

**T.C.  
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**YÜKSEK HACİMLİ AHŞAP ÜRÜNLERİN DEPO  
YÖNETİMİNDE RFID TEKNOLOJİSİNİN  
UYGULANABİLİRLİĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TUNCA ÇETİN**

**BALIKESİR, HAZİRAN - 2019**

**T.C.**  
**BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**YÜKSEK HACİMLİ AHŞAP ÜRÜNLERİN DEPO**  
**YÖNETİMİNDE RFID TEKNOLOJİSİNİN**  
**UYGULANABİLİRLİĞİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TUNCA ÇETİN**

**Jüri Üyeleri : Dr.Öğr.Üyesi Kadriye ERGÜN (Tez Danışmanı)**

**Prof.Dr. Ramazan YAMAN**

**Doç.Dr. Gülşen AYDIN KESKİN**

**BALIKESİR, HAZİRAN - 2019**

## KABUL VE ONAY SAYFASI

Tunca ÇETİN tarafından hazırlanan “YÜKSEK HACİMLİ AHŞAP ÜRÜNLERİN DEPO YÖNETİMİNDE RFID TEKNOLOJİSİNİN UYGULANABİLİRLİĞİ” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 24.06.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

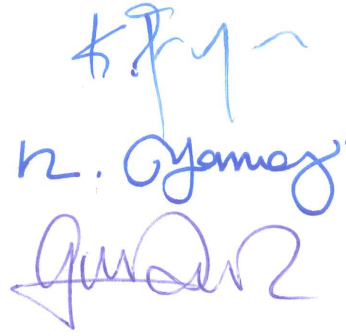
Jüri Üyeleri

İmza

Danışman  
Dr.Öğr.Üyesi Kadriye ERGÜN

Üye  
Prof.Dr. Ramazan YAMAN

Üye  
Doç.Dr. Gülşen AYDIN KESKİN

Three handwritten signatures in blue ink are present. The top signature is a stylized 'K' followed by a horizontal line. The middle signature is 'K. Yaman'. The bottom signature is 'Gülşen Aydın Keskin'.

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Necati ÖZDEMİR

## ÖZET

### YÜKSEK HACİMLİ AHŞAP ÜRÜNLERİNİN DEPO YÖNETİMİNDE RFID TEKNOLOJİSİNİN UYGULANABİLİRLİĞİ

YÜKSEK LISANS TEZİ

TUNCA ÇETİN

BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: DR.ÖĞR.ÜYESİ KADRIYE ERGÜN)

BALIKESİR, HAZİRAN - 2019

Sektöründe lider ve gelişmeye açık kuruluşlar stoklarında sayım kolaylığı, insan faktörü kaynaklı hataların önüne geçilmesi, güvenilir stok kayıtlarının sürekliliğinin sağlanarak hızlı servis imkânı gibi ihtiyaçlarını karşılamak için hammadde, mamul, yarı mamul gibi stoklu ürünlerin de Barkod, Tag (RFID Etiketi) ve Bluetooth uygulamalarına yönelmektedirler. Bu teknolojilerin mevcut veya gelişime açık ERP sistemlerine entegre edilerek işleyişte hem ekonomik hem de hızlı verim alınması hedeflenmektedir.

Tedarik zinciri yönetiminde son nokta müşteriye istediği ürünü istediği zamanda teslim edebilmektir. Bunu sağlama bilmek için ilk adım talep ve sipariş yönetimi ile başlar. Üretimde kullanılacak doğru hammaddelerin satın alınması, müşteri sipariş ve taleplerine göre uygun üretim planlamasının yapılma süreci ile devam eder. Ardından stok yönetimi ile üretim planına uygun şirket stok hedef ve politikaları doğrultusunda, malzeme ile birlikte ürün stok seviyelerinin belirlenerek verimli yönetilmesi gerekmektedir. Depo yönetimi ile de uygun şart ve maliyetlerde hızlı aksiyon alabilecek altyapının sağlanarak nerde depolanacağına karar tedarik zincirinin depo yönetimi aşamasındaki görevidir.

Şirketler gelişen teknoloji ile stok kontrolü ve depo yönetiminin sağlanmasına yönelik farklı yazılım, donanım ve sistemler kullanmaya yönelmektedirler. Bu sistemler manuel skor kartlarının doldurulmasından, en gelişmiş ERP (Enterprise Resource Planning - Kurumsal Kaynak Planlama) programlarının kullanılmasına kadar geniş bir yelpazede değişmektedir. Teknoloji seçiminde iyi fizibilite yapıp devreye almak için doğru alt yapı üzerine inşa edilmez ise, firmaya yarar sağlaması beklenen yatırım, firma üzerinde atıl yatırım yükü olarak kalacaktır. Bu kâmburun, firmaların geleceği ile ilgili avantajlarını dezavantaja çevirme olasılığı çok yüksektir.

Bu çalışma da amaç; RFID sisteminin mobilya sektörünün hammaddesi olan, ahşap bazlı panel üretimi yapan işletmede mamul stok yönetimine uygun ERP desteği ile uygulanabileceğidir.

**ANAHTAR KELİMELER:** RFID, barkod, tag, depo yönetimi, SAP, WM.

## **ABSTRACT**

### **APPLICABILITY OF RFID TECHNOLOGY IN WAREHOUSE MANAGEMENT OF HIGH VOLUME WOOD PRODUCTS**

**MSC THESIS**

**TUNCA ÇETİN**

**BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE  
INDUSTRIAL ENGINEERING**

**(SUPERVISOR: ASSIST. PROF. DR. KADRIYE ERGÜN )**

**BALIKESİR, JUNE 2019**

Leading companies in the sector and open to development, are aiming for Barcode, Tag (RFID Tag) and Bluetooth applications of stocked products such as raw materials, finished products and semi-finished products in order to meet the needs such as ease of counting in stocks, avoiding human factor-induced errors, and ensuring the continuity of reliable inventory records. It is aimed to obtain both economic and rapid efficiency in operation, By integrating these technologies into existing or open to development ERP systems, it is aimed to obtain both economic and rapid efficiency in operation.

The ultimate point in supply chain management is to deliver the desired product to the customer at any time To achieve this, the first step starts with demand and order management. This situation continues with the purchase of the right raw materials to be used in production, the process of making appropriate production planning according to customer orders and demands. Then, in accordance with the inventory management and production plan and company stock targets and policies, it is necessary to determine product stock levels together with material and manage them efficiently. It is the duty of the supply chain in the warehouse management stage to decide where to store the infrastructure that can take rapid action in appropriate conditions and costs with warehouse management.

With the developing technology, companies tend to use different software, hardware and systems to ensure inventory control and warehouse management. These systems range from filling in the manual scorecards to the use of the most advanced ERP (Enterprise Resource Planning) programs. If good feasibility is not made in the selection of technology and built on the right infrastructure for commissioning, the investment expected to benefit the firm will remain as an idle investment burden on the firm. It is very likely that this hump will turn the advantages of the firms into the future.

Aim of in this study; RFID system is the raw material of the furniture industry, wood based panel production in the enterprise that can be applied with ERP support in accordance with the product stock management.

**KEYWORDS:** RFID, barcode, tag, warehouse management, SAP, WM.

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>viii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. STOK YÖNETİMİ VE DEPO YÖNETİMİ</b> .....	<b>2</b>
2.1 Stok Yönetimi ve Depolamanın Yansımaları.....	4
2.2 Stokun Stratejik Rolü ve Önemi.....	5
2.2.1 Bağımlılık.....	6
2.2.2 Stokların Ekonomik Boyutu.....	6
2.2.3 Stok Yönetiminde İşletme İçi Faktörler.....	6
2.3 Stok Yönetiminde Teknoloji Kullanımı.....	11
<b>3. BARKOD TEKNOLOJİSİNİN DETAYLARI</b> .....	<b>13</b>
3.1 Barkod Teknolojisine Genel Bakış.....	13
3.2 Barkodun Tarihçesi ve Kullanım Alanları.....	14
3.3 Barkod Teknolojisinin Sistem Bileşenleri.....	15
3.3.1 Barkod Yazıcı.....	15
3.3.2 Barkod Okuyucu.....	16
3.3.3 Bilgisayar ve Barkod Sistemi Programı.....	16
3.4 Barkod Sistem Özellikleri.....	17
3.5 Barkod Çalışma Prensibi.....	17
<b>4. RFID TEKNOLOJİSİNİN DETAYLARI</b> .....	<b>19</b>
4.1 RFID Teknolojisine Genel Bakış.....	19
4.2 RFID'nin Tarihçesi ve Kullanım Alanları.....	20
4.3 RFID Teknolojisinin Sistem Bileşenleri.....	21
4.3.1 Etiket.....	22
4.3.2 Anten.....	23
4.3.3 Okuyucu.....	26
4.3.4 Sorgulayıcı.....	27
4.3.5 Denetleyici.....	28
4.4 RFID Sistem Özellikleri.....	28
4.5 RFID Çalışma Prensibi.....	32
4.6 RFID & Barkod Karşılaştırması.....	33
4.7 Tedarik Zinciri ve RFID.....	34

4.8 RFID'nin Avantajları .....	37
4.9 RFID'nin Dezavantajları .....	38
<b>5. RFID TEKNOLOJİSİNİN BİR İŞLETMEDEKİ UYGULAMASININ YOL HARİTASI.....</b>	<b>40</b>
5.1 RFID Teknolojisi Ön Hazırlık Çalışması .....	40
5.2 RFID Teknolojisi Yol Haritasının Geliştirilmesi .....	42
5.2.1 Ürünü Tanımlamak .....	43
5.2.2 Sistem Gereksinimleri ve Hedef .....	43
5.2.3 İlgili Teknolojiler .....	43
5.2.4 Teknoloji Yönlendiricileri ve Hedefler .....	44
5.2.5 Teknoloji Alternatifleri ve Zaman Planı .....	44
5.2.6 Teknoloji Alternatifleri Seçimi .....	46
5.2.7 Teknoloji Yol Haritası Raporları .....	46
5.2.8 RFID ile Sürecin Yönetimi .....	47
5.2.9 RFID ile Deponun Yönetimi.....	48
5.2.9.1 Etiketlerin Kodlanması, Aktif TAG'lar ile eşleştirilmesi ve Database İşlenmesi.....	48
5.2.9.2 Kapılara RFID Okuyucu Sistemin Kurulması .....	51
5.2.9.3 Mobil Okuyucuların Sisteme Entegre Edilmesi.....	52
5.2.10 Depolama Alanı ve Ürün Yerleşim Planı.....	52
5.2.11 Deponun Donanım İhtiyacı ve Teknik Bilgileri.....	56
5.2.12 Sistemin Bütçe Maliyeti.....	58
5.2.13 Faaliyetleri İzleme.....	59
5.2.14 Sistemin İşleyişi .....	59
5.2.14.1 Donanımın Kurulması.....	59
5.2.14.2 Teyit ve Depolama Faaliyetinin İşleyişi .....	61
5.2.14.3 Müşteriye Sevk Sürecinin İşleyişi.....	64
5.3 Uygulamanın Teknoloji Yol Haritası Tablosu .....	65
5.4 RFID Uygulamasının İşletmedeki Avantajları.....	67
5.5 RFID Uygulamasının İşletmedeki Dezavantajları .....	67
5.6 RFID Yatırımı için ROI (Return On Investment) Hesabı .....	68
5.6.1 Süreç ile İlgili Yıllık Maliyet Hesabı.....	68
5.6.2 Süreç ile İlgili Dört Yıllık Kazanım Hesabı.....	69
5.6.3 RFID Yatırımının Geri Getirisi.....	70
<b>6. SONUÇ VE GELECEK ÇALIŞMALAR .....</b>	<b>71</b>
6.1 Araştırma Sonuçları.....	71
6.2 Gelecek Çalışmalar.....	72
<b>7. KAYNAKLAR.....</b>	<b>74</b>
<b>8. EKLER.....</b>	<b>78</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 3.1: Barkod türleri [7].	14
Şekil 3.2: Barkod teknolojisinin sistem bileşenleri [9].	15
Şekil 3.3: Barkod sayı kodlaması [10].	18
Şekil 3.4: Barkod sistemi çalışma süreci [9].	18
Şekil 4.1: RFID etiket yapısı [12].	20
Şekil 4.2: RFID teknolojisinin bileşenleri [12].	22
Şekil 4.3: Örnek pasif RFID etiketi.	23
Şekil 4.4: Örnek aktif RFID etiketi.	23
Şekil 4.5: Frekanslara göre anten çeşitleri [17].	25
Şekil 4.6: Seri bağlı RFID etiketinin SRR yapısı [18].	25
Şekil 4.7: RFID okuyucu örnekleri [19].	27
Şekil 4.8: Auto ID grubunun çalışma alanı [20].	29
Şekil 4.9: Cam RFID kapsül [21].	30
Şekil 4.10: Saat ve etiket [22].	30
Şekil 4.11: RFID çalışma prensibi.	33
Şekil 4.12: Tedarik zinciri yapısı.	35
Şekil 4.13: Tedarik zincirinde RFID'nin kullanımı.	36
Şekil 4.14: RFID'nin süreçteki faydaları.	38
Şekil 5.1: Aktif taglar ile çalışma süreci. [29]	50
Şekil 5.2: Sevkiyat yükleme ekranı görüntüsü.	51
Şekil 5.3: RFID kurulacak depo planı.	54
Şekil 5.4: Stok haritası.	55
Şekil 5.5: Sistem donanım ihtiyacı.	57
Şekil 5.6: RFID anteni.	60
Şekil 5.7: RFID aktif tag.	60
Şekil 5.8: RFID okuyucu tagların forklifte uygulanışı.	61
Şekil 5.9: RFID taglarının depoya taşınması [31].	62
Şekil 5.10: YP - Yazılım programı çalışma mimarisi.	63
Şekil 5.11: YP - Yazılım programı palet takip ekranı.	63
Şekil 5.12: Stok sıcaklık haritası	64
Şekil 5.13: Teknoloji yol haritası tablosu.	66



## TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
<b>Tablo 4.1:</b> RFID çalışma frekansı ve veri okuma hızı .....	32
<b>Tablo 4.2:</b> RFID'nin tedarik zincirindeki avantajları [11]. .....	36
<b>Tablo 5.1:</b> RFID teknolojisini tercih eden sektörler ve kullanım alanları. ....	450
<b>Tablo 5.2:</b> Uygulama zaman çizelgesi. ....	45
<b>Tablo 5.3:</b> Donanım maliyet tablosu. ....	58
<b>Tablo 5.4:</b> RFID proje maliyet tablosu. ....	58
<b>Tablo A.1:</b> ISO standartları [28]. ....	79
<b>Tablo B.1:</b> EPC global sınıfları [28]. ....	80

## KISALTMALAR

<b>RFID</b> (Radio Frequency Identification)	: Radyo Frekanslı Tanımlama
<b>ERP</b> (Enterprise Resource Planning)	: Kurumsal Kaynak Planlama
<b>ROI</b> (Return On Investment)	: Yatırım Geri Dönüşü
<b>QR</b> (Quick Response)	: Çabuk Tepki
<b>JIT</b> (Just In Time)	: Tam Zamanında
<b>ASCII</b> (American Standard Code for Information Interchange)	: Amerikan Standart Kodlama Sistemi
<b>EAN</b> (European Article Number)	: Avrupa Makale Numarası
<b>LF</b> (Low Frequency)	: Düşük Frekans
<b>HF</b> (High Frequency)	: Yüksek Frekans
<b>UHF</b> (Ultra High Frequency)	: Çok yüksek Frekans
<b>RF</b> (Radio Frequency)	: Radyon Frekansı
<b>IoT</b> (Internet of Things)	: Nesnelerin İnterneti
<b>SAP</b> (Systems Analysis and Program Development)	: Sistem Analizi ve Program Geliştirme
<b>WM</b> (Warehouse Management)	: Depo Yönetimi
<b>PDA</b> (Personal Digital Assistant)	: Kişisel Sayısal Yardımcı
<b>TYH</b>	: Teknoloji Yol Haritası
<b>FIFO</b> (First In First Out)	: İlk Giren İlk Çıkar
<b>FOE</b> (Friends Or Enemy)	: Düşman ya da Dost
<b>EPC</b> (Electronic Product Code)	: Elektronik Ürün Kodu
<b>ISO</b> (International Organization for Standardization)	: Uluslararası Standardizasyon Örgütü
<b>SRR</b> (Split Ring Resonator)	: Bölmeli Halka Yankılayıcı

## ÖNSÖZ

Bu proje süresi boyunca bana destek olan ve yol gösteren projede ilk danışmanım Prof. Dr. Ramazan YAMAN hocama ve danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Kadriye ERGÜN hocama, proje uygulamalarında ve sisteminden destek aldığım çalıştığım şirket yöneticilerimden Lojistik Müdürüm Uğur AYDIN'a TZY Direktörüm Halim SIRÇANCI'ya Fabrika Direktörüm Hüsnü CELEN'e proje sürecinde bana iş süreçlerinde destek olan Mücahit İSLİMYE ve Proje kapsamında destek ve yardımlarını esirgemeyen Selçuk ÇALIŞKAN'a teşekkürlerimi borç bilirim. Bunların haricinde Yüksek Lisans öğrenim sürecinde de beni destekleyen aileme teşekkür ederim.

# 1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile birlikte hızla değişen rekabet ortamında üreticilerin ürünlerini, hizmetlerini ve iş yapış yöntemlerini değiştirmeleri, farklılaşmalarını ve sürekli olarak yenilemeleri gerekmektedir. İşletmelerin gerçekleştirdiği yenilikler ürün ve hizmet yeniliği, yapısal yenilik, süreç yeniliği ve pazarlama yeniliği olarak görülmektedir. Bu yeniliklerin hepsinde teknolojinin kullanılması durumunda “Teknolojik yenilik” olarak adlandırılmaktadır.

Gaynor tarafından belirtildiği şekilde teknoloji görevlerin yerine getirilmesinde önemli bir araçtır. Teknoloji bu görevini layığı ile yaparken, kaynakları ürün veya hizmetlerin bulunduğu her şeyi içermektedir [1,2].

Günümüzde uygulanan süreçlerde, teknolojik yatırımlar ile yapılan yenilikler, şirket ve işletmelerin kazanan ve ya kaybeden olarak ayrılmasında en büyük rolü oynamaktadır. Bu çalışmada, son yıllarda sanayi alanında Dünya’da kullanımı büyük oranlarda artan, barkod ve RFID (Radio Frequency Identification - Radyo Frekanslı Tanımlama) teknolojileri üzerinde durularak depo yönetiminde bu teknolojilerden yararlanılabileceğine değinilecektir.

Bu süreçlerde stok ve depo yönetiminin ne olduğu, depo yönetiminde kullanılan teknolojilerden barkod teknolojisi ve RFID teknolojisinin ne olduğu konusunda genel bir bilgilendirme yapılacaktır.

RFID teknolojisi ile ilgili firmada ne tür çalışmalar yapıldığı ve uygulanacağı alanda yapılacak olan yatırım çalışmalarına değinilecektir. Bu yatırım teknolojisinin maliyeti ve ROI (Return On Investment - Yatırım Geri Dönüşü) yatırım getirisi hesaplaması yapılarak firmanın yaptığı yatırımı kaç yıldan sonra kara çevireceği hesaplanacaktır. Sonuç olarak yatırımın uygunluğu açıklanacaktır.

Gelecek çalışmalarda da RFID teknolojisinin kullanımı ile birlikte stok yönetiminde ve takibinde nelerin daha etkin yapılabileceği, bu çalışmanın hangi çalışmaların temelini oluşturacağı konularına değinilmektedir.

## 2. STOK YÖNETİMİ VE DEPO YÖNETİMİ

Etkin bir stok ve depo yönetiminde stok takibi diğer süreçler ile bağlantılı olan bir sistem üzerinde yapılmalıdır. Tüm stok hareketleri sistem üzerinde kayıt edilmeli ve tanımlanmalıdır. Depolama süreçleri şirket kaynakları göz önünde bulundurularak dengeli bir şekilde gerçekleştirilmelidir. Depo yerleşimi malzemenin yapısına uygun olarak düzenlenmelidir. Bu koşullar ile stok ve depo yönetimi hız ve maliyet avantajı sağlayacaktır.

Birçok üretim ve hizmet sisteminde problemlerin bir kısmı depolama sistemlerinin ihtiyaçlarıyla ve tasarımlarıyla ilgilidir. Depolama sistemleri değişik durumlarda ortaya çıkar ve bunlar arasında üretim, dağıtım ve hizmet sektörü bulunabilir.

Depolama sistemlerinde öncelikle bazı kabullerin yapılması ve hangi konuda çalışıyor olması gerektiğine karar verilmelidir. Örneğin ürünlerin kesikli (parça) ve birim yük olarak (palet, kutu, kasa, konteyner vb.) olduğu düşünülerek çalışılacaktır. Ayrıca bazı malzemeler gerekli ve ya kesikli şekillerle depolanabilir. Sıvı ürünleri varil şeklinde stoklanması ve ya buğday, kömür gibi ürünlerin ise silolarda tutulması bu sistemlerin farklılaşabileceğini ortaya koyar.

Depolama sistemleri, depolama boyutuna ve tasarımına bağlı olarak değerlendirilir. Bir depolama sisteminde kaç yerde depolama yapılacağı bir ürün ya da hammadde / yarı mamulün nasıl yüklenip boşaltılacağı, depolama ünitelerinin sayısı gibi durumlar dikkate alınarak kararlar oluşturulur. Bir stoklama sisteminin stoklama kapasitesinin yanında (miktar açısından) stoklama için kullanılan zamanında dikkate alınması gerekmektedir. Stoklama sistemi birden başka değişkenlere bağlı olan karar değişikliklerinden etkilenir.

Depolama, malzeme özellikleri ve stoklama profili çıktı parametresi olarak değerlendirilebilir. Kısaca malzemenin depolanması yanında yüklenip boşaltılabilmesi, kontrol edilebilmesi gibi durumlarda dikkate alınmalıdır. Malzeme

özellikleri arasında boyut, ağırlığı, şekil, değer, raf ömrü, sıkıştırılabilirlik, taksitlik, alevlenebilirlik, parlayıcılık ve diğer çevresel ihtiyaçlar dikkate alınmalıdır.

Stoklama açısından değerlendirildiğinde her bir ürünün giriş ve çıkış fonksiyonları ile stokta kalma süresi ön planda tutulmalıdır. Burada ki giriş ve çıkış fonksiyonları stoklama sisteminin temel misyonunu oluşturur. Örneğin bir şirketteki bitmiş ürün stokları daha çok dağıtım için olmalıdır. Buda şirketin hangi felsefe ile çalıştığı ile alakalıdır. Eğer itme sistemiyle çalışan bir sistem söz konusu ise bitmiş ürün deposu dağıtım noktası olarak değerlendirilir. Üretim sistemi giriş fonksiyonu ile alakalıdır. Sonuçta onlarda pazarlama departmanının talep-tahmini ve talep fonksiyonu ile ilgilidir.

Aradaki fark (giriş ve çıkış fonksiyonu arasındaki ) depolama sisteminin ya da dağıtım sisteminin büyüklüğünü belirler.

Masraf yönünden değerlendirildiğinde ise depolama sistemi için harcanan para yalnızca fiziksel deponun oluşturulması anlamındaki para olmayıp, sistemin içerisinde bekleyen ya da duran malzeme ile değerlendirilmelidir.

Bir depolama sisteminin maliyeti değerlendirildiğinde şunlar dikkate alınmalıdır;

- Kaybedilen pazar masrafları
- İmaj masrafları
- Toplam gereksiz yer masrafları.

Stoklama metotları birim yük (konteyner, kasa ya da big-bag) elleçleme, kontrol, stoğa koyma ve stoktan çekme, depolama ekipmanı ve diğer ekipmanlar ile değerlendirilir. Bunlar arasında en basiti olan el ile yükleme boşalma ile başlayıp, herhangi bir kişi müdahalesine gerek kalmadan bilgisayar destekli otomatik yükleme boşaltma-taşıma ekipmanlarının bulunduğu sistemlere kadar değişiklikler gösterir.

Bir depolama sisteminin tasarımında su parametreler bulunur;

- Yükseklik
- Boy
- Genişlik
- Her bir ürün için ayrılması olan depolama alanı
- Eğer ihtiyaç duyulur ise diğer destek birimleri.

Sonuçta depolama kapasitesi ve çıktı kapasitesi stoklama sistemine etki eden en önemli parametrelerdir [3].

## 2.1 Stok Yönetimi ve Depolamanın Yansımaları

Gerek büyük sanayi firmalarında gerekse küçük işletmelerde stok demek her zaman için para demektir. Bu nedenle stok yönetimi ve para yönetimi arasında önemli bir bağlantı vardır. Ayrıca stoklar bir işletmenin baştan sona sağlık göstergeleridir. (verimlilik, doğru büyüklük, kabiliyet vb.). Bunun doğrulanması için işletmenin geniş kapsamlı olarak değerlendirilmesi gerekir. Özellikle yakın zamandaki amaç ve yönetmeliklerin ne olduğunu anlamak, planlamacılar ile görüşmek, satın alma yapan personel ile iletişim içinde olmak, işletme yöneticileri ile durumu değerlendirmek, finans yönetimi ile konuşmak bu geniş değerlendirmeye değişik pencerelerden bakabilmeyi sağlar.

Birçok durumda eğer işletme problem yaşıyor ise konuşmaların odağında stoklar ve stok miktarlarını düşürmek, tekrar ve tekrar gündeme gelen durumlardır. Stokların önemi hakkında net fikir ise işletmede stok sahasına girip problemin nasıl ortaya çıktığının incelenmesi durumu daha açık bir şekilde ortaya koyabilir.

İşletmelerin özellikle zorlu zamanlarda krizleri atlatabilmesi ya da batması konusunda en önemli farklılığın gereksiz stokların azaltılması ve doğru yönetilmesi konusunda olduğunu bilmekte fayda vardır. Bu sebeple de büyük firmalar SAP (Systems Analysis and Program Development - Sistem Analizi ve Program Geliştirme) ya da Oracle gibi database programları ile çalışmayı tercih ederler. Stok yönetimini iyi yapmak isteyen küçük firmalarda AS400, MS Access ya da birçok bilgisayar programcılık dillerinde yazılmış ufak çaplı database programlarını kullanmayı tercih ederler. Buna rağmen stokların doğru yönetilip yönetilmediğini çok net gösteren ve kolay anlaşılmasını sağlayan indirimli satış gibi bir çözüm yolu yoktur. Buna ilave olarak bazı temel felsefelerde ve stratejilerde farklılıklar oluşturmak ve bunları sürdürmek, gereksiz stokların oluşmasına ve yönetilmesine ihtiyaç duyulmayabilir (JIT - Just In Time - Tam Zamanında) [4].

Ancak bu felsefeler ve stratejiler her ortam ve her şart için gerekli olmayıp, muhakkak stokların oluştuğu, yönetilmesi gereken durumlar gerçek hayatta karşımızdadır. Bu nedenle stok yönetimi ve stok yönetiminin alakalı olduğu hususlar bilinmek ve yönetilmek zorundadır.

## 2.2 Stokun Stratejik Rolü ve Önemi

Stoğa kim ve niçin ihtiyaç duyar?

Stoklar esasında gereksiz ve yük getirici durumlar olarak görülürler. Gerçekte de stoklar istenmeyen ve birçok işletme için problem oluşturan odaklardır. Ancak stokların oluşması kaçınılmazdır ve birçok problemi stok yapmadan çözmek olanaksızdır. Önemli olan kontrollü stok oluşturmak ve oluşan stokların yönetimini doğru yaparak avantajlarından yararlanmaktır. Stokların oluşmasındaki en belirgin neden pazardaki belirsizliğin işletmeye yansımalarıdır. Çünkü pazar ile ilgili kesin bilinmeyen veri taleptir. Bu belirsizlik belirli bir seviyede bitmiş ürün stoku gerektirir.

Diğer bir hususta daha önceden sevk edilmiş ürün veya mamuller için emniyet stoku tutulmasıdır. Çünkü birçok müşteri üründen dolayı (arıza, yetersizlik) problem yaşamak istemez. Bunun içinde en etkin yöntem ürünün yenilenmesidir. Buda ancak bitmiş ürün için belirlenen emniyet stoku ile sağlanabilir. Özellikle bitmiş ürün stoku emniyet stoku anlamında güvenlik stoku olarak iş görür ve müşterinin memnuniyetini artırma amacını taşır. Burada dağıtımdan kaynaklanan veya üründeki problemlerden kaynaklanan problemler emniyet stoku ile kolayca çözülebilir [5].

Ancak pazarda olan dalgalanmalar emniyet stoku boyutlarını aşar cevaplayamaz ya da emniyet stokundan çok daha fazla stoklarda kalarak problem oluştururlar. Emniyet stokunun durumu, miktarı işletme tarafından kolaylıkla öngörülebilmesine rağmen pazarda olan değişimler çok kolay belirlenip yönlendirilemezler. Pazardaki değişimlerin işletmeye yansıtılması daha uzun vadede daha doğru analizler ile yapılabilir.



### **2.2.1 Bağımlılık**

İşletmelerde ki stoklar değişik aşama ve seviyelerde bağımlı ve bağımsız şekilde yönetebilirler. Buradaki ilk amaç, oluşan talebin anlaşılıp bu talebin nasıl karşılanabileceği konusunda bir stratejiyi geliştirmektir.

Eğer daha önce bir stok oluşturulmamış ise bu ilk adım başka kanallardan ya da kaynaklardan sağlanarak işletmenin kendi kaynaklarıyla bu stokları üretmesine fırsat oluşturulur. Ayrıca stok oluşumunun bir diğer sebebi de tedarik zincirindeki dağıtımın yükü de stok olarak dikkatlice alınması gerekir. Çünkü ürün henüz müşteriye ulaşmamış fakat işletmede de değildir. Buda oluşan bir aksama ya da gecikmenin müşteri memnuniyetsizliği olarak geri dönmesine neden olur.

### **2.2.2 Stokların Ekonomik Boyutu**

Üretimin bütün safhaları en ekonomik şekilde gerçekleştirilmelidir. Stokların oluşması ve ekonomik değerleri ise maliyetleri olumsuz yönde etkiler. Ancak stokların müşteriye ulaşmasında ve müşteri için ekonomik açıdan büyüklüğü belirli bir seviyede olmalıdır. Buda ulaştırma maliyeti ve miktar arasında bir dengenin olduğunu göstermektedir. Stok miktarının çoğalması stok maliyetini artırırken, miktarın azalması durumunda ise ulaştırma veya hazırlık maliyetinin arttığı görülür.

Sonuç olarak stok maliyeti ve ulaştırma maliyetinin dengede olduğu ve müşteri için en uygun maliyetle ürün sevk edilebildiği değer belirlenmelidir.

### **2.2.3 Stok Yönetiminde İşletme İçi Faktörler**

Stokların yönetimine etki eden işletme dışı faktörler arasında müşteri taleplerindeki değişimler, tedarikçilerdeki değişiklikler, taşıma kaynaklı değişiklikler

sayılabilir. Ancak bunların dışında işletme içi faktörlerde stokların oluşmasına ve özellikle firma içindeki sistemde olan darboğazlar çalışanların yönetim kaynaklı düzenlemeleri üretim içi stokların oluşmasına ya da oluşturulmasına sebep olur. Örneğin yüksek kapasiteli bir sistemin belirli saatlerde çalıştırılıp diğer saatlerde çalışmadan stoklardan kullanılarak devam ettirilmesi yaygındır.

Bir ürünün veya ürün ailesinin tasarımı o ürünün stok yapısına etki eder. Bunlardan ilk adım ürün ağacı yapısının durumu olup, stokta tutulacak, dışarıdan satın alınacak ya da işletme içinde üretilecek ürünler arasındaki ayrımıdır. Diğer bakışta ise işletme için üretilecek ürünler daha çok operasyon sonralarındaki ve öncelerindeki stokları belirler. Buda üretim hattının dengesi veya tasarımı ile alakalı olup daha kolay yönetilebilir bir anlam taşır. Üretim dışı stoklarının kontrolünün ikinci planda takip edilebilmesine karşı, üretim içi stoklar daha kolay yönetilebilirler. Bunun kararlaştırıldığı aşama ise ürün ağacının oluştuğu ya da ürün ile ilgili tasarımın yapıldığı aşamadır.

Ürün ağacının oluşturulması yeniden tasarlanması aşamasında ürünün ihtiyaç duyduğu süreçler ve parçalar değiştirilebilir ve gözden geçirilebilir. Bunlarla ilgili kayıtların tutulması stokları ve ilgili kalemleri doğrudan etkiler. Örneğin bir modelde olan aksesuar bir sonraki üründen çıkarıldıysa artık bununla ilgili stok tutulmasına gerek yoktur. Ancak bununla ilgili olan öncelikli ürünler, garanti kapsamındaki durumlar için yeni bir stok ihtiyacı olabilir. Ürün yapısı bazı durumlarda stok yapısı ile de alakalıdır. Örneğin üretiminin ya da montajının güç olduğu durumlarda bu kısım bir bütün olarak değerlendirilir. Aynı ayrı stok yerine bir bütün olarak stok tutup üretmek daha ekonomik ve kolay olabilir.

İşletmelerde bazı koşullarda stok tutmak kaçınılmaz olabilir. Bu koşulları kısaca aşağıdaki başlıklar altında toplayabiliriz.

**Ortak parçalar:** Farklı ürünlerin farklı bileşenleri olmasına karşı farklı ürünlerin ortak bileşenlerinin olması çok yaygındır. Özellikle bileşen bazında birçok farklı ürün ortak özellikler taşır (güç kaynağı, monitör, yazılım). Ortak parçaların olması işletmenin ve müşterinin hayatını bazı durumlarda kolaylaştırabilir. Bu kolaylık üretimde stok tutmak ve servis sunmak olarak karşımıza çıkarken, ürünün özelleştirilmesi veya kişileştirilmesi anlamında negatif yönde etki eder.

**Özel Parçalar:** Özel parçaların sağlanması ve kullanılması genellikle yüksek maliyet ve yüksek risk içerir. Ancak böyle durumlarda kişiselleştirilmiş ya da özelleştirilmiş ürünler imaj ve güvenlik açısından kullanıcıya ve sunucusuna avantaj sağlar.

Stokların oluşmasında bileşen güvenliği de önemlidir. Tüketimi ya da bozulma olasılığı yüksek olan ürünlerin stokları çok daha fazla olurken tüketilmeyen ve güvenilir parçaların stokları çok daha az olur. Örneğin elektronik bir cihazda batarya problemleri çok olurken mekanik özellik taşıyan kısımda ki stok ihtiyacı hemen hemen hiç oluşmaz.

Üretim yönetimi ve üretim rotası stok seviyesini de belirler. Esnek bir üretim sisteminde üretilen ürünün stok seviyesi bir otomasyon hattında üretilen ürüne göre daha düşüktür. Esnek üretim sisteminde stok seviyesi tekli sayılarla ifade edilebilirken otomasyon hatlarında 1000 veya 10000 gibi yüksek değerlere ulaşır.

**Bileşen Güvenilirliği:** Bileşenler ve parçalar aşınma, kırılma ve bozulma gibi durumlarla karşılaşılır ve değiştirilmelerine gerek duyulur. Bu değişimin kısa sürede gerçekleştirilmesi ve sistem sürekliliğinin sağlanması önemlidir. Burada bu parçalarla ilgili stok oluşturmak gerekir. Bu nedenle hangi parça ve bileşenlerin ne seviyede güvenilirlik sunduklarını bilmek gerekir.

**Üretim Metotları ve Ürün Rotalama:** Seçilen üretim yöntemi ürünün üretim performansını doğrudan etkiler. Bunların arasında stok seviyeleri de ön plana çıkar. Sonuç olarak yanlış seçilmiş bir metot ve rotalama işletmenin stok seviyelerine, politikalarına doğrudan veya dolaylı olarak önemli derecede etkiler. Doğru seçilmemiş ürün rotalama da stokların olumsuz şekilde sonuçlanmasına sebep olabilir. Yeni yaklaşımlarla stokları ve metodu bir bütün olarak değerlendirmeye çalışılır.

**Taşıma, Elleçleme ve Stoklanabilme Durumu:** Ürün veya sistemin sunduğu özellikler nedeniyle süreçler arasında ürünlerin taşınması, aktarılması veya belli bir süre stokta durması gerekebilir. Bu süreçlerin seçilmesi ve tasarımı da stok yapısında olumlu ya da olumsuz etkiler gösterir.

**Genel Tasarım:** İyi bir tasarım ile yapılan ürün hem yapım açısından basit hem de ucuz olur. Bir ürünün tasarımı, o ürünün ömrü boyunca ve üretim süresince önemli olup, olumlu ya da olumsuz etkiler gösterebilir. Bu nedenle ilk tasarımdan

başlamak kaidesi ile her bir gelişme, ürünün tüm ömrünü (üretim süreci de dahil) gözden geçirilerek yapılmalıdır.

**Planlama Süresi:** Birçok ürün tasarlanırken ve üretilirken belirli bir dönemi hedeflerler ve bu dönem boyunca tüketime yönelik veya üretime yönelik stoklar oluşur. Bu süre uzarsa stokların çoğalması ve kontrolünün zorlaşması gayet normaldir.

**Dağıtım Zamanlarını Belirlenmesi:** Bazı durumlarda ürün veya yarı mamullerinin tedarikleri için kesin zamanlar vardır. Bu durumlarda zamanın etkisi ile stokların oluşması veya azalması söz konusu olabilir.

**İptal Süreçleri:** Bazı işletmelerin ürün ya da yarı mamulleri keyfi ya da herhangi bir yaptırıma bağlı olmaksızın iptal etme durumları olabilir. Bu nedenle bu olası durumları azaltmak ya da daha az etkilenmek için stok oluşturulabilir

**Müşteri Siparişleri:** Bazı müşterilerin üretimini belli aralıklarla yapmak ve ürünleri stokta tutmak, siparişlerini buradan karşılamak akılcı ve ekonomik bir çözüm olabilir. Bu nedenle stok politikası oluşturulabilir.

**Yedek Parçalar:** Ürünün kullanımı esnasında oluşan problem ya da arızalardan kaynaklı parçalara ihtiyaç duyulabilir. Bu nedenle de işletmeler bunları karşılamak üzere stok oluşturabilir. Bu yapı otomotiv, beyaz eşya gibi gruplarda oldukça etkilidir.

**Kapasite Planlama:** Oluşan üretim hacmini hesaplama kapasitesi ile uyumlaştırmak için stok oluşturmak gerekebilir ve istenen miktarı sunmak için stoklar tutulup hedeflenen kapasiteye ulaşabilir.

**Atölye Yükleme:** İşletmelerin değişim dönemlerinde ve başlangıç dönemlerinde stoklarının olması olağan bir durum olup olumlu etken olarak değerlendirilebilir.

**Üretim Yerine Satın Alma:** İşletmedeki bazı süreçler kalite, performans, kapasite yönünden satın almayı avantajlı hale getirebilirler. Bu anlamdaki durumlar için stok oluşturmak olağandır.

**Atölye Yönetimi:** Atölyenin kötü yönetilmesi stokların oluşumuna neden olabilir. Bu olumsuzlukların giderilmesi gerekir.

**Tedarik Zamanların Değerlendirilmesi:** Birçok işletme tedarik zamanlarını olduğundan daha yüksek tutarak stok politikası izleyebilir. Bu nedenle oluşan olumsuzluğun giderilmesi için doğru ve mantıklı veriler alınarak stok politikası oluşturulabilir. Önleyici bakım için stok oluşturma bazı durumlarda anlamlı ve faydalı olabilir. Burada yine tedarik zamanları, kapasite ve kritiklik dikkate alınarak karar verilmelidir.

**Önleyici Bakım için Stok Oluşturma:** Kestirimci bakım için stok tutma bazı durumlarda anlamlı ve faydalı olabilir. Bu durum tedarik zamanları kapasite kriterler gibi durumlar dikkate alınarak karar verilmelidir.

**Çalışan Üretkenliği (Performansı):** Bazı çalışanların performansı(vardiyalı çalışanlar vb.) standart çalışanlara göre daha düşük olabilir, bu olumsuzluğu gidermek için stok oluşturulabilir.

**Ayar Zamanları:** Uzun ayar zamanları stok oluşturmaya gerekçe olabilir.

**Kalite Problemleri:** Düşük kaliteli ürünlerin sistemde problem oluşturmaması için stok politikası uygulanabilir. Ancak burada yanlış olan kalitesizliğin oluşmasına müsaade etmektir.

**Eğitim:** İyi yetiştirilmiş çalışanların olduğu sistemler, problemleri görüp olumlu ve olumsuz durumları değerlendirirler. Ancak olayın iç yüzünü göremeyen iş görenler stok tutmanın veya stoksuzluğun nasıl bir problem oluşturacağını öngöremez ve sonuçta sahada olan problemler yönetime doğru aktarılamaz. Ambalajlama ve sevkiyat şartları stoklamayı getirebilir. Bu nedenle uygun büyüklükteki miktarlar ve ambalajlar dikkate alınarak stoklar yönetilmelidir.

**Ambalajlama ve Sevkiyat Şartları:** Ambalajlama ve sevkiyat koşulları stoklamayı gerektirebilir. Bu nedenle uygun büyüklükte, miktarda ambalajlama da dikkate alınarak stoklar yaratılmalıdır.

**Fiyat İndirimleri:** Rekabet ve hızlı nakit dönüşü için özel fiyat sağlanabilir. Bunun içinde stok politikası izlenebilir.

**Uzun Dönemli Sözleşmeler:** Uzun dönemli sözleşmeler de stok oluşturmaya gerektirebilir. Ancak bu da doğru yönetilmeyen bir stokla karşı karşıya bırakmamalıdır. Müşteri ihtiyacı net belirlenmeli ve stok yönetimi buna göre planlanmalıdır.

**Tedarikli Bütünleştirme:** Farklı tedarikçilerden sağlanan ürünlerin bir arada sunulması gerekebilir bu da değişik stokların oluşmasına neden olabilir.

**Çoklu Kaynaklar:** Bazı ürünlerin tedariki güç olup birden fazla kaynaktan ürün istenebilir. Bu tedarik gücünü dikkate alınarak stok oluşturulabilir.

**Takip Sistemlerinin Oluşturduğu Stoklar:** Kullanılan ve üretilen tüm ürünlerin takip edilmesi gereklidir. Bu süreç başarılı bir şekilde yapılmadığında yeniden üretim ve yeniden satın almak gibi durumlarda stok oluşturabilir. Bu olumsuzluk doğru stok takibi ile giderilebilir.

**Tedarik Eksiklikler:** Bazı ürün veya stoklarda beklenen özellikler olmayabilir ya da kullanılmayabilir. Bunlarda atıl stokları oluşturur. Bunun önlenmesi ve sistemin bütününe bakarak değerlendirilmesi gerekir.

**Teslim Alma Problemleri:** Bazı durumlarda tedarikçilerden gelen ürün veya yarı mamuller doğru alanlara konulmadığı veya doğru şartlarda teslim alınmadığı için stoklar oluşabilir. Bunun önlenmesi içinde sistematik çalışılmalıdır.

**Stoklama Politikaları:** Ürünlerin saklanması ve yerleştirilmesinde yapılan hatalar stokların oluşmasına veya stoksuzluk problemlerine neden olabilir. Kargaşaya sebebiyet vermeden doğru bir stoklama politikası oluşturulması ve uygulanması gerekir.

**Uygulama Hataları:** Ürün kabulü veya stoklanması ile ilgili olan hatalar bunların takibi ve ilgili kayıtların oluşturulması ile de yapılabilir. Örneğin kaydedilmemiş stokların olabileceği gibi mükerrer kayıtlarda olabilir. Bunlarda doğru sistemle ortadan kaldırılmalıdır.

**Dış faktörler:** Stokların düşmesini ve stoksuz kalmayı bazı dış faktörler etkileyebilir. Bunların kontrolü bizde olmadığı sürece risk mevcuttur. Ancak bu mecbur sebeplerle tedbir alınabilir.

### **2.3 Stok Yönetiminde Teknoloji Kullanımı**

Tesislerde ürün veya sistemin sunduğu özellikler nedeniyle süreçler arasında ürünlerin taşınması, aktarılması veya belli bir süre stokta durması kaçınılmaz olabilir.

Bu aşamalarda oluşan ve emniyet stoku olarak tutulması 6n g6r6len miktarların doğru y6netilebilmesi, doğru s6re7 ve teknolojinin se7ilmesi, bu s6re7 ve teknolojinin birbiri ile verimli 7alışacak şekilde entegre edilmesi gerekir. Doğru s6recin doğru teknoloji ile kullanılması, stok yapısında olumlu etkiler yaratacaktır.

Stok y6netiminde insan kontrol6nde, otomasyon ile 7alışacak Barkod ve / veya RFID (teknolojileri mevcuttur.

### **3. BARKOD TEKNOLOJİSİNİN DETAYLARI**

Genel anlamda verilerin optik okuyucular vasıtasıyla kolayca okunabilmesi için, değişik kodlama yöntemleriyle sunulması işlemine barkotlama denmektedir. İlk aşamalarda barkod verinin paralel çizgilerin boşlukları ve genişlikleri arasında saklanması ile oluşturulurken şimdi buna ek iç içe daireler, görüntü içerisinde gizli ve noktasal şekiller gibi farklı türlerde de oluşturulabilmektedir. ASCII (American Standard Code for Information Interchange - Amerikan Standart Kodlama Sistemi) karakterlerin eklenmesi ile basit barkodlarda ihtiyaç duyulan bölgeye daha çok bilgi sığdırılmış ve çizgiler yerine kare hücreleri içeren matris kodlar da geliştirilmiştir [6].

#### **3.1 Barkod Teknolojisine Genel Bakış**

Barkod İngilizce'de "çubuk, çizgi" anlamına gelen "bar" kelimesine teknolojinin kullanım amacına uygun olarak "code" sözcüğünün eklenmesi ile ortaya çıkmış bir kelime ve teknolojidir.

Teknik anlamda bakıldığında aralarında boşluklar bulunan değişik kalınlıklardaki çubukların bir araya gelerek oluşan görselin okuyucular tarafından algılanarak farklı harf ve rakamların ifade edilmesidir. Bu teknoloji zaman içerisinde gelişerek günümüzde birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır.

Günümüzde barkodlar, okuyucu kafalarının türlerine göre isimlendirilerek tek boyutlu veya iki boyutlu okuyucular olarak iki sınıfa ayrılmaktadır.

Düz bir zeminde sıralı çubuklar şeklinde olan tek boyutlu barkodlar ve iki satırlı ya da matrix adı ile bilinen, farklı şekil ve desenlerde oluşturulmuş içerisinde kod, URL, text vb. bilgileri içeren desenleri okuyabilen iki boyutlu barkodlardır.

İki boyutlu QR Code (Quick Response - Çabuk Tepki) standart barkod teknolojisi tek boyutlulara nazaran çok daha fazla veri taşıma kapasitesine sahiptir.



Numerik, Alfa-numerik ve Binary karakterlerini yüksek kapasitede taşıyabilmesi ise tercih edilme nedenlerindedir.

Yaygın olarak kullanılan Barkod türleri Şekil 3.1'deki gibidir.



Şekil 3.1: Barkod türleri [7].

### 3.2 Barkodun Tarihçesi ve Kullanım Alanları

1940'ın sonlarında bir üniversite öğrencisi (Bernard Silver) öğrenim gördüğü okula gelen bir market zinciri sahibinin, kasada otomatik kaydeden bir sistem talep etmesi ve bu sistem üzerlerinde çalışması ile şekillenmeye başlamıştır.

1949 yılında hedef tahtasındaki gibi, iç içe geçen halkalar şeklinde bir veri kodu için patent müracaatında bulunuldu ve tarayıcının bir prototipi yapıldı. Bu çalışmayı Bernard Silver ile birlikte yapan Norman Woodland 1970 yılında IBM firmasında çalışırken George Laurer (ABD) ile birlikte 12 basamaklı karmaşık kodu geliştirdi. Bu kod 1973'te onaylanan Evrensel ürün koduydu. 26 Haziran 1974'te ABD'nin Troy şehrindeki bir markette satılan bir paket sakız, dünyada satışı barkodla yapılan ilk ürün olarak kayıtlara geçti [8].

Günümüzde barkod ilk kullanım alanı olan marketlerin yanı sıra savunma sanayi, lojistik sektörü, hastaneler, havayolları ve hizmet sektörü gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır.

### 3.3 Barkod Teknolojisinin Sistem Bileşenleri

Barkod sisteminin bir bütünsel olarak işletilebilmesi için 3 temel bileşene ihtiyaç duyulmaktadır.

1. Barkod yazıcı
2. Barkod okuyucu
3. Bilgisayar ve barkod sistemi programı

Barkod teknolojisinin sistem bileşenleri Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2: Barkod teknolojisinin sistem bileşenleri [9].

#### 3.3.1 Barkod Yazıcı

Barkod yazıcılar barkod basmak için kullanılan cihazlardır. Barkod yazıcılar termal ve direk termal baskı yapabilirler. Barkod yazıcılar ile basılan barkodlar daha dayanıklı ve uzun ömürlüdür. Daha hızlı baskı yapabilirler. Barkod yazıcılar ve kullanılmakta olan sistem ve sürece göre bilgisayara bağlı olarak veya bilgisayardan

bağımsız olarak kullanılabilirler. Bir etiket programı ile tasarım yapılarak barkod yazıcılardan baskı alınabilir.

### **3.3.2 Barkod Okuyucu**

Barkod okuyucular veri girişine hız, kolaylık ve doğruluk kazandırır. Bir barkod, uygun okuyucu ile okutulduğunda, okuyucu siyah ve beyaz çizgileri elektrik sinyallerine dönüştürür. Bu elektronik sinyallerin oluşumu, barkoddaki koyu çubukları ışığı emmesi, boşlukların ise ışığı geri yansıtması ile oluşur. Bu okuyucuların yaydığı ışın ve barkod çubuklarının oluşturduğu elektronik sinyaller yine bu okuyucular tarafından algılanarak bilgisayarlara rakam veya karakterler olarak aktarılır.

Barkod okuyucular değişik arabirimlere sahip olabilirler. Klavye, seri port veya usb bağlantılı olabilirler. Bunların yanında bir de radyo frekanslı çalışan barkod okuyucularda bulunmaktadır. Bunlar kablosuzdur ve okutulan barkodu kendi etkinlik alanı içerisinde anında bilgisayara aktarabilirler.

Gelişen teknoloji ile birlikte cep telefonları ile barkod okutmak artık mümkündür.

### **3.3.3 Bilgisayar ve Barkod Sistemi Programı**

Barkod sisteminde girişi yapılan verilerin takibinin yapılabilmesi ve bu verilerin raporlanabilmesi için uygun bir bilgisayar ve sektöre uygun bir yazılım gerekmektedir. Gelişen teknolojiye bağlı olarak bilgisayarlarda da yazılım programları aracılığı ile görsel ve matematiksel veri alınmasına imkân sağlamaktadır.

### **3.4 Barkod Sistem Özellikleri**

Barkod sistemi, ürünlerin barkodlar ile sınıflandırılmasını amaçlayan bir sistemdir. Bu sistem sayesinde ürünler hakkında bilgilere çok kısa sürede ulaşılabilmektedir.

Barkod sistemleri sayesinde ürünlerde hata yapma olasılığı en aza indirgenir ve müşteri memnuniyeti sağlanır. Okutma ve kayıt süreçlerinin doğru ve zamanında yapılması durumunda, stoktaki mamullerin anlık takip edilebilme imkanını sunmaktadır.

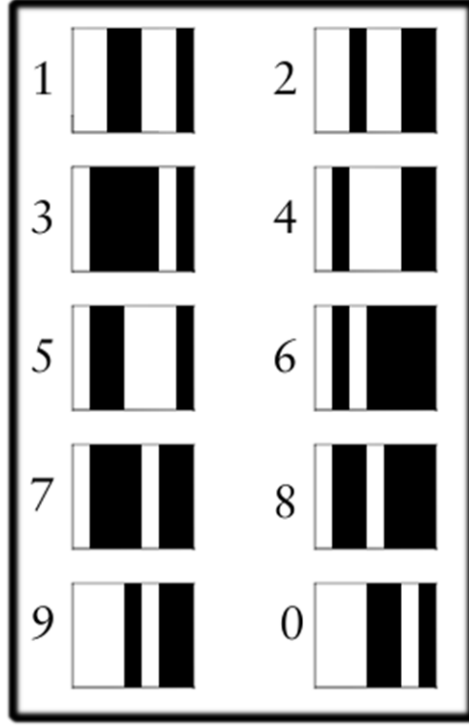
İstenilen ebatta etiket kullanma ile esneklik sağlamaktadır.

Etiket maliyeti işletmeler için kabullenilebilir bir maliyet olarak görüldüğünden ilk tercih edilen sistem olma özelliğine sahiptir.

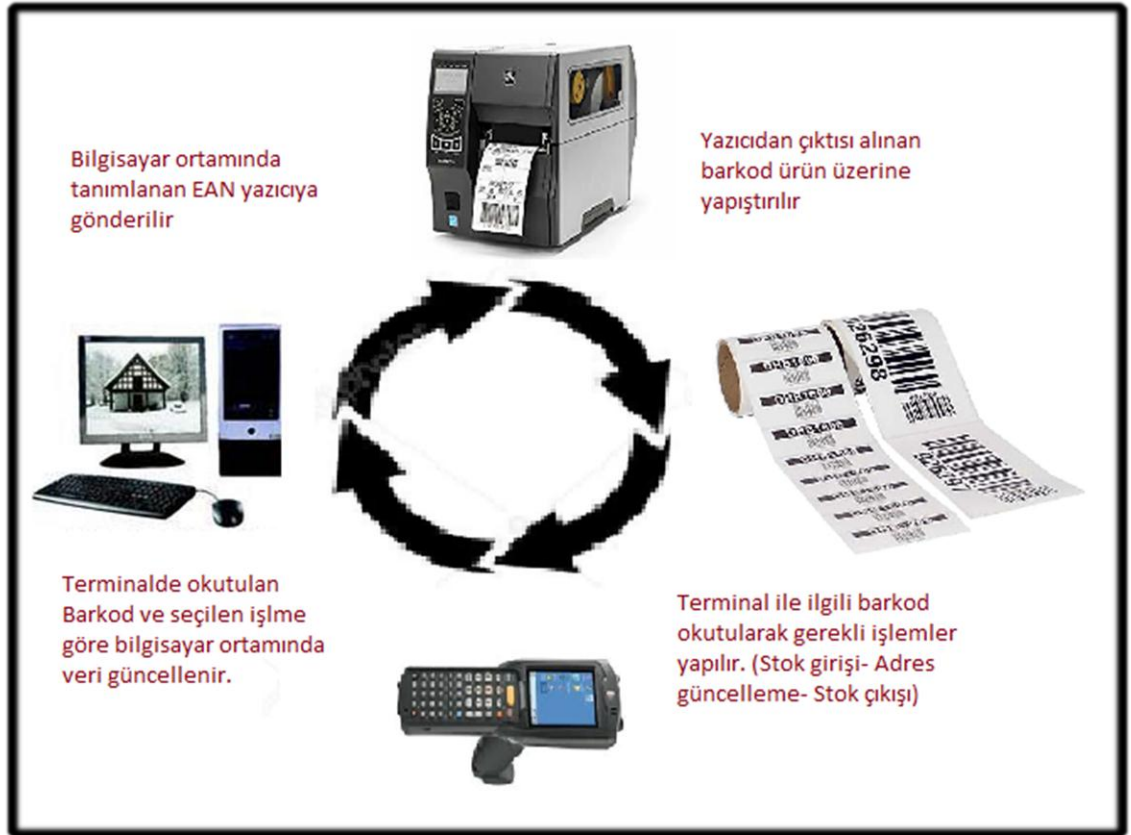
### **3.5 Barkod Çalışma Prensibi**

Barkodun çalışma prensibi aslında sayılarak eş gelen kodlanmış çubuklar üzerinden yansıma mantığıdır. Hareketli demet bir tarayıcı barkod sembolüne ışık gönderir ve ışığı ileri geri titreştirerek çubuklardan ve boşluktan yansıyan ışığı ölçer.

Barkod üzerindeki her şekle benzersiz bir numara atanır ve bu numara sayesinde bilgilere barkod okuyucu sayesinde ulaşılır. Şekil 3.3'de barkod sayı kodlaması örneğindeki gibi sıfırdan dokuzaya dek olan bu sayılardan benzersiz bir ürün kodu oluşturulur. Barkod üzerinden alınan her kod bilgisayar sisteminde bir ürüne atanır ve bu sayede bilgisayar ortamında atanmış olan ürüne karışıklık olmadan ulaşım sağlanır [10]. Barkod sistemi çalışma süreci Şekil 3.4'deki gibi işlemektedir.



Şekil 3.3: Barkod sayı kodlaması [10].



Şekil 3.4: Barkod sistemi çalışma süreci [9].

## 4. RFID TEKNOLOJİSİNİN DETAYLARI

RFID (Radio Frequency Identification) Türkçeye Radyo Frekanslı Tanımlama olarak çevrilmektedir.

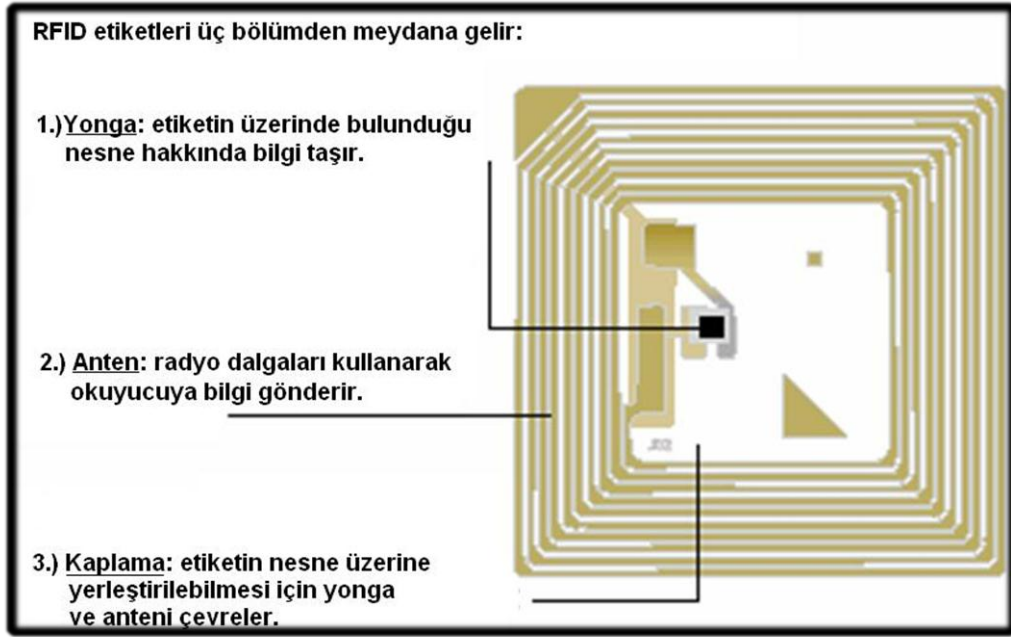
### 4.1 RFID Teknolojisine Genel Bakış

Radio Frequency Identification (RFID) "Radyo Frekanslı Tanımlama" canlıları ya da nesnelere radyo dalgaları ile tanımlamak için kullanılan teknolojilere verilen genel isimdir. Birçok tanımlama biçimi vardır fakat en yaygın olanı bir canlıya ya da nesneyi tanımlayan bir antene bağlanmış mikroçip (RFID Etiketleri) içine kayıt edilmiş kimlik numarasının antenlere aktarılması, çipin tanım bilgisini okuyan antenin elde ettiği sinyalleri bir okuyucuya iletilebilmesi ve okuyucunun da RFID etiketinden aldığı radyo dalgalarını dijital bilgiye dönüştürerek bilgisayar sistemine aktarması ile süreci tamamlayan bir teknolojidir [11].

RFID teknolojisinin verimli çalışabilmesi için, uygulanacağı alana ve işe uygun etiketlerin seçilmesi, bu etiketleri, proje alanına göre belirlenecek özellik ve sayıda antenlerin bağlanacağı okuyucuların seçilmesi ve son olarak ta bu okuyucudan gelen bilgiyi işleyip kullanılabilir hale getirecek olan yazılımların bir arada ve koordineli olarak çalışabilmesi gerekmektedir. Bunların etkili bir şekilde çalışması ile oluşan verileri toplam süreci insanın hata yapma faktörünü en aza indirdiğinden, RFID kullanımını, yüksek kapasiteli üretim tesislerinin stok ve envanter yönetimlerinin odağında tutmaktadır.

RFID ile ilgili ISO (International Organization for Standardization - Uluslararası Standardizasyon Örgütü) ve EPC (Electronic Product Code - Elektronik Ürün Kodu) standartları EK A ve EK B de belirtilmiştir.

RFID etiket yapısı Şekil 4.1’de tanımlı olarak resmedilmiştir.



Şekil 4.1: RFID etiket yapısı [12].

## 4.2 RFID'nin Tarihçesi ve Kullanım Alanları

RFID teknolojisi bulunmasının ardından Avrupa'da askeri alanlarda kullanılmaya başlandı. İlk olarak ikinci Dünya savaşında İngiliz Kraliyet Hava Kuvvetlerinde FOE (Friends or Enemy - Düşman ya da Dost) adı ile düşman uçaklarının dost uçaklarından ayrılması maksadı ile kullanıldı.

1960'lı yıllarda ise nükleer santralde çalışan personelin mesai giriş çıkış işlemlerinin takip ve kayıt süreçlerinde kullanılmaya başlandı.

1970'lerde de Amtech ve Identronix Araştırma şirketi Chicago Üniversitesinin de desteği ile canlı hayvanların takip edilmesinde kullanıldı. Böylelikle hayvanların sağlık durumları, beslenme zamanları yumurtlama dönemleri gibi süreçler takip edilmeye başlandı.

Amerika ve Avrupa da birçok ülke 1980 ve 1990'larda RFID etiket üretilmeye başladı. RFID kullanımı ivmelenerek demiryollarında, otoyollarda giriş-çıkış kontrollerinde ve kayıt takip süreçleri gibi süreçlerde de kullanımı yaygınlaştı [11].

### 4.3 RFID Teknolojisinin Sistem Bileşenleri

RFID, nesneye ait verileri içeren mikro işlemci ve bu mikro işlemciye entegre edilmiş anten ile donatılmış etiket taşıyan bir nesnenin, bu etikette taşıdığı bilgiler ile hareketlerinin izlenebilmesine, analiz edilebilmesine ve yönetilebilmesine imkân veren; veri alış-verişini radyo frekansları ile sağlayan otomatik nesne tanımlama ve takip teknolojisidir. Verilerin ve enerjinin aktarılması, RFID etiket- RFID okuyucu arasında fiziksel bir temas olmadan gerçekleşmektedir. Okuyucunun tarafından yayılan elektromanyetik dalgalar etiket üzerinde bulunan antenler tarafından algılanmakta ve antenlerin bağlı bulunduğu mikroçipteki devreleri etkileyerek iletişimi başlatmaktadır. Mikroçip antenler vasıtası ile ulaşan manyetik dalgaları değiştirip düzenleyerek okuyucuya geri göndermektedir. Okuyucu da kendisinden çıkan ve yansiyarak geri gelen yeni dalgayı dijital veri olarak almaktadır. RFID ile üzerinde bulunduğu nesnelere, üretim aşamasından dağıtım aşamasına kadar olan tüm süreçlerde, hayat döngüleri süresince tanımlama takibi yapılabilmektedir. Bu teknoloji altyapısı ile veri toplama, hizmet takip ve dağıtım, sistem-süreç yönetimi ve insan müdahalesi olmadan gerçekleştirilmektedir. İnsan faktörü ve müdahalesinin en aza indirilmesi ile hata oranı minimuma indirilip daha hızlı ve kaliteli süreç akışı sağlanmaktadır [13,14].

RFID sistemi; bir parçanın bütünsel olarak işlem gördüğü tüm süreçler boyunca anlık müdahaleye gerek kalmadan, tanımlama ve takip edilebilirliğini sağlamak için RFID teknolojisini, var olan bütün iletişim ağı altyapısını, bu ağ altyapısına bağlı genel programlama bileşenlerini ve elektronik ürün kodunu birleştirip, izlenebilirliğini sağlayan ağ olarak tanımlanabilir [15,16]. RFID teknolojisinin bileşenleri Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

RFID iletişim sistemleri 5 temel bileşenden oluşur:

1. Etiket
2. Anten
3. Okuyucu
4. Sorgulayıcı
5. Denetleyici





Şekil 4.2: RFID teknolojisinin bileşenleri [12].

### 4.3.1 Etiket

Takip edilecek nesne hakkındaki bilginin depolanmış olduğu bir mikroçip ve antene sahip olan üzeri koruyucu tabakayla kaplı bir aygıt bulunmaktadır. RFID etiketler, elektronik veri taşıyıcıları olarak kullanılır ve buldukları değişik noktalarda üzerine farklı bilgiler yazılıp okunabilir. RFID etiketindeki mikroçip 64 bit'den 8MB'a kadar veri depolama özelliğine sahiptir. Enerji kaynağına göre pasif (pilsiz), aktif (pilli) ya da yarı pasif olabilir. Otoyollarda Kullanılan HGS pasif etikete, OGS'ler de aktif etiketlere örnektir. Aktif etiketler haberleşmek ve işlem yapabilmek için üzerlerine monteli bir pilden enerji sağlarken; pasif etiketler bu enerjiyi okuyucunun bulunduğu alana girdiğinde onlardan yayınlanan manyetik dalganın yansıtılması mantığı ile bu enerjiyi sağlarlar.

RFID uygulamalarında etkin ve verimli bir süreç kurabilmek için en önemli faktör doğru etiketin seçimidir. Hangi süreçler ile çalışılacağı, çalışma ortamının koşulları, ürünlerin stoktaki yerleşim planı, malzemenin yapıldığı malzeme (pastik, metal, odun vb.), etiketin okunması istenen mesafesi gibi faktörler etiket seçimini direkt olarak etkilemektedir. RFID sisteminde ısı ya da neme dayanıklılık, etiket üzeri baskı seçenekleri, yüksek hafıza kapasitesi gibi taleplere istinaden özel etiket

seçiminin yapılması gerekebilir. Pasif RFID etiketi Şekil 4.3’de, aktif RFID etiketi Şekil 4.4’de gösterilmiştir.



Şekil 4.3: Örnek pasif RFID etiketi.



Şekil 4.4: Örnek aktif RFID etiketi.

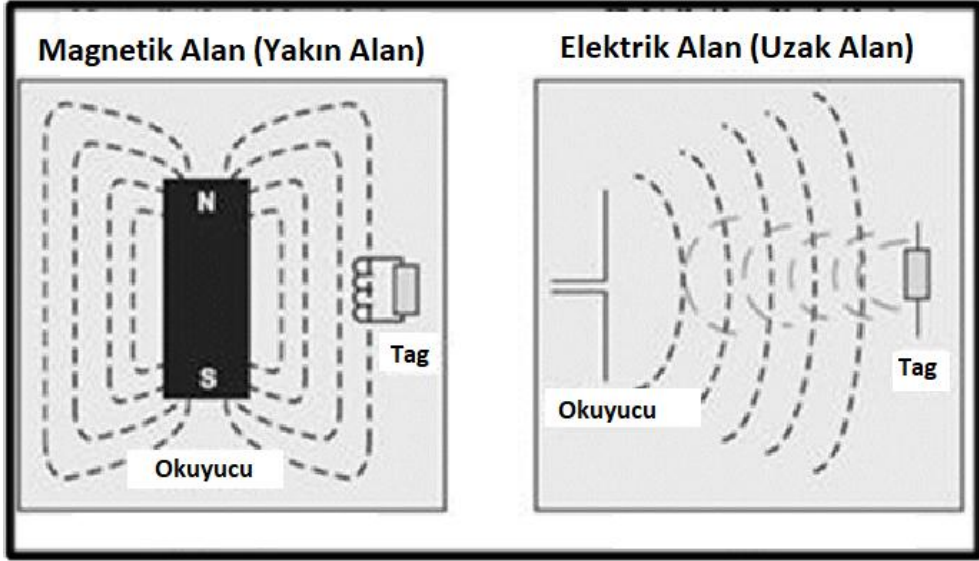
### 4.3.2 Anten

RFID antenler, elektromanyetik dalgaları bir sistemden alıp çevreye veren ya da çevresindeki elektromanyetik dalgalardan aldığı işaretlerle bir sistemi besleyen, kablosuz haberleşme sistemlerinin performanslarını artırmak için kullanılan teknolojik cihazlardır.

RFID anten, okuyucu-okuyucu veya okuyucu-etiket arasında haberleşmeyi sağlayan donanımdır. Birçok durumda etiket okuma menzilleri çok düşük olduğu için anten kullanımı çok önemlidir. Etiketlerin kullanıldığı ürün ve ortama göre menzil mesafesi daha da azalabilmektedir. İçerik olarak basit olmasına karşılık, antenlerin daha düşük güçlerde en verimli sinyal alımlarını yakalamaları ve istenen koşul ve şartlara uyumlu olmaları gerekir. Kullanılacak antenler çalışmanın yapılacağı ortamın koşullarına ve çalışmanın ihtiyacına uygun mesafelere bağlı olarak en verimli performansı sağlamak için birbirinden değişik boy, şekil ve dalga boyu aralıklarında tercih edilmelidir.

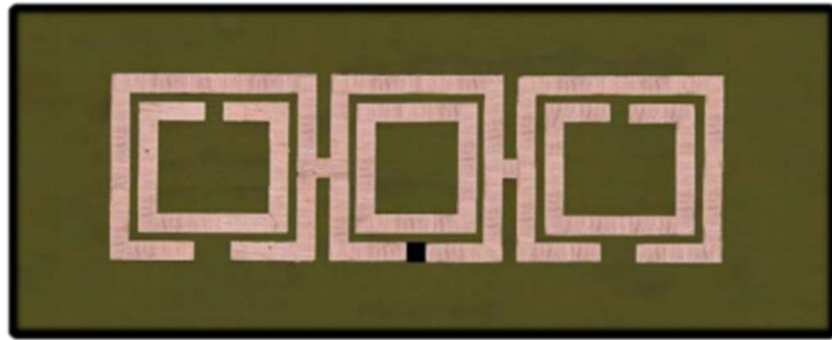
Radyoda farklı kanalları duymak için farklı frekanslar kullanırız. Tıpkı bunun gibi RFID etiket ve okuyucuları iletişim kurabilmek için aynı frekansa ayarlanmalıdır. RFID sistemleri çok sayıda farklı frekans kullanmakla beraber en yaygın olanları düşük frekans “LF” (Low Frequency - Düşük Frekans) (125 KHz civarı), yüksek frekans “HF” (High Frequency - Yüksek Frekans) (13.56 MHz) ve çok yüksek frekans olan “UHF” (Ultra High Frequency - Çok yüksek Frekans) (860 – 960 MHz) dir. Ayrıca 2.45 GHz mikrodalgalar da bazı uygulamalarda kullanılmaktadır.

Frekanslara göre anten çeşitleri Şekil 4.5’de gösterilmektedir. Radyo dalgaları farklı frekanslarda olduklarından işlemin takibi için uygun frekansın seçilmesi gereklidir.



Şekil 4.5: Frekanslara göre anten çeşitleri [17].

RFID etiket tasarımında etiketteki antende kullanılan tellerin yapısı önemlidir. Etiketlin küçültülmesinde SRR (Split Ring Resonator - Bölmeli Halka Yankılayıcı) yapısının etkisi büyüktür. SRR, bir boşlukla ayrılmış ve her ikisi de zıt yarıklara sahip iki eş merkezli metal halkadan oluşan kısımdır. Manyetik akım, halkalardaki yarıklar ile iç ve dış halkalar arasındaki boşluk ile uyarılır. Bu uyarma ile manyetik alanın salınım akımlarını etkileyecek şekilde düzlemine dik bir kuvvet üretir. Okuyucu ile etiket arasındaki iletişim bu şekilde sağlanır [18]. Seri bağlı RFID etiketinin SRR yapısı Şekil 4.6'da gösterilmektedir.



Şekil 4.6: Seri bağlı RFID etiketinin SRR yapısı [18].

### 4.3.3 Okuyucu

RFID etiket üzerinde bulunan antenden sinyal alınarak ilgili veriyi okuyabilen, radyo frekansı üzerinden sinyal yayan, ihtiyaca bağılı olarak etikete yeni bilgilerin eklenmesi ve var olan bilgilerin güncellenmesini sağılan bir yapıya sahiptir. RFID okuyucusu, RF (Radio Frequency - Radyon Frekansı) nı kullanarak bağılı bulunduğu antenler aracılığı ile etrafına enerji yayınlar. Bu yayınlanan RF na en yakın olan etiketteki anten bu enerjiyi toplar ardından bunu elektrik enerjisine çevirir. Bu elektrik enerjisi, etiket üzerinde bulunan ve etiket bilgilerini içeren çipi besler. Sonra etiket anten direncini artırıp azaltarak mors alfabesi gibi okuyucuya kimlik bilgilerini geri yansıtır. Farklı yöntemler ile çalışan çeşitli etiketler mevcuttur fakat okuyucu ve etiketler arasındaki haberleşme yöntemi genel olarak bu şekildedir.

Okuyucular genellikle 3 çeşittir.

- Sabit okuyucular
- Portatif okuyucular
- Mobil okuyucular

Sabit okuyucular ise belirli alanda kurulu olup RF etiketlerin kapsama alanından geçtiğı ve bağılantı kurduğı okuyuculardır. Çevresel koşullara, ortama ve malzemeye göre farklılık göstermekle birlikte 10 metrelik bir kapsama alanında veri alış verişi yapabilmektedir. Bu 10 metrelik mesafe geniş bir stok alanı altında bulunan ve büyük bir kutu içine bulunan bütün ürünlerin hepsini aynı anda okumaya, saymaya ve veri yüklemeye yeterli bir mesafedir.

Portatif okuyucular; RF etiketler ile radyo frekansı üzerinden bağılantı kurabilen okuyuculardır. Okuma mesafesi çevre koşullarına ve etiketin bulunduğu malzemenin hammaddesine göre 1 m ile 3m arasında değışmektedir.

Mobil okuyucular ise ulaşılması zor, geniş hacimli ve tehlikeli yerlerdeki etiketlerin okunmasını kolaylaştıran cihazlardır. Bu cihazlar mobil araçlara yerleştirildiğı gibi çalışanlar tarafından alanda dolaştırılmak koşulu ile aortamdaki etiketleri okuyan cihazlardır. Örneğın, bir çalışan mobil RFID cihazı ile stoktaki ürünlerin sayımını saniyeler içinde yapabilir. RFID okuyucu örnekleri şekil 4.7'de gösterilmektedir.



Şekil 4.7: RFID okuyucu örnekleri [19].

#### 4.3.4 Sorgulayıcı

Sorgulayıcı aslen küçük bir bilgisayardır. Anten, RF Modülü ve Kontrol Modülü olmak üzere 3 ekipmandan oluşur.

Anten, RFID etiketi ile bağlantıyı kuran bir RF modülü ve denetleyici (host) ile bağlantı kurmaktan sorumlu kontrol modülünü içerir. Programlayıcı ve yazıcı olarak da adlandırılır. Sorgulayıcının görevi RFID etiketi ile denetleyici arasında bir köprü kurmaktır. Sorgulayıcının özellikleri;

- RFID etiketinde bulunan verileri okuma,
- RFID etiketine yeni veri ekleme/programlama,
- Denetleyiciler arasında veri bağlantısı kurma ve düzenleme,
- RFID etiketinde bulunan çipe güç sağlama,
- Etiketler arasında eş zamanlı olarak bağlantı sağlama ve etiketleri emniyete altında tutmak için anti-kolizyon tedbirlerini yerine getirme, frekans çakışmalarını önleme,
- Sisteme izinsiz erişimleri, sahtekârlıkların önüne geçmek için etiketleri yetkilendirme, etiket kimlik bilgi kontrolü yapma, veri bütünlüğünü korumak için veri şifreleme.

### 4.3.5 Denetleyici

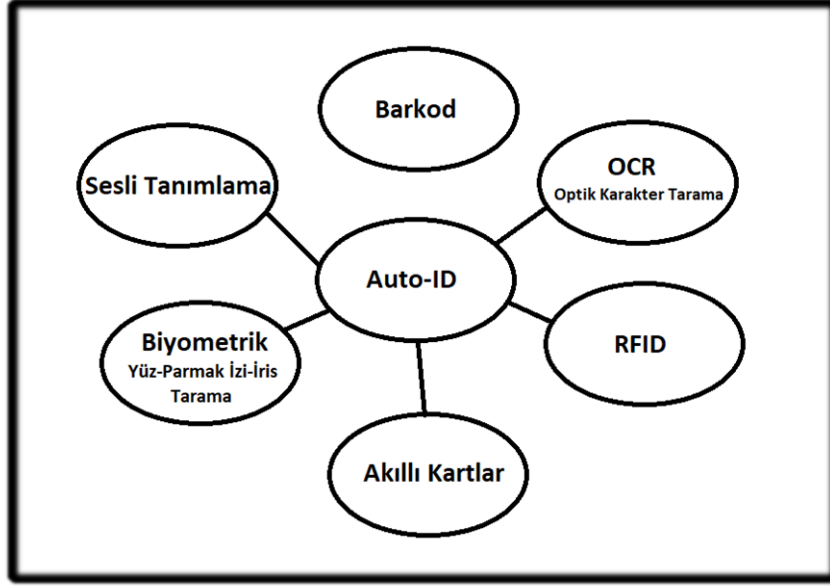
Denetleyici; üzerinde veri tabanı yazılımı ya da uygulama yazılımı çalışan bir bilgisayar ya da sunucudur. Denetleyiciler, RFID bileşenlerinin ana kontrol mekanizmalarıdır ve ara katman yazılımını kontrol eder. Lokal ağ ortamında çoklu sorgulayıcıları birbirine bağlamak, merkezi olarak bilgileri işlemek için kullanılır. Sorgulayıcılar aracılığı ile toplanan bir alandaki bilgiler denetleyici tarafından kullanılır.

Denetleyici özellikleri:

- Ürün stok bilgilerini depolama ve yeni ürün stokuna ihtiyaç duyulması durumunda sistemi uyarma,
- Süreç akışı boyunca ürünlerin hareketlerini takip etme, imkânları doğrultusunda bunları periyodik bir yapı ile yeniden yönlendirme ve yönetme,
- Kimlik kontrolü, teyit etme ve yetki verme,
- Hesap oluşturma,
- Web servisleri ve hizmetleri

### 4.4 RFID Sistem Özellikleri

RFID, Auto-ID (Automatic Identification-Otomatik Tanımlama) Grubunun bir parçasıdır. Auto-ID genellikle otomatik veri toplama ile birlikte anılır. Diğer bir deyişle; varlıkları tanımlamayı, onlar hakkında bilgi toplamayı ve toplanan bilgileri el ile saymadan bilgi teknolojileri ortamında hızla değerlendirmeyi ifade eder. Auto-ID grubunun çalışma alanı Şekil 4.8'de gösterildiği gibi barkodlar, sesli tanımlama, optik karakter tanımlama, biyometrik tanıma, akıllı kartlar ve RFID'dir [20].



**Şekil 4.8:** Auto ID grubunun çalışma alanı [20].

RFID etiketleri çok farklı şekil ve ölçülerde biçimlenebilir. 1-2 milimetreden 10 santimetre boyutunda çapı olan, ortası delik, vida ile sabitlenebilir küçük halkalar şeklinde olabilir. Hayvanların deri altına enjekte edebilmek için 12 milimetre ile 32 milimetre uzunlunda cam kapsüllerden oluşturulabilir. Şekil 4.9’da cam RFID kapsül örneği görülmektedir.





Şekil 4.9: Cam RFID kapsül [21].

Kapı giriş-çıkış kontrollerinde kullanılmak üzere bir saat içine yerleştirilebileceği gibi, bir süpermarkette ürünlerin üzerine yapıştırılabilen etiket şeklinde de olabilir. Şekil 4.10'de saat ve etiket formatı görülmektedir.



Şekil 4.10: Saat ve etiket [22].

RFID etiketleri kullandıkları alanlardaki koşullar doğrultusunda farklı enerji düzeylerine ihtiyaç duyulabilir. Bu sebeple aktif ve pasif olmak üzere iki farklı türde etiket mevcuttur. Pasif etiketlerin içerisinde kendilerine ait bir enerji kaynağı yoktur.

Okuyucu tarafından yayınlanan elektromanyetik alan içinde bu etiketler aktif hale gelir ve içerdikleri mikroçipte bulunan veriler yansıma sonucu okuyucu tarafından alınır. Etraftaki anten ve okuyucuların yaydığı enerjiyi anten yardımı ile alır ve bununla birlikte mikro çipte ki bilgiyi yansıma mantığı ile çalışır. Aktif etiketler içerisinde kendilerine ait bir güç kaynağı içerirler. Bu sayede mikroçip kendi enerjisini kendi üretir ve içindeki bilgiyi yayımlama mantığı ile okuyucular ve antenler tarafından bilgileri toplanır. Aktif etiketler içerisinde bulunan pil sebebi ile 300 metre mesafeden dahi okunabilir. Buna karşılık pasif etiketler göre daha pahalıdırlar. Pasif etiketler herhangi bir bakım gerektirmemektedir ve sınırlı bir okuma uzaklığına sahiptir. Bu sebeple de aktiflere nazaran çok daha ucuzdurlar.

Özellik olarak incelendiğinde sadece okunma özelliğine sahip, hem okunma hem yazılma özelliğine sahip RFID etiketler vardır. Okunma ve yazılma özelliği olan etiketler içerisinde veri depolama alanları içermesi sebebi ile daha pahalı olmakla birlikte, tekrar kullanıma çok daha uygundur. Bu tür etiketler genellikle taşıma ve paketleme sistemlerinde kullanılırlar.

RFID sistemlerinde okuyucu elektromanyetik dalgaları farklı frekanslar üzerinde gönderebilmektedir. Frekans değeri arttıkça, mikroçipte bulunan verilerin okunma ve işleme mesafesi da artar. Genel olarak okuyucular üç farklı frekansta çalışırlar:

- Düşük Frekans (LF, 30 kHz-300 kHz)
- Yüksek Frekans (HF, RF 3 MHz - 30MHz) veya Radyo Frekansı
- Ultra Yüksek Frekans (UHF, 300 MHz - 3 GHz) veya Mikrodalga (>3 GHz)

Frekansa göre okuma hız ve okuma uzaklığı değişmektedir. Ultra yüksek frekanslı RFID sistemlerinde pasif etiketler 5 metreye içerisinde bulunan verileri okuma özelliğine sahiptir. Tablo 4.1'de RFIR çalışma frekansı ve veri okuma hızı değerleri mevcuttur.

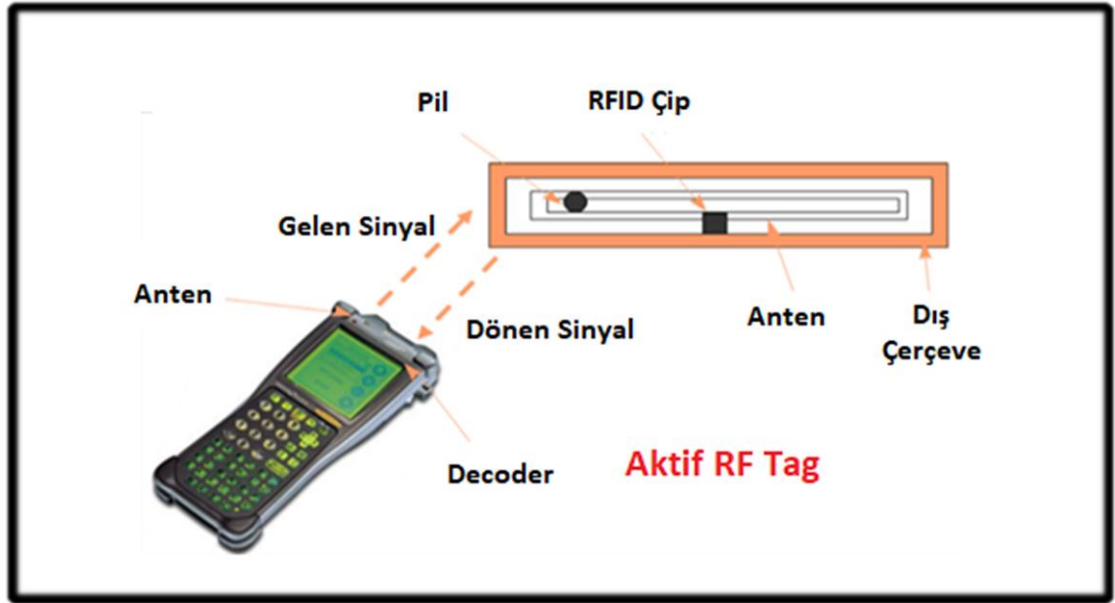
**Tablo 4.1:** RFID çalışma frekansı ve veri okuma hızı

Frekans	Açıklama	Okuma Uzaklığı (mt)	Veri Okuma Hızı (Etiket/sn)
125 - 134 KHz	LF	0,45	1 - 10
13,56 MHz	HF	< 1	10 - 40
868 - 870 902 - 928 Mhz	UHF	2 - 5	10 - 50

#### 4.5 RFID Çalışma Prensibi

RF okuyucularının çalışma prensibi, okuyucu üzerinde ki mevcut antenler ile göndermiş olduğu sinyalleri RF etiketine ulaştırıp üzerindeki çip içindeki devreden elektriği görerek fark eder. Etiket eğer pasif etiket ise, kendi enerjisi olmadığından okuyucu tarafından gelen enerji etiket üzerindeki anten yardımı ile alarak çipe ulaştırır ve mevcut yapısındaki bilgileri yansıtma yolu ile gönderir. Aktif etiketler ise kendi enerjileri ile çip içerisindeki bilgileri yayımlayarak okuyuculara ulaştırır. Bu şekilde haberleşme ve veri alış-verişi sağlanmış olur [23].

Etiket, terminal veya anten çift taraflı olarak hem sinyal göndermekte hem de almaktadır. Dolayısıyla her iki bileşenden herhangi birinde sorun olması sistemin ve paket bilgilerinin okunmamasına neden olacaktır. RFID çalışma prensibi Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11: RFID çalışma prensibi.

#### 4.6 RFID & Barkod Karşılaştırması

- RFID sisteminde etiket ve okuyucu arasındaki veri transferi hatasız olarak sağlanabilmektedir. Barkod sistemlerinde ise okuma esnasında hata ihtimali her zaman vardır.
- RFID etiketlerinde bulunan veri işlenebilmektedir. Silmeye ve yeni veri yüklemeye uygundur. Değişen ortam, sıcaklık bilgileri, kod bilgileri, tanım bilgileri gibi veriler RFID etiketleri üzerine kaydedilebilir. Barkod sistemlerinde ise, sabit veriler vardır ve bilgiyi değiştirme şansı bulunmamaktadır. Eğer bilgi değiştirilmek isteniyor ise etiketin değiştirilme zorunluğu vardır.
- RFID etiketleri içerisinde veri depolama kapasitesi Barkod etiketlerine göre çok daha yüksektir.
- RFID etiketleri içinde bulunan verinin okunabilmesi için, etiketin okuyucunun görüş alanı içinde bulunması gibi bir zorunluluk yoktur. Etiket ve okuyucu türüne göre 5-10mm alan içinde olması yeterlidir. Barkod sistemlerinde ise etiket üzerinde bulunan siyah çizgilerin içeride işlenmiş kodların lazer okuyucular

tarafından mutlak suretle okutulması gerekmektedir. Lazer ile barkod okutulmadan veriye ulaşılamamaktadır.

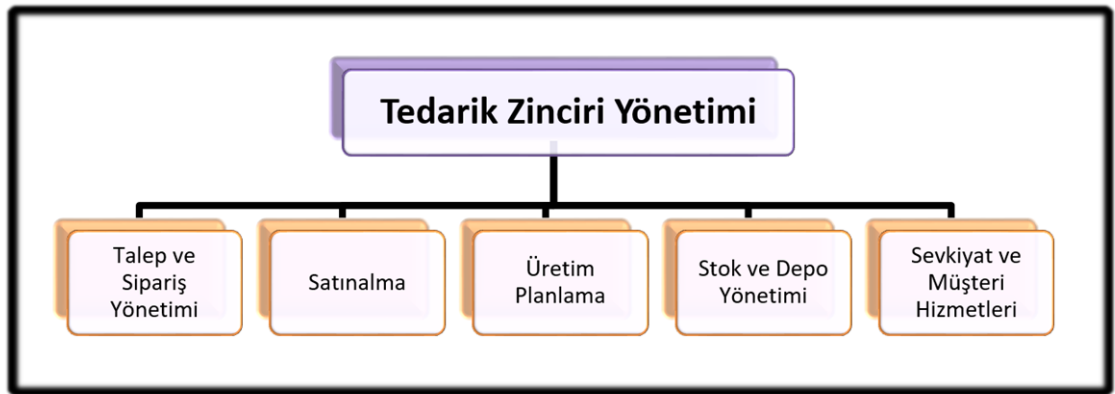
- RFID etiketleri kirli ve nemli ortamdan etkilenmemekte buna karşılık barkod sistemlerinde siyah çizgilerin karışması, kirlenmesi, yırtılması ya da silik olması verinin okunmasında sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.
- RFID sistemlerinde bir kutu ya da alan içinde bulunan etiketler bir bütün olarak görülüp ayrı ayrı görülüp okunabilmektedir. Aynı anda 100-150 etiket okunup içlerindeki veri anlık olarak listelenebilmektedir. Etiket in kapsama alanı içinde olması yeterlidir. Bun karşılık Barkod sisteminde etiketlerin tek tek lazer okuyucu tarafından görünme zorunluluğu vardır.
- RFID etiketlerinde anlık okuma hızı 0,5 saniye iken, Barkod sisteminde bir etiketin okunma süresi 4 saniyeye çıkabilmektedir.
- RFID sistemlerinde, etiket okuma süreci personel maliyetine maruz kalmadan otomatik olarak seri bir şekilde gerçekleşmektedir. Barkod sistemlerinde ise okuma işlemi manuel bir şekilde gerçekleşmekte ve personel maliyeti oluşmaktadır. Bu sistemi otomatize etmek için Barkod etiket lokasyonunun da standardize edilmesi gerekmektedir.
- RFID sistemlerinde pasif etiketlerde 5-10 metrelik mesafeye kadar okunma uzaklığı vardır. Barkod sistemlerinde bu mesafe en fazla 2-3 metreyi geçmemektedir.
- RFID etiketlerinin okuyucu olmaksızın okunması ve kopyalanması imkânsızdır. Barkod etiketlerinde ise kopyalama çok kolay bir şekilde yapılabilmektedir.

#### **4.7 Tedarik Zinciri ve RFID**

TZY de (Tedarik Zinciri Yönetimi ) son nokta, müşteriye istediği ürünü istediği zamanda teslim etmektir. Bunu sağlayabilmek için tedarik zincirinin her aşamasının iyi bir iletişim ve doğru bir senkronizasyon içinde çalışması gerekir. Her biri kendi içinde iyi bilinmesi gereken ve birbirine bağlı iş süreçleridir. Tedarik

zincirinin verimliliği ve sağlamlığı bütün halkaların sağlamlığı ile mümkün olabilmektedir [24,25].

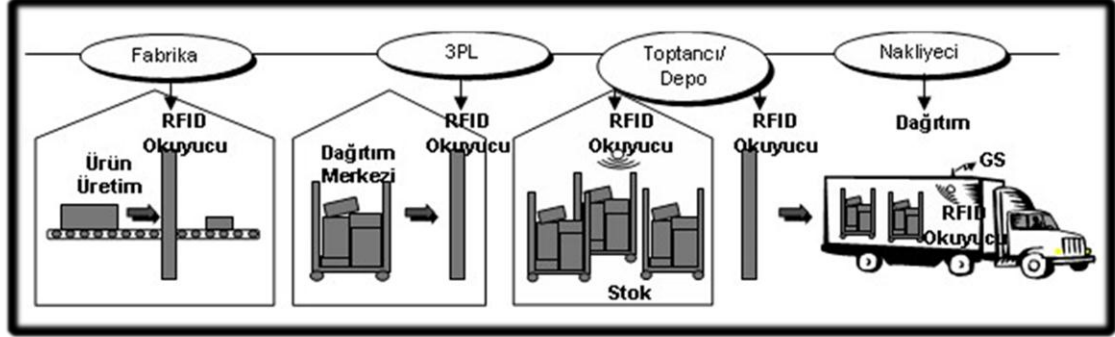
Tedarik zincirinin fonksiyonlarının ilk adımı talep ve sipariş yönetimi ile başlar. Müşterilerin talepleri, daha önceki satış verileri, piyasanın güncel yapısı ve pazar tahminleri göz önünde bulundurularak bir talep tahmin oluşturulur. Üretimde kullanılacak doğru hammaddelerin satın alınması ve zamanında temini ile bu talep tahmin desteklenir. Bu süreçleri müşteri sipariş ve taleplerine göre uygun üretim planlamasının yapılma süreci izler. Ardından stok yönetimi ile üretim planına uygun, şirket stok hedef ve politikaları doğrultusunda malzeme ve ürün stok seviyelerinin belirlenmesi ve verimli yönetilmesi gerekmektedir. Depo yönetimi ile de uygun şart ve maliyetlerde hızlı aksiyon alabilecek altyapıyı sağlayarak nerde depolanacağını kararı tedarik zincirinin depo yönetimi aşamasında yönetilir. Bu aşamada stoklarda bulunan mamullere doğru kalitede, doğru yerde ve doğru zamanda ulaşabilmek için stok ve depoların anlık takibi büyük önem arz etmektedir. Bu verilerin takibi insan insiyatifine bırakıldığında hatalar ve eksikler süreci olumsuz etkilemektedir. Artık bundan sonraki aşama sevkiyat ve dağıtım ile ürünü müşteriye aynı kalitede ve zamanında ulaştırmaktır [26]. Tedarik zinciri yapısı genel hatları ile Şekil 4.12’da gösterilmiştir.



Şekil 4.12: Tedarik zinciri yapısı.

RFID ile desteklenen tedarik zinciri uygulamalarında, zincirde verimlilik, doğruluk, görünürlük ve güvenlik sağlanabilmektedir. Gerçek zamanlı stok ve lojistik bilgisi, üretici, tedarikçi, dağıtıcı ve perakendeciler tarafından zincirin her

aşamasında paylaşılmaktadır. Tedarik zincirinde RFID'nin kullanımı görsel olarak Şekil 4.13'de mevcuttur.



Şekil 4.13: Tedarik zincirinde RFID'nin kullanımı.

Tedarik zincirinde üretici, perakendeci ve lojistik servis sağlayıcıları farklı kazanımlar elde etmektedir. RFID'nin tedarik zincirindeki avantajları Tablo 4.2'de bulunan kıyaslama tablosunda gösterilmiştir.

Tablo 4.2: RFID'nin tedarik zincirindeki avantajları [11].

Üretici	Lojistik Servis Sağlayıcı	Perakendeci
Sipariş yükleme zamanlarında azalma	Daha iyi sipariş teslim oranları	Mağza içi yerleşimin gerçek zamanlı veriler ile daha iyi yapılması
Sipariş gönderimlerinde doğruluk	Stok darlığında azalma	Satış noktası etkinliğinin artması, çıkış kontrollerinde doğruluk
perakendeciden daha iyi tüketici satış verisi sağlanması	Yönetim ve insan hatalarında azalma	Geliştirilmiş ters lojistik maliyetleri
Düşük sahtecilik	Düşük işçilik gereksinimleri	Raf ve depo seviyesinde daha doğru ve hızlı stok takibi
Tedarikçi stoklarının daha iyi yönetilmesi	Stok izlemede daha zaman ve daha düşük maliyet	Stok seviyelerinde optimizasyon
Ürün güvenliği için yapılan geri çağırılmanın kolaylaşması	İş sıralamada daha fazla etkinlik	Tedarikçi ödemelerinin ve yüklemelerinin otomatikleştirilmesi
Daha doğru talep planlama	Etkin operasyonlar ile kapasite artışı	İşçilik maliyetlerinde azalma
Daha düşük güvenlik stokları	Yürütme hatalarında daha az cezai ödemeler	Yeniden kullanılabilir varlıkların daha etkin yönetimi
İşçilerin daha etkin kullanılması		Gri pazarların daha etkin izlenmesi
Yanlış teslimlerin azalması ile daha düşük cezai ödemeler		

#### 4.8 RFID'nin Avantajları

**Hızlı, kontrollü ve Hatasız veri toplama;** RFID ile temsil ve takip edilen her türlü bilginin (stok kodları, parti numarası, ağırlık, hacim, boyut, miktar, evrak numarası, kapı no, kimlik numarası vb.) gözle okunabilir diğer yazı, grafik gibi bilgilerle kombinasyonu sonucu oluşturulan etiketlerin (tag) farklı alanlarda (stok, ambalaj, koli, palet, depo lokasyonu, makine, personel ) uygulaması ve RFID okuyucular tarafından okunabilmesi sayesinde;

- Hızlı
- Kontrollü
- Hatasız veri toplamaya olanak sağlar.

**Personel verimliliğinin artışı;** seri ve otomatik veri toplama sayesinde insan müdahalesi dışında rutin işlemler cihazlar tarafından gerçekleştirilir. Süreç içerisinde oluşan problemlere karşı çalışan personel otomatik olarak bilgilendirilir. Hatalar, kaçaklar, mükerrerlikler önlenir ve personelin performansı artar.

**Toplanan verinin kolayca elektronik ortama transferi;** Okuyucu terminallerde toplanan bilgi, anlık olarak sanal ortama aktarılır. Muhtemel hatalar anında ortaya çıkar ve fark edilmeyen veya gözden kaçan hataların büyümesi sonucu oluşabilecek kayıplar ve zararlar önlenmiş olur.

**Cihaz ve makinalara elektronik ortamda hızlı veri akışı;** PLC, iş makinaları, makine ekipmanları, kantar, turnike, sayıcı, röle, lamba vb. pek çok cihazla elektronik iletişim kurabilmesi ve/veya bu cihazları kontrol edebilmesi sayesinde, manuel yapılan ve hataya açık işlemlerin hızlı, hatasız ve sistem kontrolünde gerçekleştirilmesi sağlanmış olur.

**Farklı ihtiyaçlara optimum çözümler geliştirme;** Çok çeşitli işlevsellikte ve yetenekteki cihazların oluşturduğu elektronik çalışma ortamlarında, sistem tasarımı ve implementasyonu organizasyonun öznel ihtiyacına uygun olarak optimum maliyetlerde gerçekleştirilebilir.

**Gerçek zamanlı veri toplama;** Okuyucuların aynı anda network sisteminde ve wireless olarak çalışması veri toplamanın sistem tarafından yönlendirilmesine, hata durumlarında operatörün anında bilgilendirilerek tedbir almasına imkân verir.



Böylece iş başındaki personel de bilgisayar başındaki kullanıcı da gerçek veriyi anlık olarak görüp paylaşır. RFID'nin süreçteki faydaları özetle Şekil 4.14'deki gibidir.



Şekil 4.14: RFID'nin süreçteki faydaları.

#### 4.9 RFID'nin Dezavantajları

**Güvenlik kaygıları;** RFID, barkod gibi bir line-of-sight (görüş hattı) teknolojisi olmadığı için yeni güvenlik sorunları ortaya çıkabilir. Sizin RFID etiketlerinizin bulunduğu ürünleriniz araç içerisinde seyir halindeyken yol üstünde kurulmuş olan bir okuyucu vasıtası ile etiket içindeki bilgilere çok kısa zamanda ulaşır; bu verilere göre rakip firma çeşitli ürünlerin akış oranları belirleyebilir. RFID ödeme yöntemleri gibi yüksek güvenlik operasyonları için kullanıldığında dolandırıcılık her zaman bir olasılıktır.

**Hayalet etiketleri;** Aynı anda birden fazla etiket okunduğundan nadir de olsa okuyucu tarafından bir etiket okunmadan geçebilir. Bu nedenle bazı okuma ve doğrulama türü olan veri de uygulanabilir olmalıdır.

**Yakınlık sorunları;** RFID etiketleri, metal veya sıvı nesnelerin arasına ya da üzerine konduğunda etiketler okunamayabilir. Okuyucu ve etiket arasındaki metal veya sıvı nesnelere okuma mesafesini azaltır.

**Yüksek maliyetli;** Bu teknoloji hala yeni olduğundan, bileşenler ve etiketleri (özellikle aktif etiketleri) barkod teknolojisi ile karşılaştırıldığında pahalı kalmaktadır. Buna ek olarak; yazılım ve destek personelinin istihdamı ek maliyet getire bilmektedir.

**Okunmamış etiketler;** Aynı anda birden fazla etiketi okurken, bazı etiketler gerek arızalı etiketten gerekse ortam koşullarından okunmama problemi oluşabilir. Bu sorun tek tek okutulan barkod sürecinde bir bip sesi ile anlık fark edilerek problem oluşmadan önlenmiş olur. Barkod sürecinde eğer okuma yapmamışsa bilgiler elle girilebilir bunu karşılık RFID etiketinde manuel giriş yapmak mümkün değildir. Ayrıca RFID etiketleri manyetik alan, su, statik akıntı veya yıldırım gibi olaylardan dolayı zarar görebilir.

**Ölü alanları ve uyum sorunları;** RFID, cep telefonu veya kablosuz ağ yoluna benzer şekilde çalışır. Tıpkı bu teknolojiler gibi zayıf çekme alanları ve parazitlerin oluştuğu alanlar var olabilir.

## **5. RFID TEKNOLOJİSİNİN BİR İŞLETMEDEKİ UYGULAMASININ YOL HARİTASI**

Teknoloji ve gelişimi, iletişim ve bilgi teknolojilerinden endüstriye kadar geniş bir alanı kapsamına almaktadır. Bunlardan birisi olan RFID teknolojisi dünyada yayılmaya ve günden güne ucuzlamaya başlayan bir teknoloji olmaktadır. Bu teknolojiyi satın alma yöntemi ile ülkemizde birkaç pilot çalışmadan öteye maalesef geçilemedi. Bu teknolojinin uygulanacağı firma Türkiye de mobilya sektörünün hammaddesi olan ahşap bazlı panel ürünün üretiminde lider ve dünyada sektöründe ilk 5 içerisinde olma hedefini tutturabilmek için her alana ileri teknoloji uygulamalarını adapte etmek gerektiğine inanır.

Aşağıda detaylandırılan konuda firmanın depo yönetimi faaliyetlerinde kullanmayı düşündüğü RFID teknolojisi için TYH (Teknolojik Yol Haritası) hazırlanmıştır.

### **5.1 RFID Teknolojisi Ön Hazırlık Çalışması**

Çalışma yapılan firma mobilya sektörünün hammaddesini üreten bir firmadır. Yurt içinde bulunan 7 fabrikası ve yurt dışında bulunan 5 fabrikasının depo yönetim faaliyetlerinde müşteri isteklerine hemen cevap verebilme, sipariş süresi ile teslim süresi arasındaki süreyi azaltma, malzeme izlenebilirliğini ve bulunabilirliğini sağlama ve de sayım kolaylığının sağlanması adına depo yönetim süreçlerinin TYH'nı hazırlamaya karar vermiştir. Nihayetinde de yapacağı yatırım ile kendi süreçleri için ileriye yönelik yatırımlar yapmış olacaktır. Ancak mevcut teknoloji ülkemizde çok fazla yaygın olmadığı hatta birkaç pilot uygulamanın ötesine geçemediği için pazarlayan şirketlerde tanıtım olması adına ciddi maddi desteklere hazır ve hevesli olmaktadır. RFID teknolojisini tercih eden sektörler ve kullanım alanları Tablo 5.1'de gösterilmiştir.

**Tablo 5.1:** RFID teknolojisini tercih eden sektörler ve kullanım alanları.

Kullanım Şekli	Kullanım Alanı	Sektör
DEMİRBAŞ TAKİP SİSTEMLERİ	Envanter takip süreçleri	Otomotiv, hizmet, sanayi, okul gibi bir çok alanda kullanılmaktadır.
DEPO STOK SİSTEMLERİ	Stok takibi, giriş ve çıkış süreçleri ve sayım süreçleri	Dağıtım şirketleri, terlik ve ayakkabı üretim firmaları, elektronik ürün ve beyaz eşya üreten firmalar tarafından tercih edilmektedir. Hacimli ürünlerin taşınmasında deneme yapan firmalar vardır. Hacimli Ahşap bazı ürünlerde denemeler yapılmaktadır.
HASTANE ÇÖZÜMLERİ	Medikal Cihaz ve Personel takibi	Hastaneler ve büyük tedavi merkezleri tarafından tercih edilmektedir.
HAVACILIK ÇÖZÜMLERİ	Bakım alanlarındaki ekipmanların ve kabin içi ekipmanların uçuş öncesi takibi	Havayolları ve uçak bakım atölyelerinde kullanılmaktadır.
HAYVAN TAKİP SİSTEMLERİ	Mandıradaki hayvanların, sağlık, yiyecek tüketimi ve sayıların takibi ve kontrolünde tercih edilmektedir.	Büyük ve küçükbaş hayvan mandıraları ve hayvan koruma kuruluşları tarafından kullanılmaktadır.
İŞ GÜVENLİĞİ ÇÖZÜMLERİ	Personel takibi, kişisel koruyucu ekipman ve kullanımının takibi	Ağır iş ve üretim üzerine çalışan firmalar tarafından tercih edilmektedir.
KÜTÜPHANE ÇÖZÜMLERİ	Güvenlik ve kitap takibi	Büyük üniversite kütüphaneleri ve devlet kütüphanelerinde tercih edilmektedir.
KUYUMCULUK ÇÖZÜMÜ	Güvenlik ve fiyat verisinin hızlı müşteriye iletilmesi	Kuyumculuk sektöründe kullanılan büyük firmalar mevcuttur.
LOJİSTİK TAKİP SİSTEMLERİ	Araç takibi, Alan giriş ve çıkış takibi	Büyük liman ve maden alanlarında tercih edilmektedir.
OTOMATİK GEÇİŞ SİSTEMLERİ	Güvenlik, ücret takibi ve sınırlama süreçlerinin işletilmesi	Oto yollar, büyük reze dence binalarda tercih sebebidir.
PERSONEL TAKİP SİSTEMLERİ	Personel takibi ve yetkilendirilmesi	Bir çok firma çalışan personelinin yemek ve giriş-çıkış süreçlerine entegre etmektedir.
TEKSTİL ÇÖZÜMLERİ	Firmalarının hammaddede stok ve üretim süreçlerinin takibinde tercih edilmektedir.	Büyük tekstil firmaları ve özellikle deri sanayinde kullanılmaktadır.

TYH'nın hazırlanmasında kıstasımız firmanın bir fabrikasında başlanıp, eğer her şey beklenildiği gibi giderse proje kapsamında daha sonra diğer fabrikalara da yaygınlaştırılması yönünde olacaktır.

Mevcut Durumda; Hali hazırda depolarda barkod sistemi kullanılmaktadır. Stoklar SAP sisteminin WM (Warehouse Management - Depo Yönetimi) modül alt yapısı ile adresli olarak takip edilmektedir. Ürünler mobilya sektöründe kullanılan büyük ve hacimli ürünler olduğu için yığınsal bir depolama mevcuttur. SAP WM alt yapısında kullanılan barkod sisteminde adresleme mantığı ile süreci işlemektedir. Barkod sistemi insana dayalı okutma süreçleri sebebi ile zaman zaman aksamakta, adres güncellemeleri esnasında adresin yanlış girilmesi sebebi ile yükleme zamanının uzamasına, stoku doğru takip edememe gibi problemlere neden olmaktadır. Dolayısıyla bu durum müşteri memnuniyetsizliğine, planlamanın stoğa güvenemeyip fazla emniyet stoku oluşturmaya, teyit sistemine güvenilmemesine ve de tüm depo içi faaliyetlerinde fazlası ile elleçleme yaparak zaman ve kalite kaybına neden olmaktadır [27].

Bunlara ek olarak yıllık yapılması zorunlu olan sayımlar şirket bünyesinde ciddi maliyetlere sebep olmaktadır. Sayım süresi 3 gün olarak belirlenmekte ve kalabalık bir ekip ile sayım yapılmaktadır. Sayım esnasında hem üretim hem de sevkiyat tamamen durdurulmaktadır. Aynı bölgede büyük rakipler ile çalışıyor olmak ve müşteri memnuniyetini sağlayıp pazar payını büyütmeyi hedefleyen bir şirket olarak bu tarz teknolojik iyileştirmelerin yapılması kaçınılmaz görünmektedir [28].

## **5.2 RFID Teknolojisi Yol Haritasının Geliştirilmesi**

Çalışma yapılan firma teknolojiye yaptığı yatırımlarda RFID uygulamasını da katmış ve teknoloji yol haritasında onu da konumlandırmıştır.

### 5.2.1 Ürünü Tanımlamak

Bu TYH'da mevcut mamul ambarındaki ağır, hacimli ve geniş alan kaplayan tüm ürünlerin stok takibi ve kontrolünde RFID teknolojisinin uygulaması seçilebilir.

### 5.2.2 Sistem Gereksinimleri ve Hedef

- Fabrika depolarında bulunan ürünlerin tam, hatasız ve son derece süratli şekilde sevkiyatlarının gerçekleşmesi,
- Sevkiyatların hızlı ve hatasız yapılması ile depo yönetim sürecinin geliştirilmesi,
- İnsan üzerinde bulunan yük, sorumluluk ve hata payının düşürülmesi ile oluşabilecek zararın önlenmesi,
- Mobil okuyucular yardımı ile deponun en arka köşelerinde kalan mamul ve yarı mamullerin hızlı ve doğru bir şekilde sayılması,
- Müşteri taleplerine en hızlı cevap verebilmek için ürünü bulma ve yükleme sürelerinin düşürülmesi.

### 5.2.3 İlgili Teknolojiler

Bu teknolojinin uygulanabilmesi için kullanılacak teçhizat ve sistemler aşağıdadır,

- RFID Çip (RFID Chip).
- Bellek
- RFID Etiket (RFID Tag).
- Çip+ Güç Kaynağı + Anten
- RFID Yazıcı (RFID Printer).

- RFID Okuyucu (RFID Reader).
- RFID Anten (RFID Antenna).
- RFID Yazılımı (RFID Software).

#### **5.2.4 Teknoloji Yönlendiricileri ve Hedefler**

RFID teknolojisinde en önemli konu kapsama mesafesidir. Sektörde istiflerin arasının fazla olması sebebi ile ülkenin yasal sınırları içinde geçerli olan radyo dalga frekansı ile paketlerde okumama problemi yaşanabilir. Bu kıstas bu teknolojiyi seçmede kritik konu olacaktır. Bunun içinde anten sistemlerinin kapılara konulması, stok alanında adreslere ve iş makinalarına okuyucuların takılması, yön algılama süreçlerinin yazılımlar ile desteklenmesi ve depo düzenini re-organizasyonu gerekebilir.

Bu teknoloji kullanımda beklenen hedef kapsama alanının %100 olması ve çip'lerin içerisine gömülen bilgilerle ürünlerin izlenebilirliğinin sağlanması, hızla ulaşım ve kişilerden kaynaklanan hataların önlenmesi olacaktır.

#### **5.2.5 Teknoloji Alternatifleri ve Zaman Planı**

RFID teknolojisinin kendi içinde ve alternatif olarak piyasada kullanılan Aktif TAG ve Bluetooth teknolojisi kullanılabilir. Bunlarda benzer iyileştirmeler sağlamaktadır. Ancak kapsama alanları, okunabilirlik, hacimli malzemeler üzerinde tagların taşınabilirliği, sevk aşamasında bu tagların geri toplanıp sürece tekrar dahil edilmesi gibi işlemler iş yükü ve ek maliyet getirecektir. Fakat RFID'nin pasif etiketlerinin mamul üzerinde kullanımının daha kolay olmasına karşılık güncel takip ve kapsama alanı darlığı sebebi ile anlık takip hedefini sağlamadığı görülmüştür. Bu sebeple aktif tagların kullanımına karar verilmiştir. Bu teknolojinin pilot bölge de uygulama zaman çizelgesi Tablo5.2'de gösterilmiştir.





### 5.2.6 Teknoloji Alternatifleri Seçimi

Bu teknolojinin kullanımında, RF terminali olarak ucuz ama bilgileri ancak ana terminale götürülünce işleyen el terminalleri alternatif olarak düşünülebilir. Ancak tüm sistemin ve bilgi akışının canlı olmasının istenmesi sebebi ile anlık bilgi aktarımı yapan terminal seçimine gidilmelidir. Ayrıca şu anda barkod sisteminin kullanımda olması ve verilerin anlık olarak sisteme gönderildiği ambar için kablosuz bağlantı alt yapısının mevcut ve kullanılabilir olması bir avantajdır. Tag birim maliyetleri, üretiminin yaygınlaşması ve sipariş parti miktarlarının yüksek olması durumunda 8,50 \$ kadar düşmektedir. Ekonomik sipariş parti büyüklüğü fabrika kapasitesi de göz önüne alınarak 50.000 adettir. Yıllık 500 adette zarar görenin yerine değiştirmek maksadı ile ek alım göz önünde bulundurulmalıdır.

### 5.2.7 Teknoloji Yol Haritası Raporları

Tanımlamalar;

**YP - Yazılım Programı:** Dijital dönüşümde bir sonraki aşama olarak görülen IoT (Internet of Things - Nesnelerin İnterneti) kavramı altında hazırlanan bir yazılım programıdır. IoT çeşitli haberleşme protokolleri sayesinde birbirleri ile haberleşen ve birbirine bağlanarak, bilgi paylaşan akıllı bir ağ oluşturmuş cihazlar sistemidir. RFID Sitem bileşenlerinden denetleyici olandır.

**RFID:** Üzerinde mikro işlemci ile donanmış etiket taşıyan bir nesnenin, bu etikette taşıdığı kimlik yapısı ile hareketlerinin izlenebilmesine imkân veren radyo frekansları ile çalışan teknolojiye verilen addır.

**TAG (Offline Tracker):** RFID teknolojisinde kullanılan barkodlardır. Kendi içlerindeki devreler sayesinde elektrik üretmekte ve anten sisteminin içindeki bilgileri okumasını sağlamaktadır.

**OKUYUCU TAG (Forklift Tracker):** TAG'lar üzerine bilgileri okuyabilen ve hareket algılayabilen donanımlardır. RFID Sitem bileşenlerinden sorgulayıcı olandır.

**RFID ANTEN (Online Anchor):** TAG'ların üzerindeki bilgileri okuyabilen sabit antenlerdir. RFID Sitem bileşenlerinden okuyucu olandır.

Uygulama tavsiyesi olarak stok alanı içerisinde adres bölgelerine ve kapı girişlerine yerleştirilecek RFID ANTENLER, sahada çalışan forkliftlere yerleştirilen OKUYUCU TAG'lar ve paketler üzerine yerleştirilen TAG'lar ile takip altına alınması planlanmaktadır. RF Anten ve okuyucuların depo kapı girişlerine ve iş makineleri üzerine monte edilmesi seyyar antenlere göre kullanışlı olacaktır. Süreç olarak bu teknolojinin uygulama alanlarının yaygınlaştırılması ve zamanla da TAG fiyatlarında iyileştirmeler beklenebilir. Ancak bu teknolojiyi sektörde ilk olarak uygulama yapılan firmada kullanılacak olması ülkemize ve sektöre artı değer katacaktır.

### **5.2.8 RFID ile Sürecin Yönetimi**

Genel olarak RFID teknolojisinin kullanımı ile aşağıdaki faydaların sağlanması ve uygulamaların yapılması öngörülmektedir.

- Fabrika depolarında bulunan ürünlere süratli bir şekilde ulaşarak eksiksiz ve hatasız bir şekilde sevkiyatlarının gerçekleşmesini sağlayarak %20 - %40 arasında verimlik artışı sağlamak,
- Sevkiyatların hızlı ve hatasız yapılması ile depo yönetim sürecini geliştirmek,
- İnsan üzerinde bulunan yük, sorumluluk ve hata payının düşürülmesi ile oluşabilecek zararları önlemek,
- El terminali ile yapılan ürün tespiti, yükleme ve adres güncelleme süreçlerini sıfırlamak,
- Proje sahasında bütün süreçlerde çalışan 33 adet forkliftin zaman içerisinde 27 adete düşürülmesi ile ekipman, iş gücü ve enerji tüketiminde avantajı sağlamak,
- Mobil okuyucular yardımı ile deponun en arka köşelerinde kalan mamullerin anlık ve toplu olarak hızlı bir şekilde sayılmasını sağlamak,

- İş makinalarının takibi ile vardiya değişimlerinde forklift yerlerinin bulunması için harcanan süreyi en aza indirmek,
- Raporlama ve veri takibi imkanı ile yoğun çalışılan alanların belirlenerek ürün yerleşimi konusunda iyileştirmeler yapabilmek,
- Stok alanının ısı takibinin anlık yapılabilmesi ile riskli durumların erken tespitini sağlamak.

### **5.2.9 RFID ile Deponun Yönetimi**

Çalışmanın yapıldığı firma da barkod sistemi SAP sisteminin WM modülü altında yönetilmektedir. Bu teknoloji kurulurken QR Barkod yerine çizgi barkod seçilmiştir. Çizgi barkod veri olarak içerisinde daha az veri barındırmasına karşılık QR barkoda nazaran daha uzak mesafelerden lazer okuyucular ile okutulabilmektedir. Daha gelişmiş bir teknoloji olan RFID sistemi ise okuyucunun etiketi gömesine gerek olmadığı için yığın şeklindeki depolama ortamlarında daha hızlı veri elde etme fırsatı sunmaktadır.

#### **5.2.9.1 Etiketlerin Kodlanması, Aktif TAG'lar ile eşleştirilmesi ve Database İşlenmesi**

Üretim aşamasında üretimden çıkan mamullerin teyitlerinin verilmesi sürecinde SAP'nin WM modülü altında bulunan Barkod numarası içerisine ilgili TAG kodu işlenecektir.

Depo içerisine üretimden gelen paletler RFID altyapısı ve yazılımı ile eşleştirilerek SAP WM modülü altındaki el terminali ve barkod verileri ile SAP sistemi üzerinden takip edilebilecektir [14].

Üretim aşamasında çıkan mamul etiketine ek olarak aktif TAG'lar da ürünlerin üzerine mal kabul noktasında işletme tarafından yapıştırılır. Bu yapıştırma ile birlikte depoya kabul işlemi baslar. Forkliftte bulunan OKUYUCU TAG paket

zerindeki TAG verisi ile otomatik olarak eŖleŖmesi forkliftin paketi alıp birlikte hareket etmeleri ile otomatik olarak sağlanır. Forklift gittiği güzergahlar üzerinde bulunan adres bilgilerinin de bulunduğu RFID ANTEN'leri ile de eŖleŖmektedir. Forklift paketi istifleyeceği noktaya gelip paketi bıraktığında makine zerindeki OKUYUCU TAG paketin forkliftten ayrıldığını algılar ve paketi en yakında bulunan adres verisini içeren RFID ANTEN verisi ile paketi kendi sisteminde eŖleŖtirerek kayda alır.

Ŗu anda aktif olarak kullanılmakta olan elektrikli forkliftler ve personel kartlarında da RFID teknolojisi mevcuttur. Yazılım programı üzerinde bu verilerin hepsi eŖleŖtirilerek depolanabilmekte ve SAP ara yüzüne bir ara yazılım ile aktarılabilir. Böylelikle süreç içerisinde mamul paketi, makine, personel ve stok alanı içerisinde ki adres verisi anlık olarak takip edilebilmektedir. Aktif taglar ile alıŖma süreci Ŗekil 5.1'de gösterilmektedir.

Forklift operatörü SAP sistemine aktarılan veriyi elindeki el terminali ekranından görebilmekte ve isteğe bağlı olarak PDA (Personal Digital Assistant - KiŖisel Sayısal Yardımcı) ekranlara da aktarılabilir.

## AKTİF TAG-RFID

Tavana yerleştirilmiş alıcılara konum ve istenilen bilgiler sisteme iletilir

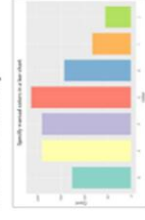


Her bir pakete aktif TAG konur

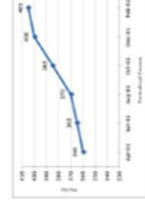


Paketin adresi, adrese konulduğu zaman bilgisi sisteme girilir. Sistem analiz yaparak stoğun yerini gösterirken ayrıca ısı haritası, ürün grupların dağılımı gibi raporlarda sunar.

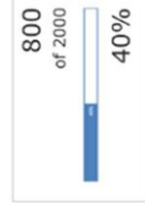
Productivity



Hourly

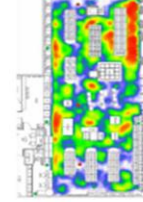


This Shift



Target

Maps



Heat

Recent Alerts

John stationary for 12 mins

Live

Şekil 5.1: Aktif taglar ile çalışma süreci. [29]

### 5.2.9.2 Kapılara RFID Okuyucu Sistemin Kurulması

Malzeme listesinden, FIFO (First In First Out - İlk Giren İlk Çıkar) ya en uygun adreslerde ki ürünlerin toplanması için her bir ürüne 3 adres sistem tarafından bildirilmektedir. Örneğin; Siyah 20 Adet (01A01,01A03,03B09) , Beyaz 600 Adet(04B09), Mavi 30 Adet (09B04,09B07) gibi. Bildirilen adresler en eski olan ürünlerin bulunduğu adreslerdir. Operatör direk eski ürünlerin bulunduğu adreslere sistem tarafından yönlendirilmektedir. Mevcut süreçte sevkiyat yükleme ekranı görüntüsü Şekil 5.2 deki gibidir.

### Sevkiyata çıkış

Nakliye No	Teslim. No	Plaka No
2002081572	8022253677	32DB993
12B10	17.11.2017	1
10A11	08.03.2018	17
		0

Malzeme 5038795 Parti

PRİNTPAN 08X1830X3660 D/TY CORDOBA TP

Kalan Mik. 718,000 AD

Depo Brm.

DY Tanım	DY	İşlem	Yüklenen
Satış 1. ...	0015	<input type="text"/>	/ 0
Satış 2ci...	1006	<input type="text"/>	/ 0
		<input type="text"/>	
		<input type="text"/>	

GeriÇıktı AlEnterKaydet

Şekil 5.2: Sevkiyat yükleme ekranı görüntüsü.

Operatör en yakın ve alınabilir malzemeleri toplayarak almış olduğu malzemeleri yükleme sahasındaki kapılardan geçirdiğinde sistem ürünleri otomatik olarak okuyarak yükleme sahasının adresinde kayda alacaktır. Okuduğu ve iş emri

doğrultusunda çıkışına izin verilen her türlü malzemeyi otomatik olarak iş emri listesinden düşecektir.

İzin haricinde eksik, yanlış, fazla veya hatalı bir ürün sevkiyatı varsa, mamul üzerindeki TAG ve çıkış yaptığı kapı üzerindeki RFID ANTEN vasıtası ile sesli ve görsel uyarı verecektir.

### **5.2.9.3 Mobil Okuyucuların Sisteme Entegre Edilmesi**

Özel durumlarda veya genel anlamda sayım yapabilmek ve yine özel durumlarda bazı ürünlerin yerlerini bulabilmek için RFID el okuyucuları kullanılabilir. Bu süreç Aktif TAG'ların kullanılması sebebi ile elzem değildir. Sistem alanda bulunan bütün etiketleri anlık olarak tarayın SAP sistemine güncel bilgi göndereceğinden Mobil Okuyucular TAG'ların düşmesi, arıza yapması ya da pillerinin bitmesi durumunda devreye alınarak manuel düzeltmelerde kullanılabilir [30].

### **5.2.10 Depolama Alanı ve Ürün Yerleşim Planı**

RFID kurulacağı depo planı Şekil 5.3'de detaylı olarak çıkartılmıştır. Bu şekil üzerinde yeşil ile belirlenen alanlar üretim hatlarının bulunduğu alanlardır. Sarı, mor, gri ve turuncu ile renklendirilen ve adres isimleri yazılı olan alanlar ise ürün gruplarına göre stok alanlarını göstermektedir.

LAK ÜRÜN: Tesiste üretilen yarı mamuldür. Adet olarak stokta takip edilmekte, üretimde kapasite m<sup>3</sup> olarak ölçülmektedir. Stok kapasitesi 4000 m<sup>3</sup> tür.

PAN ÜRÜN: Tesiste üretilen hem yarı mamul hem de mamul olarak satılan üründür. Adet olarak stokta takip edilmekte, üretimde kapasite m<sup>3</sup> olarak ölçülmektedir. Stok kapasitesi 40.000 m<sup>3</sup> tür.

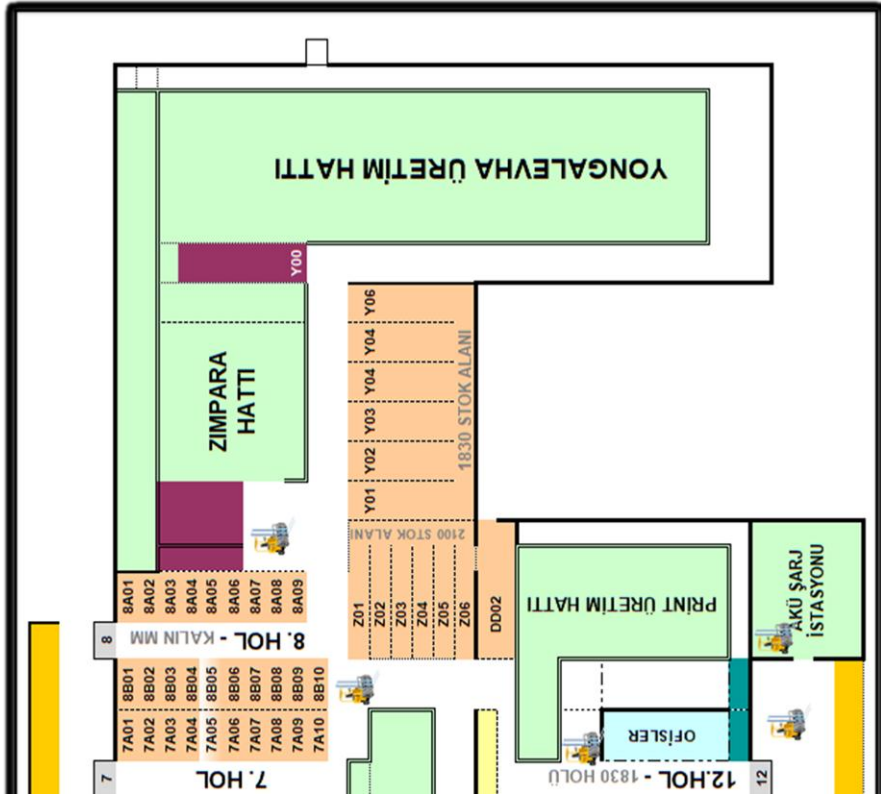
LAM ÜRÜN: Tesiste pano ürün ile emprenyeli kağıdın birleştirilmesi ile elde edilen mamuldür. Stok takibi adet olarak yapılmaktadır. Üretimde kapasite Adet olarak takip edilmektedir. Stok kapasitesi 35.000 m<sup>3</sup> tür.

BOYALIPAN: Tesiste Pan ürün üzerine boya ile renk ve desen verilmesi sonucu oluşan mamuldür. Stok takibi Adet olarak yapılmaktadır. Üretim kapasitesi m<sup>2</sup> hesabı ile takip edilmekte. Stok kapasitesi 7.000 m<sup>3</sup> tür.

HAFİFPAN: Tesiste üretilen iki lam mamulün aralarında karton kullanılarak kalınlaştırılması sonucu oluşan hafif ve kalın mamuldür. Stok takibi adet olarak yapılmaktadır. Stok kapasitesi 120 m<sup>3</sup> tür.

Hammadde, yarı mamul ve mamullerin stok haritası Şekil 5.4'de detaylı olarak gösterilmiştir.





Şekil 5.3: RFID kurulacak depo planı.



### **5.2.11 Deponun Donanım İhtiyacı ve Teknik Bilgileri**

- Lojistik Depo Kapı Genişliği: En:6,5m Yükseklik:8m
- Lojistik Depo Sevkiyat Noktası: 8 Adet
- Depo içerisinde istifleme küp şeklinde olup, iki istif arasındaki mesafe 45cm,
- Paketlerin İstiflenme şekillerine Göre: Yükseklik 8m, İ Derinlik 15m

Bu proje kapsamında ihtiyaç duyulan sistem donanım ihtiyaç şekil 5.5'te gösterilmiştir.

Ürün Adı ve Resmi	Açıklama	Adet
<p><b>RFID AKTİF TAG (OFFLINE TRACKER)</b></p> 	<p>Ürün takibinde kullanılacak olan Aktif RFID'ler</p>	50.000
<p><b>OKUYUCU TAG (FORKLİFT TRACKER)</b></p> 	<p>Forkliftlerde kullanılacak olan RFID'li ve yön algılayabilen Okuyucular</p>	30
<p><b>RFID ANTEN (ONLINE ANCHOR)</b></p> 	<p>Stok alanında adresler üzerine konumlandırılacak RFID algılayıcılar</p>	550
<p><b>RFID EL OKUYUCU</b></p> 	<p>UHF 866 MHz. Max 5 mt okuma mesafeli Microsoft Windows İşletim sistemli RFID okuyuculu el terminali</p>	10
<p><b>ACCESS POINT</b></p> 	<p>Stok alanında IoT sistemi ve SAP sistemi ile veri alışverişini sağlayacak Access Port</p>	72

Şekil 5.5: Sistem donanım ihtiyacı.

## 5.2.12 Sistemin Bütçe Maliyeti

Projede kullanılacak olan malzemelere ait donanım maliyet tablosu Tablo 5.3'de görüntülenmektedir.

**Tablo 5.3:** Donanım maliyet tablosu.

	MALZEME, ÜRÜN ADI	Adet	Birim	BR.Fiyat	Tutar
1	RFID AKTİF TAG (OFFLINE TRACKER)	50.000	Adt	\$ 8,50	\$ 425.000,00
2	RFID ANTEN (ONLINE ANCHOR) ( 55.000 m2 kapsama alanı sahada konumlandırılacak online UA	550	Adt	\$ 185,00	\$ 101.750,00
3	OKUYUCU TAG (FORKLIFT TRACKER)	30	Adt	\$ 520,00	\$ 15.600,00
4	RFID EL OKUYUCU	10	Adt	\$ 1.715,00	\$ 17.150,00
5	ACCESS POINT (Toplam 55.000 m2 kapsama alanı)	-	Adt	\$ 1.075,00	\$ -
	Online Anchor (Ürün sayımı için) Anchor'larda ortak güç kullanımı bir dizi optimizasyon yapılarak birim maliyet düşürülmüştür.	1.100	ADT	\$ 150,00	\$ 165.000,00
			<b>Donanım Tutarı</b>	<b>\$</b>	<b>724.500,00</b>

Bu donanımlar ile birlikte projenin montaj, servis, yazılım ve bakım hizmetleri ile birlikte toplam RFID proje maliyet tablosu Tablo 5.4' deki gibidir.

**Tablo 5.4:** RFID proje maliyet tablosu.

	HİZMET , ÜRÜN ADI	Adet	Birim	BR.Fiyat	Tutar
1	Gateway + Online Anchor (Çıkış kontrol ve alarm sistemi)	8	Adt	\$ 550,00	\$ 4.400,00
2	Kurulum + Kablo + Kablolama ( Numeko )	1	Adt	\$ 33.000,00	\$ 33.000,00
3	Yazılım Uyarılama ve Özel Raporlamaların Geliştirilmesi	2	Adt	\$ -	\$ -
4	Toplam Donanım Maliyeti	1	Adt	\$ 724.500,00	\$ 724.500,00
5		-	Adt	\$ 1.075,00	\$ -
	<b>Kurulum Ve Donanım Tutarı</b>		<b>\$</b>		<b>761.900,00</b>
	<b>Toplam proje bedeli üzerinden hesaplanmaktadır *</b>	1 yıllık Yazılım Bakım Bedeli (%5)	\$		38.095,00
		1 yıllık Donanım Bakım Bedeli (%15)	\$		114.285,00
	<b>5 Yıllık Proje Toplam Tutarı *</b>	<b>Servis ve Ürün (Toplam Proje)</b>	<b>\$</b>		<b>1.371.420,00</b>

\* Yıllık %20 bakım, lisans ve hizmet bedeli 2. yıldan itibaren eklenmiştir.

### **5.2.13 Faaliyetleri İzleme**

Planın ve alternatiflerin değerlendirilerek ilk uygulamanın şirketin bir fabrikasının stok sahasında sadece tek bir holünde demo denemesi yapılmıştır. Bu süreç denemeler aşamasında oluşabilecek risklere karşı daha büyük yatırım yapmadan vazgeçilmesine veya revizyon yapmasına olanak sağlamıştır. Yapılan demolar ve bir lokasyonda tam olarak uygulanmasının ardından beklentileri karşıladığı ve sorun ile karşılaşmadığı fikri sabitlenir ise TYH planına göre diğer lokasyonlara uygulanabilir.

Özellikle TAG kapasiteleri ve fiyatları konusunda piyasada çok fazla alternatif ürün bulunmaktadır. Bunların takibi ve oluşabilecek fiyat, performansa göre müdahale edilmeli ve yaygınlaştırılmalıdır.

Proje aşamasında ve yaygınlaştırma safhalarında ilgili teknolojik gelişmeler sürekli takip edilmeli ve güncellenmelidir.

### **5.2.14 Sistemin İşleyişi**

Pilot olarak düşünülen ve demonun yapıldığı fabrikada sistemin işleyiş tarzı ve sonuçlarını adım adım incelendiğinde.

#### **5.2.14.1 Donanımın Kurulması**

Deponun bir holünde çatı konstrüksiyonlarına RFID ANTEN'ler (Online Anchor) yerleştirilerek holde geniş bir kapsama alanında takip alanı oluşturuldu. Stok alanına yerleştirilen RFID antenler Şekil 5.6'da ki gibi yerleştirilmiştir. Deneme sürecinde stok alanında bulunan mamul paketlerinden 10 tanesine RFID AKTİF TAG (Offline Tracker) yerleştirildi. Paket üzerine yerleştirilen RFID aktif tag Şekil 5.7'deki gibidir.



Şekil 5.6: RFID anteni.



Şekil 5.7: RFID aktif tag.

Ayrıca yaklaştığında adresleri ve ürün bilgilerini okuması için 8 tonluk forkliftlerin bıçak aralarına da OKUYUCU TAG'lar (Forklift Tracker) yerleştirilmiştir. RFID okuyucu tagların forklifte uygulanışı Şekil 5.8'deki gibidir. Forkliftler ürünü taşıırken veya yaklaştığında forklift üzerindeki anten etiketten aldığı elektrik ile bilgiyi okuyarak merkezi sisteme aktarmaktadır. Ayrıca sayım kolaylığı sağlanması için el tipi terminallerde kullanılabilir.

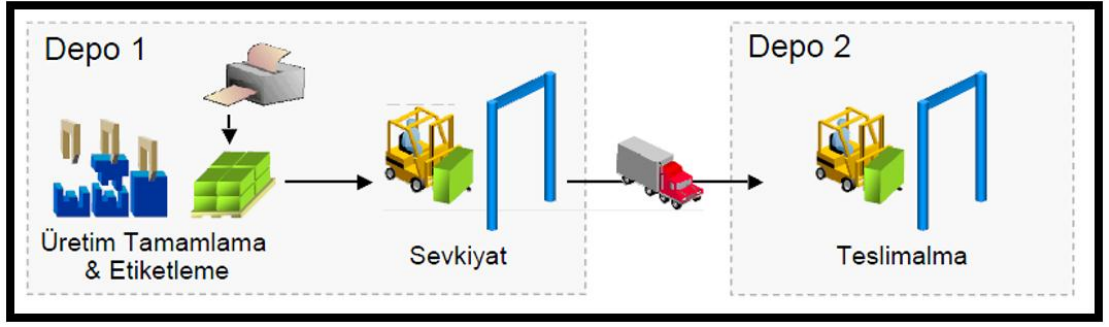


Şekil 5.8: RFID okuyucu tagların forklifte uygulanışı.

#### 5.2.14.2 Teyit ve Depolama Faaliyetinin İşleyişi

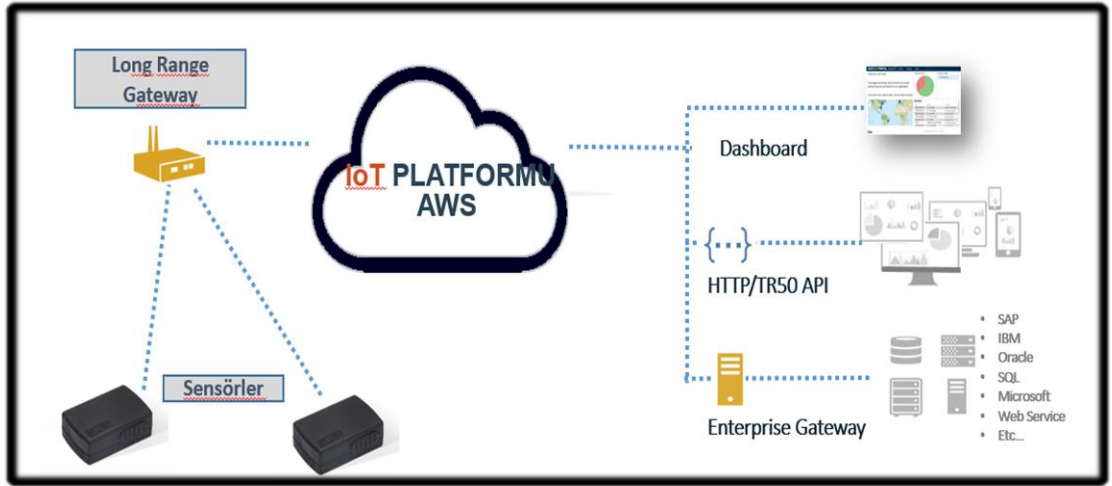
Fabrika içindeki üç üretim tesisinden gelen mamuller, mamul ambara paketlenmiş ve etiketlenmiş olarak teslim edilmektedir. Şu anki aktif süreçte üretim teyitleri SAP sistemi üzerinden el terminalleri ile barkotlu olarak işletilmektedir. RFID TAG'ların da sürece dâhil edilmesi ile üretim teyidi verilen barkoda ek olarak paket üzerine asılacak olan RFID TAG barkodu da üretim aşamasında el terminali ile sisteme işlenecektir. Bu aşamadan SAP sistemi barkod numarası üzerinden bütün süreçleri işletebilecek ve içerisinde RFID TAG kodunu da barındıracaktır. Şekil 5.9'da RFID taglarının depoya taşınması süreci resmedilmiştir. Depo 1 olarak üretim hattı çıkışı, Depo 2 olarak da Stoklama alanı gösterilmiştir.





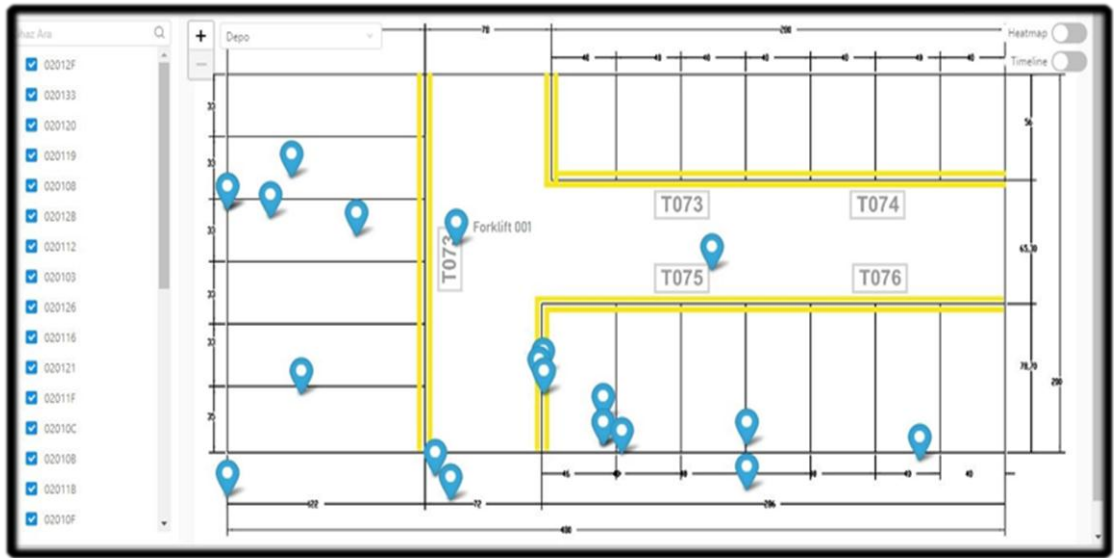
Şekil 5.9: RFID taglarının depoya taşınması [31].

RFID’li etiketler ile paketlerin canlı olarak takip edileceği YP - yazılım programı kendi içerisinde anlık olarak TAG (Offline Tracker), OKUYUCU TAG (Forklift Tracker) ve RFID ANTEN’lerden (Online Anchor) aldıkları verileri eşleştirerek sanal ortam üzerinde anlık takip sağlayacaktır. Forkliftler paketleri alıp depo içine taşıdıklarında forklift üzerindeki OKUYUCU TAG’lar (Forklift Tracker) ile paket üzerindeki etiket eşleşecek ve forkliftin hareket etmesi ile paketin taşındığını otomatik olarak algılayacaktır. Forklift gittiği güzergâh üzerinde bulunan RFID ANTEN’ler (Online Anchor) ile de eşleşecek anlık yer tespiti YP - yazılım programı üzerinde yapılabilecektir. Forklift depo içinde ürünü bıraktığı alanda kendisine en yakında bulunan RFID ANTEN in (Online Anchor) adres ismi ile eşleşecek ve SAP sistemine taşıdığı TAG’ların (Offline Tracker) hangi adrese bırakıldığı bilgisini gönderecektir. SAP sisteminin WM modülün de adres güncellemesi bu veriye göre otomatik olarak yapılacaktır. YP - yazılım programı çalışma mimarisi Şekil 5.10’da gösterilmiştir.



Şekil 5.10: YP - Yazılım programı çalışma mimarisi.

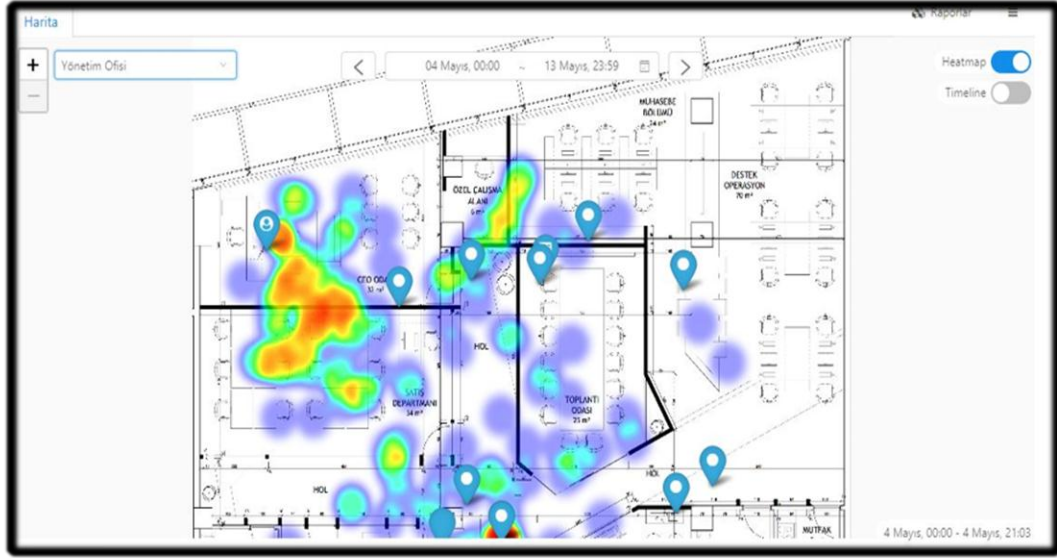
Bu adreslerde bulunan ürünlerin YP - yazılım programı üzerinde her türlü ürün hareketleri 0□100cm hassasiyetli mesafe farkı ile canlı olarak izlenmekte ve kaydedilebilmektedir. İnternet üzerinden de erişim sağlanabilmektedir. YP - yazılım programı palet takip ekranı Şekil 5.11'deki gibidir.



Şekil 5.11: YP - Yazılım programı palet takip ekranı.

Depolama faaliyetlerinde TAG'ların (Offline Tracker) bir diğer avantajı stokun sıcaklık haritasını çıkartmasıdır. Bunun sayesinde sistem üzerinden ambarda oluşabilecek bir yangının önceden tespiti yapılabildiği gibi mamullerin soğuma

sürelerinin tamamlanıp tamamlanmadığı da kısmen takip edilebilecektir. Stok sıcaklık haritasının temsili görüntüsü Şekil 5.12’de gösterilmektedir.



Şekil 5.12: Stok sıcaklık haritası

### 5.2.14.3 Müşteriye Sevk Sürecinin İşleyişi

Mevcut sistem üzerinden gelen siparişler terminal yükleme ekranlarına iş emri olarak düşmektedir. Bu ekranlardaki iş emirlerini forklift kullanıcıları okuyarak, yüklenmesi gereken palet bilgilerini sistemde görebilmektedirler. Forklift operatörü paleti alıp hareket ettiğinde sistem paketin adres güncelleme için alındığını otomatik olarak hareket yönünden anlamaktadır. Paket sevkiyat sahasına kapılardan geçerek çıkış yaptığı anda ise kapı bölgesinde bulunan RFID ANTEN’ler (Online Anchor) sayesinde paketin yükleme için sahaya çıkartıldığı otomatik olarak algılanacak ve sevkiyat sahasında paketler istiflenecektir. Yükleme yapacak forklift operatörü var olan WM süreci ile elindeki yükleme emrine istinaden araç bazlı olarak paketleri alarak tek tek barkodlarını okutacak ve araçlara yükleyecektir. Tüm doğru paketlerin yüklenmesi tamamlandığında da SAP WM sisteminde paketler ilgili teslimat numarasının adresinde görülmektedir. Yükleme esnasında sevkiyat sahasında bulunan sayımcı personeli de paketler üzerindeki TAG’ları (Offline Tracker) alarak

sevkiyat sahasında bulunan TAG kutusuna atacaktır. Bu kutuya giren TAG'lar artık pasif edilerek tekrardan kullanım için üretim hattı çıkışına taşınacaktır.

Yükleme sahasına çıkartılan bir paket araca yüklenmeden tekrar ambar içine girişi yapılacak olur ise yine sistem otomatik olarak taşıyan forklift ile hareketini algılayarak götürüldüğü adrese kaydını yapacaktır.

RFID TAG'ların sesli uyarı özelliği de bulunmaktadır. Bu pillerinin bitme aşamasında YP - yazılım programı üzerinden belirlenebilmesinin yanı sıra sahada da sesli uyarı ile tespit edilebilmektedir.

Sevkiyat aşamasında araca yüklenen TAG'lardan alınması atlanan bir tane olduğunda, fabrika çıkış kapısına yerleştirilen okuyucular ile sesli uyarı verdirilerek tespit edilmesi süreç yönetiminde avantaj sağlayacaktır.

### **5.3 Uygulamanın Teknoloji Yol Haritası Tablosu**

RFID süreci ile ilgili çalışmanın şirketin diğer lokasyonlarına yaygınlaştırması ile ilgili süreç 2005 yılı ve sonrası için oluşturulan Teknoloji Yol Haritası tablosunda yer almaktadır. Bu teknoloji yol haritası tablosu Şekil 5.13'deki gibidir.

Süreç	2005 ve Öncesi	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	
Mamul Stok Takibi		AS400 ile																					
SAP sisteminin Devreye alınması		SAP de 6 Modülün devreye girişi																					
SAP de WM kullanımını			WM modülünün devreye alınması ve yaygınlaştırılması																				
RFID Teknolojisinin Piyasa ve Sektör takibi																							
RFID Demo ve Fıllı Uygulama																							
RFID kullanımının Yurt içi lokasyonlara Yaygınlaştırılması																							
RFID kullanımının Yurtdışı Lokasyonlara																							
Akıllı Depo sürecinin Aktive Edilmesi																							

Şekil 5.13: Teknoloji yol haritası tablosu.

#### **5.4 RFID Uygulamasının İşletmedeki Avantajları**

- Üretim aşamasında etiket oluşturma sürecine ek RFID TAG girişi ek olarak yapılacaktır, fabrikanın hiçbir noktasında extra veri girişi gereksinimine gerek kalmayacaktır,
- Yığmsal istiflerde 8 m çapındaki bir alanda tüm ürünlerin anında okunma ve sayılma imkânı ile FIFO uygulamasının daha aktif yürütülmesine katkı sağlanacaktır,
- t anında sayım kabiliyeti ile sayım sürecinde üretimin durması, sevkiyatın durması ve yüksek iş gücü gerektiren personel çalışmasına bağlı maliyetlerin hepsi sıfırlanacaktır,
- Okutma, data girme ve ürün arama gibi kayıpları minimize edilecektir,
- Anlık güncellemeler ile bulunabilirlik ve izlenebilirlik sağlanacaktır,
- Görüş sahası kavramı olmadığı için her ortamda çalışabilen bir yapı ile verimlik artışı sağlanacaktır,
- Daha fazla veri yükleme kapasitesi ile sistemsel takipte avantaj sağlanacaktır,
- Dayanıklı olması sebebi ile süreklilik sağlanacaktır,
- İstenilen koşullarda TAG'lardan sesli uyarı alınabilmektedir. Pil bitiminde ya da kapı çıkışlarında TAG'ların alınmasının atlandığı durumlarda sesli uyarı ile tespit edilebilme imkânı sağlanacaktır,
- Stokun anlık ısı haritasının görüntülenme imkânı ile stokta karşılaşılabilecek problemlerin önceden tespitine olanak sağlanacaktır [32].

#### **5.5 RFID Uygulamasının İşletmedeki Dezavantajları**

- Başlangıçta alınacak TAG'lar zaman içinde zarar görerek değişime uğrayacaktır. TAG şu anki etiket maliyetine göre yüksektir,

- Kurulum safhasında çok fazla sayıda anten ve okuyuculara ihtiyacı olduğundan kurulum maliyeti çok yüksektir,
- Mevcut SAP (Systems Analysis and Program Development ) sistemine tam uyum olmamakta bu sebeple ara yazılımlar ile SAP sistemi ile haberleştirilme zorunluluğu bulunmaktadır,
- Paketler üzerine konacak olan TAG'lar bir dakikalık bildirim süresine ayarlanması durumunda bir yıllık pil ömrü belirlenmektedir. İşletme içinde bu bildirim birer saatlik aralar ile yapılması ön görülmekte bununla üç yıl üzerinde bir pil ömrünün olacağı ön görülmektedir. Üç yıllık periyotlar da ek pil maliyeti oluşacaktır [32,33].

## **5.6 RFID Yatırımı için ROI (Return On Investment) Hesabı**

Bir işletmeyi yönetirken, her şeyin ne kadar etkin ve verimli bir şekilde çalıştığına dikkat etmek o işletmenin sürekliliği için çok önemlidir. Return on Investment (ROI – Yatırım Geri Dönüşü) hesabı da yatırımlarınızın size geri dönüşünü gösteren bir veridir. ROI, yapılan yatırımın getirisinin ne olduğunu ve bu yatırımın sürdürülmesi gerekip gerekmediğini gösterir. Bizde RFID yatırımının tek lokasyon üzerindeki ROI hesabını yaparak sadece tek lokasyondaki yatırımın uygun olup olmadığına karar verilebilir.

Bu çalışma ile dört yıllık ROI hesabına göre yatırılan paranın kazanılan paraya göre oranına “ (Gelir – Yatırım Maliyeti) / Yatırım Maliyeti “ bakıldığında ve eğer bu değer “1” değerinin üzerinde ise yatırım için uygundur denilebilir [11].

### **5.6.1 Süreç ile İlgili Yıllık Maliyet Hesabı**

Ortalama olarak bir paketi bir forklift kullanarak bir depoda bulup taşımak için 5 dakika süre harcanmaktadır.

Her forklift vardiyada yedi saat kullanılmakta ve ortalama 84 paketlik taşıma yapabilmektedir. İşletmelerin ortalama 2,5 vardiya üzerinden çalıştığı varsayılmıştır.

Bir forklift kullanmanın toplam maliyeti personel gideri, yakıt gideri ve bakım giderleri ile birlikte günlük 135 USD dir. Depoda her gün kullanılan 33 adet forklift bulunmaktadır.

Yıllık Operasyonun Toplam Maliyeti:  $135 \text{ USD} \times 33 \times 365 = 1.626.075$  USD'dir.

Üretim ve Satış Kaybı + Sayım Maliyeti: 130.000 USD / Yıl

Bu verilerin hepsi göz önünde bulundurulduğunda 1.756.075 USD'lik bir maliyet karşımıza çıkmaktadır.

### **5.6.2 Süreç ile İlgili Dört Yıllık Kazanım Hesabı**

Paketlerin gerçek zamanlı izlenerek kullanılması, bir forkliftin bir paketi bulması ve taşınması için 1 dakika tasarruf sağlayabileceğimizi öngörmekteyiz.

Her gün vardiyada : 7 Saat çalışma ile  
: Günde 2,5 vardiyalık çalışmada  
: 33 forklift ile

Toplamda 6.930 paketlik işlem yapılmaktadır.

Gerçek zamanlı izleme kullanıldığında bir dakikalık tasarruf ile vardiyada 105 paketlik işlem yapılabilir. Bu durumda da 6.930 paketlik aynı işlem 26,4 forklift ile yapılabilir. İşletme altı forklifti kullanmadan aynı işi yapabilir duruma gelecektir.

Bu hamle ile 6 forkliftin yıllık maliyeti olan 295.650 USD gelir sağlanmış olacaktır. Bu veriye ek olarak yıllık sayım maliyeti ve üretim ve satış kaybindan oluşan 130.000 USD lik tutarda gelir olarak firma kasasında kalacak ve 4 yıllık gelir toplamda 1.702.600 USD olacaktır.



### 5.6.3 RFID Yatırımının Geri Getirisi

RFID sisteminin devreye alınması için firmadaki kurulum ve donanım için toplamda 761.900 USD'lık yatırım maliyetine sahiptir. Yukarıdaki hesaplama ile dört yıllık getirisi olarak ta 1.702.600 USD'lık bir kazanım hesaplanmıştır.

$$\begin{aligned} \text{ROI} &= (\text{Getiri} - \text{Yatırım Maliyeti}) / \text{Yatırım Maliyeti} \\ &= (1.702.600 - 761.900) / 761.900 \\ &= 1,2347 \end{aligned}$$

Bu hesaplama sonrasında RFID yatırımın sadece forklift kullanımı ve sayım maliyetleri düşünüldüğünde geri getirisi dört yıldır. Buda yatırımda şirket tarafından uygun görülen bir süredir.

## 6. SONUÇ VE GELECEK ÇALIŞMALAR

Bu bölümde ilk olarak yapılan çalışmanın sonuçlarından bahsedilecek ve bu sonuçlara göre neden RFID sisteminin uygulanması gerektiği belirtilecektir. Ardından bundan sonra yapılabilecek çalışmalardan bahsedilecektir.

### 6.1 Araştırma Sonuçları

Bilgi çağındaki en büyük güçtür ve bilgiye ulaşma ihtiyacındaki süreklilik ile hızla gerçekleşen teknolojik gelişmeler, yaşanan ortama ve iş hayatına önemli yenilikler katmaktadır.

Tedarik Zinciri Yönetiminde (TZY) temel halkalardan biri olan stok yönetimi ve depo yönetimi ne kadar hızlı ve sağlıklı veri temin edip bunu TZY zincirinin diğer halkalarına iletir ise yönetim sistemi o kadar verimli çalışacaktır. Bu süreçte kullanılacak olan teknoloji etkili, efektif ve uygun maliyetli olmalıdır. Bu teknolojilerden biri olan ve kullanım alanları gittikçe artan RFID teknolojisi de, günlük hayata hızlı bir giriş yapmakla kalmayıp bilimsel araştırma ve çalışmalara da konu olmaya devam etmektedir.

Günlük hayatta süpermarketler ile kalmayıp mahallelerdeki ufak çaplı bakkallarda bile barkod okutma süreci ile karşılaşmaktadır. Buna ek olarak otoban çıkışlarında kullanılan OGS cihazları en yaygın RFID cihazları olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu teknolojinin sanayiye taşınması ve büyük şirketlerin teknoloji yol haritasının söz konusu olduğu pazar, ürün, hizmet ve teknoloji odaklı geliştirilmelerde etkin rol oynayacaktır. Bunlara ek olarak müşteri memnuniyetinin de en önde olduğu düşünülürse anlık ürün takibi TZY’de çok daha ön plana çıkacaktır.

Tez çalışması boyunca orman ürünleri sektöründe faaliyet gösteren şirketin depolarında kullanımda olan Barkod sistemi ve buna entegre edilmek istenen RFID

sistemleri detaylı olarak incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda zaman içerisinde gelişen teknoloji ve büyük rekabet ortamında RFID teknolojisinin gelişimi ve yerli üretim sonrası fiyat avantajının sağlanması ile aktif ve pasif RFID kullanımının kaçınılmaz olacağı anlaşılmaktadır. Aktif RFID nin bir adetinin fiyatı son iki yılda 25 \$ dan 8,5 \$ seviyesine inmiş olması bu teknolojinin yakın zamanda yaygınlaşacağını bir göstergesi olarak değerlendirilebilir.

Sonuç olarak; RFID teknolojisi ürünün daha küçük ve değerli olduğu sektörlerde (elektronik market, altın, oğs (otomatik geçiş sistemleri), eczacılık gibi ) çok daha yaygın kullanılmasına karşılık artık yavaş yavaş hacimce daha büyük ama değer olarak teknolojik ürünlere nazaran daha düşük satış fiyatı olan mamullerde de kullanılmaya başlanmasının uygun olduğu değerlendirilebilir.

Orman ürünleri sektöründe ülkemizde bu teknolojiyi uygulayan bir şirket henüz bulunmamaktadır. Avrupa'da ise sektörün dünya lideri sadece bir deposunda pilot olarak uygulamaya çalışmıştır.

Günümüz maliyetleri ile sektörümüzde önceleri avantajlı görünmeyen RFID, maliyetlerin düşmesi, pazarın büyümesi ve bu teknoloji ile bağlantılı olarak ilerleyen süreçlerde yapılabilecek diğer çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda uygulanması ve uygulanabilirliği kaçınılmaz duruma gelmektedir. Uygulamanın yaygınlaşması ve referansların artmasıyla sektör iyice büyüyecektir.

## **6.2 Gelecek Çalışmalar**

Bu çalışma RFID teknolojisi uzun bir periyotta farklı firmaların teklif ve önerileri göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Teknoloji büyük bir hızla gelişmekte ve bugün öğrenilen bir bilgi ertesi gün geçerliliğini kaybedebildiği gibi yeni bir veri ile birlikte farklı gelişim noktaları ve fırsatlar da oluşturabilmektedir.

Bu çalışma sonrasında RFID nin kullanıma girmesi ile var olan yazılımlarda takibi yapılan palet bazındaki mamullerin anlık stok durumları ve miktarları çok daha aktif ve canlı bir şekilde görülebilir duruma gelecektir. Buda stokta bulunan mamullerin adres doğruluğunun kesin olması ile FIFO nun uygulanabilirliğini etkin kılacaktır. Müşteri memnuniyetinin artmasının yanında stokta bekleme sonucu

oluşan zayıt miktarını minimize edecektir. Bu çalışmanın diğeri bir adımı olarak ta müşteriler ile ortak çalışma yapılarak stoklarının takibe alınması ve ihtiyaç durumunda müşteriler stok yönetimine katkıda bulunacaktır.

Stokların sağlıklı yönetiminin sağlanması ile talep karşılama ve üretim planlama adımlarının etkinliği artırılmış olacaktır.

Bu sürecin bir sonraki büyük adımı olarak akıllı depo çalışması gündeme alınarak insansız stoklama alanlarının yapılması ve yazılımlar ile bu stokların yönetimlerinin aktif ve anlık yönetimi sağlanabilecektir.

Teknolojisinin gelişimi ve buna bağlı olarak kullanılan bilgisayar yazılımları yakın takip edildiğinde teknolojik gelişmeler sektöre çok daha etkin adapte edilebilecektir. Fiyat avantajının da yerli üretim ile sağlandığı sanayi sektöründe etkin bir şekilde yer alacağı düşünülmektedir.

## 7. KAYNAKLAR

- [1] Angeles, R., “RFID Technologies: Supply-Chain Applications and Implementation Issues”, *Information Systems Management*, 22, (1), 51-65, (2005).
- [2] Gaynor, G.H., “Technology Management Process Framework”, International Edition, Mc-Graw Hill, 1, (1), 1-31, (2006).
- [3] Ward, R. E., *Fundamentals of Inventory Management and Control*, New York: Amacom Books, (1990).
- [4] Çavuşlar, M., Tam zamanında-just in time (JIT) satın alma [online], (28.08.2016), <https://www.dunya.com/makina-magazin/tam-zamaninda-just-in-time-jit-satin-alma-haberi-327845>, (2019).
- [5] Ciravoğlu, G, “Tedarik Zinciri Yönetimi Uygulamaları ve Performans Üzerine Etkilerinin Analizi”, Yüksek Lisans, *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Edirne, (2006).
- [6] Topçu, A., “X firması SAP WM Implementasyon Projesi”, (2008).
- [7] Meral, Y., Barkod Nedir? [online], (16.01.2012), <https://barkodlar.org/barkod-nedir/>, (2019).
- [8] Asya Patent, Barkod Tarihçesi [online], (22 Temmuz 2013) <http://www.barkod.web.tr/tag/barkod-tarihcesi>, (2019).
- [9] Pia Bilgisayar, Barkod Teknolojisinin Sistem Bileşenleri Okuyucu – Yazıcı ve Etiket görseli [online], (16.07.2018), [https://www.teknohizmet.com/resim/urun/201307/37474\\_460.jpg](https://www.teknohizmet.com/resim/urun/201307/37474_460.jpg) , (2019).
- [10] Öztürk, E., Barkod Okuyucularının Nasıl Çalıştığını Biliyor musunuz? Barkod Görseli [online], (Nisan 2018), <https://www.webteknoloji.com/images/editor/default/0001/19/12e2c00cdd59c41c6deeb86d7e83ca90d3990c04.gif> , (2019).

- [11] Üstündağ, A. ve Tanyaş, M., “Radyo Frekanslı Tanıma Sistemi (RFID) Yatırımlarını Etkileyen Faktörler Üzerine Bir Çalışma”, İTÜ RFID Laboratuvarı Araştırma Projesi, (2010).
- [12] GS1 Türkiye, RFID Teknolojisi Etiket Görseli [online], (10.08.2016), [http://gs1.tobb.org.tr/userfiles/images/rifid\\_2.JPG](http://gs1.tobb.org.tr/userfiles/images/rifid_2.JPG), (2019).
- [13] Acbuyruk, A., RFID Nedir? RFID Hakkında Her şey !! [online], (26 Mayıs 2012), <http://nediranlat.blogspot.com/2012/05/rfid-nedir-rfid-detaylari-nelerdir.html>, (2019).
- [14] Yüksel, M.E., Nesnelere İzlenebilir ve Yönetilebilir mi? Çözüm: RFID [online], (31 Ağustos 2014), <https://www.slideserve.com/cianna/nesnelere-izlenebilir-ve-y-netilebilirmi-z-m-rfid>, (2019).
- [15] Çaparoglu, U., “X firması RF Network Site Survey Çalışması”, (2008).
- [16] Çopur, D., “X firması ORACLE RFID Teknoloji Uygulamaları Çalışması”, (2003).
- [17] Aydın, M., Multimedia ve Kablosuz Haberleşme Dünyası [online], (15.04.2011), <http://1.bp.blogspot.com/-fl8y9qKLVhI/TaibzmAll-IAAAAAAAAAAB0/Vuit86raEmk/s1600/3.JPG>, (2019).
- [18] John A. and Mathew T., “Series SRR loaded UHF RFID tag”, *Procedia Computer Science*, 93, 238-242, (2019).
- [19] Simat Technologies, RFID okuyucu görseli [online], [https://www.simat.co.th/site/data/images/item/img\\_08motorola\\_fx7400\\_rfid\\_reader\\_resized.jpg](https://www.simat.co.th/site/data/images/item/img_08motorola_fx7400_rfid_reader_resized.jpg), (2019).
- [20] Maraşlı, F., “Rfid tabanlı yeni bir yakıt tanıma sistemi tasarımı”, Yüksek Lisans, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitlis, 10, (2016).
- [21] RFID Cam Kapsül Görseli [online], (14.04.2017), [https://www.rhydolabz.com/wireless-rfid-reader-tag-c-130\\_98/rfid-glass-capsule-125khz-p-486.html](https://www.rhydolabz.com/wireless-rfid-reader-tag-c-130_98/rfid-glass-capsule-125khz-p-486.html), (2019).
- [22] RFID Access Control Whit Watch Görseli [online], (25.05.2017) <https://www.plusbuyer.com/images/buy-wholesale-electronics/No1-D7->

[Bluetooth-Watch-Phone-Android-OS-Heart-Rate-Monitor-1-IMEI-3G-Pedometer-Phone-Calls-App-NFC-Silver-plusbuyer\\_6.jpg](#), (2019).

- [23] Duroc, Y. and Tedjini S., “RFID: A key technology for Humanity”, *Comptes Rendus Physique*, 19, 64-71, (2018).
- [24] Üstündağ, A. ve Tanyaş, M., “Radyo Frekanslı tanıma (RFID) teknolojisinin tedarik zinciri üzerindeki etkileri, İTÜ Dergisi Seri D: Mühendislik, 8 (4), 83-94, (2009).
- [25] Kabadurmuş, F.N.K., ve Kabadurmu, Ö., “Tedarik Zinciri Yeniliğinin Belirleyicileri”, *Girişimcilik ve İnovasyon Yönetim Dergisi*, 7 (1), 5-102, (2018).
- [26] Eymen, U.E., *Tedarik Zinciri Yönetimi*, No 14, Türkiye: Kaliteofisi, (2007).
- [27] Mladinea, M., Vezaa, I., Gjelduma, N., Crnjaca, M., Aljinovica, A. and Basica, A., “Integration and testing of the RFID-enabled Smart Factory concept within the Learning Factory”, *Procedia Manufacturing*, 31, 384-389, (2019).
- [28] Ceylan, Z., “Tek ve Çok Dönemli Envanter Kontrol Modelleri”, 19 Mayıs üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 5 (2), 441-455, (2017).
- [29] Tekeli, O., “X firması için hazırlanan IOT Warehouse Solution”, Numeco firması sunu çalışması, (2017).
- [30] Zhu, W. and Li, M., “RFID Reader Planning for the Surveillance of Predictable Mobile Objects”, *Procedia Computer Science*, 129, 475-481, (2018).
- [31] Katipoğlu, Y. “Y firması Mamul Depo Yerleştirme Operasyonu RFID Proje çalışması”, (2007).
- [32] Saatçioğlu, Ö., RFID Teknolojisi : Fırsatlar, Engeller ve Örnek Uygulamalar, *Dokuz Eylül Üniversitesi, Deniz İşletmeciliği ve Yönetimi Yüksek Okulu*, İzmir, (2009).

- [33] Ariel, K.H., Luia, K.Y. and Lob, W.T., “Does mandated RFID affect firm risk? The moderating role of top management team heterogeneity”, *International Journal of Production Economics*, 210, 84-96, (2019).
- [34] Kış, M., RFID Standartları [online], (16.04.2016), <https://kodveus.blogspot.com/2006/04/rfid-standartlar.html>, (2019).

# EKLER



## **8. EKLER**

### **EK A ISO Standartları**

**Tablo A.1:** ISO (International Organization for Standardization) standartları [34].

Standart No	Standart Açıklaması	Standart Durumu	Standart Tarihi
10536	Tanımlama kartları – İletişimsiz bütünlük devre(ler) kartları. 10 cm ve altında..	Kontrolde	31.12.2004
11784	Hayvanların RF tanımlama ile tanımlanması – Kod yapısı	Kontrolde	7.11.2003
11785	Hayvanların RF tanımlama ile tanımlanması – Teknik içerik	Kontrolde	19.09.2001
14443 - 1	Tanımlama kartları – İletişimsiz bütünlük devre(ler) kartları – “Proximity” kartları – Bölüm 1 : Fiziksel özellikleri	Kontrolde	13.10.2003
14443 - 2	Tanımlama kartları – İletişimsiz bütünlük devre(ler) kartları – “Proximity” kartları – Bölüm 2 : RF gücü ve sinyal yapısı	Onaylandı	28.06.2001
14443 - 3	Tanımlama kartları – İletişimsiz bütünlük devre(ler) kartları – “Proximity” kartları – Bölüm 2 : İlkeme ve kalabalıklık önleme	Onaylandı	1.02.2001
15693 - 1	Tanımlama kartları – İletişimsiz bütünlük devre(ler) kartları – “Vicinity” kartları -- Bölüm 1 : Fiziksel yapısı 1998’de, Philips ve Texas Instruments firmaları ISO 15693 ile yeni uygulamalar yaptılar. Amaç tek antenli okuyucu ile 50-70 cm mesafeye kadar başarılı okumayı sağlamak.	Kontrolde	14.10.2003
15693 - 2	Tanımlama kartları – İletişimsiz bütünlük devre(ler) kartları – “Vicinity” kartları -- Bölüm 2 : Hava arayüzü ve ilkeme	Kontrolde	14.10.2003
15693 - 3	Tanımlama kartları – İletişimsiz bütünlük devre(ler) kartları – “Vicinity” kartları -- Bölüm 3 : Yoğunluk önleme ve iletim yapısı	Onaylandı	29.03.2001
15961	Malzeme takibi için RF tanımlama (RFID) – Veri protokolü: uygulama yapısı	Onaylandı	18.10.2004
15962	Malzeme takibi için RF tanımlama (RFID) – Veri protokolü: Veri kodlama kuralları ve mantıksal hafıza fonksiyonları	Onaylandı	18.10.2004
15963	Malzeme takibi için RF tanımlama (RFID) – RF tagları için tekil tanımlama	Onaylandı	8.09.2004
18000 - 1	Malzeme takibi için RF tanımlama (RFID) – Bölüm 1: Referans yapısı ve standartlaştırılacak yapıların tanımlanması	Onaylandı	13.09.2004
18000 - 2	Malzeme takibi için RF tanımlama (RFID)) – Bölüm 2: 135 kHz altında hava arayüzü haberleşmesi için gerekli değerler	Onaylandı	13.09.2004
18000 - 3	Malzeme takibi için RF tanımlama (RFID) – Bölüm 3: 13,56 MHz’de hava arayüzü haberleşmesi için gerekli değerler	Onaylandı	13.09.2004
18000 - 4	Malzeme takibi için RF tanımlama (RFID) – Bölüm 4: 2,45 GHz’de hava arayüzü haberleşmesi için gerekli değerler	Onaylandı	31.08.2004
18000 - 6	Malzeme takibi için RF tanımlama (RFID) – Bölüm 6: 860 MHz - 960 MHz arası hava arayüzü haberleşmesi için gerekli değerler	Onaylandı	31.08.2004
18000 - 7	Malzeme takibi için RF tanımlama (RFID) – Bölüm 7: 433 MHz’de etkin hava arayüzü haberleşmesi için gerekli değerler	Onaylandı	31.08.2004
17358	RFID için TZY – Uygulama gereksinimleri	20-Hazırlık Aşamasında	3.02.2005
17363	RFID için TZY – Taşıma konteynerleri	20-Hazırlık Aşamasında	3.02.2005
17364	RFID için TZY – Nakil birimleri	20-Hazırlık Aşamasında	3.02.2005
17365	RFID için TZY – Geri dönüşümlü nakil Mamulleri	20-Hazırlık Aşamasında	3.02.2005
17366	RFID için TZY – Mamul paketleme	20-Hazırlık Aşamasında	3.02.2005
17367	RFID için TZY – Mamul etiketleme	20-Hazırlık Aşamasında	3.02.2005
18047 - 7	Otomatik tanımlama ve veri yakalama teknikleri – RFID cihazı uyumluluk test yöntemleri – Bölüm 7: 433 MHz’de hava arayüzü haberleşme sına yöntemleri	30-Komite Aşamasında	3.02.2005
19762 - 3	Otomatik tanımlama ve veri yakalama teknikleri – Standartlaştırılmış terimler – Bölüm 3: RF tanımlama (RFID) (İngilizce)	50-Onama Aşamasında	3.02.2005
24710	Otomatik tanımlama ve veri yakalama teknikleri – Malzeme yönetimi için RF tanımlama	40-Araştırma Aşamasında	3.02.2005

## EK B EPC Standartları

### EPC Standartları

EPC Global’in tanımladığı standartlar şöyle özetlenebilir:

- EPC Tags ları için mantıksal veri formatı
- Aşağıdaki tag frekans aralıkları için Tag haberleşme protokolü
- 900 MHz Sınıf 0
- 13.56 MHz Sınıf 1
- 860 MHz den 930 MHz'ye Sınıf 1
- “Savant” adlı standartlaşmış EPC ara katmanı için tanımlamalar
- How EPC middleware, including Savant, communicates with tag readers.
- Physical Markup Language (PML) Tanımlaması. Bu XML tabanlı dil, bir EPC ağında bulunan bileşenlerin aktarıldığı bilgi yapısını tanımlar.
- Object Name Service (ONS) Tanımlaması. Dünyada bulunan sıradan bir EPC tagına sahip mamul hakkındaki verileri ihtiva eden küresel bir ağ tanımlamasıdır.

EPC tagları farklı kategorilerde sınıflandırılabilirler. Tablo bu sınıfların neler olduğunu göstermektedir [28].

**Tablo B.1:** EPC evrensel sınıfları [28].

EPC Evrensel Sınıfları		
EPC Sınıfı	Açıklama	Programlama
Sınıf - 0	“Yalnız okuma” pasif etiketler	Yarı iletken üretim sürecinin bir parçası olarak programlanır
* Sınıf - 0+	EPC Sınıf0 'ın “Bir defa yazma, çoklu okuma” versiyonu	Müşteri tarafından 1 kez programlanır ardından kilitlenir
Sınıf - 1	“Bir defa yazma, çoklu okuma” pasif etiketler	Müşteri tarafından 1 kez programlanır ardından kilitlenir
Sınıf - 1 / Nesil - 2	Küresel birlikte çalışabilirlik, çoklu okuma/yazma ve artırılmış veri iletim hızı sağlar	Bir çok kez programlanabilir
Sınıf - 2	Tekrar yazılabilir pasif etiketler	Bir çok kez programlanabilir
Sınıf - 3	Yarı pasif etiketler	
Sınıf - 4	Aktif etiketler	
Sınıf - 5	Okuyucular	Mümkün değil
* EPC Evrensel tanımlı bir sınıf değil		