



**T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÜRETİM VE DEPO YÖNETİM SİSTEMLERİNDE DİJİTAL
DÖNÜŞÜM VE TALAŞLI İMALAT YAPAN BİR FİRMADA
UYGULAMASI**

BURAK ÇAKIR

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DANIŞMAN
PROF. DR. SÜLEYMAN ERSÖZ**

KIRIKKALE – 2024



**T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÜRETİM VE DEPO YÖNETİM SİSTEMLERİNDE DİJİTAL
DÖNÜŞÜM VE TALAŞLI İMALAT YAPAN BİR FİRMADA
UYGULAMASI**

BURAK ÇAKIR

ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DANIŞMAN
PROF. DR. SÜLEYMAN ERSÖZ**

KIRIKKALE – 2024

KABUL VE ONAY

Burak ÇAKIR tarafından hazırlanan “ÜRETİM VE DEPO YÖNETİM SİSTEMLERİNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE TALAŞLI İMALAT YAPAN BİR FİRMADA UYGULAMASI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Süleyman ERSÖZ
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kırıkkale Üniversitesi

.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Başkan: Prof. Dr. Ahmet Kürşad TÜRKER
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Kırıkkale Üniversitesi

.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Doç. Dr. Battal DOĞAN
Enerji Sistemleri Mühendisliği A.B.D., Gazi Üniversitesi

.....

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 12.02.2024

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Prof. Dr. Recep ÇALIN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYANI

Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Burak ÇAKIR

12.02.2024

ÖZET

ÜRETİM VE DEPO YÖNETİM SİSTEMLERİNDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE TALAŞLI İMALAT YAPAN BİR FİRMADA UYGULAMASI

ÇAKIR, Burak

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Süleyman ERSÖZ

Şubat 2024, 121 Sayfa

Hızla ilerleyen teknolojik gelişmeler, süreç yönetiminde yenilikler ve çalışma koşullarındaki değişimlerin birbirine entegre olduğu sistemsel dönüşüm dijital dönüşüm olarak adlandırılmaktadır. Bu dönüşüm içerisinde nesnelerin interneti, bulut bilişim, yapay zekâ, sanal gerçeklik, barkod ve RFID gibi teknolojilerin kullanımı işletmeler için önem arz eden hale gelmiştir. Değişen pazar şartları ve tüketici talepleri nedeniyle pazara ayak uydurmak, rekabet düzeyini artırmak işletmeler için zorunlu hale gelmiştir.

Bu çalışma kapsamında Sincan Organize Sanayi Bölgesinde traktör şaftı üretimi yapan bir firmada üretim hattını kontrol etmek, üretim aşamalarının takibini gerçekleştirmek, bir sonraki istasyona bekleme süresi olmadan sevkini sağlamak, personel ve makine verimliliğini artırmak, fire miktarlarını azaltmak, duruş sebeplerini analiz ederek kestirimci bakım faaliyetlerini yapmak, depo kontrolünü daha güvenilir ve hızlı yapmak amacıyla bir dijital dönüşüm sistemi tasarlanmıştır. Dijital dönüşüm sisteminin tasarlanmasında çevik yaklaşım kullanılmıştır.

Bu sistem sayesinde olası sorunlara anlık müdahale edebilme, üretimi biten ve depo sahasına gelen ürünleri raflarına yerleştirme ve bilgilerin sistemsel olarak anlık tüm kullanıcılarla paylaşılması sağlanmıştır. Hammaddeler için barkod etiketleri, istasyonlarda ise barkod okuyucu, endüstriyel bilgisayar ve el terminalleri ile operatörlerin iş başlama, iş bitiş, duruş başlama, duruş bitiş, üretilen ve hurdaya ayrılan malzemelere dijital ekranda onay verilebilen bir üretim yönetim sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem ile anlık stok ve üretim takibi gerçekleştirilerek hata oranları azaltılmak amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dijital Dönüşüm, Barkod, Depo Yönetim Sistemi, Üretim Yönetim Sistemi

ABSTRACT

DIGITAL TRANSFORMATION IN PRODUCTION AND WAREHOUSE MANAGEMENT SYSTEMS AND ITS APPLICATION IN A COMPANY THAT PERFORMS MACHINING

ÇAKIR, Burak

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Industrial Engineering, M. Sc. Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Süleyman ERSÖZ

February 2024, 121 Pages

The systemic transformation in which rapidly advancing technological developments, innovations in process management and changes in working conditions are integrated with each other is called digital transformation. Within this transformation, the use of technologies such as the Internet of Things, cloud computing, artificial intelligence, virtual reality, barcode and RFID has become important for businesses. Due to changing market conditions and consumer demands, it has become mandatory for businesses to keep up with the market and increase the level of competition.

Within the scope of this study, a digital transformation system has been designed in a company that produces tractor shafts in Sincan Organized Industry Zone, to control the production line, to follow the production stages, to ensure proceeding to the next station without waiting time, to increase personnel and machine efficiency, to reduce the amount of wastage, to carry out predictive maintenance activities by analyzing the reasons for downtime, to make warehouse control more reliable and faster.

Thanks to this system, it is possible to instantly intervene in possible problems, to place the products that have been produced and arrived at the warehouse area on the shelves, and to share the information systematically with all users.

A production management system has been developed that allows operators to approve job start, job finish, stop start, stop stop, produced and scrapped materials on a digital screen, with barcode labels for raw materials and barcode readers, industrial computers and handheld terminals at the stations. With the developed system, it is aimed to reduce error rates by real-time stock and production tracking.

Key Words: Digital Transformation, Barcode, Warehouse Management System, Production Management System

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanma sürecinde her türlü desteği veren, kendini geliştirmek, araştırmak ve öğrenmek isteyen öğrencilere ışık tutan, bilgilerini gece gündüz demeden sürekli aktarmak isteyen, üzerimde büyük emeği olan tez danışmanı hocam Prof. Dr. Süleyman ERSÖZ'e, çalışmalarım esnasında takıldığım noktalarda destek olan Doç. Dr. Adnan AKTEPE'ye, çalışmalarım esnasında gerekli imkânları sağlayan, eğitim konusuna her zaman yol gösterici, destekçi olan iş adamları Ali Fuat ERDOĞAN ve Tolga Bülent ERDOĞAN'a, beni bu zamana kadar yetiştiren, her şeyden önce iyi bir insan olmam için çabalayan, maddi ve manevi her türlü desteği sağlayan, her zaman yanımda olan ANNEME, BABAMA ve KARDEŞLERİME teşekkürü bir borç bilirim.

Düştüğümde kaldıran, pes ettiğimde destek verip devam etmemi sağlayan, uzun bir aradan sonra tekrar öğrencilik hayatıma dönmem için teşvik eden, buralara kadar gelmemde büyük katkısı olan kıymetli eşim Psikolojik Danışman Havva BAYRAKTAR ÇAKIR'a sevgilerimi ifade ediyorum.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	4
2.1. PLM Çalışmaları	4
2.2. PDM Çalışmaları.....	5
2.3. Barkod Çalışmaları	6
2.4. RFID Çalışmaları	7
3. DİJİTAL DÖNÜŞÜM KAVRAMI ve KAPSAMI	9
3.1. Dijital Teknolojiler.....	9
3.1.1. Nesnelerin İnterneti Teknolojisi ve Siber Fiziksel Sistemler	9
3.1.2. Bulut Bilişim	11
3.1.3. Yapay Zekâ Teknolojisi	13
3.1.4. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi.....	16
3.1.5. Siber Güvenlik Teknolojileri.....	17
3.1.6. Sanal Gerçeklik ve Artırılmış Gerçeklik	19
3.1.6.1. Sanal Gerçeklik.....	19
3.1.6.2. Artırılmış Gerçeklik.....	21
3.1.7. Blokzincir Teknolojisi	22
3.1.8. Dijital Ödeme Sistemleri	24
3.1.9. Dijital İkiz.....	27
3.1.10. Metaverse	28
3.2. İşletmelerde Dijital Dönüşüm ve Alanları	31
3.2.1. Yeni Pazar Şartları.....	31
3.2.2. Yeni İş Modelleri.....	33
3.2.3. Yeni İş Süreçleri.....	33
3.3. Dijital Dönüşümü Tetikleyen Etmenler	34
4. DİJİTAL DÖNÜŞÜM UYGULAMA SÜRECİ	35
4.1. Müşteri İlişkileri Yönetimi (CRM)	35
4.2. Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi (PLM).....	36
4.2.1. Ürün Yaşam Döngüsü Avantajları ve Dezavantajları	38
4.2.2. PLM Yazılımları.....	40
4.3. Ürün Veri Yönetimi (PDM)	40
4.4. Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP)	44
4.5. Üretim Kaynak Planlaması (MRP II).....	47
4.6. Üretim Yönetim Sistemi (MES)	49
4.7. Depo Yönetim Sistemi (WMS).....	50
5. BARKOD TEKNOLOJİLERİ	52
5.1. Barkod	52
5.1.1. Barkod Sembolojisi	53
5.1.2. Barkod Avantaj ve Dezavantajları	54
5.1.3. Barkod Kullanım Alanları	55
5.1.4. Barkod Çeşitleri.....	55
5.1.4.1. Lineer Barkodlar	55

5.1.4.2	2-D Barkodlar	58
5.1.5.	Barkod Okuyucular	60
5.1.5.1.	CCD Barkod Okuyucu.....	61
5.1.5.2.	Lazer Okuyucular	61
5.1.5.3.	El Terminalleri.....	62
5.1.5.4.	Imager Barkod Okuyucular	63
5.1.5.5.	Çok Yönlü Barkod Okuyucu	63
5.1.6.	Barkod Yazıcılar.....	64
5.1.6.1.	Termal Yazıcılar	64
5.1.6.2.	Termal Transfer Yazıcılar.....	65
5.1.7.	Barkod Seçimi	66
5.2.	QR Kod	66
5.3.	RFID.....	67
5.3.1.	RFID Etiketi	69
5.3.2.	RFID Okuyucusu.....	71
5.3.3.	RFID Yazıcısı.....	71
5.3.4.	RFID Anten	72
5.3.5.	RFID Yazılım	72
6.	ÜRETİM ve DEPO TAKİP SİSTEMİNİN TASARLANMASI.....	74
6.1.	Mevcut Sistemin Analizi.....	74
6.2.	Tesis Yerleşimi	77
6.3.	Örnek Ürün Bilgileri	81
6.4.	Üretim ve Depo Takip Sistemi İçin Gerekli Alt Yapının Oluşturulması.....	84
6.4.1.	Tezgâh Kodlaması.....	84
6.4.2.	Operatör Yaka Kartları Oluşturulması	86
6.4.3.	Ürün Ağaçlarının Oluşturulması	86
6.4.4.	İş Akış Şemalarının Oluşturulması.....	87
6.4.5.	Operasyon Sıra Sayfalarının Oluşturulması	88
6.4.6.	İş Emirlerinin Oluşturulması	89
6.4.7.	Depo Raf Etiketleri.....	90
6.4.8.	Kasa Kartları.....	93
6.4.9.	Depo Kartları.....	93
6.5.	Bilgi Gereksinimlerini Belirleme Yöntemleri.....	94
6.6.	Yazılım Seçimi.....	96
6.7.	Donanım İhtiyaçlarının Belirlenmesi.....	96
6.8.	Sistemin Üretimde ve Depoda İşleyişi.....	97
7.	TASARLANAN SİSTEMİN UYGULANMASI	108
7.1.	Sistemin Gerçekleştirilmesi ve Değerlendirilmesi.....	108
7.1.1.	Sistemin Gerçekleştirilmesi.....	108
7.1.2.	Sistemin Değerlendirilmesi	109
7.2.	Kullanıcı Eğitimleri.....	109
7.3.	Barkod Uygulamasında Karşılaşılan Problemler	111
8.	SONUÇ ve DEĞERLENDİRME	112
	KAYNAKÇA	114
	ÖZGEÇMİŞ.....	121

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

3.1. Metaverse Kronolojisi	30
5.1. Barkod Yazıcı Teknolojileri Karşılaştırması	66
5.2. RFID Etiket Karşılaştırması	70
6.1. Tezgâh Grup Kodlaması	84
6.2. Tezgâh Operasyon Kodları	84
6.3. Tezgâh Kodlama Örneği.....	85
6.4. Depo Kodları	92
6.5. Kullanılan Bilgi Gereksinimi Belirleme Yöntemleri.....	95
6.6. Donanım İhtiyaçları	96
6.7. İş Emri Onay Raporu	104



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Nesnelerin İnternetinin 2025 Yılında Sektörel Dağılımı	10
3.2. Siber Fiziksel Sistemler	11
3.3. Bulut Bilişim	12
3.4. Yapay Zekanın Kronolojik Tarihi	14
3.5. Turing Testi	14
3.6. Üretimde Yapay Zekâ	16
3.7. Charless Hull ve İlk 3B Yazıcı Teknolojisi	17
3.8. Siber Saldırıları – Şubat 2023	18
3.9. Siber Saldırı Vektörleri – Şubat 2023	19
3.10. Sutherland Sketchpad	20
3.11. Sensorama	20
3.12. Karma Gerçeklik	21
3.13. Gerçeklik	22
3.14. Blokzincir Temsili Gösterimi	23
3.15. Metaverse	29
3.16. Metaverse Ekosistem ve Teknoloji İlişkisi	29
3.17. Dijital 2023 – Temel Başlıklar	33
4.1. PLM	37
4.2. Ürün Maliyet Grafiği	38
4.3. PLM’de Bütünleşik Yaklaşım	39
4.4. PDM-PLM İlişkisi	41
4.5. MRP Sistemi	47
4.6. Depo Yönetim Sistemi	51
5.1. Barkod Örneği	52
5.2. Barkod Özellikleri	53
5.3. Barkod Sisteminin Yapısı	53
5.4. Barkod Örnek Görüntü	55
5.5. EAN Barkod Örneği	56
5.6. UPC Barkod Örneği	56
5.7. ITF Barkod Örneği	57
5.8. Code 39 Barkod Örneği	57
5.9. Code 128 Barkod Örneği	57
5.10. CODABAR Barkod Örneği	58
5.11. QR Code Örneği	58
5.12. Datamatrix Örneği	59
5.13. PDF417 Örneği	59
5.14. Aztec Örneği	60
5.15. Barkod Okuyucu Çalışma Mantığı	60
5.16. CCD Barkod Okuyucu	61
5.17. Lazer Okuyucu	62
5.18. El Terminali	63
5.19. Imager Barkod Okuyucu	63
5.20. Çok Yönlü Barkod Okuyucu	64
5.21. Termal Yazıcı	65
5.22. Termal Transfer Yazıcı	65

5.23. RFID Sistemi Çalışma Prensibi	68
5.24. RFID Etiket	69
5.25. RFID Okuyucu	71
5.26. RFID Yazıcı	72
5.27. RFID Sistemi Adımları	72
5.28. RFID Çalışma Şeması	73
6.1. Yerleşim Planı – 1	79
6.2. Yerleşim Planı – 2	80
6.3. Aks Grubu	81
6.4. Spagetti Diyagramı	83
6.5. Tezgâh Barkodu	86
6.6. Personel Yaka Kartı	86
6.7. Ürün Ağacı Örneği	87
6.8. İş Akış Şeması	88
6.9. Operasyon Sıra Sayfası	89
6.10. İş Emri	90
6.11. Mamul Deposu Yerleşimi	91
6.12. Raf Etiketleri	92
6.13. Kasa Kartı	93
6.14. Depo Kartı	94
6.15. Bilgi Gereksinimi Belirleme Yöntemleri	94
6.16. Donanım Kurulum Yerleri	97
6.17. Depo Transfer Ekranı	98
6.18. İş Emri Giriş Ekranı	99
6.19. İş Emri Onay Ekranı - 1	100
6.20. İş Emri Onay Ekranı - 2	100
6.21. İş Emri Onay Ekranı - 3	101
6.22. İş Emri Onay Ekranı - 4	101
6.23. İş Emri Onay Ekranı – 5	102
6.24. Fire Nedenleri – Canias Görüntüsü	102
6.25. İş Emri Onay Ekranı – 6	103
6.26. Duruş Nedenleri – Canias Görüntüsü	103
6.27. Canlı Üretim İzleme	104
6.28. Operatör Verimliliği	105
6.29. Tezgâh Verimliliği	105
6.30. Toplam Ekipman Etkinliği (OEE)	106
6.31. Sistem Tasarımı Sonrası İş Akış Şeması	107

1. GİRİŞ

Endüstri 4.0 çağında teknoloji ve internetin gelişmesiyle işletmelerin pazardaki paylarını kaybetmemeleri, rekabet gücünü artırmaları için çağa ayak uydurmaları gerekmektedir. İşletmelerin bu rekabet ortamında geride kalmamak için kaliteli ürünü/hizmeti ortalama fiyat aralığıyla müşterilerine sunması gerekecektir. Maliyeti düşürmek rekabet halinde olunan pazardaki rakiplerin önüne geçebilmek için en büyük kozlardan biridir.

Üretim ve depo takip sistemlerinin varlığı; işletmelerin verimini ve kontrol mekanizmasını artırmak, üretimleri planlı ve kolay bir şekilde gerçekleştirmek için oldukça fazla öneme sahiptir. Bu sistemlerin varlığıyla daha sağlıklı verilere sahip olunur ve kaynaklar daha verimli kullanılır bu sayede rekabet halindeki firmaların önüne geçmek için kullanımı önem arz etmektedir. Bu amaç doğrultusunda işletmeler ERP yazılımlarını ve bu yazılımlara entegre olabilen Barkod ve RFID takip sistemini kullanmaktadırlar.

Doğru kararları hızlı bir şekilde alabilmek için doğru bilgiye anlık olarak ulaşmak gerekmektedir. Rekabet gücünü artırmak, maliyetleri azaltmak ve tüm sistemi görerek alınacak kararların ve yatırımların sağlam temellere dayandırılması için bilgi sistemlerinin kullanılması gerekmektedir. Bilgi en büyük güçtür.

Bilgi sistemleri işletmelerde sorunların çözümleri için etkili bir yöntemdir. Problemleri doğru tespit etmek, amaçları ortaya doğru bir şekilde koymak, tasarımı eksiksiz yapmak çözüme ulaşmak için oldukça önemlidir. Hepsinden önemlisi ise bu tasarımın işletmelerle olan uyumudur. Mükemmel bir sistem tasarımı olabilir ancak uygulama yapılacak işletme bu sistemi kullanmaya uygun yapıda değilse yarardan çok zarar verebilir (Ersöz ve Ersöz, 2015).

Barkodla üretim ve depo yönetim sistemine ihtiyaç duyulmasını sebebi, işletmeler içerisindeki malzeme takibinde yaşanan zorluklar, anlık bilgi akışının sağlanabilmesi, tezgâh ve operatör verimliliğinin artırılması, üretim maliyetlerinin azaltılması, fire

miktarlarının azaltılması, stok bilgilerinin doğru ve anlık tüm kullanıcılarla paylaşılma istenmesidir.

Bu amaçlar doğrultusunda bu çalışma 8 bölümden oluşmaktadır.

Çalışmanın 1. bölümü giriş bölümü olup çalışma amaçları anlatılmıştır ve pazarda rekabet edebilmek için bilgi sistemlerine ihtiyaç olduğu, bu bağlamda üretim ve deponun yönetim sisteminin olması gerektiği vurgulanmıştır.

Çalışmanın 2. Bölümünde literatür taraması yapılmıştır. Bu kapsamda Ürün Yaşam Döngüsü (PLM), Ürün Veri Yönetimi (PDM), Barkod ve RFID çalışmaları incelenmiştir.

Çalışmanın 3. bölümünde dijital dönüşüm kavramı incelenmiş olup 3 kısma ayrılmıştır. Birinci kısımda dijital teknolojiler ayrıntılı şekilde ele alınmıştır. Çağımızın teknolojileri nesnelerin interneti, bulut bilişim, yapay zekâ, üç boyutlu yazıcı, siber güvenlik gibi teknolojilerin ne olduğu, tarihsel gelişimleri ve kullanım alanları anlatılmıştır. İkinci kısımda yeni pazar şartları, bu pazara bağlı olarak işletmelerin yeni iş modelleri ve süreçleri anlatılmış uygulama yapılan firmadan örnek verilmiştir. Son kısımda ise Dijital dönüşüme neden ihtiyaç duyulduğu anlatılmıştır.

Çalışmanın 4. bölümünde dijital dönüşüm uygulama süreçleri anlatılmıştır. Uygulamak için müşteri ilişkileri yönetimi, ürün yaşam döngüsü, ürün veri yönetimi, malzeme ihtiyaç planlaması, üretim yönetim sistemleri ve depo yönetim sistemi kavramları anlatılmıştır. Bir ürünün hayalinden ömrünün bitmesine kadar geçen sürenin yönetilmesi için bu kavramların iyi anlaşılması gerekmektedir.

Çalışmanın 5. bölümünde barkod teknolojileri anlatılmıştır. Bunun için barkod, QR kod ve RFID tanımları, alt bileşenlerinin neler olduğu, çeşitleri, kullanım alanlarına değinilmiştir. Barkod sisteminin kurulması için nelere ihtiyaç duyulacak, hangi hususlara dikkat edilmesi gerekiyor, seçimin nasıl yapılacağına dair bilgiler verilmiştir.

Çalışmanın 6. bölümünde üretim ve depo yönetim sistemi tasarlanmıştır. Bu tasarım Sincan Organize Sanayi Bölgesinde bulunan ve traktör şaftı üretimi yapan firma yapısı dikkate alınarak yapılmıştır. Tasarım kapsamında öncelikle mevcut sistem analizi yapılmış ve bu sisteme neden ihtiyaç duyulduğu, amaçları belirlenmiştir. Tesis yerleşimi incelenmiş ve firma içerisinde hareketliliği yüksek olan bir ürün belirlenmiştir. Ürün ağacı, iş akış şeması, operasyon sıra sayfaları, iş emirleri, kasa

kartları, depo kartları tasarlanmıştır. Tezgâh kodlaması, operatör yaka kartları, depo raf etiketleri tasarımı yapılmıştır. Yazılım ve donanım ihtiyaçlarını belirlendikten sonra siparişin alınıp depoya teslim edilmesine kadar geçen sürede sistemin akışı tasarlanan ekranların görselleriyle beraber her yapılacak işlem ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

Çalışmanın 7. Bölümünde tasarlanan üretim ve depo yönetim sisteminin gerçekleştirilme ve uygulama aşamaları anlatılmıştır. Sistemin gerçekleştirilmesi ve değerlendirilmesi, kullanıcı eğitimleri ve karşılaşılan problemlere değinilmiştir.

Çalışmanın 8. Bölümü sonuç ve değerlendirme bölümüdür. Bu bölüme üretim ve depo yönetim sistemi tasarımında beklentiler ve sonuçlar yer almaktadır.



2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. PLM Çalışmaları

Stark (2007) çalışmasında, ABB, Alcatel-Lucent, Dow Corning ve Siemens gibi şirketlerin yöneticileri ile yapılan röportajlara dayanan küresel ürün yeni ortamı, itici güçleri ve bunların sonucunda ortaya çıkan fırsatları ve zorlukları ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmayla başarılı stratejiler ve uygulamalar için temel kurallar oluşturmuştur. Bunlar dışında Ürün Yaşam Döngüsü (PLM) yönetiminin hedefleri ve bileşenleri vurgulanmıştır.

Stark (2016) çalışmasında, PLM ve onun temel unsurlarına genel girişin ötesinde konuların derinlemesine analizini yapar. PLM'in ortaya çıkışı ve sunduğu fırsatlar hakkında bilgi sağlayan PLM ızgarası ve PLM paradigması gibi temel kavramlar, PLM'in ana bileşenleri, özellikleri, sorunlarıyla ilgili yaklaşımları anlatılmaktadır. Çalışma PLM'in aşamalarının ana hatlarını da içeren şirketlerin PLM'i başarılı bir şekilde uygulamasına ve kullanmasına yardımcı olacak talimatlara yer vermektedir.

Eigner ve Stelzer (2009) çalışması, PLM'e yönelik yeni stratejiler, tedarik zinciri süreci, ürün portföyü arasındaki iç ve dış ilişkileri desteklemek amaçlı konular içermektedir.

Sakallı (2020) çalışmasında, firmalarda Ürün Yaşam Döngüsü süreçlerinin devreye alınma aşamalarını anlatmıştır ve PLM ile iyileştirilen süreç örneklerini vermiştir. PLM süreçlerinin firmalara ortalama maliyetlerini hesaplamıştır.

Güler (2020) çalışmasında, gemi inşa projelerinde verimliliği artırmak için PLM yazılım seçimi için AHS yöntemini kullanmıştır. Aynı zamanda Endüstri 4.0 ve gemi inşasının birbirleriyle olan ilişkisinden bahsetmiştir.

Kepçeoğlu (2021) çalışmasında, savunma sanayi sektöründe çalışan bir firmada PLM yazılım seçimi yapmak için bütünleşik ANP-TOPSIS yöntemi uygulamıştır. Bu seçim için 4 ana kriter ve 19 alt kriter belirleyip yönetici grubuna anket uygulamıştır.

Özgentürk (2021) çalışmasında, otomotiv sektöründe ihtiyaçların oluşmasından servis sağlanmasına kadar uçtan uca PLM yönetim sürecini incelemiştir. Tasarım, değişiklik, varyant, proje yönetimi, ürün ağaçları gibi alt bileşenlerin birbirleriyle olan ilişkilerini incelenmiştir. Uygulama sonrası süreçler arası darboğazların nasıl önlenebileceği yönünde çıkarımlarda bulunmuştur. Veri bütünlüğünün ve takip edilebilirliğinin sağlanması sonucunda kalıcı ve kârlı sonuçlar getireceği tespiti yapılmıştır.

Zenginoğlu (2022) çalışmasında, otomotiv sektöründeki firmalar göz önünde bulundurularak Kurumsal Kaynak Planlaması ve Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi yazılımları entegrasyonunu ele almıştır. Bu entegrasyon sırasında oluşan sorunlara çözüm önerileri sunulmuştur.

Işıl Elmalı (2022) çalışmasında, PLM sistemlerinin devreye alınması ve işlenmesi sırasında karşılaşılan süreç uyumsuzluklarına çözüm yöntemleri olan konfigürasyon ve özelleştirme çalışmalarını incelemiştir. Otomotiv sektöründe kullanılan örnekleri ile ihtiyaç, geliştirme örnekleri ve riskleri minimize etmek için önerilerde bulunmuştur.

Akkulak (2022) çalışmasında, itfaiye araçlarının tasarımı sürecinde oluşan aksaklıklara, hataların azaltılmasına ve maliyetlerin düşürülmesine yönelik firmaya uygun PLM süreçlerinin nasıl geliştirildiğinden bahsetmiştir.

2.2. PDM Çalışmaları

Kovacs, Le Goff ve McClatchey (1998) çalışmasında, PDM ve iş akışı yönetim sistemlerinin entegrasyonunu araştırmışlardır ve ürün yaşam döngüsü boyunca ürün verilerinin desteklenmesine yönelik bir felsefe önermişlerdir.

Mesihovic ve Malmqvist (2000) çalışmasında, proje çalışmalarını desteklemek için ürün veri yönetimi ve proje yönetim bilgisi sistemlerinin nasıl kullanılması gerektiğini analiz etmiştir. Yaşam döngüsü, iş akışı ve organizasyon modelleme işlevselliklerinden ve ortak ürün veri yönetimlerinden yararlanarak projeyi yürütmek için PDM sistemlerinin kullanılması gerektiği, üst düzey proje planlama, görselleştirme, muhasebe ve raporlama faaliyetleri için ise PMI sistemlerinin kullanılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Kumar ve Midha (2001) çalışmasında, bir şirketin mevcut durumunu PDM uygulamasına göre değerlendirmek için kalite fonksiyon tabanlı bir metodoloji

önermektedir. PDM sisteminin firmalara sayısız faydaları olsa da firmaya uygun sistemin kurulması gerektiğini aksi taktirde zorluk yaşanacağını vurgulanmıştır.

Peltokoski, Lontander ve Varis (2012) çalışmasında, PLM ile PDM kavramlarının karıştırıldığını ifade etmiş ve son 10 yıldaki kullanımlarını incelemiştir. PLM ve PDM arasındaki farkları ve çalışma hayatındaki deneyimlerini paylaşmıştır. PLM yazılımlarının PDM yazılım sistemine bağlı olduğunu, sistemin tasarım ve imalat süreçlerinde oluşan bilgileri işleyerek kaydedilmesini, değiştirilebilmesini ve anlık tüm kullanıcılarla paylaşılmasını sağladığını dile getirmiştir. PDM için günümüz endüstrileri için en önemli yazılımlarından biri olduğunu vurgulamıştır.

Özden (2016) çalışmasında, PDM ve PLM uygulamalarının Türkiye’de endüstriyel mal ve hizmet üretimlerindeki faydalarından bahsetmiştir. PDM’in ürünler ile ilgili olarak en küçük detaya kadar verileri depolayan ve iş akışları kontrol eden bir yazılım olduğunu anlatmış, bu uygulamaların şirketlere sağladığı faydalardan bahsetmiştir. PDM’in daha çok konstrüksiyon ve tasarım faaliyetleri yoğun olan şirketler için önerildiğini dile getirmiştir.

2.3. Barkod Çalışmaları

Metin (2001) çalışmasında, barkod teknolojilerinin işletmelere yönelik çözümleri ve uygulamasına yer vermiştir. Barkod sistemlerinin şirketlerin doğru ve hızlı sevkiyat yapma imkânı sağladığına değinmiş ve müşteri memnuniyeti, doğru bilgi akışı ve doğru karar alabilme gibi avantajları olduğu sonucuna varılmıştır.

Kilitci (2004) çalışmasında, üretim planlama ve stok faaliyetlerinin daha başarılı gerçekleştirilebilmesi için barkod teknolojisini incelemiştir. Bunun için genel kurallarıyla barkod teknolojisi standartlarından bahsetmiştir.

Polat (2006) çalışmasında, barkod teknolojilerinden genel olarak bahsetmiş ve hazır giyim sektöründe üretim hatalarının çözümü için barkod teknolojisi önerilmiştir. Barkod ile hatalı ürün, tedarikçi ve tesislerin tüm ilişkisinin süreç boyunca izlenebileceği, bilgi akışının doğru ve hızlı olacağı, gerçek verilerle istatistik oluşturulacağı ve satış sonrası hizmetlerin niteliğinin artacağı vurgulanmıştır.

Alkan (2006) çalışmasında, hastanelerde kullanılan sarf malzemeleri, hastaları ve ihtiyaçları kategorize ederek tanımlamıştır ve barkod teknolojisi kullanarak yaşanan problemlerin çözülmesine yönelik yeni açılımlar sunmuştur.

Erpulat (2007) çalışmasında, tekstil sektöründe üretim yapan bir firmanın satış mağazasında stok sayımının iyileştirilmesine yönelik çözümler üretmektedir. Bir barkod sistemi kullanılmasına karşın elle stok sayımı yapılması nedeniyle stok yanlışlıklarının ortaya çıkması, doğru raporlar alınamaması, yanlış barkodlar okutulması gibi sorunlarla karşılaşmaktadır. Mevcut barkod sistemi ve bu sisteme entegre ara yazılım geliştirilmesi önerilmiştir.

Fawzi (2012) çalışmasında, barkodu tanıma ve depolanan bilginin kodunun çözülmesi için bir sistem oluşturmuştur ve bu sistem yalnızca CODE39 tipi barkod üzerinde gerçekleşmektedir. Görüntünün ön işleme, barkodun algılanması ve depolanan bilgilerin kodunun yazılması olmak üzere 3 ana başlıkta incelemiştir.

Wu, Zhang ve Pian (2014) çalışmasında, üretim yönetimi için barkod uygulamışlardır. Fabrika içerisinde düşük verimliliğin geleneksel bilgi toplama yöntemleriyle yüksek hata oranında olmasından kaynaklandığını öne sürmektedir. Bu doğrultuda malzeme, personel ve ekipmanların barkod ile takibi amaçlanmıştır. Barkod sistemi sonucu atölyenin tüm yönetiminin gerçekleştirilmesi, üretim maliyetinin azaltılması ve rekabet gücünün artırılması öngörülmüştür.

Dırmıkcı (2018) çalışmasında, trafo üreticisi bir firmanın üretim için kritik öneme sahip kalıpların takibi ve çizelgeleme problemine bir çözüm önerisi sunmuştur. Bu amaç doğrultusunda kalıp bilgisine ulaşmak isteyen tüm personelin erişebileceği bir yazılım geliştirilmiş ve sahadan anlık veri toplayabilmek için barkod teknolojisi el terminalleri aracılığıyla kullanılmıştır.

Akçay (2020) çalışmasında, talaşlı imalat sürecinde çok sayıda prosese sahip bir ürünün süreç takibinde barkod teknolojisini kullanmıştır. Proses sayısının fazla olması sebebiyle üretim takibinde yaşanan sıkıntılar sebebiyle barkod teknolojisini kullanmış ve uygulama sonucunda hem malzeme bilgisi anlık olarak bilinecek hem de verimliliklerin artacağı sonucuna varılmıştır.

2.4. RFID Çalışmaları

Üstündağ (2008) çalışmasında, tedarik zinciri halkalarından perakendeci, dağıtıcı ve üreticiler arasında RFID kullanan ve kullanmayan firmaların maliyet farklarını benzetim modeli ile karşılaştırmıştır. Hatalı sevkiyat, yanlış yerleşim, çalışma ve zarar

görme kısıtları altına kayıtlı ve gerçek stoklar kıyaslanmıştır. RFID uygulaması ile birlikte kayıtlı ve gerçek stok arasındaki fark azalmaktadır.

Yıldırım (2009) çalışmasında, uygulama yapılan firmanın lojistik süreçleri, bilgi eksiklikleri ve bilgiye zor ulaşılmasından kaynaklanan problemlerin çözümü için RFID teknolojisinin nasıl etki edeceğini araştırmıştır. Çalışma sonunda RFID ile bilgi kirliliğinin giderildiği ve süreçlerin daha hızlı geliştiğini gözlemlemiştir.

Demirel (2013) çalışmasında, bir üretim tesisinde RFID teknolojisi kullanılarak personel taşımacılığında operasyonel kayıtların tutulması, kontrolü ve hak ediş süreçlerinin merkezi bir yapıya geçirilmesi ele alınmıştır. Tez çalışmasında RFID bileşenleri ile web tabanlı bir yazılım kullanılmış ve bu yazılım ile lokasyonların kendi servis hareketlerini görebilmesi sağlanmıştır. Ayrıca bu hareketler merkezi bir veri tabanına kaydedilip raporlanabilmektedir.

Kılıç (2015) çalışmasında, RFID teknolojisi kullanılarak öğrenci yoklaması yapabilen yazılım geliştirerek yoklama sistemi uygulaması yapılmıştır. Visual Studio 2010. NET platformunda C# dilinde yazılmıştır ve ders başlamasından 15 dk. sonra ve bitiminden 15 dk. öncesine kadar etiketleri okumaktadır. Yapılan okumalar ders danışmanı tarafından görüntülenebilmektedir.

Dalgıç (2017) çalışmasında, FNSS firmasında stokları çeşitli kriterlere göre gruplandırarak bulanık gruplama algoritması geliştirmiştir. Bu algoritma ile stok kalemleri hem değerlerine hem de önem derecelerine göre gruplandırılarak stok takibinin etkin olması ve stok sayımının kolay ve hızlı olması sağlanacaktır. Aynı zamanda RFID teknolojisi ile farklı şekil ve kullanım alanına sahip olan stokların etkin ve verimli yönetilmesi amaçlanmıştır.

Tosun (2018) çalışmasında, standart barkod yapısına alternatif RFID ile konum belirleme yöntemlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Mevcut teknolojilerin iyileştirilmesi, depo yönetimi için tercihlerin karşılaştırılarak uygulanması ve fayda sağlaması istenmiştir. Ayrıca Nesnelerin İnternetinin (IoT) depo yönetim sistemlerinde kullanımı vurgulanmıştır. Çalışma sonunda yatırım maliyeti yüksek olsa da RFID depo yönetim sistemi uygunluğu sonucuna varılmıştır.

3. DİJİTAL DÖNÜŞÜM KAVRAMI VE KAPSAMI

Hızla ilerleyen teknolojik gelişmeler, süreç yönetiminde yenilikler ve çalışma koşullarındaki değişimlerin birbirine entegre olduğu sistemsel dönüşüm dijital dönüşüm olarak adlandırılmaktadır. Bu dönüşüm içerisinde nesnelerin interneti, bulut bilişim, yapay zekâ, sanal gerçeklik, barkod ve RFID gibi teknolojilerin kullanımı işletmeler için önem arz eden hale gelmiştir.

3.1. Dijital Teknolojiler

3.1.1. Nesnelerin İnterneti Teknolojisi ve Siber Fiziksel Sistemler

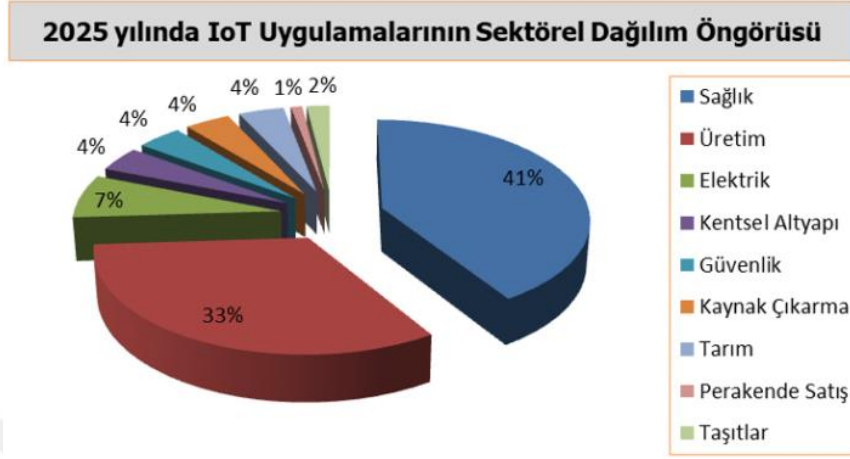
Nesnelerin interneti (Internet of Things (IoT)) ifadesi aslında gündelik hayatımızda sürekli olarak kullandığımız, hayatımızı kolaylaştıran cihazların kablosuz ağlar ve internet aracılığıyla kendi aralarında haberleşmesi olarak tanımlanabilir.

Gömülü internet veya sinen hesaplama gibi ifadeler 1970’li yıllarda ortaya çıkmasına rağmen, nesnelerin interneti terimi ilk olarak 1999 yılında ortaya atılmıştır. Nesnelerin interneti sensör, iletişim, ağ ve bilgi işleme teknolojilerine dayanan yeni bir bilgi iletişim teknolojisi versiyonu olarak ele alınabilir (Yüce, 2022).

Nesnelerin interneti kavramı 1999 yılında MIT Auto-ID Center çalışanı olan Kevin Ashton tarafından ilk kez Procter & Gamble şirketi için hazırladığı şirketin tedarik zinciri kapsamında Radyo Frekansı ile Tanımlama (RFID) teknolojisi ile radyo frekansı üzerinden haberleşen cihaz kullanımının şirkete sağlayacağı faydaları anlattığı bir sunumda kullanılmıştır (Tecim, Tarhan ve Aydın, 2016).

Söğüt ve Erdem (2017), günlük hayatta kullanılan nesnelerinin veri alması, işlemesi ve çıktılarının başka nesnelerle paylaşılmasının belirli kurallar dahilinde olacağını ve bu sistemlerin şeylerin interneti, her şeyin interneti veya akıllı nesneler olarak da adlandırılabilirliğini belirtmiştir. Kullanım alanları çok yaygın olan bu sistemler akıllı eşyalar, arabalar, evler veya şehirlere kadar genişlemektedir.

Sağlık, Üretim, Şehirleşme gibi birbirinden tamamen farklı alanlarda IoT ile beraber gelişmeler yaşanmakta ve Şekil 3.1.'de belirtilen görselde Bıçakçı (2019), nesnelerin interneti dünyasında 2025 yılında sektörel bazda dağılımının öngörüsünü paylaşmıştır.



Şekil 3.1. Nesnelerin İnternetinin 2025 Yılında Sektörel Dağılımı (Bıçakçı, 2019)

Bıçakçı (2009)'nın bu verilerine göre en büyük pastayı %41 ile sağlık sektörü ve %33 ile üretim sektörü oluşturmaktadır. Bu tez çalışmasında IoT teknolojisinin üretimde uygulamasını göreceğiz.

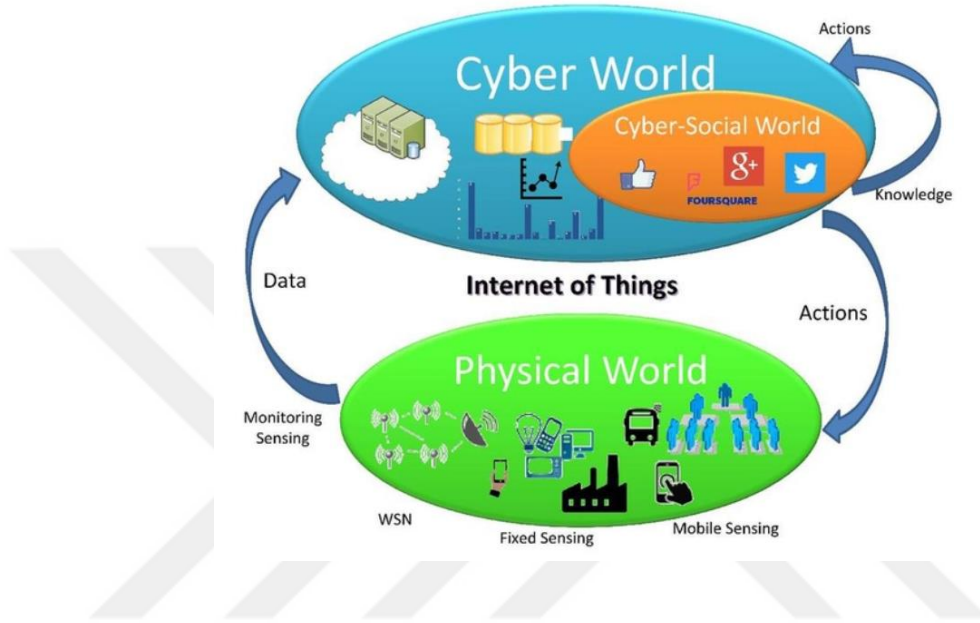
Nesnelerin interneti teknolojilerinde Bluetooth, Wifi, RFID ve Hücresel gibi bağlantı teknolojileri kullanılmaktadır. Kısa mesafe kullanımları ve maliyet için Bluetooth, esneklik ve hız için Wifi, kalite ve ulaşılabilirlik için Hücresel önerilmektedir.

Nesnelerin interneti teknolojileri, akıllı şehirler, akıllı fabrikalar, tarım, hayvancılık, sağlık, çevre, enerji gibi birçok sektörde ve önemli projelerde kendini göstermektedir. Artık neredeyse her evde kullanılan akıllı cihazlar, akıllı ev aletleri bu teknolojilerin hayatımızın her anında olmasına güzel bir örnektir.

Siber fiziksel sistemler (SFS) de nesnelerin internetine benzer ve aynı mimariyi paylaşır. Bilgisayar tabanlı algoritmalar tarafından kontrol edilen fiziksel mekanizmalara siber fiziksel sistemler denir. Fiziksel ve hesaplama unsurlarında daha yüksek kombinasyon ve koordinasyon sağlar. Siber fiziksel sistemler daha çok havacılık ve otomotiv sektörlerinde kullanılır.

Yakşı (2021), Siber fiziksel sistemleri (Cyber Physical System) bilgisayarın altyapı ve sistemlerinde yararlanılarak fiziksel dünyayı oluşturan mekanizmaların yarattığı veriyi üretim sürecine uygun hale getiren sistem olarak tanımlamıştır. Siber fiziksel sistemler varlığı 2006 yılında ilk kez ortaya atılmıştı.

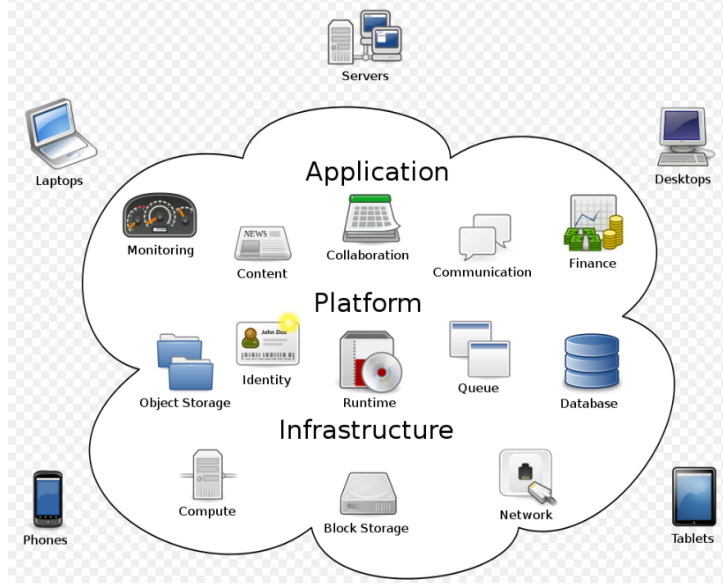
Farklı zaman, mekân ve amaçlar için kullanılabilen bu sistemler iki farklı aşamadan oluşan ve tek vücut gibi hareket eden sistemlerdir. Ana amacı üretimde en verimli ve güvenli şekilde otomasyonu sağlamak olan bu sistemler anlık gönderilen verileri ortak bulut ağında birbirine bağlar. Teknolojinin ilerleyen yıllarda daha üst seviyelere gelebilmesi bu bağlantıdaki kullanılabilirlik, verimlilik ve güvenilirliğin maksimum seviyede olmasına bağlıdır.



Şekil 3.2. Siber Fiziksel Sistemler (Yakşı, 2021)

3.1.2. Bulut Bilişim

Bulut bilişim, bilgisayar, telefon, tablet gibi cihazların erişim sağlayabildiği, verilerin ihtiyaç halinde saklanabildiği ve istenilen kullanıcılarla paylaşılabilirdiği internet tabanlı bilişim hizmetlerinin genel adıdır. Bulut bilişim bu yönüyle bir ürün değil, hizmettir. Kullanıcının paylaştığı bilgiler, elektrik dağıtıcısına benzer bir biçimde bilişim ağı üzerinden kullanılmasıdır (Wikipedia, 2023).



Şekil 3.3. Bulut Bilişim (Wikipedia, 2023)

Bulut bilişimin özellikleri şunlardır;

- Kullanıcının bilgisayarına herhangi bir uygulama kurulmasına gerek olmadığı için donanım ve bakım maliyetlerinin azaltılmasına yardımcı olur,
- Kullanıcının yapılandırmasına ve ihtiyaçlarına göre bilgilere erişmesine olanak tanıyan büyük bir kaynak havuzu sağlar,
- Sağlayıcı, tüm bileşenlerin genel güncelleme sürecinden sorumlu olduğu için yazılım ve donanım güncellemelerinin kolaylıkla yapılmasını sağlar,
- Büyük ölçekli bir platformu bulunmaktadır. Örneğin, bir milyondan fazla sunucuya sahiptir,
- Bir bulut, aynı anda çalıştıran farklı uygulamaları destekleyebilir. (Rani ve Ranjan, 2014).

Bulut bilişim avantajları şu şekildedir;

- Bulut bilişim, yazılım ve donanım gibi yatırım maliyetlerinin ortadan kaldırılmasını sağlar.
- Bulut teknolojisi, kurumsal veri merkezlerine nispeten hız ve ekonomik ölçeklendirme gibi birçok avantajı beraberinde getirir.
- Bilgi teknolojileri kaynağına istenilen zaman ve mekânda bilgisayar telefon veya benzeri araçlarla erişebilme imkânı sağlar.
- Bulut bilişim kurulumunda bilgi teknolojisi uzmanına gerek duyulmaz ve güncellemeler otomatik alınır.

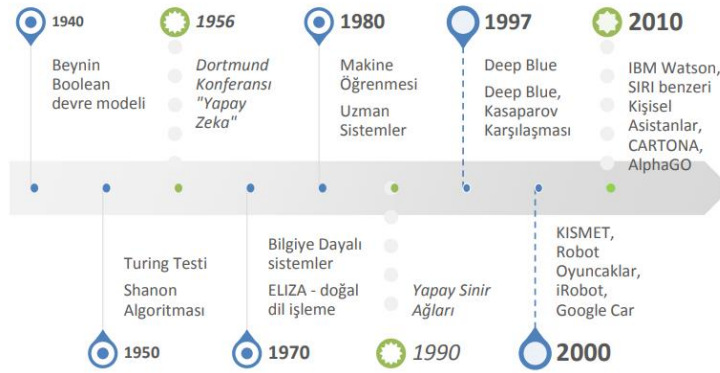
- Bulut teknolojisiyle verilerin takibi, depolaması ve yetkilendirmeler gibi zamanla çoğalan alt yapı sorunları ortadan kalkmış olur.
- İstenilen bilgi kaynağına saniyeler içerisinde erişim sağlanır ve böylelikle iş süreçleri hızlanır, zaman kayıpları azalır.
- Sınırsız veriden faydalanılır.
- Bulut bilişim sayesinde yapay zekâ (AI), Nesnelerin İnterneti (IoT), blokzinciri (Blockchain) ve sohbet robotları gibi yenilikçi teknolojilerin kullanımı dahil olmak üzere yeni uygulama yazılımları ve servislerine sahip olunabilir.
- Bulut bilişim kurum içerisinde yazılım, donanım gibi pek çok iş yükü gerektiren işlerin gereksinimi ortadan kaldırır.
- Bulut teknoloji hizmetleri sunucuların en güvenli veri merkezleridir. Bu veri merkezleri sürekli olarak en güncel sürümüne yükseltilir.
- Bulut bilişim hizmet sağlayıcılarının serverları, güvenliği ön plandadır ve 7/24 yazılım ve donanım güvenliği sağlanmaktadır.
- İhtiyaç duyulan depo alanına istenildiği zaman sahip olunabilir. Depolama kapasitesi isteğe bağlı olarak artırılabilir.
- Kullanılan süre boyunca ödeme yapılır, maliyet azaltıcı etkiye sahiptir. (Mysoft, 2023).

3.1.3. Yapay Zekâ Teknolojisi

Yapay zekâ, insan beynine benzer çalışma mantığına sahip, karmaşık sorunlara çözüm bulmak amaçlı ortaya çıkan bir yazılım türüdür (Nilsson, 1998). Yapay zekânın en temel amacı, insanların büyük uğraşlarla çözebildiği sorunları insan zekâsını taklit ederek toplanılan bilgilerle kendini iyileştirip kısa süre içerisinde çözebilmesidir. Akıllı asistanlar, öneri motorları veya bir uzman doktor taklidi yapmak yapay zekâyı en güzel örneklerdendir.

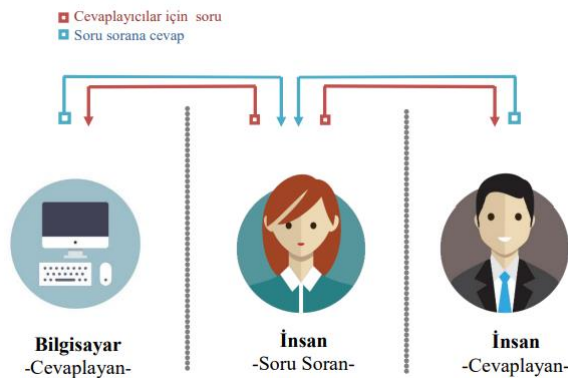
Alan Mathison, Turing yapay zekânın fikir babası olarak kabul edilir ve "Makineler düşünebilir mi?" sorunu ortaya atarak makine zekâsını tartışmaya açmıştır. 1956 yılında ilk kez Dortmund Konferansı'nda John McCarty, Marvin Misky ve Claude Shannon tarafından yapay zekâ terimi kullanıldı. Bu bilim insanları, yapay zekâyı daha önce insan zekâsı gerektirdiği düşünülen bir makine tarafından gerçekleştirilen herhangi bir görev olarak tanımlamıştır. 1997 yılında International Business Machines

(IBM) tarafından geliştirilen "Deep Blue" adlı bilgisayarın dünya satranç şampiyonu Garry Kasparov'u yenmesi, 2011 yılında yine IBM tarafından geliştirilen "Watson" adlı bilgisayarın "Jeopardy!" isimli bilgi yarışması programında program tarihinin en iyi 2 yarışmacısını yenmesi ve 2016 yılında Google tarafından geliştirilen "AlphaGo" adlı programın profesyonel bir "Go" oyuncusu ve dünya şampiyonu olan Lee Sedol'ü yenmesi yapay zekâya karşı ilginin artmasında önemli anlar olarak kayda geçmiştir (İnnova, 2021).



Şekil 3.4. Yapay Zekanın Kronolojik Tarihi (Arslan, 2020)

Turing testi, yapay zekâ tabanlı bir sorgulama sistemidir ve bilgisayarların insan gibi düşünüp düşünemeyeceğini kontrol etmek için kullanılır. Orijinal Turing testinde üç terminal, iki insan ve bir bilgisayar bulunur. İnsanlardan birinin görevi soru sormak, diğer insan ve bilgisayarın görevi ise bu sorulara cevap vermektir. Soru soran kişi, belli bir formatta diğer insan ve bilgisayara sorular sorar, belli bir süre ve sorudan sonra cevap verenlerden hangisinin insan hangisinin bilgisayar olduğunu karar vermesi istenir. Test birçok kez tekrarlanır ve bilgisayarın "zeki bir makine" olarak adlandırılabilmesi için bu soruların en az yarısında kazanması beklenir (Arslan, 2020).



Şekil 3.5. Turing Testi (Arslan, 2020)

Yapay zekâ uygulamaların avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Zaman tasarrufu sağlar ve iş yükünü hafifletir.
- Düşük maliyetler ile karmaşık görevlerin yerine getirilmesini sağlar.
- 7/24 çalışır ve herhangi bir kesintiye uğramaz.
- Çalışanların verimliliğini artırır.
- Kitlese pazar potansiyeline sahiptir ve sektörler arasında kullanılabilir.
- İş süreçlerini hızlı ve akılcı hale getirerek karar verme süreçlerini kolaylaştırır. (İnnova, 2021).

Erdoğan (2022)'a göre yapay zekâ birçok bilim dalında kendine yer bulan ve her birinde farklı çalışma alanlarına sahip olan bilimsel alandır. Bilgisayar Bilimi, hesaplama sistemlerinin geliştirilmesiyle, Felsefe, zekânın anlamı ve yapay varlıklarla ilişkisiyle, Psikoloji ise insanların birbirleriyle ve akıllı sistemlerle nasıl etkileşim kurduğunu anlamaya çalışır. Bu bilimsel alanlar gibi her bir bilimsel alan yapay zekâyı ve onun kullanım şeklini farklı şekillerde açıklamaktadır.

Yapay Zekâ Uygulama Alanları

- **Sağlık:** Hastalık belirtilerinden hastalık tespiti yapılması, ilaç önerisi, ameliyat sırasında doktorun hangi cerrahi aleti kullanacağını belirlenmesi, hastalık takibi, tedavi seçeneklerinin belirlenmesi, kanser tespiti gibi birçok konuda hasta bakıcı, hemşire ve doktorlara kolaylık sağlamaktadır.
- **Eğitim:** Öğrencilerin makale analizleri, akıllı ajanlar, çocuk-robot etkileşimi, otomatik test oluşturma sistemleri, ders programları, personel programları, siber güvenlik, kişiselleştirilmiş öğrenme, sanal sınıf asistanları, duygu analizi gibi birçok uygulama alanları vardır.
- **Finans:** Chatbot çözümleri, raporlama ve analiz, alım satım işlemleri gibi çözümleri mevcuttur.
- **Üretim:** Kalite, ekipman yönetimi, proses optimizasyonu, kestirimci bakım, montaj, kaynak, planlama, tedarik zinciri gibi üretimin başından sonuna dek her alanında yapay zekâ teknolojileri kullanılarak akıllı fabrikalara dönüşmektedir.



Şekil 3.6. Üretimde Yapay Zekâ

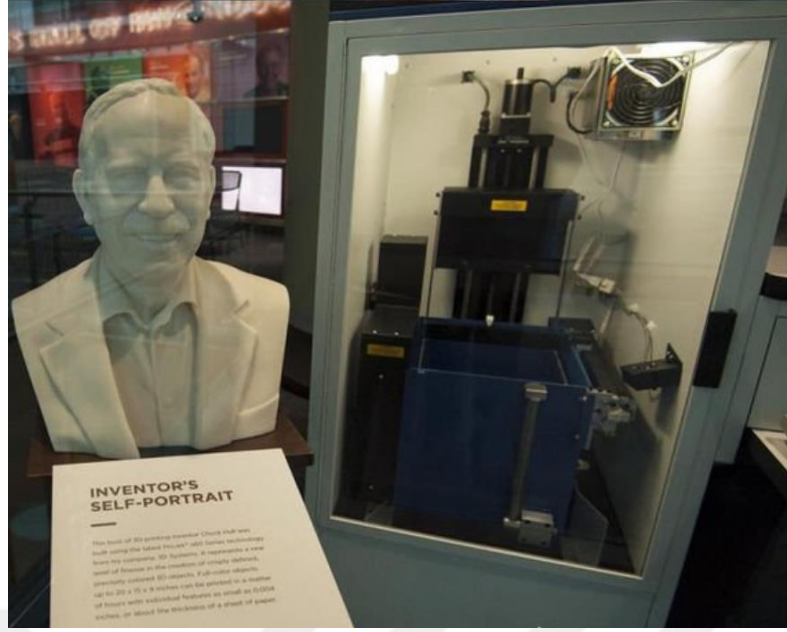
3.1.4. Üç Boyutlu Yazıcı Teknolojisi

Üç boyutlu (3B) yazıcılar tasarlanan soyut bir fikri somut nesnelere dönüştüren makinelerdir. Üç boyutlu yazıcılar günümüzde havacılık endüstrisi, tıp, araba parçaları, oyuncaklar gibi birçok sektörde kullanılmaktadır.

Basım 3 aşamadan oluşmaktadır;

- Modelleme
- 3B Baskı
- Model Temizleme

Charles Hull 1984 yılında ilk 3D yazıcısı teknolojisini geliştirdi ve piyasaya sürdü. İlk 3D yazıcısı şirketi 3D System 1986 yılında kuruldu ve yeni bir sektör artık doğmuş oldu. Artan rekabetle birlikte 3D yazıcı sektörü 1990'lı yıllarda gelişmeye ve ilerlemeye başladı. Temel amacı baskı maliyetlerini azaltmak olan bu girişim 2005 yılında RepRap projesi ile artık daha kolay ulaşılabilir olmaya başladı ve ilk renkli 3D baskı Amerika'da alınmıştır (İnal, 2023).



Şekil 3.7. Charles Hull ve İlk 3B Yazıcı Teknolojisi (İnal, 2023)

3.1.5. Siber Güvenlik Teknolojileri

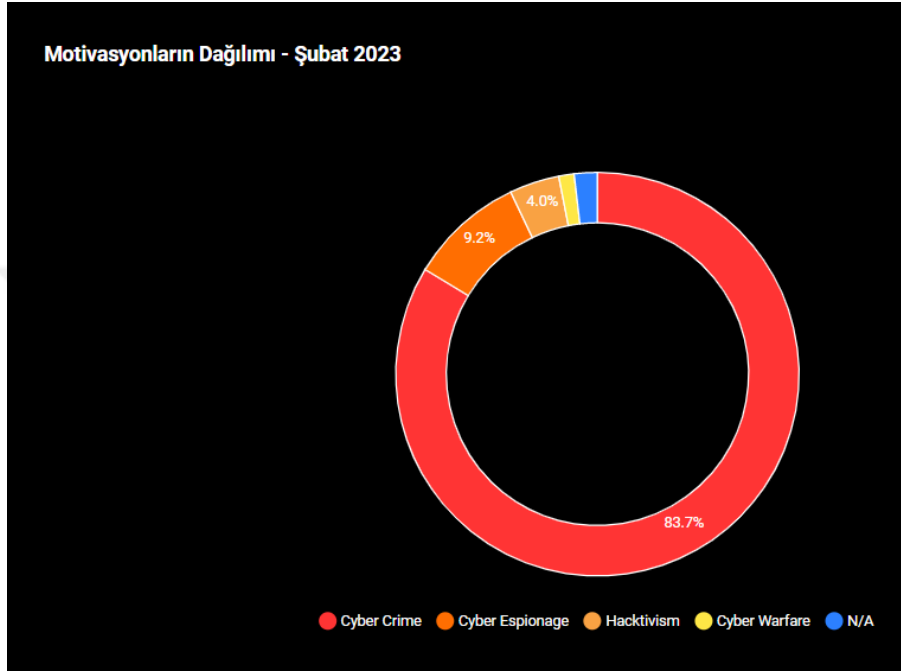
Siber güvenlik, bilgisayar korsanları, spam gönderenler ve siber suçlular gibi kötü niyetli aktörlerin elektronik saldırılarına karşı cihazların ve hizmetlerin nasıl savunulacağını kapsayan bir disiplindir. Siber güvenliği, siber ve güvenlik olarak ikiye ayırmak mümkündür. Siber; sistemleri, ağları, programları ve verileri içeren teknolojiyi ifade eder. Güvenlik ise sistemlerin, ağların, uygulamaların ve bilgilerin korunmasıyla ilgilidir. Yani siber güvenlik, kritik sistemleri ve hassas bilgileri dijital saldırılardan koruma çabasıdır (Yılmaz, 2022).

Siber güvenlik tehditlerinin bazıları;

- Siber suç
- Siber saldırı
- Siber terör
- Siber casusluk
- Siber savaş

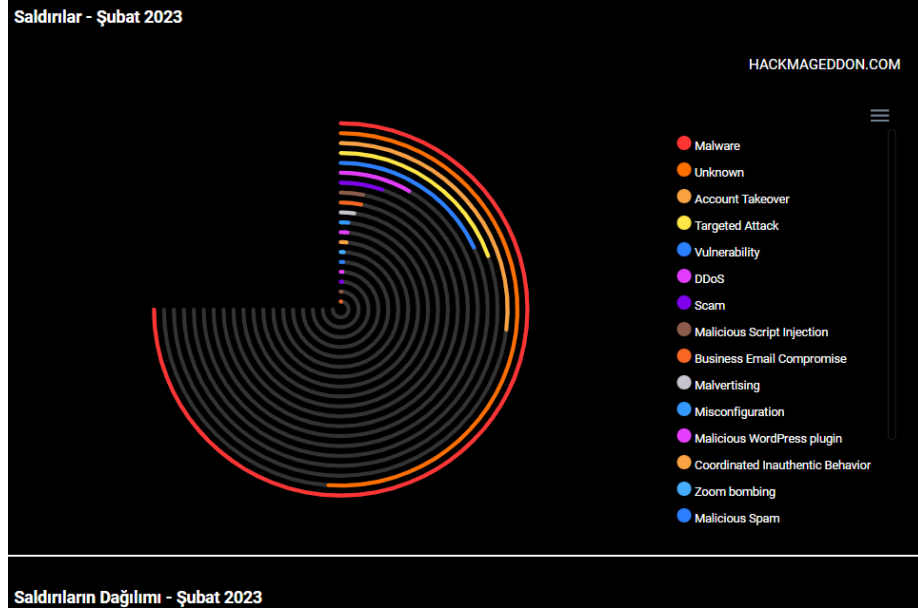
Kötü amaçlı yazılımlar en yaygın siber tehditlerdendir ve bir kullanıcının bilgisayarına zarar vermek veya kullanıcının bilgisayarını bozmak için oluşturulan yazılımlardır. Virüs, truva atı, reklam yazılımı, casus yazılım, fidye yazılımı kötü amaçlı yazılımlardır.

Siber saldırıların birçok olumsuz etkisi vardır. Sermaye kaybı somut örnek olarak verilebilirken güven ve itibar kaybı soyut örnek olarak verilebilir. Güven ve itibar kaybı şirketler için daha ciddi sorunlara yol açabilmekte ve dolaylı yoldan sermaye kaybını da tetiklemektedir. Bütün bu olumsuzluklar birleştiği zaman şirketin markasına olan güvensizlik ve itibar kayıpları ile şirketin hisse fiyatlarında düşüşler yaşanır ve hatta iflasa dahi sürüklenebilir (Işık, 2019).



Şekil 3.8. Siber Saldırıları – Şubat 2023 (Passeri, 2023)

Hackmageddon verilerine göre Şubat 2023’de yapılan siber saldırıların %83,7’si siber suçlar, %9,2’si siber casuslu ve %4’ü ise bilgisayar korsanlığı olarak kayıtlara geçmiştir. Bu istatistiğe göre siber saldırı vektörlerini ele alırsak;



Şekil 3.9. Siber Saldırı Vektörleri – Şubat 2023 (Passeri, 2023)

Siber saldırı vektörleri ise %40 ile kötü amaçlı yazılımlar ilk sırada yer almaktadır. Bunu bilinmeyen sebepler, hesap devralma ve hedefli saldırılar takip etmektedir.

3.1.6. Sanal Gerçeklik ve Artırılmış Gerçeklik

3.1.6.1. Sanal Gerçeklik

İngilizcesi Virtual Reality olup Türkçeye Sanal Gerçeklik olarak çevrilmiştir. Kaynaklarda VR veya SG olarak geçmektedir.

Sanal yani “hayali olan” ile gerçek yani “var olan her şey” kelimelerinin birleşmesiyle bilgisayarlarda insanlara gerçeklik hissi vermek için oluşturulan sanal dünyaya verilen isim sanal gerçeklik olarak anılmaktadır. İnsanlar bu dünyada var olurken oluşturulan sanal nesneler ile etkileşim halinde olabileceklerdir (Akın, 2022).

Sanal Gerçekliğin 1950'lerde ortaya çıktığı ve 1980'lerin sonunda ve 1990'larda ciddi bir popülerlik kazandığı belirtilmiştir (Değirmenci Kurt, 2022). Norbert Wiener 1948 yılında yaptığı çalışmada “Cybernetics” diye bir kavram ortaya atmıştır. Bu kavram iletilerin insandan makineye veya makineden makineye aktarımı olarak tanımlanmaktadır. Bu kavram ile insan-makine arasındaki bu ilişkinin insanın sosyal hayat kalitesine etki edeceğini belirtmiştir. 1960'lı yıllara gelindiğinde ise Ivan Sutherland çalışmasında kalemle çizilen grafik imgelerini algılayan ve bilgisayarla direk iletişime imkân sağlayan “Sutherland Sketchpad” yazılımını geliştirmiştir (Şekerci, 2017).



Şekil 3.10. Sutherland Sketchpad (Şekerci, 2017)

Morton Heilig sanal gerçekliğin babası olarak bilinir ve “Sensorama” adını verdiği bilgisayarsız mekanik bir cihaz geliştirmiştir. 1957 yılında geliştirdiği bu cihaz görme, koku, işitme ve dokunma gibi birçok duyuyu canlandıran, beş kısa film içeren bir cihazdır (İpek, 2020).



Şekil 3.11. Sensorama (İpek, 2020)

Sanal Gerçekliğin kullanım alanı oldukça geniştir. Otomotiv, eğitim, sağlık, spor, mimarı, tasarım, eğlence olmak üzere birçok sektörde kullanım alanı vardır. Sanal gerçeklik maliyetleri düştükçe birçok sektörde uygulama alanlarının gelişebileceğini beklemekteyiz. Günümüzde kullanılan sistemler genellikle akıllık telefonlar için geliştirilen teknolojilere dayanmaktadır. Oyun sektöründe kafa, el, kol hareketlerini izleyen hareket sensörleriyle beraber oyun içerisindeymiş gibi duygular yaşatması ile bu sektörde oldukça etkilidir.

Avantajları;

- Reel eğitim, VR ile değiştirilirse eğitim masrafları azaltılabilir.
- Geleneksel 2D ekranlardan daha sürükleyicidir.

- Sanal gerçekliği destekleyen Facebook, Google, Samsung, Microsoft ve Sony gibi birçok büyük şirket vardır.
- Sanal gerçeklik, askeri, eğitim ve sağlık gibi birçok farklı alanda kapsamlı özellikleri sayesinde kullanılabilmektedir.
- Sanal gerçeklik, bir yerin tam ve ayrıntılı bir görünümünü verir.
- Sanal gerçeklik, etkili iletişim kurmamızı sağlar ve hiç tanımadığımız insanlarla tanışma ve iletişim kurmamıza imkân sağlar.
- Her ihtiyaca ve bütçeye uygun sanal gerçeklik gözlükleri mevcuttur.
- Deneyimsel öğrenme, kullanıcı tutma oranını artırır (Hoş, 2021).

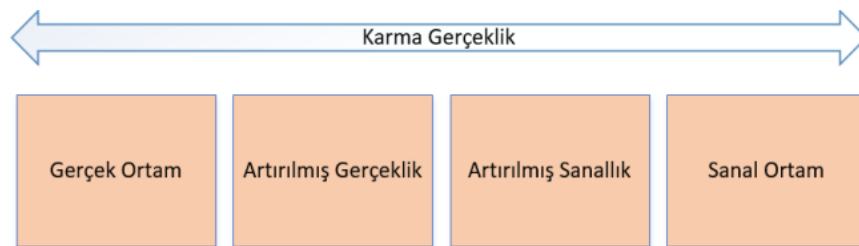
Dezavantajları;

- Kaliteli deneyim sayısı azdır.
- Teknolojinin benimsenmesi oldukça yavaştır.
- VR kullanan bazı insanlar kullanım sonrası kendilerini halsiz hissettiklerini dile getirmektedirler.
- Maliyeti yüksek olmasından dolayı bu maliyeti göze alıp teknolojiyi kullanan sayısı azdır (Hoş, 2021).

3.1.6.2. Artırılmış Gerçeklik

İngilizcesi Augmented Reality olup Türkçeye Artırılmış Gerçeklik olarak çevrilmiştir. Kaynaklarda AR veya AG olarak geçmektedir.

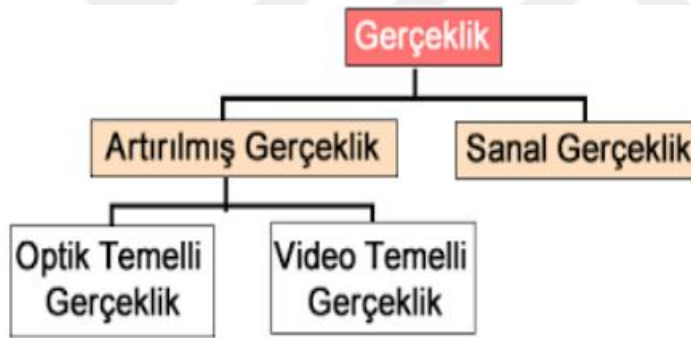
Artırılmış gerçeklik, bilgisayar destekli grafik tasarımlarla görme, dokunma, işitme ve koku alma duyuları ile duyu işleyen somatik sinir sistemi dahil gerçeğin duyu organlarıyla etkileşimidir. Birçok sektörde kullanılabilse de daha çok, endüstriyel tasarım, görsel sanatlar, video oyunları gibi grafik tasarım uygulaması yoğun olan alanlarda kullanılmaktadır (İpek, 2020).



Şekil 3.12. Karma Gerçeklik

Artırılmış gerçeklik ile sanal gerçeklik etkileşimi, üç boyutlu görüntüleri ve diğer faktörleri paylaşır. Buna rağmen aralarında oldukça belirgin farklar vardır. Artırılmış gerçeklik, kullanan kişinin gerçek dünyadan kopmasına izin vermezken sanal gerçeklik tamamen bilgisayar tarafından üretilen faktörlerden oluşur ve bu kullanıcının tamamen bu sanalı yaşamasına olanak sağlar. Bu duruma daldırma denir ve temel farkları bu daldırma seviyesidir. Başka bir fark ise sanal gerçeklikte bir stüdyo ortamında fiziksel hareketleri sınırlanırken artırılmış gerçeklikte sistemin taşınabilirliği vardır ve fiziksel hareketlerin sınırlanmayacağı oyunlar gerçeklik hissini artırmaktadır. Bu gibi belirgin farklar artırılmış gerçekliği sanal gerçeklikten daha iyi ve gelişmiş kılmaktadır (Gelmez, 2021).

Artırılmış gerçeklik iki teknolojiye ayrılmaktadır. 1. Teknoloji optik temelli gerçekliktir ve sahneye gözlük yardımıyla bakılırken 2. teknoloji video temelli gerçekliktir ve sahneler tablet, bilgisayar, akıllı telefonlarla görünmektedir (Avzal, 2022).



Şekil 3.13. Gerçeklik (Avzal, 2022)

3.1.7. Blokzincir Teknolojisi

Blokzincir, kullanıcıların kayıtlarını dağıtık şekilde tutan ve bu kayıtları kriptografi ile güvence altına alan sürekli blok zinciridir. Bu bloklar birbirine bağlıdır ve tüm bilgiler aralarında dağıtılır. Stuart Haber ve W. Scott Stornetta ilk olarak 1991 yılında Blokzincir kavramını ortaya attılar ve Satoshi Nakamoto takma adı altında çalışan geliştirici(ler) Bitcoin adlı elektronik para birimi kullanılarak işlemlerin yapıldığı ve işlemlerin kayıtlarının bir kamu tarafından tutulduğu ilk Blokzincir'i hayata geçirdi (Kumar ve Sharma, 2022).

Bir blokzincir ağının nasıl çalıştığını incelediğimizde, bir blokzincir'in nasıl çalıştığını daha iyi anlarız. Bu, her birinin sahip olduğu kopya aracılığıyla aynı blokzincir'inde

çalışan bir dizi düğüm yani istemcidir. Bu düğüm genellikle birkaç farklı blokzinciri kullanıcısının ağa giriş noktası görevi görebilir, ancak basit olması için her kullanıcının ağ üzerinde kendi düğümü aracılığıyla işlem yaptığını varsayalım;

- Kullanıcılar, bir çift özel/genel anahtar aracılığıyla blok zinciriyle etkileşime girer. Özel anahtarlarını kendi işlemlerini imzalamak için kullanırlar ve ağda genel anahtarları aracılığıyla adreslenebilirler. Asimetrik kriptografinin kullanılması, ağa kimlik doğrulama, bütünlük ve reddedilmeme durumu getirir. İmzalanan her işlem, bir kullanıcının düğümü tarafından tek atlamalı eşlerine yayınlanır.
- Komşu eşler, daha fazla aktarmadan önce bu gelen işlemin geçerli olduğundan emin olur; geçersiz işlemler atılır. Sonunda bu işlem tüm ağa yayılır.
- Üzerinde anlaşmaya varılan bir zaman aralığında yukarıdaki işlem kullanılarak ağ tarafından toplanan ve doğrulanan işlemler sıralanır ve zaman damgalı bir aday blok halinde paketlenir. Bu, madencilik adı verilen bir süreçtir. Madencilik düğümü bu bloğu ağa geri yayınlar.
- Düğümler, önerilen bloğun geçerli işlemler içerdiğini ve karma yoluyla zincirlerindeki doğru önceki bloğa referans verdiğini doğrular. Eğer doğruysa bloğu zincirlerine ekler ve bilgileri güncellemek için işlemleri uygular (Christidis ve Devetsikiotis, 2016).



Şekil 3.14. Blokzincir Temsili Gösterimi (Çelik, 2022)

Blokzincir Türleri

Blokzincir araştırmacıları gereksinimlerine göre blokzinciri 4 ana başlıkta incelemektedirler.

- a) **Genel Blokzincir:** Tamamen dağıtık ve izinsiz çalışan bir blokzincir türüdür. Blokzincir ağı üzerinden katılma, madencilik yapma veya işlem gönderme konusunda herhangi bir kısıtlama yoktur. Her düğüm, genel muhasebe bilgilerinin aynı kopyasına sahiptir ve işlem ayrıntıları da şeffaftır. Bitcoin ve Ethereum, genel blokzincir'in popüler örnekleridir.

- b) **Özel Blokzincir:** Bu blokzincir türünde yalnızca yetkili katılımcılar erişim sağlar ve işlem yapabilir. Erişim kontrolü ve işlemlerle ilgilenen bir yönetici gerektirir ve daha merkezidir. Hyperledger Fabric ve Corda, özel blokzincir örnekleridir. Tedarik zinciri yönetim sistemleri, varlık sahipliği yönetimi vb. bunun kullanım alanlarıdır.
- c) **Konsorsiyum Blokzincir:** Özel blokzincir bir alt versiyonu olarak adlandırılabilir. Burada, blokzincir'in tüm kontrol türleri, tek bir yönetici yerine bir grup arasında bölünmüştür. Bu tür blokzincirler, toplu olarak çalışan işletmeler için çok faydalıdır.
- d) **Hibrit Blokzincir:** Hibrit blokzincir, özel ve genel blokzincir özelliğini kullanır. Bu tür blokzinciri, hem özel blokzincirinin erişim kontrolünün faydalarını hem de genel blokzincirinin güvenlik ve şeffaflık özelliklerini kullanır. İşletmelerin hangi bilgileri gizli tutmak istediklerini ve hangi bilgileri herkese açık hale getirmek istediklerini seçmelerine olanak tanır (Kumar ve Sharma 2022).

3.1.8. Dijital Ödeme Sistemleri

Gelişen teknolojilerle beraber her geçen gün insanlar hayatlarını kolaylaştıracak ürünler tasarlanmakta ve pazarlanmaktadır. Bu pazarlamayla beraber dünyanın her yerine ticaret yapmakta ürün alım satımı yapılmaktadır. Bu ticaretle birlikte ödeme sistemlerinin de güvenli ve hızlı bir şekilde gerçekleşmesi ihtiyacı doğmuştur.

İnternet ile birlikte dünyanın bir ucundaki insanla iletişime geçebilmemizi sağlayan teknoloji bu insanlarla ticaret yapılabilmesini de mümkün kılmaktadır. Ancak en önemli sorun ise ödemenin nasıl yapılacağı ve ödeme sistemlerinin de bu çağa ayak uydurması gerekesidir.

Kredi kartının kullanılması ve yaygınlaşması teknolojinin ilerlemesine paralel olarak gelişmektedir. 1970'li yıllarda hem kredi kartlarında kullanılan hem de birçok alanda kullanılan çiplerin patenti alınmaya başlandı. Bu dönemde yine ilk POS makineleri de üretilmeye başlandı. Bu gelişmelerle birlikte dijital ödeme sistemlerinin varlığı ve ihtiyacı da kabul görmeye başlandı. Dijital ödemelerle birlikte e-ticaret kavramı da 1979'da Michael Adrich adlı bir İngiliz tarafından bulundu şirketler arası online ticaretin mucidi olarak adını duyurmuş oldu (Kutsal, 2018).

- **SMS Tabanlı Ödemeler:** Yıllardır hayatımızda olan cep telefonları SMS tabanlı ödeme sistemini de doğurmuştur. SMS ile oy atma, melodi satın alma, bağışta bulunma gibi alışverişler yapılabilmektedir. Tüm bu kullanımlarda kullanıcı bedelini SMS üzerinden ödemektedir. Yani kısacası GSM operatörler aracılığıyla mal veya hizmetin bedelinin verildiği mikro ödemelerdir. Ön ödemeli abonelik durumunda SMS satın alınır ve kullanım oldukça bu hesap üzerinden kullanım miktarı düşülür. Fatura tipi aboneliklerde ise mal veya hizmet bedeli kullanıcının faturasına yansıtılır. SMS ödemelerinde akıllı telefona ihtiyaç yoktur ve bu sebeple geniş bir kitleye hitap etmektedir (Özcan, 2016).
- **Kartlı Ödeme Sistemleri:**
 - Kartlı ödemeler dünyada ve Türkiye’de e-ticarete %90 civarında kullanılan ödeme sistemidir.
 - Kartlı ödeme tipleri arasından en çok kredi kartı ödemesi yapılmaktadır. Ülkemizde kredi kartı ödemeleri tüm ödeme sistemlerine oranı %65 seviyelerindedir.
 - Türkiye’de 109 milyonu aşan kredi kartı sayısı, 181 milyonu aşan banka kartı sayısı vardır (Bankalar Kart Merkezi [BKM], 2023).
 - Ülkemizde insanlar sanal karta çok güvenemedikleri için sanal kart kullanımını halen oldukça düşüktür.
 - Sanal kart işlem tutarı yüzdesi tüm harcamalara oranı yalnızca %1 seviyelerindedir.
- **Sanal POS:** POS (Point of Sale) ödeme noktası anlamına gelir. Sanal POS ise bu ödeme noktasının internet üzerinden kullanılabildiği sisteme verilen isimdir. Günümüzde alışveriş yapılan neredeyse her alanda kullanılan (market, mağaza vs.) kart ile ödeme yapılan fiziki POS cihazları ile aynı mantıkta çalışır. Karta temas edilmeden, bilgiler girilerek doğrulama adımlarıyla ödeme yapılabilen bir yazılım türüdür. Ödeme işlemi sadece internet üzerinden bilgisayar, tablet veya akıllı telefonlarla yapılabilir. POS cihazlarında olduğu gibi sanal POS kullanmak isteyenler finans kuruluşlarıyla anlaşma yapması gerekmektedir (Kuveyttürk, 2023).

- **BKM (Bankalar arası Kart Merkezi) Express:** BKM Express, BKM, bankalar ve e-ticaret dünyasının önde gelen firmalarıyla birlikte geliştirilmiştir. İnternet alışverişini daha hızlı ve kolay hale getiren bir dijital cüzdandır. Kart sahibi olan kimseler bu kartlarını BKM Express’e kaydederler ve alışveriş kart bilgilerini paylaşmadan yapabilirler. Kartları e-ticaret sitelerinde kabul gören iş yerleri Üye işyeri olarak daha fazla müşteriye ulaşmaları mümkün olabilir (BKM, 2023).
- **PayPal:** PayPal, bir online ödeme sistemi. Kredi kartlı veya kredi kartsız internet üzerinden alışveriş yapılmasına veya para gönderilmesine olanak sağlar. PayPal Türkiye’de kullanılmamaktadır ancak Türk lirasıyla ödeme alınabilmekte veya ödeme yapılabilmektedir. Belçika, Almanya, Avusturya, Fransa, İsviçre, İspanya, Birleşik Krallık ve Amerika Birleşik Devletleri’nde yerel web siteleri bulundurmaktadır. Dolar, Euro, Yen gibi birçok para birimi ile ödeme yapılabilir ve para birimleri arasındaki değişimleri Paypal kendi döviz kuruyla (Paypal sitesinden öğrenilebilir) otomatik olarak yapar (Wikipedia, 2023).
- **3D Secure Ödeme Sistemleri:** 3D Secure, 3 boyutlu bir güvenlik protokolüdür. Bu 3 boyut kart sahibi yani müşteri, internet sitesi yani işletme ve banka yani paranın kontrol edildiği yer olarak tanımlanır. Bu 3 bölgenin bilgi akışını özel şifreler ve anahtarlar doğrulanır ve aradaki bilgiyi korunur. En çok tercih edilen güvenli ödeme sistemidir ve dünyanın en büyük kart sağlayıcıları diyebileceğimiz Visa ve MasterCard tarafından desteklenir. İnternet alışveriş yaparken ödeme noktasında kart bilgilerini girmemiz gereken bir ekran çıkar ve gerekli bilgiler girildikten sonra ödeme esnasında 3D Secure ekranına yönlendiriliriz. Bu esnada kart sahibinin telefonuna banka tarafından tek kullanımlık şifre SMS yoluyla gelir ve kart sahibinin izni ve bilgisi olmadan ödeme işlemi gerçekleşmez. Kart sahibi eğer ödemeye izin veriyorsa cep telefonun gelen şifreyi ekrana girer ve alışveriş onayı verilmiş olur (Garanti, 2021).
 - İnternet alışverişlerinde sisteme kayıt olmak ve kullanmak kolaydır ve 3D Secure kart bilgileri korur, güvenilirdir.

- Koruma: Mevcut kart bilgileri, kart sahibi tarafından şifrelenir kişisel güvenlik cümlesi ile korumaya alınır.
- Kolaylık: Kart sahibinden başka hiç kimse internet alışverişi yapamaz. Şifreyi sadece kart sahibi bilir.
- Kolay Kayıt ve Kullanım: İnternet üzerinden sisteme kayıt olmak çok kolaydır. Kayıttan sonra tek yapılması gereken şifreyi girmektir.
- 3D Secure sistemi, mağazalara işlemi yapan kişinin, kartın gerçek sahibi olduğundan emin olma imkânı sağlıyor. Böylece e-ticaret işlemlerinin kötüye kullanılması ve ters ibraz olarak geri dönmesi ihtimali ciddi oranda düşmüş oluyor.
- Ödeme işlemi sırasında kart sahibinin şifresiyle onay alındığı için "ben yapmadım" ya da "benim onayım olmadan yapılmıştır" itirazları ve inkârı engellenmiş oluyor (Gür, 2020).

3.1.9. Dijital İkiz

Dijital İkiz, fiziksel dünya ve sanal dünyanın birbirine entegre olduğu, gerçek zamanlı veri aktarımı ile nesne, süreç ve hizmetlerin modellenmesi olarak tanımlanabilmektedir. Endüstri 4.0 ile önemi artan dijital ikiz teknolojisini işletmeler, ürün tasarımı, üretimi ve takibi için kullanmaktadırlar. Yapay zekâ ve makine öğrenimi kullanılarak tahmine dayalı modeller oluşturulur ve çoğu benzetim modellerinden daha doğru sonuç tahmin edilebilmektedir (Akar, 2023).

Dijital İkiz kavramı yeni olmakla birlikte dikkat çeken ve gelişmekte olan bir kavramdır. Dijital ikiz kökeni 2002 yılında Michigan Üniversitesinde PLM merkezinin oluşturulması için endüstriye yapılan sunuma kadar uzanmaktadır. “PLM için Kavramsal İdeal” adlı bu sunumda dijital ikizin tüm unsurları olan; gerçek uzay, sanal uzay, gerçek uzaydan sanal uzaya veri akışı bağlantısı, sanal uzaydan gerçek uzaya bilgi akışı bağlantısı ve sanal alt uzaylara sahip olduğu vurgulanmıştır (Grieves ve Vickers, 2016).

NASA, Dijital ikiz kavramını fiziksel modelleri, sensör verilerini ve geçmiş verileri kullanan, yüksek ölçeklemeli bir simülasyon olarak tanımlamıştır ve ilk olarak uçak ve havacılık alanında bilgi yansıtma modeli olarak uygulamıştır. Uygulamada dijital

ikiz, sağlık aracı veya sisteminin kalan ömrünü ve görev başarı olasılığını sürekli olarak tahmin eder (Glaessgen ve Stargel, 2012).

Simülasyon alışma mantığı bir ürün veya sistemin sanal versiyonudur. Dijital ikizin simülasyondan ayıran özelliği ise fiziki ve sanal sistem arasındaki veri işlenmesi sonucu gerçek zamanlı bir veri akışının olmasıdır (Arınmış, 2022).

Dijital ikiz uygulamaları eğitim, sağlık, savunma sanayisi, akıllı şehirler, akıllı fabrikalar, üretim gibi birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Kestirimci bakım faaliyetlerinin daha doğru şekilde planlaması yapılabilir ve üretim hattı verimliliği artırılabilir. Dijital ikiz kullanımının daha ekonomik ve esnek çalışmanın mümkün olduğu saptanmaktadır. Müşteri beklentileri, rekabet koşulları dikkate alındığında daha az maliyetle daha hızlı üretim yapmak işletmeleri pazarda daha ne çıkaracaktır.

3.1.10. Metaverse

Metaverse kavramını anlayabilmek için öncelikle kelime anlamını bilmemiz gerekmektedir. “Meta” ve “Universe” kelimelerinin birleşmesiyle oluşur. Yunancada “Meta”, “sonra, öte” anlamına gelen bir kelimedir, “Universe” ise İngilizcede “evren” anlamında kullanılmaktadır. Beraber kullanıldığı zaman “evren ötesi” gibi bir anlam ortaya çıkmaktadır. Neal Stephanson’un 1992 yılında yazmış olduğu “Snow Crash” adlı kitabında Metaverse kavramı direkt olarak bahsedilmese de temelleri bu dönemde atılmıştır. Kitapta “oklu evren” olarak bahsedilen bu kavram, internetin sanal gerçeklik temeline evrileceği ve insanların gerçek dünyadan uzaklaşıp sanal dünyada avatarlar oluşturup keşif yapabilecekleri anlatılmaktadır. Sanal dünyaya erişim gözlükler ve kulaklıklarla gerçekleşmektedir.

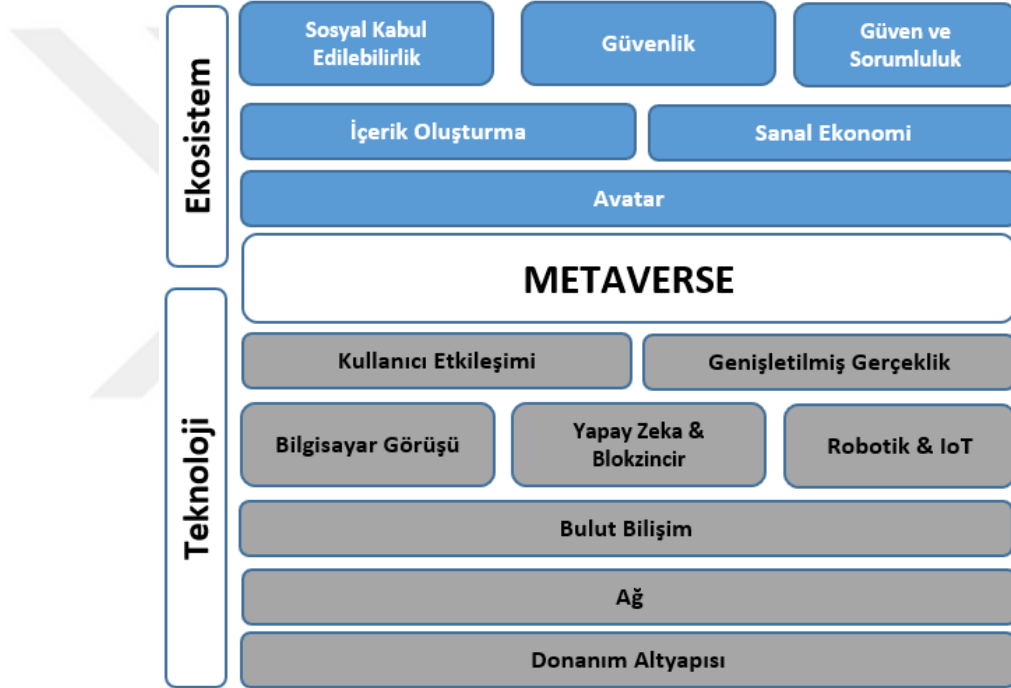
Metaverse insanların diğital dünyanın içine girmesine izin veren ayrı bir evren olarak ifade edilebilir. Bu evren alışveriş yapılabilen, iş arkadaşlarıyla toplantılara katılabilinen, sanal arkadaşlarla oyun oynanabilen, konserlere katılım gerçekleştirilebilen 3D sanal bir ortamdır. Her ne yapılsa yapılsın fiziken orada olunmasa bile o ortamın içinde olma, birliktelik hissi veren bir ortamdır.

Her ne kadar Stephanson Metaverse olgusunu ilk dile getiren olsa da 2021 yılında Mark Zuckerberg şirketlerini Meta isimli bir çatı altında toplamıştır ve bu Metaverse teknolojisine farkındalığın oluşmasında ve gelişmesinde önemli rol oynamıştır.



Şekil 3.15. Metaverse (Meta, 2023)

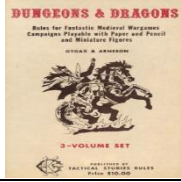
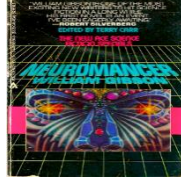
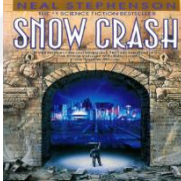
Metaverse, teknoloji ve ekosistem başlığı altında 14 alana odaklanmıştır.



Şekil 3.16. Metaverse Ekosistem ve Teknoloji İlişkisi (Lee, 2021)

1974 yılından 2020 yılına kadar Metaverse kronolojisine bakarsak;

Çizelge 3.1. Metaverse Kronolojisi (Lee, 2021)

Yıl	İsim	Tür	Görsel	Açıklama
1974	Dungeons & Dragons	Oyun		Oyuncuların karakter seçerek kurgusal dünyada karakterlere hükmedilen bir oyun türüdür.
1984	Neuromancer	Roman		Siber uzaydaki veri hırsızının sinir sistemini tedavi ettirmesi karşılığında güçlü bir yapay zekayı yok etme serüveni.
1987	AberMUD	Oyun		Bulmacalar çözülerek canavarlara saldırılarak geçilen metin macerası.
1990	DikuMUD	Oyun		Dungeons & Dragons ve AberMUD'dan esinlenilmiş sanal dünya tabanlı oyun.
1992	Snow Crash	Roman		Neal Stephenson tarafından yayınlanmış Metaverse kavramı ilk kez ortaya atılmış bilim kurgu romanı.
1995	Active World	Oyun		Kullanıcılar sanal dünyada 3D ortamları keşfeder ve içerik geliştirebilirler. Sanal dünya yaratımının ilk örneğidir.
1996	Onlive Traveler	Oyun		Avatarların bulunduğu bir oyun türü
2003	Second Life	Oyun		Oyun kullanıcılara ikinci hayatı vadetmektedir. Gayrimenkul alım satımı, tasarım, üniversite eğitimi gibi her türlü kurgu yapılabilir.

Çizelge 3.1. (Devamı) Metaverse Kronolojisi (Lee, 2021)

2011	Minecraft	Oyun		Bloklarla tasarım yapılmasına olanak sağlar.
2016	Pokémon GO	Oyun		Kullanıcılar akıllı cihazlar ile gerçek dünyada Pokémon yakalayabilir, savaştırabilir ve ticaretini yapabilir.
2017	VR Chat	Oyun		Oyun kullanıcılara sanal avatarlar aracılığıyla birbirleriyle etkileşime girmelerini olanak sağlar.
2017	Super Mario AR	Oyun		Artırılmış Gerçeklikle Süper Mario oynanmasını sağlamakta.
2017	CryptoKitties	Oyun		Blockchain oyunudur. Oyuncuların Ethereum kullanarak NFT satın almasına ve satmasına olanak sağlar.
2020	Alien Worlds	Dizi		Dünyadaki yasaları diğer gezegenlere uygulayarak uzaylı yaşamının nasıl olacağını anlatan bilim kurgu belgeseli.

3.2. İşletmelerde Dijital Dönüşüm ve Alanları

3.2.1. Yeni Pazar Şartları

Kotler, Amstrong, Wong ve Saunders (2008) pazarlamayı, işletmelerin malları/hizmetleri hedef kitleye ulaştırmak için yapılan tüm operasyonel uygulama ve iletişim stratejilerini belirleme süreci olarak tanımlamıştır.

Pazarlama, bireysel ve organizasyonel hedeflere ulaşmak için gerekli olan mal, hizmet ve fikirlerin fiyatlandırılması, geliştirilmesi ve dağıtılmasının planlama ve uygulama sürecidir (Taşkın, 2007).

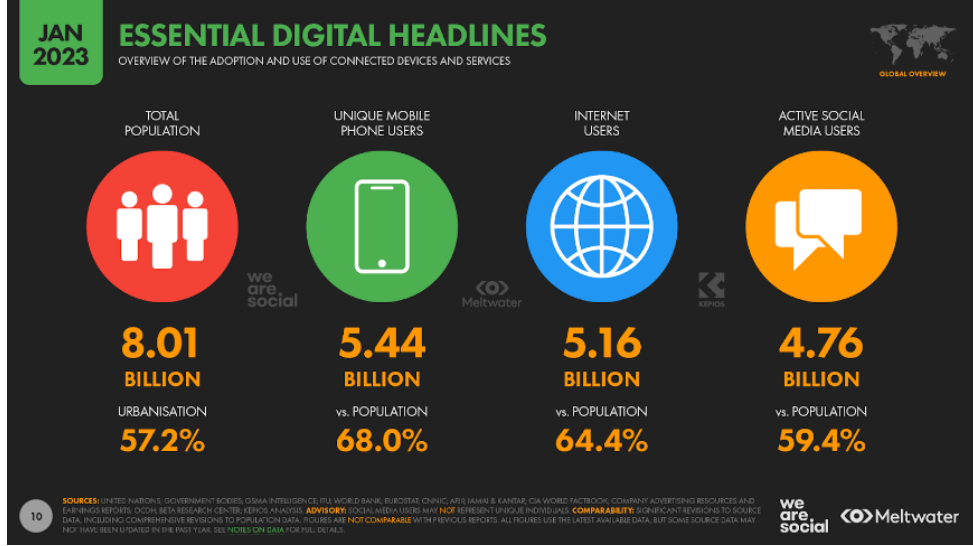
Genel ifadeyle pazarlama, müşterinin kim olduğunun, neye ihtiyaç duyduğunun ve neye değer verdiğinin farkına varılmasıdır. Müşterilerin ihtiyaçlarını belirlemek ve işletmemizin bu ihtiyaçları nasıl karşılayabileceğini bulmak, bununla ilgili stratejiler geliştirmek ve en nihayetinde ürünün müşterinin ihtiyacı doğrultusunda satılmasını sağlamak pazarlamanın rolüdür.

Dijitalleşen dünyada pazarlamanın rolü de dijitalleşmeye kaymaktadır. Geleneksel pazarlamada marka tanıtımı ve ürün pazarlaması reklam panoları, el ilanları, radyo ve televizyon reklamlarıyla sınırlı kalmakta idi. Günümüz pazarlamasında ise dijital pazarlama, sosyal medya pazarlaması gibi çeşitli pazarlama türleri doğmuştur. Özellikle sosyal medya çağımızın en önemli pazarlama kampanyası aracı haline gelmiştir.

Dijital pazarlama da teknolojinin gelişimine paralel olarak her geçen gün artmaktadır. Şirketler ise bu gücü kullanarak mesajlarını akıllı reklamlar ile hedef kitleye kolaylıkla iletebilmektedir. Dijital pazarlamanın gücünü kullanan şirketler rakipleriyle rekabet edecek seviyede kalabiliyorlar ve rakiplerine göre daha avantajlı konuma gelebiliyorlar. Bu rekabeti üstün bir şekilde sürdürebilmek için dijital pazarlamanın güçlü yanlarını doğru ve kullanılabilir düzeyde bilmek ve değerlendirmek gerekmektedir. Sosyal medya ve internetin çevrelediği dijital çağımızın dünyasında her markanın dijital pazarlamaya başvurması kaçınılmazdır (Işık, 2023).

Teknoloji ve internetin gelişmesiyle beraber getirmiş oldukları yenilikler son 30 yılda insanların ilişki kurma şekillerini değiştirmiştir. Bu değişimden şirketler de etkilenmiş ve müşterilerle olan iletişim ve ilişkileri değişime uğramıştır. Geleneksel pazarlama şekilleri olan radyo, televizyon, gazete gibi tek taraflı kitle iletişim araçları yerini internet, arama motorları ve sosyal medyaya bırakmış ve bu sayede daha çok müşteriye ulaşım sağlanarak marka bağımlılığı oluşturulup iki yönlü ilişkiler kurulması sağlanmıştır (Kotler vd., 2008). Bu pazarlama yaklaşımı bilgisayarlar, akıllı telefonlar, tabletler gibi elektronik cihazlar sayesinde dijital medya ile gerçekleştirilmektedir (Keskinçinç, 2023).

Kemp (2023)'in araştırmasına göre dünya genelinde 5,44 milyar benzersiz telefon kullanıcısı 5,16 milyar (nüfusun %64,4'ü) internet kullanıcısı olduğu göz önünde bulundurulursa artık geleneksel pazarlama yerini neredeyse tamamen dijital pazarlamaya bırakmaktadır.



Şekil 3.17. Dijital 2023 – Temel Başlıklar (Kemp, 2023)

3.2.2. Yeni İş Modelleri

Firmalar, yeni ürün veya hizmet oluşturmak için bilgi sistemleri ve teknolojileri yoğun şekilde kullanmaktadırlar. Yeni oluşan pazar şartları her türlü kararın verildiği esas yerdir ve bu pazara ayak uydurabilmek için teknolojilerini bu standartlara çıkarmak mecburiyetindedir. Aksi taktirde pazarda tutunabilme ve sürekliliği sağlama şansları yoktur. Ayrıca yeni iş modellerinin oluşması bu pazardan doğmaktadır ve bu modellerin oluşturulabilmesinde bilgi sistemleri kullanımı ve üretilen bilgilerin analizi tartışılmayacak bir gerçektir (Ersöz ve Ersöz, 2015). Pazar payını artırmak, pazara adapte olabilmek için bazen model değişimine gidilmesi gerekmektedir. Firmalar bazen geleneksel yöntemlerle yapılan işleri otomatikleştirmek ister ve bu sistemin bütünü kapsayan bir değişimse buna paradigma denir. Bu yeni iş modeli sistemin tamamen otomasyona dönmesi, sistemin tamamının robotlaşması kulağa hoş gelse de doğru fayda/maliyet analizinin yapılmaması durumunda süreklilik arz eden maliyetlere sebebiyet verebilir (Ersöz ve Ersöz, 2015). Ancak gelişen teknolojiyle, pazardaki müşteri profili ve isteklerinin değişmesiyle birlikte firmalar için bilgi sistemleri kullanımı, sistem yönetiminin önemi artmıştır ve sistemin tamamının olmasa bile bir kısmının otomatikleşme, robotlaşma ihtiyacı doğmaktadır.

3.2.3. Yeni İş Süreçleri

Pazarın değişmesi, modellerin değişmesi iş süreçlerinin bir veya birkaçının da yeniden tasarlanmasını gerektirmektedir. Çevresel faktörler ve rekabet ortamında dış dinamikler, teknolojik ve yapısal değişiklikler kaynaklı iç dinamikler iş süreçlerinin

yeniden değerlendirilmesini zorunlu hale getirmektedir (Ersöz ve Ersöz, 2015). Örneğin bu çalışmada yer alacak Aks grubunun dövme firması tarafından dövülüp alınması yerine kaynak makinası alınarak kısa ve uzun parçanın kaynak edilmek istemesi düşüncesi bu yeni iş süreçlerine güzel bir örnektir. Bu sayede maliyet azaltılarak pazarda rekabet gücü artacaktır. Maliyetin yanı sıra üretim zamanı kısaltılarak müşterilere cevap verme hızı artacak ve yine rekabet gücü artacaktır. Bir başka örnek kurulmak istenen üretim ve depo yönetim sistemi ile verimlilik artışı sağlanacak, Toplam Kalite Yönetimi felsefesi ile kestirimci bakımlar yapılacaktır ve plansız duruşlar önlenerek tezgâh duruşları nedeniyle firmanın pazar payı düşmeyecektir.

3.3. Dijital Dönüşümü Tetikleyen Etmenler

Günümüzde her sektörde dijitalleşme, bilgi sistemlerine geçiş, otomasyon gibi kavramların son derece önemli olduğu görülmektedir. Teknolojinin her geçen gün gelişmesiyle firmalar teknolojiye ayak uydurmak mecburiyetindedir. Değişen pazar şartları firmaların iş modellerini, süreçlerini değiştirmekte ve dijital ortama ayak uydurmak zorunda kalmaktadırlar. Bu dönüşüme hazır olan firmalar ilerleme kaydederken geride kalan firmalar belki de yok olmaya mahkûm kalacaklardır. Dijital dönüşümü tetikleyen unsurlar şöyle sıralanabilir;

- Tüketici davranışlarının değişimi,
- Teknolojinin ilerlemesi,
- Firmaların pazar payını kaybetmemek istemesi,
- Rekabetin artması,
- Tüketicilerin kişiselleştirilmiş beklentileri,
- Maliyet azaltma çalışmaları,
- Firmaların doğru veri analizi yapmak istemesi.

4. DİJİTAL DÖNÜŞÜM UYGULAMA SÜRECİ

4.1. Müşteri İlişkileri Yönetimi (CRM)

İngilizcesi Customer Relationship Management, Türkçeye çevrilmiş hali Müşteri İlişkileri Yönetimi'dir ve kaynaklarda kısaltmaları olan CRM veya MİY olarak geçmektedir. Bu kavramlar dışında “ilişkisel pazarlama” veya “müşteri yönetimi” olarak kullanılan kaynaklar da bulunmaktadır.

Değişen müşteri yapısı nedeniyle işletmeler müşterilere yönelik stratejilerini gözden geçirmeyi ve bu değişim nedeniyle işletmeler yeniden yapılanmaya mecbur hale gelmiştir. İşletmelerin müşterilerine yönelik temel stratejisi müşteri ilişkileri yönetimi yaklaşımı olmalıdır. Bu yaklaşımda işletmenin odak noktasında müşteri vardır ve müşteri memnuniyetinden ziyade müşteriye değer katma anlayışı vardır (Demir ve Kırdar, 2009).

“Müşteri ilişkileri yönetimi; bir işletmenin doğru ürünü ya da hizmeti doğru müşteriye, doğru zamanda, doğru kanaldan, doğru fiyattan ulaştırmak suretiyle giderek artan düzeyde sadık ve kârlı müşterileri belirleme, nitelendirme, kazanma, geliştirme ve elde tutma yolunda gerçekleştirdiği tüm faaliyetlerdir” (Uysal ve Aksoy, 2004, s. 131).

- CRM, müşteri ilişkilerinde müşteriyi anlama ve beklentilerini iyi bir şekilde yönlendirme sürecidir.
- CRM, ikili ilişkileri yönetmek adına kullanılan tüm metodoloji ve ürünlerin tamamını içermektedir.
- CRM, müşteriye temas eden her noktanın entegrasyonu ve iyileştirilmesidir.
- CRM, müşteriyi merkeze konumlandıran ve yakın ilişki kurulmasını sağlayan yönetim felsefesidir.
- CRM, satış, pazarlama ve servis süreçlerini daha etkin hale getirme stratejisidir.
- CRM, müşterinin sadakatini ve değerini artırma bilimidir.
- CRM, iş ve enformasyon akışlarının öncelikle müşteri ihtiyaçları ve şirket ihtiyaçlarına göre tasarlanmasıdır.

- CRM, müşteri bilgilerini tek bir sisteme bağlamak ve bunu temas noktasına odaklamaktır.
- CRM, müşteriye tanımak, ihtiyaçları anlamak ve müşteriye uygun ürün/hizmet geliştirmektir (Duran, 2001).

CRM konusunda birçok farklı tanımlamalar yapılmıştır ancak müşteriye tanımak, müşteri ihtiyaçlarını belirlemek, müşteri odaklı olmak ortak payda olarak kabul edilebilir. Müşteri ilişkileri yönetiminin genel amacı ise müşteri ile temas halinde olan tüm kanalların entegrasyonu ile müşteri ihtiyaçlarına uygun ürün ve/veya hizmetler üreterek ilişkilerin iyileştirilmesidir.

4.2. Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi (PLM)

Endüstri 4.0 ile birlikte dijitalleşen üretim hattında hammaddelerin ve çeşitli operasyonlar sonrası ortaya çıkan mal veya hizmetlerin tasarım fikir aşamasından, ömrünün bitip tekrar kullanılamayacak duruma gelmesine dek geçen süreci takip etmek zorunlu ve oldukça güç hale gelmiştir. Ürün yaşam döngüsü, tüm bu sürecin her adımını izlemek ve bütünsel olarak yönetmek olarak tanımlanmaktadır.

1980'li yılların sonunda teknolojinin gelişmesiyle birlikte teknik tasarımlar bilgisayar destekli tasarımlara dönüşmeye başlamış ve bu yeni bir dönemin başlangıcı olmuştur. Bu yeni dönemle birlikte daha başkalaşmış tasarımlar ortaya çıkmaya başlamıştır. Yıllar geçtikçe bilgisayar destekli üretim yapılabilir hale gelmiştir. Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) yazılımları ile tasarlanan parçalar, Bilgisayar Destekli Üretim (CAM) yazılımları ile üretimleri programlanıp Bilgisayar Destekli Sayısal Kontrol (CNC) makinelerle üretimi yapılan bir dönem başlamıştır. Her yapılan işin bilgisayara bağımlı olması nedeniyle ihtiyaç duyulan ve ortaya çıkan verinin yönetilmesi için Ürün Veri Yönetimi (PDM) kavramı ortaya çıkmıştır. PDM kavramı yalnızca mühendislik birimlerini kapsamaktadır ve ürün pazarlaması, tedarik zinciri gibi alanlarda kullanılmaması nedeniyle tüm bu süreçleri kapsayan Ürün Yaşam Döngüsü (PLM) kavramı ortaya çıkmıştır (Ötleş vd., 2015; Mesihovic ve Malmqvist, 2000).

PLM, son yıllarda insanları, süreçleri, iş sistemlerini ve ürünün tüm yaşam döngüsünü birleştiren bir iş anlayışı olarak önerilmektedir (Ötleş vd. 2015).

PLM iki ana kökten çıkmaktadır. Bu köklerden biri kendi içinde Malzeme Kaynak Planlaması (MRP), Kurumsal Kaynak Planlaması (ERP), Müşteri İlişkileri Yönetimi

PLM, tanımı açıkça yapılmış, belgelenmiş, planlanmış ve belirli bir tasarıma göre gerçekleştirilmiş ürünleri tasarımdan hurdaya ayrılınca dek bir yaşam döngüsü içerisinde yönetme etkinliği anlamına gelmektedir. Bu sayede maliyetleri azaltmak, kârı artırmak, ürün değerini artırmak gibi şirketin temel hedeflere ulaşmasını sağlar. Ürünler şirketlerin ana gelir kaynaklarıdır ve bu nedenle şirketler ürüne müşteri beklentilerini karşılayacak şekilde odaklanmalıdır. Ürünler, yaşam döngüsü boyunca üst yönetim tarafından izlenebilmeli ve kâr marjının olduğundan emin olunmalıdır (Stark, 2007).

Product Lifecycle Management

The diagram illustrates the Product Lifecycle Management (PLM) framework, structured into concentric layers representing different levels of abstraction and management focus:

- Core (Product):** The central focus, containing **data** (geometry, metadata, structure).
- Technology Layer:** Surrounds the core, including **CAx**, **PDM**, **NPDI**, **CPD**, **ETO**, **MRO**, **CAQ**, and **CAPP**.
- Methods Layer:** Surrounds the technology layer, including **EDA**, **Concurrent**, **DFMA**, **AEC**, **DFSS**, and **Req. Man.**.
- Tools Layer:** Surrounds the methods layer, including **CAE**, **CAM**, and **MPPM**.
- Process Layer:** Surrounds the tools layer, including **Develop**, **Realize**, and **Use**.
- People Layer:** The outermost layer, representing the organizational context, including **Suppliers**, **Manufacturing**, **Sales**, **Customers**, **Service**, **Marketing**, and **Design**.

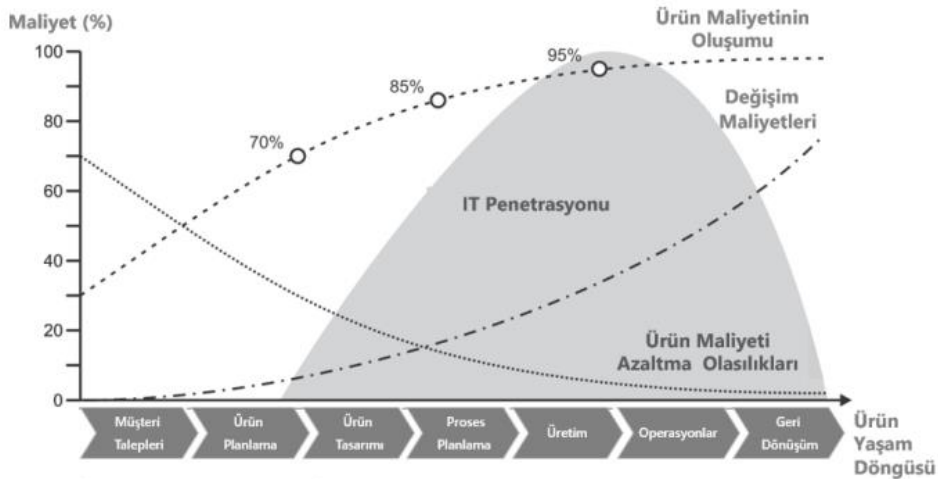
Arrows indicate a clockwise flow of information and processes between these layers, emphasizing the iterative and interconnected nature of PLM.

37

PLM yazılımında çalışma yapılan projenin tüm mühendislik, üretim, servis, kalite kontrol, dokümantasyon aşamaları yazılım içerisinde saklı tutulur. PLM yazılımında her kullanıcı yetki sınırları çerçevesinde istediği bilgiyi alır ve üzerinde gerekli revizyonları yapar. Yapılan revizyondan sonra tekrar aynı platforma koyar ve tüm departmanların bilgisine sunar. Böylece ortak bir yerde her departman veya kullanıcı kendi işine yarayan dosyaya hızlıca erişim sağlar, en güncel hallerini kullanır ve karışıklık, gecikme vs. gibi olumsuzluklar ortadan kalkmış olur.

PLM ürün odaklıdır. Bu yönüyle SCM, CRM ve ERP gibi diğer faaliyetlerden farklılaşır bunun sebebi ise işletmelerde bulunan tüm birimler üretimi gerçekleştiren ürünleri bilirler ancak müşteri, tedarikçi veya insan kaynaklarını tüm çalışanlar bilemez. Bu nokta PLM'i daha güçlü kılar ve diğer sistemlerden ayırır (Stark, 2007).

Ürün maliyetlerinin %70'i tasarım aşamasında oluşur ve bu maliyetler süreç boyunca artar ve son halini alır. Bu sürecin ilk aşamalarında (talepler, planlama ve tasarım) değişim maliyetleri minimum seviyededir. Şekil 4.2.'de görüldüğü gibi tasarım aşamasında düşük olan değişim maliyeti, süreç ilerledikçe planlama ve üretim aşamalarında oluşan hatalar ve bu hataların giderilmesi için donanım ve üretim ekipmanlarında yapılan değişiklikler nedeniyle artış göstermektedir (Eigner ve Stelzer, 2009).



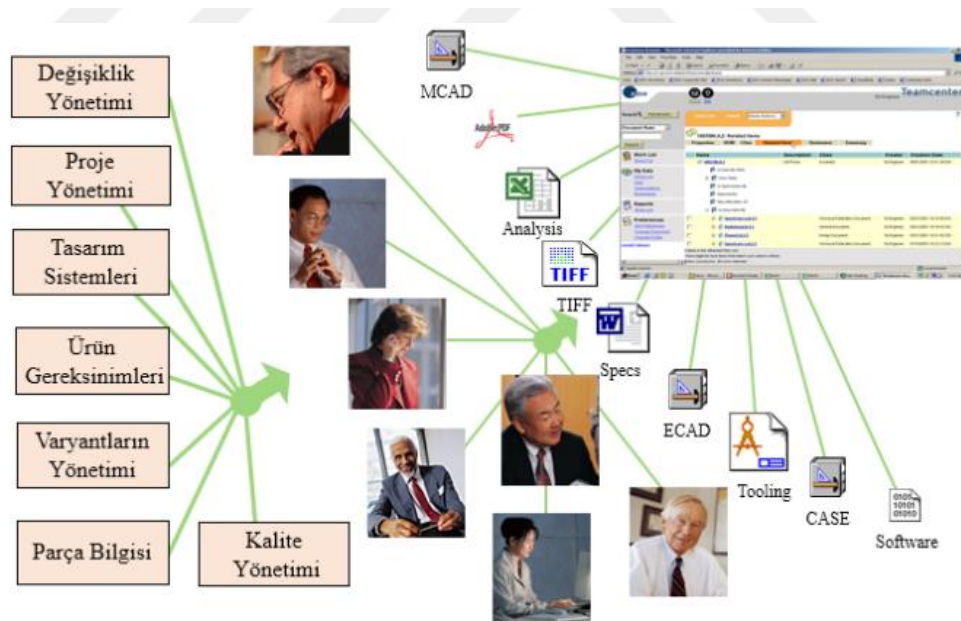
Şekil 4.2. Ürün Maliyet Grafiği (Eigner ve Stelzer, 2009)

4.2.1. Ürün Yaşam Döngüsü Avantajları ve Dezavantajları

PLM kullanımının firmalara sağladığı avantajlar şöyle sıralanabilir;

- Departmanlar arası iletişimin daha hızlı ve anlaşılır olmasını sağlar.

- Yeni tasarımların başarılı olma ihtimalini yükseltir.
- Maliyetleri düşürür. Firmanın rekabetçi gücünü artırır.
- Üretim aşamaları belirlenerek getirisi olmayan süreçler ortadan kaldırılır ve zaman kayıplarını azaltır.
- Yeni müşterilere ulaşım süresini kısaltır.
- PLM, bir şirketin inovasyonunu geliştirir, yeni ürünlerin pazara girme süresini kısaltır ve mevcut ürünlere destek ve yeni hizmetler sağlayarak gelirlerin artırılmasını sağlar (Stark, 2016).
- PLM önceden aynı ürün de olsa birbirinden bağımsız çalışan süreçleri, disiplinleri, fonksiyonları ve uygulamaları birleştirir (Şekil 4.3.) (Sayer ve Ülker, 2014).
- Başka bir önemli gelişme ise geçmişte üretimlerde kullanılan mekanik, elektrik, elektronik, informatik gibi mühendisliklerin yerini, günümüzde mekatronik, bilişim, akıllı malzemeler, akıllı üretim gibi mühendislik bilimleri almaktadır. PLM, bu yeniliklerin üretimde kullanılmasına olanak vermektedir (Özden, 2016).



Şekil 4.3. PLM’de Bütünleşik Yaklaşım (Sayer ve Ülker, 2014)

PLM kullanımının dezavantajları ise;

- Maliyeti yüksek olması, kurulma ve uygulamaya alma sürecinin uzun olması, yetişmiş eleman sayısının azlığı dezavantaj olarak kabul edilmektedir (Özden, 2016).

- Her alanın birbirine bağılı olarak ilerlemesinden dolayı yapılacak küçük hatalar ürünün ilerleyen safhalarında büyük sorunlara yol açacaktır ve bu durum ürünün pazara çıkma sürecini uzatacaktır (Ötleş vd., 2015).

PLM günümüzde bütün sektörlerle yavaş yavaş girmektedir. PLM ürün odaklıdır ve çok geniş kullanım alanına sahiptir. Gıda, beyaz eşya ürünleri, havacılık ve uzay sanayi ürünleri, hızlı tüketim malları, ilaç sektörü, yazılım, ev gereçleri, haberleşme, biyomedikal cihazlar, enerji santralleri, oyuncak sektörü, makine ekipmanları ve mega yapılar gibi çok farklı ürün gruplarında uygulama alanı bulunmaktadır (Sayer ve Ülker, 2014).

4.2.2. PLM Yazılımları

PLM yazılımı, küresel tedarik zincirleri tamamında ürün yaşam döngüsünün her adımında tüm bilgileri ve süreçleri yöneten bir çözümdür. Bu çözüme hammaddeler, ürünler, evraklar, gereksinimler, mühendislik emirleri, kalite iş akışları, müşteri geri bildirimleri de dahildir. Tüm bu süreci yönetmek için PLM yazılımı kullanmak oldukça önemlidir. Bunun için öne çıkan bazı yazılımlar;

- ORACLE – PLM 4.0
- WINDCHILL
- 3D EXPERIENCE
- SIEMENS – TEAMCENTER
- SOLIDWORKS
- CATIA
- ARAS PLM

Bu yazılımlar gibi birçok yazılım bulunmaktadır. Her bir yazılımın arayüzleri farklı olsa da kullanım amaçları aynıdır ve sektöründe kalıcı olmak isteyen, büyük firmalarla rekabet etmek isteyen her firmanın bir PLM yazılımı kullanması zorunlu hale gelecektir.

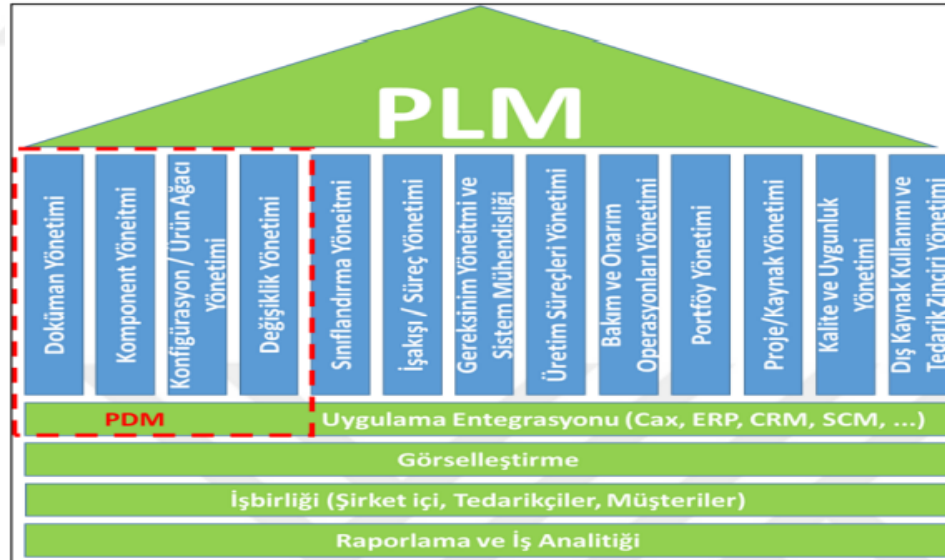
4.3. Ürün Veri Yönetimi (PDM)

PDM, Product Data Manager kelimesinin kısaltmasıdır ve Ürün Veri Yönetimi olarak çevrilmiştir.

PDM, dijital ortamda depolanan her detay ve boyutta olan tüm verileri, süreçleri bilgileri ve iş akışlarını kontrol eden bir yazılımdır. PDM yazılımı ürün ile ilgili tüm dokümanları, teknik bilgileri, sistemleri dijital ortamda saklar ve düzenleme yapılması gerekirse bu düzenlemeler yapılabilir. Daha çok konstrüksiyon ve tasarım yapılan firmalar için önerilmektedir (Özden, 2016).

PDM kavramı 1980’li yıllarda verilerin çok olmadığı zamanlarda ortaya çıkmış bir kavramdır (Kumar ve Midha, 2001). Zaman içerisinde bilgisayar destekli tasarım, bilgisayar destekli üretimin gelişmesiyle işlenecek veri miktarı artmış ve bu verileri işleyip anlamlı bilgiler halinde ihtiyaç duyan herkese sunan bir yazılım ihtiyacı doğmuştur. PDM, farklı formatta ve türde verileri bir araya getirip istenildiği zaman istenilen kişilere kolay ve hızlı şekilde sunan bir yazılımdır. Bu sayede mühendislik çalışmalarına daha fazla zaman ayrılabilir (Peltokoski vd., 2012).

PDM sistemleri, PLM faaliyetlerinin yönetiminde kullanılmaktadır. Şekil 4.4.’te PLM’in kapsamı ve PDM ile arasındaki ilişki gösterilmektedir (Peltokoski vd., 2012). PDM yazılımı doğru yönetilmediği müddetçe PLM yazılımı da düzgün çalışmayacaktır.



Şekil 4.4. PDM-PLM ilişkisi (Peltokoski vd., 2012).

PDM sistemi her zaman bilgi ambarı, doküman yönetimi ve veri yönetimi gibi bazı temel modülleri içerir. Bilinmelidir ki, her imalat firmasının kendine özel PDM sistemi olmalıdır. Firmaların PDM sistemleri ne tür ürünlerin üretildiğine ve ne tür bir tasarıma sahip olduğuna bağlıdır. Örneğin, A şirketi müşterilere özel filtreler üretiyor

B şirketi ise seri imalat yapıyorsa bu iki firmanın PDM sistemleri tamamen farklıdır. Uygun PDM sistemi bulmak zaman alan bir süreçtir (Peltokoski vd., 2012).

Üretim şirketleri, iş ortamlarında yeni tür zorluklarla karşı karşıyadır. Maliyet azaltmalarına ve daha yüksek operasyonel verimlilik ile birlikte küreselleşme zorlukları ürün yaşam döngüsünü kısaltan daha karmaşık ürünler, artan yasal ve çevresel gereksinimler nedeniyle sürekli yenilik faaliyetlerine ihtiyaç vardır (Ameri ve Dutta, 2005). İş problematiği değiştiğinde, eski çözümler artık bu zorluklara cevap vermek için yeterli değildir. Ürün yeri yönetimi özellikle mühendislik ve imalat endüstrisindeki yeni zorluklarla mücadele ederken şirketler için önemli konulardan biri haline geldi. Ürün verilerini yönetmenin ana hedefi, hızlı ürün geliştirme, daha kısa sürede pazara sokma, daha düşük maliyetler ve müşteri ihtiyaçlarına karşı daha iyi sorumluluk elde etmektir (Kovacs vd., 1998; Kumar ve Midha, 2001).

PDM, CAD gibi gerçek bir yazılım değildir. PDM, belirli ürünlerle bağlantılı verileri koordine etmeye ve işlemeye yardımcı araçtır. Bir çizim, veri sayfası veya hesaplanmış test verileri bir ham veri olabilir. Daha sonra bu ham veriler ürün bilgisi hakkında büyük veriler olacaktır (PDM'deki depolama konumu, ürün yapısı vb.). Şirket, farklı formatlarda çeşitli türde verileri üretir ve PDM, bu verileri bir araya toplayan ve çalışanların belirli bir formatta açmasına yardımcı olan bir araçtır (Örneğin PDF formatı). PDM sistemi aynı zamanda çalışanların bilgileri kolay ve hızlı bir şekilde bulmasına yardımcı olur, böylece gerçek mühendislik çalışmalarına daha fazla zaman harcanabilir (Peltokoski vd., 2012).

PDM süreci yıllar içerisinde belli aşamalar kaydederek günümüze gelmiştir.

Basamak 1 - Geleneksel Sürec

- Geleneksel süreçte müşterilerle olan veri değişimi yok denecek kadar azdır.
- Veri girişi mühendislik çizimlerinde manuel olarak yapılır.
- PDM sistemini açık ve anlaşılır değildir.
- Ürünü tanımlayan bilgilerin firmanın kalitesini gösterdiği gerçeği yok sayılır.
- Ürün geliştirme için gerekli olan belirlenmiş bir bilgi yoktur.
- İş akışının ürün geliştirme için önemli olduğu bilinmez.
- Manuel değişim yönetimi vardır.

- Bütün departmanların ayrı ayrı bilgi veri tabanı vardır.
- Konfigürasyon yönetimi yoktur.
- PDM'in entegre olduğu bilgisayar sistemi yoktur.

Basamak 2 - Uyanış Süreci

- Uyanış sürecinde müşterilerle olan veri değişimi azda olsa vardır.
- Mühendislik çizimlerine manuel olarak veri girişi yapılır.
- Belirsiz ürün geliştirme süreci vardır.
- Manuel değişim yönetimi vardır.
- Bütün departmanların ayrı ayrı bilgi veri tabanı vardır.
- Bazı lokal PDM uygulamalarında belirli aktiviteler yapılır.
- Temel PDM fonksiyonları kullanılır.
- Departmanlar arasında sınırlı miktarda bilgi akışı vardır.
- PDM sistemini birkaç çalışan kullanır.
- Konfigürasyon yönetimi vardır ancak etkin değildir.
- PDM ve CAD sistemi arasında bazı manuel müdahalelere ihtiyaç duyulan temel bir entegrasyon vardır.

Basamak 3 - Adaptasyon Süreci

- Adaptasyon sürecinde müşterilerle olan veri değişimi daha sık hale gelmiştir.
- Fonksiyonlar arası bir elektronik depolama vardır.
- Ürünü tanımlayan bilgilerin firmanın kalitesini gösterdiği gerçeği anlaşılmaya başlanmıştır.
- Doküman listeleri oluşturulmaya başlanmış ancak veriler yetersizdir.
- PDM yazılımının gerekliliği şirket bünyesinde kabul görmüştür.
- Ürün geliştirme sürecinin parçaları tanımlanmıştır.
- Otomatik iş akışı değişim yönetimi gibi aktiviteler için oluşmuştur.

- Birçok PDM uygulaması kullanımdadır ve bazıları entegre olmuştur.
- PDM kullanıcılarının sayısı mühendislik ve ürün geliştirmede artmıştır.
- Mühendislik bilgisi akışı departmanlar arasında sağlanmıştır.
- PDM ile CAD ve MRP/ERP sistemleri arasında bazı manuel müdahalelere ihtiyaç duyulan temel bir entegrasyon vardır.

Basamak 4 - İlerleme Süreci

- İlerleme sürecinde müşterilerle olan veri değişimi sürekli hale gelmiştir.
- PDM sistemi kurumsal çaptadır.
- Ürün geliştirme süreci tam olarak tanımlanmıştır ve gerekli bütün bilgiler sağlanmıştır.
- Data ve doküman yönetimi, esnek yönetim, değişim kontrolü, iş akışı yönetimi, komponent yönetimi, konfigürasyon yönetimi, proje yönetimi ile tam entegre olmuş PDM uygulamaları.
- PDM sistemindeki fonksiyonların çoğu kullanılabilir.
- PDM kullanıcılarının sayısı mühendislik ve ürün geliştirme dışında da artmıştır.
- Departmanlar arasında yüksek miktarda bilgi akışı vardır.
- PDM ile CAD ve MRP/ERP sistemleri arasında bazı manuel müdahalelere ihtiyaç duyulmayan tam ve otomatik bir entegrasyon vardır (Özdemir, 2017).

4.4. Malzeme İhtiyaç Planlaması (MRP)

İngilizcesi Material Requirements Planning'in Türkçe'ye çevrilmiş hali Malzeme İhtiyaç Planlamasıdır ve kaynaklarda kısaltmaları olan MRP veya MİP olarak geçmektedir. MRP sistemi siparişin alınması, stok kontrolü, ürün ağaçları, üretim ve zamanı yönetmek olarak kullanılan bir üretim yönetim sürecidir. MRP, PLM ve PDM yazılımları gibi firmaların olmazsa olmazlarından ve çoğu küçük işletmeler sistematik olmasa da aslında bu sistemi kullanmaktadırlar. Malzeme ihtiyaç

planlamasıyla ilgili literatürde oldukça fazla çalışma vardır ve işletmeler için oldukça faydalı bir bilgi sistemidir.

“Malzeme ihtiyaç planlaması belli ürün veya ürün grubuna ait üretim planını esas alarak, ürünü bileşenlerine ayıran ve böylece üretim girdi miktarlarını tespit edip işletmede sipariş ve kontrol imkânı tanıyan bilgi sistemidir” (Akçay, 2020, s. 32).

MRP, ürün ağacı yardımıyla nihai ürün için hazırlanan ana üretim çizelgesini ihtiyaç duyulan parça ve malzeme çizelgesine çevirerek hammadde satın alma ve üretim emirleri oluşturan envanter yönetim tekniği olarak adlandırılmaktadır. Bu sistem ana üretim çizelgesinden ihtiyaç duyulan nihai ürünün ne kadar ve ne zaman üretilmesi gerektiğini öğrenir, ürün ağaçlarından gerekli olan alt parçaları ve miktarları hesaplar. Hesaplanan bilgileri stok bilgileriyle karşılaştırır ve ihtiyaç duyulan her bir alt parçanın ne zaman ve ne kadar sipariş edilmesi gerektiğini belirler (Talu, 2004).

Ana üretim çizelgesinden hareketle üretimin kontrol edilmesi şirketler için müşteri ilişkilerinin daha iyi oluşmasına, etkin bir iç kontrol sisteminin oluşmasına, üretim maliyetlerinin azalmasına ve geleceği planlamada etkin bir şekilde cevap vermeye olanak sağlaması bakımından oldukça önemlidir (Tanyaş, 1988).

Joseph Orlicky 1964 yılında malzeme ihtiyaç planlamasını geliştirmiştir. 1964 yılında MRP’yi Black & Decker şirketi ilk kez kullanmış ve projenin lideri Dick Alban’dır. 1975 yılına gelindiğinde ise 700 şirket MRP kullanmaya başlamıştı bile. 1981 yılına kadar yaklaşık 8.000 şirket artık MRP kullanmaya başlamış ve katlanarak devam etmiştir. Planlı ve sorunsuz bir üretim gereksiniminden ortaya çıkan MRP kavramı;

- Üretim için gerekli ürün ve hammadde ihtiyaçlarını belirleyip bu ihtiyaçların zamanında giderilmesi için tedbirler alır,
- Üretimin kontrolünü gerçekleştirir,
- Siparişlerin zamanında teslimatı için hammadde ve yarı mamullerin takibini yapar,
- Bunlarla birlikte envanter seviyesini optimuma indirmeye çalışır.

MRP Sisteminin Girdileri ve Çıktıları

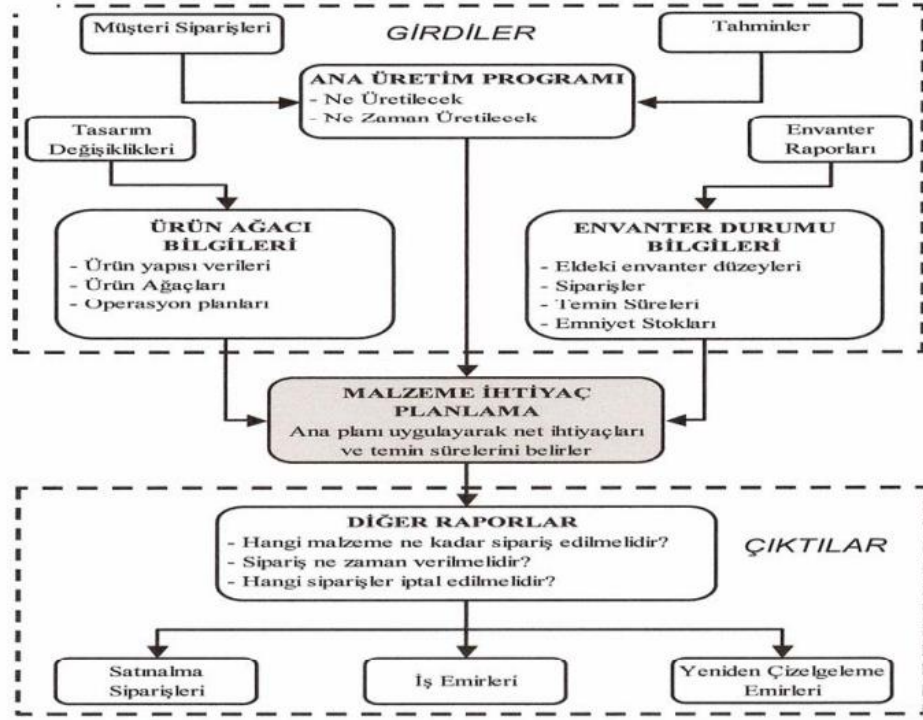
MRP sistemi bazı girdiler ve çıktılar üzerine kuruludur.

MRP Girdileri

- **Ana Üretim Planı:** Üretilecek olan ürünlerin ne zaman ve ne kadar üretileceği bilgisini kapsar. İçerinde müşteri siparişleri, satıcı siparişleri, servis parça ihtiyaçları, tahminler, fabrikalar arası siparişler bulunur.
- **Ürün Ağaçları:** MRP için ürün ağaçları çok önemli bir yer sahiptir. Aslında her şey ürün ağaçları üzerinden döner ve ilk yapılması gereken ürün ağaçlarının ve buna bağlı olarak kullanım miktarlarının sisteme doğru bir şekilde girilmesi gerekmektedir.
- **Stok Yönetimi:** Genelde işletmelerde birden çok depo bulunmaktadır. Hammadde deposu, yarı mamul deposu ve mamul deposu. Depoda bulunan stokların güvenilir ve doğru olması MRP verilerinin doğru olması anlamına gelecektir. Bu depolar dışında üretim içerisinde dönen malzemeler iş emirleri üzerinden takip edilmektedir.

MRP Çıktıları

- **İş Emirleri:** Üretilecek ürünlerin ihtiyaç miktarı kadar ve istenirse güvenlik stoğu miktarı kadar üretime aktarılması.
- **Yeniden Çizelgeleme Emirleri:** Açılan iş emirlerinin yeniden düzenlenmesi.
- **Satın Alma Siparişleri:** İhtiyaç olan hammadde isteklerini satın alma departmanına iletilir ve satın almacı hammaddelerin satın almasını yapar.



Şekil 4.5. MRP Sistemi (Yılmaz, 2004)

MRP Avantajları

- Stok miktarlarını düşürür. Böylelikle stok maliyeti azalmış olur.
- Operatör verimliliğini artırır ve planlı üretim yapıldığı için fazla mesai durumunu ortadan kaldırır.
- Satın alma maliyetini düşürür. İhtiyaç, güvenlik stoğu ve termin sürelerine göre satın alma yapılır.
- Daha fazla kar elde edilir. Boş vakitlerin gereksiz hareketin önüne geçerek maliyetleri düşürür.
- Raporlama ile analizi daha verimli hale getirir.

4.5. Üretim Kaynak Planlaması (MRP II)

İngilizcesi Manufacturing Resource Planning'in Türkçe'ye çevrilmiş hali Üretim Kaynak Planlamasıdır ve kaynaklarda kısaltmaları olan MRP II veya ÜKP olarak geçmektedir. MRP II isminden de anlaşıldığı üzere eldeki tüm kaynakların etkin ve

verimli kullanılması, ne zaman, nerede ve ne kadar hammaddeye ihtiyaç duyulursa o kadar hammaddenin bulundurulması için geliştirilmiş planlama tekniğidir.

MRP II ana hedefi şirketteki imalat, satış, satın alma, üretim planlama, stok yönetimi, muhasebe gibi tüm birimlerin faaliyetlerini birbiriyle uyumlu bir şekilde gerçekleşmesini sağlamaktır (Eren, 1997).

MRP II sisteminin temelini ortak veri tabanı oluşturmaktadır. Şirket içerisinde bulunan satış, üretim, planlama, satın alma, pazarlama, finans departmanlarının kontrol fonksiyonlarının beraber uyum içerisinde çalışmalarını bu ortak veri tabanı sağlar. Bu ortak veri tabanı sonucunda firmanın değişik unsurları hesaplamaları aynı veriye dayanır ve bu hesaplamalar arasında tutarlılık sağlanmış olur. Yine bu ortak veri tabanı sayesinde imalat verileri parasal birimlere dönüştürülebilir ve şirket içerisindeki ürün ve/veya hizmet hakkında tüm tartışma ve değerlendirmeler herkes için geçerli bir temele oturtularak şirket yöneticilerinin durumları daha çabuk kavramaları sağlanır ve karar verme mekanizması da sağlam temellere oturtulmuş olur. MRP II, “firma işletme sistemi” ya da “işletmenin bilgisayar modeli” olarak adlandırılabilir (Özbilgin, 2002).

MRP II, firma yöneticilerinin birçok alternatif arasından hangi yolu seçeceğine karar vermesini sağlar. “..... olursa ne olur” sorusunun cevabını vermek için MRP II önemli bir konudur. Bu soruya cevap aranan bazı konular;

- İşteki gelişmeler beklenenden hızlı olursa ne olur?
- İşler planlandığı gibi gerçekleşirse ne olur?
- Fiyatın sabit kaldığı durumda maliyetler yükselirse ne olur?
- Şirketin kapasitesi mevcut siparişleri ve planlanan siparişleri satmaya yeterli mi? (Özbilgin, 2002).

Bu sorular her şirket için kritik öneme sahip sorulardır ve MRP II bize bu soruların cevabı için çok güzel bir yoldur.

MRP II yazılımları bir ağ üzerinde çalışan yazılımlar olabildiği gibi merkezi bir bilgisayar şebekesi üzerine kurulan yazılımlar da olabilir (Akçay, 2020).

MRP II Parti büyüklükleri, parti içerisinde hurda oranları, set-up süreleri, birim parça tezgâh süreleri, sipariş termin süreleri gibi planlama parametrelerinin mevcut değerlerini baz alarak, önceliklere göre planlama yapmaktadır. Talep tahminlerini ve

açık siparişleri baz alarak ana üretim çizelgesine ve ürün ağacında yer alan alt malzemelere göre iş emirleri ve satın alma emirleri oluşturmaktadır. İş emirleri fabrika içerisine verilirken gerekli olan hammadde de fabrika içerisine verilmektedir. İş emirlerine göre parçalar fabrika içerisinde sonraki istasyona ilerlemektedir (Akçay, 2020).

4.6. Üretim Yönetim Sistemi (MES)

İngilizcesi Manufacturing Execution System ‘in Türkçe’ye çevrilmiş hali Üretim Yönetim Sistemidir ve kaynaklarda kısaltması olan MES olarak geçmektedir. Hammaddeden bitmiş ürüne kadar geçen süreçte maksimum performans, kalite ve verimlilik hedeflenerek her aşamanın belgelenmesi, verilerin oluşturulması ve bu verilerin analiz edilmesi için tasarlanmış bilgisayar destekli sistemdir. Başka bir ifadeyle operatör, hammadde ve ekipman kaynaklarını optimal şekilde değerlendirerek üretimin en verimli şekilde gerçekleşmesini sağlamak olarak tanımlanabilir. İlk kez 1990 yılında kullanılmıştır.

Üretim yönetim sistemi, fabrika içerisinden alınan veri akışlarını izlemek, bu veri akışını kontrol etmek ve karmaşık üretim sistemlerini yürütmek için kullanılan bilgi sistemidir. MES, bir hammaddenin satın alma siparişinden satışına kadar geçen tüm sürecin gerçek zamanlı verilerini izleyip üretime anlık müdahale edebileceğimiz bir sistemdir. Temel amacı, üretim sürecinin doğru ve etkin yürütülmesi ve üretim çıktısını artırılmasıdır. Aynı zamanda üretim süreleri bilindiği için maliyet hesaplamalarına da olanak sağlar (Mdp Group, 2023).

MES’in temel işlevleri;

- Üretimden anlık veri toplar (çevrim süresi, duruş üretim miktarı vs.).
- Verileri bir veri tabanında toplar (ERP entegrasyonlu).
- Tüm verileri ağ üzerinden erişilebilir kılar.
- ERP entegre çalışabildiği için iş emirlerini alıp üretim birimine aktarır. Detaylı planlama ile verimliliği ve kaliteyi artırır.
- Stok takibi ve yönetimi yapılır.
- Bakım yönetimi yapılır.

- Operatör ile olabileceği gibi direkt olarak tezgâh ve ekipman üzerinden de verileri PLC ekranlardan veya panellerden toplayabilir.

MES'in Faydaları:

- Prosesler arası çevrim süresinin kısılmasını sağlar.
- Hazırlık/tedarik sürelerinin azaltılmasını sağlar.
- Arıza analizi yapılmasını sağlar.
- Planlı bakım analizi yapılmasını sağlar.
- Veri girişine harcanan zamanın ortadan kalkmasını sağlar.
- Çalışan verimliliğinin artmasını sağlar.
- Planlama süreçlerinin iyileşmesini sağlar.
- Stok takibi yapılmasını sağlar.
- Veri için operatör ihtiyacını ortadan kaldırır.
- Üretimdeki insan hatalarını ortadan kaldırır.
- İsrafi azaltır ve gereksiz kontrolleri ortadan kaldırır.

4.7. Depo Yönetim Sistemi (WMS)

Depo, ihtiyaç doğrultusunda zamanı gelince kullanılmak üzere bekletilen hammadde, yarı mamul ve/veya mamullerin saklandığı açık veya kapalı alanlardır. Malzemelerin üretim aşaması durumuna göre hammadde depo, yarı mamul depo ve mamul depo olarak adlandırılabilir. Depo aynı zamanda ambar, aktarma merkezi, dağıtım merkezi veya antrepo olarak da adlandırılabilmektedir. Depo, tedarik zincirinin önemli halkalarından biridir.

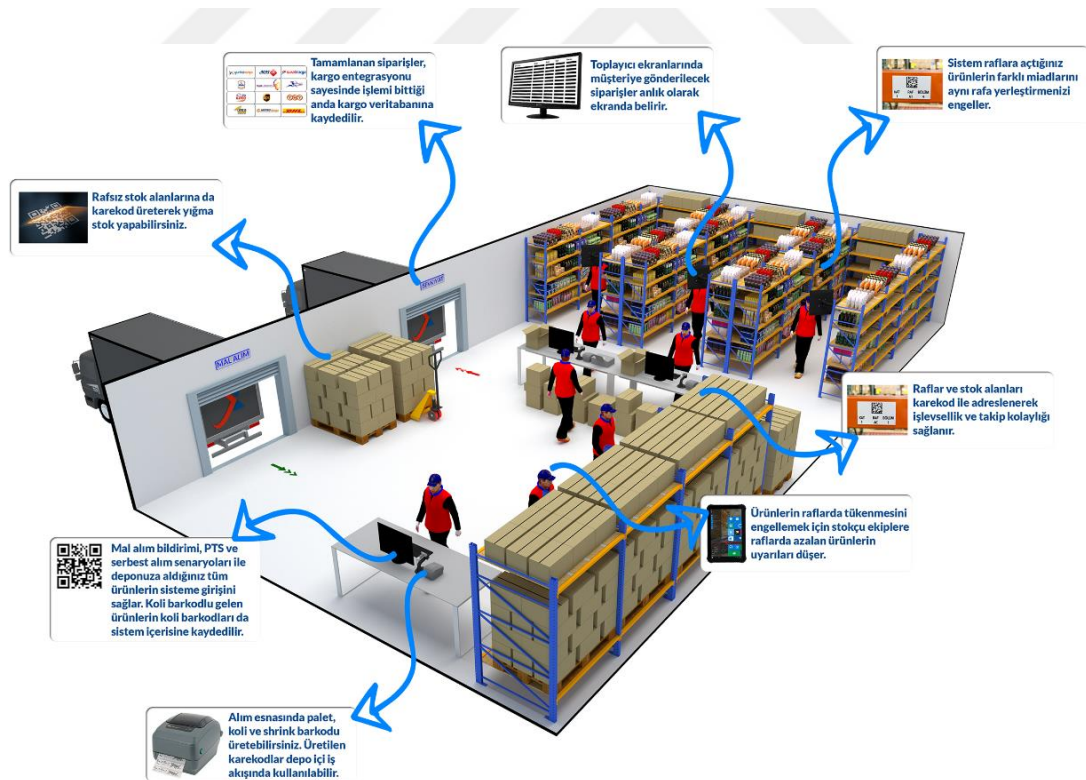
İngilizcesi Warehouse Management System'in Türkçeye çevrilmiş hali Depo Yönetim Sistemidir ve kaynaklarda kısaltması olan WMS olarak geçmektedir. Herhangi bir depo içerisinde gerçekleşen tüm süreçlerin kayıtlarının tutulduğu bilgisayar destekli sistemlerdir.

Depoda bulunan malzemeler ve bu malzemelerin özellikleri, depoda bulunan tüm lokasyonların listesi ve özellikleri, alınan siparişlerin içerikleri, siparişteki her kalemin

ne ölçüde sevk edildiği, iadeler, mal kabuller, raflama işlemleri, paket bilgileri ve sevkiyat bilgileri Depo Yönetim Sistemi içinde yer alan bilgilerdir (Ertok, 2012).

Depo yönetim sistemi faydaları;

- Atıl stok seviyelerinin düşürülmesini sağlar.
- Depo içi süreçlerin ve iş gücü verimliliğın artırılmasını sağlar.
- Barkod veya RFID sistemi ile sevkiyat doğruluğı oranını artırır,
- Siparişlerin doğru ve zamanında hazırlanmasını sağlar.
- FIFO, LIFO gibi koşullarla takibin ve tüketimin doğruluğın sağlar.
- Stok maliyetlerinin azalmasını sağlar.
- Raporlamaların doğru olmasını sağlar.
- Bilgiye erişim süresini kısaltır.
- Depo alanlarının verimli kullanılmasını sağlar.



Şekil 4.6. Depo Yönetim Sistemi (Senkronix, 2023).

5. BARKOD TEKNOLOJİLERİ

5.1. Barkod

Barkod, ürün, mal ve hizmetlerin kimliği olarak tanımlanabilir. Talaşlı imalattan örnek verecek olursak bir hammaddenin, ne zaman, hangi tedarikçiden alınıp hangi tezgâhlarda hangi zaman diliminde ne kadar sürede üretilip hangi müşterilere gönderildiğini takip eden teknoloji olarak ifade edilebilir. Barkod, temel olarak birbirine paralel ve farklı kalınlıktaki çizgilerin yan yana gelmesiyle oluşan ve her bir çizginin farklı anlamlar taşıdığı sembollere verilen addır.



Şekil 5.1. Barkod Örneği

Veriler (ürün kodu, depo yeri, depo numarası, vs.) bir sembololoji kullanılarak bir program aracılığı ile barkod etiketi üzerine barkod yazıcı tarafından çubuklar şeklinde basılır (ENCODING). Barkod etiketi ürünün/nesnenin üzerine yapıştırılır ve etiket barkod okuyucudan geçirildiğinde sembollerden ışın geçirerek etiketin içerisindeki bilgileri okur (DECODING). Okunan veriler kullanıcının bilgisayarına getirilir. Böylelikle barkod teknolojisi görevini tamamlar. Bu teknolojinin amacı ürünü veya nesneyi tanımlama ve takip etmektir. Barkod teknolojisi, büyük bir sistemin temel fonksiyonunu yerine getirebilmesi için ihtiyaç duyduğu çok önemli bir teknolojidir. Etiket, barkod okuyucu ve barkod yazıcı temel bileşenleridir (Alkan, 2006).

Barkod sisteminin dört temel faydası vardır. Bunlar; doğruluk, hız, maliyet ve kullanım kolaylığıdır (Akçay, 2020). Doğruluk; ürünün kodlamalarının, miktarının, işleme süresi gibi bilgilerin doğru olmasını ifade eder. Hız; istenilen veriye hızlı bir şekilde ulaşılabilmesini ve veri girişinin hızlı olmasını ifade eder. Maliyet; doğru veriler ile analizin kolay yapılabilmesi ve aksaklık yaşanan yerlerde alınacak

aksiyonlar ile maliyetin düşürülmesini sağlamaktır. Kullanım kolaylığı ise barkod teknolojisi ile veri girişleri analizlerin çok basit olmasını anlatmaktadır.

Barkod düşüncesi ilk olarak 1932 yılında Wallace Flint adında Harvard Üniversitesi öğrencisi tarafından, bir market içerisinde istedikleri ürünlere kartları delerek katalog oluşturulmasını içeren bir fikir ile başladı. Buna göre müşteri seçimini yapacak ve katalogdan ilgili ürünün delikli kartını kasiyere verecek ve kasiyer bu kartı bir aletten geçirip ilgili ürünü getirtmesi mantığına dayanmaktadır. Buradaki en büyük problem kartı geçireceği aletin maliyetli ve hantal olması idi ve düşünceden öteye gidemedi.

5.1.1. Barkod Sembolojisi

Barkodlar dikkatli bakıldığı zaman birbirinden farklı şekillerde olduğu belli olmaktadır. Geniş, dar, uzun, kısa çizgilerden oluşmaktadır ve bu yüzden çok fazla farklı barkod semboljisi bulunmaktadır.



Şekil 5.2. Barkod Özellikleri

Barkodlar Şekil 5.2.'de görüldüğü gibi iki sabit bölge arasında başlangıç karakteri, veri karakteri bölümü, opsiyonel kontrol karakteri ve bitiş karakterinin bulunduğu 5 ana bölgeden oluşmaktadır. Kontrol karakteri barkodun içindeki verilerin bulunduğu kısımdır. Kodun deşifre edilip edilmediğini gösteren alandır.



Şekil 5.3. Barkod Sisteminin Yapısı

Merkezi Brüksel’de bulunan European Article Numbering (EAN) tarafından standartlaştırılmıştır. Barkod sisteminin yapısı 4 bileşenden oluşmaktadır.

- Ülke veya Simges Kodu: 3 haneden oluşmaktadır. Ülkelerin bayrak numaralarını ifade etmektedir. Türkiye’nin ülke kodu 869 olarak tanımlanmıştır.
- Firma Kodu: 4 haneden oluşmaktadır. Üretici ya da işletmeyi tanımlayan kod numarasıdır.
- Ürün Kodu: 5 haneden oluşmaktadır. Üretilen ürünü tanımlayan kod numarasıdır.
- Kontrol Kodu: Son hanedir ve önceki okunan 12 hanenin doğru okunup okunmadığını kontrol eden kontrol kodudur.

5.1.2. Barkod Avantaj ve Dezavantajları

Barkod teknolojisi artık günümüzde hayatın her alanında karşımıza çıkmaktadır ve işlerimizi büyük oranda hafifletmektedir. Bir markete girdiğimizde birçok ürün alıp kasaya geldiğimiz zaman barkod okuyucularla kolaylıkla ürünün ismi, fiyatı gibi özellikleri bulunup ödeme işlemi yapılabilmektedir veya bir fabrikada stok sayımı yaparken barkod okuyucularla günlerce yapılacak iş saatler içerisinde bitebilmektedir. Genel olarak barkod avantajlarından bahsedecek olursak;

- Hızlı işlem yapabilmeyi sağlar böylelikle zamanı daha verimli kullanabiliriz.
- Hatayı minimize eder.
- Maliyeti azaltır.
- Bilgi akışını hızlandırır.
- Herhangi bir özel eğitim gerektirmeden her kullanıcı kolaylıkla kullanabilir.

Bu tez çalışmasında da barkod teknolojisinin bu avantajlarından faydalanmak, gereksiz işleri minimize etmek, hızlı stok sayımı ile hem stokları kolay sayabilmek hem de yanlış veri girişini minimize etmek, üretim takibini kolay ve hatasız yapabilmek için barkod teknolojisinden yararlanılmak istenmiştir.

Tüm bunlara rağmen kısıtlı veri saklayabilmesi ve karmaşık süreçlerde kayıt işlemlerinin zorluğu dezavantajı olabilmektedir. İnsan odaklılık yine barkod teknolojisinde de vardır minimum da olsa hata payı içermektedir. Ancak tez

çalışmasında bu hata payları göze alınıp bunlar üzerinde özellikle kurgulama çalışması yapılmıştır.

5.1.3. Barkod Kullanım Alanları

Barkod teknolojisi çağımızda ihtiyaç halindedir ve hemen her sektörde kullanım alanının olduğu görünmektedir. Fabrikalarda depo ve üretim takip sistemlerinde barkod teknolojisi kullanılmaktadır. Hammadden satışa hazır ürüne kadar üretimin her noktasında kullanılabilir olup hem lokasyon belirleme hem de adet takibinde büyük kolaylık sağlamaktadır. Aynı şekilde depolama sisteminde de lokasyon ve adet takibinde barkod büyük önem arz etmektedir. Tez kapsamında üzerinde duracağımız konu üretim ve depo takip sisteminde barkod teknolojisinin kullanılması olacağı için en çok üzerinde durduğumuz sektör Endüstri sektörü olacaktır. Bunun haricinde mağazacılık sektörü, satış ve pazarlama, personel takip sistemleri, eczacılık, hastane, klinik, dağıtım-kargo sektörleri gibi birçok sektörde çok yaygın kullanım alanına sahiptir.



Şekil 5.4. Barkod Örnek Görüntü

5.1.4. Barkod Çeşitleri

Çok sayıda barkod çeşidi olmasına karşın Lineer yani tek boyutlu (1D) ve 2 boyutlu (2D) barkodlar olarak ayrılmaktadır. En çok kullanılan çeşitleri bunlardır.

5.1.4.1. Lineer Barkodlar

Lineer barkodlar geleneksel barkodlardır. Bu barkod çeşidinde, barkodun genişliği içerisinde bilgi saklanır ve tarama işleminin uygunluğu barkod yüksekliği ile ilgilidir. Düşük veri içeriği ve düşük veri yoğunluğu ile bir HRI yani bilginin barkodun hemen altına düz yazı ile yazılması alışlagelmiştir. Barkodun çeşitli sebeplerden (zarar

görme, basım hatası vs.) okunamaması durumunda operatörün barkodun hemen altında yer alan bu yazıları elle girmesi istenmektedir (Metin, 2001).

Lineer barkod çeşitleri;

i. EAN

EAN Avrupa Madde Numarası Standardıdır. EAN8 ve EAN13 olarak ikiye ayrılır. EAN8 8 hane EAN13 ise 13 hane ile kodlandığı için bu isimleri almıştır. EAN8 daha küçük ambalajlarda kullanılmaktadır. Genel olarak market, eczane gibi yerlerde sürekli olarak karşımıza çıkan barkodlardır.



Şekil 5.5. EAN Barkod Örneği

ii. UPC

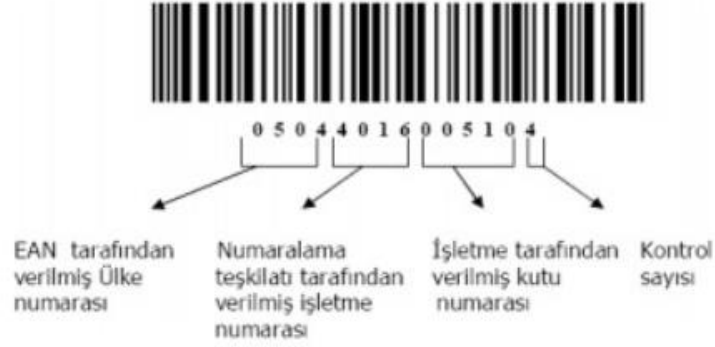
UPC (Universal Product Code) Evrensel Ürün Kodudur. UPC-A ve UPC-E olarak ikiye ayrılır. UPC-A 12 hane ile UPC-E ise 6 hane ile kodlanır. Amerika-Kanada bölgesinde kullanılır. Genel olarak market, eczane gibi yerlerde sürekli olarak karşımıza çıkan barkodlardır.



Şekil 5.6. UPC Barkod Örneği

iii. INTERLEAVED 2 of 5 (ITF)

EAN ve UPC kodu gibi sadece numerik karakterlerden oluşur. 14 hane ile kodlanan bu barkod çeşidinin ilk 3 hanesi ülke kodunu ifade etmektedir. Ülke kodundan sonra gelen 5 hane şirket, şirket kodundan sonra gelen 5 hane ise şirket tarafından verilen parça, kasa kodudur. Son hane ise kontrol hanesidir. ITF'in temel özelliği her bir elamanın esasında iki rakamı kodlamasıdır. Bu nedenle uzun ve karmaşık sayılar kullanılacaksa ITF barkodu elverişlidir. Genelde paketleme endüstrisinde kullanılır.



Şekil 5.7. ITF Barkod Örneği

iv. Code 39

Kodlamada hem rakam hem de harfler kullanılabilir. Herhangi bir karakter kısıtı yoktur ancak sadece küçük harfleri kodlayamaz, her zaman (*) ile başlar ve biter. (*) sembolü sadece kodun başında ve sonunda bulunabilir. Basıldığında çok yer kapladığı için küçük boyutlu ürünler ya da etiketlere sığdırmak problem yaratır. Genellikle otomotiv sektöründe kullanılır.



Şekil 5.8. Code 39 Barkod Örneği

v. Code 128

Çok yüksek bilgi yoğunluğuna sahip kodlardır. Barındırdığı 3 alt alfabe ile her türlü ihtiyacı karşılayabilmektedir. Genellikle lojistik, üretim, taşıma, sipariş ve dağıtım sektörlerinde kullanılır.



Şekil 5.9. Code 128 Barkod Örneği

vi. CODABAR

Code 39'daki gibi bir karakter kısıtı yoktur ancak alfabetik kodlamalar yapamaz. Başlama ve bitiş sembolü (*) yerine a, b, c ve d'dir. Genellikle lojistik ve sağlık sektöründe kullanılır.



Şekil 5.10. CODABAR Barkod Örneği

Bunlar dışında birçok barkod örneği vardır sadece birkaçı bu tezde incelenmiştir.

5.1.4.2 2-D Barkodlar

Tek boyutlu lineer barkodların aksine çok fazla bilgiyi içerisinde saklayabilen dikdörtgen şeklinde barkodlardır. Lineer barkodların yetersizliği sebebiyle 2 boyutlu barkodlara ihtiyaç duyulmuş ve kullanılmaya başlanmıştır. Birçok çeşit 2 boyutlu barkod olmasına karşın yaygın kullanılan 4 çeşit 2-D barkod bulunmaktadır.

i. QR Code

QR (Quick Response) hızlı tepki olarak isimlendirilmiş ve 1994 yılında ilke kez Japon firması Denso Wave tarafından geliştirilmiştir. Karekod ya da QR Kod beyaz bir arka planın üzerinde bulunan siyah modüllerin kare bir kalıp içerisinde düzenlenmesinden oluşmaktadır (Dırmıkcı, 2018). İlk olarak otomobil alt parçalarını takip etmek amacıyla kullanılsa da günümüzde, perakende, satış, stok yönetimi ve reklamcılık başta olmak üzere hayatımızın her alanında görmemiz mümkündür.



Şekil 5.11. QR Code Örneği

ii. Datamatrix Code

Datamatrix Code belirli alan üzerinde siyah ve beyaz hücrelerden oluşur ve bu hücreler için siyah(1), beyaz(0) olarak kodlanır. 1988 yılında International Data Matrix tarafından geliştirilmiştir. QR Code gibi belirli bir kirlenme veya bozulma durumunda da okunabilir ve 3116 karakter kodlayabilmektedir. Genellikle ilaç sektöründe kullanılır.



Şekil 5.12. Datamatrix Örneği

iii. PDF417

PDF 417, güvenilir, gizli ve bilgi taşıma kapasitesi çok olan kodlama sistemine ihtiyaç duyanlar için geliştirilmiş ve en gelişmiş olan barkod çeşididir. Üzerine yazılan ortam fark etmeksizin her türlü ortam üzerine basılabilir ve ortam şartlarından etkilenmez. Bu barkod çeşidi ile fotoğraftan parmak izine, yazıdan imzaya her türlü bilgiyi değerlendirebilecek bir sembol oluşturulabilir ve birçok ülkede kullanılmaktadır. EAN/UPC gözlenen eksikleri PDF 417 gidermektedir. Tek bir barkod içerisine tüm bilgiler yerleştirilebilir ve sadece anahtar bilgiler değiştirilerek veri tabanı bilgileri de ulaşılabilir hale gelmiştir (BEM, 2023). PDF417, 1992 yılında Symbol Technologies tarafından geliştirilmiştir. Genellikle yüksek veri depolanması gereken fotoğraf, parmak izi, imza ve grafik gibi uygulamalarda kullanılır.



Şekil 5.13. PDF417 Örneği

iv. Aztec

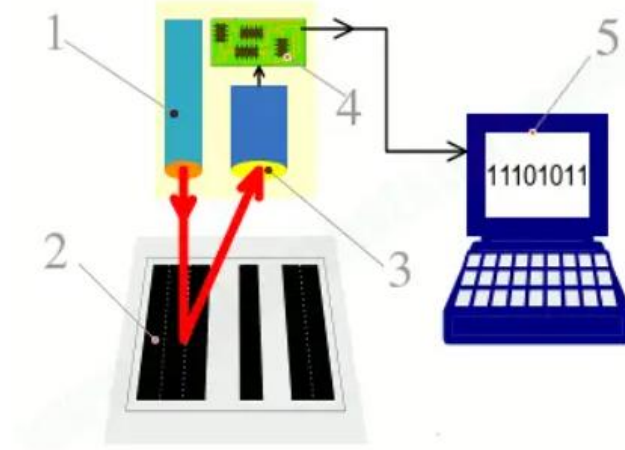
Aztec en az kullanılan 2D barkod çeşididir. Barkodun ortasında bir göz yapısı ve bu yapının etrafında okunacak veriler yer almaktadır. Aztec, kötü çözünürlükte bile okunabilir, kirlenme ve bozulmalara karşı düzeltme tekniği bulunmaktadır. Okunması en basit ve pasif olan bu barkod çeşidi genellikle ulaşım sektöründe kullanılır.



Şekil 5.14. Aztec Örneği

5.1.5. Barkod Okuyucular

Barkod okuyucu, barkodun içerisine gömülü olan bilgileri okuma ve veri tabanına iletme görevi olan elektronik cihazdır. Veri tabanına gönderilen bilgiler kısa sürede tanımlanır. Geleneksel barkod okuyucular; ışık kaynağı (LED, lazer), fotoelektrik hücre ve elektronik devre bileşenlerinden oluşmaktadır (Doğan, 2020).



Şekil 5.15. Barkod Okuyucu Çalışma Mantığı (Doğan,2020)

Şekil 5.15.'te gösterilen barkod okuyucunun çalışma mantığını inceleyecek olursak;

1. Bir ışık kaynağı ile lazer ışınları barkod üzerine gönderilir.
2. Lazer ışınları, barkod üzerinde bulunan siyah ve beyaz kısımlardan yansır.

3. Barkod üzerinden yansıyan ışınlar, fotoelektrik hücre tarafından algılanır. Fotoelektrik hücre, barkod üzerinden yansıyan ışınları elektrik enerjisine çevirir. Böylelikle hangi bölgenin siyah, hangi bölgenin beyaz olduğu algılanır.
4. Algılanan siyah ve beyaz bölgeler, bir elektronik devre yardımı ile ikilik sayı sistemine dönüştürülür. İkilik sayı sistemine dönüştürme işleminde siyah bölgeler 0 (kapalı) değerini alırken, beyaz bölgeler 1 (açık) değerini alır.
5. İkilik sayı sistemindeki kod, barkod okuyucunun bağlı olduğu bilgisayara veya tablete gönderilir. Bu kod, veri tabanındaki bilgilerle karşılaştırılır ve ürün bilgileri bilgisayar veya tablet üzerinden kullanıcıya sunulur (Doğan, 2020).

5.1.5.1. CCD Barkod Okuyucu

CCD barkod okuyucular barkodu kırmızı bir ışık yayarak tamamen tarayıp görüntüsünü kaydederler. Temelinde video kameraların teknolojisine benzer teknoloji kullanılmaktadır. Barkod okuma mesafesi 5 cm kadar olması nedeniyle kısa bir mesafeye ihtiyaç duyarlar bu yüzden kullanım alanı dardır. Mesafesinin yanı sıra barkod okuyan kafa kısmından daha uzun bir barkodu yine okuyamamaktadır. En çok tercih edilen markalar: Godex, Argox, Newland'dır.



Şekil 5.16. CCD Barkod Okuyucu

5.1.5.2. Lazer Okuyucular

Lazer okuyucular içerisinde çok ince bir lazer ışığı bulunur ve bu ışık barkodun üzerine gönderilerek optik bir yansıma oluşturulur. Saniyede 30 kez bir doğru üzerinde taranması prensibine dayanır. Ayrıca Lazer okuyucular bir düğmeye basma ile okumaya başlar. Lazer okuyucular CCD barkod okuyuculara göre daha uzun mesafeden, daha hızlı okuma gerçekleştirebilirler. Okuyucuya denk gelen ışık oranı

lazer ışığından daha fazla ise okuma gerçekleşmez bu yüzden açık havada kullanılması tavsiye edilmez. En çok tercih edilen markalar: Perkon, Datalogic, Newland'dır.



Şekil 5.17. Lazer Okuyucu

5.1.5.3. El Terminalleri

El terminalleri kablosuz bir yapıya sahiptir ve taşınabilmektedir. Belirli bir hafızaya sahiptir ve programlanabilirler. İstek doğrultusunda hafızada olan veriler belli bir ara kablo ya da program ile bilgisayar sistemine aktarılabilir. Genelde offline olarak çalışan barkod okuyuculardır. Hafıza boyutlarına bağlı olarak 200.000 ila 500.000 arası barkod bilgisi bulundurabilirler. Bu tip barkod okuyucularda en çok tercih edilen yeni geliştirilmiş olan, Windows tabanlı, isteğe bağlı olarak offline ya da online çalışabilen el terminalleridir. Maliyet olarak diğer barkod okuyuculara göre yüksektir fakat diğer okuyucuların yaptığı işleri kolaylıkla yapan ve normal bir bilgisayar görevi gören bir barkod okuyucudur. İçerisinde bulunan Wireless özelliği ile anında bir ağa bağlanabilir ve ağ üzerinden oldukça hızlı veri gönderebilir. Bu nedenle bu el terminalleri genellikle, lojistik, dağıtım, perakende, üretim, depo işlemleri, sipariş alma gibi işlerde ve birçok endüstriyel alanda tercih edilmektedir. En çok tercih edilen markalar: DSIC, M3 Mobile, Datalogic, Honeywell, İntermec vb. markalardır (BEM, 2023).



Şekil 5.18. El Terminali

5.1.5.4. Imager Barkod Okuyucular

CCD ve lazer okuyuculara benzer çalışma prensibine sahiptir, belirli bir alanın görüntüsünü kaydedip yorumlama gibi bir özelliği vardır ve diğer teknolojilere göre daha yeni bir teknolojidir. Daha uzak mesafelerde okuma yapabilir ve hassas sensörleri sayesinde yüksek çözünürlükte hızlı bir tarama yapar. En çok tercih edilen marka Datalogic'tir.



Şekil 5.19. Imager Barkod Okuyucu

5.1.5.5. Çok Yönlü Barkod Okuyucu

Çok yönlü barkod okuyucular temel prensip olarak lazer okuyucular gibi bir ışık yayarak yansıması sonucu barkod okuması gerçekleştirir fakat sabit kafalıdır ve birçok açıdan okuma gerçekleştirebilirler. Bu tip barkod okuyucular modern süpermarket veya üretim hattında kullanılabilir. En çok tercih edilen markalar: Datalogic, Perkon Newland'dır.



Şekil 5.20. Çok Yönlü Barkod Okuyucu

5.1.6. Barkod Yazıcılar

Barkod yazıcılar oluşturulan barkodun bir barkod okuyucu tarafından okunması sonucu barkodu basmak için kullanılan cihazlardır. Günümüzde nerdeyse her firma barkod ve haliyle barkod yazıcı kullanmaktadır. Eczaneler, marketler, talaşlı imalat yapan firmalar, lojistik firmaları, kargo firmaları vb. nerdeyse her sektörde kullanılmaktadır ve seçimi de önem arz etmektedir. Barkod sistemi kullanılırken barkod yazıcılarının performansı, okunabilirliği, özellikle çok sayıda barkod yazdırma gereken durumlarda önemlidir.

Temelde 4 tip barkod yazıcı vardır;

- Nokta matriks
- Mürekkep Püskürtmeli
- Lazer
- Termal

Nokta matriks, mürekkep püskürtmeli ve lazer yazıcılar orta derecede baskı kalitesine sahiptir ve uzun süreli maliyetlere sebep olurlar. En çok kullanılan tip termal baskılardır, daha ekonomik, çevre dostu ve yüksek kalitede barkodlar yazdırılır.

Termal yazıcılar ise iki çeşit olarak ayrılmaktadır; Termal yazıcılar, termal transfer yazıcılar.

5.1.6.1. Termal Yazıcılar

Termal yazıcı kafasının altından geçen, ısıya duyarlı termal kâğıda direkt baskı tekniğini kullanan yazıcılardır.

- Yalnızca etikete ihtiyaç duyduğu için ucuz ve pratiktir.
- Yüksek çözünürlüklü, doğruluğu yüksek ve kolay okunabilir.
- Uzun ömürlü değildir.
- Sıcağa maruz kaldığında bozulabilir.



Şekil 5.21. Termal Yazıcı

5.1.6.2. Termal Transfer Yazıcılar

Termal transfer tekniğinde ise termal yazıcıda olduğu gibi baskı kafası kullanılır ancak baskı kafası ile etiket yüzeyi arasından bir şerit geçirilir. Bu şerit balmumu veya reçineden yapılır. Termal baskıda etiket ısıya dayanıksızken termal transferde bu şerit ısıya dayanıklıdır. Termal baskıya göre maliyetlidir ancak uzun ömürlü ve dayanıklılığı çok yüksektir.



Şekil 5.22. Termal Transfer Yazıcı

Çizelge 5.1. Barkod Yazıcı Teknolojileri Karşılaştırması

Teknoloji	Baskı Kalitesi	Tarayıcı Okuma Yeteneği	İlk Kurulum Maliyeti	Bakım Maliyeti	Kullanılan Sarf Malzeme
Nokta Matriks	Vasat	Düşük	Düşük / Orta	Orta / Yüksek	Yüksek
Mürekkep Püskürtmeli	Orta	Düşük / Orta	Yüksek	Orta / Yüksek	Yüksek
Lazer	Orta	Orta	Orta / Yüksek	Orta / Yüksek	Yüksek
Termal	İyi	İyi	Orta / Yüksek	Düşük	Düşük
Termal Transfer	Mükemmel	Mükemmel	Orta / Yüksek	Düşük	Düşük

5.1.7. Barkod Seçimi

Barkod sisteminin kurulmasına karar verildiği zaman öncelikle tezin 5. Bölümünde yer alan barkod çeşitleri, barkod okuyucular ve barkod yazıcıların incelenmeli ve işletme için en uygun olan tercih edilmelidir. Bunun için etiket basılacak ürün boyutu, barkod içerisinde istenen bilgilerin ne kadar olacağı önemli olacaktır. Barkod okuyucu için mesafe, okuma hızı, online – offline çalışma şekli önemlidir. Barkod yazıcı için ise ne sıklıkla kullanılacağı, performansı kalitesi, çözünürlüğü ve maliyeti önem arz eden konulardır.

Tüm bu hususlar incelenip avantajları ve dezavantajları ortaya koyulduktan sonra firmaya en uygun olan barkod, barkod okuyucu ve barkod yazıcı tercih edilmelidir.

Tez kapsamında yapılan uygulamada bu hususlara dikkat edilerek seçim yapılacak ve firma için en uygun olan barkod elemanları tercih edilecektir.

5.2. QR Kod

QR (Quick Response) hızlı tepki olarak isimlendirilmiş ve otomotiv sanayiinde kullanılmak için 1994 yılında ilk kez Japon firması Denso Wave tarafında geliştirilmiştir. Japonya ve Kore’de oldukça yaygın kullanılmaktadır.

Karekod ya da QR kod beyaz bir arka planın üzerinde bulunan siyah modüllerin kare bir kalıp içerisinde düzenlenmesinden oluşmaktadır (Dırmıkcı, 2018). İlk olarak otomobil alt parçalarını takip etmek amacıyla kullanılsa da günümüzde, perakende satış, stok yönetimi ve reklamcılık başta olmak üzere hayatımızın her alanında görmemiz mümkündür. Belirli bir kirlenme veya bozulma durumunda da okunabilir.

Hayatımızın her alanında kullanılabileceği gibi genellikle perakende satış, stok yönetimi ve reklamcılık sektörlerinde kullanılır.

QR kodların en çok kullanıldığı bir diğer alan ise ödeme sistemleridir. Geliştirilen ödeme sistemleri ile şirketler ödeme sayfasını kullanıcılara QR kod olarak gösterirler.

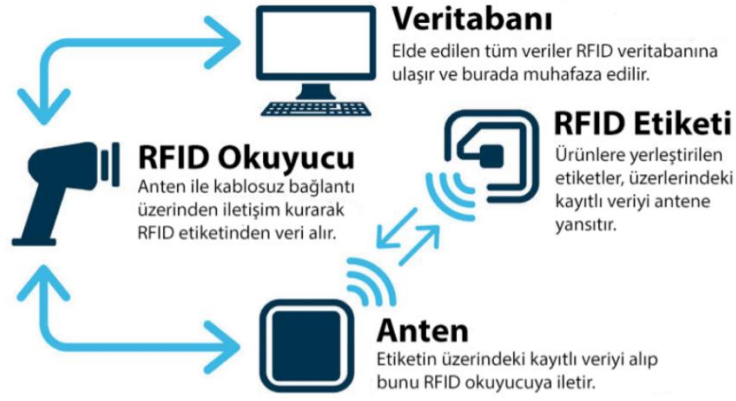
QR kod kullanmanın en büyük avantajı, küçük bir alan ile sınırsız bir bilgiye erişim sağlayabilmesidir. Örneğin devasa bir açık kütüphanenin web sitesi linki, QR kod haline getirilebilir ve kodu okutan herkes kütüphaneye erişebilir. QR kodun diğer avantajları şöyle sıralanır:

- Hızlı ve kolayca okunabilir.
- Veri saklama kapasitesi klasik barkod sistemin göre daha fazladır.
- Çoğu telefonda telefon kamerasıyla kodlar okutulabilir. Bunun için uygulama indirilmesine gerek duyulmaz.
- Karekodlarda aşınmalar olsa da uzun süre çalışmaya devam eder.
- Kullanıcıların istenilen sayfaya kolay erişimi sağlar (Paynet, 2022).

5.3. RFID

RFID, Radio Frequency Identification kelimelerinin baş harflerin oluşur ve Türkçe'ye Radyo Frekanslı Tanımlama olarak çevrilir.

RFID, bir otomatik tanıma sistemidir (Auto-ID) ve radyo dalgalarıyla ürünlerin, malzemelerin veya nesnelerin tanınmasını sağlar. RFID teknolojisi, etrafında anten sarılı olan bir mikroçip (etiket) ve bir okuyucudan oluşur. Mikroçip ve okuyucu arasında temas olmadan veri ve enerji transferi sağlanmaktadır. Okuyucudan yayılan elektromanyetik dalgalar antene ulaşır ve etiket içerisindeki devreleri harekete geçirir. Etiket dalgaları modüle ederek okuyucuya geri göndermekte ve okuyucu da yeni dalgayı dijital veri haline dönüştürmektedir (Üstündağ ve Tanyaş, 2009).



Şekil 5.23. RFID Sistemi Çalışma Prensibi (MKV, 2023)

RFID etiketlerinin kapasitesi yüksektir ve hatasız ve hızlı okuyup yazma yapılabilir. Veri iletişimi uzak mesafelerden sağlanabilir ve farklı çevre koşullarında kullanılabilir. RFID etiketinin okunabilmesi için “görüş alanı” değil “etki alanı” içerisinde olması yeterlidir. Bu özellik RFID teknolojisini diğer teknolojilerden daha öne çıkarmaktadır (Üstündağ, 2008).

RFID sistemi yeni bir sistem değildir ve II. Dünya Savaşı yıllarına kadar dayanmaktadır. İngilizler Alman uçakları ile kendi uçaklarını ayırt etmek amacıyla uçaklarına RFID vericileri yerleştirmiş ve radar sistemlerinden kendi uçaklarını ayırt etmeyi başarmıştır. 1945 yılında Lon Theremin Sovyetler için Audio bilgi ile radyo dalgalarını dönüştüren casusluk için kullanılacak aracı icat etmiştir. Bu araç gizli bir dinleme aracı olsa da RFID teknolojisinin öncüsü kabul edilmiştir. 1973 yılına Mario Cardullo ilk pasif, okunup yazılabilen RFID etiketin patentini almıştır. 1970’li yıllarda Amerika’da demir yolu araçları etiketlenerek RFID teknolojisine geçildi. 1984 yılında General Motors üretim süreçlerinde RFID teknolojisi kullanmaya başladı. Daha sonrasında otomobil üreticileri üretim süreçlerinde otomobilleri ve otomobil üretimi için gerekli olan alt parçalarını takip etmek için RFID teknolojisini kullanmaya başladılar (Uçkun, 2006).

Yaklaşık 80 yıllık geçmişi olan RFID teknolojisi son yıllarda oldukça gelişme kaydetmiştir. Üretim, tedarik zinciri, lojistik başta olmak üzere kullanıldığı her sektörde malzeme takibi, personel takibi vs. konularda zaman kazandırıcı ve maliyeti düşürücü etkileri olmuştur. Endüstri 4.0, IoT gibi teknolojinin ilerlemesiyle birlikte barkod teknolojisinin de endüstrideki gelişimi artmış ve hayatımızın her anında yer almaya başlamıştır.

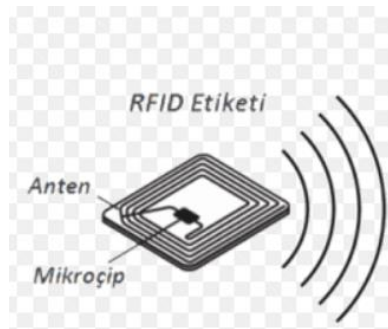
RFID teknolojisini sadece birkaç sektörde kullanılabılır diyemeyiz birçok sektörde kendine yer bulmuştur. Bir üretim hattında ürünlerin takibinde, alışveriş merkezlerinde, zincir marketlerde, hayvan takibinde, havayolları-kargo şirketlerinde, spor müsabakalarının parkur süre takibinde dahi kullanılabilmektedir. İnsan gücü maliyetinin düşmesi, otomatikleştirilmiş stok kontrolü, ürün takibi ve anlık envanter bilgisi şirketler için en büyük avantajlarıdır.

RFID teknolojisi bileşenleri;

- RFID etiketleri
- RFID okuyucusu
- RFID yazıcısı
- RFID anteni
- Sistemin kullanılacağı yazılımdır.

5.3.1. RFID Etiketi

Ürünlerin üzerine tutturulan ve ürünlerin tanımlanmasını sağlayan etiketlerin içerisinde elektronik yongalar bulunmaktadır. Bu yongalar RFID sisteminin en önemli unsurlarından biridir. Elektronik yongalar üzerine yerleştirilen nesneler kimlik kartı niteliğindedir ve nesnenin adı, tanımı, sipariş numarası, lot numarası, müşteri bilgisi gibi hangi bilgileri takip etmek istersek o bilgilerin bulunduğu 64 bit ile 8 KB arasında değişen kapasiteye sahiptir. RFID etiketi mikroçip, anten ve güç kaynağından oluşmaktadır. RFID etiketlerinde nesneyi tanımlamak ve bilgileri son kullanıcıya ulaştırmak için radyo frekansı kullanılmaktadır.



Şekil 5.24. RFID Etiket

RFID etiketleri genel olarak 3 çeşide ayrılmaktadır;

- **Pasif Etiketler:** Kendine ait güç kaynağı yoktur, okuma/yazma mesafeleri kısadır, az miktarda veri iletebilir, uzun ömürlüdür (20 yıldan fazla

kullanılabilir), ucuzdur, kullanımı basittir. Maliyeti düşük olması nedeniyle daha fazla tercih edilir.

- **Yarı Pasif Etiketler:** Güç kaynağını pilden sağlar, pasif etiket göre daha uzun okuma aralığı vardır, çevresel sensörler içerir, sınırlı pil ömrüne sahiptir ve pasif etikete göre daha maliyetlidir.
- **Aktif Etiketler:** Yerleşik bir güç kaynağına sahiptir, daha fazla veri depolar, daha uzun okuma aralığına sahiptir, maliyeti yüksektir, ortam hassasiyeti yüksektir ve her ortamda çalışmazlar.

Çizelge 5.2. RFID Etiket Karşılaştırması

Çeşit Kriter	Pasif	Yarı Pasif	Aktif
Güç Kaynağı	Yok	Pil	Radyo dalgaları
Okuma Mesafesi	Kısa	Orta	Uzun
Kullanım Ömrü	Uzun	Orta	Kısa
Maliyet	Ucuz	Orta	Pahalı
Kapasite	Az	Orta	Çok

Bu çeşitlerin yanı sıra frekanslarına göre ve hafıza yapısına göre de sıralanmaktadır.

Frekanslarına göre RFID Etiketleri;

- **125 KHz LF Etiketler:** Pasif etiketlerdir ve düşük frekanslıdırlar, kısa mesafede çalışırlar. Hayvan tanımda oldukça fazla kullanılır.
- **13.56 MHz HF Etiketler:** Pasif etiketlerdir, okuma mesafesi 1 metreden azdır. Banka kartları, e-biletler, e-kimlik, kredi kartları, akıllı kimlik kartları gibi uygulama alanları vardır.
- **860-960 MHz UHF Etiketler:** Okuma mesafesi uzundur, veri iletimi hızlıdır. Üretim hattı takibi, depo yönetimi, tedarik zinciri yönetimi, otopark yönetimi gibi uygulama alanları vardır.

- **2.45 – 5.8 GHz Mikrodalga Etiketler:** Pasif, yarı pasif ve aktif etiketlerdir, okuma aralığı aktif etiketlerde 100 metreye kadar çıkabilir. Lojistik, demiryolu taşımacılığı tanımlama, e-ödeme gibi uygulama alanları vardır.

Hafıza yapısına göre RFID Etiketleri;

- **Sadece Okunabilen Etiketler:** Yalnızca bir kez tanımlanır ve sonrasında değiştirilemezler. Genellikle pasif etiketlerdir ve düşük maliyetlidirler.
- **Hem Okunup Hem Yazılabilen Etiketler:** Bilgi hem okunup hem yazılabilir. Aktif ve pasif etiketlerde bulunabilir.
- **Bir Kez Yazılıp Çok Kez Okunabilen Etiketler:** Talebe göre bilgi eklenebilmektedir.

5.3.2. RFID Okuyucusu

RFID okuyucu, dijital bilgiyi antenleri ile radyo dalgaları şeklinde etiket gönderir ve etiketten geri gönderilen sinyali algılar. Etiket içerisindeki veri hem okunabilir hem de yazılabilir aynı zamanda birden fazla frekans aralığında çalışabilir. Alıcı, verici, bellek, giriş-çıkış ara yüzleri, kontrol işlemcisi okuyucu sisteminin elemanlarıdır (Üstündağ, 2008).



Şekil 5.25. RFID Okuyucu

5.3.3. RFID Yazıcısı

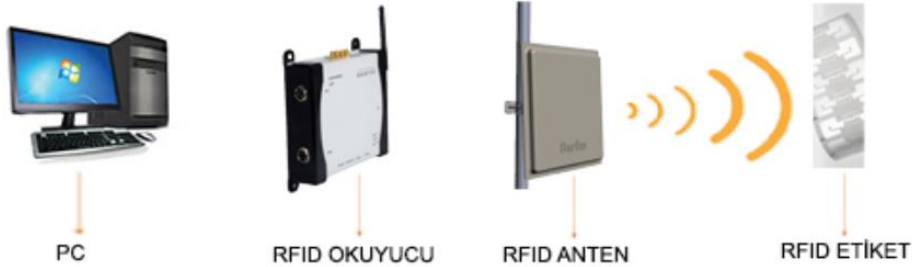
RFID yazıcısı, RFID etiketlerinde bulunan çiplere veri yazmak için tasarlanan bir etiket yazıcısıdır. Çipin üzerine istenen veriyi yazar ve etiketin çıktısını almamızı sağlar. Yazıcının hareketli süreçlerde (konveyör sistemleri vb.) adapte edilmesi için otomatik etiketleme otomasyon sistemleri kullanılabilmektedir (Üstündağ, 2008).



Şekil 5.26. RFID Yazıcı

5.3.4. RFID Anten

RFID antenleri, okuyucuların birbirleriyle veya etiketlerle haberleşmesini sağlayan donanımlardır. Etiket okuma menzilleri genelde çok kısa olduğu için anten kullanımı önemlidir. Antenler ortama ve mesafeye bağlı olarak performansı yükseltmek için farklı şekil, frekans aralıklarında ve boylarda tasarlanmalıdır. Ayrıca antenler düşük güçlerde en iyi sinyal alımını gerçekleştirmeli ve tüm şartlara uyum sağlamalıdır (Polatkan, 2012) (akt. Dalgıç, 2017).

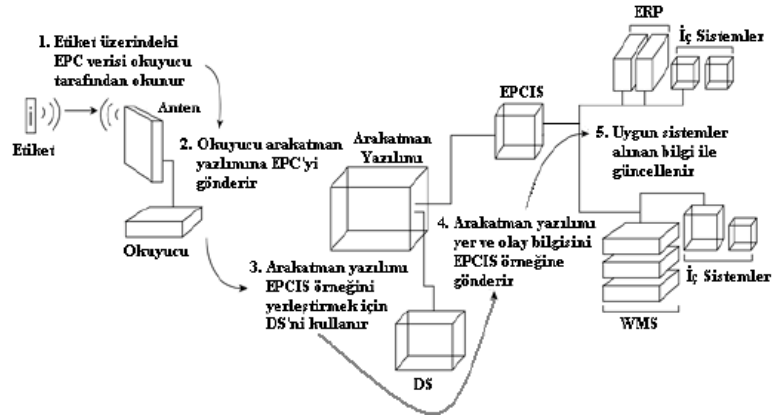


Şekil 5.27. RFID Sistemi Adımları (Barfas, 2023)

5.3.5. RFID Yazılım

RFID sistemin çalışabilmesi için ara katman yazılımına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ara katman yazılım entegratör firmalar tarafından şirketin ihtiyaçlarına uygun olarak, şirkete özel olarak geliştirilir ve ara katman yazılım ile şirketin kullanmış olduğu ERP sistemi birlikte çalışması gerekmektedir. Şirkette kullanılan ERP ile entegre çalışması şirket personellerinin alışkın olduğu şekilde veri alınmasına, raporlanmasına olanak sağlar ve yapılan her işlem için farklı yazılım kullanmak zorunda kalınmayacaktır. Bu entegrasyon işleminde RFID hizmeti veren firma ile şirketin mevcut kullandığı ERP

hizmetini veren firma birlikte çalışarak, istenilen verilerin doğru yerlere yazılıp okunmasını sağlamaları gerekmektedir (Kılıç, 2015).



Şekil 5.28. RFID Çalışma Şeması (Kılıç, 2015)

6. ÜRETİM VE DEPO TAKİP SİSTEMİNİN TASARLANMASI

Endüstri 4.0 çağında teknolojiye duyulan ihtiyacın artmasıyla birlikte üretim ve depo takip sistemlerinin varlığı; işletmelerin verimini, kontrol mekanizmasını artırmak, üretimleri planlı ve kolay bir şekilde gerçekleştirmek için oldukça fazla öneme sahiptir. Bu sistem, rekabet gücünü artırmak, maliyetleri azaltmak ve tüm sistemi görerek alınacak kararların ve yatırımların sağlam temellere dayandırılmasına olanak sağlamaktadır. Yapılan tez çalışmasının bu bölümünde mevcut sistemin analizi ve tasarlanan yeni model anlatılmaktadır.

6.1. Mevcut Sistemin Analizi

Çalışma yapılan fabrikanın mevcut sistemini incelemeden önce sistem tanımını anlamak gerekmektedir. Sistem amacına göre farklı tanımlansa da genel ifadeyle, bir amaca ulaşmak için birbirleriyle etkileşimde olan her şey olarak tanımlanabilir. Ersöz ve Ersöz (2015), çalışmasında mevcut sistemin incelenmesinin 9 adımda gerçekleşeceğini belirtmiştir.

- **Problem Tanımlanması:** Çalışan bir sistemde problemlerin varlığı düşüncesiyle harekete başlanır ve problemin kesinleşmesiyle sistem çalışmasına karar verilir. Gerçek problem belirlendikten sonra çözüme ulaşabilmek için problem iyi analiz edilmeli ve tanımlanmalıdır. Problem ne kadar iyi tanımlanırsa sınırlar o derece kesin olacaktır ve problem alanı dışında çalışma kaybı olmayacaktır (Ersöz ve Ersöz, 2015).

Çalışma yapılan fabrikadaki temel problemler;

- Operasyon adımlarının fazla olması nedeniyle fabrika içerisinde malzemelerin takibinin zor olması,
- Hammadde kaynaklı gecikmelerden dolayı ayar değişimlerinin fazla olması bu nedenle operatör verimliliğinin takip edilememesi,

- Bazı bölümlerde aynı işleve sahip iki tezgâhta bir operatör çalışmasından kaynaklı verimliliklerin takip edilememesi,
- Anlık verilere ulaşılamaması nedeniyle operasyonlar arası geçişlerin aksaması,
- Anlık verilerin girilmemesi nedeniyle operatörün yapılan adet bilgisini unutması,
- Depoda bulunan malzemelerin sistem üzerinde kayıtlarının gün sonunda yapılması nedeniyle anlık stokların güncel olmaması,
- Anlık stok güncellemesi olmaması nedeniyle unutulmuş giriş-çıkış hareketleri,
- Fire miktarlarının ve sebeplerinin kayıt altına alınmaması,
- Kayıt altına alınmayan fire nedenleri sebebiyle düzenleyici/önleyici faaliyet aksiyonlarının alınamaması,
- Tezgâh arıza sebeplerinin kayıt altına alınmaması ve istatistiklerinin tutulmaması,
- Kullanılan ERP programının üretim modüllerinin kullanılmaması ve bu nedenle iş emirlerinin fabrika içerisinde kullanılmaması,
- Üretim maliyetlerinin ERP üzerinden hesaplanamaması,
- Tezgâh atamalarının ERP üzerinden yapılamaması.
- **Amaçların Belirlenmesi:** Bilgi sistemleri ihtiyaçlardan doğmaktadır. Bu ihtiyaçları karşılamak için hangi amaçların esas alınacağı ve hedeflerin neler olduğu belirlenmelidir (Ersöz ve Ersöz, 2015).

Çalışma yapılan fabrikadaki amaçlar;

- Üretim hattı ve depo bilgi sisteminin inşa edilmesi,
- ERP paket programı üretim modüllerinin aktif kullanılması,
- Anlık veri takibi yapılabilmesi,
- Tezgâh ve operatör verimlilik hesabının yapılması,
- Tezgâh duruş sebepleri analizi ve kestirimci bakım faaliyetlerinin gerçekleştirilebilmesi,
- Fire sebepleri analizi,
- Depo içi süreçlerin ve işgücü verimliliğinin artırılması.

Bu amaçlar doğrultusunda üretim ve depo yönetiminde dijital dönüşüme gidilmesi gerekmektedir. Bilginin doğruluğu ve akış hızı karar verici için çok önemlidir. Bu

hedefe doğru giderken ürün ağaçları, iş akış şemaları, operasyon sıra sayfaları, iş emirleri, operatör bilgileri ve tezgâh bilgilerinin doğru ve eksiksiz olması gerekmektedir. Yazılım alt yapısı tüm bu bilgilerin veri tabanında kayıtlı olması için en önemli faktörlerdendir. Barkod yazıcı, barkod okuyucu, endüstriyel bilgisayar, el terminali, etiketler son olarak ihtiyaç duyacağımız donanımlardır.

- **Çalışma Grubunun Belirlenmesi:** Çalışma grubunda endüstri mühendisi, makine mühendisi, teknik ressam ve yazılım mühendisi yer almaktadır.
- **Bilgi İhtiyaçlarının Belirlenmesi:** Sistemin hangi bilgilere ihtiyaç duyduğu tespit edilmelidir aksi taktirde tasarlanan sistemin başarı şansı yoktur (Ersöz ve Ersöz, 2015). Tasarlanan sistem için gerekli olan bilgi ihtiyaçları için daha önce yapılmış çalışmalardan, çalışma grubu beyin fırtınasından, üst yönetim ile müzakerelerden, internet kaynaklarından ve üniversite hocalarımızın bilgisinden yararlanılmıştır.
- **Örgüt ve Çevre İlişkilerinin İncelenmesi:** Bilgi sistemleri sürekli değişim ve gelişim içerisinde olan açık sistemlerdir. Çevresinden girdiler alıp çıktı olarak sunarlar bu nedenle çevre ile olan ilişkilerin bilinmesi gerekmektedir. Örneğin ekonomik faktörler örgüt içerisinde tasarımın kabullenilmemesine sebep olabilir.
- **Örgüt Yapısı ve Yönetim Biçiminin İncelenmesi:** Organizasyon şemaları incelenerek bölümler arası bilgi akışı, görev ve sorumluluklar belirlenmelidir. Bölümler arası ilişkiler açıkça belirlenmelidir. Kararların hangi merkezlerden ve hangi karar kurallarına dayanarak verildiği belirlenmelidir. Verilen kararların uygunluğu incelenmelidir (Ersöz ve Ersöz, 2015).
- **Mal/Hizmet ve Bilgi Akışının İncelenmesi:** Üretilen mal veya hizmetlerin neler olduğu, hangi teknolojilerin kullanıldığı, üretim metotlarının neler olduğunun belirlendiği çalışmalardır.
- **Kaynaklar ve Kısıtların Belirlenmesi:** Mevcut kaynakların ve kısıtların neler olduğunun belirlendiği kısımdır. Tasarlanan sistemde mevcut dokümanlara ek yeni dokümanlar oluşturulmuştur. Fabrikada hali hazırda kullanılan yazılımda aktif olmayan modüller aktif hale getirilmiştir.
- **Yönetimin Beklentilerinin Belirlenmesi:** Bilgi sistemlerinde yönetici beklentilerinin belirlenmesi çalışmanın şekillenmesi için çok önemli bir adımdır. Bu çalışmada yönetim beklentileri;

- Doğru bilgiye zamanında ulaşılması.
- Alışılan sistemin dışına çok çıkılmaması küçük düzenlemelerle kademeli geçiş sağlanması.
- Çok yüksek maliyetlerden kaçınılması.
- Üretimde karmaşanın engellenmesi.
- Düzenleyici/Önleyici Faaliyetlerin hayata geçirilmesi.

6.2. Tesis Yerleşimi

Üretim sürecinin ana amacı, girdileri verimli kullanarak kaliteli ve düşük maliyetli ürün üretilmesidir. Tesis yerleşimi ürün maliyetini etkileyen faktörlerdendir ve tesis yerleşimini iyi planlamış bir işletme ürün maliyetini düşürebilmektedir. Tesis yerleşiminin ana amaçlarından bazıları;

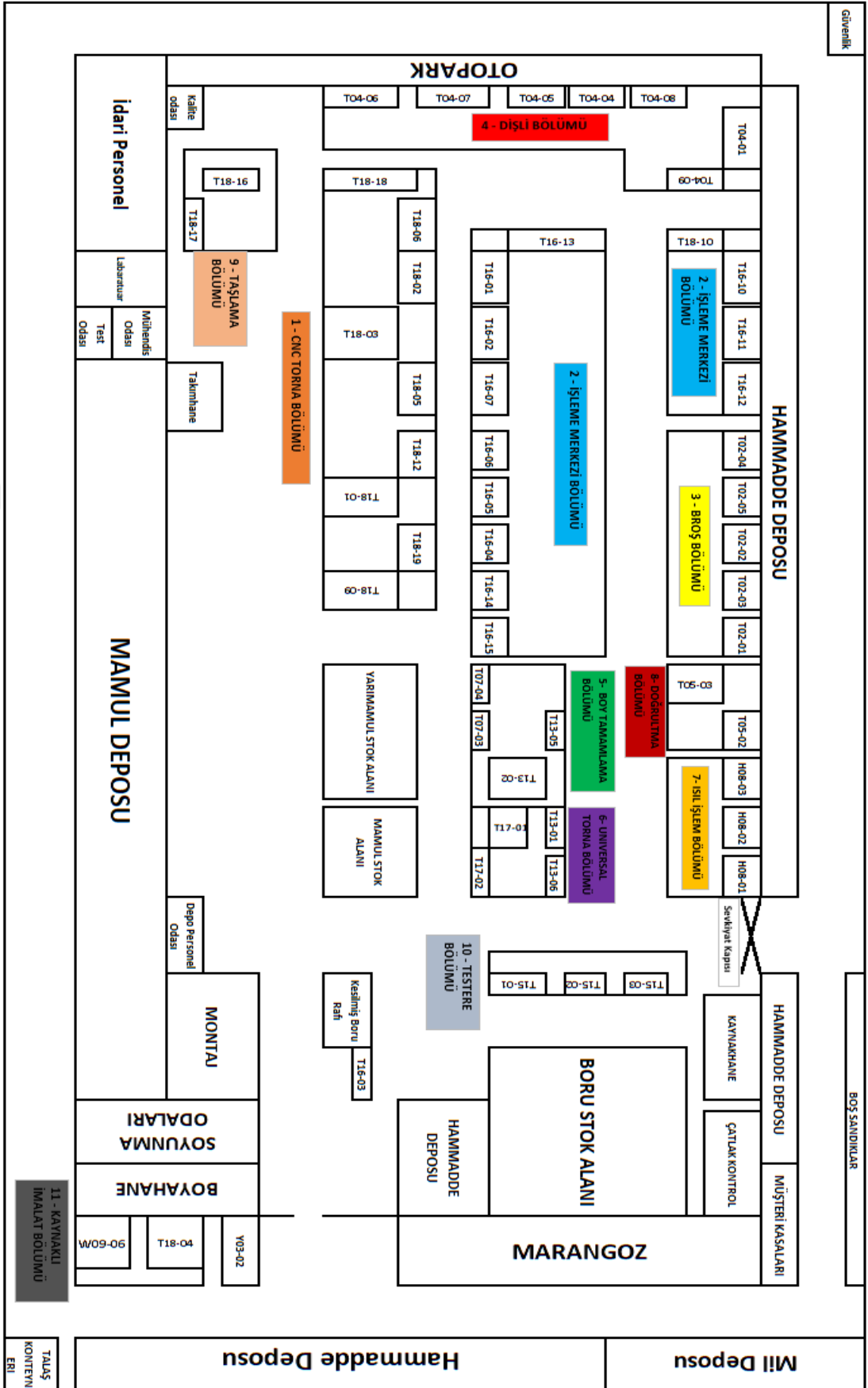
- Taşıma maliyetlerini azaltmak,
- Üretim süresini kısaltmak,
- Üretim alanının verimli kullanılmasını sağlamak,
- Personellere ergonomik çalışma alanı sunmak,
- Üretim girdilerinden maksimum faydayı sağlamaktır (Ürem, 2019).

Çalışma yapılan fabrika 5.000 m² kapalı alan, 2.500 m² açık alan olmak üzere toplam 7.500 m² alana sahip olup Hücresel yerleşim mevcuttur. Şekil 6.1.'de fabrika yerleşim planı bulunmaktadır ve bölümler halinde gösterilmiştir. Şekil 6.2.'de forklift yolları belirtilmiştir.

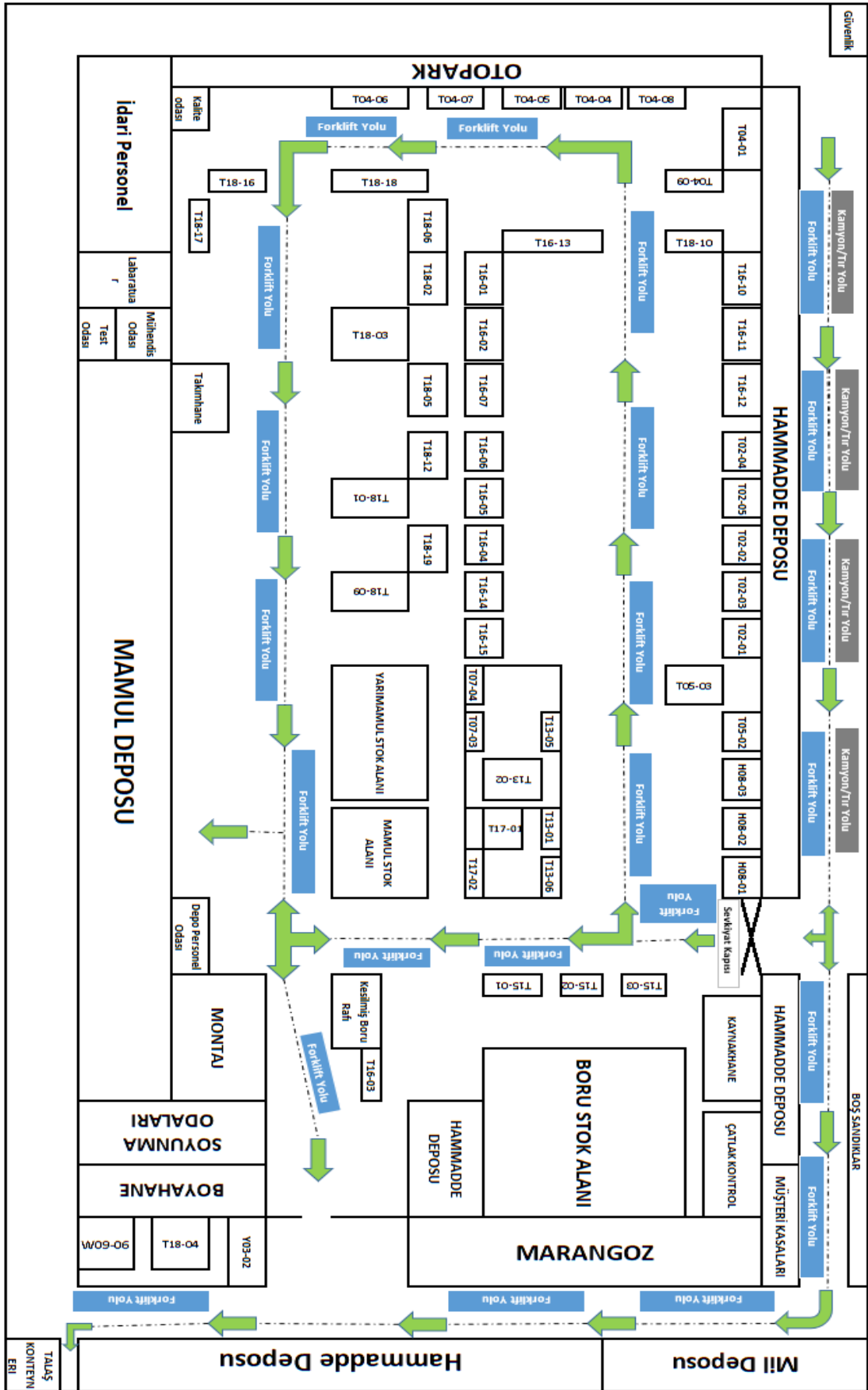
Fabrika içerisinde aynı işleve sahip tezgahlar aynı bölgelere konumlandırılmıştır ve numaralandırılmıştır.

- 1 Numaralı CNC torna bölümünde 9 adet CNC tezgâh mevcuttur ve aks mili imalatında kullanılan kısa ve uzun çatallı millerin dış çap tornalama, segman kanalı ve pah kırma operasyonları bu tezgahlarda işlenmektedir.
- 2 numaralı İşleme Merkezi bölümünde 12 adet İşleme merkezi tezgâhları mevcuttur ve aks mili imalatında kullanılan kısa çatallı mil, uzun çatallı mil ve h mafsalların yüksük yuvası operasyonları işlenmektedir.
- 3 numaralı Broş bölümünde 5 adet broş tezgâhı mevcuttur ve iç çap, dış açma işlemleri yapılmaktadır.

- 4 numaralı Dişli bölümünde 7 adet grob tezgâhı mevcuttur ve aks mili imalatında kullanılan kısa ve uzun çatallı millerin diş açma operasyonları yapılmaktadır.
- 5 numaralı Boy Tamamlama bölümünde 1 adet boy tamamlama 2 adet punta yuvası açma tezgâhları mevcuttur ve aks mili imalatında kullanılan kısa ve uzun çatallı millerin boy ölçüsüne getirme ve punta yuvası açma işlemleri yapılmaktadır.
- 6 numaralı Universal Torna bölümüne 2 adet universal torna 2 adet universal freze tezgâhı mevcuttur.
- 7 numaralı Isıl İşlem bölümünde 3 adet indüksiyon tezgâhı mevcuttur ve aks mili imalatında kullanılan kısa ve uzun çatallı millerin sertleştirme operasyonları yapılmaktadır.
- 8 numaralı Doğrultma bölümünde 2 adet doğrultma tezgâhı mevcuttur ve aks mili imalatında kullanılan kısa ve uzun çatallı millerin ısıtma işlem öncesi, sonrası, torna sonrası ve tekrar ısıtma işlem sonrası salgı oluşan parçaların doğrultma operasyonu yapılmaktadır.
- 9 numaralı Taşlama bölümünde 2 adet taşlama tezgâhı mevcuttur ve aks mili imalatında kullanılan kısa ve uzun çatallı millerin rulman çaplarının son ölçüsüne getirme operasyonları yapılmaktadır.
- 10 numaralı Testere bölümünde 3 adet testere tezgâhı mevcuttur ve mil ve boru kesimleri yapılmaktadır.
- 11 numaralı Kaynaklı İmalat bölümü AR-GE çalışması sonrası kurulan kaynaklı üretim için ayrılan bölümdür. 1 adet kaynak makinası ve 1 adet CNC torna bulunmaktadır.



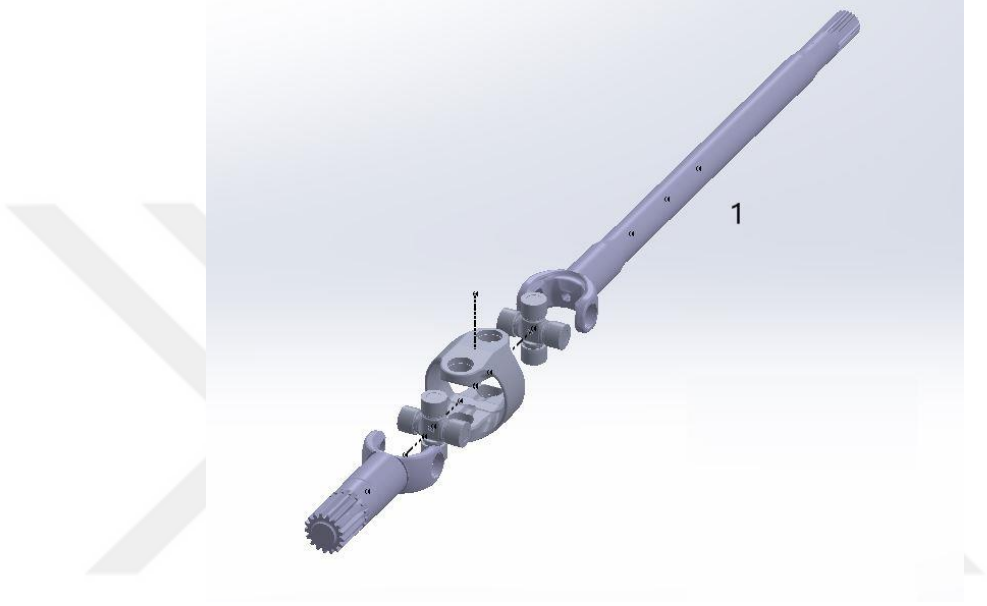
Şekil 6.1. Yerleşim Planı – 1



Şekil 6.2. Yerleşim Planı – 2

6.3. Örnek Ürün Bilgileri

Fabrikada 3 temel ürün grubu mevcuttur. Bu gruplardan “Aks Grubu” fabrika için kritik öneme sahiptir. Şekil 6.3.’de montajlı hali görünmekte olan aks grubu; kısa aks mili, uzun aks mili, h mafsalsal ve istavroz olmak üzere 4 alt parçadan oluşmaktadır. Örnek ürün olarak operasyon sayısı ve üretim süreleri uzun olması sebebiyle 1 numara olarak belirtilen uzun aks mili parçası ele alınmıştır.



Şekil 6.3. Aks Grubu

Şekil 6.4.’te örnek ürün rotası spaghetti diyagramında gösterilmiştir.

- Dövme firmasından gelen hammaddelere 1. istasyonda doğrultma işlemi yapılır.
- İstenilen salgı değerine ulaşan malzemeler ısılah ve normalize yapılmak üzere fason ısılah işlem firmasına gönderilir (2. istasyon)
- 3. istasyonda ısılah işleminden gelen malzemelerin çatlak kontrolleri yapılır. Malzemelerde ısılah işlem kaynaklı çatlak olup olmadığı kontrol edilir.
- 4. istasyonda ısılah işlem kaynaklı salgı oluşmasından dolayı doğrultma işlemi yapılır.
- 5. istasyonda öncelikle malzemeleri istenilen boy ölçüsüne getirmek için boy tamamlama operasyonu yapılır. CNC torna tezgâhları iki punta arasında tornalama yaptığı için boy tamamlanan malzemelere iki adet punta deliği açılır.

- 6. istasyonda malzemeler, istenilen dış çap ölçülerine getirilmesi için CNC torna tezgâhlarında işlenir.
- 7. istasyonda torna sonrası oluşan salgı nedeniyle tekrar doğrultma işlemi yapılır.
- 8. istasyonda doğrultulan malzemelerin yüksük yuvaları açılır.
- 9. istasyonda yüksük yuvaları açılan malzemelerin mil kısmına diş açma operasyonu yapılır.
- 10. istasyonda diş açılan malzemelere segman kanalı açma operasyonu yapılır.
- 11. istasyonda segman kanalı açılan malzemelerin istenilen sertlik değerine gelmesi için indüksiyon işlemi uygulanır.
- 12. istasyonda indüksiyon sonrası oluşan salgı nedeniyle 4. ve son kez doğrultma işlemi uygulanır.
- 13. istasyonda doğrultulan malzemelerin rulman çapı son ölçüsüne tornalanır yani taşlama operasyonu yapılır.
- 14. istasyonda taşlanan malzemelerin çatlak kontrolü yapılır.
- 15. istasyonda tüm operasyonlardan geçen malzemeler mamul deposuna kaldırılır.
- 16. istasyonda montaj yapılmak üzere mamul deposundan montaj bölümüne sevk edilir.
- 17. istasyonda montajı yapılan Aks Şaftlarının boyama operasyonu gerçekleştirilir.

Uzun aks milleri üretimi ve montajlanıp aks şaftı olma işlemi toplam 17 adımda tamamlanmaktadır ve üretim süresi diğer tüm ürün gruplarından daha uzun sürmektedir. Fabrika için kritik öneme sahiptir bu yüzden örnek olarak bu grup ele alınmıştır.

6.4. Üretim ve Depo Takip Sistemi İçin Gerekli Alt Yapının Oluşturulması

6.4.1. Tezgâh Kodlaması

Fabrikada bulunan tezgâhların birer açıklaması ve tezgâh özellikleri vardır. Aynı tezgâhtan birkaç tane bulunma durumunu da göz önüne aldığımız zaman her tezgâha birer tezgâh numarası verilmesi gerekmektedir. Yerleşim planında da görüldüğü gibi her tezgâha birer tezgâh numarası belli bir mantık çerçevesinde verilmiştir. Öncelikle Çizelge 6.1.'de belirtildiği gibi her tezgâhın grubu ve o gruba karşılık harfle ifade edilen grup kodu belirlenmiştir.

Çizelge 6.1. Tezgâh Grup Kodlaması

Tezgâh Grup Kodları	
Grup Kodu	Grup İçeriği
M	Montaj Tezgâhları
K	Kontrol ve Test Tezgâhları
T	Talaşlı İmalat Tezgâhları
Y	Yüzey İşleme Tezgâhları
P	Plastik İşleme Tezgâhları
H	Isıl İşlem Tezgâhları
W	Kaynaklı İmalat
D	Diğer Tezgâh / Cihaz / Makineler

Belirlenen gruplara ait tezgâhların yaptıkları operasyonlar dikkate alınarak operasyon kodları ve açıklamaları Çizelge 6.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.2. Tezgâh Operasyon Kodları

Operasyon Kodu	Operasyon İçeriği
01	Pres
02	Broş
03	Temizleme
04	Diş Açma
05	Doğrultma
06	Enjeksiyon
07	Freze
08	Isıl İşlem

Çizelge 6.2. (Devamı) Tezgâh Operasyon Kodları

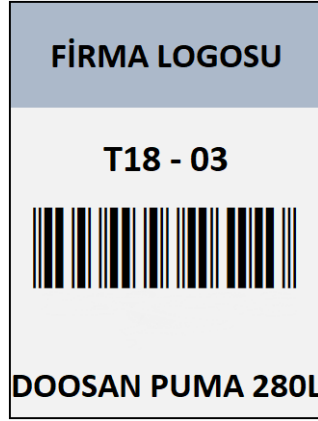
Operasyon Kodu	Operasyon İçeriği
09	Kaynak Aparatı
10	Kontrol
11	Matkap
12	Paketleme
13	Boy Tamamlama
14	Taşlama
15	Testere
16	İşleme Merkezi
17	Universal Torna
18	CNC Torna
19	Boru Yapıştırma
20	Boyama
21	Çapak Alma
22	Montaj Aparatı
23	Ön Isıtma Fırını
24	Tav Fırını (Tuz Banyolu)
25	Sertleştirme Banyosu
26	Yıkama Tankı
27	El İşçiliği (Talaşlı İmalat)
28	El İşçiliği (Montaj)
29	Diğer
30	Raspalama

Çizelge 6.3.'te örnek tezgâh kodlaması gösterilmiştir.

Çizelge 6.3. Tezgâh Kodlama Örneği

T	18	-	03
T = Talaşlı İmalat Tezgâhı anlamındadır.	18 = CNC Torna operasyonu yapan tezgâh		03 = İçinde bulunan grubun sıra sayısıdır.

Tezgâh kodlaması yapıldıktan sonra operatörlerin iş emir onayı yapacakları zaman tezgâhları manuel seçmek yerine barkod okuyucudan okutabilmeleri için her tezgâha barkodlu kartlar hazırlanmış ve hazırlanan tezgâh barkodlu takip kartı örneği Şekil 6.5.'te gösterilmiştir.



Şekil 6.5. Tezgâh Barkodu

6.4.2. Operatör Yaka Kartları Oluşturulması

Her personel işe başladığı zaman ERP programının insan kaynakları modülünde giriş işlemleri yapılır. Giriş işlemiyle birlikte personel sicil kayıtları da oluşturulmaktadır. Bu sicil numaraları operatörlerin yaka kartı üzerindeki barkoda yerleştirilecektir ve operatör iş emri barkodunu okuttuğu zaman onaylayan kısmında hangi operatörün o işi yaptığı belli olacaktır. Bu nedenle yaka kartı oluşturulması sistem için gereklidir. Örnek yaka kartı Şekil 6.6.'da gösterilmiştir.

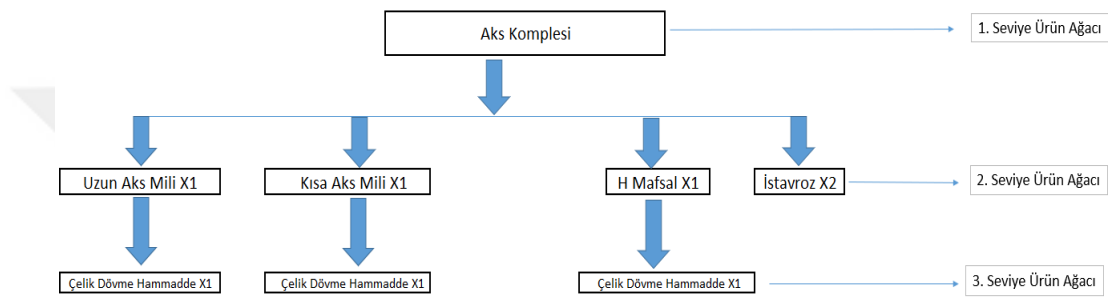


Şekil 6.6. Personel Yaka Kartı

6.4.3. Ürün Ağaçlarının Oluşturulması

Ürün ağaçları, üretim yapılabilmesi için bir ürünün hangi malzemelerden kaçar adet kullanılarak üretildiğini gösteren şemadır. Malzeme ihtiyaç planlaması için hayati önem taşımaktadır. İş emirleri onayında ilgili operasyon onayı gerçekleşirken ürün ağacına bağlı olan hammadde stok tüketimi gerçekleşir. Stokların doğru olması için dolaylı olarak ürün ağaçlarının da doğru olması gerekmektedir. Aynı zamanda montaj

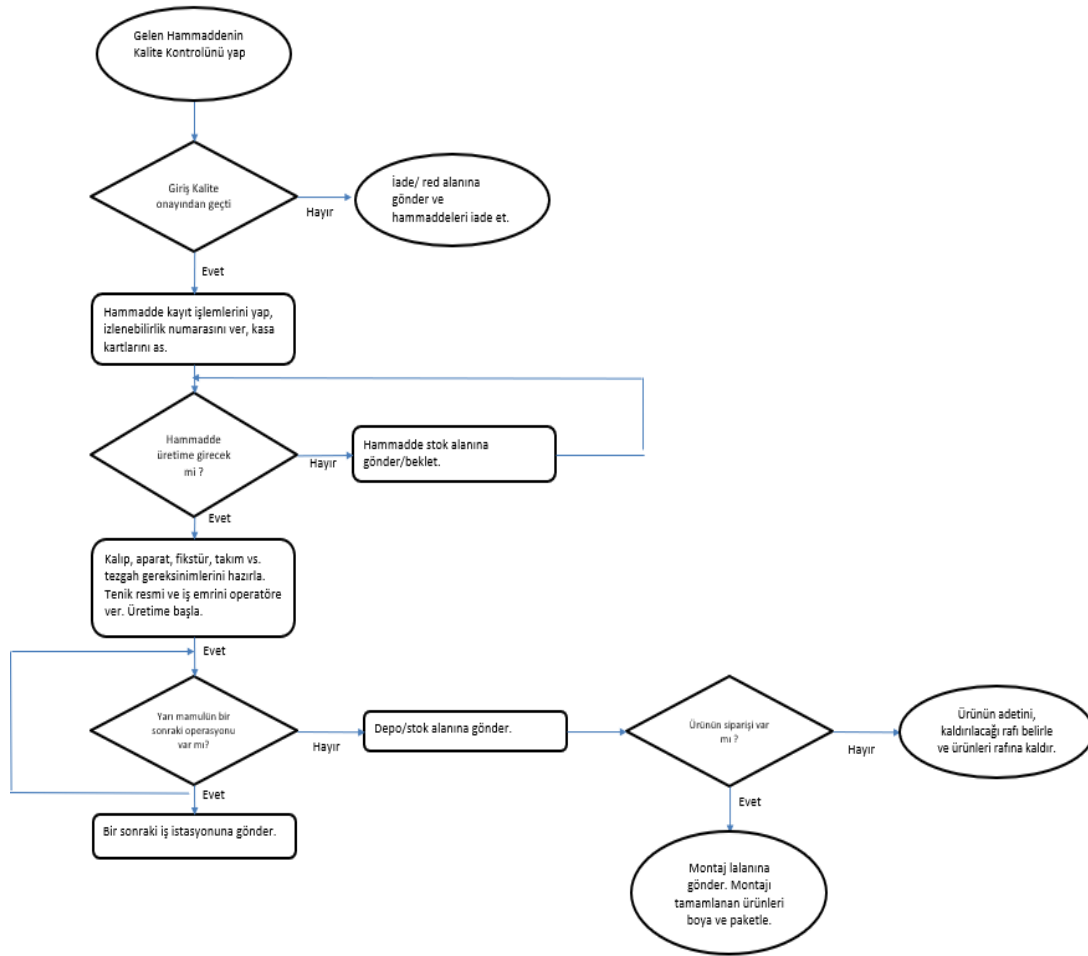
yapılacak malzeme talebi depo kısmına ürün ağacı patlamış şekilde kağıtlarla gelir ve depo çalışanları montaj bölümüne bu malzemelerin teminini sağlar. Yanlış yapılmış ürün ağacında montaj ve dolayısıyla sevkiyatta yanlış olur. Bu çalışmada ürün ağaçlarının tamamı kontrol edilmiş, eksik ürün ağaçları düzenlenmiş, ürün ağacı olmayan malzemelerin ürün ağaçları ERP programına kayıtları yapılmıştır. Şekil 6.7.'de örnek ürün ağacı gösterilmiştir. Örnekteki ürün ağacı 3 seviyeden oluşmaktadır ancak fabrika içerisinde 9 seviyeye kadar inen ürün ağaçları mevcuttur. Gizlilik kuralları gereği parça numaraları ve ERP üzerinden ekran görüntüleri paylaşılmamıştır.



Şekil 6.7. Ürün Ağacı Örneği

6.4.4. İş Akış Şemalarının Oluşturulması

Fabrikada üretilen ürünler fabrikaya geldiği zaman teknik resmine göre öncelikle kalite kontrol onayından geçmektedirler. Giriş kalite onayından sonra ERP programına hammadde kayıtları yapılmakta, izlenebilirlik (lot) numaraları verilmekte, iş emirleri çıkarılıp kasa üzerine konulmakta ve kasa kartları da kasalar üzerine konulmaktadır. Hammaddesi üretime girmeden önce tezgâhlardaki fikstür, aparat, takım hazırlıkları yapılır ve operasyon sıra sayfasına göre tezgâhta işlenir ve bu döngü her operasyonda gerçekleşir. Üretimi tamamlanan ürünlerin siparişleri varsa montaj alanına sevki sağlanır, stok üretimi ise depoda uygun rafına yerleştirilir ve ERP programına kayıt işlemi gerçekleştirilir.



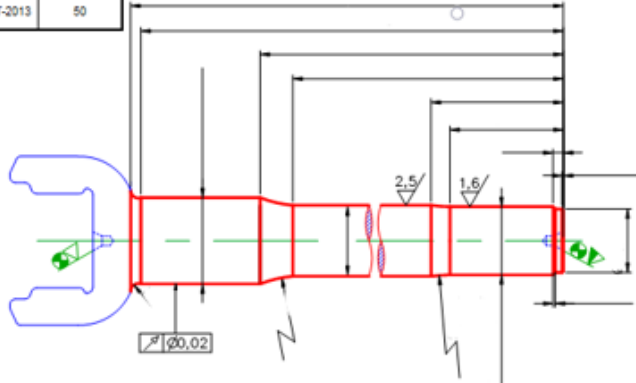
Şekil 6.8. İş Akış Şeması

6.4.5. Operasyon Sıra Sayfalarının Oluşturulması

Operasyon sıra sayfaları parçanın operasyonlarıyla ilgili ayrıntılı bilginin olduğu dokümandır. Şekil 6.9.'da bulunan operasyon sıra sayfasında örneği verilen uzun aks milinin CNC torna operasyonuna ait ayrıntılar yer almaktadır. Burada tornalama işleminin hangi yüzeylere uygulanacağı operasyon resminde gösterilmiştir. Bunun dışında parçanın hangi tezgâhta işleneceği, parçanın yerde yere süresinin kaç saniye olacağı, ayar süresinin kaç dakika olacağı, hangi kesici takımlar kullanılacağı ve o kesici ucun kaç adet üretim yapacağı, hangi takımların tezgâha bağlanacağı, hangi masterlarla ölçüm yapılacağı, tezgâh ayar bilgileri ve değişim yapılmışsa değişimin kimin yaptığı gibi bilgiler ayrıntılı şekilde yer almaktadır.

Operasyon sıra sayfası malzeme tezgâha gelmeden üretim kısım sorumluları tarafından ilgili tezgâh sorunlusuna verilir. Bu sayede operatör ne yapacağını önceden bilir, takımlarını ona göre ayarlar, tezgâh program kontrolünü sağlar ve ön hazırlığını

yapmış olur. Zaman kaybı önlenmiş olur. (Firma gizlilik politikası sebebiyle parça kodu ve ölçüler yazılmamıştır.)

OPERASYON SIRA SAYFASI									
Tezgah Bilgileri		Üretim Zamanı Bilgileri		Parça Bilgileri		Operasyon Bilgileri			
Tezgah Kodu	T18-03	Yerleşim Yeri Zamanı	Saatte Adet	Parça Kodu	X.XX.XX.XXX	Op. un Tanımı		Op. Nr. sı	
Tanımı		286	12,59	Parça Adı		MİL KISMINDAKİ DIŞ ÇAPLARI TORNALA.		50	
CNC YATAY TORNA TEZGAHI DOOSAN PUMA 280L		Mak.Zam. (sn.)	Ayar.Zam. (dk.)	Malzeme					
		271	60	SAE 4140					
Bağlama Takımları ve Diğer Aparatlar				Kontrol Takımları				Ayar Bilgileri	
Takımın Tanımı		Kod. Nr. sı	Adet	Mastanın Tanımı		Kod. Nr. sı	Ölç. Fre.	Değişken	Değer
AYNA		K-0594	1	Ø36,33 ^{+0,02} ÇAP MASTARI (MIKROMETRE)		STD.	10	Ayna Basıncı (bar)	25 ± 30
ÇENE (Takım)		K-1006	1	Ø38±0,15 ÇAP MASTARI (MIKROMETRE)		STD.	10	Punta Basıncı (bar)	5 ± 7
FIRDÖNDÜLÜ PUNTA (Ayna Tarafı)		K-0925	1	Ø46,60 ^{+0,02} ÇAP MASTARI (MIKROMETRE)		STD.	10	Tezgah Program Nr. sı	O0574
				MESAFELER ÖLÇÜM MASTARI (Dij. Mili)		MT-0033	10		
KESİCİ TAKIMLAR									
TAKIMIN ADI	TAKIMIN TANIMI	TAK. KODU	SERT MADEN UÇ	TAK. KODU	Tek Köşe Uç Ömrü (adet)				
KABA KALEM	TDJNR 2525 M15	KT-1351	DNMG 150605-OPM OC311SD (OKC)	KT-2012	35				
FINIS KALEM	SDJCL 25x25 M11	KT-1510	DCMT 11T3041RM (YBC152P05-P20) (ZCC-CT)	KT-1327	80				
ARA YATAK KALEM	TDJNL 2525 M11	KT-1559	DNMG 110605-EM (YBM113 M05 M30) (ZCC-CT)	KT-2013	50				
Değişiklik Bilgileri									
Değ. Nr. sı	012								
Değ. Tarihi	17.08.2023								
Yapan									
Onaylayan									
İmza									
Onay Tarihi	17.08.2023								
Değişiklik açıklaması:									
Tek Köşe Uç Ömrü Eklendi.									
Operatörün Dikkat Edeceği Noktalar									
- İlk ayarda ve sonraki 10 parçada bir salgı kontrolü yap. Makine zamanı içinde kılıf tak.									
 DAYAMA  EKİMA  ÖLÇÜRLÜK  KONTROLÜ									
									

Şekil 6.9. Operasyon Sıra Sayfası

6.4.6. İş Emirlerinin Oluşturulması

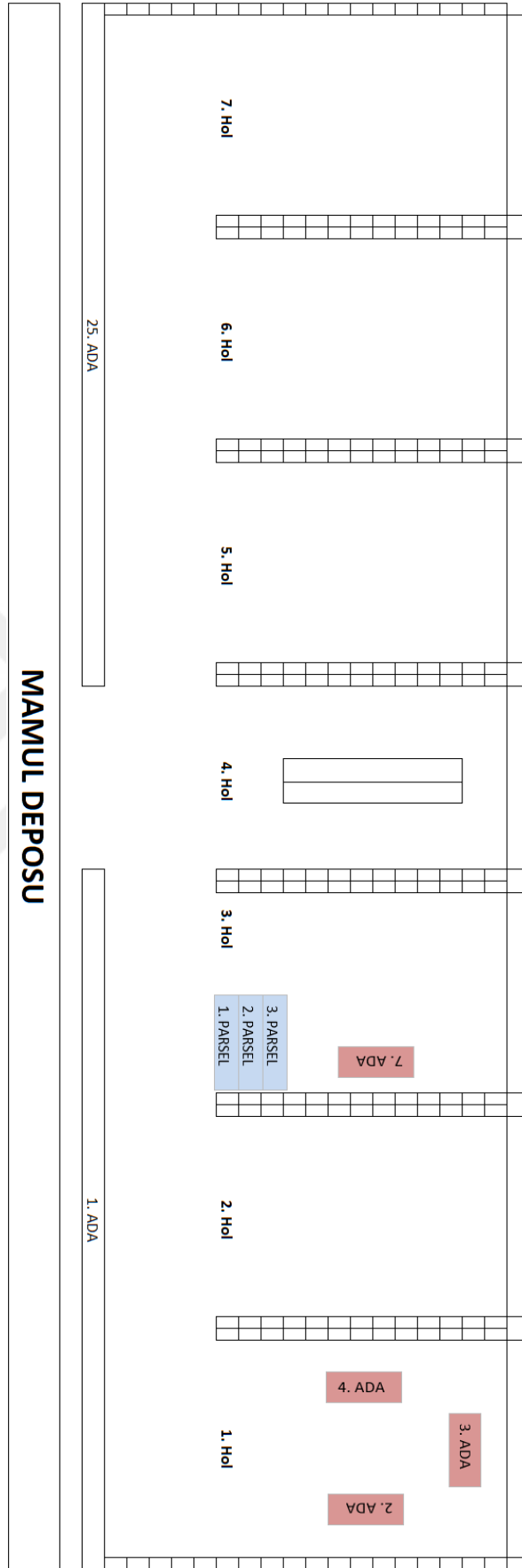
Operasyon bazlı tasarlanan iş emri Şekil 6.10.'da gösterilmiştir. İş emri içerisinde iş emri numarası, operasyon onay numarası, iş emri tarihi, üretim miktarı, parti numarası (lot numarası), varsa sipariş numarası, sipariş miktarı, teslim tarihi bilgileri yer almaktadır. Daha önce işlenen minimum süreye göre planlanan başlangıç ve bitiş tarihleri de yine iş emri içerisinde yer almaktadır. Operatör gelen iş emri üzerindeki onay numarası barkodunu okutarak onay işlemlerini yapacaktır. Her operasyonun kendini özgü barkod numarası olacaktır.

İş Emri No	İş Emri Tarihi	Üretim Miktarı	Parti No	Sipariş No	Sipariş Miktarı	Teslim Tarihi
23090006	07.09.2023	1.500 AD	07.09.185		0	
Parça No		Parça Adı				
		4.SERİ DFR 30,2X82 İST.GÖRE 526mm 1,25 MOD Z29 Ø38				
Op.No. İş Merkezi		Operasyon Tanımı				
50 T18-03		DIŞ ÇAP TORNA				
Planlanan Başlangıç 21.09.2023 09:02:00		Planlanan Bitiş 03.10.2023 09:42:00		Onay no: 00020355		

Şekil 6.10. İş Emri

6.4.7. Depo Raf Etiketleri

Üretimi tamamlanmış olan ürünler depo içerisinde raflara yerleştirilmektedir. Depo içerisinde 7 adet hol bulunmaktadır. Mamul deposu içerisinde ada-parcel-sıra mantığıyla raf kodları verilmiştir. 4. Hol hariç her holde 3'er adet ada bulunmaktadır. Bu adalara kasalar yan yana ve üst üste sıralı şekilde dizilir. Yan yana dizili olan alanlara parcel ismi verilmiştir. Kasalar üst üste dizildiğinde ise sıra ismini alır. Şekil 6.11.'de mamul depo içi şematize edilmiştir.



Şekil 6.11. Mamul Deposu Yerleşimi

Bir holde hep aynı çeşit malzeme olmasına dikkat edilir. Örneğin 2. Hol sadece İstavrozlar için ayrılmıştır ve sadece istavrozlar depolanmaktadır. Üretimden gelen malzemeler uygun holde boşluk var ise o holdeki ada-parcel-sıra mantığına göre yerleştirilir. Yapılacak projede bu noktada ada-parcel-sıra mantığına göre raflara barkod etiketleri tanımlanmıştır. Ayrıca birkaç depo olduğu için depolar da kodlandırılmıştır. Depo kodlamaları Çizelge 6.4’te örnek olarak verilmiştir. Raf kodları ise stok yeri kodu olarak ifade edilmektedir. Böylelikle malzemelerin hangi depoda ve hangi stok yerinde olduğu belirtilerek lokasyonu kolaylıkla bulunabilmektedir.

Çizelge 6.4. Depo Kodları

Depo	Açıklama
100	Üretimde Bulunan Malzemeler
200	Mamul Deposu
600	Boru Stok Alanı

Örnek raf etiketi şekil 6.12.’de gösterilmiştir.

FİRMA LOGOSU	FİRMA LOGOSU
2-1-5	200
	
2. ADA 1. PARSEL 5. SIRA	MAMUL DEPOSU

Şekil 6.12. Raf Etiketi

6.4.8. Kasa Kartları

Kasa kartı, kasada, palette veya çuvalda bulunan hammaddenin ne olduğu, hangi operasyonlardan geçeceğini gösteren bilgi kartıdır. Gelen döküm hammaddeler ortalama 5.000'er adetlik partiler halinde, dövme hammaddeler ise 1.000'er adetlik partiler halinde geldiği için her bir kasa veya çuvala ayrı ayrı iş emri çıkarılmaz o partiyi kapsayacak iş emri çıkarılır. Her kasa/çuvala o kasa/çuvalda hangi malzemeden kaç adet olduğunu gösteren kasa kartları konulur. Kasa kartları bilgi amaçlı kullanılır. Örnek kasa kartı Şekil 6.13.'te gösterilmiştir.

KASA KARTI - ÖN YÜZÜ					
Mamül Kodu	Tanımı	İzlenebilirlik Numarası	Yarı Mamül Kodu		
X.XXX.XX.XXX	ÇATALLI MİL		X.XXX.XX.XXX		
ÖZ	OPERASYONUN TANIMI	GİDECEĞİ YER	KONTROL	TARİH	ADET
10	SATIN AL.	SATIN ALMA ŞARTNAMESİ			
20	ÜRÜN ÖN KABULÜNÜ YAP.	DEPO Ön Kabul Sahası			
30	ÜRÜNÜN NİHAİ KABULÜNÜ YAP.	GİRİŞ KALİTE KONT.			
40	DOĞRULT.	T05 - 02			
50	ISIL İŞLEME GÖNDER.	TEDARİKÇİ			
60	ISIL İŞLEMENDE GELEN ÜRÜNÜN NİHAİ KABULÜNÜ YAP.	GİRİŞ KALİTE KONT.			
70	ÇATLAK KONTROL	K10 - 01			
80	DOĞRULT.	T05 - 02			
90	BOY TAMAMLA.	T07 - 03			
100	PARÇANIN HER İKİ UCUNA PUNTA YUVASI AÇ	T13 - 03			
Revizyon Bilgileri : 17-06-2019 / 002					

KASA KARTI - ARKA YÜZÜ					
Mamül Kodu	Tanımı	İzlenebilirlik Numarası	Yarı Mamül Kodu		
X.XXX.XX.XXX	ÇATALLI MİL		X.XXX.XX.XXX		
ÖZ	OPERASYONUN TANIMI	GİDECEĞİ YER	KONTROL	TARİH	ADET
110	MİL KISMININ TÜM DIŞ ÇAPLARINI TORNALA,İŞLENEN ÇAP BÖLGESİNE KILIF TAK.	T18 - 03			
120	DOĞRULT.	T05 - 02			
130	İSTAVROZ YUVALARINI İŞLE.	T16 - 01			
140	PARÇANIN MİL KISMININ UÇ TARAFINA M:1,25 Z:29 FORMUNDA DIŞ AÇ.	T04 - 04			
150	SPLINE ÜZERİNDE 1 ADET SEGMAN KANALINI AÇ,ÇATAL UCUNA PAH KIR.	T18 - 03			
160	MİL KISMININ HER İKİ UÇ TARAFINI İNDUKSİYONLA SERTLEŞTİR,ÇATLAK KONT.VE MARKALAMA YAP.	H08 - 03			
170	DOĞRULT.	T05 - 02			
180	RULMAN VE KEÇE ÇAPLARINI SON ÖLÇÜLERİNE TORNALA.	T18 - 17			
190	ÇATLAK KONT.YAP,MAZOTA DALDIR,KILIF TAK.	K10 - 01			
200	DEPOYA GÖNDER	DEPO			
Revizyon Bilgileri : 17-06-2019 / 002					

Şekil 6.13. Kasa Kartı

6.4.9. Depo Kartları

Depo kartları üretimi tamamlanan ürünlerin depo raflarına konulmadan önce kasalar üzerine ürün kimliğini belli etmesi için tasarlanmıştır. Kart üzerinde malzeme ismi, açıklaması, tarih bilgisi, raf numarası, adet bilgileri ve tüm bu bilgilerin içine gömülü olduğu barkod yer almaktadır. Depoya gelen ürünlerin barkodlu kasa kartları çıkar ve kasa üzerine konulur. Depo personeli el terminali ile depo kartını, çıkan depo raf barkodunu ve girdiği depo raf barkodunu okutarak transfer işlemini gerçekleştirir. Depo içerisinde raflar arası transfer yaparken de aynı adımları uygular ve anlık transfer işlemleri gerçekleşmiş olur. Şekil 6.14'te örnek depo kartı yer almaktadır ve gizlilik politikası nedeniyle parça numarasına yer verilmemiştir.

X.XXX.XX.XXX		4.SERİ DFR 30,2X82 İST.GÖRE 526mm 1,25 M	
Tarih	Raf No	Açıklama	Miktar

Şekil 6.14. Depo Kartı

6.5. Bilgi Gereksinimlerini Belirleme Yöntemleri

Literatürde kullanılan bilgi gereksinimlerini belirleme yöntemleri Şekil 6.15.'te gösterildiği gibi 3 ana başlıkta incelenmektedir. 1. yöntem geleneksel yöntemlerdir ve 4 ana başlıkta ifade edilmiştir. 2. yöntem modern yöntemler 3. yöntem ise radikal yöntem olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 6.15. Bilgi Gereksinimi Belirleme Yöntemleri (Ersöz ve Ersöz, 2015)

Üretim ve depo takip sisteminin tasarımında Çizelge 6.5.'te görüldüğü gibi geleneksel yöntemler alt başlığında bulunan 3 farklı yöntem kullanılmıştır.

Çizelge 6.5. Kullanılan Bilgi Gereksinimi Belirleme Yöntemleri

Kullanılan Yöntem	Paydaşlar
Kişisel Görüşmeler	Genel Müdür, Üretim Müdürü, Üretim Kısım Sorumluları, Ustabaşları
Gözlemler	Diğer fabrikalarda kullanılan takip sistemleri
Kayıt Taramaları	Fabrikada bulunan dokümanlar

Kişisel Görüşmeler: Kişisel görüşmeler yüz yüze yapılmıştır. Öncelikle fabrika genel müdürü yani fabrika kurucusunun istekleri doğrultusunda proje temelleri atılmıştır. Yıllardır süre gelen takipsizliğin giderilmesi, takipsizlik sonucu bilinmeyen verimliliklerin artık hesaplanabilmesi, fabrika içerisinde belli kurallara göre hareket mekanizmasının olması gerektiği konularının üzerinde durulmuştur. Daha sonra üretim müdürü ve üretim kısım sorumluları ile yapılan görüşmelerde, önceki yıllara ait çalışmaların olduğu ve bu çalışmalardan faydalanılacağı bilgisi alınmıştır. Ancak bu çalışmalar artık ihtiyacı karşılamamaktadır ve barkod uyumu için eklemeler yapılmalıdır. Son olarak ustabaşları ile yapılan görüşmelerde hali hazırda kullanılan formların karmaşık olduğunu düşünmektedirler ve basit, anlaşılır düzenlemeler yapılmasını istemektedirler.

Gözlemler: Barkodlu takip sistemini kullanan diğer fabrikalar yerinde gözlemlenerek hangi hususlara dikkat edilmesi gerektiği bilgi alınmıştır. Bu gözlemlerde özellikle iş emri barkodunun operasyonlar arası geçişlerde kaybolması, işlevini yitirmesi dikkat çekmektedir. Ayrıca onay ekranlarının tasarımında operatörlere hitap edeceği için basit ve anlaşılır olması hususunun önemi görülmüştür.

Kayıt Taramaları: Fabrikada bulunan dokümanlar incelenmiş, isteklere karşılık verebilecek olan operasyon sıra sayfalarının üzerine bazı eklemeler yapılarak kullanıma alınmıştır. Bunun haricinde diğer dokümanlar tasarımından içerisinde olan tablolara kadar bilgiler değiştirilerek çoğu revize edilmiştir.

6.6. Yazılım Seçimi

Sistemin tasarlanmasında yazılım dilinin seçimi oldukça önemlidir. Projede kullanılan yazılım fabrikada kullanılan CANIAS ERP sistemiyle entegre olacağı için bu yazılımın dışına çıkılmamıştır. Dışarıdan farklı bir uygulamayla desteklenmesi hem zaman kaybı olacak hem de maliyetli olacaktır. Tüm bu sebeplerden ERP programının üretim ve depo modülleri aktifleştirilmiş ve yazılım dili CANIAS'ın kendine özgü JAVA tabanlı yazılım dili olan TROIA'dır.

6.7. Donanım İhtiyaçlarının Belirlenmesi

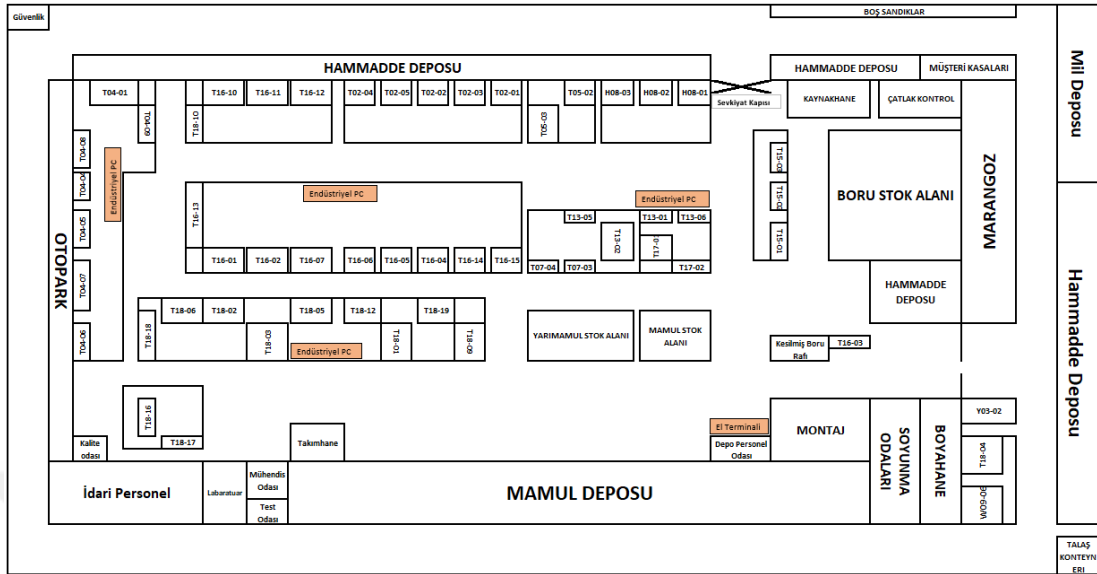
Üretim ve takip sistemi için kullanılacak olan donanımlar Çizelge 6.6.'da gösterilmektedir.

Çizelge 6.6. Donanım İhtiyaçları

No	Donanım	Adet	Kullanım Amacı
1	Endüstriyel PC	4	Operatörlerin CANIAS ERP'ye bağlanıp günlük iş emri onaylarını yapmaları için kullanılacaklardır. Erişim kısıtı olacaktır ve sadece iş emri onay ekranı kullanılabilir.
2	Barkod Okuyucu	4	Endüstriyel PC'lerin yanına konumlandırılacak ve iş emri, operatör ve tezgâh barkodları okumada kullanılacaktır.
3	Barkod Yazıcı	2	Üretime iş emirleri verilirken ve depo kartların üzerine barkod etiketi yazdırmak için kullanılacaktır.
4	El Terminali	1	Depoya gelen ve depodan çıkışı yapılacak malzemelerin CANIAS ERP sisteminde ilgili depo/stok yerine transferinde kullanılacaktır.
5	Barkod Etiket	-	Yoğun bilgi taşıma kapasitesi nedeniyle CODE 128 barkod etiketi kullanılacaktır.

Endüstriyel PC konulacak yerler Şekil 6.16.'da gösterilmiştir. Minimum miktarda ve operatör hareketini minimum seviyede tutacak şekilde 4 adet Endüstriyel PC konulması düşünülmüştür. Endüstriyel PC'lerin yanında barkod okuyucular konumlandırılacaktır. Barkod yazıcının biri üretim planlama biriminde diğeri ise depo

personel odasında olacaktır. El terminalini depo personeli depoya giriş veya depodan çıkış yaparken kullanacaktır.



Şekil 6.16. Donanım Kurulum Yerleri

6.8. Sistemin Üretimde ve Depoda İşleyişi

Üretim ve depo takip sistemi mekanizmasının hareket noktası hammaddenin tedarikçi firmadan gelişidir. Üretime alınan malzemeler döküm, dövme ve çelik hammadde olarak gruplandırılabilir. Döküm hammadde çuvalla, dövme hammadde tahta kasalarla ve çelik hammadde palet üzerine konularak veya çelik kasalarla fabrikaya gelir.

Depo personeli gelen hammaddenin adet ve kg kontrollerini yapar ve 3 adet irsaliye kopyası alır. Birinci kopya satın alma departmanına, ikinci kopya üretim planlama departmanına ve üçüncü kopya kalite kontrol departmanına verilir. Kalite kontrol gelen hammaddenin giriş kalite kontrol onayını verir. Kalite onayı verilmeyen hammaddeler iade sahasına ayrılır.

Üretim Planlama departmanı kalite kontrol onayı verilen malzemelerin iş emirlerini oluşturur ve kasa kartlarını hazırlar. Kasa kartları kasa/çuval üzerine konulur ve hammadde deposuna kaldırılır. Üretim Planlama Departmanı, üretim planı dahilinde tezgâha alınacak malzemelerin bilgisini, oluşturulan iş emirleri ile üretim kısım sorumlularına verir. Kısım sorumluları iş emri verilen malzemenin teknik resmini ve operasyon sıra sayfalarını hazırlar. Teknik resmin üzerine iş emri barkodu, operasyon sıra sayfası üzerine operasyon barkodu yapıştırılır ve operatörlere bu resimler verilir.

Böylelikle operatör ister iş emri barkodunu okutup kendi operasyonunu seçer, ister direk operasyon barkodunu okutarak onay işlemlerini gerçekleştirebilir.

Yüksek ölçekli üretim yapıldığı için bir operasyonda üretim tamamen bitmeden diğer operasyonu başlayabilmektedir. Operasyonlar arası geçişin hatalı olmaması için kasa kartlarında yazan istasyona akışı sağlanmaktadır. Ayrıca barkod onayı yapılırken önceki operasyonda kaç adet üretildiği de operatör tarafından görülebilmektedir. Önceki operasyondan veya iş emrinden fazla adet onaylanmaya çalışılırsa sistem otomatik olarak hata verecektir.

Üretimi biten malzemeler depo önüne gelir ve depo personeli iş emri barkodu okutarak malzemenin üretimi bittiğini onaylar ve barkodlu depo kartını kasa kartıyla değiştirir. Kasanın konulacağı raf belirlendikten sonra 'Malzeme' sekmesine depo kartı okutularak malzeme numarası girilmiş olur. Daha sonra sırasıyla Depo(Kyn) ve St.Yeri(Kyn) sekmelerine malzemenin çıkış yapıldığı lokasyon barkodları okutulur. Aynı şekilde Depo(Hdf) ve St.Yeri(Hdf) sekmelerine malzemenin giriş yapılacağı lokasyon barkodları okutularak transfer işlemi tamamlanır.

Şekil 6.17. Depo Transfer Ekranı

Canias ERP programına öncelikle malzeme kartları tanımlanmaktadır. Ürün numarası, açıklaması, teknik detayları, ağırlıkları, emniyet stokları gibi bilgiler malzeme kartı içerisine tanımlanır. Malzeme kartı tanımlandıktan sonra ürün ağaçları ve rotalar veri tabanına kaydedilir. Daha sonra satış departmanı tarafından gelen talepler sipariş olarak sisteme kaydedilir. Her hafta üretim planlama departmanı tarafından MRP (Malzeme İhtiyaç Planlaması) modülü çalışır ve emniyet stoğunun altına düşen malzemeler veya siparişe yetmeyen malzemeler belirlenir. Firma politikası olarak seri imalatla kullanılan malzemeler bir yıllık, seri imalatla kullanılmayan malzemeler ise en az siparişi karşılayacak şekilde sipariş istekleri oluşturulur. Satın alma departmanı sipariş istekleri oluşturulan malzemelerin satın almasını yapar. Gelen hammaddeler termin tarihleri ve tezgâh doluluk durumlarına göre üretime alınır.

[illegible]

Şekil 6.19. İş Emri Onay Ekranı - 1

3. Adım: İlgili malzemeye 1. adım uygulandığında bu sefer “Kurulum Bitir” ve “Duruş Başlat” seçeneği gelecektir. Bunun sebebi kurulumu başlayan bir operasyonda ya kurulum bitmiş üretime hazır hale gelmiştir ya da kurulum esnasında bir duruş meydana gelmiştir. Bu iki seçenek haricinde herhangi bir seçenek olmayacaktır.

Firma	01	Operatör	Burak ÇAKIR	İş Emri Onay No	20354
Kurulum Bitir					
Duruş Başlat					
		İş Emri No	23090006		
İş Emri Miktarı	1.500	Onaylanan Miktar	0	Fire Miktarı	0
Hedef Başlama Tarihi	07.09.2023			Hedef Bitiş Tarihi	23.10.2023

Şekil 6.20. İş Emri Onay Ekranı - 2

4. Adım: “Kurulum Bitir” seçeneği işaretlendiği zaman “Üretim Başlat” ve “Duruş Başlat” seçenekleri gelecektir.

Firma	01	Operatör	Burak ÇAKIR	İş Emri Onay No	20354
Üretim Başlat Duruş Başlat					
		İş Emri No	23090006		
İş Emri Miktarı	1.500	Onaylanan Miktar	0	Fire Miktarı	0
Hedef Başlama Tarihi	07.09.2023			Hedef Bitiş Tarihi	23.10.2023

Şekil 6.21. İş Emri Onay Ekranı - 3

5. Adım: “Üretim Başlat” seçeneği işaretlendiği zaman “Üretim Bitir” ve “Duruş Başlat” seçenekleri gelecektir.

Firma	01	Operatör	Burak ÇAKIR	İş Emri Onay No	20354
Üretim Bitir Duruş Başlat					
		İş Emri No	23090006		
İş Emri Miktarı	1.500	Onaylanan Miktar	0	Fire Miktarı	0
Hedef Başlama Tarihi	07.09.2023			Hedef Bitiş Tarihi	23.10.2023

Şekil 6.22. İş Emri Onay Ekranı - 4

6. Adım: “Üretim Bitir” seçeneği işaretlendiği zaman Şekil 6.23.’de gösterilen kutucuk açılarak üretilen sağlam miktar, fire miktarı, fire nedeni, makine süresi ve yerden yere süresi operatör tarafından girilir. Fire nedenleri operatör tarafından seçilecek şekilde ayarlanmıştır ve Şekil 6.24.’de fire nedenleri kodlaması belirtilmiştir.

Firma	01	Operatör	Burak ÇAKIR	İş Emri Onay No	20354												
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Onayla</td> </tr> <tr> <td>Üretilen Sağlam Miktar</td> <td>150</td> </tr> <tr> <td>Fire Miktarı</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Fire Nedeni</td> <td>F01</td> </tr> <tr> <td>Makine Süresi (sn)</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>Yerden Yere Süresi (sn)</td> <td>75</td> </tr> </table>						Onayla		Üretilen Sağlam Miktar	150	Fire Miktarı	4	Fire Nedeni	F01	Makine Süresi (sn)	60	Yerden Yere Süresi (sn)	75
Onayla																	
Üretilen Sağlam Miktar	150																
Fire Miktarı	4																
Fire Nedeni	F01																
Makine Süresi (sn)	60																
Yerden Yere Süresi (sn)	75																
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">İş Emri No</td> <td>23090006</td> </tr> </table>						İş Emri No		23090006									
İş Emri No		23090006															
İş Emri Miktarı	1.500	Onaylanan Miktar	0	Fire Miktarı	0												
Hedef Başlama Tarihi	07.09.2023	Hedef Bitiş Tarihi	23.10.2023														

Şekil 6.23. İş Emri Onay Ekranı – 5

Firma	Tesis	Fire Tipi	Dil	Açıklama
01	01	F01	T	Döküm Boşluğu
01	01	F02	T	Operatör Hatası
01	01	F03	T	Kalıp Kaçıklığı
01	01	F04	T	Parçada Eğrilik
01	01	F05	T	Boyutsal Ölçü Hatası
01	01	F06	T	Kesici Takım Hatası
01	01	F07	T	Metallurjik Uygunsuzluk
01	01	F08	T	Maça Kaçıklığı
01	01	F09	T	Parçada Çatlak
01	01	F10	T	Yüzey Pürüzlülüğü Hatası
01	01	F11	T	Teknik Resim Uygunsuzluğu
01	01	F12	T	Kalıp-Aparat Uygunsuzluğu
01	01	F13	T	Ayarda Bozulan Parça
01	01	F14	T	Analiz
01	01	F15	T	Diğer

Şekil 6.24. Fire Nedenleri – Canias Görüntüsü

7. Adım: Üretim hattı içerisinde duruş anlık olabilmekte bu yüzden her adımda “Duruş Başlat” seçeneği olmak zorunda. “Duruş Başlat” seçeneği işaretlenirse duruş sebebinin girileceği kutucuk açılır ve duruş sebebi seçilir. Duruş sebebi işaretlenip onaylandığı zaman otomatik olarak 1. Adıma döner aynı “Kurulum Başlat” seçeneği gibi. Tekrar ilgili alan barkodları okutularak operasyona girildiği zaman sadece “Duruş Bitir” seçeneği gelecektir. Duruş sebepleri Şekil 6.26.’da gösterilmiştir.

Firma	01	Operatör	Burak ÇAKIR	İş Emri Onay No	20354
Onayla Duruş Nedeni D01					
Duruş Bitir					
		İş Emri No		23090006	
İş Emri Miktarı	1.500	Onaylanan Miktar	0	Fire Miktarı	0
Hedef Başlama Tarihi	07.09.2023			Hedef Bitiş Tarihi	23.10.2023

Şekil 6.25. İş Emri Onay Ekranı – 6

FK	TK	Duruş kodu	Açıklama
01	01	D01	Makina Arızası
01	01	D02	Elektrik Kesintisi
01	01	D03	Operatör Eksikliği
01	01	D04	Takım Eksikliği
01	01	D05	Bakım-Onarım
01	01	D06	Su Eksikliği
01	01	D07	Diğer Tezgâh İş
01	01	D08	Forklift Bekleme
01	01	D09	Tezgâh Temizlik
01	01	D10	Malzeme Bekleme
01	01	D11	Ölçü Kontrol

Şekil 6.26. Duruş Nedenleri – Canias Görüntüsü

Şekil 6.27.'de görüldüğü gibi anlık olarak tezgâhların durumunu gösteren bir ekran da tasarlanmıştır. Bu ekranda yönetici tezgâhların durumunu takip edebilmektedir. Tezgâhların durumları renklerine göre ayrılmaktadır. Yeşil renk tezgâhın üretime devam ettiği, kırmızı renk tezgâh arızası olduğu, sarı renk tezgâhın ayarda olduğu ve gri renk tezgâhın boşta olduğu anlamına gelmektedir. Zamanlayıcı konularak her dakika tezgâh durumlarının güncellemesi sağlanmıştır. Kutucuklar üzerine tıklanarak sağ tarafta üretim detayları görüntülenebilir. Örneğin arızada olan tezgâhın kaç saattir/gündür hangi sebeple arızada olduğu görüntülenebilir.



Şekil 6.27. Canlı Üretim İzleme

Tek bir rapor ekranında günlük olarak makinelerin, operatörlerin verimlilik raporlarına ulaşılabilecek ve Toplam Ekipman Etkinliği (OEE) raporu alınabilecektir. Böylelikle verimlilik düşüklüğü sebepleri araştırılabilir ve sorun oluşmadan çözümlere erişilebilir. Örneğin bir tezgâhta duruş sebepleri raporu alınarak aynı duruşun tekrar sıklıkları bilindiğinde duruş olmadan önlem alınmasına yardımcı olur. Çizelge 6.7.'de operatör onayları ile veri tabanında kaydedilen bilgiler gösterilmiştir.

Çizelge 6.7. İş Emri Onay Raporu

Tarih	Malzeme No	Tezgâh No	İş Emri No	İş Emri Onay No	Açıklama	Makine Süresi (sn)	Yerden Yere Süresi (sn)
15.09.2023	X.XXX.XX.XXX	T18-03	23090006	20354	Tornalama	286	271

Sağlam Miktar	Fire Miktarı	Fire Nedeni	İş Başlama Saati	İş Bitiş Saati	Duruş Başlama Saati	Duruş Bitiş Saati	Duruş Sebebi
89	2	1 - F01 1 - F05	07:30	17:00	10:20	11:20	D01

Operatör verimliliği günlük üretilmesi gereken miktarın, gerçekleşen miktara oranıyla hesaplanır. Örnek uygulamada;

Çalışma süresi = 07:30 – 17:00 arası = 570 dakika

Planlı duruşlar = 30 dakika çay molası (iki defa) + 60 dakika yemek molası = 90 dakika

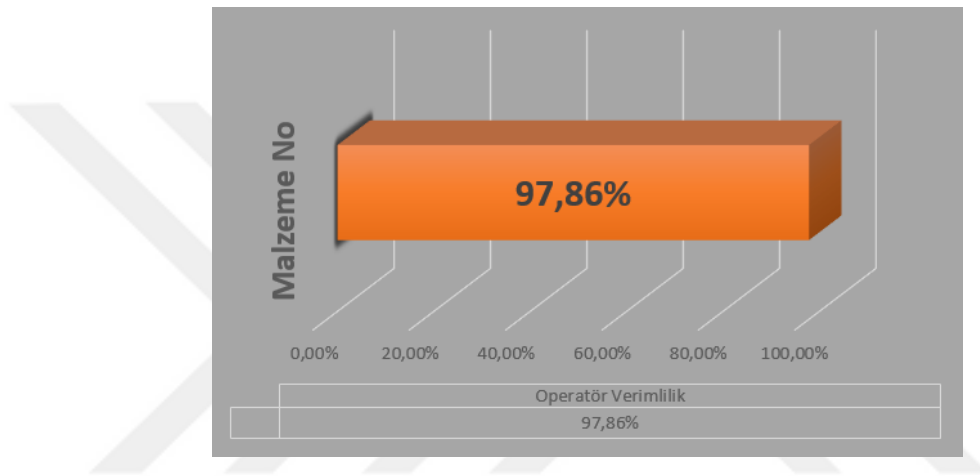
Plansız duruşlar = 60 dakika makine arızası

Üretilen Miktar = 91 adet (89 adet sağlam + 2 adet fire)

Üretilmesi Gereken Miktar = 570 – 90 – 60 = 420 dakika * 60 = 23.400 saniye

$$\frac{23.400}{271} \cong 93 \text{ adet}$$

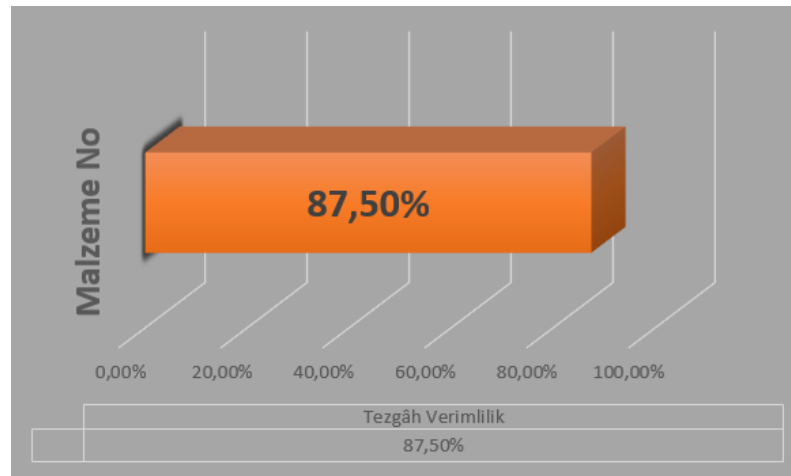
$$\text{Operatör Verimliliği} = \frac{\text{Üretilen Miktar}}{\text{Üretilmesi Gereken Miktar}} = \frac{91}{93} * 100 = \%97,86$$



Şekil 6.28. Operatör Verimliliği

Tezgâh verimliliği, tezgâhın çalışması gereken toplam zamanın gerçekleşen toplam çalışma zamanına oranıyla hesaplanır.

$$\text{Tezgâh Verimliliği} = \frac{\text{Gerçekleşen Çalışma Süresi}}{\text{Toplam Çalışma Süresi}} = \frac{420}{480} * 100 = \%87,50$$



Şekil 6.29. Tezgâh Verimliliği

Toplam Ekipman Etkinliği (OEE), duruş, performans ve kalite kayıplarını tek bir formül ile ölçmek için geliştirilmiş bir matematiksel metottur. Makinelerimizi ne kadar etkin kullandığımızı gösterir ve kayıplara odaklı performans göstergesidir.

OEE = Kullanılabilirlik (%) X Üretkenlik (%) X Kalite (%) formülü ile hesaplanmaktadır.

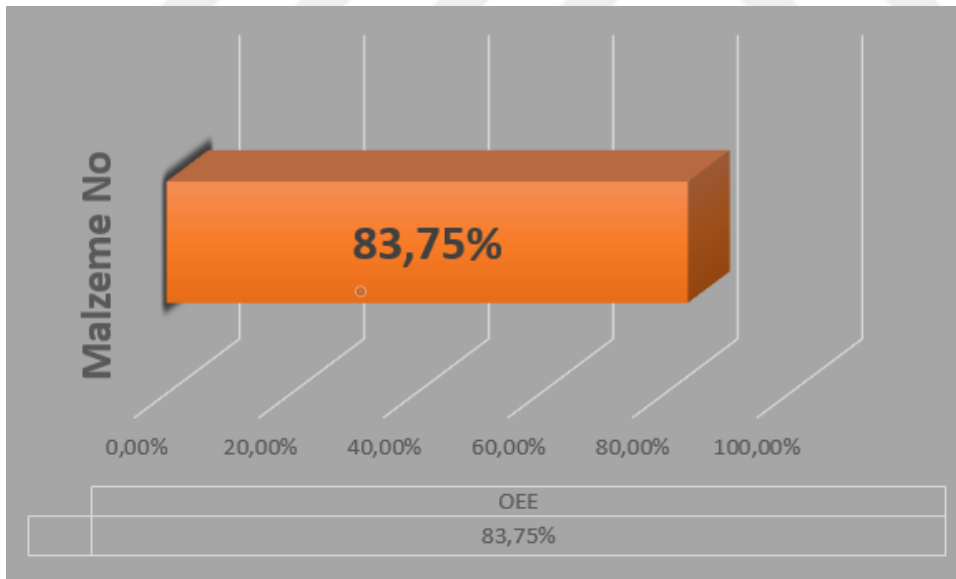
$$\text{Kullanılabilirlik} = \frac{\text{Gerçekleşen Çalışma Süresi}}{\text{Toplam Çalışma Süresi}} = \frac{420}{480} * 100 = \%87,50$$

$$\text{Üretkenlik} = \frac{\text{Üretilen Miktar}}{\text{Üretilmesi Gereken Miktar}} = \frac{91}{93} * 100 = \%97,86$$

$$\text{Kalite} = \frac{\text{Sağlam Miktar}}{\text{Toplam Miktar}} = \frac{89}{91} * 100 = \%97,80$$

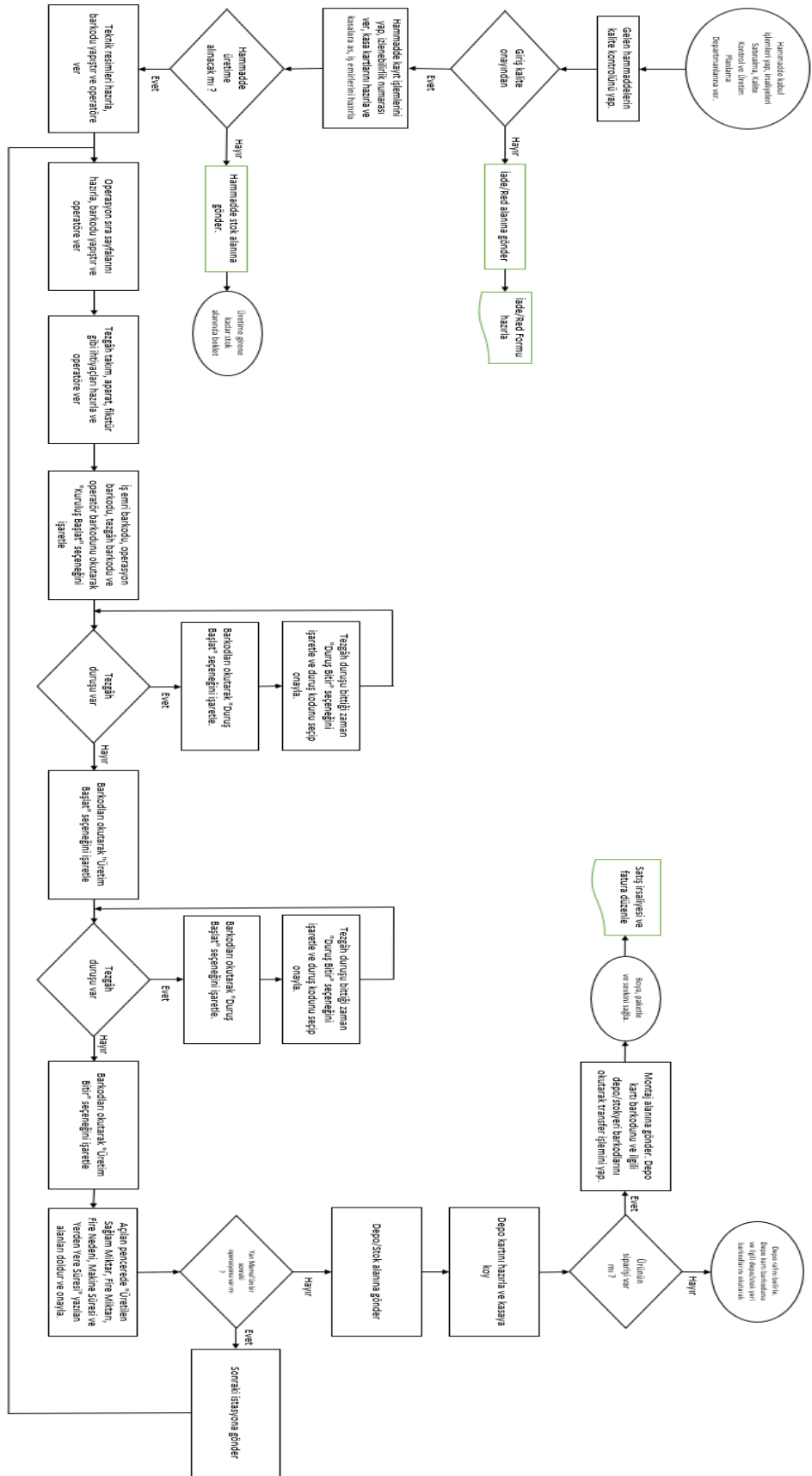
$$\text{OEE} = \%87,5 * \%97,86 * \%97,80 = \%83,75$$

Uluslararası üretim standartlarına göre %85-%90 arası OEE dünya klasmanı imalat anlamına gelmektedir. İşletmeler için %60-%85 arası OEE değeri normal olarak kabul görmektedir.



Şekil 6.30. Toplam Ekipman Etkinliği (OEE)

Ayrıca üretim ve depo yönetim sistemi tasarımı sonrası oluşan iş akış şeması ise Şekil 6.31.'de gösterilmiştir.



Şekil 6.31. Sistem Tasarımı Sonrası İş Akış Şeması

7. TASARLANAN SİSTEMİN UYGULANMASI

7.1. Sistemin Gerçekleştirilmesi ve Değerlendirilmesi

Bilgi sistemleri işletmelerde sorunların çözümleri için etkili bir yöntemdir. Problemleri doğru tespit etmek, amaçları ortaya doğru bir şekilde koymak, tasarımı eksiksiz yapmak çözüme ulaşmak için oldukça önemlidir. Hepsinden önemlisi ise bu tasarımın işletmelerle olan uyumudur. Mükemmel bir sistem tasarımı olabilir ancak uygulama yapılacak işletme bu sistemi kullanmaya uygun yapıda değilse yarardan çok zarar verebilir (Ersöz ve Ersöz, 2015). Kullanılmayacak bir sistem değil, kullanılabilir, uyum sağlayabilir tasarımlar olmalıdır. Bu çalışmada da barkod teknolojisinin kullanılmasının sebebi de budur. Uygulama yapılacak olan fabrikanın dokusuna en uygun ve kullanışlı olan Endüstriyel PC'ler ve barkod okuyucular aracılığıyla iş emri onayı ve takibidir. Otomasyon sistemleri verileri direk olarak tezgâhlardan alıp takibi sağlamaktadır ancak maliyeti yüksek ve tezgâhlar eski. Haberleşmeyi sağlayabilmek için ek ücretler talep edilmekte ve bu alt yapıyı oluşturmak ciddi zaman almaktadır.

7.1.1. Sistemin Gerçekleştirilmesi

Sistemin gerçekleştirilmesi, yönetici onayıyla gerçekleşir. Yönetici onayına istinaden bir geçiş tarihi belirlenir. Tasarlanan sistemin uygulamaya geçilmesi için dört yaklaşım bulunmaktadır.

1. Yaklaşım – Doğrudan Geçiş: Doğrudan geçiş tasarlanan sistemin kararlaştırılan bir tarihte doğrudan geçişi olarak ifade edilir. Daha çok küçük işletmelerde görünür ve riski oldukça fazladır. Tekrar eskiye dönüş güçtür, maliyetlidir ve sistem arızası durumunda yedek sağlanamamaktadır. Eski sistem artık kullanılmayacak durumdaysa doğrudan geçiş uygulanabilir.

2. Yaklaşım – Paralel Geçiş: Eski ve yeni sistemin aynı anda paralel olarak işlediği geçiştir. Yeni sistem istenilen sonuçları verene kadar beraber işleyen sistem, verilerin korunması için avantajlı bir yaklaşımdır. Ancak bazı kaynakların iki kez kullanılacak olması sebebiyle maliyetlidir.

3. Yaklaşım – Safhalı Geçiş: Yeni sistemin kademeli geçişi olarak adlandırılabilir ve parça parça uygulama söz konusudur. ERP yazılımı düşüldüğünde tüm modüllerin bir anda yeni sistemi geçişi değildi modül modül geçişi düşünülebilir. Bilgi sisteminin kurulumunun uzun olması sisteme geçişi uzatacaktır ve bu yaklaşım dezavantaj olarak kabul görse de büyük ölçekli sistemler için popüler bir yaklaşımdır.

4. Yaklaşım – Pilot Geçiş: Pilot geçiş bir deneme sistemidir. Sistemin tamamında yaşanabilecek aksaklıkların, hataların geçiş yapmadan önce görünmesini sağlar. Pilot geçiş başarılı olduğu taktirde ilk üç geçişten biri uygulanarak sistem yürürlüğe girecektir.

7.1.2. Sistemin Değerlendirilmesi

Fabrikada günlük veriler tezgâh formlarıyla sağlanmaktadır. Operatör sorumlusu olduğu tezgâhın gün sonu verilerini formlara yazmakta ve günlük olarak bu formlar toplanıp Microsoft Excel dosyasına işlenmekte. Verimlilikler bu Excel dosyasından hesaplanmaktadır. Tasarlanan üretim ve depo yönetim sistemi halihazırda etkin bir yönetim sistemi olmadığı için doğrudan geçiş yöntemiyle devreye alınacaktır. Sistem için gerekli tüm hazırlıklar yapılmış olup Canias ERP programında ekran tasarımları devam etmektedir. Tasarımların bitimiyle birlikte örnek çalışma yapılarak mavi yaka ve beyaz yaka personellere kullanım konusunda eğitimler verilecektir. Eğitim esnasında sisteme ilave modüller eklenmesi istenirse veya tasarım konusunda değişiklik talepleri olursa değerlendirilip uygun görülürse değişiklikler yapılabilecektir.

7.2. Kullanıcı Eğitimleri

Oluşturulan sistemler, yazılımlar her ne olursa olsun kullanıcı tarafından benimsenmesi belki de en önemli hususlardan biridir. Kullanıcı sistemi nasıl kullanacağını bilmiyor ise yapılan çalışmadan istenilen sonuçlar alınamaz. Bu yüzden kullanıcı eğitimleri önem arz etmektedir. Tasarlanan bu yapıda mavi yaka çalışanların üretim ve depo kısmında iş emri onaylarını yapmaları beklenirken beyaz yaka çalışanların bu yapıyı kontrol etmesi, oluşacak sorunları çözmesi ve sonuçları analiz etmesi beklenmektedir.

Mavi Yaka Personel Eğitimi: Üretim ve depo yönetim sisteminde fabrikada çalışan mavi yaka personelleri üretim hattında çalışan ve depoda çalışan personeller olarak iki kısma ayırıp eğitimler verilecektir.

Üretim hattı personeller için;

- Öncelikle tasarlanan bu sistemin amacı ve önemi anlatılacaktır.
- Çalışmada üretim onayı için Canias ERP’de oluşturulan ekranları adım adım anlatan görseller hazırlanıp her yapılan işlemde bir sonraki adım anlatılacaktır.
- Her arayüzü anlatan görseller bastırılıp personellere dağıtılacaktır.
- Eğitime dair video hazırlanacaktır.
- Yapılan bu çalışmada personelin eksik yapacağı her işlemin yanlış analiz sonuçları çıkaracağı ve firmaya karar alma ve uygulama konusunda yanlış adımlar attıracağı bunun sonucunda da ciddi zararlara yol açabileceği anlatılacaktır.

Depo personelleri için,

- Öncelikle tasarlanan bu sistemin amacı ve önemi anlatılacaktır.
- Depo giriş çıkış hareketlerinin nasıl yapılacağı oluşturulan görsellerle anlatılacaktır.
- El terminallerinin nasıl kullanılacağı anlatılacaktır.
- Her arayüzü anlatan görseller bastırılıp personellere dağıtılacaktır.
- Eğitime dair video hazırlanacaktır.

Beyaz Yaka Personel Eğitimi: Beyaz yaka personel eğitimi, sistemi kullanacak veya müdahale edecek, üretim kısım sorumluları ve planlama çalışanlarına verilecektir.

- Çalışmada üretim onayı için Canias ERP’de oluşturulan ekranları adım adım anlatan görseller hazırlanıp her yapılan işlemde bir sonraki adım anlatılacaktır.
- Depo giriş çıkış hareketlerinin nasıl yapılacağı oluşturulan görsellerle anlatılacaktır.
- Mavi yaka personelleri ekranlarına ek olarak yapılan onayların nasıl düzeltileceği anlatılacaktır.
- Fire adetleri ve sebeplerinin analiz edileceği ekranlar anlatılacaktır.
- Duruş süreleri ve sebeplerinin analiz edileceği ekranlar anlatılacaktır.
- Personel ve tezgâh verimliliği tabloları ile OEE tablosu anlatılacaktır.

- Canlı üretim izleme ekranı gösterilecektir ve üretime anlık müdahale edilmesi sağlanacaktır.
- Her arayüzü anlatan görseller bastırılıp dağıtılacaktır.
- Eğitime dair video hazırlanacaktır.
- Üretim onaylarının ve depo hareketlerinin doğru ilerlemesi için sürekli kontrol edilmesi gerektiği anlatılacaktır ve yapılan hataların yanlış analizlere sebebiyet vereceği önemle vurgulanacaktır.

7.3. Barkod Uygulamasında Karşılaşılan Problemler

Üretim ve depo yönetim sistemi tasarımı ve uygulamasında fabrikada kullanılan Canias ERP programı kullanılacağı, dışarıdan bir yazılıma ihtiyaç duyulmayacağı için ekran tasarımları ve uygulamaya alınma işlemleri nispeten daha kolay olacaktır. Ancak uygulama esnasında oluşan ve oluşması muhtemel problemler nedeniyle başarısız olma riskleri barındırmaktadır. Bu problemler;

- En büyük problem çalışanların bu sistemi istememesi ve benimsememesidir. Üretimde yalnızca tezgâh başı formu kullanılmakta ve sadece gün sonu yapılan adetler bu formlara işlenmektedir. Mavi yaka personeller için bu oldukça kolaydır ve bu formlar bile bazen doldurulmamaktadır. Yapılan her işlemin onayı operatörlere zor gelecektir ve onayların unutulması söz konusudur.
- Mavi yaka personeller verimlilik hesaplarının yapılmasını istemeyecektir. Düşük verimlilik olması durumunda işlerini kaybedeceklerini düşüneceklerdir.
- Personellerin başarısızlık korkusu oluşacaktır.
- Sistemin başarısız olmasını isteyen personeller olacaktır.
- Sistemin gereksiz olduğunu düşünen personeller olacaktır.
- Personellerin birçoğu bilgisayar kullanmamış personeller bu yüzden kullanımda zorluklar yaşanacaktır.

8. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Firmaların rekabet edebilmesi, pazar paylarını kaybetmemeleri için düşük maliyetli üretim yapılması, kaliteli ürün üretilmesi ve üretilen ürünün zamanında sevk edilmesi gerekmektedir. Firmalar bu akışa uygun hareket etmediği zaman rekabet gücünü kaybedeceklerdir. Bu adımların sağlanabilmesi için fabrika içerisinde bilgi akışının hızlı ve doğru olması gerekmektedir. Bu rekabet ortamında dijital sistemlere geçiş, verilerin anlık sahadan alınıp, yorumlanabilmesi ve kararların hızlı verilebilmesi için zorunlu hale gelmiştir.

Tasarlanan üretim ve depo yönetim sisteminde anlık veri girişleri için üretim modülü geliştirilmiştir. Üretim içerisinde belirlenen dört noktaya Endüstriyel PC'ler ve barkod okuyucular yerleştirilerek operatörler tarafından iş emri onayıyla yürüyen sistem tasarlanmıştır. Depo tarafında ise depo personellerine verilen el terminalleri ile depo kartları üzerinde bulunan barkod etiketlerinin okutulması sonucu transferlerin anlık olarak yapılması, ürünlerin üretimden depoya alınması ve depodan montaja aktarılması sonucu depo durumunun tüm kullanıcılarla paylaşılması amaçlanmıştır.

Tasarlanan bu yapıyla;

- Üretim içerisinde hareket eden malzeme takibinin kolaylaşması,
- Anlık veri akışıyla birlikte operasyonlar arası geçişin hızlanması,
- Üretim takibinin dinamik olması,
- Üretim hattına anlık müdahale yapılabilmesi,
- Verilerin oluşmasıyla birlikte istatistiklerin tutulması ve yorumlanması,
- Operatör verimliliklerinin artması,
- Tezgâh duruşlarının azalması,
- Fire miktarlarının azalması,
- Stok takibinin doğru ve dinamik olması,
- Üretim planlarının doğru yapılabilmesi,
- Üretim maliyetlerinin hesaplanabilmesi,

öngörülmektedir. Bu sistemle beraber yöneticiler herhangi bir yatırım kararında veya sipariş termini verirken tahmini veriler üzerinden değil anlık veriler üzerinden doğru kararlar verebileceklerdir.



KAYNAKÇA

Akar, N. (2013). Esnek İmalat Hücrelerinin Dijital İkiz Modellemesi. Yüksek Lisans Tezi. *Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya.

Akçay, H. (2020). Proses Sayısının Çok Olduğu Talaşlı İmalat Süreçlerinin Gruplandırılarak Barkodla Yönetilmesi. Yüksek Lisans Tezi. *Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kırıkkale.

Akın, M. (2022). Sanal Gerçeklik ile Otomotiv Sektörü için Uygulama Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. *Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.

Akkulak, C. (2022). Tasarım Sürelerinin Kısıtlanması, Maliyetlerin Düşürülmesi ve Hata Oranlarının Azaltılması Amacıyla Firmaya Uygun PLM Süreçlerinin Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. *Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.

Alkan, E. (2006). Barkod Teknolojisini Kullanarak Hastanelerde Sarf Malzemeleri Stok Yönetimi Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi. *Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul.

Ameri, F. ve Dutta, D. (2004). Product Lifecycle Management Needs, Concepts and Components. *Product Lifecycle Management Development Consortium*.

Ameri, F. ve Dutta, D. (2005). Product Lifecycle Management: Closing the Knowledge Loops. *Computer-Aided Design and Applications*, 2(5), 577-590.

Arınmış, H.M. (2022). Değişken Komşuluk Arama Yöntemi ile Otomatik Stoklama ve Erişim Sisteminde İsteklerin Sıralanması ve Dijital İkiz Alt Yapısının Oluşturulması. Yüksek Lisans Tezi. *Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Eskişehir.

Arslan, K. (2020). Eğitimde Yapay Zekâ ve Uygulamaları. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 11(1), 71-88.

Avzal, A. (2022). Aizanoi Antik Kentinin Artırılmış ve Sanal Gerçeklik Teknolojileri ile Turistik Amaçlı Tanıtım Uygulamalarının Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi. *Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Kütahya.

Balcı Gökmen, D. (2021). *Üretim Yönetim Sistemi (MES) nedir?*. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/%C3%BCretim-y%C3%B6netim-sistemi-mes-nedir-dilan-balci/?originalSubdomain=tr>

Barfas. (2023). *RFID Nedir?*. <https://www.barfas.com/blog-detay/rfid-nedir> Erişim Tarihi: 15.08.2023.

Bem. (2023). *Barkod Çeşitleri*. <https://bembilgisayar.com/barkod-cesitleri/> Erişim Tarihi: 11.07.2023.

Bem. (2023). *Barkod Okuyucular*. <https://bembilgisayar.com/barkod-okuyucular/> Erişim Tarihi 25.07.2023.

Bankalararası Kart Merkezi. (2023). *BKM Express*. <https://bkm.com.tr/urunler-ve-hizmetler/bkm-express/> Erişim Tarihi 16.05.2023.

Christidis, K. ve Devetsikiotis, M. (2016). Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things. *IEEE Access*, 4, 2292-2303.

Çelik, S.E. (2022). Bilimsel Araştırmalar için Blokzincir Tabanlı Anket Sistemi. Yüksek Lisans Tezi. *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Dalgıç, A. (2017). Stokların Etkin Yönetilmesinde RFID Temelli Bir Yaklaşım ve Gruplama Algoritması ile FNSS’de Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi. *Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kırıkkale.

Değirmenci Kurt, A. (2022). Sanal Gerçeklik Uygulamalarının Öğrenme Güçlüğü Yaşayan Öğrencilerin Matematik Başarılarına Etkisi. Doktora Tezi. *Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Burdur.

Demir, F.O. ve Kırdar, Y. (2009). Müşteri İlişkileri Yönetimi: CRM. *Review Of Social, Economic & Business Studies*, 7(8), 293-308.

Demirel, M. (2013). Otomatik Kimlik Tanıma Sistemleri: Otomotiv Sektöründe Bir RFID Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi. *Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Eskişehir.

Dırmıkcı, F. (2018). Özel Geliştirilen Bir Kalıp Takip Sisteminin Hızlı Veri Toplama İçin Kullanılması ve Kalıp Miktar ve Durumuna Bağlı İş Çizelgeleme. Yüksek Lisans Tezi. *Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü*, Balıkesir.

Doğan, G. (2020). *Barkod Nedir? Barkod Okuyucu Nasıl Çalışır?*. Teknoloji.org. <https://teknoloji.org/barkod-nedir-barkod-okuyucu-nasil-calisir/>

Duran, M. (2001). *CRM: Çok Konuşulan Ama Az Bilinen Bir Kavram*. Danışmend. <http://danismend.com/kategori/altkategori/crm-hakkinda/>

Eigner, M. ve Stelzer, R. (2009). *Product Lifecycle Management- Ein Leitfaden für Product Development und Life Cycle Management*. Berlin: Springer Verlag.

Erdoğan, F. (2022). Endüstri 4.0 ve Yapay Zekâ Uygulamalarının Güç Trafoları Üretim Montaj Çalışmalarında Fine Kinney Risk Değerlendirme Metodu Kullanılarak İSG ve Üretime Olan Etkilerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. *Altınbaş Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, İstanbul.

Eren, T. (1997). Üretim Kaynakları Planlaması. Yüksek Lisans Tezi. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Erpulat, A. (2007). Tekstil Sektöründe Kullanılan Barkod Teknolojisinin Stok Yönetimine Etkileri ve Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi. *Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul.

Ersöz, O.Ö. ve Ersöz, S. (2015). *İşletmelerde Bilgi Sistemleri*. Ankara: Nobel Yayınevi.

Ertek, G. (2012). Depolama Sistemleri (Warehousing Systems). *Uluslararası Lojistik, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Açık öğretim Fakültesi Yayını*, Yayın No: 1593.

Fawzi, T.S. (2012). Image Based Barcode Reader. Yüksek Lisans Tezi. *Çankaya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.

Feldhusen, J. ve Gebhardt, B. (2008). *Product Lifecycle Management für die Praxis - Ein Leitfaden zur Modularen Einführung, Umsetzung und Anwendung*. Berlin: Springer Verlag.

Garanti BBVA. (2023). *Önce Güvenlik: 3D Secure Nedir?*. <https://www.garantibbva.com.tr/blog/3d-secure-nedir>

Gelmez, G. (2021). Artırılmış Gerçeklik ile Montaj Kiti Bilgilendirme Kılavuzu Üzerine Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi. *Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya.

Glaessgen, E.H. ve Stargel, D.S. (2012). The Digital Twin Paradigm for Future NASA and U.S. Air Force Vehicles. *Paper for the 53rd Structures, Structural Dynamics, and Materials Conference: Special Session on the Digital Twin*, DOI:10.2514/6.2012-1818.

Grieves, M. ve Vickers, J. (2016). Origins of the Digital Twin Concept. DOI:10.13140/RG.2.2.26367.61609.

Gurman, E., Ventura, K. ve Soyuer, H. (2017). Product Lifecycle Management As A Whole Business Management System: An Exploratory Research. *Research Journal of Business and Management (RJBM)*, 4(3), 336-346.

Güler, İ.O. (2020). Gemi İnşa Projelerinde PLM Yazılımı Seçimi. Yüksek Lisans Tezi. *Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Gür, D. (2020). *Elektronik Ticarette Ödeme Sistemleri*. <https://www.cag.edu.tr/en/academic-staff/149/files?f=da929396-bfa1-4803-be15-a68fb909ae4c>

Hoş, S. (2021, Temmuz 17). *Gerçek Dünya ile Hayal Ettiğiniz Dünyayı Birleştirin: Sanal Gerçeklik (VR) Nedir?*. Niobehosting. <https://www.niobehosting.com/blog/vr-nedir/>

Işık, M.A. (2023). Türkiye’de 2020-2022 Yılları Arasında Dijital Pazarlama Konusunda Yazılmış Yüksek Lisans Tezlerinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. *İstanbul Topkapı Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, İstanbul.

Işık, Z.E. (2019). Siber Güvenlik Ekosisteminin Geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. *Gazi Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü*, Ankara.

Işıl Elmalı, B. (2022). Avantajları ve Dezavantajları ile PLM Sistemlerinde Konfigürasyon ve Özelleştirmelerin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. *Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.

İnal, S. (2023). *3D Yazıcılar*. <https://iyikigormusum.com/3d-yazicilar-756> Erişim Tarihi: 10.03.2023

İnnova. (2021). *Yapay Zekâ Nedir?*. <https://www.innova.com.tr/blog/yapay-zeka-nedir>

İpek, A.R. (2020). Artırılmış Gerçeklik, Sanal Gerçeklik ve Karma Gerçeklik Kavramlarında İsimlendirme ve Tanımlandırma Sorunları. *İdil Dergisi*, 71, 1061-1072.

Kepçeoğlu, D. (2021). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi (PLM) Yazılımı Seçimi. Yüksek Lisans Tezi. *Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.

Keskinkılınç, M.S. (2023). e-ticaret Uygulayan İşletmelerin Dijital Pazarlama Faaliyetlerine Yönelik Algıları Üzerine Bir Durum Çalışması. Yüksek Lisans Tezi. *Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Antalya.

Kılıç, A.B. (2015). RFID Yoklama Otomasyonu. Yüksek Lisans Tezi. *Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kırıkkale.

Kilitci, E. (2004). Üretim Planlama ve Stok Kontrol Faaliyetlerinde Barkod Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi. *Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli.

Kotler, P., Amstrong, G., Wong, V. ve Saunders, J. (2008). *Principles of Marketing*. New Jersey: Pearson.

Kovacs, Z., Le Goff, J-M. ve McClatchey, R. (1998). Support for Product Data from Design to Production. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 11(4), 285–290.

Kumar, R. ve Midha, P.S. (2001). A QFD Based Methodology for Evaluating a Company's PDM Requirements for Collaborative Product Development. *Industrial Management and Data Systems*, 101(3), 126-132.

Kumar, R. ve Sharma, R. (2022). Leveraging Blockchain for Ensuring Trust in IoT: A Survey. *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences*, 34(10), 8599-8622.

Kutsal, S. (2018). *Dünden Bugüne Dijital Ödeme Sistemlerinin Evrimi*. DigitalAge. <https://digitalage.com.tr/dunden-bugune-dijital-odeme-sistemlerinin-evrimi/>

Kuveyttürk. (2023). *Sanal POS Nedir, Nasıl Kullanılır?*. <https://www.kuveytturk.com.tr/blog/finans/sanal-pos-nedir-nasil-kullanilir#:~:text=Sanal%20POS%2C%20Point%20of%20Sale,cihazlar%C4%B1%20ile%20ayn%C4%B1%20mant%C4%B1kta%20%C3%A7al%C4%B1%C5%9F%C4%B1r.>

Lee, L-H., Braud, T., Zhou, P., Wang, L., Xu, D., Lin, Z., Kumar, A., Bermejo, C. ve Hui, P. (2021). All One Needs to Know About Metaverse: A Complete Survey on

Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda. *Journal of Latex Class Files*, 14(8), 1-66.

MDP Group. (2023). *Üretim Yönetim Sistemi Nedir?*. <https://mdpgroup.com/blog/uretim-yonetim-sistemi-nedir/> Erişim Tarihi: 24.01.2023

Peltokoski, M., Lohtander, M. ve Varis, J. (2012). Confusing of Terms PDM and PLM: Examining Issues from the PDM Point of View. Conference: *Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM2012*, Helsinki, June.

Mesihovic, S. ve Malmqvist, J. (2000). "Product Data Management (PDM) System Support for the Engineering Configuration Process. *Proceedings of ECAI-2000, Configuration Workshop*.

Meta. (2023). <https://forwork.meta.com/> Erişim Tarihi: 13.10.2023

Metin, A.Ş. (2001). Barkod Teknolojileri, Çözümleri ve Bir Depo Yönetimi Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi. *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

MKV Bilişim. (2023). *RFID Nedir?*. <https://mkv.com.tr/rfid-sistemi> Erişim Tarihi: 27.07.2023

Mysoft. (2023). *Bulut Bilişim Nedir? Bulut Bilişim Hakkında Tüm Detaylar*. <https://www.mysoft.com.tr/bulut-bilisim> Erişim Tarihi: 28.02.2023

Nilsson, N. J. (1998). *Artificial Intelligence: A New Synthesis*. Burlington: Morgan Kaufmann.

Ötleş, S., Atalay, S., Güneş, S., Ertekin, F., Yıldız, H., Sayer, S., Özden, H., Alver, N., Yeşilay, R.B. ve Bulut, H. (2015). Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi (PLM). *Plastik & Ambalaj Dergisi*, 2015(1), 36-45.

Özbilgin, İ.G. (2002). Üretim Kaynakları Planlaması (MRP II) ve MRP II Uygulama Çalışması. Yüksek Lisans Tezi. *Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Ankara.

Özcan, E. (2016). Ödeme Sistemleri. *BDDK. Ürünler, Oyuncular, Mevzuat ve Hayat*.

Özdemir, K. (2007). *Ürün Bilgi Yönetimi (PDM) nedir?*. TurkCADCAM. <http://www.turkcadcam.net/rapor/pdm-nedir/index.html>

Özden, H. (2016). Endüstriyel Mal ve Hizmet Üretimlerinde PDM, PLM Uygulamaları. *Mühendis ve Makine*, 57(672), 34 – 43.

Özgentürk, K.D. (2021). Otomotiv Sektöründe Gereksinimlerin Alınmasından Servis Edilebilirliğe Kadar Olan İş Süreçlerinde, Doğru ve Pürüzsüz Akışın Sağlanmasına Yönelik Uçtan Uca Modellenen Ürün Yaşam Döngüsü Çalışması. Yüksek Lisans Tezi. *Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.

Passeri, P. (2023). *February 2023 Cyber Attacks Statistics*. Hackmageddon. <https://www.hackmageddon.com/2023/03/16/february-2023-cyber-attacks-statistics/>

Paynet. (2022). *QR Kod Nedir, Ne İşe Yarar*. <https://www.paynet.com.tr/blog/qr-kod-nedir>

Polat, G. (2006). Hazır Giyim İşletmesinde Yüksek Verimlilik İçin Varyans Analizi ve Barkod Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi. *Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli.

Rani, D. ve Ranjan, R.K. (2014). A Comparative Study of SaaS, PaaS and IaaS in Cloud Computing. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 4(6), 151-161.

Sakallı, A. (2020). KOBİ Derecesinde PLM İhtiyaçlarının Analizi ve Örnek Bir PLM Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi. *Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.

Sayer, S. ve Ülker, A. (2014). Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi. *Mühendis ve Makina*, 55(657), 65-72.

Senkronix. (2023). <http://www.uyeisyeri.com/> Erişim Tarihi: 24.10.2023

Söğüt, E. ve Erdem, O.A. (2017). Günümüzün Vazgeçilmez Sistemleri: Nesnelerin Haberleşmesi ve Kullanılan Teknolojiler. Ankara.

Stark, J. (2007). *Global Product: Strategy, Product Lifecycle Management and the Billion Customer Question*. Berlin: Springer Verlag.

Stark, J. (2016). *Product Lifecycle Management (Volume 2)*. Cenevre: Springer Verlag.

Şekerci, C. (2017). Sanal Gerçeklik Kavramının Tarihçesi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10(54), 1127-1133.

Talu, Ş. (2004). *Sorularla Kurumsal Kaynak Planlaması (Enterprise Resource Planning – ERP)*. İstanbul: Mega Ajans.

Tanyaş, M. (1988). Üretim Planlama ve Kontrol II. İstanbul: Mess Yayını.

Taşkın, E. (2007). *Satışçılarının Yönetimi*. İstanbul: Der Yayınları.

Tecim, V., Tarhan, Ç. ve Aydın, C. (2016). *Smart Technology & Smart Management*. İzmir: Gülermat Matbaacılık.

Tosun, H.C. (2018). Konuma Bağlı Depo Yönetim Sistemlerinde RFID ve Barkod Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Uçkun, C. (2006). Modeling and Analysis of Radio Frequency Identification (RFID) Technology Within the Supply Chain. Yüksek Lisans Tezi. *Koç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Uysal, F. ve Aksoy, Ş. (2004). Müşteri İlişkileri Yönetimindeki Temel Boyutlar ve Tıbbi Malzeme Lojistiği Üzerine Bir Uygulama. *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*, 4(7), 129-144.

Ürem, M. (2019). Eşit Olmayan Alanlı Dinamik Tesis Yerleşimi Problemi İçin Bir Genetik Algoritma Yaklaşımı. Yüksek Lisans Tezi. *Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Eskişehir.

Üstündağ, A. (2008). Radyo Frekanslı Tanıma (RFID) Teknolojisinin Tedarik Zinciri Üzerindeki Etkileri. Doktora Tezi. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Üstündağ, A. ve Tanyaş, M. (2009). Radyo Frekanslı Tanıma (RFID) Teknolojisinin Tedarik Zinciri Üzerindeki Etkileri. *İTÜ Dergisi*, 8(4), 83-94.

Kemp, S. (2023). *Dijital 2023*. Wearesocial. <https://wearesocial.com/us/blog/2023/01/the-changing-world-of-digital-in-2023/>

Wikipedia. (2023). *Bulut Bilişim*. https://tr.wikipedia.org/wiki/Bulut_bili%C5%9Fim Erişim Tarihi: 28.02.2023

Wikipedia. (2023). *PayPal*. <https://tr.wikipedia.org/wiki/PayPal> Erişim Tarihi: 16.04.2023

Wikipedia. (2023). *PayU*. <https://tr.wikipedia.org/wiki/PayU> Erişim Tarihi: 16.04.2023

Wu, N., Zhang, Q. ve Pian, C. (2014). Application of Barcode Information and Acquisition System for the Machining Process Technology. *Applied Mechanics and Materials*, 511(512), 342-345.

Yakşı, A. (2021). *Siber Fiziksel Sistemler Fiziksel ve Sanal Dünyayı Bileştiriyor*. Elektrik Port. <https://www.elektrikport.com/makale-detay/siber-fiziksel-sistemler-fiziksel-ve-sanal-dunyayi-birlestiriyor/23396#ad-image-0>

Yıldırım, M. (2009). RFID Sistemi Kullanılarak Lojistik Süreçlerin İyileştirilmesi ve Bir Uygulama Önerisi. Yüksek Lisans Tezi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Yılmaz, A. (2004). ERP (Kurumsal Kaynak Planlama). Yüksek Lisans Tezi. *Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya.

Yılmaz, M.Y.B. (2022). Son Kullanıcılarda Siber Güvenlik Farkındalığı. Yüksek Lisans Tezi. *Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sivas.

Yüce, O. (2022). Nesnelerin İnterneti Odağında Büyük Veri İçin Tahmine Dayalı Analitik Mimarisi. Yüksek Lisans Tezi. *Bursa Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Bursa.

Zenginoğlu, F.N. (2022). PLM ile ERP Yazılımlarının Entegrasyon Süreci. Yüksek Lisans Tezi. *Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Burak ÇAKIR
Doğum Tarihi :
Yabancı Dil :

Eğitim Durumu

Lisans : Kırıkkale Üniversitesi – 2014
Mühendislik Fakültesi

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl/Yıllar

ASSAN GROUP / 2015-2017 /
AKSAN KARDAN 2019-2020 / 2020-2023

Yayınları

Üretim ve Depo Yönetim Sistemlerinde Dijital Dönüşüm ve Talaşlı İmalat Yapan Bir Firmada Uygulaması, *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 2024. s. 394-415, C. 16/1.