeri yaratan üretici iken değeri tanımlayan ancak müşteridir. Nihai müşteri ürünün satıldığı bir kişi veya kurumlar olabilirken aynı zamanda ürünün bir sonraki üretim rotası da olabilir.

Almanya'da değer, birçok uzmanın ve mühendisin karmaşık tasarımlarında, detaylı yeni süreçlerinde veya kapsamlı makinelerinde bulunur. Alman firmalarının yöneticileri tasarladıkları kompleks ürünü ürettikten sonra müşterinin hizmetine sunarlar. Ürünü tanıttıklarında müşterinin isteyeceğini veya istemezse müşterinin bunu anlayacak düzeyde olmadığı şeklinde açıklamışlardır. Japonya'da ise değer nereden oluşturulduğu daha büyük bir önem kazanmıştır. (Womack ve Jones, 2003).

Değerin yaratılması konusunda olması gereken odak noktası, değer müşteriden tarafından bakılarak tekrar düşünülmektedir. Değerin anlamlı olabilmesi için müşteri ihtiyaçlarının belirli bir zamanda ve belirli bir fiyatla karşıladığı bir ürün veya hizmeti göz önünde bulundurmak önemlidir. Bu beklentilerin fazlası müşteri için bir anlam ifade etmez. Aynı zamanda bu fazlalıklar üretim için israf olabilir.

3.2.2. Değer akışı

Değer akışı, bir ürünün/hizmetin tasarımından, sipariş edilmesi ve müşteriye teslim edilinceye kadar olan süreçteki tüm faaliyetler bütünüdür.

Yalın düşünce, ham maddeden kullanıcıya ulaşan nihai ürüne dönüştüğü değer yaratma sürecindeki tüm faaliyetlere bakmayı gerektirir. Değer akışında üç farklı faaliyet türü vardır:

1. Değer katan faaliyetler
2. Değer katmayan ama yapılması zorunlu faaliyetler
3. Değer katmayan faaliyetler

3.2.2.1. Değer katan faaliyetler

Müşterinin istemiş olduğu ana malzemenin ortaya çıkmasında yapılan işlerdir. Ham madde, işçilik vb. gibi maliyetlerin büyük kısmını oluşturur. Özetleyecek olursak, müşterinin istediği yöne dönüşümü sağlayan faaliyetlerin tamamıdır.

3.2.2.2. Değer katmayan ama yapılması zorunlu faaliyetler

Müşteri açısından bir anlam ifade etmeyen, para ödemek istemeyeceği ancak üretim yapılabilmesi için zorunlu olan faaliyetlerdir. Kalıp / aparat bağlama, ayar gibi faaliyetler ürünün üretilmesi için zorunlu ancak ürüne değer katmayan faaliyetlerdir.

3.2.2.3. Değer katmayan faaliyetler

Müşterinin parasını ödemek istemediği fakat üretim esnasında ortaya çıkabilen ve ürün üzerinde değeri olmayan bekleme, hatalı üretim vb. faaliyetlerdir.

3.2.3. Akış

Değerin tanımı yapıp, değer akışı çıkarıldıktan sonra ürüne akış vermeye sıra gelmektedir. Bir süreç boyunca ürün/hizmetin bir sonraki süreçte istenilen seviyede geçmesi akış olarak tanımlanmaktadır.

Sürekli akış ilkesinin temeli ilk olarak 1913 yılında Highland Michigan'daki Ford fabrikası son montaj hattında Henry Ford ve arkadaşları tarafından atılmıştır. Model T üretimi için harcanan emeğin % 90 oranında azaldığını tespit eden Ford, bu prensibi tüm parçaların üretimini gerçekleştiren makinelerin yerleşiminden, ham maddeden nihai ürün olan otomobil satışına kadar olan tüm süreçlere vermeye çalışmıştır (Womack ve Jones, 2003).

Entegre bir firmayı yalın üretim felsefesine göre yeniden tasarlamamanın en önemli adımı, üretim süreçlerinde kesintisiz bir akış sağlamaktır. Bu, üretim proseslerinin her noktasında sürekli ve düzgün bir ilerleme anlamına gelir. Akış, yalın üretimin temel taşlarından biridir çünkü ham maddeden nihai ürüne kadar olan tüm adımları inceler ve en yüksek kalitede ürünün müşteriye ulaştırılmasını sağlayacak bir yol haritası oluşturur. Akışın sağlanması, kestirimci bakım ve jidoka gibi tekniklerin kullanılmasını gerektirir (Liker, 2004).

3.2.4. Çekme

Üretimde çekme, bir sonraki prosesin müşterisi talep etmeden ürünün hiçbir şekilde üretilmemesi anlamında gelmektedir. Stok tutulmasını ortaya çıkaran başlıca sebebi nihai ürün talebinin miktarı belirsizken gerçekleştirilen üretimdir.

Çekme ilkesi, ürünleri müşteriye itmek yerine müşterinin kendi ihtiyaçları doğrultusunda istediği zaman çekmesini esas alır. Böylece müşteri, istediği ürünü istediği zamanda alabileceğini bilir ve üretici de elinde kalan stokları iskontolu veya zararına satmak zorunda kalmaz, böylece daha dengeli bir talep oluşur (Womack ve Jones, 2003).

Çekme sisteminde süreç, müşterinin ürün talebinde bulunmasıyla başlar. Bilgi akışı üretimin ilk başladığı noktaya ulaşıncaya kadar her zaman kendinden önceki prosese doğru hareket eder. Bu noktadan sonra ilk süreçten sonuncuya kadar bilgi akışı yerine parça ilerleyişi gerçekleşerek nihai ürün müşteriye teslim edilir.

Stok tutma sebepleri: (Acar, 2003)

- Makinelerin sık arıza göstermesi, ara stokların oluşmasına yol açar ve üretim akışını kesintiye uğratar. Bu yüzden, JIT ortamında, tüm ekipmanların düzenli bakımları yapılmalıdır.
- Hatalı üretim, sürekli ve kesintisiz bir üretim akışını bozan bir faktördür. Bu nedenle, JIT ortamında, güvene dayalı ve hata olasılığını en aza indirmeyi hedefleyen kişisel yetkinliklere ve sorumluluğa dayalı Toplam Kalite Yönetimi sistemlerine ihtiyaç vardır.
- Senkronizasyon eksikliği, yarı mamul güvenlik stoğunun tutulmadığı bir sistemde, iki prosesin üretim döngüsünü aynı anda tamamlamaması durumunda işleyişi durdurur.
- Müşteri taleplerindeki belirsizlik, stoklu üretimi teşvik eden önemli bir etkidir. Bu belirsizliği önlemek için, genellikle belirli bir zaman diliminde talep edilen miktar dondurularak üretim hattının kapasitesi buna göre planlanır ve günlük üretim programları oluşturulur.
- Pazarlama belirsizliği, termin ve miktar açısından sevkiyat tarihlerinin belirsizliğine neden olur ve bu da stok seviyelerini artırır. Bu nedenle, JIT ortamında, tedarik zincirindeki belirsizlikleri azaltmak için iş birliği ve iletişim önemlidir.

3.2.5. Mükemmellik

Mükemmellik kavramı, hiç tamamlanmayan yalın bir yolculuktur. Bu açıdan mükemmellik kavramını sürekli iyileştirme (kaizen) olarak düşünmek gereklidir. Yalın felsefenin temeli, “iş doğru yapmak” yerine “doğru işi bir kerede yapmak” ilkesidir. Buna karşın israf tamamen ortadan kaldırılamayacağı için mükemmellik, aslında ulaşılması mümkün olmayan izafi bir hedef niteliğindedir. Bu durumda, en gerçekçi hedef, sürecin ulaşılabilir en yüksek performans değerine ulaşılması ve sürekli olarak bu değerin geliştirilmesidir. Mükemmelliğin anahtarı olarak değerlendirilen sıfır hata kavramı, esasında hataları tespit edip onları gidermek yerine onların oluşmasını engelleyecek bir yaklaşımdır. Bu açıdan değerlendirildiğinde sıfır hata, ürünlerde hiç hata olmaması olarak değil, işletmenin tüm fonksiyonları bir bütün olarak değerlendirilmesidir. Hatasız üretilmiş ancak zamanında satılamamış her bir ürün stok maliyeti, değer kaybı gibi nedenlerle işletmelerde israflara yol açacaktır (Arslandere, 2017), (Türkan, 2010)

Yalın felsefe uygulamaları ile birlikte işgücü verimliliği, işin tamamlanmasına kadarki geçen süre, stoklar, müşteri şikayetleri, hurda oranları ve ürünün müşteriye sunulma süresi vb. göstergelerin hepsinde gözle görülür iyileşmeler olacaktır. Ayrıca daha az ek maliyetler ile büyük teknoloji yatırımlarına gerek kalmadan ürün çeşitliliğinde birkaç yıllık süre içinde artış sağlanabilecektir. Örneğin, Pratt & Whitney, türbin bıçaklarının tam otomatik taşlama sistemini, kendi mühendisleri tarafından kısa bir sürede tasarlanan ve dörtte bir maliyetle çalışan bir U tipi hücreyle değiştirmiştir. Yeni sistem, toplam işlem süresini %99 azaltırken üretim maliyetlerini de yarıya indirmiştir. Ayrıca, ürün değiştirme süresini de saatlerden saniyelere indirerek Pratt’ın müşteri isteğini siparişi alır almaz yapabilmesini mümkün kılmıştır. Pratt, eski otomatik sistemden hurda değerinden fazlasını elde etmese bile, yalın düşünceye geçişin kendisini bir yıl içinde amorti edeceğine inanmaktadır (Arslandere, 2017).

Mükemmelliğin en önemli destekçisi, şeffaflıktır. Şeffaflık yalın sistemde taşeronlar, ilk basamak tedarikçiler, montajcılar, dağıtım kanalları, müşteriler ve çalışanlar, yani değer zincirindeki tüm bileşenlerin her şeyi görebildiği gerçeğidir. Sadece yalın araçlarının kullanılması veya ilkelerinin duyurulması yalın dönüşüm için yetersizdir. Yalın dönüşüm sürecini gerçekleştirebilmek için sürekli iyileşmenin şirket kültürüyle bütünleşmesi şarttır (Womack ve Jones, 2003).

3.3. İsrâf

Yalın üretim, üretim faaliyetlerinde kullanılan kaynakları (ekipman, işçilik, ham madde, enerji vb.) israfları azaltarak verimliliğin artmasına olanak sağlayan bir üretim yönetim sistemidir. Üretim süreçlerindeki katma değersiz ve israfa neden olan tüm faaliyetlerin ortadan kaldırılmasını sağlamaktadır. Bu amaçla kurulan sistemin sürekli olarak iyileştirilmesi yani katma değer yaratan faaliyet oranının artırılması ve kalıcı hale getirilmesi çok önemlidir. Yalın düşünceye göre 7+1 temel israf vardır. Bunlar şu şekildedir: (Tekin ve ark., 2019).

- Fazla üretim
- Envanter
- Hareket
- Bekleme
- Fazla işleme
- Hatalı üretim (hurda ve rework)
- Gereksiz taşıma
- Kullanılmayan yetenek/vasıfsız personel

İşletmelerde israfların ortaya çıkmasının sebepleri aşağıda sıralanmıştır.

- Yerleşim planının uygun olmaması
- Ayar sürelerinin uzun olması
- Arıza tamir sürelerinin uzun olması
- Süreçlerin yetersiz olması
- Bakım faaliyetlerinin etkin olmaması
- İş yapma biçimlerinin yetersiz/kötü olması, standart olmaması
- Eğitim yetersizliği
- Organizasyonel bozukluklar
- Geleneksel yönetim biçimleri
- Performans ölçümünün olmaması veya yanlış/yetersiz olması
- Planlama yetersizliği
- Ham madde kalitesinin yetersiz olması
- Müşteri şikayetlerinin etkin bir şekilde değerlendirilememesi

3.3.1. Fazla üretim

Talep edilen miktardan fazla veya talep edilen süreden daha önce üretimin gerçekleştirilmesi sonucu ortaya çıkan israftır. Aşırı üretim israfı, stok maliyetlerin artmasına kaynakların (ham madde, işçilik, ekipman vb.) verimli kullanılamamasına neden olmaktadır.

Fazla üretim israfının yarattığı problemler aşağıdaki gibidir:

- Fazla mesai ve ekipman ihtiyacı
- Sarf malzeme ömrünün kısalması
- Enerji ihtiyaçlarında artış
- Lojistik faaliyet ve maliyetlerinde artış

Fazla üretim israfı; esnek bir üretim sağlayabilmek için SMED çalışmaları ile ürün değişim sürelerinin azaltılması ve kanban sistemi ile JIT anlayışına geçiş yapılarak ortadan kaldırılabilir.

3.3.2. Envanter (fazla stok)

İşletmeler iş akışı için gerekenden fazla materyale ve bulk malzemeye sahip olduğunda ortaya çıkan israftır. Büyük kayıpların ve problemlerin yegâne sebeplerinden birisi envanterdir (fazla stok). Kök nedenleri arasında, fazla üretim, fazla satın alma, yüksek hurda oranı, ürün değişiminin ve hazırlık sürelerinin uzun sürmesi ve tedarikçilerin JIT felsefesini benimsememeleri bulunmaktadır. Kanban analizleri yapmak bu israfın ortadan kaldırılmasında yardımcı olacaktır.

3.3.3. Hareket

Çalışma ortamının iyi tasarlanmaması, gereksiz malzeme, ekipman ve çalışanların gereksiz hareketlerine neden olan bir israf kaynağıdır. Sık kullanılan araç-gereçlerin uzak bir konuma yerleştirilmesi, iş planında olmayan faaliyetlerin ve çalışma alanında ihtiyaç duyulan doküman ve malzemelerin düzensiz bir şekilde istiflenmesi, arama süreçlerinin artmasına ve böylece işin gereksiz hareketlerle dolu olmasına ve israfa neden olur (Öksüz vd. 2017). Bu israfın ortadan kaldırılması için spagetti diyagramı ve 5S çalışmaları yapmak yeterli olacaktır.

3.3.4. Bekleme

Makinenin prodesteki işlemmini gerçekleştirmesini veya makine tamiri için beklemek kaynaklı ortaya çıkan israftır. Ayrıca, malzeme, bilgi veya çalışanı beklemek de bu israf sınıfı içine girmektedir.

Bekleme israfı; zaman etüdü, metot etüdü, hat dengeleme (yamazumi) gibi teknikler kullanılarak etkileri azaltılabilir.

3.3.5. Fazla işleme

Fazla işleme, iş akışında gerekenden fazla çalışmayı (gerekenden fazla kontrol ve onay süreçleri vb.) temsil etmektedir. Fazla işlem ürüne değer katmaz ve müşteriden bu işlem için ödeme alınmaz. Tespiti en zor olan israf türüdür. Bu israfı tespit edebilmek için aşağıdaki sorular sorulmalıdır (Sivaslı, 2006):

- Bu prosedürün veya parçanın temel işlevi nedir?
- Bu operasyon için süreç yeterince iyi tasarlandı mı?
- Yanlış makine ve süreç kapasite spesifikasyonları mevcut mu?
- Müşteri ihtiyaçları net olarak belirleniyor ve anlaşılıyor mu?
- Parça spektleri müşteri beklentilerini karşılıyor mu?

3.3.6. Hatalı retim (hurda ve rework)

Hatalar, müşterinin istekleriyle ürünün uyuşmamasıdır. Bu durum işletmede istenmeyen maliyetlere yol açacaktır (rework ve hurda maliyeti). Hatalı retim israfının ortaya çıkmasının nedenleri arasında; proses yetersizliği, proseslerin kontrolsüzlüğü ve standartlaştırılmaması, vasıfsız işgücü ve yetersiz alan düzenlemeleri yer almaktadır.

Hatalı retim israfını önlemek için Poka-Yoke ve standart iş talimatı çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Böylece hatasız ürünlere ulaşmak kolaylaşacaktır. Ayrıca, hatalı üretim israfını tamamen ortadan kaldırmasa bile sonraki proseslere olan etkisini azaltmak için Jidoka (otonamasyon) faaliyetleri hayata geçirilebilir.

3.3.7. Gereksiz taşıma

Ekstra ekipman, makine, yarı mamul, ham madde ve ürünlerin farklı bölgelere taşınması, israfın bir örneğidir. Prosesler arasında malzeme ve bilgi taşınması, üretim alanının doğru şekilde tasarlanmaması nedeniyle ortaya çıkan aşırı taşıma süreleri ve

belgelerin uzun mesafeler boyunca dolaşması önemli maliyetlere yol açar. Bu süreçler, iş akışını aksatır ve verimliliği azaltır. (Öksüz vd. 2017).

3.3.8. Kullanılmayan yetenek/vasıfsız personel

Toyota Üretim Sistemi içerisinde yer almayan bir israftır. Kullanılmayan veya yeterli olmayan bilgi ve becerileri tarif etmektedir. Bu israf personelin kötü eğitimi, problem çözümünde katkısı olmaması ve yetersiz iletişim veya personelin yanlış proseste kullanılması nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Problem çözümü için personeller arasında liderlik eğitimleri verilmeli, Kaizen katılımlarını sağlamak için teşvik sistemlerinin kurulması ve personel polivalans tablolarının oluşturulması gerekmektedir.

3.4. Yalın Üretim Teknikleri

Yalın üretim, süreçlerin israflardan arındırılmış olması demektir. Yalın üretim, müşterinin belirlemiş olduğu değere göre katma değer yaratan faaliyetler ve değere ulaşmaya çalışırken kaynak ve zaman kullanmasına rağmen ürüne değer katmayan ve müşterinin para vermek istemediği katma değersiz faaliyetleri belirlemek ve bunları elimine etmek için kullanılır. Yalın üretim sistemi, müşterinin istediği ürünü, minimum kaynak kullanarak, en kısa sürede, minimum maliyetle ve hatasız olarak temin etmeyi hedefler (Demirkır, 2008). Bu hedefi yerine getirebilmek için çeşitli yalın teknikler kullanılmaktadır. Bu tekniklerden bazıları aşağıdaki gibidir:

- 5S
- Kaizen (sürekli iyileştirme)
- TPM
- SMED
- JIT
- Standart iş
- Poka-Yoke
- Jidoka

3.4.1. 5S

İşletmelerde çalışma ortamını yalınlaştırarak, bu ortamın ve işin sürekliliğini sağlamak için geliştirilen, Japonların günlük hayatlarında da refleks olarak uyguladıkları, “S” harfiyle başlayan 5 tane Japonca kelimeden oluşan bir yalın üretim tekniğidir.

5S'in organizasyonlarda temizlik, tertip, düzen ve ergonomiyle birlikte sağladığı faydalar aşağıda sıralanmıştır:

1. İş güvenliği; tezgahlar temiz bir şekilde korunacağı için olası yağ kaçaqları, arızalar vb. kaza riski oluşturan unsurlar kolaylıkla fark edilecek ve önlem alınabilecektir. Ayrıca, sahada bulunan her malzemenin tanımlı bir alanı olacağı için yürüme yollarında malzemeler takılıp düşme vb. iş kazası riskleri ortadan kalkacaktır.
2. Kalite; sağlam ve hurda ürünler birbirinden ayrılacağı için üretimde meydana gelen hurdaların sebepleri daha kolay analiz edilebilir ve çözüm bulunabilir hale gelecektir.
3. Moral; temiz ve düzenli bir çalışma ortamı, çalışanların motivasyonunun artmasını sağlayacaktır.
4. Verimlilik; gereksiz malzemeler elimine edileceği için sarf malzeme israfı da en aza inecektir. Ayrıca hem alandan tasarruf sağlanacak hem de stok maliyetlerin iyileşme sağlanacaktır. Özellikle tip değişim sürelerinin azaltılması için kullanılan en etkili araçlardan bir tanesidir.
5. Makine performansı; ekipmanlar düzenli olarak temizleneceği için otonom bakım faaliyetlerine de öncülük edecektir. Böylelikle ekipman ömürlerindeki hızlı kötüye gidişi engellenerek, doğal kötüye gidişin yolu açılacaktır (Çakırkaya ve Acar, 2016: 85).

5S'in uygulama adımlarını oluşturan kavramlar şunlardır:

- Seiri / Sort / Ayıklama
- Seiton / Set in Order / Düzenleme
- Seiso / Sweep / Temizlik
- Seiketsu / Standardize / Standartlaştırma
- Shitsuke / Sustain / Disiplin

3.4.1.1. 1S-ayıklama

Ayıklama adımı, malzemeler öncelikle kendi içerisinde gerekli ve gereksiz olarak ayrılır. Gereksiz olan malzemeler kırmızı etiketler ile belirtilerek ortadan kaldırılır. Bu malzemeler öncelikle işletmenin diğer alanlarında kullanılabilirlik durumu tespit edilerek bu noktalar aktarımı sağlanır veya hurda vb. şeklinde satılarak işletmeye

kazanç sağlanır. Gerekli malzemeler ise kullanım sıklığına çalışma alanında konumlandırılır.

3.4.1.2. 2S-düzenleme

Ayıklama işleminden sonra çalışma alanında kullanılan ve sürekli ihtiyaç duyulan ekipmanlar için alan tespiti yapılır ve bütün malzemeler belirlenen alanlarda istiflenir. Düzenleme adımının amaçları şöyledir (Ercan, 2013):

- Çalışma alanının düzgün görünmesi
- İşin gerekliliklerine göre verimli planlama ve yerleşim şekli
- İhtiyaç duyulan malzeme arama faaliyetlerini ortadan kaldırarak zamanı verimli kullanma
- Yönetilebilir envanter sistemi kurmak (minimum-maksimum stok seviyelerini görselleştirerek görünür kılmak)

3.4.1.3. 3S-temizlik

Hedef alan düzenli olarak temizlenir. Ancak burada önemli olan temizliğin aslında ekipmanın kontrollerinin yapılmasıdır.

Temizlik olası iş kazalarını engeller. Aynı zamanda düzenli temizlik işlemleri ekipmanın ömrünü artıracaktır.

3.4.1.4. 4S- standartlaştırma

İlk 3S maddesinin korunup, sürdürülebilir hale getirilebilmesi için standartlaştırma adımı geliştirilmiştir. Bu adımın amaçları şunlardır (Ercan, 2013);

- Standartlar oluşturarak 5S'i yönetmek
- Hazırlanan görsel şemalarla olumsuz durumların ortaya çıkarılmasını sağlamak
- Renkli materyaller ile kodlama sistemi oluşturmak

3.4.1.5. 5S-disiplin

İlk 4 adımdaki tüm faaliyetler belirli bir disiplin çerçevesinde uygulanmalıdır. Bütün çalışanlar 5S uygulamalarını sahiplenmelidir. Doğru uygulamalar işletmenin diğer alanlarında da yaygınlaştırılarak alışkanlık haline getirilmeli, sürekli eğitim ve iç denetim mekanizmaları ile 5S çalışmaları aktif olarak devam ettirilmelidir (Sezen, 2011).

3.4.2. Kaizen

Kaizen, Japonca 'da Kai ve Zen kelimelerinin birleşmesiyle oluşan ve dilimize sürekli iyileştirme olarak geçen, yalın üretimin en önemli araçlarından bir tanesidir. Kaizen, süreçlere yönelik, küçük adımlı, temelinde insan olan, bilgiyi paylaşarak daha iyisini arama çabasıdır.

Kaizen, proseslerdeki israfları bir başka deyişle süreç için katma değer yaratmayan tüm faaliyetlerin elimine edilmesini veya en az seviyeye indirilmesini amaçlar. İyileştirme noktalarının tespiti, karşı tedbirlerin uygulanması ve sonuçların elde edilmesi aşamaları iyileştirme çalışmasının içeriğine ve işletmeye olan etkisine göre değişiklik göstermektedir. Bazı iyileştirme noktaları hemen çözüme kavuşturulabilirken bazı iyileştirme konuları detaylı bir veri toplama ve analizi, aksiyon planı ve takip gerektirmektedir.

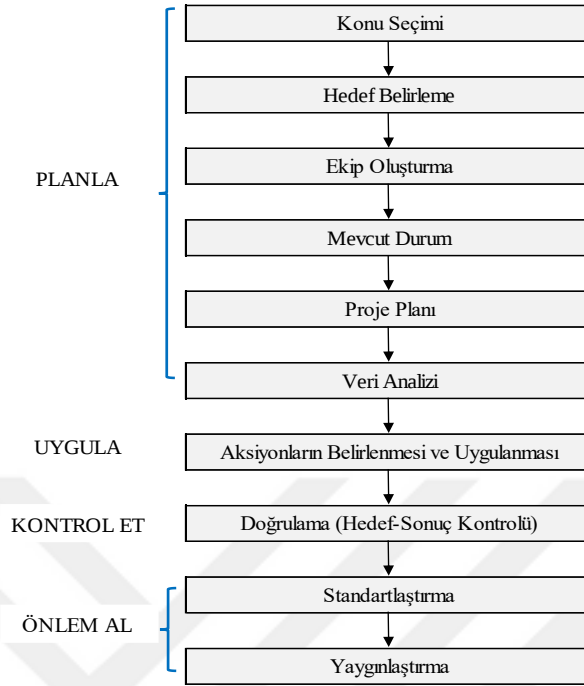
Kaizenin başarısı üç önemli etkene bağlıdır (Yılmaz, 2014):

- Üst yönetim Kaizen hakkında bilgi sahibi olmalı, çalışmaların nasıl değerlendirilmesi gerektiğini bilmeli ve personelleri Kaizen çalışmaları konusunda teşvik etmelidir.
- Tüm çalışanlar Kaizen felsefesini anlamalı ve Kaizen için olumlu bir tutum göstermelidir.
- Tüm çalışanların Kaizeni günlük çalışmalarında uygulaması ve kaizenin felsefesini anlaması gerekmektedir.

Kaizen çalışmaları, çalışmanın içeriğine göre iki sınıfa ayrılmaktadır (Albayrak, 2018):

- Önce-Sonra Kaizen: Tespit edilen problem/kayıp için kapsamlı bir veri toplama, kök neden analizi ve takım çalışması gerektirmeyen, direkt tespit edilen noktaya uygulanabilecek ve hızlı cevap alınabilecek iyileştirme yöntemidir. Bu tarz çalışmalar genellikle çalışan fikri ile ortaya çıkmaktadır. Önce-Sonra Kaizen çalışmaları fikrin sahibi tarafından gerçekleştirilebileceği gibi başkası tarafından (konu ile ilgili uzman kişiler) veya uzman kişilerin yardımıyla da gerçekleştirilebilir. Önce-Sonra Kaizen çalışmaları genellikle en fazla 2 kişinin (ekip lideri + ekip üyesi) katılımıyla gerçekleştirilir.
- Kobetsu Kaizen: Süreçlerde verimsizliğe neden olan kronik problemlerin çözümünde devreye giren Kaizen türüdür. 10 adımdan (Şekil 3.1.) oluşan bu

Kaizen türü, 3 ile 7 arası ekip üyesinin yer aldığı, veri toplama ve analizi, kök neden analizi ve takip gerektiren iyileştirme yöntemidir.



Şekil 3.1. Kobetsu kaizen 10 adımı.

İmai (1986)'a göre Kaizen çalışmalarına katılımdaki hiyerarşik yapı aşağıda Tablo 3.2. (Devamı)' de verilmiştir.

Tablo 3.2. Kaizen çalışmalarına katılımda hiyerarşik yapı.

Üst Yönetim	Orta Yönetim Personel	Kademe ve Amirler	İşçiler
Şirket stratejisi olarak görür	Üst yönetim tarafından belirlenen politika yayılımı ve işlevler arası faaliyetlerle Kaizen hedeflerini yaygınlaştırır ve uygular	Fonksiyonel rollerde kaizen'i kullanır	Öneri sistemine ve grup etkinliklerine katılır, kaizen çalışmalarına destek verir
Kaizen çalışmalarına kaynak sağlar ve bu çalışmalara destek verir	Fonksiyonel faaliyetlerde kaizen'i kullanır	Kaizen için planlar oluşturur ve işçilere rehberlik eder	İşyerinde disipline uyar

Tablo 3.2. (Devamı) Kaizen çalışmalarına katılımda hiyerarşik yapı

Kaizen politikasını ve operasyonlar arası hedefleri oluşturur	Standartları oluşturur, korur ve iyileştirir	Çalışanlarla etkileşimi arttırır ve yüksek moral sağlar	Problemleri daha etkin bir şekilde çözmek için kendini geliştirir.
Kaizen hedeflerine ulaşmak için oluşturulan politikanın yayılımını ve denetlemeleri gerçekleştirir	Çalışanlara kaizen bilincini aşılamak için eğitim programları gerçekleştirir	Ekip çalışmalarını ve bireysel öneri sistemlerini destekler, kalite çemberlerini teşvik eder.	Çapraz eğitim faaliyetleriyle yeteneklerini ve deneyimlerini artırır.
Kaizen'in sistematik ilerlemesi için sistemler kurar	Problem çözme araçlarını ve yetenekleri geliştirmede çalışanlara yardım eder	İşyerinde disiplini sağlar	
		Kaizen önerileri oluşturur	

3.4.3. TPM

TPM, üretim tesislerindeki ekipmanların ve varlıkların bakımını optimize etmeyi amaçlayan, ilk olarak 1970’li yıllarda Japon otomotiv endüstrisinde kullanılmaya başlanan ve Seiichi Nakajima tarafından geliştirilen, sadece bakıma yönelik değil aynı zamanda bakım ile üretkenlik arasında yakın bir ilişki kuran, ekipmanın düzenli bakımı ve çalışanların makinelerini “benim makinem” mottosuyla benimsemesi sonucu verimin küresel ölçekte rekabet edebilirliğini sağlayabilecek bir yönetim yaklaşımıdır.

TPM geçmişten bugünkü formuna ulaşınca kadar bakım faaliyetleri çeşitli aşamalardan geçmiştir (Şen, 2023):

1. 1950’den öncesi: Arızı bakım
2. 1950’li yıllar: Önleyici bakım
3. 1960’lı yıllar: Üretken bakım
4. 1970’li yıllar: Toplam üretken bakım

TPM felsefesi, üretimde verimsizliğe sebep olan ve ekipman etkinliğini düşüren 16 kaybı tanımlamaktadır. Kayıp çeşitleri Tablo 3.3.’te verilmiştir:

Tablo 3.3. 16 büyük kayıp.

Ekipman Kaybı	İşgücü Kaybı	Malzeme/Enerji Kayıpları
1. Arıza	1. Yönetim Kayıpları	1. Enerji Kayıpları
2. Setup	2. Üretim Hareket Kayıpları	2. Ürün/Malzeme Kayıpları
3. Takım/Bıçak Değişimi	3. Hat Organizasyon Kayıpları	3. Ekipman Kayıpları
4. Hız Kayıpları	4. Lojistik Kayıpları	
5. Küçük Duruşlar (Chokote)	5. Ölçme Ayar Kayıpları	
6. Hurda/Rework		
7. Başlangıç-Bitiş Kayıpları		
8. Kapatma Kayıpları		

TPM'in temel prensipleri şunlardır:

- **Toplam Katılım:** Tüm çalışanların TPM süreçlerine aktif olarak katılıp sorumluluk alması önemlidir. Ayrıca TPM süreçlerinin tüm işletmeye yayılıp başarılı olması için üst yönetim tarafından desteklenmelidir.
- **Ekipman Etkinliği:** Kullanılan ekipmanların maksimum düzeyde ve verimli bir şekilde çalışmasını sağlamak için sürekli olarak iyileştirme yapılmalıdır. Kayıpların tespiti için ekipmanların OEE değerleri ölçülmelidir.
- **Önleyici Bakım:** Ekipman arızalarının önceden belirlenmesi ve önlenmesi için düzenli bakım yapılmalıdır.
- **Eğitim ve Yetenek Geliştirme:** Çalışanların bakım süreçlerinde etkin bir şekilde çalışabilmeleri için eğitim ve yetenek geliştirme önemlidir.
- **Küçük Grup Aktiviteleri:** Küçük gruplar, ekipman performansını artırmak için iyileştirme faaliyetleri yürütür.

TPM'in 8 ana sütunu bulunmaktadır:

1. Odaklanılmış İyileştirmeler (Kobetsu Kaizen)
2. Otonom Bakım
3. Planlı Bakım
4. Kalite Bakım
5. Eğitim
6. SEÇ
7. Erken Ekipman/Ürün Yönetimi
8. Ofis TPM

TPM'in avantajları şunlardır:

- Üretim sisteminin verimliliğini maksimum seviyeye çıkaracak bir şirket kültürü oluşturmaktadır.
- Üretim alanları ve mevcutta kullanılan ekipmanlar ile ilgili arıza, kalite, iş kazası gibi kayıpları önleyecek kusursuz bir sistem kurmaktadır.
- Sadece üretim departmanlarında değil tüm birimlerde uygulanabilmektedir.
- Organizasyonun en tepesinden başlayarak en kıdemsiz çalışana kadar herkesi kapsamaktadır.
- Otonom bakım ve küçük grup faaliyetleri ile “sıfır kaybı” ön görmektedir.

3.4.4. OEE

Üretim işletmelerinin geleneksel fiyat belirleme politikalarından rekabetçi fiyat politikalarına geçişle birlikte karlılığın artırılabilmesi için satış fiyatı aynı kalırken maliyetleri azaltabilmek için üretim proseslerinin etkinliğinin ölçülebilir ve kayıp noktalarının tespit edilebilir olması gerekmektedir. Bu noktada, üretim proseslerinin etkinliğini ölçmek için kullanılan önemli ve evrensel en iyi uygulamalardan biri de OEE kavramıdır.

İşletmelerin üretim kapasite problemlerine karşı çözümler bulma ve müşteri taleplerini karşılayabilme amacıyla işletme yönetimlerinin ilk aklına gelen yeni makine alma, ilave vardiya koyma veya fazla mesai ile kapasite artırmak yerine, halihazırda bulunan ekipmanların kapasitesinin nasıl artırılacağı, performansın nasıl optimum düzeye çekileceği sorularının cevabı olarak OEE kavramı akla gelmektedir (Çelik, 2018).

Üretim proseslerinin etkinliğini azaltan ve sıklıkla yaşanan kayıplar duruş kayıplarıdır. İşletmelerde en sık yaşanan 8 büyük ekipman kaybı şu şekildedir:

1. Arıza kaybı: Arızalanan ekipmanın üretim gerçekleştiremediği süre boyunca kaybedilen zamandır. Ürüne/prosesine uygun olmayan ekipman seçimleri, bakım faaliyetlerinin (otonom bakım, periyodik bakım vb.) sistematik olarak uygulanmaması arıza kaynaklı duruşların artmasına neden olmaktadır.
2. Setup (ayar) kaybı: Kullanılan üretim ekipmanı birden fazla ürün çeşidi üretiyorsa model değişikliği yapması gerekmektedir. Üretim durdurularak makine üzerinde yapılan kalıp, fikstür vb. yardımcı ekipman değişiklikleri boyunca harcanan zaman setup kaybıdır ve bu ekipmanlar değiştirildiğinde bu

kayıp süre tamamlanmış olmaz. Kaliteli ürün alınıncaya kadar makine üzerinde yapılan ayar çalışmaları da ayar kaybı olarak adlandırılmaktadır.

3. Takım-bıçak değişimi kaybı: Belirli bir kullanım ömrü olan ve periyodunu tamamlamış bıçak, testere vb. sarf malzemeler değiştirilirken oluşan zaman kaybıdır.
4. Hız kayıpları: Makinenin ideal hızından bilinçli olarak sürekli veya dönemsel olarak yavaş çalıştırılması veya kapasitesinden daha düşük üretim yapması hız kaybı yaşandığının göstergesidir. Hız kayıpları operatör kaynaklı olabileceği gibi bakım faaliyetlerinin yetersi olmasından da kaynaklanabilir.
5. Küçük duruşlar: Chokote kaybı olarak da literatürde yer alan bu kayıp türü, makinedeki takılmalar, hızdaki dalgalanmalar, sensör blokajları vb. anlık duruşlardan kaynaklanmaktadır.
6. Hatalı üretim / rework kayıpları: Üretilen ürünlerin hurda olması veya yeniden işlem görecektir olması nedeniyle bu ürünlerin üretilmesi sırasında geçen süre hatalı üretim / rework kaybı olarak adlandırılmaktadır.
7. Başlangıç-bitiş kayıpları: Boyahane, fırın gibi tesislerde yaşanan ve ekipmanın üretime hazır oluncaya kadar geçen sürede çıktı verememesi veya başlangıçta üretilen ürünlerin hurda olması sebebiyle ortaya çıkan kayıp türüdür.
8. Kapatma kayıpları: Üretim programının olmaması, planlı bakım, otonom bakım veya revizyon, yasal denetim vb. planlı olarak ekipmanın kapalı tutulması boyunca yaşanan kayıp türüdür.

OEE bileşenleri ve OEE hesaplaması

OEE üç ana bileşenden oluşmaktadır:

1. Kullanılabilirlik (A): Makine/ekipmanın net çalışma süresinin planlanan çalışma zamanına oranlanması ile elde edilen değerdir. Kullanılabilirlik hesabı yapılırken kullanılan terimler aşağıda tanımlanmıştır:
 - Vardiya süresi: İşletmenin çalışma şartlarına göre değişkenlik gösterebilen toplam kullanılabilir zamandır. Örneğin; 8 saat, 10 saat vb.
 - Planlanan çalışma süresi: Vardiya süresi içerisinde makine/ekipmanın çalışması için yüklenen iş zamanıdır. Vardiya süresinden otonom bakım, yasal denetim, yemek-çay molası, üretim planının olmaması vb. çalışma planlanmayan yani planlı duruşların çıkarılması ile hesaplanır.

$$\text{Planlanan Çalışma Süresi} = \text{Vardiya Süresi} - \text{Planlı Duruş Süresi}$$

- Plansız duruş süresi: Makine/ekipmanda meydana gelen mekanik veya elektriksel arıza, setup, başlangıç-bitiş kayıpları vs. olarak tanımlanan duruşlar genellikle plansız duruş olarak tanımlanmaktadır.
- Net çalışma süresi: Planlanan çalışma süresinden plansız duruşların süresinin çıkarılması sonucu kalan ve üretimin yapılabilirdiği zamandır.

$$\text{Net Çalışma Süresi} = \text{Planlı Duruş Süresi} - \text{Plansız Duruş Süresi}$$

$$\text{Kullanılabilirlik (A)} = \frac{\text{Net Çalışma Süresi}}{\text{Planlanan Çalışma Süresi}}$$

2. Performans (P): Net çalışma süresi içerisinde üretilen ürün miktarı ile o süre içerisinde üretilmesi gereken ürün miktarının oranıdır.

$$\text{Performans (P)} = \frac{\text{Gerçekleşen Üretim Miktarı}}{\text{Üretilmesi Gereken Miktar}}$$

3. Kalite (Q): Üretilen ürünlerin ölçüsel/yüzeysel toleranslar içerisinde olmaması sonucu tamamen hurda olması veya ürün üzerindeki hataların yeniden işleme tabi tutularak standart hale getirilmesi kalite kaybı olarak adlandırılır ve Kalite (Q) değerini düşürür.

$$\text{Sağlam Ürün Miktarı} = \text{Toplam Miktar} - \text{Hurda Miktarı} - \text{Rework Miktarı}$$

$$\text{Kalite (Q)} = \frac{\text{Sağlam Ürün Miktarı}}{\text{Toplam Ürün Miktarı}}$$

OEE değeri yukarıda tanımlaması yapılan 3 bileşenin çarpımı sonucu elde edilmektedir.

$$\text{OEE} = \text{Kullanılabilirlik (A)} \times \text{Performans (P)} \times \text{Kalite (Q)}$$

3.4.5. SMED

İsrafların ortadan kaldırılması / en aza indirilmesi yalın felsefenin temel hedefidir. SMED (Single Minute Exchange of Die - Tek Dakikalık Kalıp Değişimi), yalın üretim felsefesinin kritik tekniklerinden biridir. Bu yöntem ürün, model veya tip değişimlerinde geçen süreyi kısaltarak üretim verimliliğini artırmayı ve küçük parti üretimini olanaklı hale getirmeyi hedefler. İlk olarak Japonya'da pres tezgahlarındaki hazırlık sürelerinin azaltılması amacıyla Shigeo Shingo tarafından önerilmiştir (Kaya, 2023).

SMED yöntemi 4 aşamada uygulanmaktadır (Filiz, 2008).

- Başlangıç Aşaması- Mevcut Durum Analizi
- 1. Aşama- İç ve Dış Setupların Birbirinden Ayrılması
- 2. Aşama- İç Setupların Dış Setuplara Dönüştürülmesi
- 3. Aşama- Tüm Setup Adımlarının İyileştirilmesi

Mevcut Durum Analizi:

SMED projesine başlamadan önce çalışmaların planlı ve sistematik bir şekilde ilerlemesi, doğru makine seçimi, sürecin eksiksiz analiz edilmesi, iyileştirme aksiyonlarının doğru belirlenmesi ve zamanında tamamlanabilmesi için proje ekibi oluşturulmalıdır. Oluşturulan proje ekibi ile birlikte doğru makine seçimi yapabilmek için OEE verileri ve pareto analizi kullanılır. Tüm bu faaliyetlerden sonra SMED ekibi ile birlikte pilot makinede model değişimi süreci gözlem altına alınır.

Bu aşamada dikkat edilmesi gereken nokta gözlem sayısının artırılarak farklı zamanlarda gözlemler alarak süreçte yaşanacak tüm anomalilerin tespit edilebilmesidir. Gözlemlerin detaylı bir analiz edilebilmesi ve gözlem kaynaklı kayıplar olmaması için video kayıt yöntemi kullanmak faydalı olacaktır. Alınan tüm gözlemler SMED ekibi ile birlikte analiz edilerek model değişimi sürecinde yapılan tüm faaliyetler adım adım yazılmalıdır.

İç ve Dış Setupların Birbirinden Ayrılması:

- Setup: Bir üretim ekipmanında farklı bir ürünün veya modelin üretimi için yapılan tüm teknik ve organizasyonel hazırlıklar setup olarak adlandırılmaktadır.
- İç Setup: Model değişimi sırasında makinenin durdurularak yapılması gereken tüm faaliyetlerdir.
- Dış Setup: Model değişimi sürecinde makine durdurulmadan yapılabilecek faaliyetlerin tümüdür.

İç ve dış setup adımlarında genellikle kayıp yaratan faaliyetler; temizleme, araç-gereç/yardımcı ekipman arama vb. faaliyetlerdir. Örneğin; üretime girecek ürün kalıplarının makine durdurulduktan sonra yapılması, kalıp değişiminde kullanılacak anahtar vb. araç-gereçlerin kalıp değişimi sırasında temin edilmesi vs.

İç Setupların Dış Setuplara Dönüştürülmesi:

Bu aşamanın amacı model değişimi sürelerinin iyileştirilebilmesi için makine durdurularak yapılan faaliyetlerin mümkün olduğu kadar makine çalışırken yapılmasını sağlamaktır. Burada kullanılabilecek en etkili yöntem ECRS analizidir. Özellikle “Rearrange – Yeniden düzenlemek” adımının bu aşamada kullanılması etkili olacaktır. Bu analiz yapılırken farklı bakış açılarından yararlanmak adına SMED ekibi dışında, bakım ve sürekli iyileştirme bölümü çalışanlarından da destek alınmalıdır.

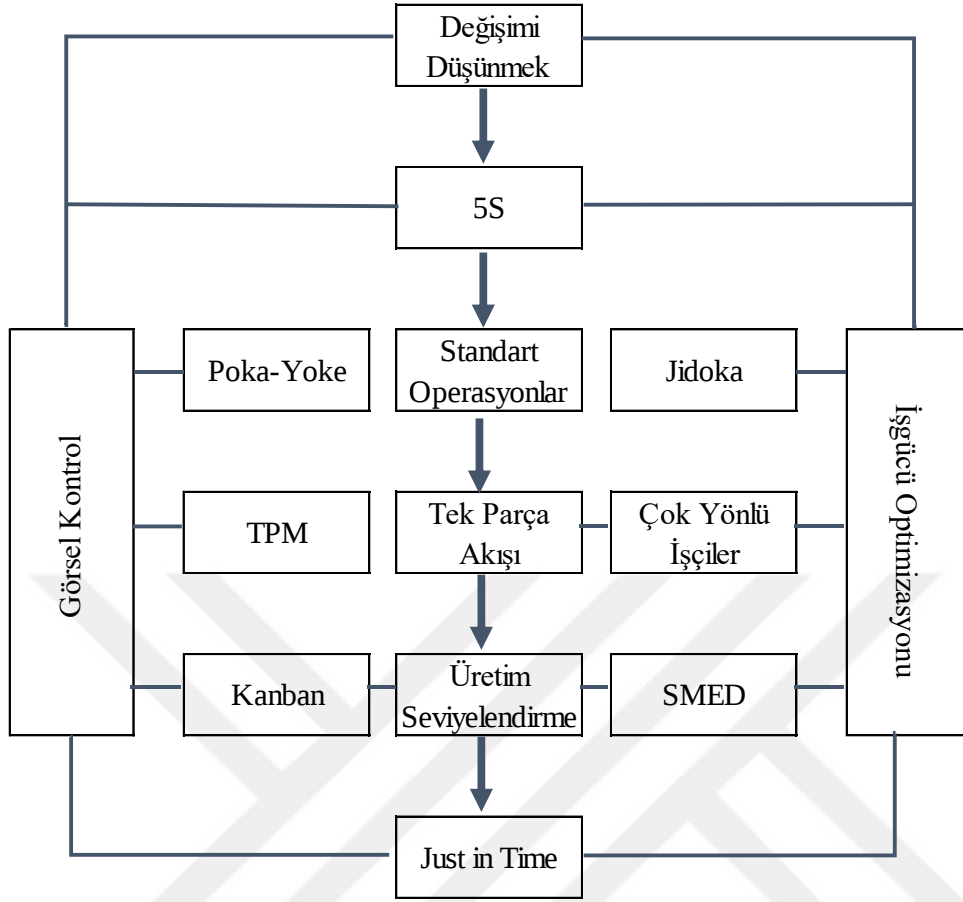
Tüm Setup Adımlarının İyileştirilmesi:

Bu aşama, hem iç setup hem de dış setup sürelerinin iyileştirilmesi adımıdır. Her ne kadar dış setup işlemleri ekipman üzerinde kayıp yaratmasa da çalışanların verimliliğin artırılabilmesi için bu adımların da iyileştirilmesi gerekmektedir. ECRS analizi bu aşamada da aktif bir şekilde kullanılmalıdır. Sürecin hızlandırılması için paralel operasyonlar düzenlenmeli ve hızlı bağlantı ekipmanlarının kullanılması gibi Kaizen yöntemleri uygulanmalıdır.

3.4.6. Tam zamanında üretim (JIT)

Türkçe 'de tam zamanında üretim olarak adlandırılan Just in Time (JIT) felsefesi, ürünün tam anlamıyla zamanında üretilmesini belirtir. JIT sistemi değer katmayan faaliyetleri ortadan kaldırmaya ve müşteri memnuniyetine odaklanarak sürekli iyileştirmeyi amaç edinen bir sistem, bir düşünce tarzıdır.

Taiichi Ohno'nun geliştirdiği bu sistem sayesinde üretimdeki sorunlar açıkça gözlenebilir hale gelmiştir. JIT felsefesinin (Şekil 3.2.) temeli olan sıfır stok; israfları görünür kılar ve sistemi daha verimli bir yapıya dönüştürür. Buradaki sıfır stok kavramı hiç stok olmaması değil malzemenin doğru zamanda ve doğru miktara sisteme dahil olmasıdır. JIT felsefesinde talebi karşılamaya yönelik uygulanabilecek en uygun teknik Kanban'dır (Chan, 2001).



Şekil 3.2. JIT düşüncesinin prensipleri (Santos vd., 2006).

3.4.7. Standart iş

Yalın felsefenin önemli tekniklerinden bir tanesi de standart iştir. Standart iş; çalışan operatörlerin makineye bağımlı ya da bağımsız bir süreçte iş yapma yöntemini belirler ve standart iş metodunun Toyota Üretim Sistemi Evi'nde önemli rolü vardır.

Standart işin amacı; insan hareketlerini odak noktası olarak, yapılacak iş ile ilgili faaliyetlerin en verimli şeklini bularak standartlaştırmaktır. Bir diğer amacı ise güvenilir, gelişime açık ve tekrar edilebilir proses oluşturmaktır.

Standartlaştırılmış iş, ürünleri üretmek için en iyi yöntemi tanımlar ve mevcut ekipmanı, işgücünü, malzemeleri ve talimat-prosedürleri en verimli şekilde kullanmak için katkı sağlar. Standartlaştırılmış iş, açık bir şekilde minimum işgücü ile yüksek kaliteyi ve iş güvenliğini ele alan, mevcuttaki en iyi uygulamayı tanımlamakta ve iş istasyonlarında etkili iletişim kurmaktadır (Ayçin, 2016).

Standart iş talimatları, yapılan işlerin tutarlı ve tekrar edilebilir olmasını, tüm çalışanlar tarafından aynı standartlarda çalışılabilmesini sağlamak amacıyla işlerin yapılış yöntemini sabitlemektedir. Bir başka ifadeyle standart iş talimatları, bir işin tüm çalışanlar tarafından aynı şekilde yapılan proses adımlarının düzenlenip standart hale getirilerek bunun dokümanite hale getirilmesidir.

Yalın üretimde Taylor felsefesinin aksine, standartlar sadece beyaz yaka çalışanlar tarafından değil tüm çalışanlar tarafından belirlenir (Parker, 2003). Standartların olması ve bu standartlara uyulması durumunda SQDCM adımlarında iyileşme sağlanır aksi takdirde SQDCM kötüleşecektir. Standart iş / standart iş talimatlarının faydaları şöyledir (Kasul vd., 1997).

- Kalitenin sürdürülebilirliği sağlanır.
- Daha etkin ve güvenilir işlemler gerçekleştirilir.
- Ekipmanların uygun kullanımı sağlanır.
- Problem çözümlerine olanak sağlanır.
- Üretim hattının dengelenmesinde kullanılabilir.
- İş ile ilgili takt zamanı ve çevrim zamanının belirlenmesini sağlar.

Etkin bir standart iş talimatı hazırlamak için dikkat edilmesi gereken maddeler şunlardır:

- Herkes tarafından kolayca anlaşılabilir olmalıdır.
- Olabildiğince görsellik kullanılmalıdır.
- Kolay ulaşılabilir, kolay uygulanabilir ve kolayca güncellenebilmelidir.
- Standardı kullanacak kişi/kişilerin katkısı olmalıdır.

3.4.8. Poka-Yoke

Japonca Poka-Yoke kavramı; hata anlamına gelen “Poka” ve kaçınmak, korumak anlamına gelen “Yoke” kelimelerinin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır ve “hatayı engelleme” anlamına gelmektedir. Poka-Yoke TPS’de önemli bir yeri vardır ve üretimde hataların oluşmasını engellemek için oluşturulan bir dizi teknik, yöntem prosedür vb. ifade eder.

Poka-Yoke sadece kalite ile ilgili hataların önlenmesine değil aynı zamanda iş kazası riski, enerji ve malzeme kaybı gibi kayıpların önlenmesi veya yazılımda yapılacak

hataların önlenmesi için de kullanılabilir. Poka-yoke' nin amacı, hatalı üretimi ve kayıpları önleyerek maliyetleri azaltmaktır.

Poka-Yoke genellikle uygulaması düşük maliyetli iken süreçlere etkisi azımsanamayacak kadar fazladır. Örneğin, hareketli üretim ekipmanlarının bulunduğu alana çalışanların girmek için alanın kapısını açtığı anda akşamların durması iş kazası risklerinin ortadan kaldırmak için gerçekleştirilmiş bir hata önleme şeklidir.

Poka-yoke, üretim sürecindeki operatörlerin hataları düzeltme ihtiyacını azaltır veya ortadan kaldırır. Bu, ürün kalitesini artırırken aynı zamanda iş gücü verimliliğini de artırabilir. Bu nedenle, poka-yoke, imalat süreçlerinde yaygın olarak kullanılan bir kalite güvence aracı haline gelmiştir.

Poka-yoke sistemi, sürekli bir süreç iyileştirme yaklaşımının bir parçası olarak düşünülmelidir. Bu nedenle, bir defaya mahsus bir kurulumdan ziyade, sürekli olarak güncellenen ve iyileştirilen bir sistem olarak ele alınmalıdır. Bu, kaliteyi sürekli olarak artırmak ve hataları minimum seviyeye indirmek için önemlidir.

Poka-Yoke sistemi kurulurken aşağıdaki metodoloji izlenmelidir:

1. Hata Tanımlama ve Hata Analizi: Öncelikle, üretimdeki veya süreçlerdeki potansiyel hataları bulmak ve bunların kök nedenlerini bulmak için israf analizi yapılmalıdır (Sürece değer katmayan her faaliyet israftır). Bu analiz, hataların sürecin hangi aşamasında ve nasıl gerçekleştiğini tespit etmek için mutlaka yapılmalıdır.
2. Poka-Yoke Cihazının Tasarlanması: Hatanın tespit edilmesi ve düzeltilmesi veya önlenmesi için sürece uygun Poka-Yoke sistemini tasarımı yapılır. Bu sistem genellikle basit, düşük maliyetli ve kullanımı kolay olmalıdır. Örneğin, bir parçanın yanlış montajını önlemek için bir delik veya çentik vb. hatayı önleyici çözümler eklemek, kodlama yaparken kodlama diline uygun olmayan bir karakter girildiğinde karakter renginin farklı olması veya bilgisayarlardaki herhangi bir paket programı kullanırken yaptığımız değişiklikleri kaydetmeden programı kapatmaya çalıştığımızda uyarı ekranının çıkması gibi.
3. Poka-Yoke Cihazının Entegrasyonu: Tasarlanan Poka-Yoke sistemi, üretim hattındaki veya süreçteki ilgili noktalara yerleştirilir. Bu noktalar genellikle hataların en sık meydana geldiği ve kolaylıkla hata yapılabilecek kritik noktalardır.

4. Eğitim: Süreç ile ilgili çalışan personeller, Poka-Yoke sistemlerinin nasıl kullanılacağı konusunda eğitilmelidir. Bu eğitimler, sistemin etkili ve verimli bir şekilde kullanılmasına katkıda bulunur.
5. Sürekli İyileştirme ve Değerlendirme: Poka-yoke sistemi sürekli olarak gözden geçirilir ve iyileştirilir. Yapılan bu gözden geçirme ve değerlendirmeler yeni hataların tanımlanması, mevcut Poka-Yoke sistemlerinin etkinliğinin değerlendirilmesi ve gerekirse yeni cihazların eklenmesi veya mevcutların güncellenmesi anlamına gelmektedir.

Poka-Yoke sistemlerinin faydaları aşağıda verilmiştir (Çelik, 2018).

- Poka-Yoke sistemlerinin asıl amacı, süreç içerisinde oluşabilecek tüm hataları ortadan kaldırarak prosesin etkinliği ve kontrol edilebilirliğini artırmaktır. Etkinliğin ve kontrol edilebilirliğin artırılması, insandan kaynaklanan hataların ortadan kaldırılmasına katkı sağlamasının yanında proses ve ekipman kaynaklı hataların da ortadan kaldırılmasına olanak tanıyacaktır.
- Süreçte meydana gelebilecek her hata, müşteri istekleri dışında üretime, iş kazasına vb. neden olabilecek riskler barındırdığı için Poka-Yoke ile kontrol alınan proseslerde rework ve hurda maliyetleri, ham madde israf oranı ve iş kazası riskleri azalır. Buna bağlı olarak süreç içerisinde oluşabilecek hata ve iş kazası önlendiği için müşteri ve çalışan memnuniyetleri artacaktır.
- Poka-Yoke sistemi özellikle çalışma ortamlarında ergonomik olmayan çalışma pozisyonlarında, istatistiksel proses kontrol uygulamanın zor olduğu süreçlerde, ölçülemeyen kritik noktaların bulunduğu, işçilik maliyetlerinin yüksek olduğu yerlerde uygulanması, ilgili proseslere önemli katkılar sağlayacaktır.

3.4.9. Jidoka

Japonca bir kavram olan Jidoka, Türkçe 'de otonomasyon olarak ifade edilmektedir. Yalın üretimin ve TPS'in temel taşlarından biri olan jidoka, yalnızca tezgahların olduğu proseslerle sınırlı kalmayıp emek yoğun süreçleri ve operasyonları da içeren bir kavramdır. Temelinde israfların ortadan kaldırılması olan bu felsefe, makinelerde veya proseslerde meydana gelebilecek arıza, kalitesizlik vb. durumlarda süreci durdurmaya yarayan otomasyon sistemlerinin kurulması için kullanılır.

Jidoka hataları tespit eden ve bir hata bulunduğunda süreci durduran ideal otomasyon düzeyine ulaşmak için kullanılır ve bu otomasyon düzeyi tam otomasyona göre daha az maliyetlidir, hataların bir sonraki sürece geçmesini engeller.

Jidoka, hata önleme tecrübesi olan bir çalışan ve mühendislik temelli CFT (Cross-Functional Team) tarafından uygulanır. Uygulama, pilot bir bölgede yaklaşık 2 ile 6 ay arasında devreye alınır. Takımların tecrübesi arttıkça bu uygulama süresi azalacaktır. Jidoka, poka-yoke sistemlerini içine alır. Böylece anormalliklerin oluşmasını tespit eder ve bir sonraki prosese geçmesini engeller. Bunu yaparken de operatörün ilerlemesine izin vermez (Sivaslı, 2006).

Jidoka sisteminin başarılı bir şekilde yürütülebilmesi için aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir (Filiz, 2008):

- Anormallik ortaya çıkması durumunda çalışana uyarı sinyali verme veya hattı durdurma yetkisi verilmesi
- Herhangi bir anormallik olduğunda, makinelerin anormalliği algılama, durma veya sinyal verme gibi faaliyetleri yapmasının sağlanması
- Bağımsız olarak yapılan basit ve tekrarlı işlerin makineler tarafından yapılmasına özen gösterilmesi
- Sürekli iyileştirme (Kaizen) felsefesinin uygulanması
- Jidoka sisteminin poka-yoke sistemleri ile desteklenmesi

Jidokayı geliştirmede veya insan dokunuşlu manuel otomasyonda 4 adım bulunmaktadır. Bu adımların her biri insan-makine arasındaki ilişki ile ilgilidir (Sivaslı, 2006).

1. Mevcut Durum Analizi: Süreç içerisinde hangi işleri insanların, hangi işleri makinelerin yaptığını tespit etmek için mevcut durumun çalışılması ve analiz edilmesi gereklidir. Analiz sonucunda insanların ve makinelerin yapmış oldukları işlerin yüzdeleri hesaplanır ve süreç akış kartı çizilir.
2. Makineleştirme: Süreç içerisindeki emek yoğun operasyonlardan hangilerinin makineler tarafından yapılabileceği belirlenmeli ve bu operasyonlar makinelere devredilmelidir.

Makineleşmenin anlamı manuel operasyonları çalışandan devretmektir. İş çalışan ve makine arasında paylaştırılır. Makineleşmenin birçok seviyesi mevcuttur.

Aşağıda makineleşme ile ilgili bir örnek verilmiştir (Sivaslı, 2006):

Bu vakada; bir ağaç plaka iş istasyonuna getirilir ve gerekli ölçüde kesilir. Çalışanın görevi, plakanın uygun yerlerine 4 delik delmek ve ardından bir kapak vidalamaktır. Bu işlemler için her seferinde elektrikli el matkabı kullanılır. İşin çevrim süresi 155 saniyedir ve detayları aşağıdaki gibidir (Sivaslı, 2006):

İş Adımı	1. Adım	2. Adım	3. Adım	4. Adım
	Delikleri Ölçme	4 Delik Açma	4 Kapak Vidalama	Kontrol
Süre (sn)	25	65	40	25
Toplam Süre (sn)	155			

Şekil 3.3. Delik açma ve vidalama işi çevrim süresi.

Makineleştirme sonucu aşağıdaki iyileştirmeler elde edilmiştir (Sivaslı, 2006).

- 4 deliği de tek seferde delebilecek 4 delgili otomatik bir matkap alınmıştır.
 - Bu matkapla delikler önceden ölçülerek ölçüm adımı ortadan kaldırılmış ve 25 saniyelik bir süre kazancı olmuştur.
 - Çalışan sadece işleyeceği ürünü matkabın altına yerleştirmiş (5 saniye) ve bir ayak presi ile bunu çalıştırmıştır.
 - 4 delik aynı anda delinmiştir (10 saniye).
 - Aynı matkap 4 ek delgiye sahiptir. Bu delgiler de kapakları vidalamaktadır. Delgilerin değişim süresi 10 saniyedir.
 - 4 vida aynı anda vidalanmaktadır (5 saniye).
 - Azaltılan hareket sayesinde çalışan ergonomisinde iyileşmeler olmuştur.
 - Matkap delgileri daha doğru kullanılmaktadır ve ömürleri daha uzun olmuştur.
- Yapılan tüm iyileştirmeler sonucunda işin çevrim süresi 30 saniye olmuştur.

Makineleştirme adımıdan sonra işin otomasyona dönüştürülmesi aşaması gelir. Bu adımda manuel yapılan işlemler makineler tarafından devralınır. Çalışan işi makineye yerleştirip başlatma düğmesine basmakla sorumludur. Çalışan bu noktadan sonra hat

boyunca yürüyebilir ancak proseste hata olup olmayacağı bilgisine sahip olmaması bir problemdir.

Bu noktadan sonra yapılabilecek iyileştirme, hatta herhangi bir anormallik meydana geldiğinde hattı durdurarak hatanın bir sonraki prosese geçmesini engelleyecek Jidoka sistemlerinin kurulmasıdır.

Otomasyon: Bu adımda emek yoğun operasyon bir makineye devredilebilir ancak herhangi bir hata olduğunun bilinmesi çok zordur.

Jidoka: Üretim sürecinde bir hata veya anormallik algılandığında, otomatik durma sistemleri devreye girer. Bu sistemler, hatalı ürünlerin üretimini durdurarak, sorunun hemen ele alınmasını sağlar. Bu otomatik durma, üretim hatasının diğer ürünlere geçmesini önler.

4. UYGULAMA

Rekabet koşullarının günden günde zorlaşması, doğru ürünü talep edilen miktarda, doğru zamanda ve en az maliyetle müşteriye ulaştırma gereksinimi işletmelerin ham maddeyi, işgücü ve ekipman kapasitelerini etkin ve verimli bir şekilde kullanma zorunluluğunu da beraberinde getirmiştir. Bu kapsamda, işletmeler için aynı anda üç farklı girdiyi de verimli kullanma fırsatı oluşturan ve TPS'in temel yapı taşlarından olan Jidoka en ideal yöntemlerden bir tanesidir.

Bu çalışmada, çelik profil üretim sektöründe faaliyet gösteren işletmede, OEE sistemi kurulmuş ve ham madde, işgücü ve ekipman kapasitelerinin verimli kullanılabilmesi için Jidoka uygulamaları yapılarak maliyetlerin düşürülmesi amaçlanmıştır.

4.1. OEE Sisteminin Kurulması

Yalın üretim felsefesinde kayıpların tespiti için kullanılan en önemli göstergelerden bir tanesi OEE'dir. Üretim hatlarında ekipman, ham madde ve işgücü kaybı yaratacak anormalliklerin meydana gelmesi durumunda sonraki proseslere aktarılmasını engellemek için yapılacak Jidoka uygulamalarının işletmeye katkısını ölçebilmek için OEE sistemi kurulması gerekmektedir.

Çalışmanın bu bölümünde, işletmenin sıcak haddeleme hatlarının etkinliğini ölçebilmek adına yapılan faaliyetler açıklanmıştır.

4.1.1. Duruş tanımlarının belirlenmesi, kullanılabilirlik hesaplaması tasarımı

OEE' nin "Kullanılabilirlik" bileşeninin hesaplanabilmesi ve meydana gelen/gelecek kayıpların analiz edilebilmesi için duruş tanımlamalarının mevcut olması gerekmektedir. Dolayısıyla çalışma kapsamında ilk olarak planlı / plansız duruş sınıflarının ayrımı yapılmıştır. Planlı duruşlar, tüm işletmelerde kullanılabilecek genel tanımlar ile birlikte işletme proseslerinin doğası gereği oluşabilecek planlı duruş alt nedenleri belirlenmiştir. Sonraki adım olarak plansız duruş sınıfı oluşturulmuş ve üst neden olarak 5 ana başlık belirlenmiştir. Bu ana başlıklar belirlenirken tüm işletmelerde kullanılabilecek üst nedenlerle birlikte sektöre özel üst neden başlıkları da oluşturulmuştur. Bu ana başlıklar aşağıda verilmiştir:

1. Proses duruşu: Bu duruş üst nedeni; katma değeri olmayan ancak yapılması zorunlu faaliyetler olan ürün değişimi, kalınlık değişimi, ürün boy ayar, üretim tolerans standartlarının değişimi gibi sektör proseslerine özel başlıklardan oluşmaktadır.
2. İşletme duruşu: Bu duruş nedeni tamamen sektör proseslerine ve işletmenin ekipman parkuru teknik özelliklerine göre, meydana gelebilecek duruş alt nedenlerinden oluşmaktadır. Bu üst neden başlığında yer alan duruş tanımları direkt olarak katma değersiz ve ortadan kaldırılması gereken, malzemenin hatta kalması, pasoya demir sarması, ocak şarj besleme duruşu ve kasa ayarı vs. duruşlardır.
3. Diğer bölüm kaynaklı duruşlar: İşletmenin dahilinde olmayan ve diğer destek bölümlerin süreçlerinde verimsizlikler nedeniyle işletmenin duruşuna sebep olan duruş tanımlarıdır.
4. Mekanik arıza duruşları: İşletmenin bulunduğu sektör ve ekipman parkuruna özel olan ve ekipmanın mekaniksel olarak arızalanmasını tanımlamak için kullanılan duruşlardır.
5. Elektrik arıza duruşları: İşletmenin bulunduğu sektör ve ekipman parkuruna özel olan ve ekipmanın elektrik aksamalarının arızalanmasını tanımlamak için kullanılan duruşlardır.

Duruş tanımlarının belirlenmesinden sonraki adım olarak duruş sinyalinin alınacağı noktanın belirlenmesi ve MES sisteminin “Kullanılabilirlik” hesabını yapabilmesi için kavramsal tasarım gerçekleştirilmiştir. Kullanılabilirlik hesaplaması aşağıdaki (Şekil 4.1) gibi formül oluşturulmuş ve MES sistemine entegre edilmiştir.

A (Kullanılabilirlik)		
Vardiya Çalışma Süresi	a	480 dk
Planlı Duruş Süresi	b	
Planlanan Çalışma Süresi	c=a-b	
Plansız Duruş Süresi	d	
Net Çalışma Süresi	e=c-d	
$\text{Kullanılabilirlik (A)} = \frac{e}{a - b}$		

Şekil 4.1. Kullanılabilirlik hesaplaması formülü.

4.1.2. Performans hesaplamasının tasarlanması

Performans hesabının yapılabilmesi için hattın hedef çevrim süresinin belirlenmiş olması gerekmektedir. Bu kapsamda hatta üretilen ürünler analiz edilerek her bir ürün için darboğaz noktası ve hedef çevrim süreleri belirlenmiştir. Vardiya içerisinde birden fazla çeşit ürünün üretilmesi durumunda hedef çevrim süresi, ürünlerin net üretim sürelerinin ağırlıklarına göre oranlanmış ve ağırlıklı ortalama olarak belirlenmiştir. Performans hesabı Şekil 4.2'deki gibi formüle dökülmüş ve MES sistemine entegre edilmiştir.

P (Performans)

	Üretim Süresi (dk/vardiya)	Üretim Miktarı (ton/vardiya)	Hedef Üretim (ton/saat)	Gerçekleşen Üretim (ton/saat)	Performans (P)	Üretim Oranı	Ağırlıklı Performans (%)
A	100	80	60	48	80%	0,21	17%
B	190	110	60	35	58%	0,40	23%
C	190	150	60	47	79%	0,40	31%
	480	340					71%

$$\text{Performans (P)} = \frac{\text{Üretim Miktarı} / (\text{Net Üretim Süresi (dk)} / 60 \text{ dk})}{\text{Hedef Üretim (ton/saat)}}$$

Vardiyada birden fazla çeşit ürün üretilmesi durumunda:

Toplam Net Çalışma Süresi T

A Ürünü İçin Net Çalışma Süresi X

B Ürünü İçin Net Çalışma Süresi Y

$$\text{Performans (P)} = \frac{X}{T} \times \frac{A \text{ Ürünü Üretim Miktarı} / (A \text{ Ürünü İçin Net Çalışma Süresi} / 60)}{A \text{ Ürünü Hedef Üretim (ton/saat)}} \times \frac{Y}{T} \times \frac{B \text{ Ürünü Üretim Miktarı} / (B \text{ Ürünü İçin Net Çalışma Süresi} / 60)}{B \text{ Ürünü Hedef Üretim (ton/saat)}}$$

Şekil 4.2. Performans hesaplaması formülü.

4.1.3. Kalite hesaplamasının tasarlanması

Sıcak haddeleme prosesinin doğası gereği hatta verilen ham madde miktarı ile hattan çıkan nihai ürün miktarı birbirine eşit olmayacaktır. Giriş ve çıkış arasındaki miktar farkı üretim firesi (mühendislik hurdası) olarak kalite hesabından düşülecektir. Ayrıca hattan çıkan nihai ürünün tolerans dışı olması (hurda) veya yeniden işlem görecektir olması da kalite hesabını olumsuz etkileyecektir. Kalite hesaplaması aşağıdaki (Şekil 4.3) gibi formül oluşturulmuş ve MES sistemine entegre edilmiştir.

Q (Kalite)

Brüt Haddelenen Miktar (ton/vardiya) x

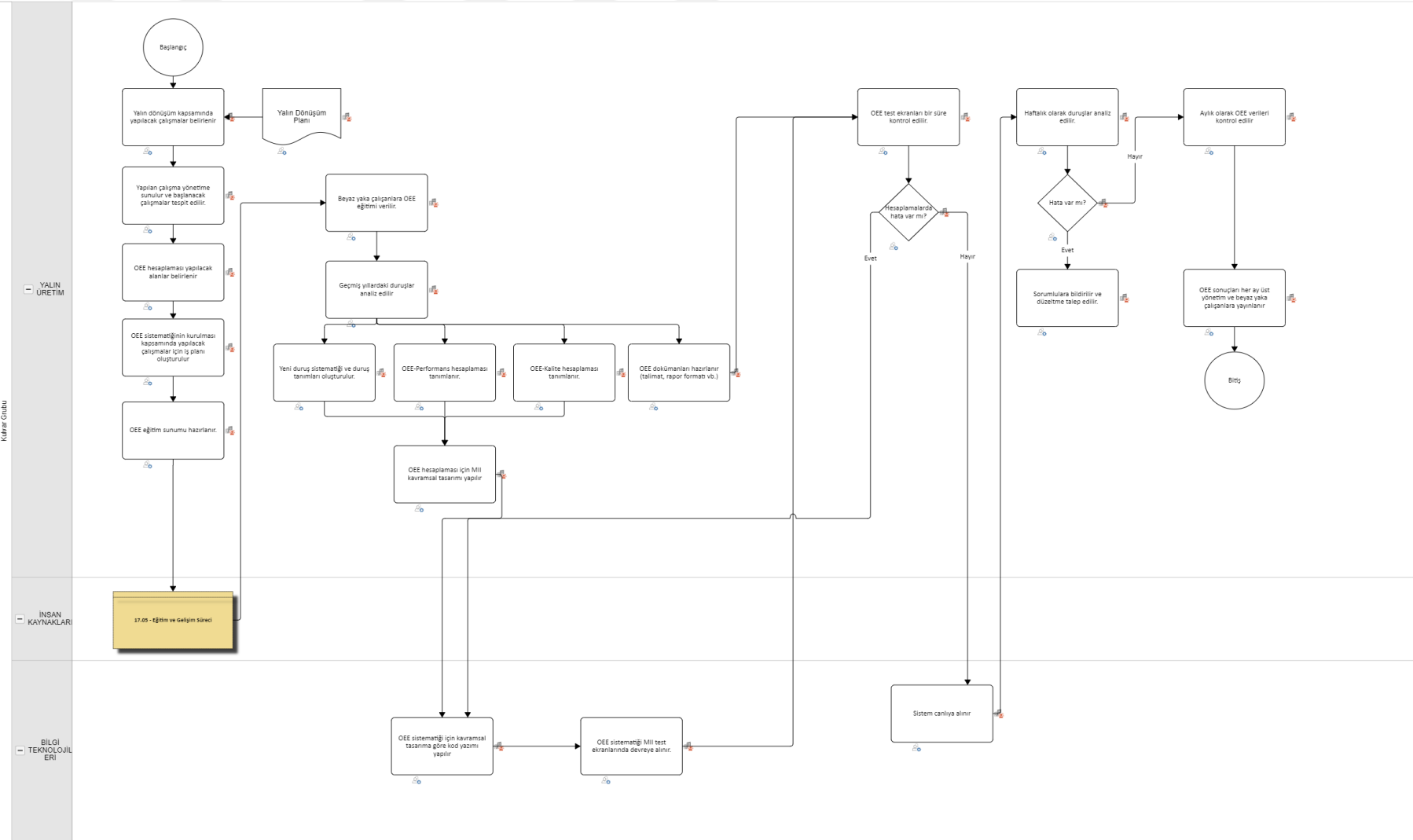
Net Haddelenen Miktar (ton/vardiya) y

$$\text{Kalite (Q)} = \frac{y}{x}$$

Şekil 4.3. Kalite hesaplaması formülü.

4.1.4. OEE sistematığının MES sisteminde devreye alınması

Kullanılabilirlik (A), Performans (P) ve Kalite (Q) bileşenlerinin ayrı ayrı formülleri çıkarıldıktan sonra OEE hesaplama ve kontrol süreç akış şeması (Şekil 4.4) ve ekran tasarımları hazırlanmıştır. Hazırlanan süreç akışı ve kavramsal tasarıma göre kodlama yapılmış ve MES sisteminde devreye alınmıştır. Örnek OEE raporu Şekil 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.4. OEE sistematığının kurulması ve yönetilmesi süreç akış şeması.

SAP

Excalibur UI5 powered by SAP MII

1

≡

A2

01.02.2023

01.03.2023

Tümü

» Listele

» Excel'e Aktar

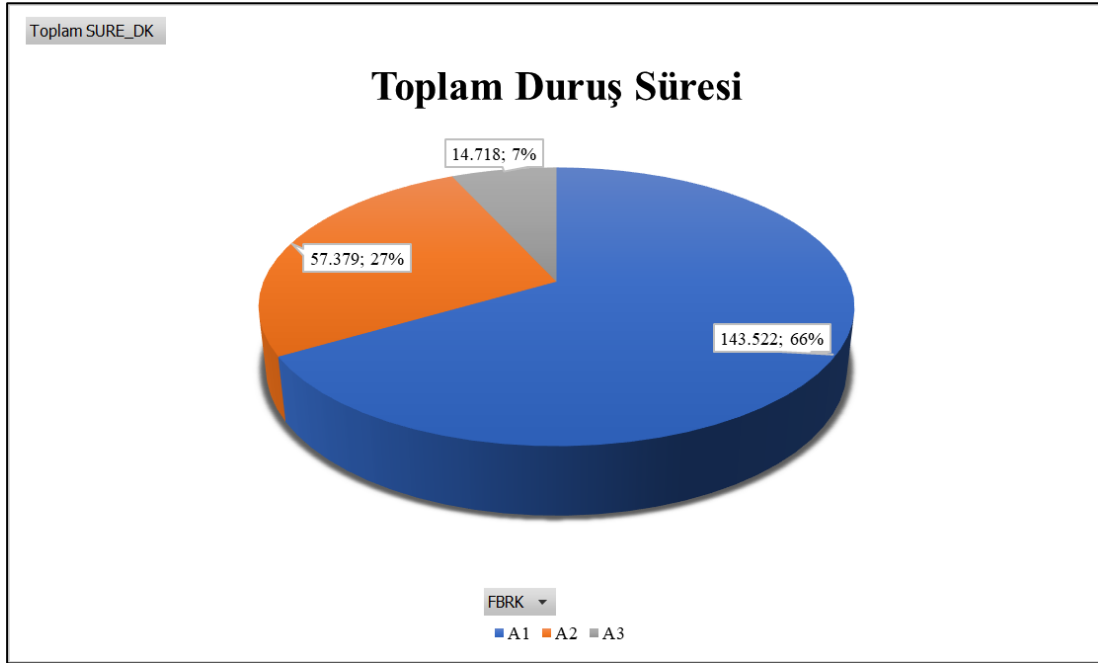
OEE RAPORU

FB...	VRD	Başlama Tarih	Başlama Tarih Saat	Bitiş Tarih	Bitiş Tarih Saat	A	P	Q	OEE	Plansız Duruş Süresi	Planlı Duruş Süre	Planlanan Çalışma Süresi	Net Çalışma Süresi	Oran	Ağırlıklı A	Ağırlıklı P	Ağırlıklı Q	
A2	B	28.02.2023	2023-02-28T08:00:01	28.02.2023	2023-02-28T16:18:18	89	90...	96	77...	55	0	480	425	2.25	2	2.05	2.16	
A2	B	01.03.2023	2023-03-01T08:00:01	01.03.2023	2023-03-01T16:14:57	93	79...	97	71...	36	0	480	444	2.25	2.09	1.8	2.18	
A2	B	01.02.2023	2023-02-01T08:00:00	01.02.2023	2023-02-01T16:03:19	83	90...	96	71...	84	0	480	396	2.25	1.87	2.05	2.16	
A2	B	05.02.2023	2023-02-05T08:00:00	05.02.2023	2023-02-05T16:01:24	79	68...	96	51...	102	0	480	378	2.25	1.78	1.53	2.16	
A2	B	19.02.2023	2023-02-19T08:00:00	19.02.2023	2023-02-19T16:01:03	87	89,5	96	74...	64	0	480	416	2.25	1.96	2.02	2.16	
A2	C	04.02.2023	2023-02-04T16:00:01	05.02.2023	2023-02-05T00:12:55	96	62,2	93	55...	5	355	125	120	0.59	0.56	0.36	0.55	
A2	C	17.02.2023	2023-02-17T16:00:01	18.02.2023	2023-02-18T00:02:07	85	90...	96	73...	72	0	480	408	2.25	1.91	2.03	2.16	
A2	C	18.02.2023	2023-02-18T16:00:01	19.02.2023	2023-02-19T00:04:37	84	88...	96	71...	75	0	480	405	2.25	1.89	1.99	2.16	
A2	C	19.02.2023	2023-02-19T16:00:00	20.02.2023	2023-02-20T00:10:43	67	90...	96	57...	160	0	480	320	2.25	1.51	2.03	2.16	
A2	C	21.02.2023	2023-02-21T16:00:01	24.02.2023	2023-02-24T09:17:18	35	100	96	33...	109	312	168	59	0.79	0.28	0.79	0.76	
A2	C	24.02.2023	2023-02-24T16:00:00	25.02.2023	2023-02-25T00:18:27	72	87...	96	60...	135	0	480	345	2.25	1.62	1.98	2.16	
A2	C	25.02.2023	2023-02-25T16:00:00	26.02.2023	2023-02-26T00:02:06	93	100	96	89	35	0	480	445	2.25	2.09	2.25	2.16	
...																		
TOPLAM																		
OEE																		
63.18																		

Şekil 4.5. OEE raporu MES sistemi ekran görüntüsü.

4.2. Mevcut Durum Analizi

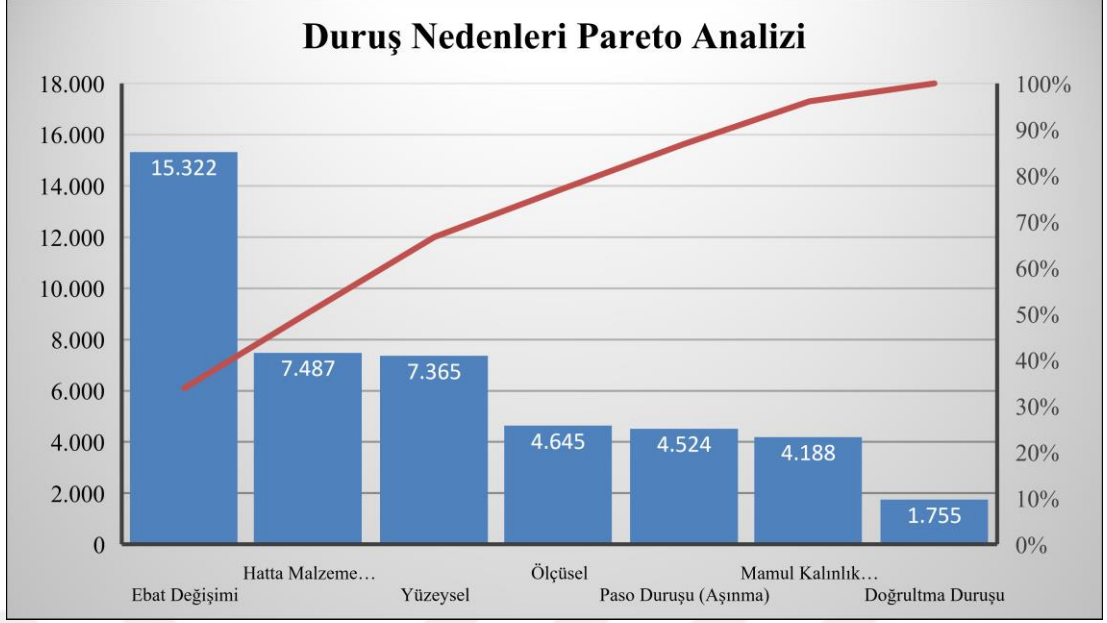
Yalın Üretim departmanının kurulması ile birlikte işletme yalın dönüşüm sürecine girmiştir. Bu süreç içerisinde departman tarafından yalın üretim uygulamalarının (5S, otonom bakım, Kaizen, OEE vb.) işletmeye entegre edilmesinin yanı sıra kayıpların da analizleri yapılarak hızlıca önlemler alınmaya çalışılmaktadır. Bu kapsamda öncelikli olarak 3 fabrikanın da geçmiş bir yılına ait duruşlar analiz edilmiştir (Şekil 4.6).



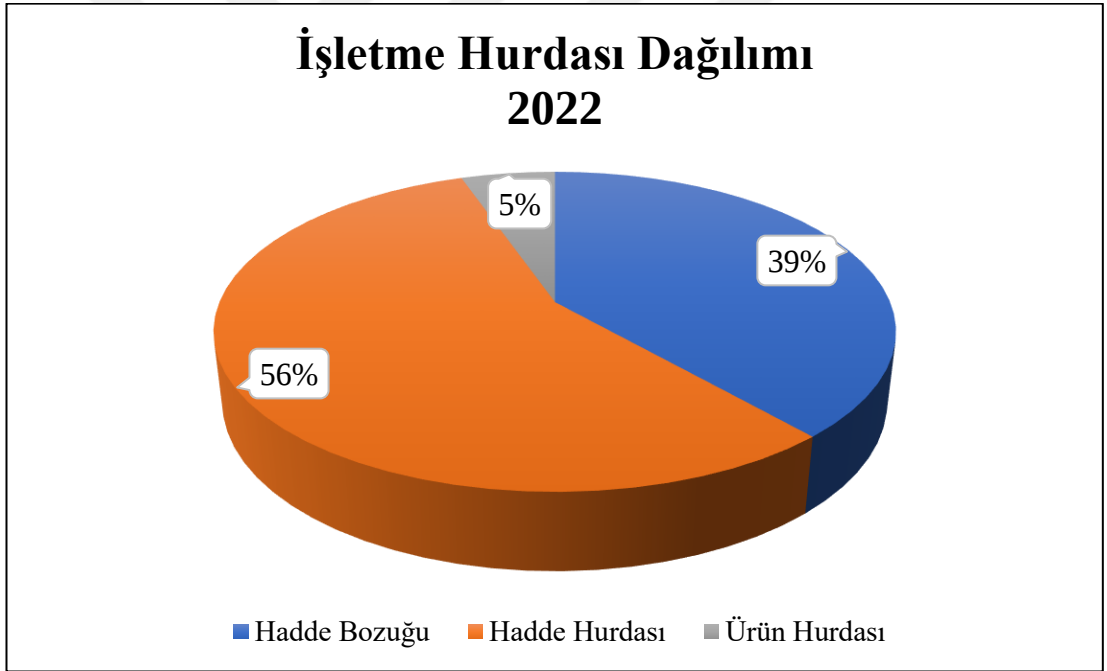
Şekil 4.6. Fabrika duruş süreleri grafiği.

İyileştirme faaliyetleri yapılacak fabrika belirlenirken hem analiz sonuçları kullanılmış hem de şirket yatırım politikaları göz önüne alınmıştır. Analiz sonuçlarında en yüksek kayıp oranı her ne kadar A1 fabrikası çıkmış olsa da burada yapılan revizyon yatırımları, fabrikanın 1. öncelik olarak seçilmemesine neden olmuştur. Tüm bu parametreler sonucunda A2 fabrikası, öncelikli iyileştirme faaliyetlerinin uygulanacak alan olarak seçilmiştir.

Hedef fabrika seçimi yapıldıktan sonra A2 fabrikasına ait veriler daha detaylı analiz edilmiştir. İlk olarak duruş verileri incelenen fabrikanın analiz sonuçları Şekil 4.7’de verilmiştir. Ayrıca fabrikanın işletme hurdası dağılımları analiz edilmiştir (Şekil 4.8)



Şekil 4.7. A2 fabrikası duruş verileri.



Şekil 4.8. A2 fabrikası işletme hurdası dağılımı.

4.2.1. Ebat değişimi duruşu

Bir önceki üretimde alınan son kütükten itibaren başlayan, yeni üretim için gerekli tezgahların üretim hattına yerleştirilmesi ve ilk kaliteli ürünü alıncaya kadar geçen süredir.

4.2.2. Hatta malzeme kalması duruşu

Hatta malzeme kalması, akış boyunca devam eden sıcak malzemenin (kütük) iki tezgah arasında dalgalanması, kasaya vurması, ara yola vurması vb. nedenlerle yolundan çıkmasıdır.

Hatta malzeme kalması duruşu, malzemenin üretim yolundan temizlenmesi ve üretimin tekrar devreye alınmaya kadar geçen duruş süresidir.

4.2.3. Yüzeysel duruşu

Üretimi sağlanan mamul istenilen yüzeysel özelliklere sahip olmaması (çizik, dalgalanma, kabarcık, iz vb.) ve ayar yapılması sürecinde üretim yapılamayacak duruma gelmesi haddenin durdurulması ve hattın tekrar üretime alınma süresince geçen kayıp süredir.

4.2.4. Ölçüsel duruşu

Üretimi sağlanan mamul istenilen ölçüsel özelliklere sahip olmaması ve ayar yapılması sürecinde üretim yapılamayacak duruma gelmesi haddenin durdurulması ve hattın tekrar üretime alınma süresince geçen kayıp süredir.

4.2.5. Paso duruşu (aşınma)

Üretilen ürünü şekillendirmek için kullanılan pasolar belirli bir üretim miktarından sonra işlevini kaybetmekte ve yedeği ile değiştirilmesi gerekmektedir. Bu aşınma sonucunda gerçekleşen değişim sırasında üretim hattının yaşamış olduğu duruş süresidir.

4.2.6. Mamul kalınlık değişimi duruşu

Ebat değişimi yapmadan aynı ürün grubu içerisinde kalınlık değiştirmek için üretim hattından tezgah çıkarılması, üretim hattına tezgah eklenmesi veya mevcut tezgahlar üzerinde hava payı ayarı vb. işlemler yapılması sırasında gerçekleşen duruş süresidir.

4.2.7. Doğrultma duruşu

Doğrultma prosesinde yaşanan bir darboğaz nedeni ile üretim yapılamayacak duruma gelmesi haddenin durdurulması ve hattın tekrar üretime alınma süresince geçen kayıp süredir.

4.3. Jidoka Uygulamaları

Pareto analizi (Şekil 4.7) sonuçlarına göre, en yüksek orana “Ebat Değişimi” duruşu sahip olmasına rağmen odak konu olarak “Hatta Malzeme Kalması” duruş kaybı seçilmiştir. Bunun nedeni, hem halihazırda “Ebat Değişimi” duruşu ile ilgili iyileştirme çalışmalarının mevcut olması ve devam etmesi hem de “Hatta Malzeme Kalması” duruşu kapasite kaybı yaratmasının yanı sıra kalite kaybına (hadde hurdası) da sebep olmasıdır. Bu kapsamda fabrikanın önceki yıla ait kalitesizlik sebepleri de analiz edilerek sonuçları Şekil 4.8’de verilmiştir. Analiz yapılırken proses kaynaklı başka bir deyişle mühendislik hurdası olarak da adlandırabileceğimiz hurda türleri analize dahil edilmemiştir. Analiz verisi olarak sadece işletme kaynaklı meydana gelen hurda kayıpları kullanılmıştır.

Mühendislik hurdası kayıpları; prosesin doğası gereği ortaya çıkan ve tamamen ortadan kaldırılamayacak kayıplardır. İşletme hurdası ise proses parametrelerinde meydana gelen anormallikler, ayar hataları veya hammadde kaynaklı vb. nedenlerden ortaya çıkan hurdalardır. Dolayısıyla yapılacak iyileştirme çalışmaları ile tamamen yok edilebilirler. Bu nedenle çalışmada bu kayıplar ve jidoka uygulamaları üzerine odaklanılmıştır.

4.3.1. Hata önleme analizi

Yapılacak jidoka uygulamasının işletmeye faydasını karşılaştırabilmek için öncelikle mevcut durum analiz edilmiştir. Ayrıca odak noktasına alınan kaybın tanımı ve nedenleri açıklanmıştır.

Hatta malzeme kalması duruşu tanımı, kalite kaybı ve nedenleri aşağıda açıklanmıştır:

Hatta malzeme kalması, akış boyunca devam eden sıcak malzemenin (kütük) iki tezgah arasında dalgalanması, kasaya vurması, ara yola vurması vb. nedenlerle yolundan çıkmasıdır (Şekil 4.9).



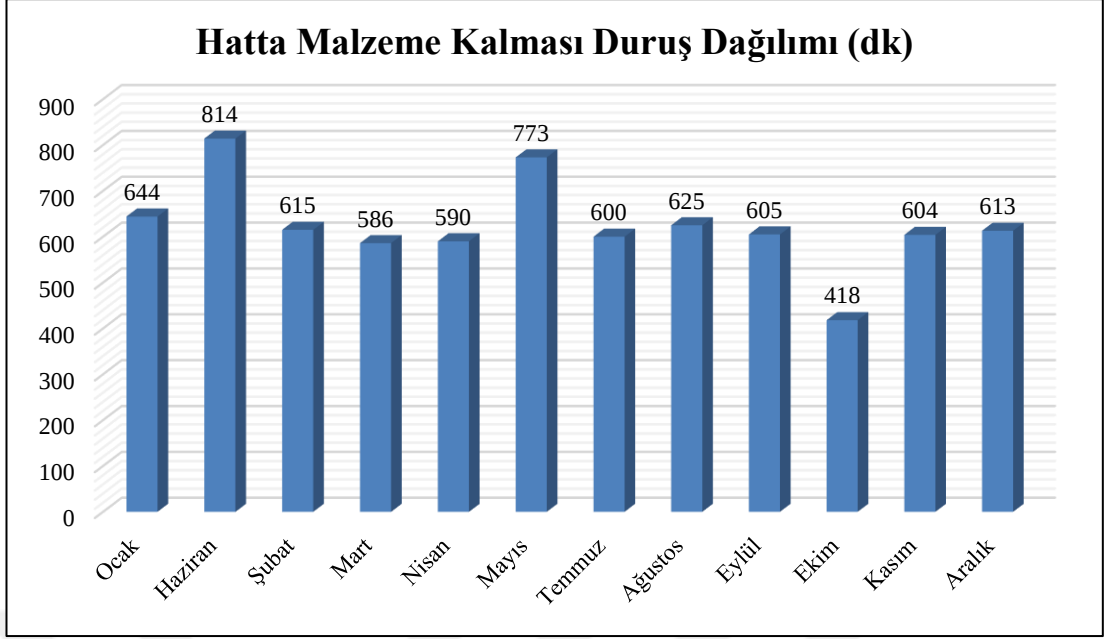
Şekil 4.9. Hatta kalan malzeme görüntüsü

Hatta malzeme kalması, haddeleme prosesinde meydana gelebilecek ayarsızlıklardan kaynaklanmaktadır. Enerji hatlarında oluşabilecek voltaj dalgalanması, tezgah akımlarında ani yükselme veya malzemenin geçtiği tezgah hızının bir sonraki tezgah hızından reçete değerlerinden daha yüksek olması sebebiyle malzemenin bir sonraki tezgaha girememesi başlıca nedenler arasındadır.

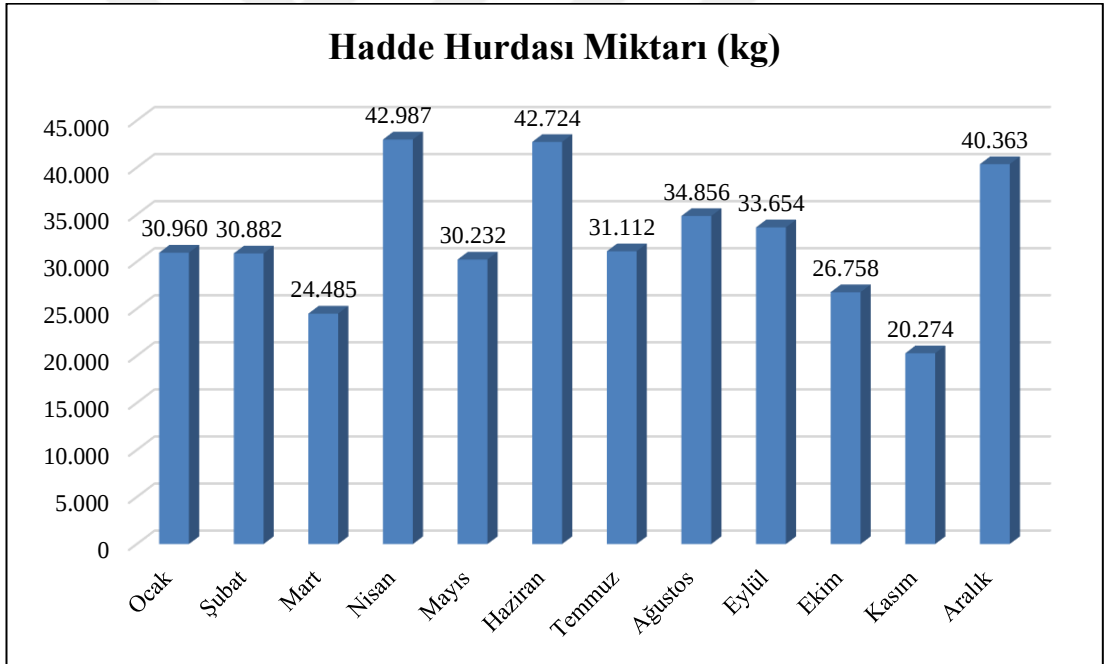
Malzemenin hatta kalması sonucu duruşa geçen üretimin tekrar devreye alınabilmesi için hatta kalan malzemenin temizlenmesi gerekmektedir. Bu işlemler sırasında üretim yapılamamakta ve kapasite kaybı yaşanmaktadır. Ayrıca hatta kalan malzeme rework yapılamayacak ve kullanılamayacak durumda olduğu için hurdaya (hadde hurdası) ayrılmaktadır.

2022 yılı duruş verileri (Şekil 4.7) incelendiğinde; işletmede toplam 7.487 dk hatta malzeme kalması kaynaklı duruş yaşanmıştır. Bu süre, toplam duruş süresinin %13,05'ine karşılık gelirken en büyük ikinci duruş kaynağıdır. Bu duruşların aylık dağılımları Şekil 4.10'da gösterilmiştir.

2022 yılı hurda verileri (Şekil 4.9) analizine göre; toplam üretiminin %0,22'sine denk gelen 389.287 kg hatta malzeme kalması kaynaklı hadde hurdası meydana gelmiştir. Hurda miktarlarının aylık değişim grafiği Şekil 4.11'de verilmiştir.



Şekil 4.10. Hatta malzeme kalması kaynaklı duruş süresi (2022) aylık dağılımı.



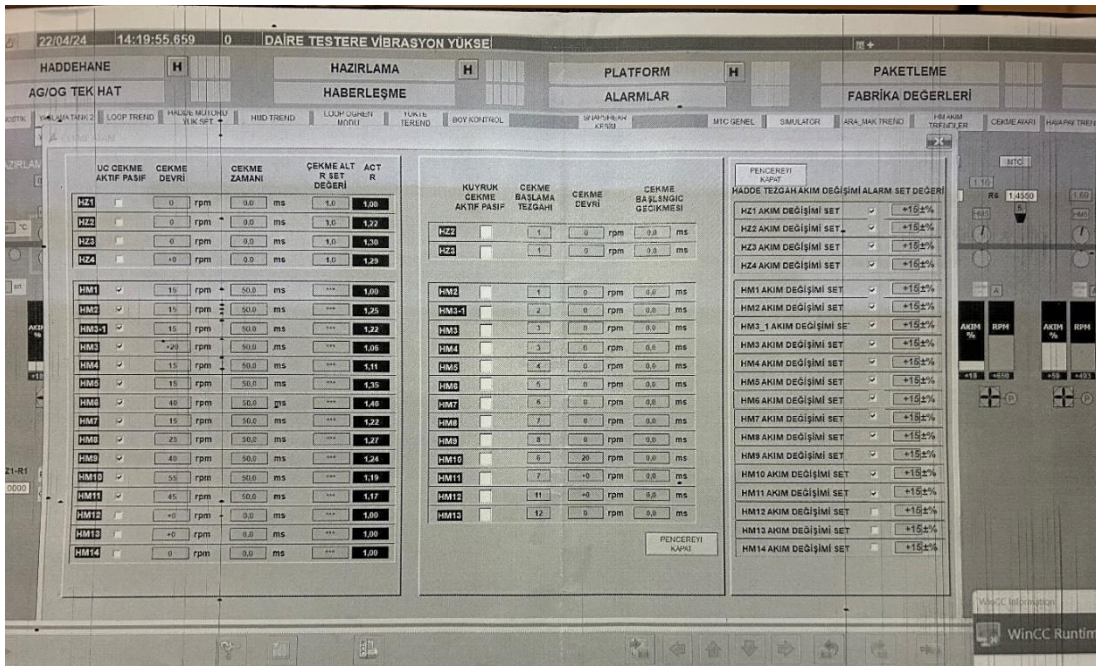
Şekil 4.11. Hadde hurdası miktarı (2022) aylık değişim grafiği.

4.3.2. Andon sistemi

Jidoka uygulamalarının en önemli yardımcılarında olan andon sistemleri, üretim hattında meydana gelebilecek herhangi bir sorunu hızlı bir şekilde tespit etmeyi ve bildirmeyi sağlayan görsel kontrol aracıdır. Andon sistemleri, üretim sırasında herhangi bir anormallik olduğunda operatörlerin bunu erken fark etmelerini, hızlı müdahale etmelerini ve sorunu büyümeden çözmelerini sağlar.

Akım değerlerinin yükselmesi ve bu anormalliğe hızlı tepki verilememesi malzemenin hatta kalmasına ve kayıpların yaşanmasına neden olmaktadır. Bu nedenle çalışmada, hatta malzeme kalması kaynaklı kayıpları elimine etmek amacıyla gerçekleştirilecek jidoka uygulamaları için öncelikle andon sistemleri kurulmuştur. Kurulan andon sisteminin işleyişi sırasıyla açıklanmıştır.

Ürün değişimleri (ebat değişimi) sırasında scada sisteminde yer alan ürün reçetesi kontrol panelinden çağrılır. Üretilen üründe kaç adet ve hangi tezgahlar kullanılacaksa reçete üzerinden işaretlenir. Ayrıca seçilen tezgahların akım tolerans değerleri yüzde olarak girilir (Şekil 4.12).



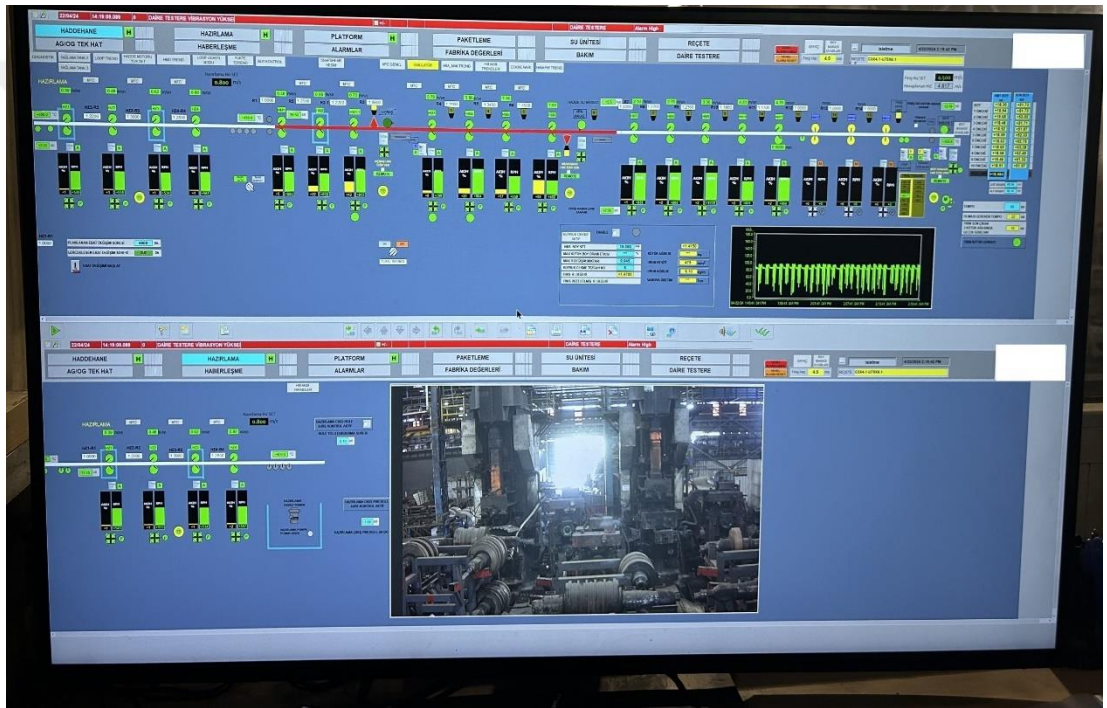
Şekil 4.12. Ürün reçetesi akım kontrol tolerans tablosu ekranı

Üretim devreye alındıktan sonra ve üretim esnasında kontrol kulesinde yer alan operatör akım değişim grafiklerini (Şekil 4.13) ve üretim hattı simülasyonunu (Şekil 4.14) takip eder.

Tezgah akım değeri reçetede girilen tolerans değerinin üstüne çıkması veya altına düşmesi durumunda üretim hattı simülasyonu ekranında hangi tezgahta anormallik meydana geldiyse o tezgah kırmızı alarm vermektedir. Operatör bu uyarıyı fark ederek gerekli müdahaleleri yapabilmektedir.



Şekil 4.13. Üretim tezgahları akım değişim grafiği ekranı.



Şekil 4.14. Üretim hattı simülasyon ekranı.

4.3.3. Otomatik durma sistemlerinin kurulması

Andon sistemlerinin devreye alınmasıyla jidoka sisteminin ilk adımları atılmıştır. Üretim başlangıcında seçilen ürün reçetesine göre tezgahlarda tolerans dışı akım değerinin yükselmesi olursa üretim simülasyonu ekranı operatöre uyarı vermektedir. Operatör bu uyarıyı fark ederek hattı durdurmadan gerekli müdahaleleri yaparak kayıp yaşanmasını önlemektedir. Ancak tezgah devir hızlarının yüksek olması bazı durumlarda operatörün gerekli müdahaleleri yapmasına fırsat tanımamaktadır ve malzemenin hatta kaldığı hem kapasite hem de kalite kayıpları yaşanabilmektedir. Bu noktada, yaşanan kayıpların en az seviyede olmasını sağlayabilmek için jidoka sistemi

devreye girmektedir. Jidoka sisteminin (ara makas) devreye alınması ve iş akışı (Şekil 4.16) sırasıyla açıklanmıştır.

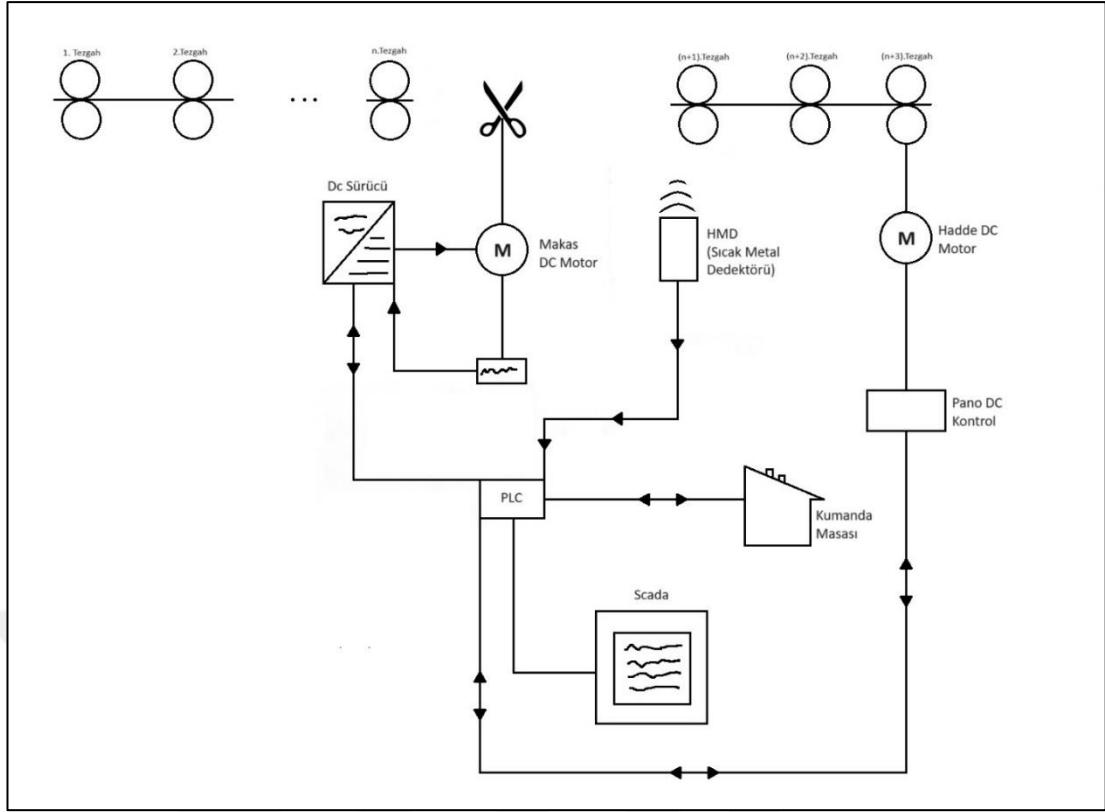
Hatta malzeme kalması genellikle finiş grubu tezgahlarda olduğu için hazırlama ve ara grup tezgahlarından sonra ara makas prosesi devreye alınmıştır.



Şekil 4.15. Ara makas prosesi.

Ara makasın kontrol kulesinden çalıştırılabilmesi için PLC sistemlerinde iş akışı çizilmiştir (Şekil 4.16).

Prosesin çalışması prensibi şu şekildedir: Hadde hattında ilerleyen malzeme ara makas noktasını geçtikten, finiş grubu tezgahlara girdikten sonra herhangi bir sebeple hadde tezgahına giremeyerek yığılma yapması durumunda kontrol kulesindeki operatör bu anormalliği hem üretim simülasyonu ekranından fark etmesi hem de hattı canlı olarak takip etmesi sayesinde ara makası tetikleyecek butona basmaktadır. Operatörün butona basması ile ara makas “doğrama” pozisyonunu almaktadır. Böylelikle, ara makas geriden gelen malzemeyi doğramaya başlamaktadır. Bu durum, malzemenin tezgah üzerinde daha fazla yığılmasına engel olmaktadır. Ayrıca hatta kalan malzeme miktarı daha az olacağı için malzemenin hattan temizleme süresini de kısaltacaktır.

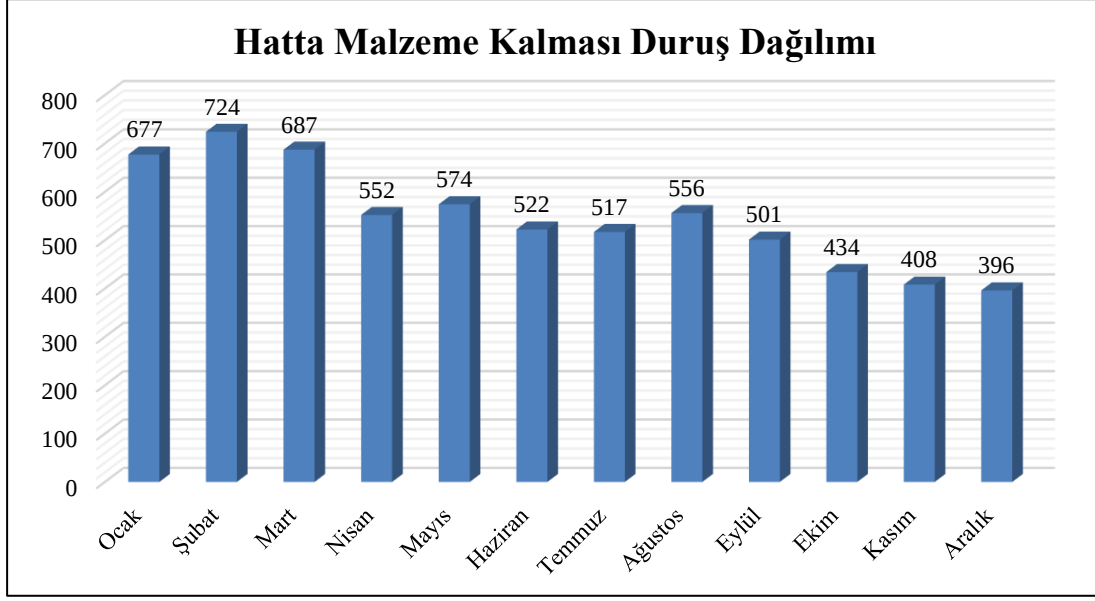


Şekil 4.16. Ara makas prosesi PLC bilgi akış şeması.

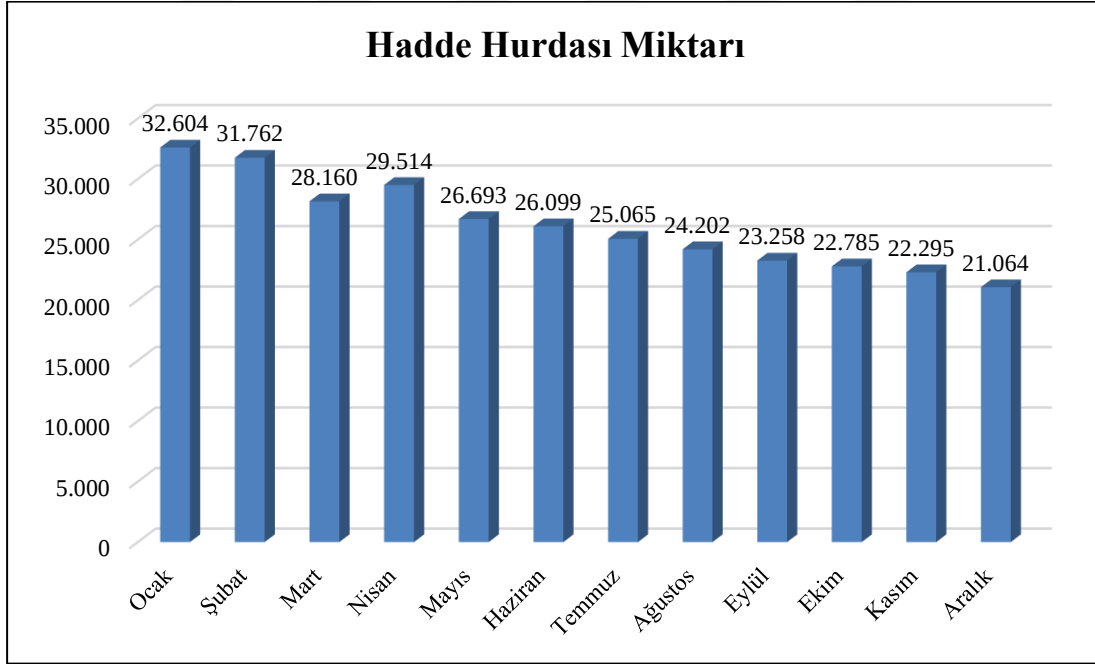
4.3.4. Veri analizi ve izleme

Uygulamanın devreye alınması sonrası çalışmanın işletmeye etkilerini tespit edebilmek için duruş süreleri ve hurda miktarları aylık olarak takip edilmiştir.

Duruş süreleri (Şekil 4.17) ve hurda miktarları (Şekil 4.18) analiz edildiğinde, uygulamanın devreye alındığı ilk aylarda operatörlerin sisteme alışma sürecinde olduğu gözlemlenmiştir. Uygulama öncesi veriler ile uygulamaya devreye alındıktan sonraki ilk aylarda veriler hemen hemen birbirine yakın seyretmektedir. Yılın ikinci yarısından itibaren ise uyum evresinin atlatıldığı ve sistemin işletmeye olumlu etkileri gözlemlenmektedir.



Şekil 4.17. Hatta malzeme kalması kaynaklı duruş süresi (2023) aylık dağılımı.



Şekil 4.18. Hadde hurdası miktarı (2023) aylık değişim grafiği.

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

İşletmelerde yalın uygulamalara hangi noktadan başlanacağını belirlemek için bir ölçüm sistematığının, veri setinin olması gerekmektedir. Bunun amacı fabrikalardaki kayıpları tespit etmek, odak noktasının hangi fabrikada olacağını belirlemek ve ilk olarak hangi yalın aracı ile başlanacağına karar vermektir.

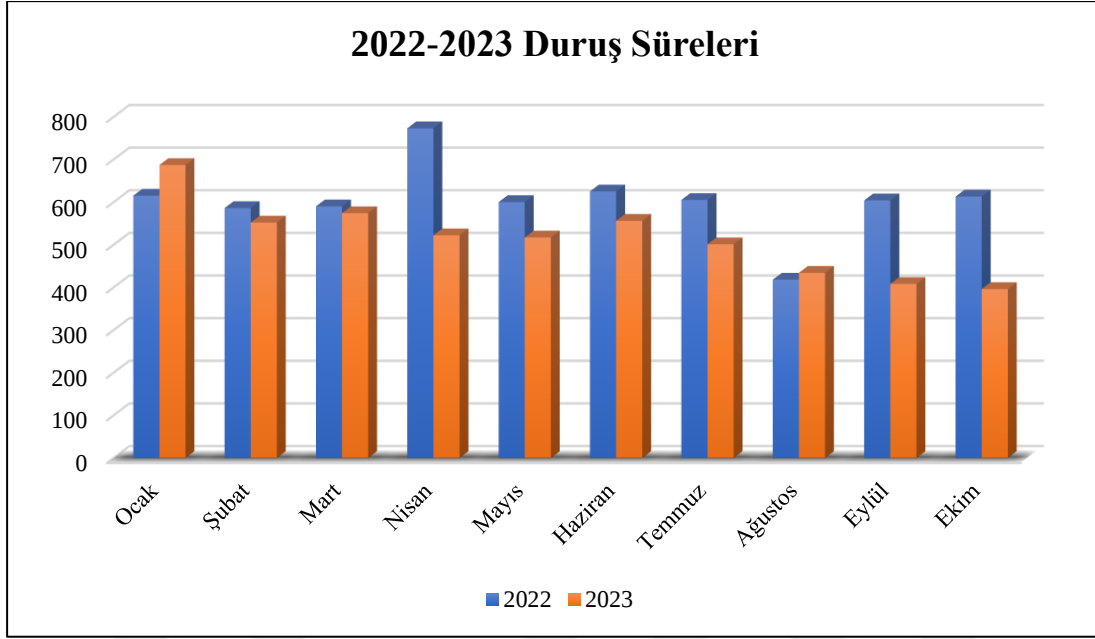
Çalışmada, çelik profil üretiminde faaliyetlerini yürüten işletmede yalın dönüşüm kapsamında yapılan uygulamalar, kurulan sistemler detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Yalın dönüşüm kapsamında ilk olarak OEE sistematığı kurulmuş ve MES sisteminde devreye alınmıştır. Devreye alma aşamasında işletmede yer alan üretim ile ilişkili tüm beyaz yaka çalışanlara OEE kavramı, önemi ve faydaları anlatılmıştır. Sistemin devreye alınması ve anlamlı bir veri setinin oluşmasından sonra 3 fabrikanın OEE, duruş verileri analiz edilerek ve yönetimin mevcut yatırım planları da göz önünde bulundurularak uygulama yapılacak fabrika seçimi yapılmıştır.

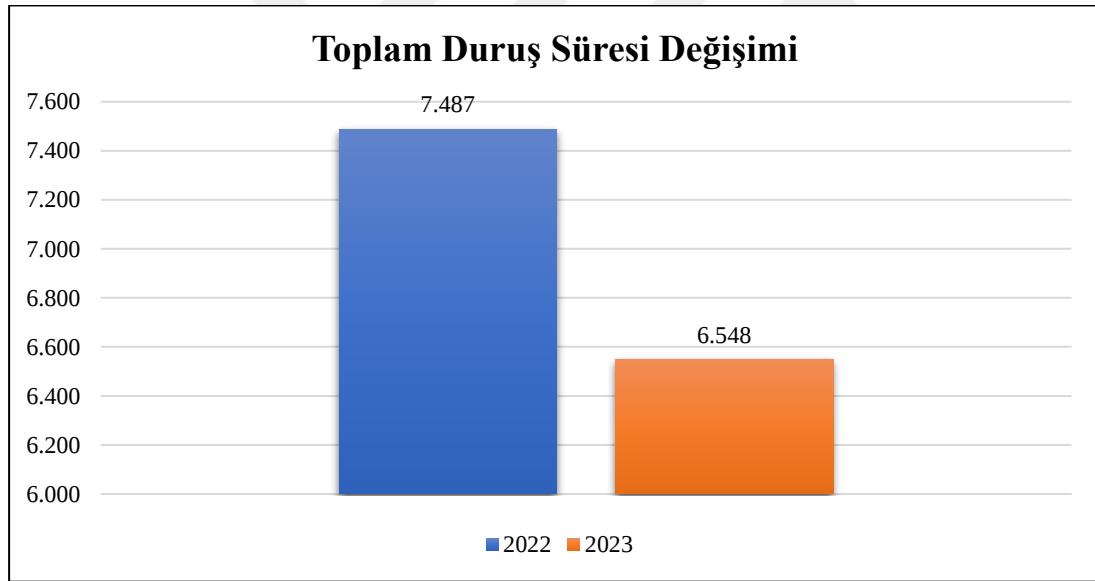
Çalışmanın ana odak noktası olan jidoka uygulaması, devreye alınmasının ilk aylarında işletmeye çok büyük bir katkısı olmamıştır. Bunun nedeni ise operatörlerin uygulamaya uyum sağlama evresinin yaşanmasıdır. Jidoka sistemi kullanılmaya başlanmasının ikinci ayından itibaren pozitif etkilerini göstermeye başlamıştır. Uygulama öncesi ve uygulama devreye alındıktan sonra gerçekleşen aylık duruş süreleri Şekil 5.1’de gösterilmiştir.

2022-2023 yıllarının aylık duruş sürelerini incelediğimizde, 2023 yılı Ocak ayı duruş süresi bir önceki yılın aynı ayına göre yüksek gelse de sonraki aylarda uygulamanın olumlu etkileri görülmektedir. 2022 yılı “Hatta Malzeme Kalması” kaynaklı duruş süresi ortalaması 624 dk/ay iken uygulama sonrası 2023 yılı ortalaması 546 dk/ay olarak ölçülmüştür.

Toplam duruş süreleri analiz edildiğinde, 7.487 dk/yıl olan 2022 yılı duruş süresi 12,5% azalma göstererek 2023 yılında 6.548 dk/yıl olarak ölçülmüştür (Şekil 5.2).



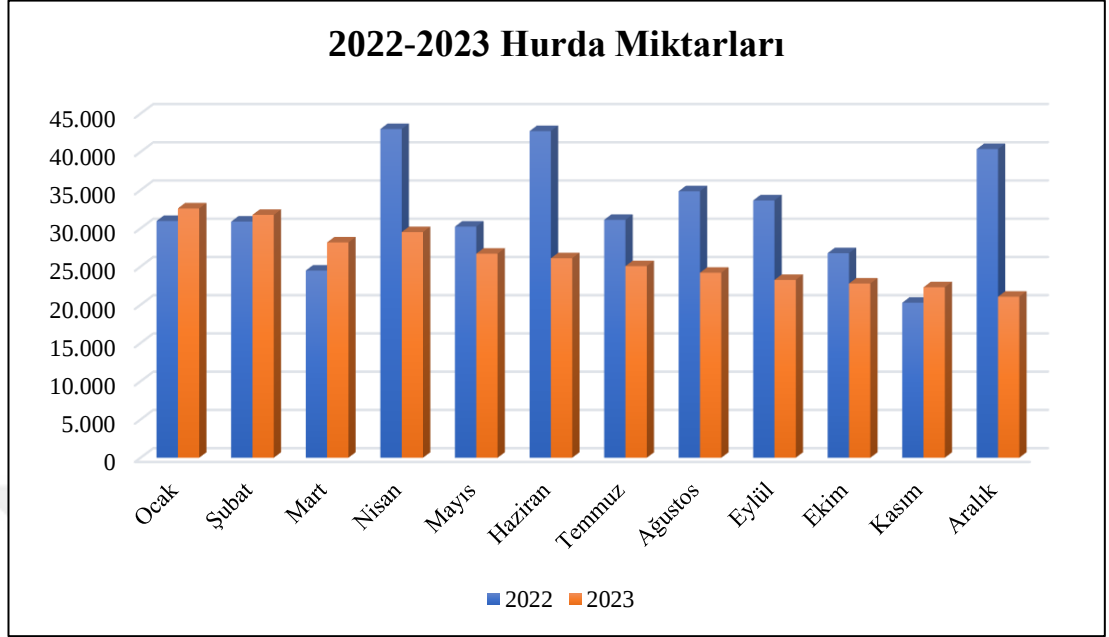
Şekil 5.1. Hatta malzeme kalması kaynaklı duruş sürelerinin aylık karşılaştırma grafiği.



Şekil 5.2. Hatta malzeme kalması kaynaklı toplam duruş sürelerinin yıllık değişim grafiği.

Analiz sonuçlarına göre yaklaşık 16 saat/yıl kapasite kazancı elde edilmiştir. Toplam 36 operatörün çalıştığı üretim hattında (hadde, doğrultma, fırın vs.) elde edilen fayda 576 adam.saat/yıl olarak hesaplanmıştır. İyileştirmenin parasal kazancını hesaplayabilmek için işçilik saat ücreti asgari ücret verisi (2024 yılı saatlik asgari ücret 88,9 TL) alınarak hesaplanmıştır. Buna göre elde edilen fayda yıllık 51.206 TL olarak hesaplanmıştır. Ayrıca elde edilen 16 saatlik kapasite artışı yaklaşık 813 ton/yıl üretim

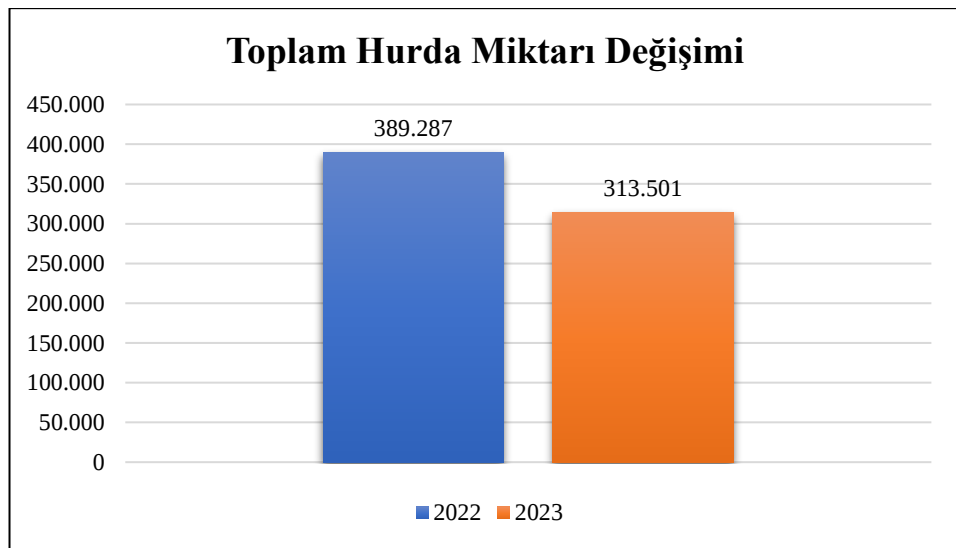
kapasitesi sağlayacaktır. İlk olarak operatör kontrollü olarak devreye alınan jidoka sistemi, tam otomasyon şekline getirildiğinde işletmeye katkıları daha fazla olacaktır.



Şekil 5.3. Hadde hurdası aylık karşılaştırma grafiği.

2022-2023 yılı hadde hurdası verileri incelendiğinde, 2022 yılında 32.441 kg/ay olan hadde hurdası ortalaması, 2023 yılında 26.125 kg/ay olarak ölçülmüştür.

Toplam hadde hurdası miktarlarına bakıldığında, 2022 yılında 389.287 kg/yıl olan hadde hurdası miktarı yaklaşık 19,5% iyileşme göstererek 2023 yılında 313.501 kg/yıl olarak gözlemlenmiştir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4. Hadde hurdası yıllık değişim grafiği.

Çalışmada ele alınan konu, çelik profil üretimi yapan firmada yalın dönüşüm uygulanması ve çalışmaya konu olan yalın üretim tekniğinin nasıl devreye alınması gerektiği, hangi noktalara dikkat edilmesi konusunda literatüre katkı sağlamıştır. Bununla birlikte, çalışma sonuçları jidoka uygulamasının sadece kalite kayıplarına değil aynı zamanda kapasite kayıplarına da önlem olabileceği gösterilmiştir. Ayrıca yalın dönüşüm ile dijital dönüşüm entegrasyonunun işletmelere getireceği faydaları göstermiştir.

İşletmelerde uygulanacak yalın dönüşüm programları için hangi yalın tekniğinden başlanmasına karar vermek açısından her zaman öncelikle bir veri sistemi oluşturulmalıdır. Bu noktada, ekipmanlarda hangi kayıpların yaşandığını gösteren OEE en önemli veri sistemidir. Bu nedenle, çalışma noktalarına ve uygulama tekniğine karar vermek için öncelikle OEE sisteminin kurulması gerekmektedir. OEE hem konu ve teknik seçiminde hem de yapılan çalışmaların etkisini analiz etme noktasında katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Acar, N., 1999. Tam Zamanında Üretim. Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, No: 542.
- Acar, N., 2003. Tam Zamanında Üretim, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, 153s, Ankara.
- Aksoy, S. 2019. “İleri Üretim Teknolojileri ve Andon Uyarı Sistemleri”, Journal of Academic Value Studies, Vol:5, Issue:3; pp: 352-366 (ISSN:2149-8598).
- Albayrak, H. M. 2018. Toplam Kalite Yönetimi Tekniklerinden Kaizen Ve Altı Sigma Uygulamalarının Kıyaslanması Üzerine Örnek Bir Uygulama. International Anatolia Academic Online Journal, 4(1)
- Arslandere, M. 2017. Yalın Üretime Geçiş Çalışmaları; Değer Akış Haritalama, Bireysel Öneri Sistemi, Kaizen Çalışmaları: Büyük Ölçekli Firmalarda Uygulamalar, [Doktora Tezi], Selçuk Üniversitesi
- Ayçin, E., Özveri, O., 2016. Yalın Üretim Uygulamalarında İsrafin Azaltılması İle Performans Ölçütleri Arasındaki İlişkilerin ve Etkileşimin Analizi, [Doktora Tezi], Dokuz Eylül Üniversitesi
- Aydın, H., 2009. Yalın Üretim Sistemi, Değer Akış Haritalama Yöntemi ve Yalın Üretim Sisteminin Çalışanlara Etkileri, [Yüksek Lisans Tezi], Marmara Üniversitesi
- Baysan, S., Durmuşoğlu, M. B. 2015. Systematic Literature Review For Lean Product Development Principles And Tools. Sigma, 33(3), 305-323.
- Chan, F. T. S. 2001. Effect of Kanban Size On Just-In-Time Manufacturing Systems. Journal of Materials Processing Technology. 116.2: 146-160
- Çakırkaya, M., Acar, Ö. E. 2016. 5S Tekniği Aşamaları ve Makarna Sektöründe Bir Uygulama. Atatürk University Journal of Economics & Administrative Sciences, 30(4), 845-868
- Çelik, H., 2018, SMED Uygulamalarının İmalat Sürelerine ve Birim Maliyete Olan Etkisi ve Toplam Ekipman Etkinliği İle Değerlendirilmesi, [Yüksek Lisans Tezi], Sakarya Üniversitesi
- Danavaro, E., Janes, A., Succi, G. 2008. Jidoka in software development. OOPSLA Companion '08: Companion to the 23rd ACM SIGPLAN conference on Object-oriented programming systems languages and applications October 2008 Pages 827–830 <https://doi.org/10.1145/1449814.1449874>
- Demirkır, M.,S., 2008, Yalın Üretim ve Lastik Sektöründe Bir Uygulama, [Yüksek Lisans Tezi], Sakarya Üniversitesi
- Dennis, P., 2007. Lean Production Simplified. 2. dü. New York: Productivity Yayınları.

- Ercan, S., 2013. Uygulamalı Nitel Yöntemlerle Kalite İyileştirme Teknikleri. Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Makine Mühendisleri Odası, 642s, İstanbul.
- Elbert, M., 2013. Lean Production for the Small Company. 1. dü. New York: CRC Yayınları.
- Filiz, H. 2008. Yalın Üretim Tekniklerinden Hızlı Kalıp Değişimi ve Bir Uygulama, [Yüksek Lisans Tezi], Dokuz Eylül Üniversitesi
- Imai, M. 1986. Kaizen (Vol. 201). New York: Random House Business Division.
- Kasul, R. A. ve Motwani, J. G. 1997. Successful Implementation of TPS in A Manufacturing Setting: A Case Study. Industrial Management & Data Systems. 97(7): 274-279.
- Kaya, K. (2023). SMED Yöntemi Kullanılarak Kalıp Hazırlık Sürelerinin Azaltılması, [Yüksek Lisans Tezi], Sakarya Üniversitesi
- Kesit, N., 2019. Yalın Üretim Tekniklerinin İncelenmesi ve İmalat Sektöründe Bir Uygulaması, [Yüksek Lisans Tezi], İstanbul Üniversitesi
- Kurilova, J. 2015. Towards Lean Remanufacturing: Challenges and Improvements in Material and Information Flows. Swedish: Linköping University Electronic Press.
- Liker, J. K., 2004. The Toyota Way. Mc Graw Hill Yayınları, New York.
- Morales García, A.S.; Díaz Reza, J.R.; Blanco Fernández, J.; Jiménez Macías, E.; Puig i Vidal, R. Machinery Lean Manufacturing Tools for Improved Sustainability: The Mexican Maquiladora Industry Experience. Mathematics 2022, 10, 1468. <https://doi.org/10.3390/math10091468>
- Neha, S., Singh, M. G., Simran, K. 2013. Lean Manufacturing Tool and Techniques in Process Industry. International Journal of Scientific Research and Reviews, 1(2), 54-63.
- Nicholas, J., 2018. Lean Production for Competitive Advantage. 2. dü. New York: CRC Yayınları.
- Öner, H. 2019. Esnek Üretim Sistemlerinde Proses Modelleme ve Analiz Etme, Yalın Üretim Yöntemine Göre Yeni Proses Tasarlanması, [Yüksek Lisans Tezi], İskenderun Teknik Üniversitesi
- Öksüz, M. K., Öner, M., Öner, S. C., (2017). Yalın Üretim Tekniklerinin Endüstri 4.0 Perspektifinden Değerlendirilmesi, 4. Uluslararası Bölgesel Kalkınma Konferansı Bildiri Kitabı
- Parker, S. K. 2003. Longitudinal Effects Of Lean Production On Employee Outcomes And The Mediating Role Of Work Characteristics. Journal Of Applied Psychology, 88(4), 620.
- Romero, D., Gaiardelli, P., Powell, D., Thurer, M., Wuest, T., 2019. Rethinking Jidoka Systems under Automation & Learning Perspectives in the Digital Lean Manufacturing World Conference: 9th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control, Vol. 52, Issue 13, pp. 899-903, ISSN: 2405-8963At: Berlin, Germany

- Santos, J., Wysk, R. & Torre, J. M., 2006. Improving Production with Lean Thinking. 1. dü. New Jersey: John Wiley & Sons Yayınları.
- Sarı, E. 2018. Yalın Üretim Uygulamaları ve Kazanımları. Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, 17. UİK Özel Sayısı: 585-600.
- Sezen, B., 2011. Üretim Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar ve Uygulamalar, Efil Yayınevi, 152s, Ankara.
- Sivaslı, E., 2006. İşletme Süreçlerinde Yalın Tekniklerin Kullanılması Üzerine Bir Araştırma, [Yüksek Lisans Tezi], Dokuz Eylül Üniversitesi
- Şen, S.S., 2023, Enerji Sektöründe Yalın Üretim Teknikleri ve Otonom Bakımın ERP Sistemine Uyarlanması, [Yüksek Lisans Tezi], Gazi Üniversitesi
- Tekin, M., Arslandere, M., Etlioğlu, M., Koyuncuoğlu, Ö., Tekin, E. (2019). An Application of SMED and Jidoka in Lean Production. In: Durakbasa, N., Gencyilmaz, M. (eds) Proceedings of the International Symposium for Production Research 2018. ISPR 2018. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92267-6_45
- Tri Nilda, P., Elita, A., Dina, R., Gilang, S. 2018. Design of working procedure for handling the breakdown machine in parameter of reaction time based on Jidoka system approach in cement company. MATEC Web of Conferences 204, 03008 (2018), IMIEC 2018 <https://doi.org/10.1051/matecconf/201820403008>
- Türkan, O. U. 2010. Üretimde Yalın Dönüşümün Temel Performans Kriterleri. BAU Fen Bil. Enst. Dergisi, 12(2), 28-41.
- Womack, P.J., Dan J. ve Daniel R. 1992. Dünyayı Değiştiren Makina. (Çev. Osman Kobak). İstanbul: Otomotiv Sanayi Derneği Yayınları
- Womack, J. P., Jones, D. T. 1996. Beyond Toyota: How To Root Out Waste And Pursue Perfection. Harvard Business Review, 74(5), 140.
- Womack, J. P. & Jones, D. T., 2003. Yalın Düşünce (3.Baskı). İstanbul: Sistem Yayıncılık.
- Yılmaz, Ş. 2014. Kaizen Sürekli İyileştirme Stratejisi ile Hastanede İnsan Kaynaklarının Geliştirilmesi, [Yüksek Lisans Tezi], Atılım Üniversitesi
- Yuji Y., Monica B. 2010. Fundamental Mindset That Drives Improvements Towards Lean Production, Assembly Automation, 30(2), 124-130.
- Zerenler, M. & İraz, R. 2006. “Japon Yönetim Anlayışı ve Şirket Ağları (Keiretsu) Analizi”, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 16: 757-776. <https://www.lean.org.tr/yalin-kavramlar-jidoka-nedir/>) Erişim tarihi: 05.02.2024



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Uğur AKYÜZ

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2012, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği
- **Yükseklisans** : Devam ediyor, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- Ekim 2013 – Ekim 2014 yılları arasında Başak Traktör firmasında Metot ve Proses Geliştirme Mühendisi olarak çalışmıştır.
- Ekim 2014 – Aralık 2016 yılları arasında Başak Traktör firmasında ERP Uzmanı olarak çalışmıştır.
- Aralık 2016 – Ağustos 2021 yılları arasında Asaş Alüminyum firmasında Metot Uzmanı olarak çalışmıştır.
- Eylül 2021 tarihinden itibaren Kocaer Çelik firmasında Yalın Üretim Yöneticisi olarak çalışmaktadır.
- 2012 Yılında “Otomotiv Sektöründe Faaliyet Gösteren Bir Firmada Setup Sürecinin İyileştirilmesi" projesi ile TMMOB İzmir Şubesi Bitirme Projesi Yarışması 3.lük, Eskişehir Anadolu Üniversitesi Bitirme Projesi Yarışması 2.lük kazanmıştır.

ESERLER:

Adalı, M. R., Kiraz, A., Akyüz, U., ve Halk, B. (2017). “Yalın Üretime Geçiş Sürecinde Değer Akışı Haritalama Tekniğinin Kullanılması: Büyük Ölçekli Bir Traktör İşletmesinde Uygulama.” Sakarya University Journal of Science, 21(2), 242 – 251.