

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**E-KANBAN SİSTEMİ DÖNÜŞÜMÜ VE ROTALAMA
SÜRECİNİN TASARRUF VE SÜPÜRME ALGORİTMALARI
İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

KÜBRA SARIKAYA

KOCAELİ 2019

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

E-KANBAN SİSTEMİ DÖNÜŞÜMÜ VE ROTALAMA
SÜRECİNİN TASARRUF VE SÜPÜRME ALGORİTMALARI
İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

KÜBRA SARIKAYA

Dr. Öğr. Üyesi Atakan ALKAN
Danışman, Kocaeli Üniversitesi
Prof. Dr. Zerrin ALADAĞ
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi İrem DÜZDAR ARGUN
Jüri Üyesi, Düzce Üniversitesi



Tezin Savunulduğu Tarih: 14.11.2019

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Yalın üretim ve üretimde uygulanan Japon felsefeleri, özellikle ikinci dünya savaşı sonrasında çoğu üretim yapan fabrikada kullanılmış ve işletmemelerde verimlilik artırılarak, israftan kurtulmak amaçlanmıştır. Kanban sistemi de yalın üretim unsurlarından olup, aslında malzeme yönetimini kolaylaştırarak çalışanlar için malzeme takibinde görsel bir araç olarak kullanılır. Bazı fabrikalarda, günümüz teknolojik gelişmeleri yardımıyla Kanban yerini Kurumsal Kaynak Planlama yazılım ve sistem tabanlı E-Kanban'a bırakmıştır.

E-Kanban sisteminin seçilen fabrikada kuruluşunu yapmak üzere bana yardım eden, tez danışmanım Atakan Alkan'a, lojistik müdürüm Derya Alkan Kılıçkan'a, fabrika müdürüm Zafer Genç'e ve tüm iş arkadaşlarıma teşekkür ederim. Türkiye'de henüz pek kullanılmayan bir sistem olması nedeniyle E-Kanban hakkında bilgiler verip beni tezim konusunda destekleyen Yvan Yang'a, Houssein Yahyaoui'ye ve Anthony Chiementin'e de ayrıca teşekkür ederim. Hayatım boyunca beni destekleyen başta annem ve kardeşim olmak üzere tüm aileme de sonsuz minnet duygularımı sunarım.

Kasım – 2019

Kübra SARIKAYA

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLOLAR DİZİNİ.....	v
KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
GİRİŞ.....	1
1.TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ.....	2
1.1. Tedarik Zinciri Yönetimi Tanımı.....	2
1.2. Tedarik Zinciri Yönetiminin Tarihsel Gelişimi.....	3
1.3. Tedarik Zinciri Yönetimi Süreçleri.....	4
1.4. Tedarik Zinciri Yönetimi Sağladığı Katkılar.....	5
1.5. Dağıtım Yönetimi.....	5
1.5.1. Dağıtım ve dağıtım fonksiyonu.....	5
1.5.2. Dağıtım yönetiminin önemi.....	6
1.5.3. Dağıtım stratejileri.....	6
1.5.4. Araç rotalama ve yöntemleri.....	7
1.5.4.1. Gezgin satıcı yöntemi.....	8
1.5.4.2. En kısa yol algoritması.....	8
1.5.4.3. Sweep (Süpürme) algoritması.....	9
1.5.4.4. Tasarruf algoritması.....	9
2.YALIN ÜRETİM.....	11
2.1. Yalın Üretim Tanımı.....	11
2.2. Yalın Üretimin Temel Amaçları.....	11
2.3. Yalın Üretimin Temel Prensipleri.....	13
2.4. Kanban Sistemi.....	15
2.4.1. Çekme sistemi.....	16
2.4.2. Standart kanban sistemi ve skışı.....	17
2.4.3. Kanban sistemi kullanım amaçları.....	20
3.ENDÜSTRİ 4.0 VE DİJİTALLEŞME.....	22
3.1. Endüstrinin Devrimsel Gelişim Süreçleri.....	22
3.2. Endüstri 4.0 Yapısı ve Temel Kavramları.....	23
3.3. Endüstri 4.0'ın Oluşturduğu Fırsatlar.....	26
4.E-KANBAN SİSTEMİ.....	27
4.1. E-Kanban Temel Kavramları ve İşleyişi.....	27
4.2. E-Kanban Prosesi.....	29
4.3. E-Kanban'da Küçük Tren Kullanımı.....	30
5.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	31
6.UYGULAMA.....	41
6.1. Firma Hakkında Genel Bilgiler.....	41
6.2. Firma Fonksiyonel Makro Prosesi.....	42
6.3. Sistem Konseptleri ve Proses Akışı.....	45

6.3.1. 7 temel stok prensibi.....	45
6.3.2. Verimlilik için altı Kanban kuralı.....	48
6.3.3. DLE (Direkt iş verimliliği) hesaplama.....	49
6.4. E-KANBAN Kurulumu.....	50
6.4.1. E-Kanban fiziksel kurulumu.....	50
6.4.2. E-Kanban KKPS kurulumu ve adımları.....	51
6.4.2.1. E-Kanban etiketlerinin özelleştirilmesi.....	51
6.4.2.2. Küçük tren yaratılması.....	52
6.4.2.3. Küçük tren yazıcısının tanımlanması.....	52
6.4.2.4. Stok alanı bilgisinin güncellenmesi.....	53
6.4.2.5. E-Kanban yaratılması.....	54
6.4.2.6. E-Kanban etiketlerinin boş kutulardan okutulması.....	55
6.4.2.7. E-Kanbanların silinmesi.....	57
6.4.2.8. E-Kanban etiketleri.....	58
6.5. E-KANBAN Sistemi Çalıştırılması ve Çıktıları.....	59
6.6. E-Kanban ile Küçük Tren Yol Atamalarının Yapılması.....	61
7.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	70
KAYNAKLAR.....	80
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER.....	84
ÖZGEÇMİŞ.....	85

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Tedarik zinciri ağı.....	2
Şekil 2.1. Yedi temel israf.....	12
Şekil 2.2. Yalın üretim prensipleri.....	13
Şekil 2.3. Kan-Ban Kanji alfabesi gösterimi.....	16
Şekil 2.5. Çekme kanbanı prosesi.....	18
Şekil 2.6. Üretim talimatı kanbanı prosesi.....	19
Şekil 2.7. Kanban ile demet oluşturarak üretim.....	19
Şekil 2.8. Demet ile üretim örneği.....	20
Şekil 2.9. Kanban kartı örneği.....	20
Şekil 4.1. E-Kanban prosedürü ilk adımı.....	28
Şekil 4.2. E-Kanban prosedürü ikinci adımı.....	28
Şekil 4.3. E-Kanban prosedürü üçüncü adımı.....	29
Şekil 4.4. E-Kanban prosedürü dördüncü adım.....	29
Şekil 6.1. Fonksiyonel makro proses.....	43
Şekil 6.2. SAP'de malzeme görünümü.....	44
Şekil 6.3. Mal kabul elektronik tahtası.....	46
Şekil 6.4. Görsel stok.....	47
Şekil 6.5. Zebra yazıcı.....	50
Şekil 6.6. Tarayıcı.....	50
Şekil 6.7. ZPP_EKAN_ST kodu.....	52
Şekil 6.8. ZPP_EKAN_PR kodu.....	53
Şekil 6.9. MMSC stok bilgisi güncellenmesi.....	53
Şekil 6.10. ZPP_EKAN01N ekranı.....	54
Şekil 6.11. ZPP_EKAN02N ekranı.....	56
Şekil 6.12. ZPP_EKAN02N sonrası seçenekler.....	56
Şekil 6.13. ZPP_EKAN02N sorunsuz çıktısı.....	56
Şekil 6.14. ZPP_EKAN02N sorunlu çıktısı.....	56
Şekil 6.15. ZPP_EKAN03 ekranı.....	57
Şekil 6.16. ZPP_EKAN04 ekranı.....	57
Şekil 6.17. E-Kanban malzeme etiketi.....	58
Şekil 6.18. E-Kanban küçük tren etiketi.....	58
Şekil 6.19. E-Kanban küçük tren izleme ekranı.....	59
Şekil 6.20. Yazdırılmış E-Kanban etiketleri.....	60
Şekil 6.21. Tren operatörünün E-Kanban etiketi yapıştırması.....	60
Şekil 6.22. Tren operatörünün E-Kanban etiketi okutması.....	61
Şekil 6.23. Sistemdeki hareketler.....	61
Şekil 6.24. ABC analiz sonucu.....	62
Şekil 6.25. TR1296149X-C alt parçaları.....	62
Şekil 6.26. TR1296149X-C için süpürme algoritması koordinatları.....	65
Şekil 6.28. 1493108X-D için süpürme algoritması koordinatları.....	69
Şekil 6.29. Başa baş noktası grafiği.....	76

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 6.1. E-Kanban toplu oluşumu.....	55
Tablo 6.2. TR1296149X-C için tasarruf algoritması girdileri.....	63
Tablo 6.3. TR1296149X-C için uzaklık matrisi.....	63
Tablo 6.4. TR1296149X-C için tasarruf matrisi.....	64
Tablo 6.5. TR1296149X-C için tasarruf matrisi adımları.....	65
Tablo 6.6. 1493108X-D için tasarruf algoritması girdileri.....	66
Tablo 6.7. 1493108X-D için uzaklık matrisi.....	67
Tablo 6.8. 1493108X-D için tasarruf matrisi.....	67
Tablo 6.9. 1493108X-D için tasarruf matrisi adımları.....	68
Tablo 7.1. Proses akışı açısından değişim.....	71
Tablo 7.2. Yakıt tasarrufu açısından değişim.....	72
Tablo 7.3. İş yeri çalışma düzeni açısından değişim.....	73
Tablo 7.4. Direkt işçi verimliliği açısından değişim.....	74
Tablo 7.5. İş ergonomisi açısından değişim.....	75
Tablo 7.6. Alan kazanımı açısından değişim.....	75
Tablo 7.7. Maliyet analizi.....	76
Tablo 7.8. Maliyet analizi açısından değişim.....	77
Tablo 7.9. Algoritmalar arası kazanç farkları tablosu.....	78

KISALTMALAR DİZİNİ

BOP	: Bill of Materials (Alt Parçalar)
CRP	: Continous Replenishment Planning (Sürekli İkmal Planlaması)
CONWIP	: Constant Work in Process (Sabit Stok Sistemi)
DLE	: Direct Labour Efficiency (Direkt İş Verimliliği)
DTH	: Davul-Tampon-Halat
ECR	: Efficient Consumer Response (Etkin Müşteri Cevabı)
EDI	: Elektronik Data Interchange (Elektronik Veri Değişimi)
ERP	: Enterprise Resource Planning (Kurumsal Kaynak Planlaması)
E-KANBAN	: Elektronik Kanban
FIFO	: First in First out (İlk Giren İlk Çıkar)
GKC	: General Kanban Calculator (Genel Kanban Hesaplayıcı)
IoT	: Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)
JIS	: Just in Sequence (Tam Zamanında Sıralama)
JIT	: Just in Time (Tam Zamanında Üretim)
KKPS	: Kurumsal Kaynak Planlama Sistemi
K-STTS	: Kanban Simulation Training Tool System (Kanban Simülasyon Eğitim Aracı Sistemi)
MRP	: Materials Requirement Planning (Malzeme İhtiyaç Planlaması)
PDP	: Plan Directeur de Production (Ana Üretim Planı)
PIC	: Plan Industriel et Commercial (Satış ve Operasyon Planı)
PIK	: Production Instruction Kanban (Üretim Talimatı Kanbanı)
PUKÖ	: Planla-Uygula-Kontrol et-Önlem al
QR	: Quick Response (Hızlı Cevap)
QRCI	: Quick Response Continuous Improvement (Hızlı Cevap Sürekli İyileştirme)
RFI	: Radio Frequency Identification (Radyo Frekanslı Tanımlama)
WIP	: Work in Process (Proses içi Çalışma)
WP	: Withdrawal Kanban (Çekme Kanbanı)
YÜ	: Yalın Üretim

E-KANBAN SİSTEMİ DÖNÜŞÜMÜ VE ROTALAMA SÜRECİNİN TASARRUF VE SÜPÜRME ALGORİTMALARI İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZET

Kanban sistemi, günümüzde pek çok firma tarafından kullanılmaktadır. Bunun altında yatan en büyük neden, firmalar için büyük ihtiyaç haline gelen izlenebilirliktir. İzlenebilirlik sayesinde üretim yapacak firma, elinde olan malzemeyi ne zaman, ne kadar ve nerede kullanacağını belirler. Malzemeyi, fabrikaya girişinden beri takip ederek aynı zamanda etkili bir stok takip sistemi kurulmasına olanak sağlar.

Bu çalışmada, Kocaeli bölgesinde ikamet eden bir firma için, üretim sistemi analiz edilecektir. Üretim sistemi ile beraber Kanban da analiz edilerek, kullanılacak Kanban sisteminin dijital dönüşüm ile E-Kanban modeli kurulacaktır. Dijital E-Kanban modeli kurulmasının fabrikada nasıl olduğu ve kurulum için gerekli şartlar anlatılacaktır. E-Kanban sonrasında ise, fabrika içerisinde küçük tren yollarının nasıl belirlenebileceğine dair bir tasarruf algoritması ve süpürme algoritması örnekleri verilecektir. Eski ve yeni sistem arasında karşılaştırmalar yapıp sonuçlar çıkarılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Dijitalleşme, E-Kanban, Yalın Üretim.

E-KANBAN SYSTEM TRANSFORMATION AND EVALUATION OF ROUTING PROCESS WITH SAVING AND SWEEP ALGORITHMS

ABSTRACT

Kanban system is used by many companies today. The biggest reason for this is traceability, which has become a great need for companies. Thanks to traceability, the company will determine when, how much and where to use the material. It monitors the material since its entry into the factory and also enables the establishment of an effective stock tracking system.

In this study, the production system will be analyzed for a company residing in Kocaeli region. Kanban will be analyzed together with the production system and the E-Kanban model will be established with the digital transformation of the Kanban system to be used. The installation of the digital E-Kanban model at the factory and the requirements for installation will be explained. After E-Kanban, a saving algorithm and sweep algorithm examples will be given on how to identify small train ways within the factory. Comparisons will be made between the old and the new system and the results will be drawn.

Keywords: Digitalization, E-Kanban, Lean Manufacturing.

GİRİŞ

Yalın üretim teknikleri, günümüzde pek çok fabrikada daha az harcama yapmak, daha hızlı üretim yapmak, en az stok ile ay kapanışlarını sağlamak gibi düşünceler çerçevesinde kullanılmaktadır. Temel amaç, genel tedarik ağının bir bütün halinde değer kazanmasını ve mükemmelleştirilmesini sağlamaktır. Bu amaç doğrultusunda kullanılan bir teknik de Kanban kartlarıdır. Bu kartlar temelde, üretimden gelen malzemelerin üzerine yerleştirilir. Malzeme üretimde kullanılmaya devam ettikçe, boşalan malzeme kutusundaki kanban kartı, başka bir dolu malzeme kutusunun üzerine koyularak tekrar üretime gelmesi sağlanır.

Bu tez çalışmasında, kanban kartlarının kullanımı esnasında meydana gelen belli başlı kayıp, dikkatsizlik gibi sorunlara karşı Endüstri 4.0 dijitalleşmesini içeren E-Kanban sisteminin Kocaeli bölgesinde faaliyet gösteren bir egzoz fabrikasındaki kurulumu anlatılacaktır.

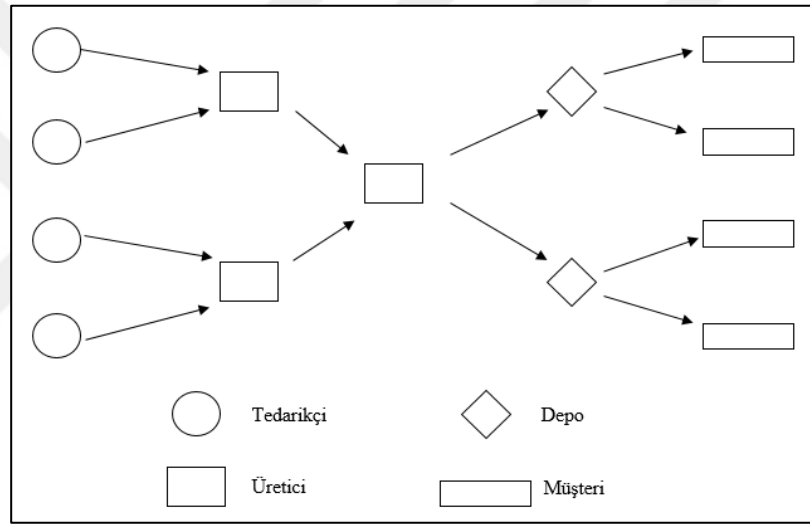
Hem yalın üretimin fabrikada uygulanmasına kolaylık sağlayacak bu dijital sistem, hem de daha kısa zamanda hat beslenmesini sağlayarak küçük trenler, çalışanlar ve çekirdek sistem arasında bir köprü görevi görecektir.

Çalışmanın birinci bölümünde genel olarak tedarik zinciri ve dağıtım yönetiminden, araç rotalama problem çözümlerinden bahsedilmiştir. İkinci bölümde ise, yalın üretim anlatılarak klasik Kanban sistemi anlatılmıştır. Üçüncü bölümde, Endüstri 4.0 ve dijitalleşmenin günümüze kadarki gelişimden bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde ise, dijitalleşme ile birlikte kullanımı artan E-Kanban sisteminin ne olduğundan ve işleyişi anlatılmıştır. Beşinci bölümde literatür araştırması verilerek altıncı bölümde ise uygulama kısmı detaylıca anlatılmıştır. Yedinci bölümde ise, varılan sonuç ve değerlendirmeler yapılmıştır.

1. TEDARİK ZİNCİRİ YÖNETİMİ

1.1. Tedarik Zinciri Yönetimi Tanımı

Tedarik zinciri teknik olarak bakıldığında, bir üretimin yapılması için gerekli olan malzemelerin tedarik çalışmasının yapılmasını, bu malzemelerin yarı bitmiş ürün ve tam bitmiş ürüne dönüşümünü ve daha sonra da bu ürünlerin dağıtılmasını sağlayan ağ şeklinde tanımlanabilecek bir şebeke sistemidir [1].



Şekil 1.1. Tedarik zinciri ağı

Şekil 1.1’de tedarik zincirinin ağ yapısı temel bir biçimde görülmektedir. Günümüz firmalarında tedarik zincirlerinin yapısı, üretilen ürünün içeriğindeki malzeme sayısı, üretim adımlarının sayısı veya gönderilen müşteri sayısının fazlalığı nedeniyle daha karmaşık hale gelebilmektedir.

Tedarik zincirleri, küreselleşmiş ekonominin yapı taşıdır denilebilir ve günümüzde otomotiv, gıda, inşaat, mobilya, giyim ve daha birçok sektörde bulunmaktadır. Tedarik zinciri gibi büyük ağların kullanımı, hem tedarikçiler hem de müşteriler için lojistik güvenliği, akışı ve koordinasyonunun kolaylaşması açısından fayda sağlamaktadır.

Tedarik zinciri yönetimi ise, bu zincir yapısı yardımıyla tedarikçideki ham maddenin üretime girişinden, son ürünün sistemden çıkışına ve siparişi veren müşteri tarafından teslim alınışına kadar tüm sürecin kontrol edildiği bir mekanizmadır. Başka bir deyişle, tedarik zincirinde bulunan tüm katılımcılar arasındaki malzemelerin, nakidin ve bilgilerin yönetimidir. Tedarikçinin alt tedarikçilerine, müşterinin de üst müşterilerine kadar genişleyebilen bir sistemdir [2].

Tedarik zincirinin temel hedefleri; Müşteri memnuniyetini müşteri ve tedarikçi arasındaki iletişimi arttırarak sağlamak, döngü zamanını bilgi alışverişi sırasında kazanılan zaman sayesinde azaltmak, ürünlerde meydana gelen hata sayısını azaltmak, tedarikçi ile anlaşarak stok ve stok maliyetlerini azaltmak örnek olarak verilebilir.

Değişen ve gelişen dünyada, firmaların tek başlarına kendi aralarında rekabet etmesi olası değildir. Bu rekabet seviyesi artık tedarik zincirleri arasında yaşanmaktadır [3].

1.2. Tedarik Zinciri Yönetiminin Tarihsel Gelişimi

Tedarik zinciri yönetiminin tarihi, 1960'lerde fabrikalara ham madde temini sırasında oluşturulan fiziksel dağıtım ile başlamaktadır. 1970'lerde ise devreye Malzeme İhtiyaç Planlaması (Materials Requirement Planning- MRP) girmiştir. MRP ile birlikte firmalar, üretim, finans ve pazarlama ile alakalı tüm dağıtım faaliyetlerini planlayacak ve yönetecek fiziksel dağıtım mekanizması oluşturmuşlardır. Tedarik zincirindeki tüm bileşenlerin teker teker optimize etmekten çok tüm sistemin topluca optimize edilmesinin önemi böylece anlaşılmıştır ve bu yıllarda fiziksel dağıtım yönetimi safhası oluşmuştur [4].

1980'lerde ise, dünya piyasalarının genişlemesi ve globalleşmesi ile işletmeler arası rekabet artmıştır. Bu rekabet artışı, beraberinde maliyetlerin azaltılması, esneklik ve kalitenin artırılması zorunluluklarını getirmiştir. Böylelikle işletmeler lojistik bütünleşmesine yönelmişlerdir. İşletme hedefleri ile lojistik odaklılığı birleştirilip adı tedarik zinciri olarak Houlihan tarafından konulmuştur. 1985'lerde ise, sırasıyla Hızlı Cevap (Quick Response-QR), Etkin Müşteri Cevabı (Efficient Consumer Response - ECR) Sürekli İkmal Planlaması (Continous Replenishment Planning-CRP) olarak tedarik zincirinin oluşumunda öncü sayılacak programlar ortaya çıkmıştır [5].

1990'larda, işletmelerdeki yöneticiler, firmalarında yalnızca kaliteli ürün üretmenin tek başına yeterli olmadığına ve müşteriye yapılan sevkiyatların miktarının, yerinin, zamanının, nasıl yapılacağına ve tüm bu maliyet hesaplarının kar üzerinde çok önemli etkiye sahip olduğunu görmüşlerdir. Böylelikle sadece kendi işletmelerini değil, tedarik zincirinde yukarıya doğru (upstream) ve aşağıya doğru (downstream) bulunan tüm işletmeleri yönetmeleri gerektiğini anlamışlardır [6]. Tarihteki bu kısma da tedarik zinciri yönetimi aşaması denilmektedir.

Günümüzde tedarik zinciri, bütünleşik yönetim sistemi ile ve geliştirilen ERP yazılımları ile kontrol edilmektedir.

1.3. Tedarik Zinciri Yönetimi Süreçleri

Global Tedarik Zinciri Forumu üyeleri, tedarik zincirinin süreçlerini sekiz tane olarak kabul etmiştir [7].

Bunlar, müşteri ilişkileri yönetimi, müşteri hizmetleri yönetimi, talep yönetimi, sipariş işleme, imalat akış yönetimi, satın alma, ürün geliştirme ve iadeler olarak sayılabilir. Bu forumun yaptıkları tedarikçi süreçleri ile doğrudan alakalı olduğundan Tedarikçi İlişki Yönetimi (Supplier Relationship Management-SRM) adı verilmektedir.

Müşteri ilişkileri yönetimi, firmanın müşterileri ile olan ilişkilerinin nasıl olduğunu, nasıl geliştirilebileceğini ve ileriye yönelik olarak nasıl sürdürülebileceği ile ilgilidir. Müşteri hizmet yönetimi, firmanın müşterisi ile olan bire bir sürecine denilir ve müşteri durmadan bilgilendirilir, bağlantılar oluşturulur.

Talep yönetimi, arz ve talep ilişkisini belirlemeye çalışır. Sipariş işleme, müşterinin istediği siparişleri zamanında gönderebilmektir. İmalat akış yönetimi, üretim gerçekleştirirken esnek bir şekilde ihtiyaçlara karşılık verebilmektir.

Ürün geliştirme, firmanın pazara sunacağı ürünü en iyi şekilde geliştirip, piyasada rekabet edecek hale getirmesi ve piyasaya sunuşunu ifade eder.

İadelerin yönetimi ise firmaya, verimliliğin artırılması konusunda büyük katkı sağlar. Müşteri memnuniyetinin artırılmasında bir araç niteliğindedir. İade yönetimi sayesinde müşteriler ile arada güven ilişkileri kurulur.

1.4. Tedarik Zinciri Yönetimi Sağladığı Katkılar

Tedarik Zinciri Yönetimi, firmaların bir arada çalışacağı ve birbirleriyle sağlıklı iletişim kurabilecekleri bir ortam oluşturur. Bu iletişim, beraberinde zaman kazancı ve mevcut kaynakların düzgün ve yeterli kullanımını beraberinde getirir.

Zaman ve kaynaktan tasarruf, başta tedarikçilerin performansını artırır, var olan stokları azaltır, tedarikçi performansının artırılması ile birlikte çevrim zamanını azaltır, müşteri sipariş tahminlerinin daha doğru olmasını sağlar, tüm zincir boyunca verimliliği artırır, maliyetin düşürülmesine olanak sağlar. Böylelikle firmanın hedeflerine ulaşmasına yardımcı olur.

Tedarik zincirinin sağladığı faydalardan en önemlilerinden başka birisi de zincir ağındaki tüm firmaların koordine bir şekilde birbirine bağlı oluşudur. Bu sayede üretim ve sipariş planlamasında büyük kolaylıklar oluşur.

1.5. Dağıtım Yönetimi

1.5.1. Dağıtım ve dağıtım fonksiyonu

Dağıtım, bir işletmede üretilen ürün veya hizmetin son müşteriye ulaştırılması amacıyla kurulmuş olan bir ağ yapısıdır. Bu ağ yapısı belirli döngü, teslimat ve bağlantılardan oluşur. Dağıtım diğer bir ifade ile, üretilen hizmetlerin üreticiden tüketiciye akışını sağlayan bunun yanında da tüketiciden gelen nakitin ters yönde olacak şekilde üreticiye doğru akışını sağlayan bir araçtır. Üretimi tamamlanan ürünler veya hizmetler tüketiciye dağıtım fonksiyonu ile iletilir.

Dağıtım yönetimi kavramı ise, 1960'lı yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Firmalar, tedarik zinciri ve lojistik yönetimi ile birlikte, stratejik planlarını gerçekleştirmek için dağıtım yönetimini kullanmaya başlamışlardır.

Dağıtım yönetimi, tedarik zinciri ve lojistik yönetiminin büyük bir kısmını oluşturur. Temel olarak, ürün, hizmet, para ve bilgi dağıtım yönetimi ile birlikte hareket kazanır. İlgili ürün ve hizmetler, en az maliyetle ve en kısa sürede ilgili müşteriye ulaştırılmaya çalışılır. Bu nedenle dağıtım yönetiminde en önemli olgu, dağıtımın nasıl yapılacağıın belirlenmesidir.

1.5.2. Dağıtım yönetiminin önemi

Dağıtım yönetimi, firmaların günümüz rekabet ortamında sıkça başvurduğu bir çözümdür. Günümüz rekabet koşulları, ürünlerin yaşam sürelerinin kısalması ve aynı ihtiyacı karşılamaya yönelik ürün sayısının artması nedenleriyle giderek zorlaşmaktadır. Bu koşullar direkt olarak stok yönetimini etkilemektedir. Örneğin, kullandığımız telefonların her gün değişik marka ve modellerde üst versiyonları piyasaya sunulmaktadır. Piyasaya sunulan her versiyon ile birlikte, müşterilerin beklentileri daha da artmaya başlamıştır. Dağıtım yönetimi burada müşteriye doğru zamanda, doğru ürünü doğru miktarda vermeyi amaçlamaktadır. Böylelikle müşteri memnuniyeti firmalar tarafından kazanılmış olur.

Dağıtım yönetiminde etkili olan bir diğer faktör, müşterilerin sipariş ettikleri ürünlerin bekledikleri kalitede olmayışı sonucu firmalar tarafından sunulan servis hizmetleridir.

Teknolojik gelişmeler de, müşteriler ile olan iletişimde önemli yer tutmaktadır. Bu teknolojiler ile dağıtım fonksiyonları değiştirilebilir, daha hızlı teslimatlar yapılabilir, dağıtım yaparken hız arttırılabilir ve bunların yanında maliyetler azaltılabilir. Bu teknolojik ilerlemelere örnek olarak, uzman sistemler, rotalama verilebilir ve bu sistemler mümkün olan en uygun dağıtım çizelgelemesi oluştururlar.

1.5.3. Dağıtım stratejileri

Firmalar ürettikleri ürünleri müşterilerine dağıtmak için belirli stratejiler geliştirmişlerdir. Bu stratejiler, müşterilerin istekleri doğrultusunda ürün özelliklerini pazara olan mesafeleri ile birlikte göz önüne alarak, en düşük maliyet ile, en kısa zamanda ve en yüksek kar oranını verecek şekilde dağıtım yapmayı amaçlamaktadırlar.

Başlıca dağıtım stratejileri, tam zamanında teslimat, doğrudan teslimat, Milk-Run (döngüsel sefer) ve çapraz sevkiyat (cross-docking) olarak sayılabilir.

Tam zamanında teslimat, gerekli malzemelerin, belirli zamanlarda, belirli miktarlarda alıcıya teslim edildiği sistemlerdir.

Eskilerde kütleler halinde yapılan üretim, yerini fazla stoktan arındırılmış ve müşteri siparişlerine uygun halde olan üretime bırakmıştır. Böylelikle, en büyük maliyetlerden

birisi olan fazladan üretim maliyeti gerçekleştirilmemiş olur. Üretimde oluşturulan israfların önüne geçilir.

Doğrudan dağıtım, üreticinin kendisinin direkt olarak alıcıya satış yapmasıdır. Diğer bir ifade ile, alışveriş işlemi bir tarafta alıcı diğer tarafta üretici ile yapılır. Böylelikle üretici alıcı ile bire bir görüşür ve gerekli dağıtım fonksiyonlarını da kendisi yerine getirir. Doğrudan dağıtımda maliyetlerin yüksek oluşuna karşılık, işlemlerin basit oluşu ve alıcı-satıcı arasındaki iletişim ve koordinasyonun yüksek oluşu nedeniyle tercih edilmektedir.

Milk-Run, diğer adı ile döngüsel dağıtımdır. Milk-Run aslında bir çizelgeleme temelidir. Firma bu dağıtım stratejisi ile sayısı genellikle ondan az olan tedarikçilerden ham maddeleri toplar veya müşterisine sevkiyat yapar. Milk-Run'da taşıma araçları, belirli noktalardan malzemeleri toplar. Bu toplama işlemi taşıyan aracın kapasitesine bağlı olarak değişmektedir. Sonrasında topladığı malzemeleri, bir veya birkaç yere ulaştırır.

Dağıtım yapılan yerler, aynı zamanda malzemelerin teslim alındığı yerler olabilmektedir. Bu nedenle doğrudan dağıtımdan farklıdır. Geleneksel olan dağıtımlarda, kamyonlar tedarikçiler ve fabrika arasında tek ve doğrudan sefer yaparken Milk-Run'da birkaç tedarikçiden aynı seferde, teslimat alınabilir. Bu da, taşıma kapasitesinin arttırılmasına bunun yanında da maliyetlerin azaltılmasına imkan sağlar.

Çapraz sevkiyat, tedarikçiden alınan ürünlerin, bir ara alana alınarak direkt müşteriye gidecek taşıma aracına koyulup yola çıkarıldığı dağıtım türüdür. Aradaki beklemleri ve zaman kayıplarını en aza indirerek müşteri memnuniyeti sağlamak burada önemlidir.

1.5.4. Araç rotalama ve yöntemleri

Ürün ve hizmetler, en az maliyetle ve en kısa sürede müşteriye ulaştırılmaya çalışılır. Bu nedenle dağıtım yönetiminde en önemli olgu, dağıtımın nasıl yapılacağıının belirlenmesidir. Dağıtım kara, deniz, hava veya demiryolu ile yapılabilir. Bu dağıtımın

planlanması belirli yöntemler yardımı ile gerçekleştirilebilir. Literatürde, dağıtım en iyileştirmek için kullanılan yöntemler araç rotalama yöntemleri olarak bilinir.

Araç rotalama, temel amaç olarak en kısa yolu hedef alan ve bu sayede araçların maliyetlerini azaltıp aynı zamanda en önemli kayıp olan zamandan da tasarruf sağlar. Araç rotalama yaparken literatürde yer etmiş bazı algoritmalar, problemler ve yöntemler mevcuttur. Bunlar arasında literatürde en fazla kullanılan, gezgin satıcı problemi, süpürme yöntemi, en kısa yol algoritması ve tasarruf algoritması başlıklar halinde verilecektir.

1.5.4.1. Gezgin satıcı problemi

Problem, 1930'lu yıllarda geliştirilmeye başlanmıştır. En iyileme problemlerinin en çok kullanılan ve en detaylı incelemelere konu olan yöntemlerinden biridir.

Gezgin satıcı problemi tanımında bir adet gezgin satıcı vardır. Bu gezgin satıcı, ürettiği ürünleri mevcut bir yerleşkede satmak istemektedir. Bunun yanında, bu satıcı yerleşkede bulunana satış yapacağı yerleri mümkün olan en kısa mesafe olacak şekilde ve yerleri en fazla bir kez ziyaret ederek tamamlamak istemektedir. Gezgin satıcı probleminin amacı, satıcıyı en kısa yola ulaştırmaktır. Problemin çözüm adımlarında, öncelikle satıcının dolaştığı yerler şehir olarak düşünülürse, k tane şehir vardır denilir. Satıcı ilk şehre ulaştığında geriye $k-1$ adet şehir kalır. İkinci şehrine ulaştığında ise, geriye $k-2$ adet şehir kalır. Dolayısıyla satıcı $k!$ değişik şehir seçimi yapabilmektedir. Bu rotalar için ise, en kesin çözüm doğrusal programlamalarla en kısa sürede alınmaktadır.

1.5.4.2. En kısa yol algoritması

İki farklı nokta arasındaki belirlenmiş yollar arasında en kısa yolu bulmaya yarayan algoritmadır. Yolların koordinatlarına göre uzaklıklar hesaplanarak, en kısa yollar aranır. Örneğin, bir şehirden diğer şehirlere olan en kısa yollar hesaplanır. En kısa yol belirlenip o yol güzergahına göre tekrar başka şehirlere olan en kısa yollar hesaplanır. Böylelikle başlangıçtan bitişe kadar en kısa güzergahlar bulunmuş olur.

Algoritma adımlarının ilki, başlangıç noktasının belirlenip, başlangıç noktasına komşu olan en kısa mesafenin bulunmasıdır. Sonrasında sırasıyla tüm düğüm mesafeleri

bulunarak, geçerli noktalarda en kısa olan uzaklıklar bulunup saklanır. Son noktaya gelindiğinde durulur.

1.5.4.3. Sweep (Süpürme) algoritması

Gillet ve Miller tarafından, 1974 tarihinde dağıtım problemlerini çözmek için önerilen bir yöntemdir.

Yöntemde, dağıtım yapılması gereken her bir nokta ve bu noktaların polar koordinatları belirlenir. Depo alanı ise, polar koordinatları sıfır olacak şekilde belirlenir. Sonrasında polar koordinatlar en küçük açıya sahip olandan başlanılarak, polar koordinat düzlemine dizilir. En küçük açıyla başlanarak, her bir araç kapasitesi dolana kadar araçlara sırasıyla süpürme yöntemine göre noktalar atanır. Tüm polar sistem taranana kadar algoritma devam eder.

1.5.4.4. Tasarruf algoritması

Tasarruf Algoritması, Clark ve Wright tarafından 1964 yılında geliştirilmiş bir algoritmadır. Tasarruf algoritması her bir adımında, daha iyi bir sonuç elde etmek üzere turların değiştirilmesine dayanmaktadır. Bu nedenle tasarruf algoritması bir değişim algoritması olarak kabul edilir.

Yöntemde başlangıç olarak her bir araç için ayrı bir rota oluşturulmakta yani her bir talep noktasına ayrı bir araç ile hizmet verilmektedir. Sonra oluşabilecek en büyük tasarrufa ve uygunluk şartlarına göre iki rota birleştirilmektedir. Burada ifade edilen tasarruflar i ve j düğümlerine iki ayrı araç yerine bir tek araç ile hizmet verilmesi durumunda elde edilecek maliyet azalmasıdır.

Bütün araçların yola çıkıp geri döneceği basit bir depo bulunmaktadır. Müşteri talepleri ve konumları bilinmektedir. Deponun konumu 0 ve müşteri konumları 1,2,3,..n olarak tanımlanmaktadır.

Depodan, her müşteri konumuna gitmenin maliyeti C_{0j} şekilde kabul edilir.

C_{0j} = depodan j müşterisine bir yolculuk yapmanın maliyeti.

Metodu tamamlamak için aynı zamanda müşteriler arası yolculuk masraflarının bilinmesi gerekmektedir. Bu durumda aşağıdaki bilinen sabitler kabul edilecektir.

C_{ij} = i konumundaki müşteriden j müşterisine bir yolculuk yapmanın maliyeti

Amaca ulaşmak için, her $1 < i, j < n$ için $C_{0j} - C_{ij}$ olduğu durum düşünülecektir. Bu durumun her koşulda geçerli olmadığı unutulmamalıdır, örneğin tek yönlü caddeler varsa, i'den j'ye olan mesafe, j'den i'ye olan mesafeden farklı olabilir.



2. YALIN ÜRETİM

2.1. Yalın Üretim Tanımı

Yalın üretim adından da anlaşılacağı üzere, üretim sistemlerinde meydana gelen atıkları azaltıp, üretilen ürün kalitesini artırarak, firmaya değer katmaya çalışan bir üretim sistemidir. Sistem ilk olarak Toyota'da kullanılmaya başlanmıştır bu nedenle Toyota üretim sistemi de denilmektedir.

İlk bütünleşmiş üretim Amerikalı Ford şirketinde Henry Ford önderliğinde kurulmuştur denilebilir. Bu bütünleşmiş üretim, insan, makine ve çevrenin bir arada kullanılarak seri üretim yapılmasını temel almaktadır. Sonrasında bu üretim farklı şirketlerce geliştirilmiştir. Japon şirketleri bünyesinde çalışan mühendisler ise, İkinci Dünya Savaşı sonrasında, Amerikan üretim sistemini incelemeye başlamışlardır. İncelemeleri sonucunda işçilere verilen değer az olduğunu ve üretimde meydana gelen aksaklıkların büyük çoğunun işçi kaynaklı olduğunu görmüşlerdir. Bu sorunları düzelterek ve iş ortamındaki saygıyı artırarak üretim sisteminin daha verimli ve kaliteli olabileceğini fark etmişlerdir. Böylelikle temel olarak yapılan hataları önlemeye yönelik olan poka-yokeler Japon üretim sisteminde kullanılmaya başlanmıştır.

2.2. Yalın Üretimin Temel Amaçları

Yalın üretim, az kaynak kullanımı ile zamandan tasarruf sağlayarak, maliyeti en az olacak şekilde ve müşterinin taleplerine tam olarak cevap vererek esneklik ile yapılan üretimdir [8]. Yalın üretimin temel amacı, üretimin tedarik zinciri boyunca ilk üretilenden başlanarak, kesintisiz bir şekilde müşteriye son üretilen ürünün gönderilmesidir. Bunun sağlanması da, tüm tedarik ağına bir bütün olarak bakıp, tüm faaliyetlerin sağlanabilecek en yüksek değer oluşturması ile sağlanır. Yalın üretim, tüm üretim süreçleri için israfın azaltılmasını sağlamaya çalışır. İsraflar, ürünün sağladığı değer azalmasına neden olur, bununla birlikte kalitedeki düşüşün sebeplerinden biridir. İsrafın tanımında müşterinin

fazladan ödeme yapmayacağı ve bu ödemeyi yapmak istemeyeceği her şey olduğu verilmektedir.

Yalın üretimde üç farklı israf türü bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla; mura, muri ve muda'dır. Mura, iş yerinde yaşanan düzensizliklere denilir. Bu düzensizlikler farklı sebeplerden kaynaklanabilir. Bu sebepler içerisinde, iş planlamalarının düzgün yapılmaması, üretimin düzgün planlanmaması, standardizasyona ulaşmamış süreçler verilebilir. Muri, aşırı yükleme demektir. Personelin veya makinenin yaşadığı kapasite fazlalıkları örnek verilebilir. Muda, israf demektir. Yalın üretimde yedi temel israftan bahsedilmektedir. Bunlar Şekil 2.1'de verilmektedir.



Şekil 2.1. Yedi temel israf

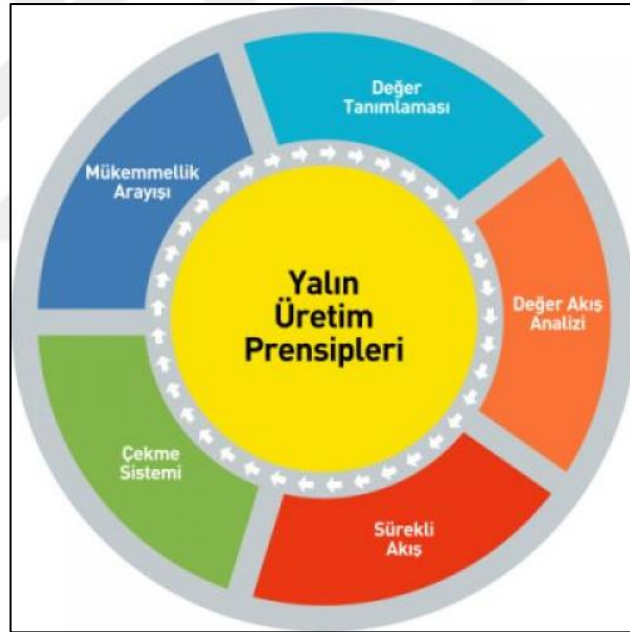
Bu israflardan ilki hatalı üretim, yapılan üretim içerisinde yapılan üretim hatalarını düzeltmek için kontrol, tamir ve yeniden işleme faaliyetlerini kapsar. Stok israfı, bir sonraki üretim adımına gönderilmeyi bekleyen ham maddeler veya bitmiş ürünleri kapsar. Bu stoklar ara depolarda veya üretim hattının kenarında bekler. Hareket israfı, işçilerin yapmış oldukları gereksiz vücut veya yürüme hareketlerini kapsar. Bekleme israfı, işçilerin veya makinelerin herhangi bir iş yapmadan beklemesini kapsar. Taşıma israfı, parçaların gereksiz yere bir yerden başka yere taşınması işlemidir. Süreç israfı, gereksiz ve müşteriye değer katmayan işlemleri içerir. Fazla üretim israfı, ihtiyaç fazlası ürün anlamına gelmektedir ve bu üretim de stok tutmayı zorunlu hale getirerek, fazladan stok maliyeti oluşturur. En tehlikeli israfın fazladan üretim olduğu söylenmektedir. Bunun nedeni ise fazla üretimin, diğer israf türlerine sebebiyet vermesidir.

İsrafın nedenlerinin, Japon üretim sisteminde temel olarak eğitim eksikliğinden kaynaklandığı söylenilir. Eğitim eksikliği beraberinde organizasyonel bozuklukları,

işçilerin iş veya görevlerini yaparken ortaya çıkan sorunları getirir. Bu iki problem, işletme içerisinde bakım, üretim, planlama gibi fonksiyonel alanlarda yaşanılacak sorunları doğurur. Böylelikle israfa neden olan yönetimsel ve üretimle ilgili sorunlar oluşmuş olur. Yalın üretimde temel hedef, bu israfları ortadan kaldırmak ve öncelikle eğitimleri tamamlayıp, fabrika ortamını işlevsel açıdan düzgün hale getirmektir.

2.3. Yalın Üretim Temel Prensipleri

Yalın üretim felsefesinin temel hedefi, sunulan değeri müşteriye ulaştırmaktır. Bu değer ise ancak değerli üretim yapılarak müşteriye ulaştırılabilir. Burada değerden kasıt, israfın olmadığı, süreçlerin tam zamanında çalıştığı ve kalite ile üretimin yapılmasıdır. Bu değeri elde edebilmek için ise yalın üretimde Şekil 2.2’de görülen beş adet prensip tanımlanmıştır.



Şekil 2.2. Yalın üretim prensipleri

Yalın üretim felsefesinin ana noktası değer olarak bilinmektedir. Değer, üretimi yapan işletme tarafından oluşturulur ve o değeri kullanan kullanıcı tarafından ise tanımlaması yapılır. Temel olarak değer mükemmelleştirilmesi, değeri oluşturan için doğru işin doğru şekilde yapılmasını gerektirmektedir. Bunun için üretici firma, üretim yaparken veya hizmet üretirken müşteri bakış açısı ile ürettiği değeri değerlendirmelidir. Kalite, kullanıcının kullanımına uygun üretimi yapmaktır. Eğer bir ürün kullanıcı ihtiyaçlarını tamamıyla karşılıyorsa, kalitelidir ve değerlidir denilir.

Değer akışı ilkesi, bir ürünün veya değerün üretimi esnasında geçtiği tüm işlem ve süreçlerin tanımlanmasıdır. Bu süreçler değer yaratan veya yaratmayan süreçler olmak üzere ikiye ayrılabilir. Değer yaratmayan faaliyetlerin veya süreçlerin azaltılması temel amaçtır. Değer akışı, süreçlerinin çok iyi tanımlanması gerekmektedir. Burada temel düşünce tüm üretim sistemine genel olarak bakabilmektir.

Değer akışta belirli üç tip iş vardır. Bunlar, değer yaratan işler, değer yaratmayan işler ve değer yaratmasa bile zorunlu olarak yapılması gereken işlerdir. Değer yaratmayan işler gereksiz olan tamir, bekleme gibi işlerdir ve mümkün olduğunca azaltılmaya çalışılmalıdırlar. Değer akışın süresine bakıldığında ise, aynı şekilde bu değer yaratmayan faaliyetlerin zamanın çoğunu tükettiği görülmektedir ve hedef üretilecek ürünün israf yapılmadan üretilmesini sağlamaktır. Asıl durum, daha hızlı iş bitirmekten çok, israflara harcanan zamanın azaltılması ile değeri arttırmaktır.

Şekil 2.2’de görüldüğü gibi üçüncü ilke, sürekli akıştır. Bu akış tipi üretim sayesinde üretim küçük partiler halinde olmaktan ziyade büyük partiler halinde ve sürekli olmaktadır. Ham madde belirli proseslerden geçerek hiç durmadan belirli bir hat üzerinde üretilmektedir. Yüksek miktarlarda seri üretim yaparak, hat duruşlarını en aza indirmek israfın azaltılmasında önemli rol oynamıştır. Sürekli akışta, adımların iyileştirilmesi için Kaizen çalışmaları yapılmaktadır. Kaizen, Japon üretim felsefesinde olan bir olgu olup, sürekli iyileştirme olarak bilinmektedir.

Yalın üretimin dördüncü ilkesi, çekmedir. Çekme sistemi temelde, müşteriye ürünü iletmeyi değil, müşterinin istediği ürünü çekmesini ifade eder. Bu da müşteri herhangi bir talepte bulunmadıkça üretim yapılmamasını ifade eder. Çekme, müşteri tarafından talebi olarak en son ham madde tedariki ile üretimi başlatır. Böylelikle üretim hızı müşteri isteği ile aynı olur. Yalın üretimin istediği tüm zamanında yapılması gereken faaliyetler böylelikle yapılmış olur.

Üretimde kullanılan akış sistemleri birkaç tanedir. Bunlara örnek vermek gerekirse, ilk olarak en eski üretim sistemi tek parça akış sistemidir. Bu akışta tek bir ürün bir akışa girerek herhangi bir stoğa gerek kalmadan teker teker üretilir. Diğer bir akış sistemi Kanban’dır. Kanban sistemi iki farklı şekilde uygulanabilmektedir. Bir tanesi normal Kanban olarak bilinir, üretimde arada belirli bir stok bulunur ve kullanılan kadar üretim yapılır. İkincisi ise üretim arasında belirli güvenlik stok seviyeleri bulunur ve

bu seviyelerin altına düşüldüğünde sabit miktarlarda üretim yapılır. Diğer bir akış sistemi, FIFO olarak bilinir. İlk giren ilk çıkar mantığı ile üretim yapılır. CONWIP ise diğer bir akış sistemidir. Bu sistem sabit stok sistemi olarak bilinir. Tüm prosesler aynı tempoda üretim yaparlar böylelikle bir ürün prosten çıkmadan diğer ürün prostese giremez. Böylelikle arada daima aynı sayıda stok bulunur. Diğer akış tipi sıralı çekmedir. Teker teker parçaların itilmesidir. Bir adet çekilirken bir adet parça da üretilir.

Beşinci ilke mükemmelliktir. Mükemmelliğin sağlanabilmesi, PUKÖ döngüsü ile etkin olarak kullanılabilir. PUKÖ, yapılan tüm aksiyonlar için eğer bir problem çıkarsa, tekrar yaşanmaması için önlem alan bir döngüdür. Yalın üretim, tüm değer zincirinin birlikte olduğu bir sistem yarattığından, herhangi bir aksaklıkta tüm işleyiş sekteye uğrar. Bu nedenle mükemmelliğin sağlanması, tüm süreçlerin birbiri ile uyumlu şekilde çalışmasını gerektirir.

2.4. KANBAN Sistemi

Kanban (Kahn-Bahn) Japon alfabeleri ailesinde bulunan Kanji alfabesinden iki karakterdir. Bu karakterlerin ilki olan Kan, görsel veya görmek demektir. İkinci karakter olan Ban ise, tahta demektir. Fakat ikisi bir araya geldiğinde görsel kayıt (visual record) anlamını taşımaktadırlar [9].

Kanban'ın belirli türleri vardır. Bunlar çeşitler sırasıyla, çekme kanbanı ve üretim kanbanıdır. Çekme kanbanı, ikiye ayrılmaktadır. Birinci çekme kanban çeşidi prosesler arası kanbandır ve tedarik edilen malzemenin veya yarı mamulün çekilmesini yönetmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu kanban çeşidinde sondan başa doğru bir talep oluşumu mevcuttur. Müşteriden alınan talep arada herhangi bir fazladan üretim prosesi olmadan bir öncelikli üretim istasyonuna verilir. İstasyon üretim talebini ondan bir öncekine verir. Böylelikle son istasyondan baştakine doğru talep çekilmiş olunur. Prosesler arası iletişim yüksek seviyede tutulur.

İkinci çeşit çekme kanbanı ise, tedarikçi kanbanı olarak bilinir. Müşterinin tedarikçilerinden malzemeleri tam zamanında istediğinde kullandığı çekme kanbanı çeşididir. Tam zamanında üretim yapan firmalar için kullanılır ve tedarikçinin istediği adetler tam vaktinde hazır olacak şekilde çekme kanbanları oluşturulur.



Şekil 2.3. Kan-Ban
Kanji alfabesi
gösterimi

Tedarikçi kanbanı kullanılmak istendiğinde önemli olan şey, tüm tedarikçilerin buna hazır olup olmadığının veya bu tip bir üretim isteyip istemediklerinin bilinmesidir. Aksi takdirde tedarikçiler, bunu üretimi ancak yüksek stok ile karşılayıp, zarar görürler. Üretim kanbanında temel olarak ikiye ayrılmaktadır. Bunlardan birisi parti tipinde üretimin olmadığı normal tip denilen üretim kanbanı, öteki ise sinyal kanbanıdır. Normal tip olan kanban çeşidi, montaj hatlarında ve üretim yapmak için olan hazırlık zamanlarının sifıra yakın olduğu zamanlarda kullanılır. Sinyal kanbanı ise, parti tipinde üretimin yapıldığı yerlerde kullanılmaktadır. Sinyal kanbanı denmesinin nedeni, önceden belirlenen bir stok seviyesi vardır ve bu miktar seviyesinin altına düştüğünde sinyal verilerek yeniden üretim yapılması sağlanır [10].

Kanban, en mükemmel değeri yaratmak için kullanılan yalın üretim sisteminin araçlarından bir tanesidir. Kanban sistemini iyi anlayabilmek için öncelikle çekme sisteminin iyi anlaşılması gerekir.

2.4.1. Çekme sistemi

Yalın üretimin temel prensiplerinden biri olan değer akışın sağlanabilmesi için oluşturulan bir üretim sistemi de çekme sistemi (pull system) olarak adlandırılır. Bu sistem temelde, müşteri odaklıdır. Müşteri, istediği miktarda ürünü bu ürünü tedarik edeceği tedarikçisine bildirir. O saatten itibaren tedarikçinin elinde üretmesi gereken

adetler mevcut olacaktır. Bu adetlere istinaden, nasıl bir üretim hat tasarımı var ise, en sonuncu hatta bu üretim adetleri bildirilir.

Örneğin, bir fabrikada araba üretilmektedir. Müşteri bu fabrikaya belirli bir gün için yüz adet araba sipariş etmiş olsun. Fabrikada ise, temel olarak dört farklı hat olduğunu varsayalım. Bu hatlar, şekillendirme, boyama, montaj ve son montaj olsun. Fabrikaya verilen bu yüz adet üretim, son montaj hattına bildirilecektir. Son montaj hattı ise, yüz arabayı üretmek için ne kadar alt parça gerekli ise, son montajdan bir önceki hat olan montaj hattına bunu bildirecektir. Montaj hattı ise bu talebi ondan bir önceki hat olan boyamaya ileticek ve aynı prosedürü kendi de uygulayıp, kendisine gelen talebi sondan bir önceki hat olan şekillendirme hattına bildirecektir. Böylelikle müşteri talebine göre şekillenen bir hat oluşturulmuş olacaktır.

Çekme sistemi sayesinde, yalnız üretimde en önemli israf olarak nitelendirilen fazladan üretim yapılmamış olacaktır. Fazladan üretimin yapılmaması, diğer israfları da önleyerek örneğin gereksiz stoğu da yok edecektir.

Çekme sisteminin tersi olarak nitelendirilen sistem ise itme sistemidir. Bu sistem, daha çok üretim planlamasının yapılmadığı veya müşteri ile olan iletişimin iyi bir şekilde sağlanmadığı üretim alanlarında görülür. İtme sisteminde, ne kadar ürün üretileceğine karar veren ilk prodestir. Aynı örneği vermek gerekirse, şekillendirme hattı, boyamadan herhangi bir talep almadan üretim yapar ve ürettiği şekillendirilmiş yarı mamulleri boyama hattına gönderir. Boyama hattı aynı şekilde boyama işleminden sonra yarı mamulleri montaja ve montaj da son olarak en sondaki montaj hattına gönderim sağlar. Bu sistem, müşteri talebine göre işlemediğinden, boşa harcamalara ve yüksek miktarda stok yapmaya neden olabilir. Müşterinin isteyeceği miktarı tahmin ederek üretim yapmak, müşteri tarafında herhangi bir sıkıntı çıktığında ev tahmin edilen talebin olmadığı durumlarda fazla stoğa ve israfa neden olurken, talebin fazla olduğu durumlarda ise, karmaşaya ve fazlada işgücü çalıştırmaya neden olabilir. Bu durumlar beraberinde karmaşık bir yönetimi de getirir.

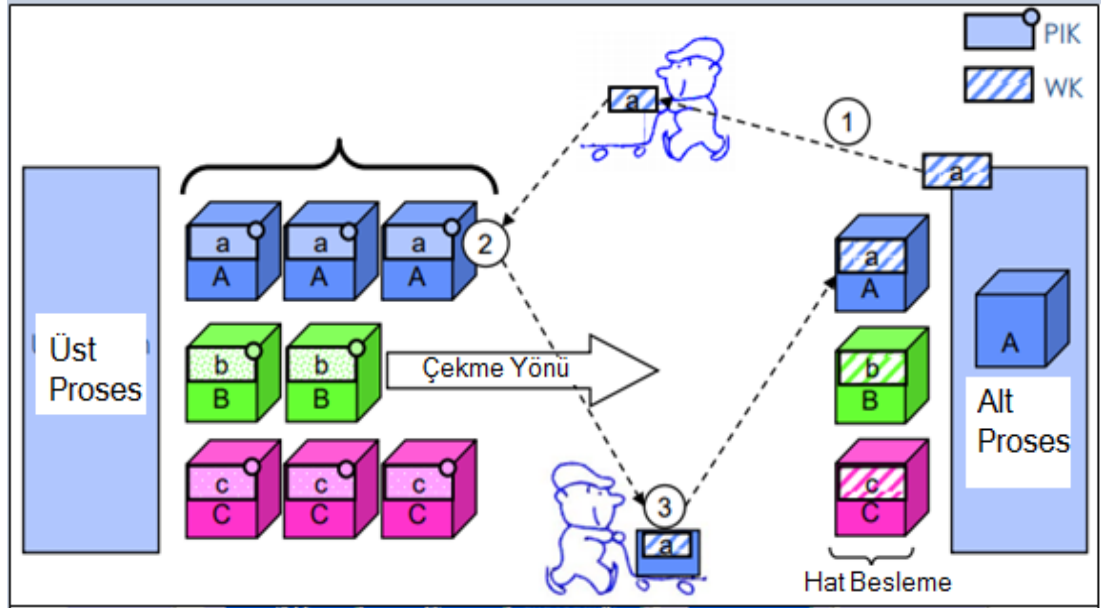
2.4.2. Standart kanban sistemi ve akışı

Kanban, doğru parçaların, doğru miktarlarda, doğru zamanda, üretimin her aşamasında üretimini kontrol eden bilgi sistemidir.

Yalın bir üretim sistemindeki en önemli kavramlardan biri, üretim gruplarının bölünmesidir. Kanban, bu bölmenin ürettiği çok sayıda üretim siparişini yönetmek için basit ve güvenilir bir sistemdir. Kanban talebi kesinleştirmeye ve stok alanını düzgünleştirmeyi sağlar.

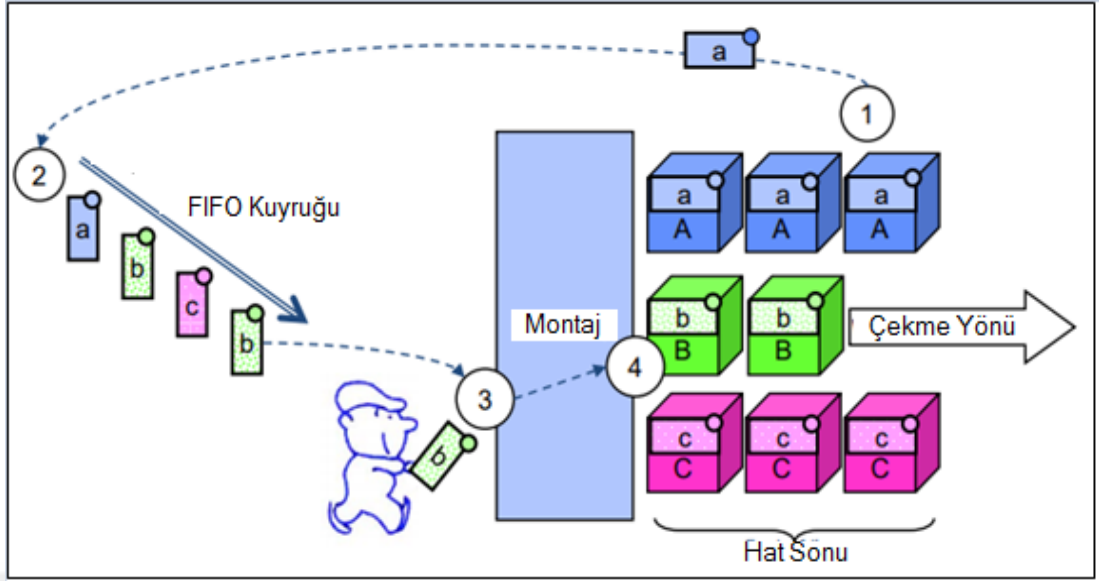
Kanban sisteminde firmada, üretim talimatı ve çekme olarak iki türde tanımlanmış kanbanlar kullanılmaktadır. Firmada bu iki kanban çeşidi kısaca PIK ve WK olarak yazılır.

Şekil 2.5’de görülen birinci adımda, elleçleme operatörü, bir paketleme ünitesinden önceki işlemden çıkarılmış bir Çekme Kanbanı alır. Bu Çekme Kanbanını bir üst prosese taşır ve oradan çekeceği malzemenin üzerindeki PK yani üretim talimatı kanbanı ile yer değiştirerek aldığı malzemeyi tekrar bir altı prosese taşır. Böylelikle hat çekme sistemi ile beslenmiş olunur. Şekilde aynı zamanda çekme yönünün de üst procesten alt prosese doğru olduğu verilmektedir.



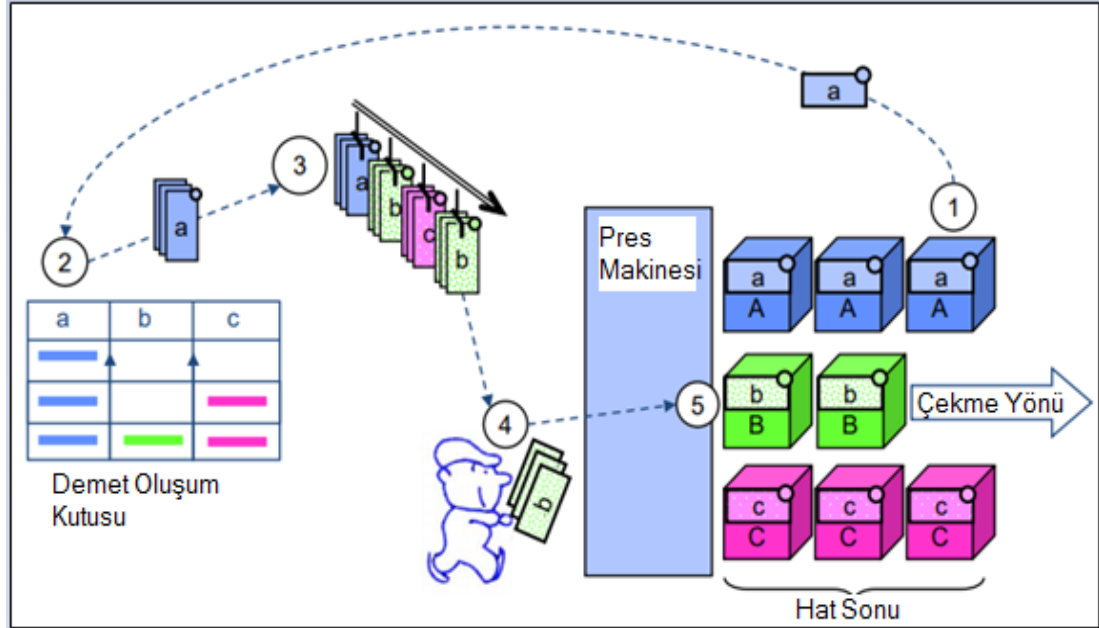
Şekil 2.5. Çekme kanbanı prosesi

PIK sistemi ise, üretim sürecini belirleyen kanban sistemi olarak fabrikada işler. Üretim hattının sonunda çekme sisteminin yönüne doğru olarak birer birer çekme kanbanı ile yer değiştiren üretim talimatı kanbanları FIFO doğrultusunda montaj hattına tekrar alınır. Böylelikle Kanban sistemi fabrikada, üretimin kontrol altında tutulmasını sağlar.



Şekil 2.6. Üretim talimatı kanbanı prosesi

Fabrikada, Kanban sistemi Şekil 2.7’de görülen kuyruk modeline göre yapılmaktadır.

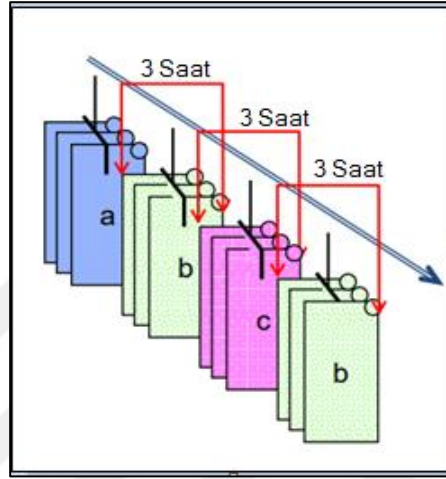


Şekil 2.7. Kanban ile demet oluşturarak üretim

FIFO döngüsü için Çekme Kanbanı ile yer değiştiren Üretim Talimatı Kanbanları, fabrika bünyesinde demetler halinde üretilmektedirler. Bu demetlerin sırasını takip edebilmek için demet oluşum kutuları mevcuttur. Bu kutularda PIK’ler aşağıdan yukarıya gidilerek yerleştirilir. Şekil 2.7’de gösterilen demetlerin üç adet üründen oluşması istenmiş ve her üç PIK’de bir prosese üretim talimatının gidişi sağlanmıştır. Demet boyutu, kuyrukta ne kadar zamanın gerekli olduğuna göre belirlenir. İlk kez tahmin için, demetin süresi takım değişiminin süre uzunluğunun on katı olarak

belirlenir. Demet büyüklüğünün zamanla sabitlenmesi üretim zamanının, teslim süresinin ve üretilmeme süresinin kontrol edilmesini sağlar. Örneğin, takımın değişim zamanı 18 dakika olsun. Buna göre makinenin demet büyüklüğü 180 dakika olacaktır ve bu da 3 saatte bir tek demetin üretimini yapılacağı anlamına gelmektedir.

Şekil 2.8’de, mavi olan demetin (a) üretimi 9 saat içerisinde başlayacaktır. Eğer o andaki üretim demeti mavi ise, mavi demetin üretilmeme zamanı 9 saattir denilir.



Şekil 2.8. Demet ile üretim örneği

2.4.3. Kanban sistemi kullanım amaçları

Kanban sisteminin yalın üretimde kullanılma amacı, müşterinin isteğine göre üretim yapan çekme tipi için, yapılan üretimin kontrolünü sağlamaktır. Üretim hatları içerisindeki tüm malzeme akışları, Kanban kartları ile sağlanır [11].

Stok Raf No : 5E215 Parça Arka No: A2.15			Önceki Operasyon <hr/> Dövme B-2 <hr/> Sonraki Operasyon <hr/> Talaşlı İmalat M-6
Parça No : 356 70 S 07			
Parça Adı : Tahrik Pimi			
Araba Tipi : Sx50 BC			
Kutu Kapasitesi	Kutu tipi	Sayı	
20	B	4/8	

Şekil 2.9. Kanban kartı örneği

Kanban kartı, hat içindeki parçaların kimliği görevini görür. Kart içinde birçok bilgi bulunur. Örneğin, parçanın adı ve numarası, parçanın kimliği, kartın kullanıldığı iş istasyonunun adı veya sayısı, kanban kartı numarası, kartın bağlı olduğu konteyner numarası, iş istasyonunun tanımı bu bilgilerden bazılarıdır [12]. Bir kanban kartı, üretilmesi veya birleştirilmesi gereken ürünün türü, süresi ve miktarı hakkında bilgi verir. Şekil 2.9’da bir Kanban kartı örneği verilmektedir.

Kanban kartı üzerinde istasyon bilgileri verilerek, çekme sisteminde müşteriden alınan taleplere uygun üretim yapılıp yapılmadığı kontrol edilir. Böylelikle Kanban sisteminin ana hedefi olan üretimin kontrollü bir şekilde yapılması sağlanır. Kontrollü üretim sayesinde, üretim mevcut olan müşteri talebine göre şekillendirilir, talepte meydana gelen değişimler herhangi bir fazla stoğa neden olmaz ve aynı şekilde hatalar oluşmadan önlenmesi için emniyet stoğuna da gerek duyulmaz. İsrarların önlenmesinin yansırı fabrika içerisinde iyi bir iletişim ortamı kurulmasını sağlar. Hangi presenin ne zaman ne kadar ürün ürettiği ve ne kadar daha üretmesi gerektiği kontrol altında tutulmuş olur. Bu durum tam zamanında üretimin mümkün mertebe en iyi şekilde uygulanabilmesi için bir araç niteliği taşır.

Kanban sisteminin kurulmasında kilit belirleyiciler vardır. Kanban sisteminin uygulanmasının başarılı olmasını sağlamak için, başta envanter yönetimi, satıcı ve tedarikçi katılımı, kalite iyileştirmeleri ve kalite kontrolü ile çalışan ve üst yönetim taahhüdü gibi bazı faktörler göz önünde bulundurulmalıdır [13].

3. ENDÜSTRİ 4.0 VE DİJİTALLEŞME

3.1. Endüstrinin Devrimsel Gelişim Süreçleri

Endüstri 4.0, günümüzün endüstriyel üretimini bir bütün olarak ilgilendiren ve devrim niteliğinde bir sanayi adımıdır. Endüstri 4.0 çağında ürünler, makinelere kendileriyle ne yapacaklarını özerk olarak bildirir. Kısacası nesnelere akıllı hale gelir. Yüzeylerinde ilgili bilgileri içeren barkodlar veya RFID (Radio Frequency Identification- Radyo Frekanslı Tanımlama) çipleri bulunur. Bu şekilde akıllı nesnelere iletişim kurar. Nesnelere ve hizmetlerin interneti yaratılır. Fiziksel dünya ve sanal dünya, siber-fiziksel yani akıllı sistemlerde birleşir.

Endüstri ile ilgili olarak dijitalleşme, mevcut ve kısmen esnek olmayan süreçlerin, yüksek performanslı bilgisayarlar, güçlü bir internet ve aktif bilgi alışverişi yoluyla akıllı ürünler ve makineler tarafından devrim yaratılabileceği anlamına gelir.

Endüstri 4.0, sanayi devrimleri içerisinde dördüncü sıradadır. Bu devrimi ortaya çıkartan durum ise dijitalleşme ve iletişim yeteneğinin küresel anlamda artışıdır. Sanayi devrimlerinin ilki buhar gücünün bulunmasına dayanır. Bu güç kullanılarak, mekanik yapıdaki sistemler çalıştırılır, böylelikle el ile yapılan bazı işlemler makinelerle yaptırılarak, insan gücü tasarrufu yapılmış olur. İlk endüstriyel dokuma tezgâhı bu dönemde yapılmıştır. İkinci sanayi devrimi, elektrik gücünün ortaya çıkışı ile seri üretime geçişi kapsar ve iş bölümüne dayalı küresel üretim devreye girmiştir. Üçüncü sanayi devrimi ise, üretimde otomasyonun gelişi ile elektronik ve bilgi teknolojilerinin birlikte kullanımınıdır. Şimdi ise, sanayinin son devrimi olan dördüncü devrim yaşanmaktadır. Üretim sistemlerinin akıllı oluşunu içerir.

Kavram olarak bu devrime 4.0 denilmesinin temelinde, Almanya hükümeti tarafından yürütülen üst teknoloji projesinin adı olması yatmaktadır. Endüstri 4.0, tüm üretim zinciri içerisinde birbirleriyle iletişim kuran aletlerden oluşan tüm üretim süreçlerinin birleşimini

ifade eder [14]. Temel amaç, oluşturulan akıllı fabrikaların, kendi kendini yönetebileceği sistemlerin kurulmasıdır. Bu kurulum ancak Endüstri 4.0'ın getirdiği bazı yenilikler ve kavramlar ile mümkün olmaktadır. Bu yenilikler ve kavramlar, siber-fiziksel sistem, nesnelerin interneti ve hizmetlerin interneti olarak üç ana başlıkta toplanabilir.

Günümüzde Endüstri 4.0'ın uygulanan en önemli örnekleri olarak karanlık fabrikalar gösterilebilir. Karanlık fabrika, içerisinde insanın çalışmadığı, üretimin tamamen önceden kendisine öğretilmiş kodlar ve zekâ ile makineler veya robotlar tarafından yapıldığı fabrikadır. Dünya çapında bu fabrikalar, Japonya, Amerika gibi ülkelerde kullanılmaktadır. Daha çok seri üretim yapan fabrikaların karanlık fabrikaya dönüşümü tüm firmaların yeni teknolojidenden beklediği bir sonuç olarak sayılabilir. Karanlık fabrikaların yavaş yavaş devreye alınması, dijitalleşme çağının giderek başladığının bir kanıtı niteliğindedir.

3.2. Endüstri 4.0 Yapısı ve Temel Kavramları

Endüstri 4.0 devrimini anlayabilmek için bilinmesi gereken bazı kavramlar mevcuttur. Bu kavramlar çoğunlukla gündelik yaşama geçmiştir. Bunların arasında örnek olarak üç boyutlu yazıcılardan söz edilebilir. Bu yazıcılar, bilgiyi direkt işleyip ürün haline getirir ve artık insanların evlerinin içine kadar girmiştir.

Endüstri 4.0'ın daha iyi anlaşılabilmesi için, içinde barındırdığı kavramların çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu kavramlardan bazıları aşağıda açıklanmıştır.

Nesnelerin interneti kavramı, diğer ismi ile IoT (Internet of Things) tüm nesnelerin kendi akıllı teknolojileri ile ve iletişim yeteneği ile birbirleri ile bağlantı kurmalarıdır. Bu bağlantı teknolojisi, en küçük akıllı ev aletinden tonlarca ağırlıkta olan devasa teknolojik aletlere kadar her yerde kullanılmaktadır. Nesnelerin interneti ile nesnelerin içerisine gömülü sistemler kurularak kablolu veya kablosuz bağlantılarla internete bağlantısı sağlanmaktadır.

Bu sistem sayesinde nesneler hem iletişim halinde olmakta hem de kendi görevlerini kendileri yapabilmektedir. Bu yapıda sensörler nesnelerin veri toplama unsurlarıdır.

[15]

Akıllı sistemler, tüm üretim süreçlerinin koordine olma, gözlem ve kontrol gibi temel prensiplerinin, değerlendirme ve iletişim ile birleştirilip yönetildiği sistemlere denilir. Akıllı sistemlere siber-fiziksel sistemler de denilebilmektedir. Bu sistemler, genel olarak makinelerin veya robotların kendi kendini yönetebildiği sistemlerdir. Bu makineler kendilerini yönetmekle beraber birbirleri ile de iletişim kurarak bir siber ağ yaratırlar. Bu ağların temel bileşenleri arasında sensörler, internet ve veriler gösterilebilir. Akıllı sistemler, akıllı hizmetleri ve nesnelerin internetini oluşturmak için bir araçtır.

Üç boyutlu yazıcılar, gelişen akıllı sistemler sayesinde icat edilmiş bir buluştur. Üç boyutlu yazıcılar, her yazıcının olduğu gibi bir bilgisayar sistemine bağlıdır. Bilgisayarı kullanan kişi, belirli bir üç boyutlu çizim yaptığında normal yazıcıların iki boyutlu çıktıklarından farklı olarak, üç boyutlu yazıcı çizilen nesneyi belirli bir sürede üretir. Yapılan üretim kaynak makinelerindeki üretime benzetilebilir. Kaynak makinelerinde metal tel, bir tutacak içerisinde eritilerek istenilen yer kaynak edilir. Üç boyutlu yazıcıda da aynı mantık geçerlidir. İçerisinde yazıcıya bağlı olarak değişen fakat genellikle plastik maddeden yapılan tel kullanılır. Bu tel katmanlar halinde, üretilecek ürünün teknik resmine göre eritilerek parçayı oluşturur.

Akıllı robotlar, teknolojinin gelişimi ile içerisinde emir komutlarını yazdıracak kod kısmı bulunan ve bu kodlara göre herhangi bir insan kaynağı yardımına gerek duymadan üretim yapabilen robotlardır. Bu robotlar sayesinde daha kısa zamanlarda, insanların yapamayacağı taşıma, kaldırma, işleme gibi ağır işler yapılabilmektedir.

Akıllı fabrikalar, akıllı sistemler ve akıllı robotların gelişmesi ile ortaya çıkmış fabrikalardır. Üretim seri halinde ve insana gerek duyulmadan yapılmaktadır. Otomasyon sistemleri bunun için geliştirilmiştir. Bu fabrikaların hiç insan çalıştırmayanlarına karanlık fabrika denilmektedir. Dünya üzerinde sayılı halde bulunan karanlık fabrikaların sayısının artışı beklenmektedir.

Çok fazla talebin olduğu günümüz şartlarında akıllı fabrika sistemleri çokça kullanılmaya çalışılmaktadır. Uzun zamanda maliyet, zaman ve iş gücünden tasarruf sağlamaktadır.

Bulut bilişimi, verilerin sanal ortama aktarılması sonucu yapılan bilgi paylaşımına ve bilgi dağıtımına denilmektedir. Bu bilişim sayesinde makineler, bilgisayarlar ve diğer aletler bilgi paylaşımı yapmaktadır. Bulut denilen yapı ise, tüm programların ve bilgilerin toplandığı alandır. Bu alan sayesinde tüm bu program ve bilgilere kolayca ulaşım sağlanabilmektedir. Böylelikle akıllı sistemlerin doğru bir şekilde çalışması sağlanmaktadır.

Büyük veri, işletmenin geleceğe dayalı tahminler veya günümüze dayalı değerlendirmeler yapabilmesi için gerekli olan dosyalar, hesaplar, ölçümler, fotoğraflar, tablolar vs. gibi tüm verileri kapsayan bilgilerdir. Tüm bu bilgilerin büyük veri olabilesinin şartı ise, hepsinin işlenebilir ve kullanılabilir olmasıdır. Büyük verinin elde edilmesi safhasında çok fazla kaynaktan yararlanılmaktadır.

Büyük verinin analizi sonucu yapılan iyileştirmeler ile üretim verimi arttırılmaktadır. Üretim veriminde olduğu gibi çalışan işçilerden alınan veya ölçülen veriler sonucu da iş gücü verimi arttırılmaktadır. Böylelikle hem işçi hem makine hem de sistem verimi arttırılmış olmaktadır.

Simülasyon, daha oluşturulmamış bir sistemin davranışını anlamak için veya oluşturulmuş bir sisteme kurulacak bir yapının gerçekte nasıl olacağını anlaşılması için sanal ortamda birebir sistem kopyasının yapılarak çalıştırılmasıdır. Bilgisayarda simülasyonların yapılabildiği Arena, Promodel gibi bir çok program mevcuttur. Bu programlar ile üretim sistemlerinin simülasyonu yapılmaktadır ve gerçek hayata geçirilecek bir uygulama yapılacak ise, sonuçlarının nasıl olacağı bu programlarda görülebilmektedir. Aynı zamanda çalışılan sistem simüle edilip, verimin arttırılması için yapılacak olan örneğin yeni makine alımı gibi şartların sonuçları da bu sayede görülebilmektedir.

Sanal gerçeklik, dijitalleşme ile ortaya çıkan gerçeklik kavramıdır. Günümüzde daha çok oyun sektöründe kullanılan sanal gerçeklik, bilgisayarlar sayesinde kullananlara sanki gerçekmiş izlenimi veren yapıdır. Örneğin, takılan gözlükler ve ellere alınan bazı aparatlar sayesinde odasında oyun oynayan bir kullanıcı, kendisini başka ülkelerde veya başka ortamlarda sanki gerçekmiş gibi görebilmektedir. Üretimde ise bu gerçeklik algısı daha farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Örneğin, yeni bir makine fabrikaya alınmıştır fakat kullanacak insan daha makine ile ilgili bilgiye sahip değil

ise, sanal gerçeklik ortamı oluşturularak, sanki makinede çalışıyormuş gibi makineyi kullanabilmektedir. Böylelikle eğitim için zaman kaybı yaşanmadan ve eğitim sırasında yaşanacak herhangi bir aksaklık engellenmektedir.

Yatay ve dikey entegrasyon, birbiri ile bütünleşik sistemleri ifade etmektedir. Bir üretim ağı, ast ve üst yapı olarak tüm departmanlar, tedarikçiler ve müşteriler ile bütünleşmiş bir yapıda olmalıdır. Bu yapı hem iletişim hem de teknolojik olarak kesintisiz bir entegrasyon sağlamalıdır. Bu sayede, üretimde yaşanan herhangi bir hata veya problemde çok hızlı aksiyon alınması sağlanmaktadır. Arttırılan esneklik ile verimlilik arttırılmaktadır.

Siber güvenlik, yapılan teknolojik gelişmeler ile, dışarıdan gelen güvenlik tehditlerine karşı, makinelerin veya sistemin kendisini korumasıdır. Bu güvenlik sistemini gerçekleştirmek için de programlamacılar, makinelerin kimliklerini tanımlayıp, makineler ile yapılan iletişimin korunmasını sağlamaktadırlar.

3.3. Endüstri 4.0'ın Oluşturduğu Fırsatlar

Endüstri 4.0'ın günümüzde oluşturduğu fırsatların sayısı, hem bireysel hem de kurumsal anlamda giderek artmaktadır. Bireysel olarak insanların birbirleri ile olan iletişimi ve çevreleri ile olan etkileşimleri büyük gelişim göstermiştir. Bu etkileşim artışı insanların bilgiye ulaşmasında önemli kolaylıklar sağlamaktadır.

Bu iletişim beraberinde, kaliteli ürün ve hizmet üretimini de getirmektedir. Kaliteli ürün ve hizmet üretimi, ülke için rekabetçilik anlamında büyük katkı sağlayacaktır. Sağlanacak ekonomik yararlar ise, öncelikle üretim hızının artışı ile başlayacaktır. Üretim hızındaki artış, verimliliği arttıracaktır. Kalite kontrol faaliyetleri, üretimde kullanılan makineler arasındaki iletişimin gelişimi ile daha kolay bir hale gelecektir. Üretimden kaynaklı maliyetlerde düşüş yaşanacaktır. Üretim süreçleri ve teslimatlar tek elden kontrol edilmeye elverişli olacaktır.

Ham maddelerin kullanım miktarları azalacak ve böylelikle genel enerji tüketimi de azalacaktır. Bu süreçlerin tümüne hakim olan firmalar, küresel piyasa ortamında, rekabet üstünlüğü elde ederler ve ekonomik olarak büyüme fırsatı yakalarlar [16].

4. E-KANBAN SİSTEMİ

4.1. E-Kanban Temel Kavramları ve İşleyişi

E-Kanban sistemini iyi anlayabilmek için bazı terimlerin bilinmesi gerekmektedir.

Küçük tren ID, küçük trenler fabrika içerisinde malzemeleri stok alanından alıp, üretim alanına götürmek ve boş kutuları geri getirmek ile görevli araçlardır. Çevrimin oluşturulduğu sırada her küçük trene atanan koda da küçük tren ID'si denilir. ID burada kimlik belirlemek için belirlenmiş bir koddur.

Döngü, belirli bir parça için veya belirli bir küçük tren için yönetilen E-Kanban sayısına denilir. Çevrim, bir küçük trenin döngüsüdür. Sayfa sayısı, döngü içerisindeki pozisyon bilgisini veren E-Kanban etiketi sayısıdır.

Çevrim ID, her çevrimin kimlik kodudur. Formatı YYYYAAAGG-XXX şeklindedir. E-Kanban, boş olan kutuların yerine dolu olan kutular kullanılacağında, alt parçaların etiketlerinin çıkmış şeklidir.

IN10, KKPS sisteminde gelen alt malzemelerin direkt olarak alındığı ve girişinin yapıldığı sanal depo. PR10, KKPS sisteminde alt parçaların belirli bir ürün ya da ara mamul olması için gerekli olan üretim işleminin yapıldığı sanal depo. EX10, PR10 sonrasında, bitmiş olan tüm ürünlerin müşteriye gönderilmesini sağlayan sanal KKPS deposu.

İki çeşit E-Kanban prosesi tanımlanmıştır. Bunlar açık döngü ve kapalı döngü E-Kanban olmak üzere iki adettir. Açık döngü E-Kanban sisteminde, yazıcıdan çıkartılan E-Kanban etiketi üzerinde bulunan sayının sıralama hattı için esneklik sağlaması ile birkaç kez taratılabilir. Parça yenileme işlemi bitmiş ürün üretim sırasını takip ettiğinde, sıralı besleme için daha fazla esneklik sunar. Kapalı döngüde ise, E-Kanban etiketi birden fazla kullanılamaz. Tek bir döngü ile sınırlı kalır.

Depolama kutusu bilgileri ise, doğrudan Ana Veri'den (Master Data) alınır. Etiketçi çıkacak olan malzeme bilgisi, malzeme paketleme bilgisi, malzeme depolama alanı

bilgisi gibi bilgiler hem KKPS içerisindeki MMSC kodundan hem de üretimi esnasındaki depolama yerleri için depolama kutusu bilgileri güncellenmelidir. Tüm BOP'ler, E-Kanban sistemi devredeyken aktif olarak kontrol edilmeli ve eski bilgiler yenilenmelidir.

Firmanın diğer ülkelerde olan fabrikaları için oluşturulmuş E-Kanban prosedürü mevcuttur. Ana hatlarıyla E-Kanban prosedürü dört adımda gerçekleşmektedir.

- Üretimden boş kutuyu al ve E-Kanban etiketini tara (WIP), döngüyü onayla.



Şekil 4.1. E-Kanban prosedürü ilk adımı

- Döngüyü onayladığında, döngüdeki etiketler yazıcıdan çıkacaktır ve stoklar arası transfer KKPS (Kurumsal Kaynak Planlama Sistemi) içinde gerçekleşecektir.



Şekil 4.2. E-Kanban prosedürü ikinci adımı

- Tüm çıkan etiketleri al, IN10'dan parçaların içinde olduğu kutuları alıp küçük trene yerleştirirken, çıkan etiketleri onların üstüne yapıştır. Herhangi bir kısa kalma

durumunda veya kısa kalan malzemelerin elimize yeni ulaştığı durumlarda E-Kanban etiketlerini kaldır veya ekle.



Şekil 4.3. E-Kanban prosedürü üçüncü adımı

- Gönderiyi onaylanır, sürücü tekrar malzemeleri WIP yani üretim prosesine götürür.



Şekil 4.4. E-Kanban Prosedürü Dördüncü Adım

4.2. E-Kanban Prosesi

E-Kanban sistemi, kurulumda normal tip Kanban sisteminin kurulum gereksinimlerinin yanı sıra, elektronik sistemlere de ihtiyaç duyar. Kanban sistemi kurulurken, başta stok yönetimi, tüm tedarik zincirinin bu sisteme destek vermesi, kalite ve kalite kontrolü, üst yönetimin onayı gibi bazı faktörler göz önünde bulundurulmasının yanında E-Kanban modeli, tüm bu ihtiyaçların yanında, gerekli olan teknolojik desteğin sağlanması için bilişim sistemi departmanına ihtiyaç duymaktadır. Bilişim sistemi tüm lojistik, üretim ve yönetim departmanlarının sorunsuzca işlemesi için Kanban sistemini dijital ortamda çalıştırmalıdır. Bilişim

sistemine yardımcı olacak insanlar öncesinde eğitilmeli ve kimin ne görevi olduğu belirlenmelidir.

Bu bilişim sistemi ihtiyacının yanında gerekli olan tüm yazıcı, tarayıcı ve bilgisayarlar firmada mevcut olmalıdır. Böylelikle, E-Kanban sistemine fiziksel olarak geçişte bir sıkıntı yaşanmayacaktır.

Önemli olan E-Kanban sisteminin KKPS'ye bağlanmasıdır. Böylelikle tüm stok yerleri ve miktarlar lojistik ekibinin ve tüm ilgili insanların bilgisayarlarından sanal ortamda görülebilecektir.

4.3. E-Kanban'da Küçük Tren Kullanımı

E-Kanban sistemi temel olarak gelen ham maddelerin veya hücreler içerisinde üretilen yarı mamüllerin üretim alanına veya bir sonraki istasyona dijital olarak kontrollü bir şekilde iletilmesini sağlayan bir araçtır. E-Kanban içeriğinde basılan ürün etiketlerinin doğru ürünlere yapıştırılarak üretim alanına veya bir sonraki istasyona götürülmesi küçük tren denilen araçlar ile sağlanır. Bu araçlarda ön kısımda bir çekici ve şoför koltuğu bulunur. Arka tarafında ise trenin çekeceği malzemeleri yerleştirmek için bir çekek kısmı bulunur. Şoför, dolu ham maddeleri veya yarı mamülleri bu çekek kısmına koyarak üretim alanına gider ve teker teker etiketleri okutarak sisteme bu ürünleri üretim alanına üretim için verdiğini onaylar. Sonrasında bitmiş olan kutuları da aynı şekilde geri toplar.

Küçük trenlerin E-Kanban sistemi için ara taşıma olarak seçilmesinde asıl neden, boyutları dolayısıyla forkliftin giremediği bölgelere kolaylıkla girmesi ve iş sağlığı ve güvenliği açısından içerisinde çatal bulunmadığı için daha kullanışlı ve güvenli olmasıdır. Forklift ile malzemelerin yerlerine taşınması aynı zamanda şoför için de zorluk teşkil etmektedir. Bu zorluk forklift çatalının yeterince malzeme alamaması ve palet kullanımının zorunlu olması nedenlerinden kaynaklanmaktadır. Bu durumların yanında, fabrika iş sağlığı kuralları gereğince üretim alanına forklift girişi yasaktır.

Tüm koşullar gereği, üst yönetim kararı ile küçük tren kullanımı E-Kanban için bir kural olarak tanımlanmıştır.

5. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Geçmiş yıllarda yalın üretim prensipleri sonucu ortaya çıkmış olan Kanban sistemi hakkında pek çok araştırma yapılmıştır. Bu araştırmalarda Kanban farklı alanlarda kullanılarak pek çok konuda literatüre katkılar sağlanmıştır.

Kanban sisteminin örnek uygulamaları kapsamında, daha çok son yıllar ağırlıkta olmak üzere, araştırmacıların bu sistemi kullanarak oluşturdukları yayınlar incelenecektir.

Ana ve Alin Gavriluță, 2018 yılında, Kanban, Conwip ve Sıfır Stok metodlarının üretim sistemine etkilerinin analizi adlı çalışmayı yapmışlardır. Araştırmanın amacı, Kanban, Conwip ve Sıfır stok yöntemlerinin üretim sistemini kontrol etmek için üretim sisteminin çıktı performans göstergeleri üzerindeki belirli sınırlar arasındaki girdi değişkenleri açısından etkisini belirlemektir. Farklı üretim hatları farklı metodlar olan Kanban, Conwip ve Sıfır stok felsefelerine göre benzetim yapılarak, maliyet analizi, üretim kontrol yöntemlerinin bu üretim göstergesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu gerçeği ile sonuçlanmıştır. Üç farklı metodu programlama dili olan SIMON ile ve benzetim modeli olan Arena Rockwell ile araştırmışlardır [18].

Kaustav Kundua ve arkadaşları, 2018 yılında, benzetim ve parçacık sürü optimizasyonunun entegrasyonu ile kanban tabanlı bir hat besleme sisteminin bir araştırması adlı çalışmayı yapmışlardır. Bu araştırmanın ana odak noktası, montaj hattını beslemenin farklı yönlerini, literatürdeki en son eğilimi tartışmak ve problemin çözümü için yenilikçi bir yöntem önermektir. Simülasyon modeli geliştirilmiştir ve simülasyonu desteklemek için parçacık sürüsü optimizasyonuna dayalı bir matematiksel model kullanılmıştır. Böylelikle, hibrid model nihayet pratik durumlara uygulanmıştır. Sonuçlar, kanbanın farklı ayarlarının montaj hattı besleme sisteminin performansını nasıl etkilediğini göstermektedir. En büyük yenilik unsuru, kanban büyüklüğü ile kanban sayısı arasındaki ilişkinin ve sistemin tasarımı sırasında davranışının araştırılmasının önemini kesinlikle kabul edilmesidir [19].

Maneva ve arkadaşları, 2016 yılında, kanban yöntemine giriş ve yazılım geliştirilmesinde kullanımı adlı çalışmayı yapmışlardır. Bu çalışmanın amacı, Kanban yöntemini tanıtmak ve yazılım geliştirmede proje yönetimi için bir araç olarak sunmaktır. Sonuç olarak Kanban, darboğazları tespit etmesi ve ortadan kaldırması ve iş ve kalite açısından operasyonel iyileştirmeler elde etmesinin bir yoludur denilmiştir [20].

Chhatrawat ve Dixit, 2016 yılında, yalın üretim sistemi bir inceleme adlı makaleyi yazmışlardır. Bu makale, israfın giderilmesini amaçlayan yalın üretim sistemine odaklanmaktadır. “Yalın üretim” birçok endüstriyel sektörde uygulanan lider bir üretim felsefesidir. Bu çalışmada yazarlar, yalın üretim felsefesi üzerinde durularak, Kanban sisteminin yalın üretim felsefesi içerisindeki yerinden de bahsetmişlerdir. Sonuçlarda ise, ‘Değer katan faaliyetler yalnızca müşterinin ödemeye istekli olduğu şeylerdir, her şey israftır ve ortadan kaldırılması, basitleştirilmesi, azaltılması veya bütünleştirilmesi gerekir’ sözünden hareketle, yalın üretimin faydalarından bahsedilmiştir [21].

Purche ve arkadaşları, 2019’da, tedarik zinciri gürültüsünün kanban ve davul-tampon ipinin finansal performansına etkisi: ajan temelli bir perspektif adlı çalışmayı yapmışlardır. Kanban ve Davul-Tampon-Halat (DTH) zamanlama mekanizmalarını dikkate alarak geniş bir gürültü senaryosunda çalışan dört kademeli bir tedarik zincirindeki performanslarını değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak, Kanban daha yüksek bir bilgi şeffaflığı gerektirdiğinden ve ortaklar arasında teşviklerin hizalanması için sağlam bir sözleşme gerektirdiğinden, daha düşük bir maliyetle uygulanabileceği dikkate alınmıştır. DTH’de ise bu hassaslık bulunmaz. Bu anlamda, karar vericilere, zorlu bir gürültü senaryosunda faaliyet gösteren tedarik zincirlerindeki toplam net karı artırmak için ortakların Kanban’dan DTH’a geçmeye karar vermeleri üzerine bir anlaşmaya varmak için metodolojik bir yaklaşım sunmuşlardır [22].

Powell, 2018’de, yüksek karışıklık, düşük hacimli ortamlarda yalın üretim için kanban adlı çalışmayı yapmıştır. Çalışma kapsamında, tasarlanmış parçaların ve bileşenlerin yönetilebileceği varsayılan, Kanban sistemi geleneksel olarak yüksek riskli, düşük hacimli “mühendisten siparişe” ortamlarda çokça kullanılmaktadır. Bununla birlikte, Kanban sisteminin elemanları, yazılım geliştirme gibi diğer çalkantılı, üretim dışı

ortamlarda da değerini kanıtlamıştır. Bu yazıda, üretim esnasındaki dükkân siparişlerinin yürütülmesi aşamasında Kanban pano ve kartlarının tanıtıldığı denizcilik sektöründen iki örnek çalışmadan yararlanılmıştır. İlk sonuçlar istisnai olmuştur ve her iki durumda da% 50'lik bir azalma süresi elde edilmiştir [23].

Lei ve arkadaşları, 2017'de, Scrum ve Kanban'ın yazılım geliştirme projelerine etkilerinin istatistiksel analizi adlı çalışmayı yapmışlardır. Scrum ve Kanban'ın amacı, görevleri tanımlayarak, zamanı daha etkili yöneterek ve ekipleri kurarak geliştirme sürecini optimize ederek başarılmaktadır. Çalışmanın literatür kısmında, geleneksel proje yönetiminin bütçe yönetimi, risk kontrolü, projenin kalitesi, mevcut kaynaklar, açık proje kapsamı ve proje yönetimi faktörleri ile başa çıkmada hangi metodolojinin daha etkili olduğu sonucuna varmak için istatistiksel bir kanıt bulunmadığını ortaya konulmuştur. Sonrasında, Scrum ve Kanban yöntemlerinin, yazılım geliştirme projeleri için proje yönetim faktörleri üzerindeki etkilerini istatistiksel olarak karşılaştırmaktadır. Sayısal analiz, Scrum ve Kanban yöntemlerinde deneyime sahip olanların anket cevaplarına dayanarak gerçekleştirilirmiştir. Sonuçlar, Scrum ve Kanban'ın başarılı projelerin geliştirilmesine yol açtığını ve Kanban yönteminin, proje programını yönetmek açasından Scrum yönteminden daha iyi olabileceğini göstermektedir [24].

Mohamad ve arkadaşları, 2018'de, yalın uygulayıcılar için benzetim tabanlı kanban sisteminin geliştirilmesi adlı çalışmayı yapmışlardır. Bu çalışma, bir Kanban Simülasyon Eğitim Aracı Sistemi kurarak, yalın uygulayıcılar için genel Kanban sistemi ile deney yapmanın yanı sıra deney yapmalarına yardımcı olacak bir platform yaratmayı amaçlamaktadır. Kanban teorisini uygulamak için bir benzetim yaklaşımı kullanan yalın uygulayıcı ve Genel Kanban Simülasyon Modülü için Kanban hesaplamasına yardımcı olmak üzere bir Genel Kanban Hesaplama Modülü (GKC module) olan K-STTS, iki modül dâhil edilmiştir. İki modül, Visual Basic 6 ve Arena 14 simülasyon yazılımı ile geliştirilmiştir. K-STTS'nin fizibilitesi, kullanıcı ara yüzü estetiği, öğrenilebilirlik, işlevselliği ve fonksiyonel uygunluğu ile ilgili bir fizibilite çalışması ile değerlendirilmiştir. Yalın uygulayıcılar her iki modülü de kullanabilirler. Gelecekteki çalışmalar, YÜ araçlarını kullanırken kullanıcıların deneyimini iyileştiren diğer YÜ eğitim araçları platformunun yanı sıra gerçek zamanlı simülasyonun tasarlanmasını içermektedir [25].

Mojarro-Magaña ve arkadaşları, 2018’de, kanban sisteminden planlamanın şirketin işletme yararları üzerindeki etkisi adlı çalışmayı yapmışlardır. Bu makalede, planlama aşamasının etkisinin yapısal eşitlikleri ve Kanban sisteminin uygulanmasında elde edilen faydalar hakkında bir model bildirilmektedir. Baja California eyaletindeki üretim şirketlerinde, Ensenada, Tijuana, Tecate ve Mexicali belediyelerinde bir anket geliştirilmiştir. Cevaplar 118 anketten elde edilmiş ve testlerle doğrulanmıştır. Planlama evresinin yapısal denklemlerinin bir modeli geliştirilmiştir ve üç gizli değişken, yani insan kaynakları, ön analiz ve kanban entegrasyonu, 22 faaliyete ve 11 operasyonel faydayı birleştiren tek bir değişkene göre geliştirilip ve onaylanmıştır. Model, bu değişkenler arasındaki nedensel ilişkileri doğrulamak için altı hipotez göstermektedir. Hipotezi doğrulamak için kısmi en küçük kareler algoritmaları kullanılmıştır ve sonuçlar belirtilmiştir [26].

Belu ve arkadaşları, 2018’de, imalat donanımları bazında kanban sistemi operasyon izlemesi adlı çalışmayı yapmışlardır. Bu çalışma, tek bir Kanban çözümü sunmaktadır. Bu çözüm makaledeki problem için, operasyon akışının tamamlanmasından sonra, yukarı akış operatörüne biletlemenin otomatik olarak gerçekleştirilmesidir. Bu sayede makinelerin gerçek zamanlı çalışması için biletler için daha verimli bir iletim ve yerleştirme mekanizması oluşturur. Diğer Kanban çözümleriyle karşılaştırma yapılmıştır. Önerilen çözüm modern disiplinler arası araştırma unsurlarını içermektedir. Sistem deneysel bir model düzeyinde geliştirilmiştir. Makale, sonuçlarla, bir üretim akışında iki operatörü olan bir vaka çalışması sunmaktadır [27].

Paprocka ve arkadaşları, 2018’de, forklift modelinin montaj sürecinde kanban sistemi adlı makaleyi yazmışlardır. Makalede, Kanban sistem kuruluşunun ilke ve koşulları sunulmaktadır. Kanban kartlarının sayısını belirleme yöntemi, böylece sürecin sorunsuz ve sürekli olarak açıklandığı şekilde tanımlanır. Makalenin amacı, Kanban sisteminin forklift modelinin montaj süreci için tasarlanmasıdır. Son elemanın montajı için gerekli teknolojik belgeler geliştirilmiştir. İşlem yönlendirme plakasını, forkliftin montaj talimat kartlarını, teknik çizimi ve bileşen listesini içerir. Montaj talimat kartlarında, ürünlerin montaj sürecini kolaylaştırmak için fotoğraflar verilmiştir. Malzemenin üç türü ve Kanban kartları önerilmiştir. Daha sonra en iyi akış seçilmiştir. Kanban kartları tasarlanmış ve simülasyonu gerçekleştirilmiştir [28].

Çapuk, 2016'da, Türk otomotiv yan sanayinde tedarik zinciri uygulamaları ve bir üretim kanbanı örneği adlı çalışmayı yapmıştır. Bir otomotiv firmasında üretim kanbanlarının nasıl oluşturulduğuna yer verilmiştir. Kanban uygulaması sonucu olarak yalın üretimin belirli çıktıları olmuştur. Optimum stok alanı, küçük paketler halinde esnek üretim, üretim sahaları arasında iyi iletişim, çekme sistemi ve JIT felsefesi, görsel stok kontrolü olarak sıralanan çıktılar sırasıyla açıklanmıştır [29].

Gstettner ve Kuhni, 2007'de, Kanban ve CONWIP üretim kontrol sistemlerinin analizi adlı çalışmayı yapmışlardır. Bu çalışmada farklı çekme üretim sistemlerini açıklanmış ve sınıflandırılmıştır. Kanban ve CONWIP üretim kontrol sistemleri daha sonra üretim hızı ve ortalama WIP açısından analiz edilmiştir. Kart dağıtımının (kanbanların) kanban sistemlerinin performansı üzerinde önemli bir etkisi olduğunu gösterilmiştir. Dağıtım deseni buna göre uyarlandığında, farklı tiplerde kanban kontrol mekanizmaları eşdeğer performans verileri gösterilmiştir. Araştırma, Kanban sisteminin belirli bir amaç için CONWIP sisteminden daha esnek olduğunu göstermektedir, çünkü toplam kart numarasına ek olarak kart dağıtımı bir kontrol parametresidir. Ayrıca, belirli bir üretim oranı için ortalama WIP, bir kanban sisteminde CONWIP sisteminden daha düşüktür. Sonuç kısmında, gelecekteki araştırmalar için açıklamalar ve talimatlar bildirilmiştir [30].

Limpayanak ve Kittithreerapronchai, 2018'de, torpido gözü montajında kanban sayısının tasarlanması adlı çalışmayı yapmışlardır. Çalışmadaki montaj hattı, iki plastik parçayı birleştiren ve farklı ürünler için tasarlanan bir kalıba yerleştirildikten sonra bunları bir titreşim makinesiyle bir araya getiren bir torpido montajı üretim hattıdır. Depolama ekipmanları nedeniyle, her bir kanban kartı, aynı özdeş torpidoyu temsil eder. Bu nedenle, bir üretim mühendisi, aşağı yönde herhangi bir etki yaratmadan geçiş sayılarını en aza indirmek için üretim planlamasını yeniden programlamaktadır. Bu üretim planlaması, acil üretim siparişlerine ve lot büyüklüğünün kesintiye uğramasına yol açar. Sonuç olarak, fabrika, tarihsel verileri mevcut kalıpları, alma süresini ve bekleyen kanban kartlarının sayısını ve aynı zamanda depolama ekipmanı sayısını hesaplayan bir bilgisayar simülasyonuna yerleştirir. Bu benzetimin sonuçları, programlama ölçütlerinin ortaya çıktığını ve fabrikada bir depolama ekipmanını değiştirmeye karar verirse, uygun bir lot boyutu önerdiğini ortaya koymaktadır [31].

Krishnaiyer, 2018’de, operasyon mühendisliği için uyarlanabilir ve ölçeklendirilebilir bulut tabanlı Kanban karar destek sistemi adlı çalışmayı yapmışlardır. İlk bölüm araştırmayı tanıtmaktadır. Bulut tabanlı karar destek sistemlerini ve “Kanban” adı verilen sürekli iyileştirme metodolojisini kapsamaktadır. İkinci bölüm, mevcut dijital çağda yaygın olan koşulların, operasyon mühendisliğine olan ihtiyacı artıran bir tasvirini anlatmaktadır. Sonrasında, Kanban'ın tanımını zorlukları ve fırsatları ele alan araştırmalar anlatılmıştır. Bir sonraki bölüm, araştırma hedefini formülasyonunu ve araştırmanın sorularını kapsamaktadır. Sonuç olarak, bölüm araştırma çerçevesini özetler ve bulut tabanlı yazılımların Kanban sistemine etkisi incelenir [32].

Chukwuedozie ve arkadaşları, 2017’de, çok kademeli ve çok ürünlü bir sistemde Kanban tabanlı planlama adlı çalışmayı yapmışlardır. JIT sistemi sadece Kanban uygulamasıyla ilgili değildir, fakat parti büyüklüğü azaltma, kurulum süresi azaltma, kalite, üretim planlaması ve insan kaynakları yönetimini geliştirmek için her şey dâhil bir yaklaşımdan oluşur. Çekme sisteminin uygulanması için ayrıntılı adım adım talimatlar sağlamak için mekanizmalar ve çalışma prosedürleri gereklidir. Bu çalışmada da bu kısıtlar göz önüne alınarak, sistem için Kanban planlaması yapılmıştır [33].

Awasare ve arkadaşları, 2017’de, yalın aracın entegrasyonu ile montaj hattı düzeni için atık azaltma: Kanban adlı çalışmayı yapmışlardır. Bu çalışmada, montaj hattının geliştirilmesi ve hat dengelenmesi atık azaltma felsefesi göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Çalışanların becerilerini, yapıcı üretken işlere kanalize etmek için rahatlık ve gelişmiş çalışma koşulları sağlama ihtiyacı amaçtır. Tesisin bir ucundan başka bir ucuna kadar parçaların taşınması ürüne değer katmadığı belirtilerek, üretim süreci içerisinde nakliye sürelerinin azaltılmasının önemi vurgulanmıştır [33].

Xanthopoulos ve arkadaşları, 2018’de, optimal uyarlanabilir Kanban tipi üretim kontrolü adlı çalışmayı yapmışlardır. Paralel makinelerden oluşan tek aşamalı bir sistemi araştırmışlardır. Son kalemler için talep Markov modülasyonlu Poisson prosesidir, yani mevsimsel dalgalanmalardan dolayı stokastik ve periyodik olarak değişkenlik göstermektedir. Talebin Poisson dağılımını takip ettiği durum da özel bir durum olarak incelenmektedir. Amaç, maliyet ve geri ödeme maliyet bileşenlerini içeren ortalama toplam maliyeti en aza indirmektir. Optimal politikanın özellikleri

sayısal olarak incelenmiştir. Optimal, standart Kanban ve üç uyarlamalı sezgisel politikaların kapsamlı bir karşılaştırmalı değerlendirmesi yapılmıştır. Deneysel sonuçlar, tüm buluşsalların performansının, talebin değişkenliği arttıkça bozulduğunu göstermektedir. Uyarlamalı Kanban politikasının, diğer tüm buluşsallıklardan büyük ölçüde daha iyi performans gösterdiği ve çoğu durumda en uygun adaptif politikanın iyi bir yaklaşımı olduğu bulunmuştur [34].

Kumar ve Naidu, 2012'de, küçük ölçekli sanayilerde üretim verimliliğini artırmak için Kanban sisteminin uygulanması adlı çalışmayı yapmışlardır. Kanban sisteminin envanter kontrolünün durumunu da çözdüğü bilinmektedir. Uluslararası pazar Hindistan'dan kalite ve duyarlı hizmet beklemektedir. Bu çalışmada, MS Konfeksiyon Endüstrisinde Kanban sistemini tanıtmak ve uygulamak için bir girişimde bulunulmuştur. Bu araştırma, MS Konfeksiyonunda üretim ve malzeme akışını kontrol etmek için Kanban yöntemini tasarlama amacı ile gerçekleştirilmiştir [35].

Bianchini ve arkadaşları, 2018'de, Bir hibrit MRP ve Kanban modeli kullanarak bir üretim işleminin simülasyonuna dayalı planlama ve kontrol adlı çalışmayı yapmışlardır. Bu çalışmanın amacı, simülasyon yoluyla, hammadde alımlarının planlamasının, ulusal endüstriyel otomasyon ekipmanı endüstrisinin belirli bir üretim sürecinde stok seviyelerini ve müşteri hizmetlerini nasıl etkilediğini analiz etmektir. Arena yazılımı, Kanban ve MRP sistemleri aracılığıyla bir hibrit sisteme hitap ederek çalışan bir ürün ailesinin frekans invertör üretim sürecinin dinamiklerini modellemek için kullanılmıştır. Altı senaryoyu, verilen şartlar ve varsayımlarla simüle ettikten sonra, sonuçlar, hammadde alımlarının envanter ve müşteri hizmetleri seviyelerinde planlanmasının etkisinin bir panosu oluşturulmuştur, böylece şirketin karar vermesine temel oluşturulup, üretim planlama ve kontrol stratejileri geliştirilmiştir [36].

Tanhaie ve arkadaşları, 2017'de, Kanban kartının etkinliğinin dinamik bilgi ile verildiği Markov zincir analizi adlı çalışmayı yapmışlardır. Bu çalışmanın amacı, tamponda kalan envantere dayanarak Kanban kartları üzerindeki bilgileri değiştiren dinamik bir Kanban sistemi uygulamaktır. Önerilen yaklaşım Kanban kartının etkinliğini, Kanban kartına dinamik bilgi ile statik bilgi ile karşılaştırmak için bir Markov zincir analizi kullanmaktadır. Bu çalışmada, iki iş istasyonu ve iki envanter tamponunun üretim hattı modellenmiştir. Verim, kıtlık, işlem süresi ve döngü süresi,

model ölçüm parametreleridir. Sonuçlar önerilen yaklaşımın avantajlarını göstermektedir [37].

Sanders ve arkadaşları, 2016'da, Endüstri 4.0 yalın üretimi ifade ediyor yalın üretimi sağlayanlar olarak Endüstri 4.0'daki araştırma faaliyetleri adlı makaleyi yazmışlardır. Bu makale, Endüstri 4.0 ile yalın üretim arasındaki eksik algılanan bağlantıyı incelemekte ve Endüstri 4.0'ın yalın davranışı gerçekleştirip gerçekleştiremeyeceğini araştırmaktadır. Endüstri 4.0'ı yürütmek maliyetli bir işlemdir ve çeşitli üreticilerin isteksizliğiyle karşılanmaktadır. Bu araştırma, aynı zamanda, yatırımın gerektirdiği ve öngörülemeyen faydaları göz önünde bulundurarak, Endüstri 4.0'a katılıp katılmayacakları konusunda üreticinin ikileminde önemli bir fikir vermektedir [38].

Klug, 2016'da, üretim rampa aşaması sırasında Kanban sistemlerinin hibrit itme/çekme tasarımı adlı makaleyi yazmıştır. Bu makalede, üretim hızlandırma aşamasında belirsiz ortamların gereksinimlerini daha iyi karşılayan, kanban sistemlerinin hibrid itme / çekme tasarımı araştırılmaktadır. Yeni ürünlerin üretiminin başlamasından sonra müşteri talebindeki hızlı artışlar, malzeme akışlarının ve stok seviyelerinin operasyon performansını etkilemektedir. Çalışma bu sorunu ele alarak, kanton sayısında dalgalanmalara yol açan artan bir planlama modelinin uygulanabilir planlama sonuçları sağladığını göstermektedir. Ayrıca, Monte Carlo simülasyonunu kullanarak olası kanban sistem ortamlarını seçmektedir. Sonuç olarak bu yaklaşım, operasyon yöneticisinin işlem süreleri ve talep değişimleriyle daha iyi başa çıkabilmesini proaktif olarak sağlamaktadır. Ayrıca da, kanban sistemi planlaması için standart yaklaşımlarda potansiyel zayıflığı ortaya çıkarmaktadır. Araştırma, Alman otomotiv endüstrisinin gerçek durum çalışma verilerine dayanmaktadır [39].

Rahman ve arkadaşları, 2013'te, Kanban sistem uygulaması ile yalın üretim vaka çalışması adlı çalışmayı yapmışlardır. Bu vaka çalışmasının amaçları; Kanban sisteminin çok uluslu organizasyonda nasıl etkin bir şekilde çalıştığını belirlemek ve Malezyalı küçük ve orta ölçekli işletmeleri (KOBİ) Kanban'ı uygulamadan engelleyen faktörleri tanımlamaktır. Çalışmanın bulguları, üst yönetim taahhüdünün, satıcı katılımının, envanter yönetiminin ve kalite iyileştirmenin Kanban dağıtım ve yalın üretim için önemli olduğunu göstermektedir [40].

Aguilar-Escobar ve arkadaşları, 2014'te, hastane Kanban sistem uygulaması hemşirelik personeli memnuniyetinin değerlendirilmesi adlı çalışmayı yapmışlardır. Bu çalışma, tıbbi sarf malzemelerinin lojistiğindeki hemşirelerin kanban sistemlerine duydukları memnuniyeti ölçmeyi ve İspanya, Sevilla'daki Hospital Universitario Virgen Macarena'daki anonim bir anketle kullanıcı grupları arasındaki olası avantaj ve farklılıkları değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Sonuçlar, kanban sisteminin her yönü için yüksek düzeyde memnuniyet göstermiştir. Ayrıca, işyerine göre birey grupları, hemşirelik birimleri, meslek kategorileri, kıdem, yaş ve kanban eğitime göre görüş farklılıklarını vurgulamıştır. Bu nedenle sonuç olarak, hastane yöneticileri, hemşire memnuniyetini arttırdığı ve önemli faydalar sağladığı için kanban sistemlerinin uygulanmasını teşvik etmelidir denilmiştir [41].

Gamberini ve arkadaşları, 2013'te, Kanbanlar tarafından yönetilen bir montaj hattı için alternatif dolun politikaları adlı çalışmayı yapmışlardır. Bu çalışmada, stok maliyetinin ve maliyet tahmini toplamı olarak elde edilen toplam maliyet fonksiyonunu en aza indirmek için, kanbanların sayısı ve hatta görev yapan taşıyıcıların sayısı Erlang-C yaklaşımı ile hesaplanmıştır. Spesifik olarak, Erlang-C yaklaşımı, giriş verilerinde varyasyonlar ortaya çıktığında sistemin hızlı bir şekilde yeniden tasarlanmasını sağladığından benimsenmiştir. Son olarak, alternatif senaryoların çalışıldığı durumlarda, yaklaşma potansiyellerini vurgulamak amacıyla, otomotiv pazarı alanına yönelik ürünler üreten bir şirkette gerçek bir durum çalışması sunulmaktadır [42].

Lina ve arkadaşları, 2013'te, sanal araştırma ve geliştirme için bilgi Kanban sistemi adlı çalışmayı yapmışlardır. Sanal Ar-Ge sürecindeki bilgi akışı verimliliğini artırmak için, bu çalışma kanban yönetimi ve bilgi mühendisliği teknikleri felsefesini kullanan bir bilgi kanban sistemi önermektedir. Çalışanlar, bilgi kanban sistemi ile öğrenmek, paylaşmak, paylaşmak ve sürdürmek için ihtiyaç duydukları bilgiyi hızlı, kolay ve tam olarak belirleyebilirler. Bu sistem, çalışanların doğru şeyi yapmalarına, Ar-Ge süreçlerinin döngü süresini azaltmalarına ve bilginin yeniden kullanımını geliştirmeye, yeni bilgi yaratmaya yardımcı olur [43].

Turner ve Laneb, 2013'te, büyük işletmelerde çok düzeyli sistem mühendisliğini koordine etmek için yalın kavramları uygulama adlı çalışmayı yapmışlardır. Bu

çalışma, büyük ölçekli sistem edinimi, geliştirilmesi ve evrimi dahilinde sistem mühendisliği faaliyetlerinin koordinasyonunu desteklemek için kavramların spesifik uygulamalarını tanımlamak üzere önceki kavramsal çalışmalara dayanmaktadır. Geniş birçok tesisli hastane sisteminde BT, gömülü sistemler ve insan faaliyetlerinin karmaşık etkileşimlerinden elde edilen bir vekil ortam kullanarak, her bir sistem mühendisliği seviyesinde bireysel bir projeden, kanban benzeri yapıların nasıl oluşturulabileceğine dair örnekler sunulmuştur [44].

Takahashi ve Nakamura, 2002'de, dağıtılmış reaktif Kanban sistemi adlı çalışmayı yapmışlardır. Ürün talebindeki kararsız değişikliklerle çok aşamalı üretim ve nakliye sistemi için bu çalışma, merkezi olmayan reaktif bir Kanban sistemi önermektedir. Önerilen sistemde, takip eden aşamadan gelen talebin zaman serileri verileri, her aşamada ayrı ayrı izlenir ve kontrol çizelgeleri kullanılarak talepte kararsız değişiklikler tespit edilir. Tespit edilen kararsız değişiklikler için, her bir aşama için tampon büyüklüğü, değişikliklere tepki olarak kontrol edilir. Önerilen sistemdeki tampon büyüklüğünün kontrol kuralını geliştirmek için, çok aşamalı üretim ve taşıma sistemi tek aşamalı işleme sistemlerine ayrıştırılır ve ayrıştırılmış sistemin performansı çeşitli kararlılık altında benzetim deneyleri ile araştırılır. Sonuçlara dayanarak, merkezi olmayan reaktif bir Kanban sistemi önerilmiştir. Önerilen sistemin performansı, çeşitli kararsız ürün talep koşulları altında benzetim deneyleri ile araştırılmış ve sonuçlar önerilen sistemin etkinliğini göstermektedir [45].

Koçak, 2007'de, malzeme yönetiminde MRP ve Kanban sistemlerinin bütünleştirilmesi ve melez sistem yapısının geliştirilmesi adlı çalışmayı yapmıştır. Temel amaç, her iki sisteminde yararlarını bilerek, sistemleri geliştirmek ve böylelikle iki sistemi de içeren bütünleşik bir sistem kurabilmektir [46].

6. UYGULAMA

Uygulama kısmında, Kocaeli’de bulunan bir firma için, öncelikle firmanın genel bilgileri verilecek sonrasında da E-Kanban’ın fiziksel ve sistem kurulumu gerçekleştirilecektir. Bu ihtiyaçlara bakılarak öncelikle, E-Kanban için gerekli KKPS kurulum adımları gerçekleştirilecektir. Sonrasında fiziksel kurulum yapıp, sistem çalıştırılacak ve en son adımda küçük tren rotaları belirlenecektir.

6.1. Firma Hakkında Genel Bilgiler

Firma, yüzde seksen beş ihracat yaparak tam zamanında üretim ile otomotiv üreten bir ana otomotiv sanayi fabrikasının tedarikçi parkında yer almaktadır. Ana fabrikaya egzoz tedariki yapmaktadır ve ana fabrikaya egzozları tam zamanında sıralama felsefesi ile ulaştırmaktadır. Direkt ana fabrika hattına giden parçaların dışında, yerli ve yabancı servislere parçalar hazırlayarak, aylık veya haftalık olarak bu parçaların da teslimatlarını gerçekleştirmektedir.

Firmada üretilen egzoz sistemi her model için belirli farklılıklar göstermektedir. Ana üretim kapasitesi günlük olarak tam kapasite üretim düşünüldüğünde, ön ve arka egzoz toplamları 1350 adettir. Ana fabrika ise yıllık ortalama 350.000 üretim kapasitesi ile çalışmaktadır.

Firmaya üretim yapması için gerekli olan ham maddeler yakın şehirlerden günde iki sefer olmak üzere getirilmektedir. Firma kendi içerisinde ve dış firmalar ile KKPS yazılımı sayesinde gönderdiği EDI (Elektronik Data Interchange-Elektronik Veri Değişimi) yardımı ile bağlantı kurmaktadır ve sipariş gönderimini gerçekleştirmektedir. Bu elektronik sistem sayesinde daha kolay ve hızlı reaksiyon alınması sağlanmaktadır.

Firma, JIS(Just-in-Sequence-Tam Zamanında Sıralama) adı verilen Japon felsefesi ile çalışmaktadır. Bu felsefe, tam zamanında üretim yapmanın yanında hatta gidecek her egzozu aynı anda sıralamayı gerektirir. Fabrikada yaklaşık olarak herhangi bir hat sıralaması karışıklığına karşı bitmiş ürünler için yarım günlük stok tutulmaktadır.

Ham madde stoğu ise, malzemelerin kullanım yerlerine göre yarım gün ve bir hafta arasında değişmektedir. Bu zamanı aşan parçalar yedek parça kategorisine girmektedir. Bu parçalar için öngörüler incelenip siparişleri ayrıca gönderilmektedir.

Yabancı bir firma olup, içerisinde Almanya ve Hollanda'nın olduğu egzoz üreticileri kümesi içerisinde yer almaktadır. Küme üssü yönetiminde ise Fransa'ya bağlıdır. Yapılmış ve yapılacak teknolojik tüm gelişmeler, üst yönetim kararı ile alınmakta ve uygulanmaktadır.

Firmada hat besleme manuel olarak gerçekleştirilmektedir. Lojistik bölümünde görevli olan kişi veya operatörün kendisi gelip, lojistik alanından ihtiyacı olan malzemeyi alabilmektedir. Bu durum malzeme takibini verilecek siparişler açısından karmaşık hale getirmektedir. Bu karmaşayı önleyebilmek için firma her gün sistemin kendi belirlediği ham madde veya bitmiş ürünleri sayıma sokmaktadır. Günlük en az altı ve en fazla yirmi adet referans sayımı yapılmaktadır. Böylelikle sistem ve gerçek arasında karşılaştırma yapılarak, fark olduğu takdirde yurt dışına rapor verilmektedir.

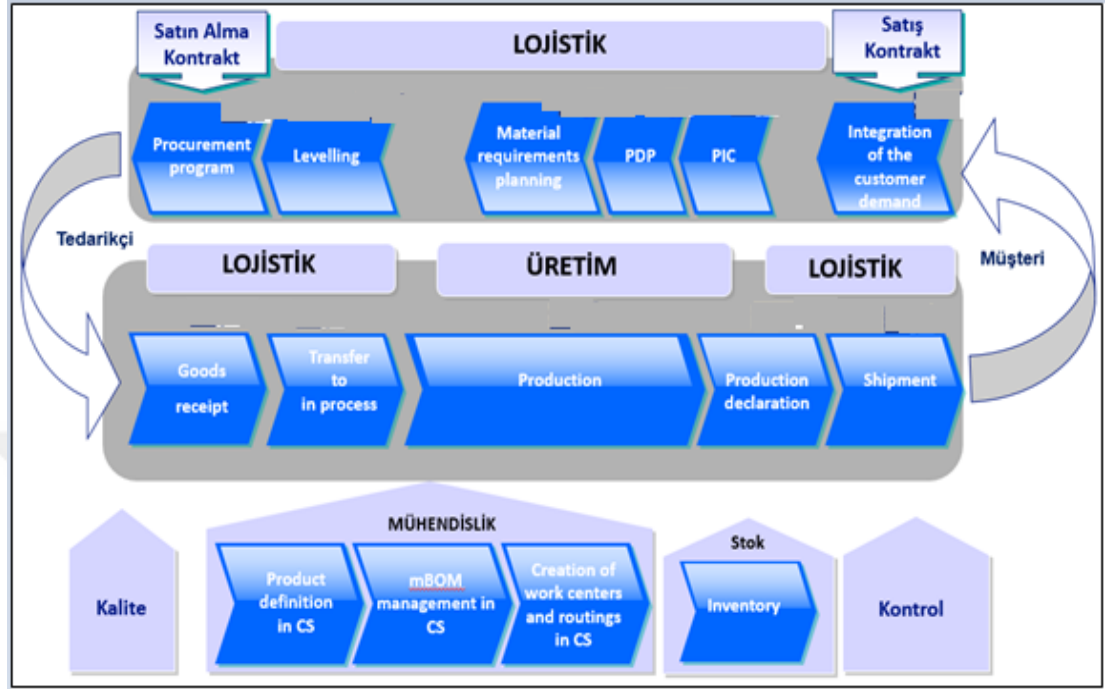
Bu karmaşayı ortadan kaldırıp, tüm referansları izlemek Kanban sistemi ile mümkün olabilmektedir. Klasik Kanban sisteminde çalışanlar kartları hazırlar ve malzemelerin bulunduğu kutuların üstlerine yerleştirirler. İçerisinde hiç parça kalmamış olanlara da boş olduğunu belirten kart koyup, dolusu ile değiştirilmesi gerektiği belirtilir. Yapılan tüm manuel işlemler, E-Kanban modeli ile ortadan kaldırılıp, Endüstri 4.0 ve dijitalleşmenin bir sonucu olarak sistem otomasyon ile yönetilebilir. Firmaya bu geçişi yapması için yurt dışından destek verilmiştir.

6.2. Firma Fonksiyonel Makro Prosesi

Firma içerisinde tanımlı, tüm sistemleri içeren fonksiyonel bir makro proses mevcuttur. Bu fonksiyonel makro proses Şekil 6.1'deki gibi gösterilebilir. Proses müşteri ile yapılan satış anlaşması ile başlar. Satış anlaşması ile iki firma arasında yazılı ve sözlü olarak anlaşma sağlanmış olur ve anlaşma doğrultusunda firmalar birbirlerine hizmet ve bilgi desteği sağlarlar.

Müşteri üretilmesini istediği parçaları bir ara sistem vasıtası ile firmaya gönderir. Firmaya gelen bu bilgiler, direkt olarak özel bir Kurumsal Kaynak Planlama Şirketi

tarafından desteklenen sisteme gönderilir. Bu sisteme firmada özel olarak KKPS adı verilmiştir.



Şekil 6.1. Fonksiyonel makro proses

Bu sistem içerisinde lojistik bölümü kontrolü altında yapılan üç temel görev bulunur. Bunların ilki adına PIC denilen aylık olarak malzemelerden ne kadar ihtiyaç olduğunun planlandığı görevdir. KKPS sisteminde, bu planlama on sekiz aylık olarak yapılmaktadır. Planlama yapılırken, malzemenin cinsi, alt parçalarının neler olduğu ve hangi firmalardan tedarik edileceği, güvenlik stoğunun ne kadar olması gerektiği gibi bilgiler hesaplanarak on sekiz aylık doğru planlama bilgilerine ulaşılmış olunur.

PIC'den sonra PDP denilen on sekiz ayda yapılan uzun dönem planlamanın haftalık hale bölünmüş daha detaylı planlaması oluşturulur. PDP on iki haftalık üretim planını KKPS sistemine yansıtır. Plan doğrultusunda, MRP (Material Requirements Planning- Malzeme İhtiyaç Planlaması) KKPS tarafından tüm malzemeler için teker teker hesaplanır. Malzeme planlaması sonucunda herhangi bir malzemenin ihtiyaçları Şekil 6.2'de örnek olarak görünmektedir. İhtiyaç olarak negatif görünen adetlerdir. Örneğin sekiz Mayıs ayının sekizinde 122 adet ihtiyaç görülmektedir. Buna istinaden Mayıs ayının dokuzunda ise 300 adet sipariş oluşmuştur. Anlık stok adedi ise 326 olarak görülmektedir.

A..	Date	MRP ...	MRP element data	Rescheduli...	E.. Receipt/Reqmt	Available Qty	St...
	07.05.2019	Stock				326	
	07.05.2019	DepReq	2 Individual Reqmt		896-	570-	PR10
	08.05.2019	---->	End of Planning Tim...				
	08.05.2019	DepReq	2 Individual Reqmt		122-	692-	PR10
	09.05.2019	SchLne	5500407239/00010	06.05.2019	30	392-	PR10
	09.05.2019	DepReq	2 Individual Reqmt		121-	513-	PR10
	10.05.2019	DepReq	2 Individual Reqmt		121-	634-	PR10
	11.05.2019	SchLne	5500407239/00010 *	06.05.2019	10	334-	PR10
	11.05.2019	DepReq	2 Individual Reqmt		121-	455-	PR10
	13.05.2019	DepReq	1569914X-B		7-	462-	PR10
	14.05.2019	DepReq	1569914X-B		7-	469-	PR10
	15.05.2019	DepReq	1569914X-B		7-	476-	PR10
	16.05.2019	DepReq	1569914X-B		7-	483-	PR10
	17.05.2019	DepReq	1569914X-B		6-	489-	PR10
	18.05.2019	DepReq	1569914X-B		6-	495-	PR10
	20.05.2019	DepReq	1569914X-B		11-	506-	PR10
	21.05.2019	DepReq	1569914X-B		11-	517-	PR10
	22.05.2019	DepReq	1569914X-B		11-	528-	PR10
	23.05.2019	DepReq	1569914X-B		11-	539-	PR10
	24.05.2019	DepReq	1569914X-B		11-	550-	PR10

Şekil 6.2. KKPS'de malzeme görünümü

Malzeme planlanmasından sonraki aşama, malzemelerin kademelendirilmesidir. Fabrikada aynı zamanda günlük malzeme sayımı yapılmaktadır. Kademelendirme işleminin yapılma amacı günlük olarak yapılan sayımda sayılacak olan malzemeleri belirlemektir. Bu kademeler üçe ayrılır: A, B ve C. A kademesi en fazla kullanılan veya değer olarak fazla olan malzemelerdir. A kademeli malzemelerin her ayda en az bir kez sayılmaları gerekir. B kademesinde olan malzemelerin ise her üç ayda bir kez sayılması gerekir. C kademesi ise az kullanılan malzemeleri kapsar ve her altı ayda bir sayım yapılması gerekir. Bu kademeler, PIC ve PDP oluşturulup sistemde çalıştırdıktan sonra otomatik olarak her malzeme için ayrı ayrı hesaplanır.

Fonksiyonel makro prosesin lojistikten sonraki ayağı satın almadır. Yapılan malzeme ihtiyaç planlamasına göre, tedarikçiler ile anlaşma imzalanır. Anlaşmalar ve yapılan KKPS bağlantıları sonucu ihtiyaçların sistem aracılığı ile tedarikçiye akışı sağlanmış olur. Ürünler tedarikçiden yola çıkarak istenilen sıklık ve miktarlarda fabrikaya ulaşır.

Gelen ürünler, irsaliyeleri kontrol edilerek, gelen adetler sisteme girilerek ve kalite kontrolden geçerek lojistik stok alanına alınır. Sonrasında ise gelen ürünler,

üretimde kullanılmak üzere lojistik sahadan üretim sahasına üretimde kullanılmak üzere gönderilir.

Üretimi yapılan malzemeler, üretimlerinin adetlerine göre KKPS sistemine gönderilir. Lojistik ekibi tarafından uygun paketleme yapılarak ilgili müşteriye yollanır. Böylelikle, müşteriden tekrar siparişler alınır ve döngü bu şekilde devam eder.

Tüm sipariş, üretim ve gönderim süreçleri boyunca arka planda kalite, mühendislik, stok ve kontrol birimleri çalışır. Kalite, alt parçaların gelişinden itibaren tüm üretim süreçlerindeki kalite politikaları ile ilgilenir. Mühendislik, müşteri tarafından yapılan tüm ürün değişikliklerini yönetmekten ve bu değişiklikleri kontrol etmekten sorumludur. Stok, fabrikaya mal girişi, çıkışı ve üretim esnasındaki tüm depolama ile ilgilenir. Kontrol ise, tüm bu birimlerin kontrolünü yapmaktadır.

6.3. KKPS Konseptleri ve Proses Akışı

KKPS’de proseslerin daha mükemmel işlemesi için, bazı prensipler tanımlanmıştır. Bunlardan ilki 7 temel stok prensibidir. Bunun yanında olması gereken E-Kanban akışı da öncesinde tanımlanmıştır.

6.3.1. 7 temel stok prensibi

Bu prensipler KKPS içerisinde güvenli stok kontrolünün sağlanması için tanımlanmıştır. Zamanında kabul, üretimde standart rezervasyon noktaları, zamanında gönderim, görsel stoklama, sürekli malzeme sayımı, ERP veri yönetimi ve QRCI olarak yedi adet güvenli bir şekilde stoğun kontrol edilmesi için prensibi tanımlanmıştır.

Zamanında kabul, kabullerin sistematik olarak tam zamanlı bir şekilde kontrol edilmesini temel almaktadır. Örneğin, malzeme kabulü yapılacağı zaman, ilgili taşıma aracı fabrikaya geldiğinden en fazla bir saat sonra KKPS’de girişi yapılmalıdır. Her malzemenin irsaliyesi ile gönderim adedi karşılaştırılmalıdır. Kabuller, kutuları veya bünyesinde belirli elektronik tahtalar hazırlanmıştır. Örnek bir tahta Şekil 6.3’te görülmektedir. Elektronik tahtalar, çalışanlara ve ekip amirlerine gelen sevkiyatlar hakkında görsel bilgi sağlamaya yarayan cihazlardır. Bu tahtalar yardımıyla gün içerisinde hangi saatlerde hangi sevkiyatların geleceği bilinerek, takibi doğru bir şekilde gerçekleştirilir.



Şekil 6.3. Mal kabul elektronik tahtası

Bu tahta, içeriğinde tüm hafta günlerini gösterir ve gün gün beklenen tüm teslimatları saat bazında göstermektedir. Gelen araçlar, eğer bir irsaliye miktarı ve gelen malzeme miktarı arasında bir sıkıntı olmadığında yeşil, bir sıkıntı var ise kırmızı ve daha malzeme fabrikaya varmamış ise mavi kutucuklar ile gösterilmektedir.

Üretimde standart rezervasyon noktaları, farklı noktalarda üretimlerin kesinleşmesini ifade eder. Örneğin, bitmiş ürünler için üretimin kesinleşme noktası bir adet bitmiş konteynırın oluşmasıdır. Ara ürünler için kesinleşme noktası ise, E-Kanban ile ara ürünlerin transferidir.

Zamanında gönderim, tüm bitmiş ürünlerin kayıt altına alınarak kesin zamanlı gönderimini sağlamaktır. Sistemde kaydı olmayan ve irsaliyesi oluşmayan hiçbir gönderim yapılamaz. Ham maddeler ve ara mamuller birbirinden ayrı olarak işaretlenir. Tedarikçiye geri yollanan malzemeler kayıt olmadan ve irsaliye kesilmeden yollanamaz.

Görsel stok, malzeme tanımları ile birlikte stoklanan malzemelerin görsel olarak kontrol edilmesini sağlar. Tüm malzeme yerleri açık ve tanımlı olmalıdır. Alt parçalar için, uygun depolama yapılmalıdır. Tüm ham madde, ara mamul ve bitmiş ürünlerin standart etiketleri tanımlı olmalıdır.

Şekil 6.4'de görsel stok örneği verilmiştir.



Şekil 6.4. Görsel stok

Sürekli malzeme sayımı, günlük olarak stoğun doğru olup olmadığı kontrol etmek ve aynı zamanda yanlış olduğu durumlarda sistemde bu stoğun miktarını düzeltmek için yapılan sayımdır. Fabrikanın sahip olduğu A, B ve C sınıfına sahip olan parçaların sayısına bağlı olarak, günlük sayılacak malzemeler ve adetleri sistemden otomatik olarak çıkartılır. Sayımı yapan kişi, ilgili malzeme planlamacıya sonuçları götürür. Malzeme planlamacı, gerçek sayım sonuçlarını KKPS denilen sistem ile karşılaştırır ve sonuçları analiz eder. Genel olarak gerçek sayı ve sistemdeki rakam arasında %5'ten büyük bir fark varsa, sayım tekrarlanır. Eğer yine %5 sınırı geçilirse, üst yönetime rapor hazırlanır. Böylelikle stoğun güvenli oluşu sağlanmış olunur.

KKPS veri yönetimi, kurumsal kaynak planlaması sistemi içerisindeki parametrelerin normalliği ve güvenliğini analiz etmektir. Örneğin, en azından haftada bir kez sistemdeki negatif stokların analiz edilmesi gereklidir. Fabrikada her yeni proje devreye alındıkça, bitmiş ürünlerin alt parçaların düzenli olarak denetimi yapılmalıdır. Her dış depo için bir depo yeri tanımlanmalıdır. Her gerekli malzeme KKPS sistemi kullanılarak sipariş edilmelidir.

QRCI, hızlı cevap sürekli iyileştirme denilen bu sistem, stoklarda veya lojistik sistemi içerisinde bir sıkıntı olduğunda kullanılır. Depolama alanları ve fazla stoklar için her kural önceden tanımlanmıştır. Herhangi bir tedarikçi gönderimde bir hata yaptığında QRCI sistemi üzerinden o tedarikçiye uyarı yazılır. Sıkıntının nereden çıktığı belirtilir ve tutanak kalite departmanına gönderilerek doldurtulur ve hatanın bir daha yapılmaması için tedarikçinin aldığı önlemlerin gönderilmesi istenir.

6.3.2. Verimlilik için altı kanban kuralı

Kanban sisteminin etkinliği, belirli kuralların kesin olarak gözetilmesine bağlıdır. İlk kural kalitesiz parçanın sonraki prosese geçmemesi gerektiğidir. Aslında, arızalı parçalar aşağı akışta geçirilirse, aşağı akış sürecini durdurma riski vardır. Kötü parçalar geri akış sürecine geri gönderilir. Bu hat duruşları çok belirgindir ve kusurların öne çıkmasını sağlar.

İkinci kuralda, her paketleme ünitesindeki parça sayısının, kanbanda belirtilen parça sayısı ile aynı olması gerektiği söylenir. Bu çok açık görünebilir fakat paketleme birimi başına parça sayısı değiştirildiğinde, üretim yavaşlar veya yönetilemez bir şekilde hızlanır ve teslim süresi kontrolden çıkar.

Üçüncü kuralda, bir alt süreç, doğru ürünlerin tam miktarını doğru zamanda geri çekmelidir denilir. Diğer bir deyişle, çekme kanbanı olmadan parça çekmek kesinlikle yasaktır ve çekme kanbanı sayısından daha fazla parça çekmek kesinlikle yasaktır.

Dördüncü kural, üst prosesin çıktılarının alt prosesin çektiği miktarlarla uyumlu olmasıdır. PIK olmadan herhangi bir üretim kesinlikle yasaktır. Üretim talimatı kanbanı sayısı üzerinde yapılan herhangi bir üretim kesinlikle yasaktır. Üretim, üretim talimatı kanbanlarının kuyruğa alındığı sırayı takip etmelidir.

Beşinci kural, kanban sayısının olabildiğince azaltılmasına çalışılmalıdır der. Dolaşımdaki üretim talimatı kanbanı sayısı stok seviyesini yansıtır. İlerleme kaydedildikçe Kanban sayısını azaltmak esastır. Eğer günlük talep artarsa ve kanbanların sayısı aynı kalırsa, bu üretim süremizi azalttığımız anlamına gelir.

Altıncı kuralda ise, kanbanların talepteki küçük dalgalanmalara uyum sağlamak için kullanılmasına dikkat çeker. Talep edilen %10'luk değişim, sadece üretim talimatı

kanbanlarının transfer sıklığını artırarak toplam Kanban sayısını değiştirmeden absorbe edilmelidir. % 10'dan fazla sapma ile toplam Kanban sayısı tekrar gözden geçirilmelidir.

Böylelikle Kanban, üretim ilerlemelerinin veya gecikmelerinin tespit edilmesini sağlar. Örneğin, Kuyruktaki Kanban sayısı normalden fazla olma durumunda, mevcut üretim programın gerisindedir. Bu gecikmenin nedenleri tanımlanmalı ve düzeltilmelidir. Bu sorunlar; makine arızası veya yavaşlaması, yetersiz işçi sayısı, kalite sorunu olabilir. Yetişmek için önlemler alınmalıdır. Sırada Kanban yok durumu da oluşabilir. Bu, hattın veya makinenin durduğunu gösterir. Üretim planlamanın ilerisindedir. Sebepler tanımlanmalı ve düzeltilmelidir. Bu sebepler; fazla işçi çalışması, aşağı akış işleminin hatalı çalışması gibi olabilir. Kanban aynı zamanda fazla üretimi de engeller. Kanban olmadan hiçbir şey üretilemediğinden veya sağlanamadığından, aşırı üretim gerçekleşemez. Maksimum stok seviyesi kontrol altında tutulur.

6.3.3. DLE (Direkt iş verimliliği) hesaplama

Direkt iş verimliliği, yani kısaca DLE hesabı çalışan operatörler için, günde çalıştıkları toplam saat içerisinde ne kadarının üretim yapmak için harcandığını belirler. İşçinin yaptığı tüm işler belirlenir. Parça başına üretim süresi belirlenir ve bu süreler ile işçi verimliliği hesaplanır. Verimlilik hesabı, bir üretim hücresi için, parçanın toplam üretim süresi ile toplam vardiyalık üretim adedi çarpımının, operatör sayısı ile vardiya süresine bölümüdür. Çalışanların verimliliklerinin ölçülmesi bu sayede sağlanır. Uygulanan E-Kanban prosesi için, üretimde çalışanların ürettiği parça başına DLE oranlarında belirli artışlar gerçekleşmesi beklenmektedir.

Direkt iş verimliliği, Denklem (6.1)'de verilen formül yardımı ile hesaplanır,

$$DLE = 1 - \frac{\text{Toplam Süre (sn)} \times \text{Üretim Adedi}}{\text{Operatör Sayısı} \times 3 \times 7,5 \times 3600} \quad (6.1)$$

Formülde direkt iş verimliliği, ortalama bir günlük veriler ile hesaplanır. Toplam üretim süresi ve üretilen toplam ürün adedi, makinede çalışan toplam operatör sayısının vardiya süresi ile çarpılarak bulunan değere bölünür. Tüm süreler saniye cinsine çevrilerek hesaplama yapılır.

6.4. E-KANBAN Kurulumu

6.4.1. E-Kanban fiziksel kurulumu

Bu kurulum fiziksel olarak gerekli olan malzemeleri kapsar. Bunun yanında küçük tren beslemesi altı robot için raf sistemi de bu kurulum içerisinde yer almaktadır. Teklifi altı raf için 10 k€'dur.

İlk ihtiyaç olan şey, zebra yazıcı denilen, etiket çıkartmak için özel tasarlanmış yazıcıdır. Fiyat olarak piyasa araştırması yapıldığında 1000 € olduğu bilinmektedir.



Şekil 6.5. Zebra yazıcı

İkinci ihtiyaç, yazıcı ve yazıcıya komut verecek bilgisayarlar arasında olması gereken internet ihtiyacıdır.

Üçüncü ihtiyaç ise, her biri MC3191 marka olan tarayıcılardır. Fiyat olarak adet başına 1500 € olduğu bilinmektedir.



Şekil 6.6. Tarayıcı

Bu aletlerin ve internetin yanında etiketin bastırılacağı etiket ruloları ve şerit şeklinde bantlar gerekmektedir. Bunların da fiyatı KDV vergisi dâhil edilmeden 2000 € olarak verilmiştir. Total olarak bakıldığında tümü, ilk kurulum olarak 17000 € harcama giderine sebep olmaktadır denilebilir.

6.4.2. E-Kanban KKPS kurulumu ve adımları

E-Kanban sistemi kurulumu KKPS içerisinde küçük trenlerin işlere atanmasında önemli rol oynamaktadır. Bu aktivitenin amacı, E-Kanban akışları olan kapalı ve açık döngüye dayalı iki depo arasında malzeme transferi gerçekleştirmektir. Bu işlemde, kullanıcı olan ve tarama yapan operatör, boş kutulara takılan Kanban kartlarının taranmasından ve döngünün onaylanmasından sonra malzeme transferini gerçekleştirebilecektir.

Operatör, boş kutuları proses akış raflarından alır ve kutuya yapışmış her bir E-Kanban etiketini tarar. Taradığı anda herhangi bir depo hareketi yapılmamaktadır.

Operatör tüm boş kutuları akış raflarından topladığında, döngünün sonunu onaylar. İki eylem tetiklenir. Bu eylemlerin birincisi depolama yeri konumuna göre sipariş edilmiş E-Kanban etiketleri ve depodan üretime olan stok transferidir.

KKPS’de kurulum yapılmadan önce, kontrol edilmesi ve eğer mevcut değilse yapılması gereken bazı gereklilikler vardır. Bu ön gereklilikler, malzeme tanımı, malzeme depo yeri tanımı, küçük tren uygulamasını kullanmaya ve özelleştirmeye yetkili kullanıcılara atamaların yapılması, ambalaj tanımları oluşturulmalı, stok türleri tanımlanmalıdır.

Kullanılacak KKPS böylelikle E-Kanban modelinin sanal ortamda oluşturulmasına yeterli desteği sağlayabilecek hale gelir. E-Kanban Sistemi Kurulumu ve sırasıyla KKPS’de çalıştırılmasının nasıl yapıldığı alt başlıklar halinde verilmiştir.

6.4.2.1. E-Kanban etiketlerinin özelleştirilmesi

E-Kanban sistemini kurmadan önce, küçük trenlerin ve kanban etiketlerinin özelleştirilmesi için uzman kişilere özel istekte bulunulması gereklidir. Bu istek doğrultusunda, uzman kişiler SM31 ve ZPPST_LOOP_EKANBAN_SF adlı kodları KKPS’de çalıştırarak, istenilen özelleştirmeyi sağlarlar.

Bu adımda, fabrika kendisi için özel E-Kanban etiketlerinin uzman kişiler yardımı ile oluşturulmasını sağlamıştır. Böylelikle E-Kanban sisteminin sistem kurulumu için ilk adım tamamlanmıştır.

6.4.2.2. Küçük tren yaratılması

Küçük trenler, KKPS’de ZPP_EKAN_ST kodu kullanılarak yaratılır. Şekil 6.7’de görülen ZPP_EKAN_ST kodunda “New Entry” kısmına basılır ve istenildiği kadar yeni küçük tren tanımlamaları yapılabilir.

Bu kodda giriş yaparken kesinlikle girilmesi gereken bilgiler; Küçük Tren ID, hangi fabrikada bu işin tanımlandığı, maksimum 11 haneli olacak şekilde küçük trenin açıklaması, hangi stok alanından hareketine başlayacağı ve son olarak da hangi stok alanına hareket ettiği.

İstenildiği kadar giriş yapıldıktan sonra kod kaydet tuşuna basılarak kapatılabilir. Fabrika yine Şekil 6.7’de görülen, 1100 kodu ile 110001 ID numaralı IN10’dan PR10’a malzeme taşıyan ZUG6 ZAF adında bir küçük trenin de aralarında bulunduğu sekiz adet küçük tren oluşturmuştur. Böylelikle kamyonların veya tırların fabrikaya malzeme bıraktıktan sonra malzemelerin alındığı IN10 deposundan, üretimlerinin yapılacağı PR10 deposuna malzeme taşıyan sekiz küçük tren tanımı yapılmış olur.

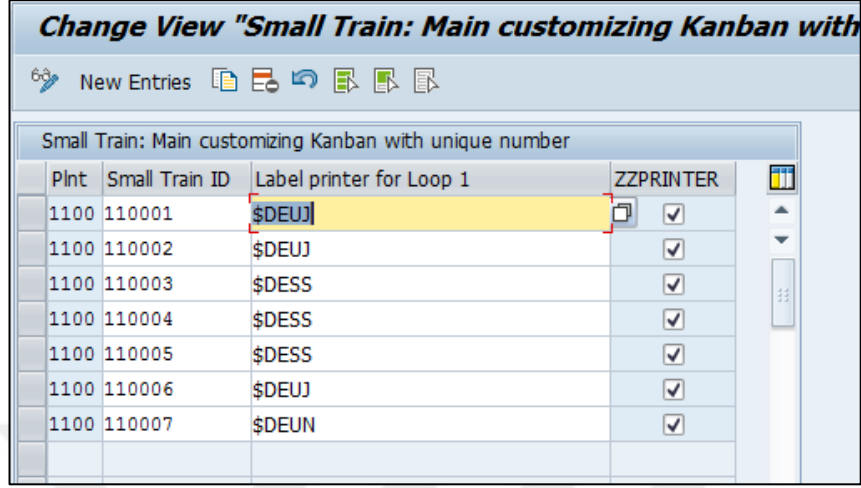
Small Train...	Plnt	Small Train Descr...	From	To	Num Day...
110001	1100	ZUG6 ZAF, INS	IN10	PR10	10000
110002	1100	ZUG7 ZAF SP,BOP	IN10	PR10	10000
110003	1100	ZUG 1/2 - VOLVO	IN10	PR10	10000
110004	1100	ZUG 5 - W222	IN10	PR10	10000
110005	1100	MV INJECTION	IN10	PR10	10000
110006	1100	GAPL LOGISTIK	IN10	PR10	10000
110007	1100	SCHEUERFELD	IN10	PR10	10000
110008	1100	OKTABIN	IN10	PR10	999999

Şekil 6.7. ZPP_EKAN_ST kodu

6.4.2.3. Küçük tren yazıcısının tanımlanması

KKPS’de ZPP_EKAN_PR kodu kullanılarak tanımlanırlar. Gerekli olan bilgiler, fabrika kodu, Küçük Tren ID’si ve yazıcı bilgisidir. Şekil 6.8’de ZPP_EKAN_PR kodu görülmektedir. İstenildiği kadar giriş yapıldıktan sonra kod kaydet tuşuna

basılarak kapatılır. Fabrikada, sekiz adet küçük trene hizmet verecek, yedi adet yazıcı tanımlamıştır.

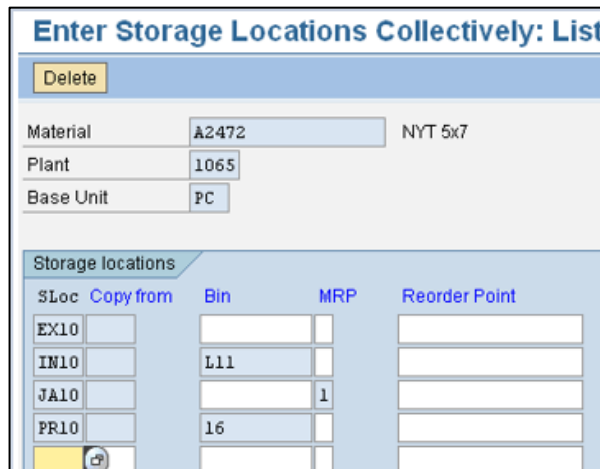


Plnt	Small Train ID	Label printer for Loop 1	ZZPRINTER
1100	110001	\$DEUJ	<input checked="" type="checkbox"/>
1100	110002	\$DEUJ	<input checked="" type="checkbox"/>
1100	110003	\$DESS	<input checked="" type="checkbox"/>
1100	110004	\$DESS	<input checked="" type="checkbox"/>
1100	110005	\$DESS	<input checked="" type="checkbox"/>
1100	110006	\$DEUJ	<input checked="" type="checkbox"/>
1100	110007	\$DEUN	<input checked="" type="checkbox"/>

Şekil 6.8. ZPP_EKAN_PR kodu

6.4.2.4. Stok alanı bilgisinin güncellenmesi

Stok bilgisi malzemenin nereden geldiği ve nereye gideceği ayarlanarak güncellenmelidir. Bu güncelleme çok önemlidir çünkü stok alanı direkt olarak KKPS'den yazıcıya giden bilgidir ve E-Kanban etiketlerinin üstüne basılır. Bu bilgi güncellemesi iki farklı kod kullanılarak yapılır. Bunlar MMSC ve MM02'dir. Şekil 6.9'da, stok bilgisinin MMSC kodu kullanılarak güncellenmesi görülmektedir. Fabrikada, A2472 malzemesi için MMSC kod güncellemesi, fabrika kodu ve depolar tanımlanarak oluşturulur.



SLoc	Copy from	Bin	MRP	Reorder Point
EX10				
IN10		L11		
JAL0			1	
PR10		16		

Şekil 6.9. MMSC stok bilgisi güncellenmesi

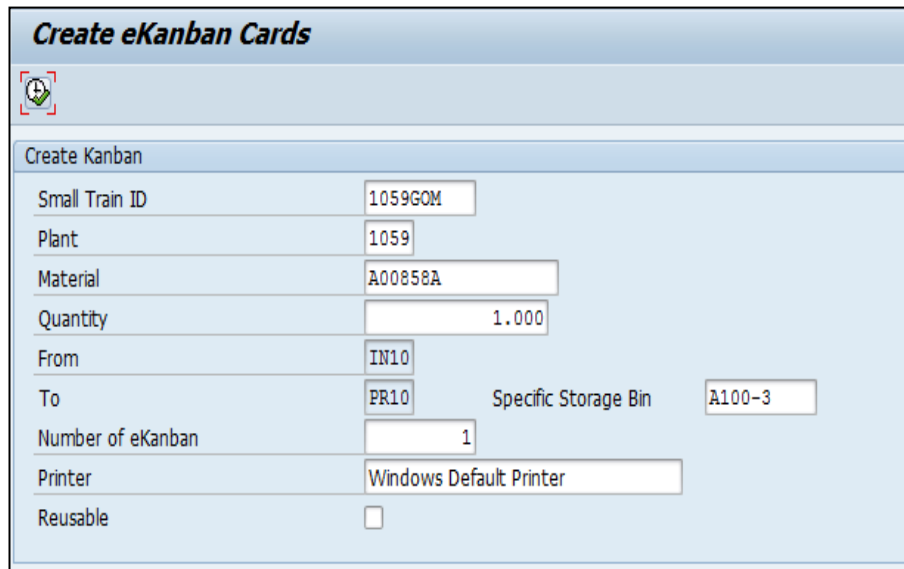
6.4.2.5. E-Kanban yaratılması

KKPS içerisinde E-Kanban yaratılması için kullanılan kod ZPP_EKAN01N'dir. Bu kod için gerekli bilgiler daha önce oluşturulan bilgilerin devamı niteliğindedir.

Küçük tren ID bilgisi, hangi fabrika olduğu malzemenin nereden nereye gideceğinin bilgisi, hangi malzemenin gideceği, miktarının ne olduğu, ne kadar E-Kanban olacağı, hangi yazıcının kullanılacağı ve eğer kanbanlar birden fazla kullanılacaksa ekranda onun işaretlenmesi gerekmektedir. ZPP_EKAN01N ekranı Şekil 6.10'da görülmektedir. 1059 kodlu küçük tren, A00858A malzemesini taşımak için E-Kanban numarası bir olacak şekilde ve IN10 depodan PR10 depoya gidecek şekilde tasarlanmıştır.

Eğer teker teker malzeme ve E-Kanbanlar ile uğraşılmak istenmiyorsa, E-Kanbanların toplu olarak oluşturulabileceği bir yol vardır. Bunun için fabrika, uzman insanlara istek açar ve KKPS'ye veri göçü yapmak istediğini belirtir. Bu isteğin kabul edilmesi iki şarta bağlıdır.

Bunların ilki küçük trenlerin daha önceden tanımlı olması, ikincisi de tüm verilerin doğru ve güncel olmasıdır. Bu yol ile yapılan, bir Excel dosyasında tüm verileri oluşturmaktır. Fabrika, E-Kanban etiketleri için bu yolu seçmiştir. Excel dosyasının bir kısmı Tablo 6.1'de görülmektedir.



The screenshot shows a software interface titled "Create eKanban Cards". It contains a form with the following fields and values:

Create Kanban			
Small Train ID	1059GOM		
Plant	1059		
Material	A00858A		
Quantity		1.000	
From	IN10		
To	PR10	Specific Storage Bin	A100-3
Number of eKanban		1	
Printer	Windows Default Printer		
Reusable	<input type="checkbox"/>		

Şekil 6.10. ZPP_EKAN01N ekranı

Tablo 6.1. E-Kanban toplu oluşumu

ZSTID	WERKS	MATNR	NUMKAN	PRINTER	REUSABLE
ST1	1100	2226715647	2	LOCL	X
ST1	1100	2226715647	2	LOCL	
ST1	1100	2226715647	2	LOCL	X
ST1	1100	2226715647	2	LOCL	
ST1	1100	2226715647	2	LOCL	

6.4.2.6. E-Kanban etiketlerinin boş kutulardan okutulması

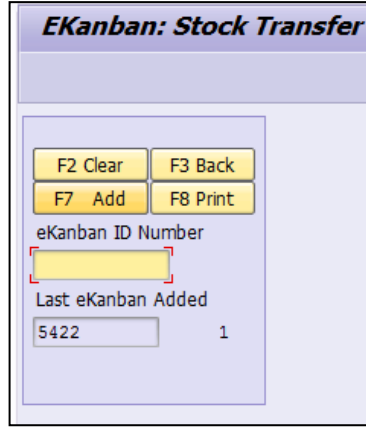
Boş kutuların okutulması için kullanılan kod ZPP_EKAN02N'dir. Şekil 6.11'de bu kodun ekran görünümü verilmektedir. Küçük tren ID bilgisi ekrana girilir ve sonrasında eğer onaylama yapılıyor ise F8 tuşuna basılır. Eğer kanban için tekrar kullanılabilir seçeneği varsa, bir E-Kanban birden fazla taranabilir.

Tüm E-Kanbanlar taratıldığında, küçük trenin sürücüsü bir çevrimi F8 tuşuna basarak onaylayabilir. F8'e bastıktan sonra bir soru mesajı doğrulama yapmak için ekranda belirir ve tekrar F8 ile onay vermesi kullanıcıdan istenir. F8 onayından sonra kanban etiketleri yeniden basılır, F8 burada yazdır komutunu vermektedir.

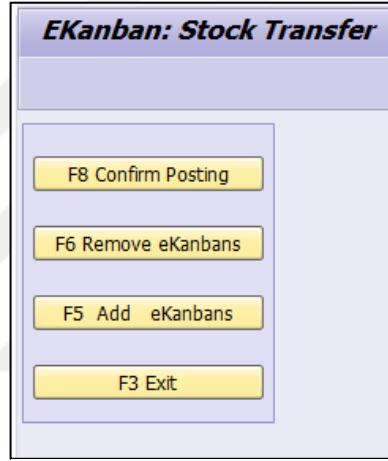
Sonrasında kullanıcıya üç farklı seçenek sunulur. Bu seçenekler, Şekil 6.12'da görülmektedir. F6, burada kayıp malzemeler için E-Kanbanların kaldırılmasını sağlar.

Eğer kullanıcı F6'ya basarsa kaldırmak istediği E-Kanban numarasını sisteme girer ve F7'ye basarak kaldırma komutu verir sonrasında F8 ile devam ederek onaylar. F5, daha önceden kayıp olan ama şu an elimizde olan malzemeler için E-Kanban etiketlerini eklemeyi sağlar.

Eğer kullanıcı F5'e basarsa, F7 ile istediği E-Kanban numarasını ekler ve sonrasında F8 ile bunu onaylayarak devam eder. F3, ekrandan çıkmayı sağlar. Fabrikada, ZPP_EKAN02N ekranı başarı ile kullanılmış ve Şekil 6.11'de görüldüğü gibi son eklenen E-Kanban adedi 5422 olarak verilmiştir.

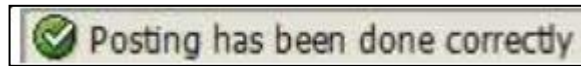


Şekil 6.11. ZPP_EKAN02N ekranı



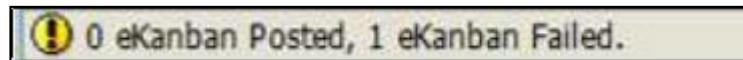
Şekil 6.12. ZPP_EKAN02N sonrası seçenekler

Eğer tüm etiketler sorunsuzca yazıcıdan çıkarılırsa, Şekil 6.13'teki mesaj ekranda belirir.



Şekil 6.13. ZPP_EKAN02N sorunsuz çıktısı

Herhangi bir kısa kalma durumunda yani malzemenin üretime yetmeyeceği durumda ise, malzeme için ekranda uyarı mesajı Şekil 6.14'deki gibi belirir.



Şekil 6.14. ZPP_EKAN02N sorunlu çıktısı

Repost failed eKanban Cards

Plant

Additional selection criteria

Small Train ID	<input type="text"/>	to	<input type="text"/>
eKanban Number	<input type="text"/>	to	<input type="text"/>
Material	<input type="text"/>	to	<input type="text"/>
Storage location from	<input type="text"/>	to	<input type="text"/>
Storage location to	<input type="text"/>	to	<input type="text"/>
Created on	<input type="text"/>	to	<input type="text"/>

Processing Mode

Process in Background Mode

Şekil 6.15. ZPP_EKAN03 ekranı

Kullanıcı bu durumda kod ZPP_EKAN03 ekranını kullanarak, E-Kanbanlarda oluşan sorunları gidermeye çalışır. Eğer sorun giderilemeyecek durumda ise sistem, tüm yazdırma işlemleri durdurulduğu için, öneri olarak yeni bir çevrim tanımlanmasını sunar. Böylece, yazdırılmayan E-Kanban etiketleri duruşu önlenerek, yeni bir çevrime başlanır. Bu yazdırılmayan E-Kanban kartları için kullanılan ZPP_EKAN03 kod ekranı Şekil 6.15'te verilmiştir. Bu ekran çalıştırıldığında, hangi malzemenin neden hata verdiği görülmektedir. Bu bilgilere göre, yeniden yazdırma yapılabilir, hatalı halde iken yine de yazdırma yapılabilir veya bu etiketler silinebilir.

6.4.2.7. E-Kanbanların silinmesi

E-Kanban etiketleri iki farklı kod kullanılarak silinebilir. Bunlar, ZPP_EKAN05 ve ZPP_EKAN04'tür. ZPP_EKAN05 kodu ile silinmek istenilen E-Kanban etiketleri, daha sonrasında silinmek için işaretlenir.

Confirm Deletion for e-KB Cards

Kanban No.	Plant	D.T Pos/sc	STrain ID	Sc.S.T	Material	Descr.	Sebango	From	To	From St.B	Bin	Spec Bin	Quantity	Created on	Creation T	Created By	Changed in	Changed at	Author	Reusab
1065000014	1065		1065_001		A2472	NYT 5x7	2472	IN10	PR10	L11	16		1.000	09/22/2016	16:25:07	1BRAHID				00:00:00

Confirmation

Selected line(s) will be deleted ?


Yes No

Şekil 6.16. ZPP_EKAN04 ekranı

Aynı zamanda bu kod etiketi rapor etmek için de kullanılır. ZPP_EKAN04 kodu ile de silme işlemi onaylanır. Şekil 6.16’da ZPP_EKAN04 ekran görüntüsü verilmektedir.

6.4.2.8. E-Kanban etiketleri

E-Kanban etiketleri malzemeler için ve küçük trenler için ayrı ayrı çıkmaktadır. Şekil 6.17’de çıkan E-Kanban malzeme etiketi görülmektedir. Etiket malzemenin sebango numarası büyükçe yazılır. Sebango, parçanın kimlik numarasıdır. Küçük tren numarası, sayfa numarası, malzeme numarası, malzeme miktarı, malzeme açıklaması, hangi yerde olduğu ve nereye doğru gideceği, barkodu, o zamana ait tarih ve saat bilgisi ve en son olarak da hangi kullanıcı tarafından oluşturulduğu bilgileri etiketin üzerinde bulunur. 80 mm’ye 65 mm ölçülerinde bir etiket olarak belirlenmiştir.

Small Train 002		3 / 7
SEBANGO		FROM STORAGE BIN
F357		CA02
PART NUMBER (P)	QUANTITY (Q)	TO STORAGE BIN
A2343AA02	50	TO01
PART DESCRIPTION		
J95 BAGUETTE COND.DG GRIS SONG		
		
2019 03 23 17:00	*S012317527*	USER FR00987

Şekil 6.17. E-Kanban malzeme etiketi

e-KB summary Small Train 2		
DATE		
2019-03-23		
TIME	BOXES QUANTITY	
17:00		43
2019 03 23 17:00	SMALL TRAIN 002	USER FR00987

Şekil 6.18. E-Kanban küçük tren etiketi

Küçük tren etiketi içerisinde, tarih, saat, yeniden doldurulan kutu sayıları, küçük trenin kimliği, son olarak da kullanıcı adı bilgileri bulunmaktadır. Küçük tren etiketleri gün içerisinde yapılmış olan tüm çevrimleri temsil ettiğinden, araç kabul alanındaki panolara yapıştırılır ve günlük olarak takip edilir.

Monitor Small Train - Detail Small Train										
Small Train Global Information										
Small Train Id : 0001					Small Train Name : shifta					
Storage Location From : IN10				Storage Location To : PR10						
Status current loop : INPROGRESS				Created by : judhip						
Cycle ID	sKanban ID	Parts Code	Unit	Quantity	Storage Location	Status e-Kanban	Date Time Created	Date Time Scanned	User	Page No
<input type="checkbox"/>	1499000000004	00000000001513864	PC	240	A1	PRINTED	2014-10-21T15:41:37		judhip	3 / 3
<input type="checkbox"/>	1499000000006	E4060891-C	PC	400		PRINTED	2014-10-21T15:44:21		judhip	2 / 2
<input type="checkbox"/>	1499000000011	1190184X	PC	1000		PRINTED	2014-10-24T09:45:32		peigne	
20141021001	1499000000002	00000000001513864	PC	240	A1	CLOSED	2014-10-21T15:41:37	2014-10-21T15:47:26	judhip	1 / 3
20141021001	1499000000003	00000000001513864	PC	240	A1	CLOSED	2014-10-21T15:41:37	2014-10-21T15:48:01	judhip	2 / 3
20141021001	1499000000005	E4060891-C	PC	400		CLOSED	2014-10-21T15:44:21	2014-10-21T15:48:27	judhip	1 / 2
20141021002	1499000000007	E4060891-C	PC	400		PRINTED	2014-10-21T15:49:19		judhip	1 / 2
20141021002	1499000000008	00000000001513864	PC	240	A1	PRINTED	2014-10-21T15:49:19		judhip	1 / 3
20141021002	1499000000009	00000000001513864	PC	240	A1	PRINTED	2014-10-21T15:49:19		judhip	2 / 3
20141024002	1499000000010	1190184X	PC	1000		REUSABLE	2014-10-24T09:45:32	2014-10-24T09:47:47	peigne	

Şekil 6.19. E-Kanban küçük tren izleme ekranı

6.5. E-Kanban Sistemi Çalıştırılması ve Çıktıları

Tüm kod ekranları çalıştırdıktan sonra, E-Kanbanlar artık yazıcılardan çıkmak için hazır olur. Firmada, tüm kurulumlar yapılmıştır. Sonrası için, küçük trenlerin izlendiği belirli ara ekranlar vardır. Şekil 6.19’da bu ekran gösterilmektedir.

Bu ekranlar direkt olarak KKPS’ye bağlıdır. Bu ekranlar yardımıyla, küçük trenler işçiler ve yöneticiler tarafından izlenebilir.

Kapanmış olan çevrimler yeşil olarak görülmektedir. Yazdırılmış üretime gitmeyi bekleyen etiketler de yazdırıldı olarak görülmektedir. Tekrar kullanılabilir etiketler ise yine ekranda görülmektedir.

E-Kanban prosedürü işlemlerinin ilk adımı E-Kanbanların yazdırılmasıdır. Şekil 6.20’de fabrikada bulunan uzman kişinin çıkarttığı E-Kanban etiketleri görülmektedir. İkinci adım olarak bu etiketlerin tren operatörü tarafından dolu olan kutulara yapıştırılması gerekmektedir.

Şekil 6.21’de bu adım görülmektedir. Sonrasında tren operatörü hattı bu etiketli dolu kutular ile besler.



Şekil 6.20. Yazdırılmış E-Kanban etiketleri



Şekil 6.21. Tren operatörünün E-Kanban etiketi yapıştırması

Üçüncü adımda, Şekil 6.22'deki gibi tren operatörü döngüsünde boş kutuların etiketlerini okutur, okuttuğu etiket sayısı kadar yazıcıdan yeni etiket çıkar ve çıkan yeni etiketleri dolu kutulara yapıştırır ve tekrar hattı besler.

Hat besleme böylelikle sistem yardımı ile yapılmış olur ve küçük tren operatörü için kolaylık sağlanır. Kartlarda varolan kaybolma sorunu etiketlerde yaşanmadığından güvenilirlik arttırmış olunur. Güvenlik artışı beraberinde sistemin de güvenilirliğini artırır ve daha doğru sonuçlar vererek, günlük ve dönemlik olarak yapılan malzeme sayımlarında hata oranını azaltır.



Şekil 6.22. Tren operatörünün E-Kanban etiketi okutması

Çevrimde okutulan etiket sayısı kadar malzeme etiketi yazıcıdan otomatik çıkar ve otomatik olarak IN10 dan PR10 a stok transferi yapılmış olur. Sistemde bu transferler Şekil 6.23'te olduğu gibi görülebilir. Her boş etiket okutulduğunda kutu adedi 10 olan malzeme, sistemde kullanıldı olarak görülmektedir.

09:32:17	10- PC	trenmav:-14290KOC00028
09:20:49	10- PC	trenmav:-14290KOC00027
09:07:22	10- PC	0800000C0035552853
09:07:20	10- PC	0800000C0035552854
09:07:19	10- PC	0800000C0035552851
09:07:15	10- PC	0800000C0035552852
09:07:14	10- PC	0800000C0035552872
09:07:13	10- PC	0800000C0035552850
09:07:12	10- PC	0800000C0035552859
09:07:11	10- PC	0800000C0035552871
08:32:19	10- PC	trenmav:-14290KOC00022
08:32:19	10- PC	trenmav:-14290KOC00023
08:32:17	10- PC	trenmav:-14290KOC00025
08:32:17	10- PC	trenmav:-14290KOC00024
07:31:05	10- PC	0800000C0035552864

Şekil 6.23. Sistemdeki hareketler

Sonuç olarak çıkan tren özet etiketi de günlük kontrol yapılması amacıyla, günlük döngü sayfasına yapıştırılır.

Günlük döngü sayfaları yardımı ile malzeme planlamacı hem kağıt üstünde hem de sistemde tüm küçük tren hareketlerini kontrol eder.

6.6. Küçük Tren Yol Atamalarının Yapılması

Tüm E-Kanban'lar oluşturulduktan sonra, küçük tren kullanıcısının izlediği yollar belirli lojistik algoritmaları yardımı ile optimize edilebilir. Küçük trene fabrika

içerisinde en az yolu gezdirerek en kısa sürede hat beslemenin yapılmasını sağlayan algoritmalar içerisinde araç rotalama problemlerinin çözümünde sıklıkla kullanılan tasarruf algoritması ve süpürme algoritması çalıştırılacaktır. Her bir trenin alacağı malzeme bellidir ve malzemelerin stok alanları da standartlar gereği bellidir. Bu sayede trene en az yol gitmesini sağlayacak algoritma için gerekli olan koordinat bilgileri fabrika içi çizimden elde edilecektir. Bu uygulamada, küçük tren bir bitmiş ürünü besleyecek şekilde ayarlanacaktır. Küçük tren park alanını orijin kabul ederek, yol atamasını gerçekleştirecektir. Yol ataması için küçük tren yolu için hesaplama yapılacak bitmiş ürünler ABC analizi ile belirlenmiştir. Bu ürünler Şekil 6.24'de verilmiştir. KKPS tarafından belirlenen A sınıfı bitmiş ürünlerin ilk ikisi seçilmiştir.

Material	TR1296149X-C
Plant/Usage/Alt.	1915 / 3 / 01
Description	BK31-5K254-AAD, V363, RWD CCAB COLD END
Base Qty (PC)	1 000,000
Reqd Qty (PC)	1 000

Ob...	Component number	Object description
	308LSI-250KG	Welding Wire Gallon 308LSi 250 Kg
	E4044799-A	8C16-5A262-AA, V347/8 STAGE V, IS
	E4056962-C	V363 OVAL MUFFLER HANGER MILD S
	E4056963-C	V363 OVAL MUFFLER HANGER MILD S
	E4059449-C	V363 INLET PIPE (OVAL MUFFLER)
	E4063761-C	V363 OVAL MUFFLER
	E4074672-A	V362 COLD END OUTLET PIPE-BK31-5

Şekil 6.24. ABC analiz sonucu

Material	Material Description	Material Type	CC phys. inv. ind.	Unrestricted	Base Unit of Measure	Value Unrestricted	Currency	Total Value Unrestricted	Percentage
1493108X-D	BK31-5E211-ED	SFIN	A	165	PC	41.272,06	TRY	323.672	12,7511987
TR1296149X-C	BK31-5K254-AAD	SFIN	A	160	PC	32.450,90	TRY	323.672	10,0258595

Şekil 6.25. TR1296149X-C alt parçaları

Fabrika içerisinde dağıtım için iki farklı algoritma kullanılacaktır. Bunlar sırasıyla tasarruf ve süpürme algoritması olarak belirlenmiştir. Algoritmaları uygulayabilmek için TR1296149X-C ve 1493108X-D bitmiş ürünlerinin alt parçaları sistem tarafından belirlenecektir. A sınıfı bu iki bitmiş ürün için öncelikle tasarruf algoritmaları sonrasında da süpürme algoritmaları ile çözümler yapılarak daha kısa yolu bulan algoritma seçimi de yapılacaktır. TR1296149X-C bitmiş ürününün alt parçaları, altı

adet olmak üzere, KKPS görünümü Şekil 6.25'deki gibidir. Bu bilgiler ışığında tasarruf algoritması aşağıda verilen Tablo 6.2 kaynak kabul edilerek, hesaplamalar yapılır. Küçük tren hacminin $1,5 \text{ m}^3$ olmak üzere standarttır.

Tablo 6.2. TR1296149X-C için tasarruf algoritması girdileri

İSİM	KOD	X	Y	Miktar(m^3)
Küçük Tren	0	42	30	0
Askı Ayağı Sağ	1	45	30	0,25
Askı Ayağı Sol	2	40	32	0,25
Kaynak Teli	3	41	27	1,5
Giriş Borusu	4	44	31	0,75
Susturucu	5	38	35	0,5
Çıkış Boru	6	41	35	0,5

Koordinatları belirlenen noktaların birbirleri arasındaki uzaklık ilişkileri en kısa Öklid bağıntısıyla hesaplanarak aşağıdaki Tablo 6.3'te gösterilmiştir. Birbirleri arasındaki uzaklık değerleri, iki nokta arasındaki doğrunun uzunluğunu bulmak için kullanılan formül, yardımıyla belirlenmiştir.

Tablo 6.3. TR1296149X-C için uzaklık matrisi

	0	1	2	3	4	5	6
0							
1	3,00						
2	2,83	5,39					
3	3,16	5,00	5,10				
4	2,24	1,41	4,12	5,00			
5	6,40	8,60	3,61	8,54	7,21		
6	5,10	6,40	3,16	8,00	5,00	3,00	

Daha sonraki aşamada, uzaklık matrisine bağlı olarak tasarruf algoritması mantığı yardımıyla tasarruf matrisi oluşturulur.

Küçük Tren konumu 0 ve malzeme konumları 1,2,3...n olarak tanımlanmaktadır.

C_{i0} = küçük trenden i malzemesine bir yolculuk yapmanın maliyeti.

C_{0j} = küçük trenden j malzemesine bir yolculuk yapmanın maliyeti.

C_{ij} = i konumundaki malzemedan j malzemesine bir yolculuk yapmanın maliyeti.

$1 \leq i \leq j < 6$ durumu için tüm (i,j) çiftleri için tasarruflar hesaplanır. Tablo 6.4'de oluşturulan tasarruf matrisi görülmektedir. Örneğin; $s(1, 2) = C_{01} + C_{02} - C_{12} = 3,00 + 2,83 - 5,39 = 0,44$ olarak hesaplanır. Diğer tasarruflar da hesaplandıktan sonra, toplu sonuçlardan oluşan tasarruf matrisi oluşturulur. Daha sonra bu değerler çoktan aza doğru sıralanarak, rota oluşturulmaya başlanacaktır.

Tablo 6.4. TR1296149X-C için tasarruf matrisi

	1	2	3	4	5
1					
2	0,44				
3	1,16	0,89			
4	3,82	0,94	0,40		
5	0,80	5,63	1,02	1,43	
6	1,70	4,77	0,26	2,34	8,50

Tasarruf değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır ve tasarruf matrisi oluşturulduktan sonra, ilk olarak en büyük tasarruf olan değerden hesaplamaya başlanır. Tablo 6.5'de tasarruf adımları görülmektedir.

İki rota talepleri karşılandığı sürece rota birleştirmesine devam edilir. Kapasite aşıldığında, bir sonraki en yüksek tasarruf değerine geçilerek iterasyona devam edilir.

Küçük trenlerin rotalarının belirlenmesindeki yöntemler arasında tasarruf matrisi sadece biridir. Bu yöntemler, farklı algoritmalar ve bunların yanında geliştirilebilen matematik modeller de olabilir.

Tasarruf algoritmasına küçük tren kapasitesinin $1,5 \text{ m}^3$ olduğu verildiğinde, ilk olarak en yüksek tasarruf değerinden başlayacağı için, 5, 6 ve 2 numaralı malzemelerin rotalarını birleştirir. Sonrasında ne büyük tasarruf değerine göre 4 ve 1 numaralı malzemeleri birleştirir.

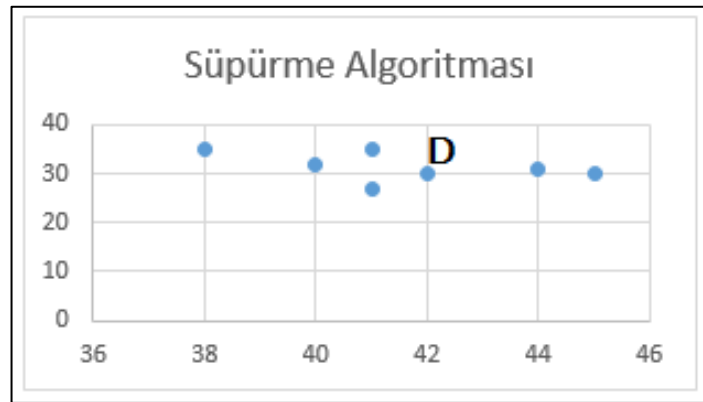
İlk rotada $0,25 \text{ m}^3$ bir boşluk kalır ve ikinci rotada da $0,5 \text{ m}^3$ bir boşluk kalmaktadır. Son rota sadece 3 numaralı malzemenin taşındığı rotadır ve küçük tren tam olarak dolmuştur. Sırasıyla tren bu üç rotada dolaşacaktır.

Tablo 6.5. TR1296149X-C için tasarruf matrisi adımları

Tasarruf Değeri	Konum i	Konum j	Talep	Hareket
8,5	6	5	1	5 ve 6'yı birleştir
5,63	5	2	1,25	5, 6 ve 2'yi birleştir
4,77	6	2	1,25	Aynı rotadalar
3,82	4	1	1	1 ve 4'ü birleştir
2,34	6	4	2,25	Tren kapasitesini aşar
1,7	6	1	2,25	Tren kapasitesini aşar
1,43	5	4	2,25	Tren kapasitesini aşar
1,16	3	1	2,5	Tren kapasitesini aşar
1,02	5	3	2,75	Tren kapasitesini aşar
0,94	4	2	2,25	Tren kapasitesini aşar
0,89	3	2	2,75	Tren kapasitesini aşar
0,8	5	1	2,25	Tren kapasitesini aşar
0,44	2	1	2,25	Tren kapasitesini aşar
0,4	4	3	2,5	Tren kapasitesini aşar
0,26	6	3	2,75	Tren kapasitesini aşar

Tren tasarruf algoritması kullanmasa idi, numara sırasına göre dolaşım yapacağı varsayılacaktır. Bu durumda, gideceği rotalar; 5-6-2, 1-4, 3 olarak üç tane olacaktır. Gidilen toplam yol 129,5 m olarak hesaplanmıştır.

Aynı referans için süpürme algoritması ile çözüm yapıldığında Şekil 6.26'da görülen koordinatlar ile saat yönünde süpürme işlemi tren kapasitesine göre yapılır. Bu algoritmaya göre sırasıyla 4-1-5, 3, 6-2 olarak rotalar saat yönünde depo merkez alınarak çizilmiştir. Sırasıyla hacimler, $1,5 \text{ m}^3$, $1,5 \text{ m}^3$ ve $0,75 \text{ m}^3$ olarak hesaplanır.



Şekil 6.26. TR1296149X-C için süpürme algoritması koordinatları

Süpürme algoritması ile ortaya çıkan en kısa yolda toplam gidilen mesafe 182 metredir.

1493108X-D bitmiş ürünü için alt parçalar Şekil 6.27’de verilmiştir.

Material	1493108X-D
Plant/Usage/Alt.	1915 / 3 / 01
Description	BK31-5E211-ED, V363 HOT END
Base Qty (PC)	1 000,000
Reqd Qty (PC)	1 000

Ob...	Component number	Object description	Ovfl
	1313651-D	VIS M8X18 HEX BRIDE PARE CHALEUR	
	1466765-A	V347, HOT END BRAKET	
	1467779X-A	CC11-5K291-CB, ENGINE BLOCK BRACK...	
	1493098X-A	BK31-5F297-FC, V363 CONVERTER (BK...	
	308LSI-250KG	Welding Wire Gallon 308LSi 250 Kg	
	E4044799-A	8C16-5A262-AA, V347/8 STAGE V, Isol...	
	E4052810-C	V363 INNER PIPE+BOSS-CC11-5E211-EC	
	E4067855-D	V363 HE OUTLET PIPE BK31-5E211-E...	

Şekil 6.27. 1493108X-D alt parçaları

Tasarruf algoritması ve süpürme algoritması ile işlem yapılacağından küçük trenin konumuna göre, alt parçaların koordinatları Tablo 6.6’da verilmiştir.

Öncelikle bu koordinatlar kullanılarak uzaklık matrisi oluşturulacaktır. Sonrasında ise, uzaklık matrisinden yararlanılarak tasarruf matrisi oluşturulacak ve adımlar belirlenecektir.

Tablo 6.6. 1493108X-D için tasarruf algoritması girdileri

İSİM	KOD	X	Y	Miktar(m ³)
Küçük Tren	0	42	30	0
Civata	1	35	42	0,15
Braket 1	2	36	43	0,35
Kaynak Teli	3	41	27	1,5
Braket 2	4	36	44	0,35
Konvertör	5	45	32	0,5
Giriş Borusu	6	42	35	0,5
Çıkış Borusu	7	42	36	0,5
Lastik	8	40	43	0,15

İki nokta arası uzaklık ölçüm formülü ile tüm alt malzemeler arasındaki uzaklıklar bulunur. 1493108X-D için bulunana bu uzaklıklar, Tablo 6.7’de verilmiştir.

Tablo 6.7. 1493108X-D için uzaklık matrisi

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0									
1	13,89								
2	14,32	1,41							
3	3,16	16,16	16,76						
4	15,23	2,24	1,00	17,72					
5	3,61	14,14	14,21	6,40	15,00				
6	5,00	9,90	10,00	8,06	10,82	4,24			
7	6,00	9,22	9,22	9,06	10,00	5,00	1,00		
8	13,15	5,10	4,00	16,03	4,12	12,08	8,25	7,28	

Daha sonraki aşamada, uzaklık matrisine bağlı olarak tasarruf algoritması mantığı yardımıyla tasarruf matrisi oluşturulur. $1 \leq i \leq j < 8$ durumu için tüm (i,j) çiftleri için tasarruflar hesaplanır. Tablo 6.8’de oluşturulan tasarruf matrisi görülmektedir.

Tasarruf matrisinde en büyük değer olan 26,89’dan başlanarak tasarruf değerleri sıralanır ve bu sıralamaya göre de diğer bitmiş üründe olduğu gibi en kısa rota tasarruf algoritması mantığı ile bulunmuş olur.

Tablo 6.8. 1493108X-D için tasarruf matrisi

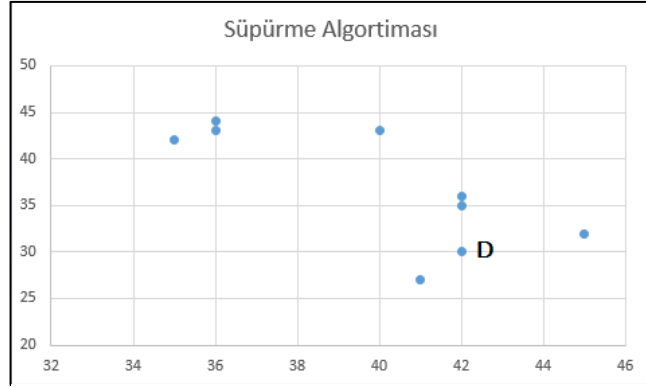
	1	2	3	4	5	6	7	8
1								
2	26,80							
3	0,90	0,72						
4	26,89	1,24	0,67					
5	3,36	3,71	0,36	3,84				
6	8,99	9,32	0,10	9,41	4,36			
7	10,67	11,10	0,11	11,23	4,61	10,00		
8	21,95	23,47	0,28	24,26	4,68	9,91	11,87	

Tasarruf değerleri hesaplandıktan sonra tasarruf adımlarına geçilir ve böylelikle küçük tren turları belirlenir. Tasarruf matrisi adımları Tablo 6.9’da görülmektedir.

Tablo 6.9. 1493108X-D için tasarruf matrisi adımları

Tasarruf Değeri	Konum i	Konum j	Talep	Hareket
26,89	1	4	0,5	1 ve 4'ü birleştir
26,8	1	2	0,85	1, 4 ve 2'yi birleştir
24,26	4	8	1	1, 4, 2 ve 8'i birleştir
23,47	2	8	1	Aynı rotadalar
21,95	1	8	1	Aynı rotadalar
11,87	7	8	1,5	1,4,2,8 ve 7'yi birleştir
11,23	4	7	1,5	Aynı rotadalar
11,1	2	7	1,5	Aynı rotadalar
10,67	1	7	1,5	Aynı rotadalar
10	6	7	2	Tren kapasitesini aşar
9,91	6	8	2	Tren kapasitesini aşar
9,41	4	6	2	Tren kapasitesini aşar
9,32	2	6	2	Tren kapasitesini aşar
8,99	1	6	2	Tren kapasitesini aşar
4,68	5	8	2	Tren kapasitesini aşar
4,61	5	7	2	Tren kapasitesini aşar
4,36	5	6	1	5 ve 6'yı birleştir
3,84	4	5	2,5	Tren kapasitesini aşar
3,71	2	5	2,85	Tren kapasitesini aşar
3,36	1	5	2,85	Tren kapasitesini aşar
1,24	2	4	2,85	Tren kapasitesini aşar
0,9	1	3	3	Tren kapasitesini aşar
0,72	2	3	3	Tren kapasitesini aşar
0,67	3	4	2,85	Tren kapasitesini aşar
0,36	3	5	2,85	Tren kapasitesini aşar
0,28	3	8	3	Tren kapasitesini aşar
0,11	3	7	3	Tren kapasitesini aşar
0,1	3	6	2,85	Tren kapasitesini aşar

Gidilecek rotalar; 1-4-2-8-7, 5-6 ve 3 olarak üç tane olacaktır. Gidilen toplam yol metre cinsinden 157,5 metre olarak hesaplanmıştır. Aynı referans için süpürme algoritması ile çözüm yapıldığında Şekil 6.28'de görülen koordinatlar ile saat yönünde süpürme işlemi tren kapasitesine göre yapılır.



Şekil 6.28. 1493108X-D için süpürme algoritması koordinatları

Süpürme algoritmasına göre 6-7-5, 3 ve 1-2-4-8 olarak üç farklı rota belirlenmiştir. Sırasıyla rotalar için hacimler $1,5 \text{ m}^3$, $1,5 \text{ m}^3$ ve 1 m^3 olarak bulunur. Süpürme algoritması ile ortaya çıkan en kısa yolda toplam gidilen mesafe 171,5 metredir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüz koşullarında fabrikalar, iç ve dış müşterilerine daha iyi bir performans sergilemek için dijitalleşme adımlarını kullanmaktadırlar. Bu dijitalleşme, otonom arabalardan, kendine ait programı ile tüm bilgisayar sistemlerini kullanabilir robotlara kadar uzanmaktadır. Dijitalleşme, fabrikalara daha az zamanda daha çok ve verimli iş yapma fırsatı vererek, eskiden yapılan manuel işleri artık otomasyon sistemlerine bırakmayı sağlamıştır.

Yapılan bu tez çalışmasında, Kocaeli’de faaliyet gösteren ve egzoz üretimi sağlayan bir firma ele alınmıştır. Firma, günümüzde sıralı üretim gerçekleştiren diğer firmalar gibi, temel yalın üretim felsefelerinden birisi olan Kanban kart sistemini kullanmaktaydı. Kart sistemi temelde tüm üretimi kontrol altına almayı ve stoğu sürekli olarak takip edebilmeyi firmaya sağlamaktaydı. Halen daha Kanban sistemini manuel olarak kullanan birçok firma bulunmaktadır. Fakat firma kurumsal yönetimi Kanban sisteminin, değiştirilip ve güncellenip, E-Kanban sistemine geçilmesini uygun bulmuştur. Tez çalışmasında, genel olarak genel bilgiler verilerek E-Kanban sisteminin ne olduğu ve firmaya kurulumu adım adım anlatılmıştır ve bununla birlikte, kurulan sistemin gereği olan küçük trenlerin biri örnek alınarak, bir bitmiş ürün için malzemelerinin planlanması tasarruf algoritmasına göre yapılmıştır.

Kurulan E-Kanban sisteminin kurulumu ve küçük trenlerin yol atamaları sonucunda, firmaya kazandırılan değerlere bazı yönlerden bakılarak inceleme yapılarak çalışma sonuçlandırılabilir. Bu değerler sırasıyla, proses akışı, yakıt tasarrufu, iş yeri çalışma düzeni, iş gücü değişimi, alan kazanımı, maliyet, üretim kontrolü, etiket kontrolü olmak üzere belirlenebilir.

Proses akışı açısından bakıldığında, geçmiş durumda kullanılan klasik Kanban sisteminde, belirlenen bir veya birkaç çalışan üretim hatlarına malzemeleri bir forklift yardımıyla taşımaktaydılar. Taşınan malzemeler tahta paletler yardımıyla üretim hücrelerinin içine bırakılmaktaydı.

Çalışan sayısı üretim hattından gelen boş kanban kartlarına göre belirlenmekteydi. Bazı üretim hücresi çalışanları, işleri boş olma durumuna göre hat besleme işlerine yardım etmekteydi. Böyle durumlarda, iş tanımlarına uygun iş yapılmamış oluyordu. Bunun yanında iş sağlığı ve güvenliği açısından forkliftin üretim alanına girişi sağlanıyordu. Hatlara beslenecek malzemeler toplayan forkliftçinin inisiyatifine göre toplanarak forklift paletine yerleştiriliyordu. Yeni sistem olan E-Kanban sistemi ile, eski sistemde mevcut olan belirsizlik halleri ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır. ABC analizi doğrultusunda en önemli iki bitmiş ürün için yapılan ölçümlerde eski ve şimdiki durum için analiz yapılmıştır. Eski durumda TR1296149X-C için sırasıyla askı ayaklarını birleştirmek haricinde bir şey yapmadan tüm ham maddeler teker teker üretime götürülüyordu. Bu durumda gidilen toplam mesafe 199,5 metre olmaktadır. E-Kanban sisteminde ise hem tasarruf hem de süpürme algoritması ile desteklenerek yeni yollar ve küçük tren rotaları belirlenmiştir. Bu hesaplamalar sonucunda ise TR1296149X-C bitmiş ürünü için, en kısa yolu veren algoritma tasarruf algoritması olmuş ve 129,5 metre ile hat beslemesi tamamlanmıştır. 1493108X-D bitmiş ürünü için ise, yalnızca braketler ve civata aynı forklift paletine koyulmaktaydı ve hat besleme için gidilen mesafe toplamda 255,5 metre olmaktadır. Yeni E-Kanban sistemi ile birlikte, bu mesafe tasarruf algoritması daha iyi bir sonuç vererek 157,5 metreye indirilmiştir. Bu durum Tablo 7.1’de görülmektedir. Toplam yol tasarrufu 168 metre olarak hesaplanmıştır.

Tablo 7.1. Proses akışı açısından değişim

Ürün	Geçmiş Sistem			E-Kanban Sistemi		
	Gidilen Yol	Kullanılan araç	Paletle Taşıma Yapılıyor mu?	Gidilen Yol	Kullanılan araç	Paletle Taşıma Yapılıyor mu?
1493108X-D	255,5 metre	Forklift	Evet	157,5 metre	Küçük Tren	Hayır
TR1296149X-C	199,5 metre	Forklift	Evet	129,5 metre	Küçük Tren	Hayır
Toplam	455 metre	Forklift	Evet	287 metre	Küçük Tren	Hayır

Yakıt tasarrufu açısından bakıldığında, her iki döngü için toplam günlük 168 metre yol tasarrufu sağlar. Vardiya başına 7 tur ve günlük 21 turda 3528 metre tasarruf sağlanır.

Forklift gücü 33 kW/2450 rpm olan ve silindir hacminin mesafeye oranı 2,659L olan klasik dizel 1,8t forklif için bu mesafe günlük 0,92 litre ve aylık 27,60 olacak şekilde aylık 179,95 lira kazanç sağlar. Tablo 7.2’de yakıt tasarrufu açısından değişim görülmektedir.

Tablo 7.2. Yakıt tasarrufu açısından değişim

Ürün	E-Kanban Sistemi			
	Tasaruf Edilen Yol (Günlük)	Günlük Kazanılan Yakıt (litre)	Aylık Kazanım	Maliyet Tasarrufu(6,52 Tl/L)
1493108X-D	2058 metre	0,53	15,9	103,668
TR1296149X-C	1470 metre	0,38	11,4	74,328
Toplam	3528 metre	0,92	27,6	179,952

İş yeri çalışma düzeni açısından bakıldığında, eski klasik Kanban sisteminde forklift personellerine ek olarak paletle taşıma sağlandığından, üretim operatörü de hücre içi ek yerleştirmeler yapmaktaydı. Bu yerleştirmeler üretim operatörüne TR1296149X-C bitmiş ürünü için günlük 35 dakika ve 1493108X-D için ise 49 dakika olarak direkt olmayan çalışma zamanı harcatmaktaydı.

Yeni E-Kanban sisteminde bu çalışma zamanı tamamen ortadan kaldırılarak, üretim operatörleri için bu üretim harici geçen zamanlar, egzoz yapımı için harcanmaya başlanmıştır. İş tanımlarına uygun hareket eden üretim operatörlerinin yerine malzeme yerleştirme işini küçük tren operatörleri yapmaya başlamıştır.

Stok transferlerinin IN10 depodan PR10 deposuna KKPS sistemi içerisinde yapılması da mazleme planlamacı tarafından yapılmaktaydı. Bu transfer günlük olarak iki bitmiş ürün için 25 dakika malzeme planlamacıya ek iş oluşturmaktaydı ve durmadan üretim kontrolünün manuel takibini gerektirmekteydi.

E-Kanban sistemi ile bu işlem sistem tarafından otomatik yapıldığından bu işlem ortadan kaldırılmış ve aylık olarak 10,83 saat zaman tasarrufu sağlanmıştır. Tablo 7.3’te iş yeri çalışma düzeni açısından değişim görülmektedir.

Tablo 7.3. İş yeri çalışma düzeni açısından değişim

Ürün	Geçmiş Sistem		E-Kanban Sistemi	
	Katma Değer Olmayan Çalışma Zamanı	Yapılan İş, İş Tanımına Uygun Mu?	Katma Değer Olmayan Çalışma Zamanı	Yapılan İş, İş Tanımına Uygun Mu?
1493108X-D	49 dk	Hayır	0 dk	Evet
TR1296149X-C	35 dk	Hayır	0 dk	Evet
Stok Transferi	25 dk	Evet	0 dk	Evet
Toplam	109 dk	Hayır	0 dk	Evet

DİV açısından, önceki klasik Kanban sisteminde, bir vardiya için bir işçi çalıştığı göz önüne alınarak kayıp zamanlar bir vardiyada, ön egzoz olan ve TR1296149X-C yapan bir robot çalışanı için, her malzeme yenileme 1.6 dakika olarak alındığında, günlük 35 dakika olmaktadır. Bunun yanında, üretim zamanı ise malzeme başına 77 sn olmaktadır. Diğer egzoz olan 1493108X-D için ise her malzeme yenileme 2,3 dakika sürdüğünden 49 dakika olmaktadır. E-Kanban ile kayıp zamanın geri kazanılması, DİV oranlarını artırmıştır. DİV, vardiyada 350 adet üretilen ön egzoz TR1296149X-C için, Denklem (7.1) ve Denklem (7.2)'de görüldüğü gibi öncesinde %66,72 olan DLE, %67,51'e çıkmıştır. Kayıp olan vardiya başı 11,6 dakika, tanesi 75,21 sn'den 9 egzoz üretimi kazancı sağlamıştır. Vardiyada 300 adet üretilen 1493108X-D için ise, Denklem (7.3) ve Denklem (7.4)'de görüldüğü gibi öncesinde %66,66 olan DİV, %67,88'e çıkmıştır. Vardiya başı 16,3 dakika, tanesi 86,7 sn'den 11 egzoz üretimi kazancı sağlamıştır. Böylelikle, üretim yapılan iki robot göz önüne alındığında, kayıpların azaltılması ile birlikte DİV oranlarında artış gerçekleştiği görülmüştür. Tablo 7.3'te direkt işçi verimliliği açısından değişim görülmektedir.

$$DİV1 (TR1296149X) = 1 - \frac{77 \times 1050}{3 \times 3 \times 7,5 \times 3600} = \%66,72 \quad (7.1)$$

$$DİV2 (TR1296149X) = 1 - \frac{75,21 \times 1059}{3 \times 3 \times 7,5 \times 3600} = \%67,51 \quad (7.2)$$

$$DİV1 (1493108X) = 1 - \frac{90 \times 900}{3 \times 3 \times 7,5 \times 3600} = \%66,66 \quad (7.3)$$

$$DİV2 (1493108X) = 1 - \frac{86,7 \times 911}{3 \times 3 \times 7,5 \times 3600} = \%67,88 \quad (7.4)$$

Tablo 7.4. Direkt işçi verimliliği açısından değişim

Ürün	Geçmiş Sistem				E-Kanban Sistemi			
	Malzeme Yenileme Zamanı	Günlük Üretim Sayısı (Adet)	Üretim Süresi	DİV	Malzeme Yenileme Zamanı	Günlük Üretim Sayısı (Adet)	Üretim Süresi	DİV
1493108X-D	49 dk	1050	90 s	66,72%	0 dk	1059	86,7 s	66,66%
TR1296149X-C	35 dk	900	77 s	67,51%	0 dk	911	75,2 s	67,88%
Toplam	84 dk	1950	167 s		0 dk	1970	161,9 s	

İş ergonomisi açısından bakıldığında, eski Kanban sisteminde üretim operatörleri vardiya başına TR1296149X-C için 696 saniye yerleştirmeye vakit harcamaktaydılar. Bu yerleştirme esnasında yerleştirilen malzemeler sırasıyla civata, askı ayakları, çıkış ve giriş borusu ve susturucular idi.

Civata hariç, kutu başına 50 adet olan bu malzemelerin sırasıyla kutu başına ağırlıkları ise, civata için 2,4 kg, askı ayakları için 4,4'ar kg, giriş ve çıkış boruları için 5,6'şar kg ve susturucu için 9,7 kg olmaktadır.

İşlem zamanı olan 696 saniye yani 11,6 dakika boyunca forklift paletinden eğilip kalkma hareketi ile sırasıyla bu ağırlıkları üretim operatörü kaldırmaktaydı ve üretim hüccresine yerleştirmekteydi.

E-Kanban sistemi ile bu yerleştirme işlemi ortadan kaldırılmıştır ve küçük tren operatörünün de bu ağırlıkları kaldırmasının önüne geçilerek, üretim hüccresine raylı besleme sistemi konularak beslemelerin raylı sistemden yapılması sağlanmıştır.

Aynı şekilde 1493108X-D için de 2,4 kg civata, 6'şar kg braketler, 2,2 kg askı ayağı, giriş ve çıkış boruları için 5,6'şar kg, ve susturucu 9,4 kg'dir. Tablo 7.5'te iş ergonomisi açısından değişim görülmektedir.

Tablo 7.5. İş ergonomisi açısından değişim

Ürün	Geçmiş Sistem			E-Kanban Sistemi		
	Yerleştirme Zaman	Taşınan Toplam Ağırlık	Palet / Rafli Sistem	Yerleştirme Zaman	Taşınan Toplam Ağırlık	Palet / Rafli Sistem
1493108X-D	826 s	34,22 kg	Palet	0 s	0 kg	Rafli Sistem
TR1296149X-C	696 s	31,5 kg	Palet	0 s	0 kg	Rafli Sistem
Toplam	1522 s	65,72 kg	Palet	0 s	0 kg	Rafli Sistem

Alan kazanımı açısından bakıldığında, üretim hücreleri için öncesinde forklift paleti ile gelen malzemeler palet ve kutuların yerleşim yeri kadar alan kaplamaktaydı. Bu alan palet için 1,2 m² ve TR1296149X-C bitmiş ürününün ham maddeleri için 0,32 m²(40x80 cm²) , toplamda ise 1,52 m² alan üretim hücresinde kullanılmaktaydı. E-Kanban sistemi ile kurulan yeni hat besleme rafı, her hücre için 0,6 m² (60x100 cm²) alan kaplamıştır. Böylelikle hücre içerisinde 0,92 m² bir boş alan oluşturularak üretim operatörünün daha rahat çalışması sağlanmıştır. 1493108X-D için de toplam alan kullanımı 1,68 m² ‘den 0,6 m²’ye düşmüştür. Böylelikle toplam alan kazancı 2 m² olmuştur. Tablo 7.6’da alan kazanımı açısından değişim görülmektedir.

Tablo 7.6. Alan Kazanımı Açısından Değişim

Ürün	Geçmiş Sistem		E-Kanban Sistemi	
	Hücre içi Kullanılan Alan	Palet / Rafli Sistem	Hücre içi Kullanılan Alan	Palet / Rafli Sistem
1493108X-D	1,68 m ²	Palet	0.6 m ²	Rafli Sistem
TR1296149X-C	1,52 m ²	Palet	0.6 m ²	Rafli Sistem
Toplam	3,2 m ²	Palet	1,2 m ²	Rafli Sistem

E-Kanban sisteminin kurulumu belirli bir miktar maliyet oluşturmuştur. Bu maliyet ilk kurulum maliyeti 210,4 k€ olarak bulunmuştur. Bu maliyet içerisinde iki makine için raf 3,4 k€ alınarak hesaplanmıştır. Bunun yanında asgari ücret ile çalışan küçük tren operatörlerinin işe alınması ve çalıştırılması bu maliyetin üstüne eklenebilir.

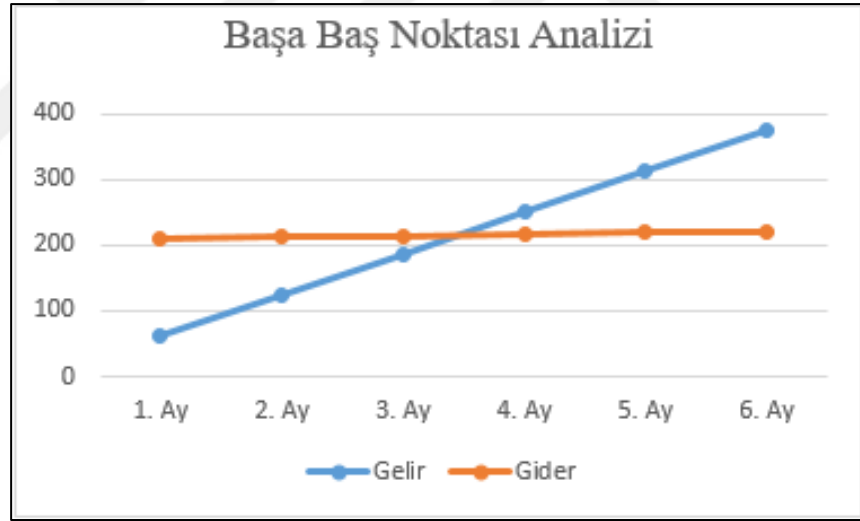
Bu değer aylık 2 k€ olarak belirlenmiştir. Kazanılan zaman ile gelen üretim miktarı ise vardiya başına TR1296149X-C için 9 adet olmaktadır.

Bir günlük 27 egzoz demektir ve tasarruf algoritması çalıştırılan egzozun değeri, 39 € olarak alındığında, aylık olarak 31,5 k€ kazanç sağlanır.

1493108X-D için ise, vardiya başına üretim kazancı 11 olmaktadır ve günlük 33 egzoz fazladan yapmayı sağlar. Egzozun fiyatı 31,25 € olarak alındığında aylık olarak 30,9 k€ kazanç sağlar. Başa baş noktası analiz tablosu da Tablo 7.7’de gösterilmiştir.

Tablo 7.7. Maliyet Analizi

	1. Ay (k€)	2. Ay (k€)	3. Ay (k€)	4. Ay (k€)	5. Ay (k€)	6. Ay (k€)	7. Ay (k€)	8. Ay (k€)
Gider	-210,4	-2	-2	-2	-2	-2	-2	-2
Gelir	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4



Şekil 6.29. Başa baş noktası grafiği

Şekil 6.29’da geçmiş sistem ve E-Kanban sistemi arasındaki maliyetler açısından değişim başa baş noktası analizi grafiği ile görülmektedir. Mavi ile gösterilen çizgi E-Kanban sisteminin sağladığı artan gelir ve turuncu ile gösterilen ise başta ilk kurulum maliyeti ve sonrasında insan kaynağı ve ek giderleri kapsayan gider çizgisidir. Amorti süresi grafikten de 3,4 ay olarak görülmektedir.

Tablo 7.8. Maliyet Analizi Açısından Değişim

Ürün	Geçmiş Sistem			E-Kanban Sistemi		
	Günlük Üretim Miktarı	Birim Fiyat	Aylık Kazanç	Günlük Üretim Miktarı	Birim Fiyat	Aylık Kazanç
1493108X-D	900 adet	31 €	27.900 €	911 adet	31 €	28.241 €
TR1296149X-C	1050 adet	39 €	40.950 €	1059 adet	39 €	41.301 €
Toplam	1950 adet		68.850 €	1970 adet		69.542 €

Üretim ve stok kontrolü açısından bakıldığında, eski klasik Kanban sisteminde, gelen parçaların tutulduğu IN10 deposundan üretim alanına geçişte KKPS’de herhangi bir değişim olmamaktaydı. Bu nedenle planlama mühendisleri üretim yapılan referansları baz alarak sistemden ham madde siparişlerini kontrol etmekteydiler. Yeni kurulan E-Kanban sistemi ile, üretimleri yapılan ham maddelerin stok transferinin KKPS sistemine 10-30 saniye fark sistem işleme farkı ile yansması sağlanmıştır. IN10 olarak adlandırılan malzeme giriş deposundan, üretim yapılacak olan PR10 deposuna olan malzeme transferlerinin direkt E-Kanban sistemi ile sisteme işlenmesi böylelikle sağlanarak hem stok kontrolü ile planlama mühendisine anlık bilgi sağlanmış hem de üretimin kontrollü olarak takip edilip, fazla üretim israfından kaçınılmıştır.

Etiket kontrolü açısından bakıldığında, eski klasik Kanban sisteminde, kanban kartlarında yapılan küçük bir yanlış veya yerinde olmayan bir kanban kartı üretimde ham madde başına ortalama 3-5 dakikalık aksaklıklara neden olabilmekteydi. Bu aksaklıklar sırasında lojistikten sorumlu işçi hatta beslenecek doğru malzemeyi bulmaya çalışmaktaydı. Teknik resmini bilmediği malzemeler için ise proje mühendisine başvurup, ortalama 10-15 dakika harcayarak doğru malzemeyi hatta beslemeye çalışıyordu. Bu zaman kaybı da üretim için ciddi aksaklıklara neden oluyordu. Fabrika için bu nedenden dolayı duruş süresi 2019 yılı için en fazla 1,5 saat olarak kayıtlara geçilmiştir. Bunun yanında, kutusu içerisinde olmadığı veya kutusunun kanban kartının mevcut olmadığı bir malzeme hatta beslenmeyeceğinden ve bundan daha önemli olacak şekilde malzeme planlamacıya malzemenin bittiği veya az kaldığı bilgisi gitmeyeceğinden hat duruş tehlikesi yaşayabilmekteydi. Yeni E-Kanban sistemi ile öncelikle, E-Kanban etiketi olmayan bir kutu bulunmayacağından

dolayı lojistik işçisinin malzeme arama problemi ortadan kaldırılmıştır. Boş olan malzeme kutuları tren operatörleri tarafından 30 dakikada bir kez kontrol edildiğinden ve direkt olarak tarayıcı tarafından tarama işlemi yapıldığı anda sistemden depo transferi yapılarak yeni kutuların üzerine yapıştırılmak üzere etiketler zebra yazıcılardan çıktığından dolayı, malzeme planlamacı için ve hat için bir duruş tehlikesi veya malzeme siparişi hatasının oluşmasının önüne geçilmiştir.

Küçük tren yol atamaları açısından bakıldığında, ham maddeleri ve ham madde koordinatları bilinen iki bitmiş ürün olan TR1296149X-C ve 1493108X-D için sırasıyla hem tasarruf hem de süpürme algortimaları çalışılmıştır. İlk ürün olan TR1296149X-C için tasarruf algoritması, 52,5 metre ile daha az yol bularak seçilmiştir. Süpürme algoritmasının bu sonucu vermesinde asıl neden klasik olarak 0° açı ile taramaya başlamasıdır. İkinci ürün olan 1493108X-D için ise 14 metre fark ile yine tasarruf algoritması daha iyi bir sonuç vererek küçük tren için oluşturduğu rota seçilmiştir. Bu kazanç farkları Tablo 7.9'da verilmiştir.

Tablo 7.9. Algoritmalar Arası Kazanç Farkları Tablosu

Ürün	Tasarruf Algoritması			Süpürme Algoritması		
	Toplam gidilen mesafe (1 Küçük tren Çevrimi)	Çevrimin Zaman Tasarrufu	Tasarruf Oranı	Toplam gidilen mesafe (1 Küçük tren Çevrimi)	Çevrimin Zaman Tasarrufu	Tasarruf Oranı
1493108X-D	157,5 metre	19,6 s	38,35%	171,5 metre	16,8 s	32,87%
TR1296149X-C	129,5 metre	14 s	35,08%	182 metre	3,5 s	8,77%
Toplam	287 metre	33,6 s		353,5 metre	20,3 s	

Bu tez çalışması, sistemin manuellikten çıkarılmasına ışık tutmuştur. Tez çalışmasında belirtilen kodlar ve ekranlar kullanılarak sırasıyla tüm kurulumlar tamamlanmıştır ve dijitalleşmenin üretim kontrol ayağı olan E-Kanban sistemi fabrika bünyesinde kurulmuştur. E-Kanban ile yalnızca özel bir yazılım tabanlı KKPS vasıtasıyla ve tarayıcılar vasıtasıyla cüzi bir miktar yatırım yapılarak, üretim sistemi insan hatalarından daha az etkilenen bir hale getirilmiştir. Bu sistem yalın üretimin öğrettiği gibi stok takibi ve üretim kontrolünü yapmakla beraber çok kısa sürelerde kanban etiketlerinin basımını sağlamakta ve manuel sistemde olan kartın yere düşmesi veya kaybolması gibi riskleri beraberinde getirmemektedir.

Tüm firmalar için uygulanabilecek olan bu sistem, yalın üretimin Endüstri 4.0 ile buluşma noktası olarak kabul edilebilir.



KAYNAKLAR

- [1] Eymen E., *Tedarik Zinciri Yönetimi*, Kalite Ofisi Yayınları, İstanbul, 2007.
- [2] Nagurney A., Supply Chains and Transportation Networks, *Handbook of Regional Science*, 2014, 787-810.
- [3] Özdemir İ., Tedarik Zinciri Yönetiminin Gelişimi, Süreçleri ve Yararları, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2004, **23**(13).
- [4] Ross D., *Competing through Supply Chain Management: Creating Market-Winning Strategies through Supply Chain Partnerships*, Springer Science & Business Media, 1997.
- [5] Lummus R., Vokurka R., Defining Supply Chain Management: a Historical Perspective and Practical Guidelines, *Industrial Management & Data Systems*, 1999, **99**(1), 11-17.
- [6] Handfield R., Nichols JR, E., *Introduction to Supply Chain Management*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1999.
- [7] Bağcı E., Endüstri 4.0: Yeni Üretim Tarzını Anlamak, *Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 2018, **9**(24), 122-146.
- [8] Krafcık J., Triumph Of The Lean Production System, *MIT Sloan Management Review*, 1988, **30**(1), 41.
- [9] Surendra M., Yousef A., Flexible Kanban System, *International Journal of Operations & Production Management*, 1999, **19**(10), 1065-1093.
- [10] Çapuk K, Türk Otomotiv Yan Sanayinde Tedarik Zinciri Uygulamaları Ve Bir Üretim Kanbanı Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi, İstanbul, 2016.
- [11] Kumar C., Panneerselvam R., Literature review of JIT-KANBAN System. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2007, **32**(3-4), 393-408.
- [12] Şahin Ö., An Adaptive Kanban Control Mechanism Sensitive To Changes In Inventory, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul, 2013.
- [13] Kumar V., JIT Based Quality Management: Concepts and Implications in Indian Context, *International Journal of Engineering Science and Technology*, 2010, **2**(1) 40-50.

- [14] Croxton K.L, The Supply Chain Management Process, *The International Journal of Lojistik Management*, 2001, **12**(2), 13-35.
- [15] Aydın A., Kaya M., Ekonomik Büyüme Perspektifinden: Endüstri 4.0 Yolunda Türkiye'nin Sabit Genişbant İnternet Ağının Geliştirilmesinin Önemi, *Journal of International Social Research*, 2019, **12**(62).
- [16] Banger G., *Endüstri 4.0 ve Akıllı İşletme*, DorlionYayınları, Ankara, 2016.
- [17] Kosif B., Ekmekçi İ., Araç Rotalama Sistemleri ve Tasarruf Algoritması Uygulaması, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2012, **11**(21), 41-51.
- [18] Gavriluță A., Gavriluță A., Analysis of Kanban, Conwip, Base on stock methods influences on the production system performance, *Journal of University of Pitești Department of Manufacturing and Industrial Management*, Romania, 2018, **12**(1).
- [19] Kundu K., Portiolı-Staudacher A., A Study of a Kanban Based Assembly Line Feeding System Through İntegration of Simulation and Particle Swarm Optimization, *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 2019, **10**(3) 421-442.
- [20] Maneva M., Koceska N., Introduction of Kanban Methodology and Its Usage in Software Development, 2016, 52-54.
- [21] Chhatrawat M., Dixit M., Lean Production System: A Review, Development, *International Journal of Education*, 2016, **7**(1).
- [22] Puche J., Ponte J., Pino R., The Effect Of Supply Chain Noise On The Financial Performance Of Kanban And Drum-Buffer-Rope: An Agent-Based Perspective, *Expert Systems with Applications*, 2019, **120**, 87-102.
- [23] Powell D., Kanban for Lean Production in High Mix, Low Volume Environments, *IFAC-PapersOnLine*, 2018, **51**(11) 140-143.
- [24] Lei H., Ozcan P., Jayachandran P., A Statistical Analysis Of The Effects Of Scrum And Kanban On Software Development Projects, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2017, **43**, 59-67.
- [25] Mohamad E., Naquiddin S., Sulaiman M., Salleh M., Development of a Simulation Based Kanban System for Lean Practitioners, *The Proceedings of Design & Systems Conference*, Japan, 2018.
- [26] Mojarro-Magaña M., Impact of the Planning from the Kanban System on the Company's Operating Benefits, *Sustainability*, 2018, **10**(7), 2506.
- [27] Belu N., Ionescu M., Mazăre G., Kanban System Based on Manufacturing Equipment Operation Monitoring, *Materials Science and Engineering*, 2018, **400**(6).

- [28] Paprocka I., Grabowik C., Kalinowski K., The Kanban System for the Assembly Process of the Model of a Forklift, *Materials Science and Engineering*, 2018, **400**(2).
- [29] Gstettner S., Kuhn H., Analysis of Production Control Systems Kanban and CONWIP, *International Journal of Production Research*, 1996, **34**(11), 3253-3273.
- [30] Limpayanak C., Kittithreerapronchai O., Designing Number of Kanban in Glove Box Assembly, *MATEC*, 2018, 192(4).
- [31] Krishnaiyer K., An Adaptable and Scalable Cloud Based Kanban Decision Support System for Operations Engineering, Doctoral dissertation, The University of Texas, San Antonio, 2018.
- [32] Okafor E., Kanban Based Scheduling in a Multistage and Multiproduct System, *Global Journal of Computer Science and Technology*, 2017.
- [33] Awasare, A., Waste Reduction for Assembly Line Layout with Integration of Lean Tool: Kanban, *IARJSET, NCDMETE-2017, AGTI's Dr. Daulatrao Aher College Engineering, Vidyanagar Extension Karad*, 2017.
- [34] Xanthopoulos A., Ioannidis S., Optimal Adaptive Kanban-Type Production Control, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 2018, **97**(5-8), 2887-2905.
- [35] Chethan C., Implementation Of Kanban System To Improve The Production Efficiency In Small Scale Industries, *International Journal of Current Research*, 2012, **4**(5), 139-147.
- [36] Bianchini J., Analysis of Production Planning And Control Based On The Simulation Of A Production Process Using A Hybrid MRP And Kanban Model, *Journal of Lean Systems*, 2018, **3**(1), 66-86.
- [37] Tanhaie F., A Markov Chain Analysis of the Effectiveness of Kanban Card with Dynamic Information, *International Journal of Supply and Operations Management*, 2017, **4**(3), 215-228.
- [38] Sanders A., Industry 4.0 Implies Lean Manufacturing: Research Activities in Industry 4.0 Function as Enablers for Lean Manufacturing, *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, 2016, **9**(3), 811-833.
- [39] Klug F., A Hybrid Push/Pull Design Of Kanban Systems During Production Ramp-Up Phase, *International Journal of Services and Operations Management*, 2016, **24**(3), 397-417.
- [40] Rahman N., Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation, *Procedia Economics and Finance*, 2013, **7**, 174-180.

- [41] Aguilar-Escobar V., Hospital Kanban System Implementation: Evaluating Satisfaction of Nursing Personnel, *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 2015, **21**(3), 101-110.
- [42] Gamberini R., Alternative Refilling Policies for an Assembly Line Managed by Kanbans, *IFAC Proceedings Volumes*, 2013, **46**(9), 1914-1919.
- [43] Lin C., Knowledge Kanban System for Virtual Research and Development, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 2013, **29**(3), 119-134.
- [44] Turner R., Lane J., Goal-Question-Kanban: Applying Lean Concepts To Coordinate Multi-Level Systems Engineering In Large Enterprises, *Procedia Computer Science*, 2013, **16**, 512-521.
- [45] Takahashi K., Nakamura N., Decentralized Reactive Kanban System, *European Journal of Operational Research*, 2002, **139**(2), 262-276.
- [46] Koçak A., Malzeme Yönetiminde MRP ve Kanban Sistemlerinin Bütünleştirilmesi ve Melez Sistem Yapısının Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2007.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] Sarıkaya K., JIT (Just-In-Time) Yaklaşımından JIS (Just-In-Sequence) Yaklaşımına Geçiş Ve JIS'in Otomobil Endüstrisinde Modellenmesi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2019.



ÖZGEÇMİŞ

1995 yılında Rize’de doğdu. 2013 yılı bahar dönemi itibari ile Rize Anadolu Öğretmen Lisesi’ni bitirdi. 2013 yılı güz döneminde Kocaeli Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümüne ve 2015 yılında Çift Anadal Programı kapsamında Kocaeli Üniversitesi Makina Mühendisliği bölümüne başladı. 2015 yılı yaz döneminde Yeşilyurt Demir Çelik Ltd. Şti.’de üretim stajı, 2016 yılı yaz döneminde TÜPRAŞ’da yönetim stajını yaptı. Haziran 2017’de Endüstri Mühendisi ünvanını aldı. Aynı yıl Kocaeli Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans Bölümüne başladı. Haziran 2018’de Makine Mühendisi ünvanını aldı. Kocaeli’de yabancı sermayeli bir fabrikada üretim kontrol ve lojistik mühendisliği yapmaktadır.