İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

RFID TABANLI İZLENEBİLİRLİK SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ VE DENİM SEKTÖRÜNDE UYGULAMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mahir ÖNER

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Alp ÜSTÜNDAĞ

MAYIS 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

RFID TABANLI İZLENEBİLİRLİK SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ VE DENİM SEKTÖRÜNDE UYGULAMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mahir ÖNER
507111128

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Endüstri Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Alp ÜSTÜNDAĞ

MAYIS 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 507111128 numaralı Yüksek Lisans **Mahir ÖNER**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **"RFID TABANLI İZLENEBİLİRLİK SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ VE DENİM SEKTÖRÜNDE UYGULAMA"** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	**Doç. Dr. Alp ÜSTÜNDAĞ** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Doç. Dr. İhsan KAYA** Yıldız Teknik Üniversitesi	.....
	Yrd. Doç. Dr. Emre ÇEVİKCAN İstanbul Teknik Üniversitesi	……

Teslim Tarihi : **5 Mayıs 2014**
Savunma Tarihi : **30 Mayıs 2014**

Aileme,

ÖNSÖZ

Yüksek lisans çalışmamı yönlendiren, değerli tecrübeleri, görüş ve eleştirileri ile tez çalışmamı destekleyen çok değerli danışman hocam Sn. Doç. Dr. Alp ÜSTANDAĞ'a, SAN-TEZ kapsamında yardımcı araştırmacı olarak destekleriyle projenin ilerlemesinde katkıda bulunan Sn. Öğr. Gör. Dr. Bülent YAĞCI' ya, projenin uygulandığı DENIMVILLAGE firması proje ekibine, araştırma geliştirme programlarına vermiş olduğu destekle bu uygulama projesinin gerçekleşmesine olanak sağlayan T.C. Sanayi Bakanlığı'na, benim için her şeyden önemli olan ve her zaman yanımda olduklarını hissettirerek bana destek olan aileme ve Sultan Ceren Salkın'a teşekkür ederim.

Mayıs 2014

Mahir ÖNER
Endüstri Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
KISALTMALAR ..... **xi**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xiii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xv**
ÖZET ..... **xvii**
SUMMARY ..... **xix**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Literatür Araştırması 1
2. RADYO FREKANSLI KİMLİK TANIMLAMA SİSTEMİ **7**
2.1 RFID Teknolojisinin Tarihçesi 7
2.2 RFID Teknolojisi Nedir? 9
2.3 RFID Sistemlerinin Bileşenleri 11
2.3.1 RFID Etiketi 11
2.3.2 Okuyucu 13
2.3.3 Okuyucu Anteni 14
2.3.4 Ara Katman Yazılımı 14
2.3.5 Veri Merkezi 15
2.3.6 Ağ Altyapısı 15
2.4 RFID Sistemlerinin Mimari Alt Yapısı 15
2.5 RFID Sistemlerinin Faydaları, Maliyetleri ve Engeller 17
2.6 RFID Sistemlerinin Fizibilite Analizi 21
2.6.1 Teknik Fizibilite 21
2.6.2 Ekonomik Fizibilite 21
2.6.3 Organizasyonel Fizibilite 23
3. RFID SİSTEMLERİNİN KURULUMU **25**
3.1 Hazırlık ve Planlama Aşaması 27
3.2 RFID Sistemlerini Geliştirme ve Gerçekleme Aşaması 29
3.2.1 Mevcut Durum Analizi 29
3.2.2 Veri Toplama 29
3.2.3 Saha Analizi 29
3.2.4 RFID Sistem Tasarımı 32
3.2.5 Çözüm Önerilerinin ve Yeni Süreçlerin Geliştirilmesi 32
3.2.6 Uygun Donanımın ve Yazılımın Seçilmesi 33
3.2.7 Fizibilite Çalışması 40
3.2.8 RFID Sisteminin Gerçeklenmesi 41
3.2.9 Çözümün Test Edilmesi – Pilot Çalışma 42
3.2.10 Çözümün Sistemin Bütününe Yaygınlaştırılması 43
3.3 RFID Sistemlerinin Kurulum Sonrası Sürdürülmesi ve Geliştirilmesi 45
4. DENİM ÜRÜN ÜRETİM SÜREÇLERİNDE RFID TABANLI İZLENEBİLİRLİK SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ UYGULAMASI **47**

4.1 Proje Hakkında Bilgi 48
4.2 Denim Ürün ve Üretim Süreçleri Hakkında Genel Bilgi 49
4.3 Uygulamanın Yapıldığı Firma Hakkında Bilgi 50
4.3.1 Uygulamanın Yapıldığı Firmada Mevcut Durum Analizi 51
4.3.2 Süreç Analizi 51
4.3.3 Problem Analizi 52
4.3.4 İhtiyaç Analizi 58
4.3.5 Performans Ölçütleri 59
4.4 Denim Ürün Üretim Süreçlerinde RFID Tabanlı İzlenebilirlik Sistemi Geliştirilmesi 59
4.4.1 Hazırlık ve Planlama Aşaması 59
4.4.2 Sistemin Geliştirilmesi ve Gerçeklenmesi Aşaması 68
4.4.2.1 Mevcut Durum Analizi 68
4.4.2.2 Tasarım Aşaması 74
4.4.2.3 Gerçekleme 92
4.4.3 Kurulum Sonrası Sistemin Sürdürülmesi ve Geliştirilmesi 99
4.5 Projenin Ekonomik Analizi 99
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 103
KAYNAKLAR 105
EKLER 107

KISALTMALAR

RFID : Radio Frequency Identification
SAN-TEZ : Sanayi Tezleri Programı
Wi-fi : Kablosuz Bağlantı Alanı
GPS : Küresel Konumlama Sistemi
B2B : Business to Business
LF : Düşük Frekans
HF : Yüksek Frekans
UHF : Ultra Yüksek Frekans
EAS : Elektronik Parça İzleme
NPV : Net Şimdiki Değer
ERP-WMS : Kurumsal Kaynak Planlama-Depo Yönetimi Sistemleri
ROI : Yatırımın geri dönüş oranı
BEP : Başa baş noktası
PO : Satın alma emri

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : 2011 Ocak -2014 Mart ayı arsında yapılan çalışmaların veri tabanı ve alanlara göre dağılımı. 4
Çizelge 2.1 : RFID etiketlerinin kullandığı enerji kaynağına göre RFID sistemlerinin karşılaştırılması. 13
Çizelge 3.1 : RFID Sistemlerinin Tasarım ve Entegrasyon Aşamaları. 26
Çizelge 4.1 : Sorun analizi tablosu. 57
Çizelge 4.2 : Proje ekibi bilgisi. 59
Çizelge 4.3 : RFID ve Barkod sistemlerinin karşılaştırılması (Üstündağ, 2008). 60
Çizelge 4.4 : Sistemin geliştirilmesi ve gerçeklenmesi için proje planı. 67
Çizelge 4.5 : Toplu okuma test sonuçları. 81
Çizelge 4.6 : Ara depo barkod etüd çalışması sonuçları. 82
Çizelge 4.7 : Kontrol Noktaları. 84
Çizelge 4.8 : Maliyetler Tablosu. 88
Çizelge 4.9 : Geliştirilen RFID tabanlı çözümün fayda ve maliyetleri. 90
Çizelge 4.10 : RFID ve Mevcut Barkod sistemi işlem süreleri karşılaştırması. 98
Çizelge 4.11 : Kayıp ürün oranındaki iyileşme seviyesine bağlı ekonomik analiz. 100

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Literatürde değişik alanlarda yapılan RFID ile ilgili yayınların dağılımı (Lim ve diğerleri 2013). 3
Şekil 1.2 : 2011-2014 Mart Ayı itibariyle üretim alanında RFID implementasyonu ile ilgili yapılan çalışmaların dergilere göre dağılımı. 5
Şekil 2.1 : Radar operatörü ile iletişim için geri saçılan radyo dalgalarının kullanımı (Dobkin, 2008) 8
Şekil 2.2 : RFID Sistemi (Atlas RFID Solutions)..... 10
Şekil 2.3 : RFID sisteminin bileşenleri (Kamoun, 2009) 11
Şekil 2.4 : Farklı frekanslarda RFID sistemlerinin özellikleri (Bhuptani ve Moradpour, 2005). 14
Şekil 2.5 : RFID için bilgi sistemlerinin mimari alt yapısı..... 16
Şekil 2.6 : RFID uygulamalarının faydalarının makale sonuçlarında belirtilme yüzdesi (Lim ve diğerleri, 2013). 17
Şekil 2.7 : Depo yönetiminde RFID sistemlerinin faydaları, engelleri ile uygulandığı alanlar ve operasyonlar (Lim ve diğerleri, 2013)..... 18
Şekil 3.1 : RFID sistemlerinin bazı karakteristiklerinin frekansa bağlı değişimi..... 34
Şekil 4.1 : Yıllar itibariyle Türkiye'nin denim giysi ihracatı. 47
Şekil 4.2 : Balık Kılçığı Diyagramı-Maliyet artışı ve müşteri memnuniyetsizliğinin nedenleri. 53
Şekil 4.3 : Balık Kılçığı Diyagramı- Yüksek işçiliğin nedenleri. 54
Şekil 4.4 : Balık Kılçığı Diyagramı-İmaj kaybı ve müşteri cezalarının nedenleri. ... 55
Şekil 4.5 : Balık Kılçığı Diyagramı- Kayıp hatalı ürünlerin nedenleri. 56
Şekil 4.6 : Denimvillage'de barkod sistemi..... 70
Şekil 4.7 : Denimvillage'de ürünün süreçlerde izlediği rota 71
Şekil 4.8 : Denimvillage'de tasarlanan RFID sistemi. 75
Şekil 4.9 : Okuma testleri için hazırlanmış düzenek. 79
Şekil 4.10 : Denim ürünlerin okuma testleri için hazırlanmış düzenekten farklı taşıma şekilleri ile geçirilmesi. 80
Şekil 4.11 : Firmada kullanılan ürün taşıma şekilleri. 80
Şekil 4.12 : Denim ürün üzerinde RFID etiketinin yerleşimi. 83
Şekil 4.13 : Denimvillage'ta kurulacak RFID sistemi. 86
Şekil 4.14 : RFID sistemi yatırımının nakit akışı 91
Şekil 4.15 : Modül2_okutulan RFID etiketleri ile ilgili kayıtlatın gösterildiği arayüz. 93
Şekil 4.16 : Pilot çalışma esnasında tasarlanmış kontrol noktası ünitesi..... 94
Şekil 4.17 : Özel poşet içindeki RFID etiketinin denim ürün üzerinde yerleşimi..... 95
Şekil 4.18 : Kontrol noktasında çuval ile ürünlerin okutulması. 96
Şekil 4.19 : Kontrol noktasında ürünlerin çuvalsız okutulması..... 96
Şekil 4.20 : Kayıp ürün oranındaki azalmaya bağlı olarak elde edilen faydanın ve yatırımın şimdiki değeri. 100
Şekil 4.21 : Pilot çalışma sonrası RFID sistemi yatırımının nakit akışı. 101

RFID TABANLI İZLENEBİLİRLİK SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ VE DENİM SEKTÖRÜNDE UYGULAMA

ÖZET

Bu tez çalışmasında üretim süreçlerinde görülen aksaklık ve sorunların önüne geçmek ve ürünlerin gerçek zamanlı izlenebilirliğini sağlamak amacı ile RFID sistemlerinin geliştirilmesi ve gerçeklenmesi konusu ele alınmıştır. RFID sistemlerinin kullanımı yakın geçmişte yoğunlaştığı için uygulamalar oldukça yenidir ve RFID sistemlerinin kurulumunu bütünsel açıdan ele alan çalışma sayısı oldukça azdır. Literatür araştırmasından elde edilen en önemli bulgu, yapılan çalışmaların genelde alt kurulum süreçlerinin incelenmesinde yoğunlaştığı ve sistemin bütününün geliştirildiği ve gerçeklendiği çalışmaların yetersizliğidir. Mevcut çalışmaların çoğunluğu teorik olup, konuyu uygulamalı olarak ele alan çalışmalar teorik çalışmalara nazaran oldukça azdır. Bu durumun yanı sıra RFID projelerindeki beklenmeyen başarısızlıkların önüne geçilmesi için bu tür projelerde RFID sistemlerinin geliştirilmesi ve gerçeklenmesi konusunda sistematik bir yol izlenmesinin gerekliliği açıktır. Bu çalışmada literatürdeki ve pratikteki bu boşluğu dolduracak şekilde RFID sistemlerinin tasarlanması ve gerçeklenmesi için bir yol haritası sunulmuştur. Ayrıca denim sektöründe yapılan bir uygulama çalışması ile bu yol haritasının anlaşılırlığı pekiştirilmek istenmiştir.

Bu çalışmanın birinci bölümünde, yapılan literatür araştırmasından detaylı olarak bahsedilmiş ve bu çalışmalar uygulandıkları alanlara, kavramsallık ve uygulama çeşitlerine göre ve yayınlandıkları dergilere ve çalışma içeriklerine göre kategorize edilmiştir. Bu ön araştırmadan yola çıkılarak literatürdeki boşluk vurgulanmıştır. Tezin ikinci bölümünde, okuyucuların RFID teknolojileri hakkında bilgi sahibi olmaları amacıyla, ilk olarak RF teknolojisinin tarihi gelişimi ve daha sonrasında RFID teknolojisinin bileşenleri ve RFID teknolojisi ile ilgili bilinmesi gereken detaylar açıklanmıştır. Çalışmanın üçüncü bölümünde, RFID sistemlerinin geliştirilmesi ve gerçeklenmesinde okuyucuyu yönlendirecek bir yol haritası adım adım anlatılmıştır. Dördüncü bölümde ise SANTEZ kapsamında yapılan denim ürün üretim süreçlerinde RFID tabanlı izlenebilirlik sistemi geliştirilmesi ve uygulaması anlatılmıştır. Dördüncü bölümde ayrıca SANTEZ kapsamında yapılacak inovasyon açısından denim ürün üretimindeki ağır şartların (yüksek sıcaklık, kimyasallar, ıslak ortam, mekanik etkiler vb) olduğu süreçlere dayanıklı bir etiketin bulunabilmesi için yapılan kapsamlı araştırmadan bahsedilmiş ve RFID etiketi seçim kriterleri ortaya konulmuştur. Ayrıca bu bölümün sonunda yapılan uygulama çalışması ekonomik olarak analiz edilmiştir. Son bölümde sonuçlar sunulmuştur.

Bu tezde yapılan pilot çalışmada tasarım aşamasındaki çözümün birçok değişikliğe uğraması, RFID sistemlerinin geliştirildiği projelerde gerçekleme aşamasının ne derece önemli olduğunu göstermiştir. Bunun yanı sıra çıkarılacak en önemli sonuç, RFID teknolojisinin kurulumu ile sağlanacak gerçek zamanlı izlenebilirlik ile aksaklıkların erken kontrolü ve problemlerin erken tespiti günümüzün yoğun rekabet ortamında firmalara büyük avantaj sağlayacağıdır.

A RFID-BASED TRACING AND TRACKING SYSTEM DEPLOYMENT AND AN APPLICATION IN DENIM INDUSTRY

SUMMARY

In this study, RFID design, implementation and deployment are discussed in order to enable the real time tracking of the malfunctions and problems that are occurred in production processes. Since RFID technology usage is increasing day by day, applications in this area is currently new and naturally, studies related to RFID implementation in holistic way are not sufficient enough. Studies mostly emphasized on theorical approaches rather than practical studies. The most substantial finding extracted from literature review is studies dealt with RFID implementation were generally focused on researching of the sub configuration processes of RFID and they are also inadequate in explaining implementation and deployment of the whole system. In this study, a roadmap for RFID design, configuration and deployment is presented in order to fulfill the gap that is pointed out from literature reviews and former RFID projects. Additionally, an application is performed for denim sector for validation and reinforcing of the understanding of the proposed RFID implementation roadmap.

In literature, radio frequency identification (RFID) was applied in many different areas but especially utilized in logistics and supply chain management systems for identification, tracing and tracking. These conveniences provide monitoring the system with more precise and real time data. In logistics, RFID provide increasing capacity and labor productivity with reducing operational mistakes. Additionally, limited number of papers deal with deployment of RFID information infrastructure mainly focus on separating related stages from capturing data to evaluation the information. This situation indicates the necessity of the RFID based integrated implementation processes.

The first part of the thesis is started with giving a brief information about RFID technology and background of the applications in it. After that, literature review is deeply represented and previous studies are classified in accordance with the application area, published journal, content and conception. Based on this literature review, it could be emphasized that there is a need of explaining RFID design, implementation and deployment should be practiced with the integration of all these sub processes.

In Section 2, historical progress of RFID and afterwards, RFID components and further details related to this technology are mentioned on the purpose of giving brief information to the readers on RFID technology. For this purpose, last improvements and innovations in RFID devices and the types of the tags are explicated.

In Section 3, the roadmap for RFID system development and deployment that guides the reader is explained systematically. In terms of system development performance that is the main indicator of reading performance, reading-writing performance and

maximum reading distance between of the antennas could be made are critical issues. Reading distance could also be increased. On the other hand, wide reading distances could not be required due to the confusions in RFID waves and the high possibility of reading other RFID tags nearby the tags to be read.

In Section 4, a RFID based tracking and tracing system application within SAN-TEZ foundation is clarified which was carried out in denim production processes. First of all, analysis of the current situation is made in order to the determination of the problem appeared in process. Losses caused by theft and incorrect production demonstrate the need of the effective tracing and tracking system in denim production processes. Thus, proposed RFID roadmap could be applied in Denim Village. With the analysis of current situation, firm and employees were realized the usage and contribution of the RFID implementation and deployment project. In addition to this, a brief information is given to them in order to ease the understanding of RFID technology and further plans were made with the teaming up. After that, site analyses were detailly carried out with respect of current situation of the firm. Reflections from the studies, RFID tag selection is the most critical issue for the proper reading-writing operations. In the first phase, 10 RFID tags are selected but only one tag stayed resistant in the hard production conditions explained in further steps. In the second step, RFID project design was specified in accordance with the technological, environmental and interior (site) limitations. After pre-application test were made, RFID based design processes in where software and hardware requirements were identified.

As mentioned before, RFID tag selection plays a key role in successful implementation of RFID projects. Denim product processes have difficulties in the selection of the tags. The main reason is the rough processes especially dry processes in 150°C with 50, washing with 90 °C in 60 minutes with chemicals and also frictions. Because of this reason, within the scope of the innovation in applied RFID project, special RFID tags which are durable for denim product processes in where high temperature, wet environments, chemical and mechanical effects should be determined and selected. In addition to tag selection, economic feasibility of RFID deployment and implementation should be reviewed. For this reason, net present worth analysis was applied for the prediction of the future value of RFID investment. With given cost value, RFID implementation will be returned 2,03 times more in five years that implies the economic return of the investment is sufficiently profitable and this investment will be applicable. At the end, reflections extracted from the application are deeply discussed and further improvements in this application are referred.

After the understanding of the economic feasibility of the RFID investment, required software that is essential to integrate the current system with RFID infrastructure was deployed. Once all the necessary software and hardware are supplied, pilot tests were applied. During pilot studies, shortcomings related to proposed RFID system design was realized and these shortcomings were tried to be corrected. After this step, RFID based traceability and visibility system of denim production processes were ready to be extended to the entire system of the firm. During the design phase, many changes were appeared in the proposed solution is the main indicator of deployment process is critical in the application of RFID projects.

In order to measure the value of RFID investment and adaptation, both costs which could inhibit the RFID application process and customer benefits that could change

the project efficiency should be considered. Thus, after then the completion of this RFID project, real values of the cost of the project deployed in Denim Village be clarified and in addition to that, savings made from labor was determined after cost measurements were done. After the implementation of RFID project, 8 employees will be discharged. In these conditions, the net value made from labor savings was measured as 259106 € and also, net value of RFID investment will be 633896 €. In addition to economic feasibility analysis, sensitivity analysis was also applied in order to measure the changes in costs and benefits within two conditions: Savings from lost products will be 0% , 10% ve 25% rather than 50% and durability of the tags against washing processes will be 36 washing rather than 60 washing. As seen from the sensitivity analysis results, RFID investment will still be profitable to be applied.

Within the application of RFID project implemented in Denim Village, redundant inventory and production costs, redundant labor costs caused by inefficient warehouse and production operations and non-value added activities, inadequate control system caused by loss of the products and insufficient traceability and visibility of goods, inefficient manual processes in work in processes, inaccuracies of records and difficulties in planning activities because of the inaccurate data and lack of real time data records will be decreased.

To sum up, the aim of the thesis is to demonstrate the implementation and architectural framework of the RFID based information system for the denim industry and also to investigate the economic feasibility of RFID application in the industry. Provided by the establishment of real time tracing and tracking systems based on RFID technologies, early detection and control of the malfunctions and problems that could be occurred in the system is enabled which take significant advantages to the firms in today’s competitive market conditions.

1. GİRİŞ

Üretim süreçlerinde gerçek zamanlı ürün izlenebilirliğini sağlamak, işletmelerin süreç verimliliği ve kalitesini artırması, maliyet tasarrufu elde ederek rekabet avantajı elde edebilmesi için çok büyük önem arz etmektedir. RFID sistemlerinde, mikroçip içeren etiketler radyo dalgaları yardımı ile uzaktan, hızlı ve toplu bir şekilde okunabilmekte, özel çevresel koşullara dayanıklılık sağlanabilmektedir. RFID teknolojisi bu özellikleri ile gerçek zamanlı ürün izlenebilirliğinin sağlanmasında en önemli araçlardan biridir. RFID teknolojisindeki hızlı gelişmeler teknolojiyi birçok sektörde uygulanabilir kılarken maliyetlerdeki azalmalar da, bu teknolojiye olan ilginin artmasına neden olmuştur. Ancak bu teknolojinin birçok sektör için yeni olması, kullanımı aşamasında aşılması gereken birçok zorluğu da beraberinde getirmektedir. RFID uygulamalarını kullanmaya başlayan ya da kullanmayı planlayan işletmelerin sistematik adımlarla ilerlemeleri projenin başarıyla yürütülebilmesi için gerekliliktir.

Bu tezin amacı, RFID projelerinde beklenmeyen başarısız sonuçlar ile karşılaşılmaması için projelerin tasarımı ve gerçeklemesinde takip edilmesi gereken bir yol haritası sunmaktır.

1.1 Literatür Araştırması

İncelenen makalelerden birincisi Ngai ve diğerlerinin 2008 yılında yapmış oldukları literatür taraması çalışmasıdır. Detaylı bir çalışma ile seçilmiş 85 akademik yayını inceleyerek çalışmaları dört kategoride incelemişlerdir; RFID teknolojisi, RFID uygulamaları, Tedbir&Güvenlik konuları ve diğer konular. Bu kategorilerde kendi içlerinde alt kategorilere ayrılarak yayınlar için sınıflandırma yapılmıştır. Bu alt kategoriler;

RFID teknolojisi: Etiket&Anten, Okuyucu, İletişim Alt Yapısı

RFID uygulamaları: Sektörlere göre öncelikle lojistik ve tedarik zinciri ayrıca; sağlık sektörü, kütüphanecilik, müzecilik, tekstil, madencilik, kentsel katı atık yönetimi, havacılık, hayvan takip sistemleri, gıda sektörü, perakende

Tedbir&Güvenlik konuları: Gizlilik, Güvenlik, Standartlar

Diğerleri: RFID temel kavramlara ait özetler, konuya genel giriş vb. gibi yukarda belirtilmeyen kategoriler.

Yapılan çalışmadan literatürle ilgili bazı istatistikler aşağıdaki gibidir;

Yayınların 31 adedi (37%) RFID teknolojisi, 28 adedi (33%) RFID uygulamaları, 11 adedi (13%) tedbir ve güvenlik konuları ile ilgili ve kalan 15 adet (17%) ise diğer konular ile ilgilidir.

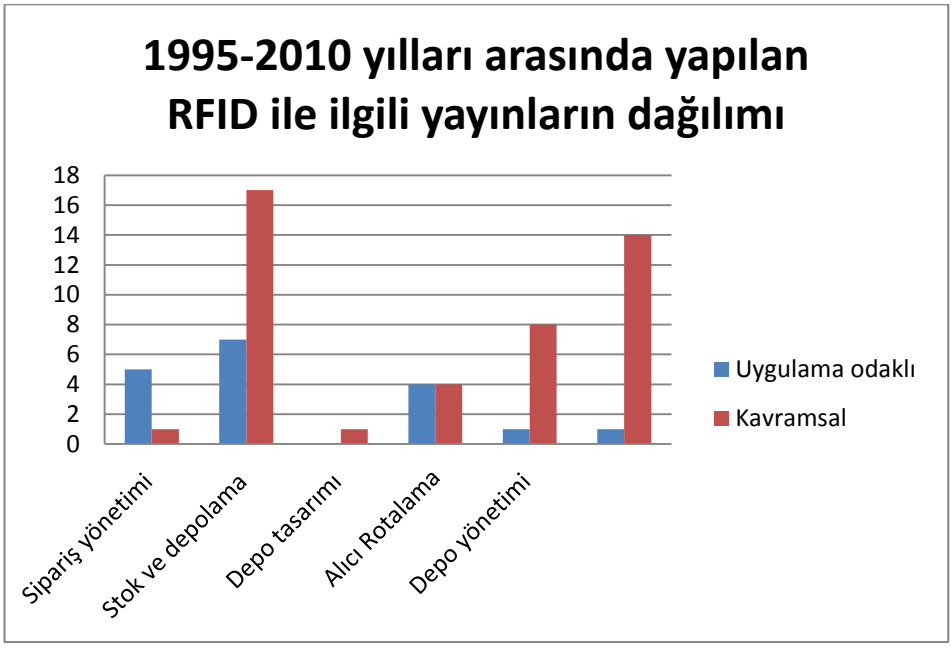
RFID teknolojisi altında sınıflandırılan 31 yayının 25 adedi (81%) etiket ve antenlerle ilgili olup tüm yayınların yaklaşık 30%'unu oluşturmaktadır. Uygulama alanındaki yayınların yaklaşık 71% lik kısmını *perakende*, *kütüphanecilik*, *hayvan takibi*, *gıda* ve *lojistik&tedarik zinciri* oluşturmaktadır.

Bu çalışma sunduğu istatistiklerle literatürde yapılan çalışmaların hangi konularla ilgilendiğini vermekle beraber, RFID alanında hangi konularda eksiklik olduğu ve ne tür çalışmalar yapılabileceği konusunda da öneriler sunmaktadır. RFID sistemlerinin tasarımı, geliştirilmesi, kurulumu, değerlendirilmesi süreçlerinde rehberlik edecek faydalı prensipleri belirleyen çalışmalara ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir.

Lim ve diğerlerinin 2013 yılında yaptıkları literatür araştırması özelliğini taşıyan çalışma, benzer özellikteki Ngai ve diğerlerinin 2008 yılında yaptıkları çalışmayı temel alarak genişlettikleri çalışma kapsamında, RFID sistemlerinin depolarda uygulama alanları, sağladığı faydalar ve karşılaşılan zorluklarla ilgili 1995-2010 yılları arasında yapılan ve ISI Web of Knowledge veri tabanında yer alan çalışmalar incelenmiş ve bu konuda yapılan çalışmalarda yazarlar tarafından RFID implementasyonu konusunda önerilen modeller değerlendirilmiştir. RFID konusunda yapılan uygulamaların başarıyla ilerlemesinden sonra akademik camiada da bu konuya olan ilginin arttığı vurgulanmıştır. 1995-2010 arasında yapılan yaklaşık 300 adet çalışmada en çok ilgi çeken konuların *tedarik zincirinde RFID uygulamaları* (140 makale), *Lojistikte RFID uygulamaları* (80 makale), *Ulaştırmada RFID uygulamaları* (60 makale) ve *Depolarda RFID uygulamaları* (10 makale) olduğunu

belirtmişlerdir. Yazarların belirttiği diğer bir husus da, 2005 ve sonrasında yapılan çalışmaların hızla arttığıdır. Yazarlar bunun sebebini RFID uygulamalarının başarılı sonuçlarına bağlamaktadır.

Yazarlar çalışmalarında ayrıca RFID'nin depo uygulamalarının alt alanlarına da değinmişlerdir. Yazarlar bu alanda yaptıkları araştırmada, depolarda RFID konusunda yapılan 77 çalışmayı uygulama odaklı ve kavramsal çalışmalar olarak ikiye ayırmışlardır. Bu çalışmalardan çıkarılan en önemli sonuç, depo yönetimi ve RFID yapılandırılması-uygulanması konusunda yapılan uygulama odaklı çalışmaların azlığıdır. Bu alanda yapılan çalışmalar daha çok kavramsal kalmıştır. Aşağıdaki grafikte de bu çalışmaların azlığı gösterilmiştir.



Şekil 1.1 : Literatürde değişik alanlarda yapılan RFID ile ilgili yayınların dağılımı (Lim ve diğerleri 2013).

Yazarlar RFID'nin uygulanışı sonucu sağlanan kazanımları ve ortaya çıkan problemleri de literatür çalışmalarına göre gruplandırmışlardır. Buna dayanarak, literatürde en çok vurgulanan kazanımların *ürün izleme*, *düşen maliyetler*, *gelir-kaynak yönetimi*, *azalan işgücü* ve veri *kesinliğinde sağlanan artış* olarak saptandığı söylenebilir.

Yazarlar son olarak gelecekte yapılacak çalışmalara örnek olarak RFID'nin Wi-fi ve GPS gibi diğer teknolojilerle entegrasyonu, veri paylaşımı ve B2B süreçleri için RFID teknolojisinin internet ile etkinleştirilmesi vermektedir. Yazarlar, RFID

entegrasyonu ve uygulaması alanında yapılacak çalışmaların eksikliğine vurgu yapmışlardır. RFID uygulamalarının ayrı ayrı alt alanlar için uygulandığını ve süreçlerin bütünü için uygulanan çalışmaların azlığından bahsetmişlerdir.

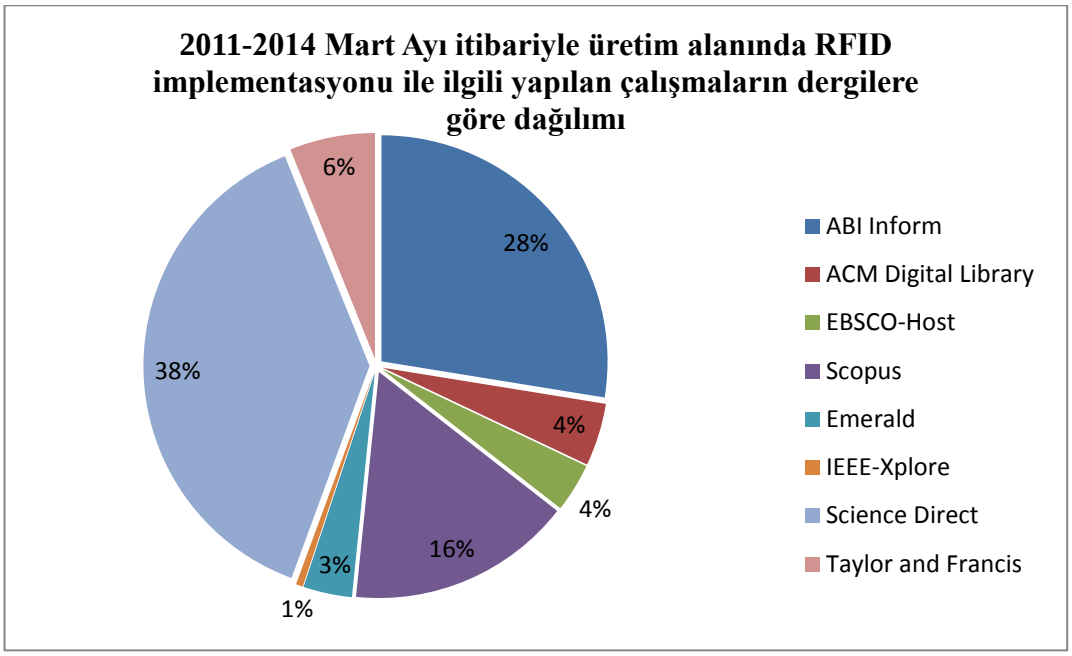
Lim ve diğerlerinin 2013 yılında yaptığı çalışmanın devamı olarak, İTÜ Kütüphanesi veri tabanında bulunan aşağıdaki veri tabanları dikkate alınarak 2011-2014 Mart ayı arasında yayınlanan ve RFID sistem konfigürasyonunu ele alan çalışmalar makalede belirtilen anahtar kelimelere göre incelenmiştir.

- ABI Inform-Complete
- ACM Digital Library
- EBSCO-host
- Scopus
- Emerald
- IEEE
- Science Direct
- Taylor and Francis

Çizelge 1.1 : 2011 Ocak -2014 Mart ayı arsında yapılan çalışmaların veri tabanı ve alanlara göre dağılımı.

Veri Tabanı	Alanlar	Adet	Toplam
ABI Inform	Bilgi teknolojileri ve yönetimi	36	**221**
	Üretim planlama -Tedarik zinciri- depo yönetimi	136	
	Yönetim bilimi ve yöneylem araştırması	49	
ACM Digital Library	Bilgi Yönetimi	9	**36**
	Üretim planlama -Tedarik zinciri- depo yönetimi	18	
	Yönetim bilimi	9	
EBSCO-Host	Bilgi ve Sistem Bilimi	4	**28**
	Üretim Araştırmaları	3	
	Bilgisayar Destekli Üretim Sistemleri	6	
	RF Uygulamaları	15	
Scopus	Bilgi Yönetimi	50	**129**
	Üretim planlama -Tedarik zinciri- depo yönetimi	65	
	Yönetim bilimi	14	
Emerald	Tedarik zinciri	7	**28**
	Üretim Yönetimi ve Kalite Kontrol	17	
	Bilgi Yönetimi	4	
IEEE-Xplore	Bilgi teknolojileri	1	**4**
	Üretim Yönetimi	3	
Science Direct	Üretim Yönetimi- Tedarik Zinciri	194	**307**
	RFID Sistem Tasarımı	65	
	Bilgi teknolojileri ve Karar destek sistemleri	48	
Taylor and Francis	Depo yönetimi	4	**49**
	Bilgi teknolojileri	15	
	Üretim Planlama	12	
	Tedarik zinciri	18	
Toplam		**802**	

Çizelge 1,1'de yapılan çalışmaların veri tabanlarına ve alanlara göre dağılımı gösterilmektedir. Yapılan çalışmalara bakıldığı zaman, çalışmaların daha çok teorik olduğu görülmektedir. Bu çalışmalardan uygulama olarak değerlendirilebileceklerin ise ağırlıklı olarak üretim ve depo alanında yapıldığı söylenebilir. Çalışmaların genele yakınının üretim planlama, depo yönetimi, tedarik zinciri ile bilgi teknolojileri ve yönetimi alanında oldukları görülmektedir. Bu alanların dışında yönetim bilimleri, yöneylem araştırması, kalite kontrol gibi alanlarda da çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmaların yayınlandıkları veri tabanına göre dağılımı Şekil 1,2' de gösterilmiştir. Toplam 802 adet çalışmanın 657 adedi (82%) ABI Inform-Complete, Scopus ve Science Direct veri tabanlarında bulunmaktadır.



Şekil 1.2 : 2011-2014 Mart Ayı itibariyle üretim alanında RFID implementasyonu ile ilgili yapılan çalışmaların dergilere göre dağılımı.

Bu dönem içinde yapılan 802 çalışmadan 65 adedi RFID sistem tasarımı ile ilişkilidir. Lim ve diğerlerinin 2013 yılındaki çalışmalarında belirtildiği gibi bu 65 çalışmada da RFID uygulamalarının ayrı ayrı alt alanları için sistem tasarımı ele alınmıştır ve süreçlerin bütünü için yapılacak uygulamalı çalışmalara ihtiyaç olduğu görülmüştür. Yapılan literatür araştırması sonucu çıkartılan bu sonuç üzerine RFID projelerinin gerçeklemesinde takip edilmesi gereken bir yol haritasının oluşturulması çalışma konusu olarak seçilmiş, yapılacak bir uygulama çalışması ile bu yol haritasının somutlaştırılması gerekli görülmüştür.

2. RADYO FREKANSLI KİMLİK TANIMLAMA SİSTEMİ

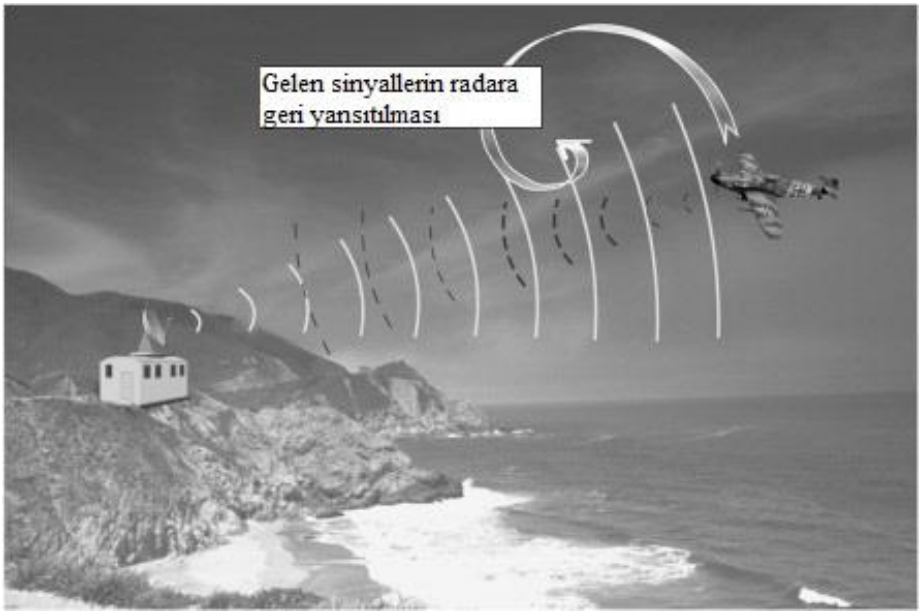
2.1 RFID Teknolojisinin Tarihçesi

Günümüzün yoğun rekabet ortamında, işletmelerin kaynaklarını en iyi şekilde kullanması ve müşterilerine farklı avantajlar sunması, varlıklarını sürdürebilmeleri için en önemli gereksinimlerden biri haline gelmiştir. Teknolojinin yakından takip edilmesinin ve değişime uyum sağlayabilmenin her geçen gün önemi artmaktadır. RFID gibi süreç verimliliklerine olan katkılarıyla rekabet avantajı ve maliyet azaltma gibi faydalar sağlayan teknolojiler de giderek daha çok işletme ve sektörün ilgisini çekmektedir. İlk olarak 2. Dünya Savaşında tonlarca patlayıcı taşıyan düşman uçaklarının erken tespit edilebilmesi için kullanılmış olan RFID teknolojisi, o tarihten günümüze kadar teknolojideki hızlı ilerleme ve kullanım maliyetlerinin karşılanabilir seviyelere gelmesi ile başta lojistikte olmak üzere hayvancılıktan sağlığa birçok alanda karşımıza çıkmaktadır.

Teknolojinin temeli, İngiliz bilim adamı Michael Faraday'ın 1846 yılında ortaya koyduğu radyo dalgalarından elektromanyetik enerji oluştuğu gerçeğine dayanmaktadır. Faraday'ın elektrik yüklerinin birbirlerini etkilemelerinin yanı sıra çevrelerini de etkilediklerini keşfetmesi, radyo dalgalarının bulunmasına ışık tutmuştur. Aynı yüzyıl içinde elektromanyetik dalga teorisi geliştirilmiştir. 1887 yılında Alman Fizikçi Heinrich Rudolf Hertz ilk defa radyo dalgalarının alınıp gönderilebilmesini başarmış ve yüzyılın sonlarında İtalyan bilim adamı Guglielmo Marconi radyoyu icat etmiş, aynı zamanda ilk defa radyo sinyallerinin kıtalar arası gönderilip alınabilmesini başarmıştır (Landt, 2005).

20. yüzyıl başlarında icat edilen ve radyo dalgalarının yansıması ile objelerin yerinin tespit edilmesini sağlayan radar 2. Dünya Savaşı'nda saldırıya gelen düşman uçaklarının tespit edilmesi için kullanılmış fakat ilk zamanlarda gelen uçakların dost mu düşman mı olduğu anlaşılmaması problemler yaratmıştır. Dost uçakların, radarın yaydığı radyo sinyallerini dönüştürerek geri yansıtması ile radarda tespit edilen uçakların dost mu düşman mı olduklarının anlaşılması radyo frekansları ile kimlik

tanımlama teknolojisinin ilk kullanıldığı yerdir (Dobkin, 2008). Şekil 2.1 radardan gelen sinyalin dost uçaktan dönüştürülerek geri yansıtılmasını göstermektedir.



Şekil 2.1 : Radar operatörü ile iletişim için geri saçılan radyo dalgalarının kullanımı (Dobkin, 2008)

20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren bellek çipleri, mikro işlemciler, entegre devre ve yazılım teknolojileri konularındaki gelişmeler ile RFID teknolojisinin kullanımı hızla yaygınlaşmıştır (Üstündağ, 2008).

1970'li yılların başında 1 bitlik etiketlerin malzeme üzerinde var olup olmadığının kontrolünün sağlanması ve sadece uyarı sinyallerinin verilmesi ile malzeme ve ürünlerin elektronik olarak izlenebilmesine olanak yaratan sistemler geliştirilmiştir. Özellikle giyim mağazalarında ve kütüphanelerde hırsızlığa karşı kullanılan, pil içermeyen, ucuz ve basit pasif etiketler içeren bu sistemler, bugünkü RFID uygulamalarının temelini oluşturmuştur (Üstündağ, 2008).

1970'li yıllarda RFID uygulamaları denetleme değil daha çok tanımlama amaçlı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Entegre devreler içeren RFID etiketler, imalat süreçlerinde ürün izleme, araç izleme, çiftlik hayvanlarının tanımlanması ve izlenmesinde kullanılmaya başlanmıştır. 1980'lerin başında demiryolu araçlarının izlenmesinde, 1990'larda Amerika, İtalya, Fransa, İspanya, Portekiz ve Norveç'te köprü ve otobanlarda otomatik ödemeli geçiş sistemlerinde kullanılmıştır. Aynı yıllarda RFID tabanlı giriş kontrol sistemleri de çeşitli endüstrilerde kendine yer bulmuştur. Güvenlik amaçlı olarak kapı girişlerinde gerekli kontrolün sağlanmasında

bu sistemlerden yararlanılmaktadır. Özellikle otomobil üreticileri, araç motorlarının izinsiz çalıştırılmasını engellemek için RFID entegre anahtarlar kullanmaktadır (Üstündağ, 2008).

1991 yılında, elektronik sistemler konusunda dünyanın en büyük şirketlerinden biri olan Texas Instruments, sadece RFID teknolojisine yönelik TI-RFID adlı yeni bir şirket kurmuştur. Bu şirket Amerika'da bu teknoloji ile ilgili yeni sistemlerin geliştirilmesine ve uygulamaların oluşmasına öncülük etmiştir (Üstündağ, 2008).

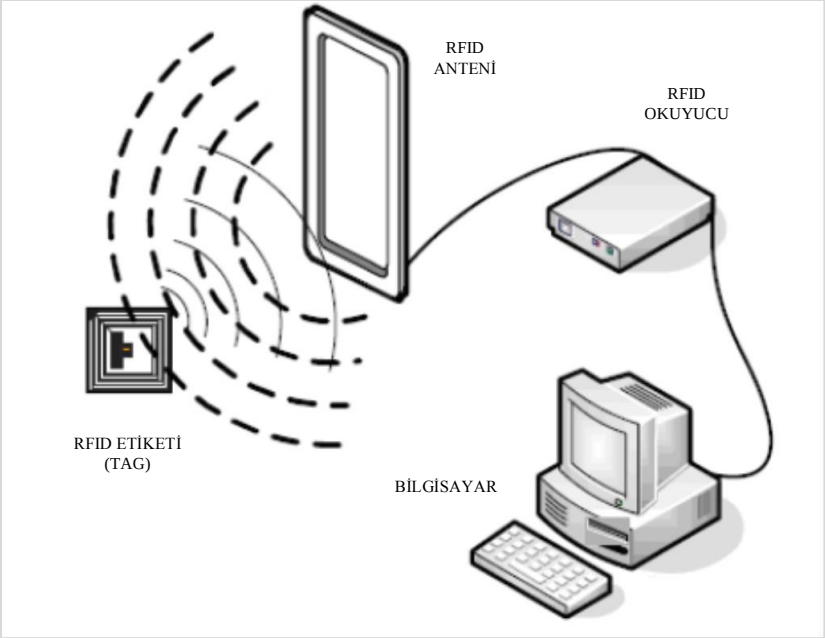
1990'lı yıllara kadar RFID uygulamalarının çoğu düşük frekans (LF) ve yüksek frekans (HF) sistemlerden oluşmaktaydı. Bunlar daha çok giriş kontrol sistemleri, hayvan tanımlama ve izleme, havayolları bagaj izleme, ödeme ve müşteri sadakat kartları, otomobil hırsızlığının engellenmesi, elektronik parça izleme (EAS), doküman izleme ve spor aktiviteleri uygulamalarında kullanılıyordu. Bu sistemlerin veri okuma hızı ve menzili daha düşük olmakla birlikte, hız limitleri bu sistemlerde belirli bir zaman dilimi içinde yüzlerce etiketin okutulabilmesini engellemektedir. 1990'ların sonunda ultra yüksek frekans pasif (UHF) etiketler, palet, kutu izleme, stok kontrol ve lojistik yönetimi gibi tedarik zinciri sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Üstündağ, 2008).

2000'li yılların başlarında perakende sektöründeki pilot uygulamalar teknolojinin bugünkü aşamasına gelmesine önemli ölçüde katkı sağlamıştır. Wal-Mart, Metro, Marks and Spencer (M & S) ve Tesco gibi öncü firmaların pilot uygulamaları, RFID teknolojisinin yaygınlaşması ve pazarının genişlemesi açısından çok önemli bir yere sahiptir (Üstündağ, 2008).

Günümüzde RFID teknolojileri özellikle lojistik ve tedarik zinciri yönetimi alanında karşımıza çıkmaktadır (Zhu ve diğerleri, 2012). Bununla birlikte RFID teknolojileri; üretim, depo yönetimi, taşımacılık, perakendecilik, dijital doküman, tarım, trafik, çabuk bozulan gıda maddeleri, giyim sektörü, sağlık, hayvancılık, kişi tanımlama, güvenlik sistemleri, finans ve askeriye gibi birçok alanda farklı kullanım şekilleri ile karşımıza çıkmaktadır (Ilie-Zudor ve diğerleri, 2011).

2.2 RFID Teknolojisi Nedir?

Radyo Frekanslı Kimlik Tanımlama (RFID) Sistemi, etrafında anten sarılı olan bir mikroçip (etiket) ve bir okuyucudan oluşan otomatik tanıma sistemidir (Üstündağ, 2008). Diğer bir tanımla RFID sistemleri, tanımlama, yerleşim, dönüşüm ve zaman ile ilgili verinin insan müdahalesi olmadan hızlı ve basit şekilde depolanmasını sağlayan bir teknoloji altyapısıdır (OTA Training, 2006). Veri ve enerji transferinin, etiket ve okuyucu arasında temas olmadan sağlanabildiği RFID teknolojisi; organizasyonların, ürünün değer zinciri aşamalarındaki görülebilirliği ve izlenebilirliği yeteneğinde kayda değer bir gelişim sağlar (Kamoun, 2009). Şekil 2.2' de basitçe gösterilmiş olan RFID sisteminin çalışma prensibi; aynı frekanstaki radyo dalgalarını kullanarak, bir etiket ile okuyucu arasında kablosuz veri iletişiminin sağlanması ilkesine dayanır.

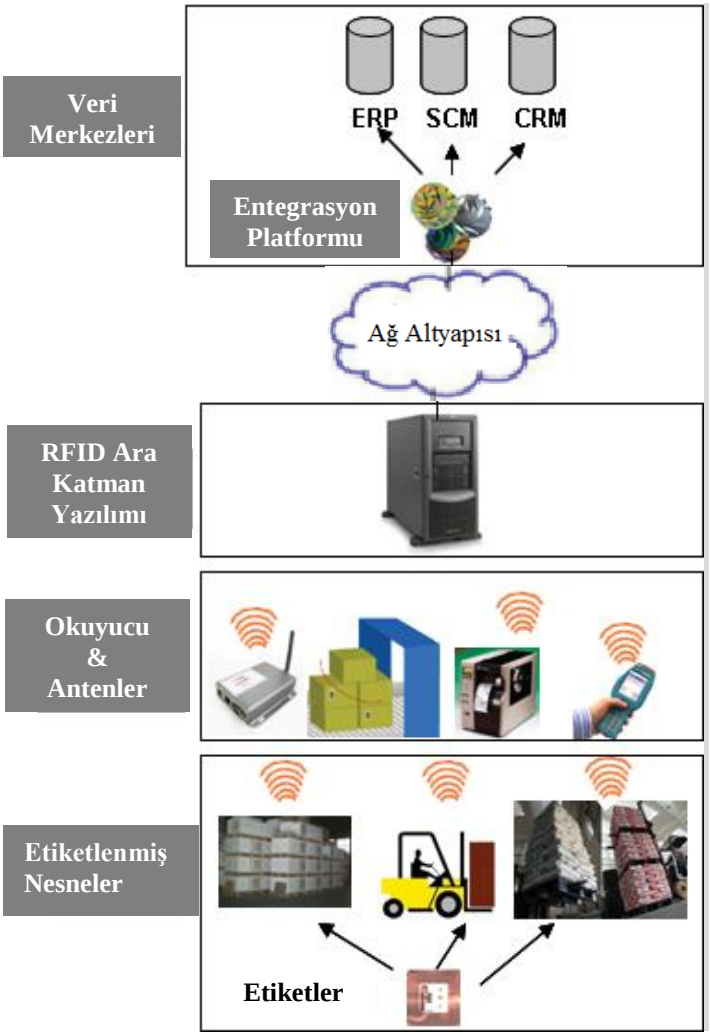


Şekil 2.2 : RFID Sistemi (Atlas RFID Solutions).

Okuyucu anten aracılığı ile belli bir frekansta elektromanyetik dalgalar yayar. RFID etiketi uygun bir mesafede ise, yayılan bu dalgalar etiketin anteni vasıtasıyla algılanır. Pasif etiketlerde[1] yayılan bu dalgalar aynı zamanda etiketin anteni üzerinde elektrik akımı oluşmasına sebep olur. Pasif etiketlerde oluşan bu enerjiyi, aktif etiketlerde[1] ise etiketin kendi taşıdığı destek pilden üretilen enerjiyi kullanan RFID etiketi, kendi kendini düzenleyip şifreleyerek bunları elektromanyetik dalgalar ile tekrar okuyucuya gönderir. Okuyucu etiketten gelen sinyalleri alarak ilgili şifreleri ve kodları çözüp düzenleme işlemini de yaptıktan sonra, bilginin daha fazla işlenebilmesi için ana bilgisayar sistemine gönderir (Guoyu ve Zhenkai, 2011).

2.3 RFID Sistemlerinin Bileşenleri

RFID sistemi en basit şekilde, üzerinde RFID etiketi olan bir nesne ve etiket ile uyumlu şekilde çalışacak RFID okuyucu ve okuyucudan alınan verileri bilgiye dönüştürecek ve depolayacak veri işleme sisteminden oluşmaktadır (OTA Training, 2006). Kamoun, 2009'a göre RFID sistemlerinin altı temel bileşeni vardır: RFID etiketi (RFID tag), okuyucu (reader - transceiver), okuyucu anteni, ara katman yazılımı(middleware), veri merkezi (data center/back-end RFID enterprise service), ağ altyapısı (network infrastructure). Şekil 2.2 RFID sisteminin bileşenlerini göstermektedir.



Şekil 2.3 : RFID sisteminin bileşenleri (Kamoun, 2009)

2.3.1 RFID Etiketi

Bilgiyi taşıyan, izlenen öğeyi tanımlayıcı cihazdır. Etrafı anten ile sarılı bir mikroçipten oluşan RFID etiketi, benzersiz olarak tanımlanmış kimlik ve tanımlayıcı

bilgiler ile programlanmıştır. (Kamoun, 2009). RFID etiketleri bellek özellikleri sayesinde çoğunlukla kimlik tanımlamada kullanılmaktadır ancak sensörlerle entegre edilerek; sıcaklık, nem, hava basıncı vb. çevresel durumların ölçüm değerleri için de gerekli bildirimleri yapabilirler. Okunabilme mesafesi 1 cm'den metrelerce mesafeye kadar değişebilen etiketlerin enerji kullanımına göre üç farklı türü vardır: Pasif RFID etiketi, aktif RFID etiketi ve yarı pasif RFID etiketi. (Kamoun, 2009).

Pasif Etiket: Kendisine ait enerji kaynağı olmayan etiket türleridir. RFID okuyucuların oluşturduğu elektromanyetik alan, içinde kalan etiketin anteninde bir akım oluşturur. Bu akım, mikroçipteki verilerin işlenmesi için yeterlidir. Gerekli enerjinin sağlanması ile pasif etiket aktive olur ve taşıdığı bilgilerin okunması ya da güncellenebilmesi için okuyucu ile veri alış verişi yapabilir. Pasif RFID etiketleri uzun süreli kullanıma uygun olmakla beraber orta ve kısa mesafeli okumalarda etkilidir. (Kamoun, 2009).

Aktif Etiket: Aktif RFID etiketleri enerjilerini, üzerlerinde taşıdıkları pillerden üreterek karşılarlar. Pasif etiketlere göre yüksek maliyetlidir ve sınırlı pil ömürlerine sahiptirler. Öte yandan uzun mesafelerde çekim gücüne sahiptirler.(Kamoun, 2009). Pasif etiketlerde okuma mesafesi 5-10 metre ile sınırlı iken aktif etiketlerde bu mesafe 300 metreye kadar çıkabilmektedir (Üstündağ, 2008).

Yarı Aktif Etiket: Yarı aktif RFID etiketlerinin davranışı pasif RFID etiketine benzerlikler içerir. Normal şartlarda pasif haldedirler ancak okuyucudan sinyal alınması ile aktive olurlar. Aktive olan etiket, aktif etiketlerde olduğu gibi enerjisini taşıdığı pilden üretir. Pasif RFID etiketlerinden daha uzak mesafelerden de okunabilmektedir ancak aktif RFID etiketleri gibi sınırlı pil ömrüne sahiplerdir. (Kamoun, 2009).

Bhuptani ve Moradpour 2005'de etiketlerinin kullandığı enerji kaynağına göre RFID sistemlerinin karşılaştırılması geliştirilerek Çizelge 2.1' de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 : RFID etiketlerinin kullandığı enerji kaynağına göre RFID sistemlerinin karşılaştırılması.

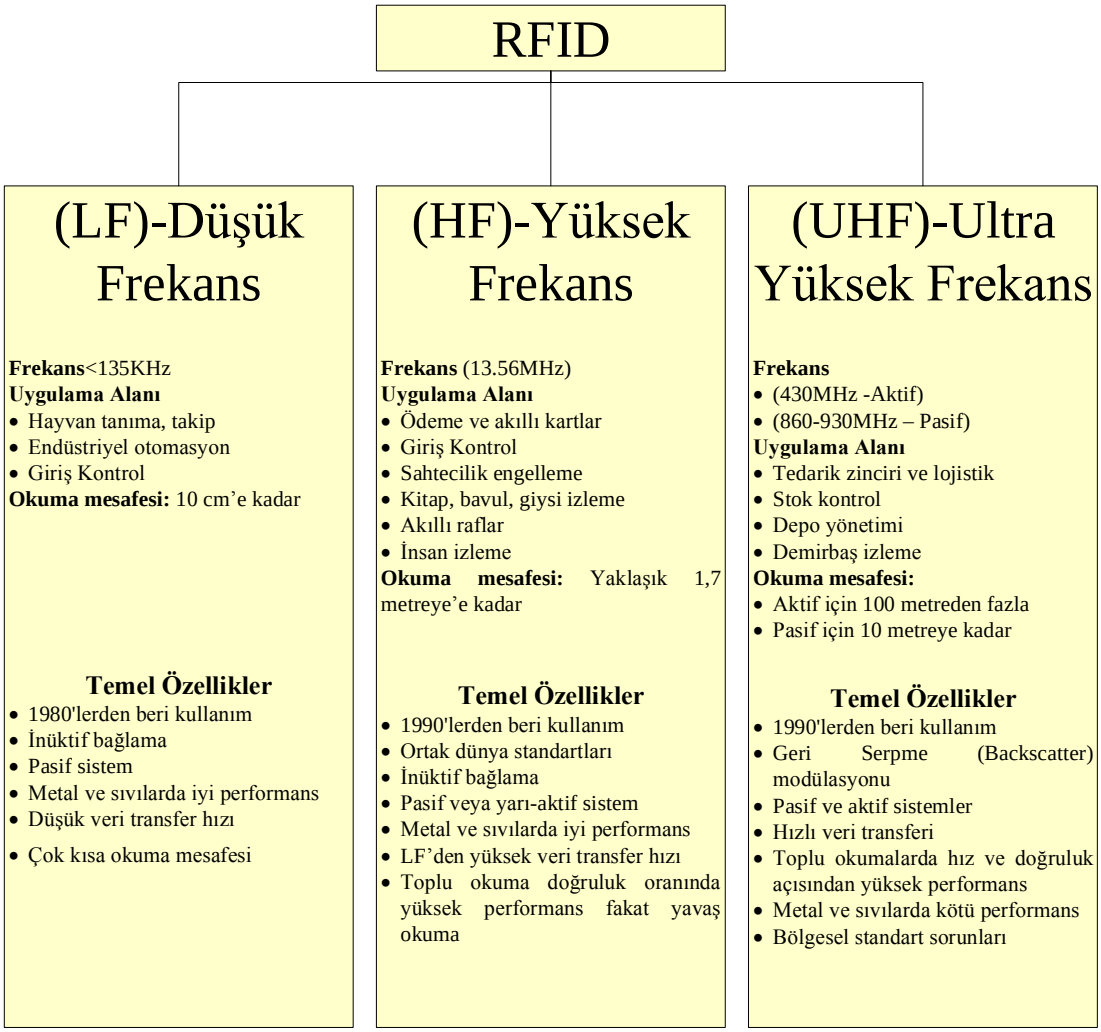
Etiket Tipi	**Avantajlar**	**Dezavantajlar**
Pasif	• Düşük maliyetli, • Çalışması için enerji kaynağı (pil) ihtiyacı yok • Uzun ömürlü • Daha küçük boyutlarda üretilebilme	• Aktif etiketlere göre daha kısa okuma mesafesi • Daha düşük okuma doğruluğu, • Düşük bellek kapasitesi • Sadece okuyucu sinyal yolladığında sinyal gönderebilme
Aktif	• Daha uzak okuma mesafesi • Yüksek okuma doğruluğu • Sürekli sinyal gönderebilme • Yüksek bellek kapasitesi	• Çalışması için pil gereksinimi • Pil bakımı gereksinimi • Yüksek Maliyet • Boyutlarının küçültülememesi
Yarı Aktif	• Pasif etiketlere göre daha yüksek okuma mesafesi • Pasif etiketlere göre daha doğru okuma performansı • Aktif etiketlere göre daha uzun pil ömrü • Aktif etiketlere göre daha düşük maliyet	• Pasif etiketlere göre yüksek maliyet • Sürekli sinyal gönderememe

RFID etiketleri bellek özelliklerine göre de üçe ayrılmaktadır; sadece okunabilen etiketler, okunabilme ve bir kez yazılabilme özelliği olan etiketler ve üçüncü olarak yeniden (çok defa) yazılabilen ve okunabilen etiketler. Ayrıca RFID etiketleri tasarım şekillerine göre de ikiye ayrılırlar; Çipsiz etiketler ve entegre devresi olan çipli etiketler (Bhuptani ve Moradpour, 2005). Bu çalışmada RFID etiketi denildiğinde entegre devresi olan çipli etiketler kastedilmektedir.

2.3.2 Okuyucu

RFID etiketlerinin varlığını algılayıp onlarda saklanan bilgileri okumak için anten üzerinden radyo iletişimini sağlar. Okuyucunun RFID etiketlerini okumak dışında bunlara veri yazabilme, pasif etiketler için güç sağlama, etiketin kimlik doğrulaması, RFID verilerinin şifrelenmesi gibi fonksiyonları da vardır. Etiketlerden aldığı bilgiyi başka sistemlere (örnek: ara katman yazılımları) aktarabilir. (Kamoun, 2009). RFID sistemlerinde ele alınması gereken önemli konulardan biriside RFID okuyucusunun

ve etiketinin eşleşmesinde sistemin çalıştığı frekanstır. Farklı frekanslarda RFID sistemlerinin özellikleri Bhuptani ve Moradpour 2005'de ki çalışmaları genişletilerek Şekil 2.3' de gösterilmiştir.



Şekil 2.4 : Farklı frekanslarda RFID sistemlerinin özellikleri (Bhuptani ve Moradpour, 2005).

2.3.3 Okuyucu Anteni

Okuyucu ve etiketler arasında iki yönlü RF iletişimini mümkün kılar. Okuyucuya entegre edilmiş olarak ya da tek başına olabilir. Etiket, okuyucu ve okuyucu anteni birlikte "Radyo Frekanslı (RF) alt sistemi" oluşturur (Kamoun, 2009).

2.3.4 Ara Katman Yazılımı

RFID verilerini kurumsal uygulamalar için yararlı bilgiler haline getirebilmek amacıyla toplayıp, süzerek ve işleyerek birleştiren yazılım veya özel donanımlardır. Veriler birden fazla okuyucudan alınabilir. RFID ara katman yazılımının temel rolü,

koordineli ve akıllı bir şekilde organizasyonun merkezi veri havuzları ile RFID mimarisi arasında köprü oluştururken veri merkezinden, radyo frekanslı alt sistemin karmaşıklığı ve uygulama ayrıntılarını gizlemektir (Kamoun, 2009).

2.3.5 Veri Merkezi

Burada ara katmandan gelen süzülmüş RFID verisi, uygulama programı arabirimi-UPA (Application Programming Interfaces- APIs) kullanılarak Depo Yönetim Sistemi (WMS), Tedarik Zinciri Yönetimi (TZY) ve Kurumsal Kaynak Planlama (ERP) gibi var olan kurumsal uygulamalara entegre edilir (Kamoun, 2009).

2.3.6 Ağ Altyapısı

Arka planda çalışan veri merkezini, okuyucuyu ve ara katman yazılımını birbirine bağlayan temel (omurga) altyapıdır. Ayrıca web-sunucusu, veri tabanı sunucusu gibi birçok sunucuya bağlanabilir (Kamoun, 2009).

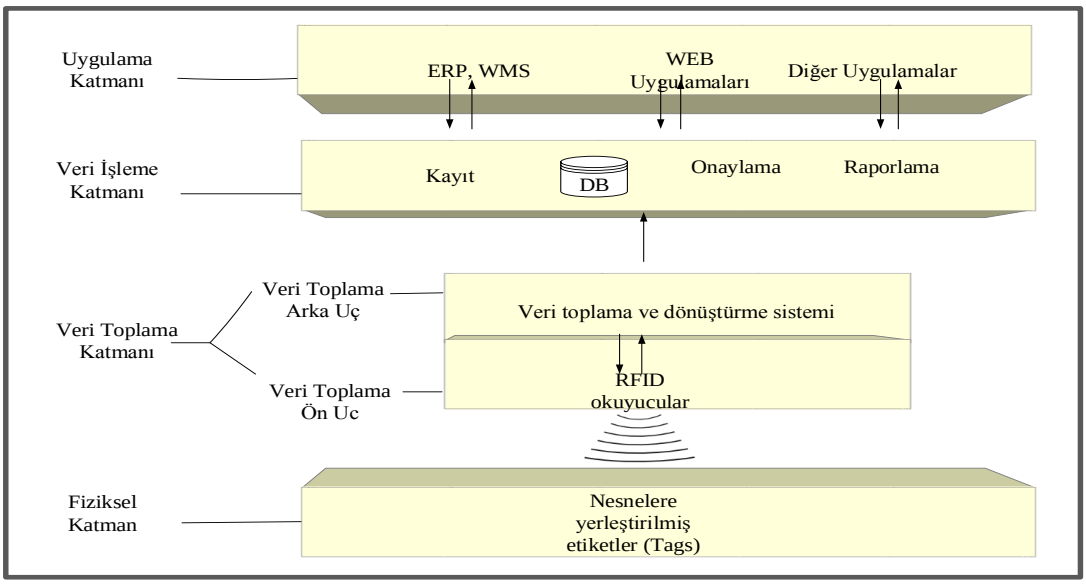
Veri merkezi, ara katman yazılımı ve şebeke altyapısı birlikte sıklıkla kurumsal alt sistem olarak adlandırılır.

RFID sisteminde, bu altı temel bileşen dışında, kurumlar arası alt sistemde bulunabilir. Bu alt sistem, değer zincirinde yer alan kuruluşlar gibi birden çok kuruluşun RFID bilgilerini paylaşabilmelerini sağlar. Kurumlar arası alt sistem, geniş coğrafik alanlara yayılmış büyük organizasyonların birçok bölüm/şubelerinin kendi aralarında RFID bilgilerini paylaşmasını sağlar. RFID sisteminde bir ya da daha fazla kurumsal alt sistem var ise ve bunlara kurumlar arası alt sistem ile bağlanılıyor ise, birden fazla tarafın paylaşılan etiket bilgilerine erişiminin olmasından dolayı böyle sistemlere açık ya da çevrim içi sistemler denir (Kamoun, 2009).

2.4 RFID Sistemlerinin Mimari Alt Yapısı

RFID teknolojisi gerçek zamanlı verilerin yüksek doğruluklarla toplanmasına olanak yaratırken, bu verilerin anlamlı bilgilere dönüştürülebilmesi ile bu teknolojiye yapılan yatırımın katma değeri ortaya çıkacaktır. Bunun için gerekli bilgi sisteminin mimari alt yapısı beş katmandan oluşmaktadır. Bu katmanlar; Fiziksel katman, veri toplama ön uç, veri toplama arka uç, veri işleme katmanı ve uygulama katmanıdır

(Suk ve diğerleri, 2011). Veri toplama ön uç ve veri toplama arka uç birlikte veri toplama katmanı olarak da adlandırılabilir. Bu yapı Şekil 2.5' de gösterilmiştir.

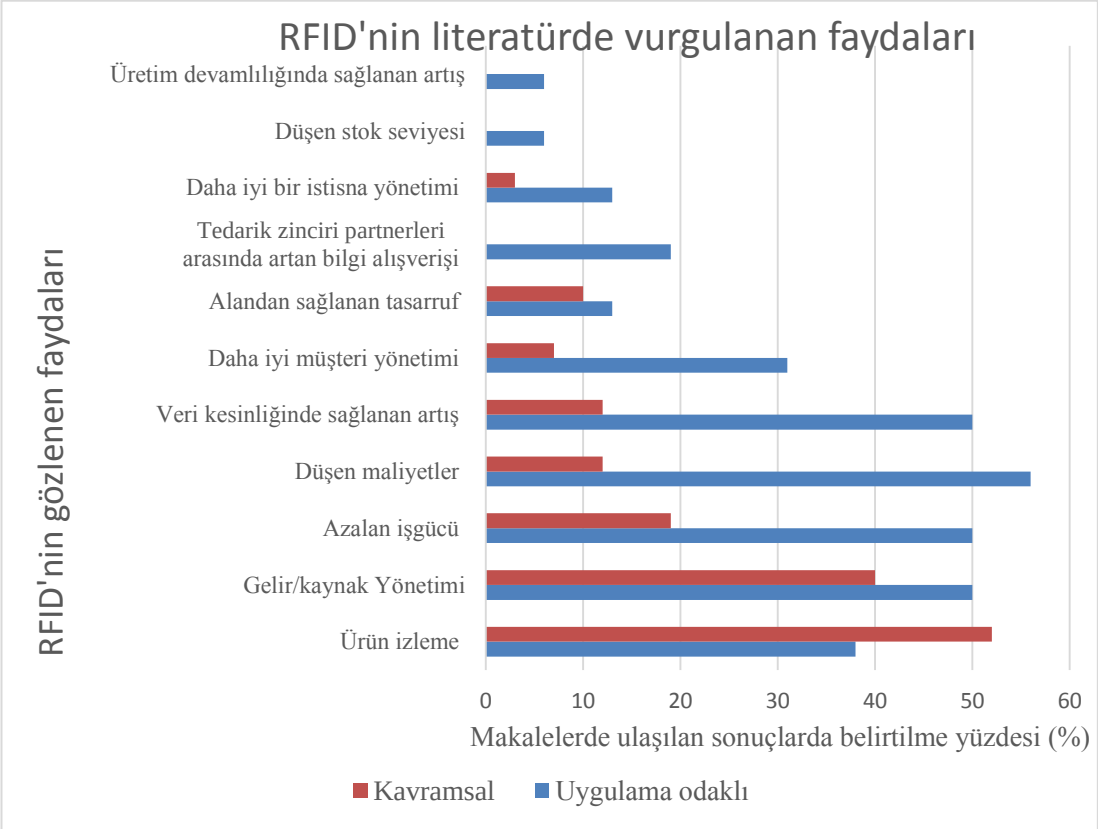


Şekil 2.5 : RFID için bilgi sistemlerinin mimari alt yapısı.

Birinci katman olan fiziksel katmanda nesneler üzerine yerleştirilen RFID etiketlerinde veriler depolanmıştır. Etiketin özelliğine göre bu veriler okunabilir, yazılabilir ya da değiştirilebilir. İkinci ve üçüncü katman birlikte verinin yakalanıp veri işleme merkezinde kullanılabilecek şekilde dönüştürüldüğü katmandır. Veri toplama ön uç olarak adlandırılan katmanda RFID okuyucular ile etiketler üzerinde ki verilerin okunmasını gerçekleşirken veri toplama ve dönüştürme katmanında yığın halindeki veriler açık, anlaşılır, amaca yönelik ve kullanışlı olacak şekilde süzülerek veri işlemi katmanında kullanıma hazır hale dönüştürülür. Veri işleme katmanında, veri toplama katmanından gelen gerçek zamanlı veriler zaman, konum ve diğer verilerle de birleştirilerek raporlar oluşturulur, bazı süreçlerin başlayabilmesi için onaylamalar gerçekleşir ilgili kayıtlar tutularak veri tabanında saklanırlar. Son katman olan uygulama katmanında ise bilgi sisteminin temel iş fonksiyonları gerçekleşmektedir. Veri işleme katmanının veri tabanında ki kayıtlar ve oluşturduğu raporlar, bu katmanı besleyerek yazılım uygulaması için bilgi kaynağı olurlar. Kurumsal kaynak planlama (ERP), depo yönetimi sistemleri (WMS) gibi uygulama yazılımları stok yönetimi, kaynak yönetimi vb. iş süreçlerini desteklerler, kullanıcılar sistemin bu kısmındaki ara yüzleri kullanarak yazılımın fonksiyonlarından faydalanır. Kullanılan WEB uygulamaları da bu katmanın içinde yer alır.

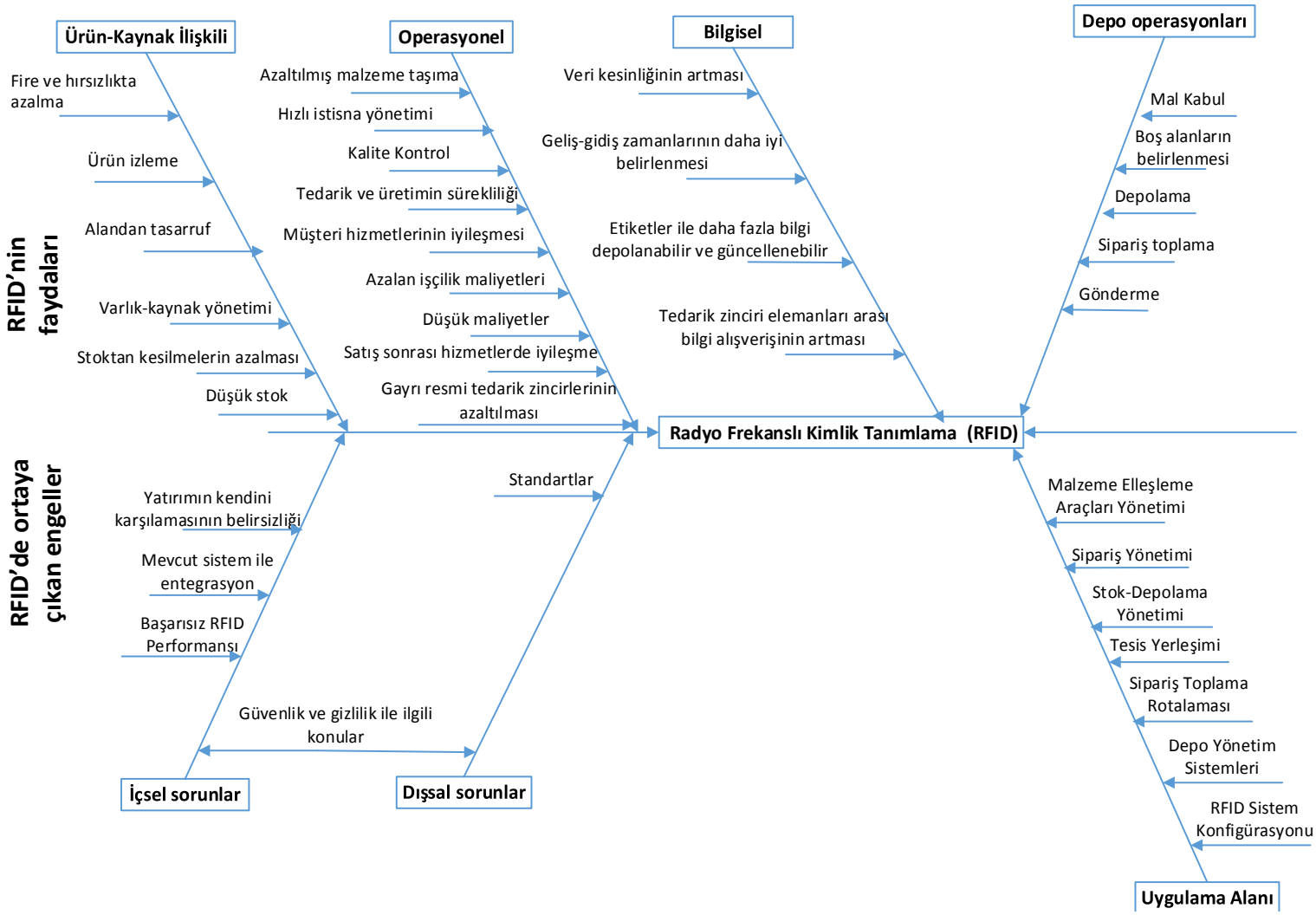
2.5 RFID Sistemlerinin Faydaları, Maliyetleri ve Engeller

Yapılan çalışmalar incelendiğinde RFID sistemlerinin işletmelere çeşitli kazanımlar sağladığı ve süreçlerin iyileştirilmesinde dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır. Lim ve diğerlerinin 2013 yılında yapmış oldukları çalışmada RFID'nin uygulanışı sonucu sağlanan kazanımları ve ortaya çıkan problemleri de literatür çalışmalarına göre gruplandırmışlardır. Buna dayanarak hazırlanan Şekil 2.6' daki grafikten de görüleceği üzere, literatürde en çok vurgulanan kazanımların ürün izleme, düşen maliyetler, gelir-kaynak yönetimi, azalan işgücü ve veri kesinliğinde sağlanan artış olarak saptandığı söylenebilir.



Şekil 2.6 : RFID uygulamalarının faydalarının makale sonuçlarında belirtilme yüzdesi (Lim ve diğerleri, 2013).

Lim ve diğerlerinin aynı çalışmada, depo yönetiminde RFID sistemlerinin kullanımı ile ilgili olarak dikkate alınması gereken faydaları, problemleri ile uygulanabileceği alan ve operasyonları Şekil 2.7' deki gibi belirtmişlerdir.



Şekil 2.7 : Depo yönetiminde RFID sistemlerinin faydaları, engelleri ile uygulandığı alanlar ve operasyonlar (Lim ve diğerleri, 2013).

RFID teknolojisi kurulumu ile sağlanacak faydaların maliyetlere yansıması genel olarak aşağıdaki şekilde ele alınmıştır:

- *İşgücündeki maliyet azalışı:* Şirketler RFID süreçleriyle paletleri, kutuları ve bireysel ürünlerin takibini emek yoğun biçimde sağlayabilir. RFID sensörleri ile bu parçaların belirli ana lokasyonlar arasındaki hareketleri izlenebilir. Proses otomatik olduğundan işçilik maliyetleri azalır. RFID entegre süreçler ile kaynaklar, stratejik diğer görevler için kullanılabilir. Dahası, işçilik maliyetlerini azaltarak veri akışları süreklilik kazanır.
- Stoklardaki maliyet azalışı: Kesin ve gerçek zamanlı izlenebilirlik, tedarik zincirinde tam zamanında iş akışının sağlanması ve fazla stoğun ortadan kalkması açısından oldukça kritiktir. RFID ile izlenebilirlik ile gereğinden fazla stok azaltılır bu da depodaki boş alanın artmasını sağlar ve depo içi akış arttırılır.(depoya daha sık mal giriş-çıkışı sağlanır). Bunun yanı sıra, RFID ile talep tahmini daha sağlıklı yapılır ve azaltılan güvenlik stokları ile sipariş verme sıklığı artar (Üstündağ ve diğerleri, 2010)
- *Kayıp satış maliyetinin azaltılması*: RFID entegre süreçler ile malzemelerin hazır olup olmadığı rahatça kontrol edilebilir. Bu durum özellikle tedarik zincirinde stok kesinliğini sağlar. RFID ürün ve depo izlenebilirliği ile sadece müşteri ihtiyaçlarının karşılanması garanti edilmez, ayrıca kayıp satış miktarı azalır. Kayıp pazar payı bu sayede geri kazanılabilir (Kasiri, 2010).
- *Fire maliyetlerinin azaltılması*: Üretim süreçlerinde gözlenen kayıplar ve yeni ürünlerin depoya ulaşması ile eskiyen-unutulan ürünler firmalar için oldukça büyük maliyetler oluşturur. Depo sayımı sırasında ortaya çıkan hırsızlık vb. sebeplerden kaynaklanan nedensiz kayıplar ile eskime, çürüme gibi sebeplerden dolayı deforme olan ürünlerin saptanması oldukça zor bir süreçtir. RFID ile sağlanan arşiv okuma kesinliği ile depodan üretim süreçlerinde izlenebilirlik ve parçaların güvenliği sağlanır (Üstündağ ve diğerleri, 2010).
- *İmaj kaybı ve müşteri cezalarından kaynaklı maliyetlerin azaltılması:* Ürünlerin müşteriye sevk edilmesi esnasında ortaya çıkan karışıklıklar nedeniyle müşterilere yanlış ürün, eksik ürün ya da fazla ürün gönderilmesi çeşitli problemlere neden olabilmektedir. Bu problemlerin başında müşteri

gözündeki imajın zedelenmesi ve var ise hatalardan kaynaklı cezalar yer almaktadır. İmaj kaybı müşteri kaybına dönüşebilirken cezalar ise ciddi maddi maliyetler oluşturabilmektedir. RFID teknolojisi ile ürün izlenebilirliğindeki artış ve manuel süreçlerin azaltılması sonucu operasyonel faaliyetlerin yönetimi kolaylaşır ve yapılan hataların azaltılması sağlanır (Rekik, 2006).

RFID sistemlerinin sunduğu kazanımların maliyetlerinin de ne olacağı belirlenebilmelidir. Çevikcan ve Üstündağ'ın yapmış olduğu çalışmaya göre RFID teknolojisinin temel maliyetleri dörde ayrılmaktadır:

- *Donanım maliyetleri:* Genel olarak etiket, okuyucu, anten, bilgisayar, yazıcı ve ağ ekipmanlarından oluşmaktadır.
- *Yazılım maliyetleri*: Ara katman yazılımı ile bu yazılımın güncellenmesi süreçlerinde ortaya çıkar.
- *Hizmet maliyetleri*: Kurulum maliyeti, diğer araçların RFID teknolojisine entegrasyonu, yeni uygulanan RFID teknolojisi hakkında çalışanların eğitilmesi ve danışmanlık hizmetleri maliyetlerini içerir.
- *Bakım maliyetleri*: Teknik destek ve bakım-onarım maliyetlerinden oluşur.

RFID sistemlerinin fayda ve maliyetlerinin yanı sıra RFID projelerinde karşılaşılan engellerinde bilinmesi gereklidir. Bu engeller;

- Donanım ve etiketlerin maliyetleri
- Mevcut sisteme entegrasyon için bilgi sisteminde, network altyapısında ve üretim süreçlerinde yapılacak değişikliklerden kaynaklanan maliyetler ve problemler
- Geliştirilecek sistemden elde edilecek verilerin kimlerin kontrolünde olacağının belirsizliği
- Organizasyonun değişikliklere hazır olmaması
- Müşteriler ile ilgili veri gizlilikleri ile ilgili meseleler
- Projelerin zaman çizelgeleri ve sözleşmelerde ki boşluklar
- Yatırımın kendini karşılamasındaki belirsizlik
- Başarısız RFID projeleri

2.6 RFID Sistemlerinin Fizibilite Analizi

RFID sistemlerinin fizibilite analizi için proje teknik, ekonomik ve organizasyonel olarak ele alınmalıdır.

2.6.1 Teknik Fizibilite

Projenin teknik fizibilitesi yapılırken aranan cevap "RFID sistemi başarılı bir şekilde tasarlanarak geliştirilip kurulabilir mi?" sorusunun yanıtıdır. Bu analiz esnasında kurulan ekibin ve kullanıcıların düşünülen uygulamaya yatkınlığı projenin teknik yapılabilirliği açısından önemli etkenlerden biridir. Diğer önemli bir etken de kullanılacak teknolojiye yatkınlıktır. Organizasyonların daha önceden kullanmadıkları bir teknolojiye geçecek olmaları durumunda, yeni teknolojinin nasıl kullanılacağı hakkında öğrenme ihtiyacından dolayı problemlerin ve gecikmelerin yaşanması riski mevcuttur (Dennis ve diğerleri, 2012). RFID teknolojisi yeni bir teknoloji olmasa da birçok endüstride son yıllara kadar hem ekonomik hem de teknolojik sebeplerden dolayı kullanılamamıştır. Birçok endüstri bu teknoloji ile yeni yeni tanışmakta, buna bağlı olarak ortaya çıkabilecek problemlerin öngörülememesi RFID projelerindeki riskleri daha da artırmaktadır. Projenin büyüklüğü de teknik fizibilite analizi yapılırken dikkate alınması gereken önemli etkenlerden biridir. Proje büyüdükçe aynı anda birlikte çalışan birçok sistemi içermeye başlar ve daha da karmaşıklaşarak yönetilmesi zor bir hal alır. Son olarak teknik fizibilite açısından önemli etkenlerden biri de kurulması planlanan yeni sistemin var olan sisteme uyumluluğudur. Planlanan projenin mevcut sistemle entegrasyonu esnasında uyumsuzluklardan kaynaklı her türlü değişiklik projenin uygulamasında karşılaşılacak riskleri arttıracaktır (Dennis ve diğerleri, 2012).

2.6.2 Ekonomik Fizibilite

Ekonomik fizibilite yapılırken aranan cevap "bu sistemi kurmalı mıyız?" sorusunun cevabıdır. Ekonomik fizibilite analizi projenin maliyetinin ve faydalarının belirlenmesine dayanır (Dennis ve diğerleri, 2012). RFID teknolojisinin kurulumu ile ortaya çıkacak maliyetler ve RFID uygulandıktan sonra sağlayacağı faydalar, RFID teknolojisinin firmada uygulanabilirliği araştırılırken ve çözüm uygulanması aşamasında dikkat edilmesi gereken en önemli noktalardan biridir. Bu aşamada RFID'nin ekonomik getirisi araştırılırken maliyet kalemlerinin belirlenmesi ve RFID

teknolojisinin getirisinin tahmin edilmesi şarttır. Fayda ve maliyetlerin net olarak ortaya konmasından sonra ekonomik fizibilitenin yapılabilmesi için bunların maddi değerlerinin belirlenmesi gerekir (Dennis ve diğerleri, 2012). Fayda ve maliyetlere atanan değerler üzerinden nakit akışlarına bağlı olarak projenin finansal değeri ölçülür. Bu analizin sonucunda, projenin getirdiği fırsatlar ve riskler anlaşılır. Ekonomik analizin adımları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Fayda ve maliyetlerin sayısallaştırılabilir biçimde belirlenmesi,
- Fayda ve maliyetlerin değerlerinin atanması,
- Proje ile kurulacak sistemin ömrünün ve bu süre için nakit akışlarının belirlenmesi,
- Aşağıdaki yöntemlerden bir ya da daha fazlasının kullanılması ile projenin ekonomik fizibilitesinin hesaplanması;
  - Yatırımın Net Şimdiki Değeri (Net Present Value-NPV): Yatırımın şimdiki değeri; toplam faydanın şimdiki değeri ile toplam maliyetin şimdiki değerinin farkıdır.

    PV: Nakit akışının şimdiki değeri

    n: nakit akışının tekrarlandığı dönem sayısı olmak üzere

$$PV = \frac{\text{Nakit Akışı Miktarı}}{(1 + Getiri\ Oranı)^n} \tag{1.1}$$

    Yukardaki 1.1 formülü ile hesaplanan nakit akışlarının şimdiki değerlerinin aşağıdaki 1.2 formülünde kullanılması ve ilk yatırım maliyetlerinin de hesaba katılması ile yatırımın net şimdiki değeri hesaplanır.

$$NPV = \sum PV\ of\ Toplam\ Fayda - \sum PV\ of\ Toplam\ Maliyet \tag{1.2}$$

    Yatırımın şimdiki değeri pozitif olduğu sürece yatırım ekonomik olarak değerlendirilir.
  - Yatırımın Karlılığı (Yatırımın Getirisi) (Rate on Investment-ROI): Yatırımdan elde edilen karın (toplam fayda ile toplam maliyet farkı) toplam maliyete oranı olarak tanımlanır. Formül 1.3 deki gibi hesaplanır.

$$ROI = \frac{\sum PV\ of\ Toplam\ Fayda - \sum PV\ of\ Toplam\ Maliyet}{\text{İlk Yatırım Maliyeti}} \tag{1.3}$$

ROI değeri ne kadar yüksekse yatırımın getirisinin yanında maliyetler o kadar önemsizleşir. Yine de yüksek ROI değerinin ne olduğu açık değildir ve diğer yatırım olanakları ve şartlara bağlı olarak yorumlanmasından farklı sonuçlara varılabilir; dolayısıyla tek başına projenin değerini ölçmekte yeterli değildir.

- Başa Baş Noktası Analizi (Break-Even Point BEP) : Yatırımın kendini geri ödeme süresi ya da kurulan sistemin faydalarının yapılan yatırımı karşılama süresidir. NPV' nin negatif değerden pozitif değere geçtiği n. dönem yatırımın kendini karşıladığı BEP değerini verir. Yatırımın kendi maliyetini ne kadar sürede karşılayacağı karar vericiler için önemli bir faktördür (Dennis ve diğerleri, 2012).

2.6.3 Organizasyonel Fizibilite

Fizibilite analizinin son aşaması olan organizasyonel fizibilite, organizasyonun devam eden çalışmaları ile uyumlu olarak sistemin son kullanıcılar tarafından ne kadar kabullenileceği değerlendirilmesidir. Organizasyonel fizibilitede asıl olarak "Biz kurarsak, onlar katılır mı?" sorusuna yanıt aranır.

Projelerin uygulanması sırasında dikkat edilmesi gereken pek çok organizasyonel durum vardır, bu nedenle organizasyonel fizibilitenin değerlendirilmesi oldukça zordur. Ancak organizasyonel fizibiliteyi değerlendirmek için bazı yollar vardır. Bunlardan ilki, projenin amaçlarının organizasyonun amaçlarına uygunluğudur. Projeler ancak organizasyonel amaçlara uygun ve uyumlu ise başarıya ulaşabilir. İkincisi, projeyi sahiplenecek şirket ortaklarının ve organizasyonel yönetimin desteğini almaktır. Bu sayede projeyi daha çok çalışan sahiplenir ve proje için daha fazla kaynak ayırılır. Son olarak da, projede çalışacak elemanlara karar verme süreci ve kararlar üzerine bilgilendirme yapılması, proje elemanlarının projeyi kendi açılarından değerlendirmelerine olanak tanır ve projeye katılımı arttırır (Dennis ve diğerleri, 2012).

3. RFID SİSTEMLERİNİN KURULUMU

RFID teknolojisindeki hızlı gelişmeler teknolojiyi birçok sektörde uygulanabilir kılarken maliyetlerdeki azalmalar da, işletmelere artan izlenebilirlik, görünürlük, süreç verimliliği vb. faydalar sağlayan bu teknolojiye olan ilginin artmasına neden olmuştur. Ancak teknolojinin birçok sektör için yeni olması, kullanımı aşamasında aşılması gereken birçok zorluğu da beraberinde getirmektedir. RFID uygulamalarını kullanmaya başlayan ya da kullanmayı planlayan işletmelerin sistematik adımlarla ilerlemeleri projenin başarıyla yürütülebilmesi için gerekliliktir. Bu bölümde RFID uygulamalarının projelerinde beklenmeyen başarısız sonuçlar ile karşılaşılmaması için takip edilmesi gereken adımlar açıklanacaktır. Sistem analizi ve tasarımının aşağıdaki temel aşamalarla gerçekleştiği söylenebilir (Eyecioğlu, 2009):

1- Planlama

2- Analiz

3- Tasarım

4- Gerçekleme

5- Geliştirme

Çalışmada yukardaki genelleşmiş sistem tasarımı ve geliştirilmesi yaklaşımı temel alınarak RFID sistemlerinin tasarımı ve entegrasyonu aşamaları aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur:

1- Hazırlık ve Planlama Aşaması

2- RFID Sistemini Geliştirme ve Gerçekleme Aşaması
   - Mevcut Durum Analizi
   - RFID Sistem Tasarımı
     - Yeni süreç ve çözüm önerilerinin geliştirilmesi
     - Uygun donanım ve yazılımın seçilmesi
     - Detaylı fizibilite çalışması
   - RFID Sisteminin Gerçeklenmesi

3- RFID Sistemini Sürdürme ve İyileştirme Aşaması

Çizelge 3.1 bu aşamaları ve detaylı kapsamlarını göstermektedir.

Çizelge 3.1 : RFID Sistemlerinin Tasarım ve Entegrasyon Aşamaları.

RFID Sistemlerinin Tasarımı ve Entegrasyonu	
Aşama	**Kapsamı**

Hazırlık ve Planlama Aşaması	• RFID teknolojisi hakkında bilgilenme
	• Mevcut sistemdeki problemlerin analizi
	• İhtiyaçların belirlenmesi
	• Proje amaç ve hedeflerinin belirlenmesi
	• Proje ekibinin oluşturulması
	• Proje sınırlarının belirlenmesi (kapsam-bütçe)
	• Projeye gerekli destek sağlanması
	• Ön fizibilite çalışması
	  − Teknik
	  − Ekonomik
	  − Organizasyonel
	• Proje planının hazırlanması ve proje için kaynakların atanması

Geliştirme ve Gerçekleme Aşaması	• ***Mevcut Durum Analizi***
	  − Veri Toplama (organizasyon şemaları, süreç diyagramları, performans ölçütleri, malzeme, makine ve işçilik ile ilgili verilerin toplanması, donanım ve malzeme araştırması)
	  − Saha Analizi (süreç ve çevre analizleri)
	• ***Tasarım***
	  − Çözüm önerilerinin ve yeni süreçlerin geliştirilmesi,
	  − Çalışma frekansının belirlenmesi,
	  − Etiket alternatiflerinin belirlenmesi,
	  − Donanım ihtiyaçlarının belirlenmesi,
	  − Ön test senaryolarının belirlenmesi düzeneklerin hazırlanması ve ön testlerin gerçekleştirilmesi (etiket dayanıklılığı, okuma performansı vb.)
	  − Etiket ve anten yerleşimlerinin belirlenmesi,
	  − Uygun donanım (okuyucu, anten, etiket vb.) ve yazılımın seçilmesi,
	  − Süreçte yapılacak değişikliklerin belirlenmesi,
	  − Okuma kontrol noktalarının belirlenmesi,
	  − Detaylı fizibilite çalışması
	  ▪ Ekonomik fizibilite
	  ▪ Teknik Fizibilite (Etiket ve donanımlar ile ilgili ön testler)
	• ***Gerçekleme***
	  − Yazılımın geliştirilmesi
	  − Pilot Çalışma (Çözümün test edilmesi)
	  ▪ Pilot uygulama prosesinin belirlenmesi
	  ▪ Donanım temini
	  ▪ Sistem entegrasyonu
	  ▪ Deneme çalışmaları
	  ▪ Testler
	  ▪ Sistem iyileştirme çalışmaları
	  − Çözümün Kurulması ve Yaygınlaştırılması

Çizelge 3.1: RFID Sistemlerinin Tasarımı ve Entegrasyon Aşamaları (Devamı).

Sürdürme & İyileştirme Aşaması	• Son kullanıcı ve müşteri deneyimlerinin gözlemlenmesi • Süreçlerin gözlemlenmesi ve yeni sistemle ilgili problemlerin tespiti ve çözülmesi • Planlanan ve gerçekleşen sonuçların karşılaştırılması ve gelişime ihtiyaç duyulan alanların belirlenmesi

3.1 Hazırlık ve Planlama Aşaması

RFID teknolojileri; ürün ya da varlıkların izlenebilmesi, tedarik zinciri operasyonlarının daha iyi yönetilebilmesi, kurumsal olarak faaliyetlerin geliştirilmesi gibi farklı ihtiyaçların karşılanmasında faydalı olabilmektedir. Hazırlık ve planlama aşaması, birçok projede olduğu gibi RFID projelerinde de hedeflenen amaçlara ulaşabilmede önemli bir yere sahiptir. RFID teknolojisi hakkında bilgilenme yapılması, proje süresince aktif olarak çalışacak ekibin kurulması, projeye gerekli desteğin sağlanması, kaynakların belirlenmesi, projenin neleri kapsayacağı, gereksinimlerinin ne olacağının belirlenmesi ve ön fizibilite yapılarak projenin uygunluğunun değerlendirilmesi bu aşamada gerçekleştirilmelidir.

RFID teknolojisinin ne olduğu ve nasıl kullanılabileceği hakkında eksik ya da hatalı öğrenilmiş bilgiler ve buna bağlı kavramsal karışıklıkların ortadan kaldırılmaması projelerin adaptasyonunda aksamalara neden olabilmektedir. Projeye başlamadan önce, doğru ekibin kurulması ile birlikte çalışanların teknoloji ve sağlayacağı olanaklar hakkında doğru bilgilendirilmesi önemlidir. Ayrıca planlanan RFID projelerine üst yönetim ve firma hissedarlarının desteği, RFID uygulamasının çalışanlar tarafından kabul edilebilirliğini kolaylaştıracaktır.

RFID projelerine başlarken dikkate alınabilecek bazı öneriler aşağıda belirtilmiştir;

- Yönetim ve ilgili personel için güncel teknoloji ile ilgili eğitimlerin düzenlenmesi ve teknoloji hakkında doğru şekilde bilinçlenmelerinin sağlanması
- Firmada hissedarların (ya da menfaat sahipleri) belirlenmesi ve katılımlarının sağlanması,
- Proje yürütücüsünün ve ekibinin belirlenmesi,
- Firma içinde personelin proje için bilgi ve tecrübelerinin yeterli olmadığı düşünülüyorsa dışardan danışman firmalar ile çalışılarak teknoloji ve donanım seçimi ve projenin farklı aşamaları için destek sağlanması

- Bütçe ve diğer kaynakların belirlenmesi/güvenceye alınması.
- RFID kurmuş olmak için RFID sistemi kurmak rasyonel değildir.

Başlangıç aşamasında yönetim ve diğer personelin teknoloji hakkında bilinçlendirilmesi ile birlikte önce sistemin ihtiyaçları ve sonrasında bu ihtiyaçlar için teknolojinin sunduğu fırsatlar ortaya konmalıdır. Projede planlanan RFID sisteminin ne için gerektiği, kurulum için gerekli ekibin kimlerden oluşacağı ve iş paylaşımları, kurulumun ne zaman hayata geçebileceği, kurulumun nasıl gerçekleştirileceği soruları yanıtlanmalıdır. Oluşturulan ekip, sistemin gereksinimlerini aşağıdaki soruları yanıtlayarak belirlemelidir (OTA Training, 2006):

- RFID etiketleriyle kimliklendirilecek nesneler nelerdir?
- Etiketlerin okunması yazılması ne şekilde olmalıdır?
- Aynı anda okunması gereken etiket sayısı nedir?
- Elde edilecek verinin boyutu ve türü nedir?
- Kullanılacak etiketin şekli, boyutu ve özellikleri nasıl olmalıdır?
- İhtiyaç duyulan etiket tek seferlik mi yoksa yeniden kullanılabilir mi olacak?
- Nasıl bir operasyonel çevre olacak?

Bir proje planı yapılarak kaynaklar atanmalı ve projenin kapsamı belirlenmelidir. Burada kurulacak RFID sistemi ile ne amaçlandığı ve ulaşılmak istenen hedeflerin neler olduğu açıkça belirlenmeli ve proje ekibi tarafından anlaşılmalıdır (OTA Training, 2006). Amaç ve hedeflerin net olarak oluşturulması ve sistemin gereksinimlerinin belirlenmesinden sonra projenin devam edip etmemesi konusunda doğru kararın verilebilmesi için ön fizibilite analizi yapılmalıdır. Fizibilite analizi ayrıca projenin kabul edilmesi durumunda üstesinden gelinmesi gereken önemli risklerin tanımlanmasına da yardımcı olur. Bu aşamada olması gereken, yeni sistem için çözüm önerileri henüz gerçekleştirilmemiş olsa da öngörülere dayalı fizibilite analizinin kabaca yapılmasıdır. Henüz gerçekleşmemiş olan fayda ve maliyetlerin belirlenmesi her ne kadar zor olsa da bu konuda yapılacak tahminlerin gerçekçi olması oldukça önemlidir. Aksi takdirde projenin devam edip etmeyeceği konusunda verilecek karar sağlıklı olmayacaktır. Daha detaylı bir fizibilite analizi ise çözüm önerilerinin geliştirilmesinden sonra gereklidir. Bu aşamada yapılacak ön fizibilite analizinde fayda ve maliyetleri en iyi şekilde tahmin etmenin yolu bu çalışmanın,

ekip içinde konuya en yatkın çalışanlar tarafından yapılmasıdır. Danışmanlık hizmeti alınan firmaların bilgisinden faydalanmak, tedarikçilerden fiyat teklifleri almak, örnek projelerin maliyetlerinin araştırılması vb. yollar izlenerek daha doğru tahminler yapılabilir. Proje ilerledikçe bu tahmin edilen fayda ve maliyet değerleri revize edilip uygulamanın her aşamasında projenin fizibilitesi değerlendirilerek projeye devam edilip edilmeyeceği, devam edilecekse projede düzeltme gerekliliği sorgulanmalıdır.

Hazırlık ve planlamanın fizibilite çalışması esnasında maliyetler, kaynaklar, RFID sisteminden gelecek olan bilginin kontrolünün kimde olması gerektiği, nasıl paylaşılacağı ve güvenlik problemleri, süreçlerde yeniden yapılanmadan kaynaklanan maliyetler ve problemler vb. sebeplerden dolayı çıkabilecek engeller de düşünülerek RFID sisteminin uygunluğu analiz edilmelidir

3.2 RFID Sistemlerini Geliştirme ve Gerçekleme Aşaması

Bu aşama mevcut durumun analizi, yeni sistemin tasarımı, gerçeklenmesi ve geliştirilmesi faaliyetlerini içerir.

3.2.1 Mevcut Durum Analizi

Mevcut durum analizi aşamasındaki temel faaliyetler veri toplama ve mevcut durum analizidir. Toplanan veriler ile birlikte mevcut durumun ortaya konması sonrası RFID sisteminde kontrol noktalarını ve hangi tür izleme (ürün, palet vs.) belirlenir.

3.2.2 Veri Toplama

Şirket yapısının daha iyi anlaşılabilmesi amacı ile açıklayıcı organizasyon şemaları, süreç diyagramları, operasyon planları, performans ölçütleri ve oranları, malzeme, makine, teçhizat ve işçilik ile ilgili veriler toplanır (Üstündağ, 2008). Bu iş için genellikle birkaç günlük bir sürenin ayrılması uygundur (OTA Training, 2006).

3.2.3 Saha Analizi

Önerilen RFID teknolojisinin işletmenin iş süreçlerine nasıl entegre edileceğinin belirlenmesi ve analiz edilmesi, uygulamalardan istenilen başarıyı elde edebilmek için önemli bir yer tutmaktadır. Bunun için veri toplama aşamasında toplanan veriler ve yapılacak saha analizleri ile mevcut durum ortaya konur. Süreçlerin tanımlanması,

ürünlerin fiziksel olarak akış süreçlerinin belirlenmesi ve analizi, RFID sisteminden gelecek verilerin işleneceği mevcut bilgi yönetim sisteminin anlaşılması ve mevcut bilgi teknolojileri alt yapısının belirlenmesi bu aşamanın içindedir. Mevcut durum analizi esnasında yapılacaklar iki temel başlık altında belirtilebilir: İş süreçleri analizi ve çevre analizi (Sanghera, 2011).

İş Süreçleri Analizi:

Bu aşamada mevcut iş süreçleri tanımlanarak dökümante edilir ve analiz edilerek anlaşılması sağlanır, ürünlerin fiziksel olarak akış süreçlerinin belirlenmesi ve analizinin dışında elde edilmesi ya da belirlenmesi gereken bilgiler aşağıdaki gibi listelenmiştir (Sanghera, 2011):

- RFID etiketi yerleştirilerek izlenecek olan ürün kutu veya palet gibi nesneler hareket halinde mi ve hareketli ise ne kadar hızlı hareket ediyor?
- Ürünün tesis içinde hareketi ne şekildedir?
- Ürünün malzeme kabulden depo alanına, depo alanından sevkiyat alanına veya mal kabulden satış alanına vb. hareketleri nelerdir? Bu bilgi, sahadaki RFID alt yapısı tasarlanırken kontrol noktalarının nerelere kurulması gerektiğini belirlerken gereklidir.
- Ürünün sahadaki hareketlerinin dışında tedarik zinciri boyunca nasıl hareket ettiği de dikkate alınmalıdır. Eğer müşteriler ya da tedarikçilerde RFID kullanıyor ya da kullanmayı düşünüyorsa birlikte sistemin geliştirilmesi faydalı olabilir.
- Hangi seviyede (ürün, kutu, palet veya konteyner gibi) etiketleme, kimliklendirilme ve izleme gerçekleştirilecek?
- Mevcut bilgi yönetimi ve bilgi teknolojisi altyapısı nedir? RFID sisteminin kullanımından gelen verilerin işlenmesinde yeterli olacak mı?
- Güvenlik ihtiyaçları nelerdir? Veriler ticari ortaklarla ya da diğer kurumlarla paylaşılacak mı?
- Gelecekte ihtiyaç duyulacak sistem ne ölçekte olacak?

Bu soruların cevaplandırılması esnasında süreçlere yabancı olmayan saha hakkında bilgi sahibi kişilerle birlikte hareket edilmelidir. İlgili alanların ya da süreçlerin yöneticileri ile yapılacak konuşmalar hangi seviyede görünürlüğe ihtiyaç olduğunun anlaşılmasını kolaylaştıracaktır. Buda tasarımda kullanılacak donanımların

seçilmesinde yardımcı olacaktır. Ürün bazında izleme yapılacak bir sistem için gerekli okuyucu, anten ve etiketler palet seviyesindeki izlemenin yapıldığı bir sistemde kullanılacaklardan oldukça farklılık gösterebilecektir (OTA Training, 2006).

Çevre Analizi: Hangi nesnenin ya da ürünün nerede izlenmesi gerektiği belirlendikten sonra mevcut çevreden kaynaklı, önerilen RFID projesinin başarıyla kurulumuna ya da çalışmasına tehdit olabilecek, her türlü çevresel etki tespit edilir. Burada elde edilen sonuçlar tasarlanacak sistemin çevreye uyumunun sağlanabilmesi açısından önemlidir. Fiziksel çevrenin analizi ve RF çevresinin analizi olmak üzere çevre analizi ikiye ayrılır.

Fiziksel çevreninin analizi, yüksek sıcaklık, nem, kimyasallar, ıslak ortamlar ve mekanik etkiler gibi sert çevre koşulları, metalik malzemeler, fiziksel engeller ve diğer fiziksel kaynaklar gibi RF dalgalarını ya da RFID sisteminin çalışmasını etkileyebilecek çevre özelliklerinin belirlenmesidir. *RF çevresel analizi* ise iletilmek istenilen RF sinyallerine karışan, gürültü olarak da adlandırılan, istenmeyen sinyallerin (parazit) ve kaynaklarının araştırılmasıdır. Bu sinyallerin Kontrol noktalarında sistemin performansının etkilenmesi durumunda gerekli ölçümler yapılmalı, yansıtıcı ve soğurucu malzemeler araştırılarak olası problemlerin önüne geçilmelidir (OTA Training, 2006).

Çevre analizi yapılırken aşağıdakiler dikkate alınmalıdır (Sanghera, 2011):

- Alan kısıtı, kullanılacak ekipmanların endüstriyel şartlara dayanıklılığı, ya da sahadaki yerleri değiştirilmeyecek diğer ekipmanlar gibi, kontrol noktaları, okuyucu, yazıcı ya da antenlerin olası konumlarını etkileyecek operasyonel kısıtlar
- Uç noktalardaki sıcaklıklar, nem, kir gibi etiketi, okuyucu, yazıcıyı gibi ekipmanları etkileyebilecek çevresel koşullar nelerdir? Bu ekipmanlar farklı çevresel şartların olduğu alanlar arasında hareket edecek mi?
- Sunucu, ağ ve kablolamayı değiştirecek bilgi teknolojisi alt yapısı
- RF parazitlerinden kaynaklanacak zorluklar, problemler nelerdir? Kablosuz ağ, mikro dalga fırın, motorlar ya da aynı RF spektrumunda çalışan başka şeyler var mı?

3.2.4 RFID Sistem Tasarımı

İş süreçleriyle birlikte fiziksel ve RF çevresinin de analiz edilip mevcut durumun ortaya konmasından sonraki adım RFID sisteminin tasarlanması olacaktır. Bu aşamada detaylı yeni iş süreçleri ve çözüm önerileri geliştirilerek uygun donanım ve yazılım seçilir. Ayrıca süreçlerin nasıl değişeceği, gerekli donanım ve yazılımların neler olduğu ve diğer maliyet unsurları netleşeceğinden, planlama ve hazırık aşamasında yapılan ön fizibilite çalışmasına göre daha gerçekçi olacak detaylı bir fizibilite çalışmasıda bu tasarım aşamasının sonunda yapılır. Detaylı fizibilite çalışması sonrasında projeye devam edilip edilmeyeceğine ve devam edilecekse geliştirilen çözümlerden hangisi ile devam edilmesi gerektiğine karar verilir. Ayrıca bu aşamanın sonunda seçilen çözüm önerisi için pilot çalışmanın nerde ve nasıl yapılacağı, ne kadar süreceği gibi detaylarda belirlenir.

3.2.5 Çözüm Önerilerinin ve Yeni Süreçlerin Geliştirilmesi

Bu aşamada geliştirilen çözümler, süreçlerin yeniden oluşturulmasına ya da mevcut süreçlerde önemli değişikliklere neden olur. Bu değişiklikler organizasyon yapısını da etkileyecektir. Doğru iş ve organizasyonel yapının kurulamaması durumunda pilot aşamaya hiçbir zaman sağlıklı bir şekilde geçilemeyeceğinden yeni süreçlerin ve çözüm önerilerinin geliştirilmesinde her türlü detay düşünülmelidir. OTA Training eğitim notları ve Bhuptani ve Moradpour (2005)'e göre bu aşamada yapılması gerekenler aşağıda belirtilmiştir;

- Verimlilik, doğruluk, dakiklik, izlenebilirlik, operasyonel maliyetler ve diğer konular ile ilgili RFID sistemi ile çözülmek istenen problemler ve çözümden beklenen sonuçlar açıkça belirlenmelidir.
- Varsa dış baskılar belirlenir. (tedarikçisi olduğunuz firmanın RFID kullanımını şart koyması gibi)
- İşletmede planlanan RFID sistemini etkileyebilecek ya da sistemden etkilenecek birçok taraf olacaktır. Tüm ilgili tarafların amaçları belirlenerek projeye olabildiğince yansıtılmalıdır.
- Karışıklıklardan kaçınmak ve hızlı kararların alınabilmesi için kural ve sorumluluklar açıkça belirtilerek detaylı iş akışları geliştirilmelidir.

- Her projede olduğu gibi RFID projelerinde de risklerin varlığı doğaldır ve bu aşamada içsel ve dışsal riskler belirlenip yapılacak planlarla bu riskleri azaltacak önlemler ortaya konmalıdır.
- Projenin sonunda RFID sistemi ile amaca ulaşıp ulaşılmadığının görülebilmesi ve çözüm ile başarılı olunup olunmadığına karar verebilmek için doğru performans kriterleri belirlenmelidir. Performans kriterleri işletmenin gelecekte bu konuda yapacağı yatırım kararlarını kolaylaştıracağı gibi pilot çalışma esnasında sistemin bekleneni ne derece karşıladığını da gösterecektir. Performans kriterlerinin karşılanamaması durumunda risk önleme planı, pilot çalışma ve projenin yapısı vb. birçok faktörün gözden geçirilerek yeniden güncelleştirilmesi gereklidir.
- En iyi, en kötü ve en olası senaryolar belirlenir.

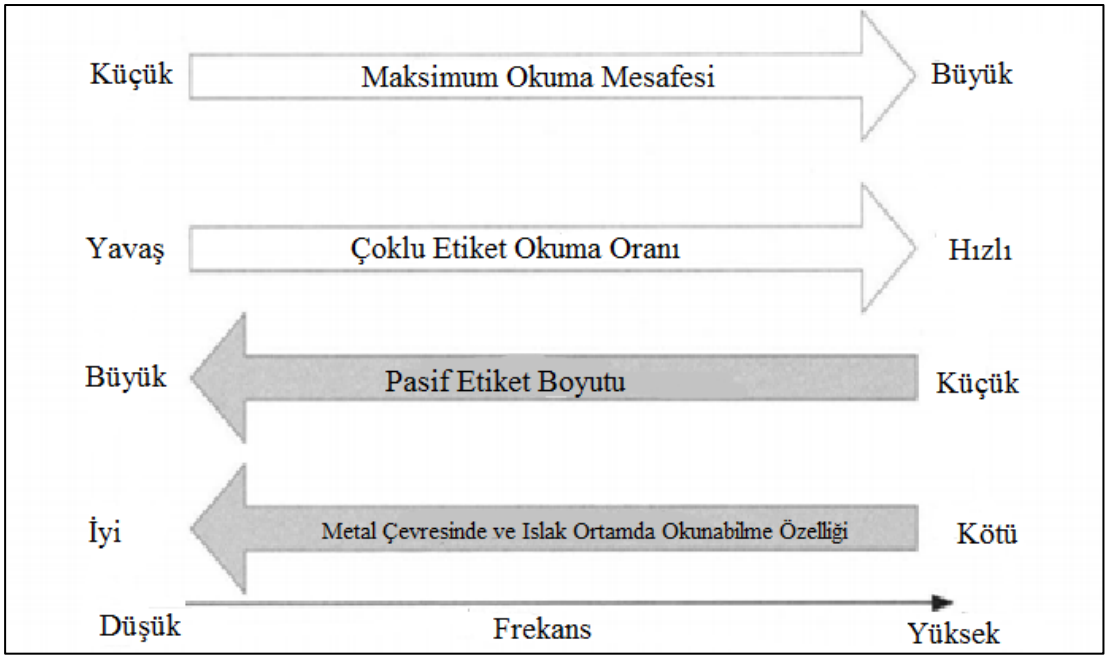
Çözüm önerilerinin geliştirilmesinden sonra tasarlanan sistem için gerekli donanım ve yazılımın ne olduğu belirlenmelidir

3.2.6 Uygun Donanımın ve Yazılımın Seçilmesi

Bu aşamada çözümde kullanılacak okuyucu, etiketler ve bunların kullanımında gerekli diğer destekleyici aksesuarlar belirlenir. Okuyucu ve antenin seçerken dikkate alınması gereken bazı temel faktörler çalışma frekansı, okuma performansı, sağlamlık, standartlara uygunluk, çalışma koşulları ve güncellenebilirliktir (Sanghera, 2011).

Çalışma Frekansının Belirlenmesi: Uygulama türü, gerekli okuma mesafesi ve çalışma koşulları çalışma frekansını belirlerken dikkate alınması gereken faktörlerdir. Uygulama türüne göre RFID sisteminin karşılaması beklenen ihtiyaçlar değişiklik göstermektedir ve her uygulama türü çoğunlukla ihtiyaçları daha iyi yanıt veren frekansların kullanımı ile ilişkilendirilmiştir. Öte yandan frekansa bağlı olarak okuma mesafesi değişmektedir ve geliştirilen sistemde belirlenen okuma mesafesi hangi frekansın kullanılması gerektiği konusunda oldukça önemli bir faktördür. Son olarak çalışma şartları da frekansın belirlenmesinde önemli bir yer tutar. RFID etiketinin ıslak ortamda ya da metal üzerinde kullanılacak olması gibi çalışma şartları frekans seçiminde dikkate alınması zorunlu faktörlerdir. Frekansın belirlenmesinden sonra etiket ve okuyucu gibi alt kompenentlerin seçimine başlanabilir (Sanghera, 2011). Sanghera (2011)'e göre frekansa bağlı olarak RFID sistemlerinin bazı

karakteristiklerinin nasıl değiştiği Şekil 3.1 'de gösterilmiştir. Şekle göre frekans yükselirken okuma mesafesi artmakta, çoklu okumalardaki hız artmakta ve etiket boyutları daha küçük olabilmektedir. Öte yandan yüksek frekanslı sistemlerin metallerden ve ıslak ortamlardan olumsuz etkilendiği anlaşılmaktadır.



Şekil 3.1 : RFID sistemlerinin bazı karakteristiklerinin frekansa bağlı değişimi.

***Etiket Seçimi*:** Etiket belirlenirken uygulamadaki ihtiyaçlar göz önünde tutulur. Eğer uygulamada sadece istenildiğinde okunabilen bir kimlik numarası yeterli olacaksa pasif etiketler seçilebilecekken, eğer nem sıcaklık gibi gerçek zamanlı değerlerinde algılanabilmesi ve paylaşılması bekleniyorsa aktif etiketler seçilecektir. Öte yandan etiketin değişmeyecek tekil bir kimlik taşıması gerekiyorsa sadece okunma özelliği olan bir etiket yeterli olacakken, eğer uygulama için etikette dinamik bir veri tutulması gerekiyorsa yeniden yazılabilir etiketler gerekecektir.

Etiketin çalışacağı frekans aralığının ne olacağı da belirlenmelidir, bir önceki kısımda frekansa bağlı karakteristik özellikler belirtilmiştir. Seçilecek etiket bir önceki aşamada belirlenmiş olan sistemin çalışacağı frekansla aynı bantta olmalıdır.

Etiket seçilirken göz önünde bulundurulması gereken ihtiyaçlardan biride okuma yazma performansıdır. Antenlerden maksimum ne kadar uzaklıkta okuma yapılabildiği ve okuma verimliliği (başarılı okuma sayısının yapılan okuma deneme sayısına oranı) performansı belirleyen faktörlerdir. Okuma mesafesi kolaylıkla

arttırılabilir fakat daha geniş bir alanın okunabiliyor olması her zaman istenilen durum olmayabilir. Bu durum bazen okutmak istenilen etiketler dışında çevredeki diğer etiketlerinde okunmasına neden olarak okuma performansını negatif yönde etkileyebilir.

RFID etiketi seçiminde, etiketin türü (aktif-pasif), sınıfı(sadece okunabilen, tek seferlik yazılıp okunabilen, çoklu yazılıp okunabilen), çalışma frekansı ve dayanıklılık gibi bazı özellikleri belirlenirken dikkate alınması gereken faktörler OTA Training eğitim notları ve Sanghera (2011)'e göre aşağıda ki gibidir:

- Okuma ve yazma mesafesi
- Kullanım esnasında etiketlerin birbirlerine olan yakınlığı
- Veri kapasitesi
- Etiketin formu ve boyutu
- Kimyasallar, sıvı ortam, sıcak ya da nemli ortam, karbon ya da metaller gibi sistemi etkileyecek çevresel şartlar ve fiziksel kısıtlar
- Etiketlenecek nesnenin geçeceği özel süreçler
- Normal kullanımda aşınmalara ve yıpranmalara karşı özel bir koruma gerekliliği
- Parazit sinyaller, radyo cihazları vb. gibi operasyonel çevre
- İlgili protokoller, standartlar ve yasal düzenlemeler
- Etiketlenecek olan nesne (ürün, kutu, palet gibi).

Etiketin seçilmesi dışında, kaç tane etiket kullanılacağı, etiketin nesnelere nerde, nasıl ve kim tarafından yerleştirileceği de, nesne üzerine nasıl yerleştirileceği soruları da cevaplandırılmalıdır.

Etiket ile birlikte okuyucu RFID sistemlerinin en önemli iki ana bileşenleridir ve bunlar birbirleri ile uyumlu olmak zorundadır. Dolayısıyla etiket ve okuyucu seçimi birbirlerine bağımlıdır.

Okuyucu Anten ve Kablo Seçimi:

Kısaca etiketlerden verilerin toplanmasını ve bunların servis sağlayıcılarında çalışan uygulamalara gönderilmesi fonksiyonunu yerine getiren okuyucuların, antenlerin ve

bunları birbirine bağlayacak kabloların seçilmesinde bilinmesi gerekli dikkate alınacak hususları Sanghera (2011) aşağıdaki şekilde belirtmiştir:

- Önceki aşamada seçilen ve etiketlerinde aynı bantta çalışacağı frekansa uygun okuyucular seçilmelidir.
- Uygulama ihtiyaçları göz önünde bulundurularak sabit ya da mobil okuyucular seçilebilir. Mobil okuyucular çoğunlukla kablosuzdur ve ağa kablosuz teknolojiyi kullanarak bağlanabilirler.
- Okuyucular etiketlerden verileri alırken bunları bir yerlere göndermeleri gerekmektedir. Okuyucular, toplanan verilerin gönderilmesi için kullanılacak girdi-çıktı kontrolü ara yüzü ile birlikte gelirler. Ara yüze bağlı olarak okuyucular, servis sağlayıcı bilgisayara bağlanılabileceği gibi doğrudan ağ şebekesine de bağlanılabilir. Seçilecek okuyucu ile gelen ara yüzünde ihtiyaçları karşılayacak şekilde göz önünde bulundurulması gereklidir.
- Okuyucu seçiminde bir diğer önemli noktada desteklediği anten bağlantı ucu sayısıdır. Anten bağlantı ucu sayısı tek bir tane olabileceği gibi dört ya da sekiz anten bağlantı ucunun desteklendiği okuyucularda vardır. Okuyucudaki anten bağlantı ucu sayısı arttıkça, daha fazla anten bağlanabileceğinden kapsama alanı genişleyecektir. Uygulamadaki ihtiyaca göre anten bağlama okuyucunun kaç anten bağlantı ucuna sahip olması gerektiğine karar verilmelidir.
- RFID okuyucunun güncelleştirilebilir olması da dikkate alınması gereken bir konudur. Bu özellik daha çok uzun süreli kullanımlarda aygıtla ilgili yazılım hatalarının düzeltilmesi ile gelen yeni sürümlerden faydalanılabilmesi açısından önemlidir.
- Tasarlanan sistemde kontrol noktalarının sayısı, her kontrol noktasında gerekli anten sayısı ve her okuyucuda bulunan anten bağlantı ucu sayısı dikkate alınarak gerekli okuyucu sayısına karar verilir.
- Çevresel ve operasyonel şartlar göz önünde bulundurularak okuyucunun sağlamlığı konusundaki ihtiyaçlar belirlenerek okuyucu seçilmelidir. Sanayi ortamındaki olası mekanik darbeler, aşındırıcı kimyasallar, aşırı soğuk ya da yüksek sıcaklık, nem, toz gibi etkenler düşünülerek okuyucu seçimi

yapılmalı, bu tür ortamlar için tasarlanmış okuyucuların genellikle daha pahalı olduğu unutulmamalıdır.

- RFID Okuyucuların yayabileceği maksimum güç yasalarla düzenlenmiş olup, bu maksimum değerler bölgelere göre değişebilmektedir. RFID okuyucuların seçilmesi ve kullanılması esnasında ilgili yasal düzenlemeler dikkate alınmalıdır.
- RFID okuyucu seçilirken kurulum ile ilgili ihtiyaçların da dikkate alınması gerekir. Belli okuyucuların düzgün olarak kurulumu için portal gibi bazı ek yapıların da kurulumunun gerekebileceği de unutulmamalıdır.
- RFID okuyucu ile birlikte kullanılacak antenlerin de ihtiyaçlara göre seçilmiş olması gerekmektedir. Antenin seçilmesi esnasında dikkate alınması gereken faktörler; antenin kapsama alanı, kutuplaşma (doğrusal kutuplaşma, dairesel kutuplaşma), standartlar ve düzenlemelerdir. Belirlenmiş şartlar altında ve antenin yayacağı belirlenmiş güç ile etiketlerin okunabildiği alan antenin kapsama alanıdır. Bu alan antenin yaydığı dalgaların kutuplaşma şekline göre değişiklik gösterecektir. Dairesel kutuplaşmış dalgalar hem yatay hem dikey bileşenler içerirken, doğrusal kutuplaşmış dalgalar yatay ya da dikey bileşenden oluşacaktır. Antenlerin bu özelliklerinden hangisine ihtiyaç duyulduğu tasarlanan sistemde etiketlerin nasıl okunması gerekeceğine göre değişecektir. Etiketin antenin kapsama alanına hangi yönden ne şekilde yaklaştırılacağı biliniyorsa doğrusal kutuplaşmış dalgalar yayan antenler seçilerek kapsama alanı daha uzun mesafelere çıkartılabilir. Öte yandan etiketin kapsama alanına yaklaşması rastgele olup bilinmiyor ve tahmin edilemiyorsa, her açıdan algılanabilmesi için dairesel kutuplaşmış dalgalar yayan antenler seçilmelidir. Seçilecek antenler okuyucular ile uyumlu olmalıdır, bu konuda sıkıntı yaşanmaması için okuyucu ve antenlerin birlikte alınmasında fayda vardır.
- Son olarak kurulum esnasında dikkate alınması gereken bir diğer konu da kabloların uzunluğudur. Okuyucu ve anten arasındaki mesafe arttıkça bunları birbirine bağlayan uzun kablolar sinyalleri soğurarak zayıflatır. Mesafe arttıkça kullanılacak kablonun daha kaliteli ve sinyali daha az zayıflatan türde seçilmesi unutulmamalıdır. Kablo seçiminde dikkat edilmesi gereken diğer

hususlar ise kablonun taşıdığı sinyallerin dışardaki parazit etkilerden etkilenmeyecek şekilde ve kablonun kendisinin de kullanılacağı ortam şartlarının da zedelenmeyecek koruyucularla uygun olarak kaplanmış olmasıdır. Ayrıca okuyucu ve kullanılacak kablolar personelin güvenliği açısından risk oluşturmayacak şekilde yerleştirilebilmelidir.

RFID Sisteminde Okuma-Kontrol Noktaları Çeşitleri;

Nesnelere yerleştirilmiş RFID etiketleri bu nesnelerle ilgili bilgiler taşırlar. Okuma-kontrol noktaları etiketlere bilgilerin yazılabildiği ya da etiketlerden bilgilerin okunabildiği alanlardır. Bu alanlar iki grupta incelenirler: Sabit okuma-kontrol noktaları ve mobil okuma-kontrol noktaları. Sabit okuma-kontrol noktalarında okuyucular ve antenleri önceden belirlenmiş noktalara sabitlenirler ve etiketli nesnelerin kapsama alanlarından geçmelerini beklerler. Bu tür okuma-kontrol noktaları, konveyörlerde olduğu gibi nesnelerin önceden belirlenmiş güzergâhlarda hareket ettiği durumlarda tercih edilir. Mobil okuma-kontrol noktalarında ise okuyucu ve antenleri etiketli nesneler çevresinde hareket ederler. Etiketli nesnenin ne şekilde hareket edeceği ya da nasıl bir rotayı takip edeceği bilinmiyorsa mobil okuma-kontrol noktaları tercih edilir.

Uygulamalardaki ihtiyaçlara ve şartlara göre çoğunlukla konveyör, geçiş kapısı ya da tüneli, forklift, akıllı raflar, streç sarma noktaları RFID sistemlerinin monte edilebileceği okuma-kontrol noktaları olarak seçilirler.

Kutu seviyesindeki okumalarda konveyörler tercih edilebilir. Konveyör tercih edilecekse konveyörün hızı etiketin okunması için gerekli süreye göre ayarlanmalı ve ayrıca konveyör bandında parazit yaparak sistem performansını düşürecek materyallerin olmamasına dikkat edilmelidir.

Geçiş tüneli ya da kapısı genel olarak fiziksel bir kapıyı gerektirmez. Buradaki mantık etiketli ürünlerin bir alandan başka bir alana geçerken bu hareketin sistem tarafından algılanması ve nesnelerin alanlara giriş çıkışlarının izlenebilmesi ve kontrolüdür.

Palet üzerindeki ürünlerin yaygın olarak taşındığı forkliflere monte edilecek RFID sistemleri ile palet seviyesinde ürünlerin izlenmesi mümkündür. Gerçek zamanlı lokasyon belirleme sistemleri ile entegre edilmediği sürece forklifte monte edilmiş RFID sisteminin kullanımında ürünün nerden alındığı ve nereye bırakıldığı gibi

bilgilerin sistem tarafından anlaşılması için operatörlerin müdahalesi gerekmesi forklift alternatifinin dezavantajlarındandır. Forkliftlerin diğer dezavantajları ise forkliftin bileşenlerindeki metaller ve operatörün kullandığı iletişim araçlarının yaratacağı parazit sinyallerdir. Forkliftin hızı da etiketlerin okunabilirliğini olumsuz etkileyebilir.

Streç sarma noktaları genellikle ürünlerin sevkiyatından önceki son aşamadır ve döner tablaya palet üstünde yerleştirilen ürünler, tabla döndürülerek streç ile sarılırlar. Bu aşamada ürünleri üzerindeki etiketlerde sürekli dönerek lokasyonlarını değiştireceğinden bu noktalarda etiketlerin farklı açılardan defalarca okunması şansını yaratacak ve çoklu okuma performansı arttıracaktır.

Akıllı raflarda nesne üzerindeki etiketleri okuyacak RFID sistemi raflara monte edilir. Raflardan etiketli ürünler alınıp okuyucuların kapsama alanları dışına çıkartıldığında, etiketler sistem tarafından okunamayacağından bu bilgi stok sistemine gönderilerek ürünün stoktan düşmesi sağlanır. Aynı zamanda ürün etiketli ürün raflara konulduğunda kapsama alanı içine girdiğinden otomatik olarak stoklara kaydedilir. Akıllı raf sistemlerinde sabit okuyucu ve antenler kullanılır ve bu nedenle çok sayıda okuyucu ve anten ihtiyacı gerektirir. Bu nedenle maliyet unsuru oldukça ön plana çıkmaktadır. Birçok okuyucunun ve antenin aynı alanda kullanılması ayrıca parazit sinyalleri arttırarak sistem performansını etkileyecektir.

Özetle okuma-kontrol noktalarının seçimi izleme çeşidine (ürün izleme, kutu izleme, palet izleme vb.) ve uygulamaya göre değişiklik gösterecektir. Okuma performansının maksimize edilmesi buradaki temel amaçlardandır (Sanghera, 2011).

Uygun Yazılımın Belirlenmesi:

RFID sisteminin geliştirilmesi için hazırlık aşaması ve çözüm geliştirme aşamalarında toplanan dokümanlar ve yapılan çalışmaların analizleri sonucunda gerekli yazılım ihtiyaçları belirlenmiş olur. Bu ihtiyaçları karşılayacak yazılımın sınırlarının neler olacağına ve nasıl temin edileceğine, mevcut uygulama programlarıyla birlikte nasıl çalışması gerektiğine bu aşamada karar verilir.

RFID sisteminden gelecek veriler çok büyük miktarlara ulaşabilmektedir. Mevcut bilgi sisteminin kapasitesi analiz edilerek, RFID'den gelen verileri işleyecek nitelikte olup olmadığı değerlendirilir. RFID teknolojisini kullanmayı planlayan çoğu işletme kurumsal kaynak planlaması, depo yönetimi, müşteri yönetimi sistemleri gibi

uygulama programlarından bir ya da daha fazlasını kullanmaktadır. RFID sisteminden gelecek verilerin bir kısmı bu uygulama programlarına manuel olarak zaten girilmektedir. İşletme bu tür uygulama yazılımları kullanıyorsa bu uygulamalara entegre edilecek bir yazılım ile mevcut sistemin modifiye edilmesi, toplanan verileri bu uygulamalardan bağımsız tek başına işleyip raporlayacak bir yazılımın geliştirilmesinden daha kolay ve ekonomik olacaktır. Bu nedenle mevcut bilgi sisteminde kullanılan uygulamalar ile ilgili bir problem olmadığı sürece, bağımsız karmaşık bir yazılımın geliştirilmesi yerine daha basit bir yazılımla bu uygulamalara entegre edilecek şekilde mevcut süreçlerin modifiye edilmesi tavsiye edilir.

İhtiyaç duyulan yazılımın kim ya da kimler tarafından geliştirileceğine de bu aşamada karar verilir. Bu konuda işletmenin mevcut personelinden gerekli nitelikleri taşıyan bir uzmanın görevlendirilmesi yada yeni uzman personelin istihdam edilmesi alternatifleri düşünülebileceği gibi dışarıdan hizmet satın alma da yapılabilir. Bu karar verilirken, alternatiflerin riskleri, fayda-maliyetleri, işlenecek verilerin ve saklanacak bilgilerin önem ve gizlilik dereceleri dikkate alınması gereken önemli faktörlerdir. Geliştirilecek yazılımın mevcut uygulamalara entegre edilmesi durumunda, uygulamaların veri tabanlarına dışardan müdahale edilerek veri kaydetme, değiştirme ya da silme gibi işlemler gerekecektir. Mevcut uygulamaların yapısına yeterince hakim olmadan bu tür bir işlemin yapılması sistemde geri dönülemez hatalara neden olabilir. Bu hatalardan kaynaklanacak bilgi kaybı ya da hatalı bilgiler, uygulamaların kullanımı esnasında neden olacağı ciddi aksaklıkların yanı sıra muhasebe kayıtlarındaki hatalar gibi işletmeye önemli yasal sıkıntılar da oluşturabilir. İhtiyaç duyulan yazılımın geliştirilmesi sürecinde bu tür bir problemle karşılaşılmaması için, yazılımın firma içinden ya da dışarıdan kimin geliştireceğine bakılmaksızın mevcut kullanılan uygulamalar ile ilgili destek alınan yasal temsilcilerinde sürece katılımları sağlanmalıdır.

3.2.7 Fizibilite Çalışması

Bu aşamada geliştirilmiş çözüm önerileri için detaylı fizibilite analizi yapılarak, çözümler teknik, ekonomik ve organizasyonel açıdan değerlendirilmelidir. Önceki aşamalardan farklı olarak bu aşamada çözümlerin teknik fizibilitesi yapılırken özellikle amaçlanan, farklı şartlarda etiketlerin okunabilirliğinin anlaşılmasıdır.

Bunun için farklı numune etiketlerin denenmesinin yanı sıra okuyucu ayarları ve antenlerin yerleşimleri, etiketlerin nesnelere yerleştirilme şekli, etiketli nesnelerin hareket hızı gibi faktörlerin değiştirildiği ön testler yapılarak teknik olarak mümkün çözümler belirlenir (OTA Training, 2006). Bu çözümler arasından organizasyonel açıdan uygun olanlar ekonomik analizler yardımı ile karşılaştırılır ve ekonomik olarak da uygun olanlar arasından en iyi çözüm seçilir.

3.2.8 RFID Sisteminin Gerçeklenmesi

Bir önceki aşamada çözüm önerileri geliştirilip, bunlar için gerekli donanım ve yazılımlar belirlenmiş ve yapılan fizibilite analizi sonucu uygun çözümlerden en iyisi seçilmiştir. Bu aşama seçilen çözüm için gerekli donanımın ve olası yazılımın bileşenlerinin kurulumu ve kurulan RFID sistemi için yapılacak testleri içerir. Bir önceki aşamada uygun yazılım belirlenmiş olsa da yazılım hizmetinin alımı donanımlarda olduğu gibi belirlenen modelin satın alınmasına karar verildiği anda gerçekleştirilemez. Hizmet satın alındıktan sonra yazılımın geliştirilme süreci başlar. Bir önceki aşamada belirlenmiş olan yazılımın geliştirilmesi pilot çalışmalar ile eş zamanlı olarak yürütülmelidir. Yazılımın geliştirilmesi tamamlanmadan pilot çalışmalarda eksik kalacağından bir sonraki aşama olan sistemin bütününe yaygınlaştırma aşamasına kadar yazılımın da tamamlanmış olması gereklidir.

Sanghera (2011)'a göre bu aşamada dikkate alınması ve değerlendirilmesi gereken üç temel konu vardır: Uyum, entegrasyon ve sistem ayarları.

RFID sisteminin bileşenleri birbirleri ile uyum içinde çalışmalıdır ve bu iki türlü uyumu içerir: RFID sistem bileşenlerinin mevcut sistem ile uyumu ve sistem bileşenlerinin birbirleri ile uyumu. Örneğin, mevcut sistemde parazit sinyallere neden olacak etmenlerin sistemin çalışmasını engellemesi ya da kontrol noktalarının kapsama alanlarının sistemi yanıltacak şekilde çakışmaları gibi.

Diğer önemli bir mevzu da entegrasyon ile ilgili konulardır. Bunlar uygulamalara entegrasyon ve mevcut şebekeye entegrasyon olarak iki temel başlık altında ele alınır. Çoğunlukla okuyucu tarafından toplanan verilerin analiz edildiği bir uygulama okuyucu ile entegre edilir. Örneğin bir veri tabanını besleyen ya da veri tabanı ile ilişkili servis sağlayıcıya okuyucunun bağlanması sağlanmalıdır. İnternetle iletişimde bu entegrasyonda dikkate alınması gerekebilir. Uygulamalara entegrasyon dışında mevcut şebekeye yeni sistemin nasıl entegre edileceği de üzerinde durulması gereken

bir konudur. Birden fazla okuyucu tek servis sağlayıcıya ya da birden fazla servis sağlayıcıya bağlanabilir. Burada kablolu, kablosuz ya da her ikisinin de olduğu bir şebeke gerekebilir ya da mevcut sistem bunları bulunduruyor olabilir. İhtiyaca göre mevcut şebekenin ek ihtiyaçlarının neler olduğu belirlenip RFID sisteminin bu şebekeye entegrasyonu sağlanmalıdır.

Son olarak sistem ayarlarının dikkate alınması gerekmektedir. Okuyucu ve antenler konveyör, geçiş noktası, forklift gibi farklı noktalarda çalıştırılabilir. Seçilen çalışma noktasına göre en optimum sonuca ulaşabilmek için sistemin detaylı ayarları yapılmalıdır. Detaylı ayarlar anten yerleşimini, hizalamasını, yasal limitleri aşmayacak şekilde yayılan gücü vb. ayarları içerir.

3.2.9 Çözümün Test Edilmesi – Pilot Çalışma

RFID projelerinde başarıya ulaşabilmesindeki önemli aşamalardan biride pilot çalışmasıdır. Sistemde problemlerin ve çözümlerinin tanımlanmasından sonra problemi çözmek için tanımlanan çözümün uygulanması gereklidir. Ancak bu çözümün doğrudan uygulanması durumunda bazı faktörlerin gözden kaçması mümkündür. Dikkate alınmayan bu faktörler projenin başarısızlığına neden olabileceği gibi daha önemli problemler yaratarak işletmenin rekabet ortamında rakiplerinin gerisine düşmesine de neden olabilecektir. Pilot çalışma, geliştirilen çözüm ile çözümün uygulanması arasında bir köprü görevi görerek gerçek uygulamaya geçerken beklenmedik sonuçlardan doğacak riskleri mümkün olduğunca ortadan kaldırır (Bhuptani ve Moradpour, 2005). Bu aşamada, firmanın bazı süreçleri seçilerek ve yeterli ürün hacmi ve çeşidi belirlenerek büyük sistemin özelliklerini taşıyan sistemin bütününü temsil edebilecek ölçülebilir küçük gerçek bir sistem yaratılır. Seçilmiş olan çözüm önerisi bu yaratılan gerçek sistemde denenerek sonuçlar ölçülür ve sistemin bütününe uygulama için referans veriler elde edilir (Üstündağ, 2008). Diğer bir değişle çözüm önerisinin doğruluğu test edilir ve aynı zamanda elde edilen sonuçlarla çözüm önerisinin eksikleri ya da hataları ortaya çıkartılıp düzeltilir ve çözüm geliştirilerek gerçek uygulamaya sağlıklı bir geçiş için hazır hale getirilir.

RFID projelerinde belirlenen amaç ve projenin geldiği noktaya göre birim testleri, uygulama entegrasyon testleri ve sistem testleri olmak üzere üç çeşit pilot test uygulanır.

Birim Testleri: Sistemin belirli parçalarının (donanım, yazılım) istenilen performansı sağlayarak çalıştığını doğrulamak için yapılan testlerdir. Örnek olarak okuyucuların istenilen kriterleri sağladığını görmek için yapılacak toplu okuma hızı ya da kapsama alanı testleri gibi testler gösterilebilir.

Uygulama Entegrasyon Testleri: RFID sisteminin birlikte çalışacağı uygulamalar ile doğru şekilde entegre edildiğini ve uyum içinde çalıştıklarını doğrulamak amacı ile yapılan testlerdir. Bu testlere örnek olarak, servis sağlayıcı bilgisayarın okuyucuya etiketleri okuması ve okunan verileri kendine yollanması isteğinin gönderilmesi, okuyucunun topladığı verileri servis sağlayıcı bilgisayara göndermesi ve bu verilerin servis sağlayıcıdaki uygulama programı tarafından analiz edilmesi ve benzer süreçlerin tasarlandığı gibi işleyip işlemediğinin test edilmesi gösterilebilir. Bu testler verilerin doğru şekilde toplanıp işlendiğini göstermesinin yanı sıra toplanan verinin türü, formatı, hacmi görülerek tüm sistem için işlenmesi gereken veri hakkında kestirimler yapılmasına ve tasarlanan uygulamanın veriyi nasıl işlemesi gerektiği konusunda geliştirilmesine yardımcı olur.

Sistem Testleri: Sistemin bütününün kolektif olarak test edilmesidir. RFID ve uygulama programlarının alt sistemlerinin test edilmesini de kapsamaktadır. Uygulamaya bağlı olarak farklı veri yüklemeleri ve kapasite testlerini içerir. Veri yükleme testleri toplanan verilerin işlenebilmesi için sistemin yeterli olduğunu doğrulamak amacı ile yapılırken kapasite testleri ile sistemin istenilen çıktıları ve sonuçları üretebileceği doğrulanır.

Bu üç test ile ilk aşamada sistemin birimlerinin özellikleri ve performansı test edilirken daha sonra tüm sistem bir arada test edilerek istenilen performansı bütünsel olarak karşılayabilip karşılayamadığı test edilir.

3.2.10 Çözümün Sistemin Bütününe Yaygınlaştırılması

Bu aşamaya kadar sistem analiz edilerek problemler belirlenmiş, bu problemler için en uygun çözümün seçilmesinin yanı sıra ön testler ve pilot çalışma ile planlanan çözümünün sistemin bütününe entegre edilebileceği gösterilmiş olmalıdır. Bu aşamada asıl sistem kurulumu gerçekleştirilir. Bütün yazılım, donanım, ağ sistemi ve sistem ayarları tamamlanır. Çıktılara göre sistem hataları ve eksiklikleri ortadan kaldırılır ve ilgili ekip ve personele gerekli eğitimler verilir (Üstündağ, 2008). Diğer bir anlatımla bu aşamada, sistemdeki problemlere karşı bulunan çözüm üzerine yapılan testler ve bu testlerden çıkarılan sonuçlar değerlendirilerek gerçek çözümün,

önceden hazırlanmış planlar doğrultusunda uygulanması ve ilgili diğer bölümlere yayılması amaçlanmaktadır. Uygun geçiş planları, liderlik ve uygulama disiplini olmadan gerçekleştirilen çözümler, beklenen faydayı sağlayamamakta ve sistem çapında hatalara ve belirsizliklere sebep olmaktadır.

Kurulum ve yaygınlaştırma aşamasında dikkate alınacak anahtar faktörlerden biri sistem bileşenlerinin satın alınmasıdır. RFID kurulumu alanında artan talep nedeniyle, etiketlerin geçici olarak bulunamaması gibi sorunlarla karşılaşılabilir. Bu nedenle, etiket ve donanımların en uygun fiyata satın alınması ve tedarikin sürekliliği esastır. Bir diğer faktör olarak da proje amaçlarının ve kullanılan çözümün birbirleriyle örtüşmesi gösterilebilir. Bu kapsamda sistemdeki son kullanıcıların beklentileri ve şirketin stratejik hedefleriyle uyum, konusunda yetkin uzmanlar tarafından değerlendirilmelidir. Tüm bunların yanı sıra önerilen RFID sisteminin birim ve modül bazında kullanılabilirliği ve performansı da belli periyotlarla test edilmelidir.

Önerilen çözümün yaygınlaştırılması için ayrıca katılımcılar arasındaki iletişim de oldukça önemlidir. Bunun için, organizasyonu etkileyen ve organizasyondan etkilenen kişilerin projede hangi noktada ne istedikleri açıklığa kavuşturulmalıdır. Bunun yanında, yapılacak olan eğitimlerle doğru gruba doğru bilginin verilmesi sağlanmalı ve çalışanın projeye katılımına bağlı olarak alacağı eğitim seviyesi belirlenmelidir. Eğitim, web üzerinden de sağlanabilir.

Geliştirme ve yayma aşamasında, yukarda sayılanlara ek olarak iş ve teknoloji altyapısına da dikkat edilmelidir. Kullanılan altyapının ne kadar güçlü şekilde RFID sisteminden sağlanacak verileri farklı karar destek sistemlerine ilettiği ve ileride değerlendirilmek üzere kullanılacak raporlara dönüştürdüğü kritik önem arz etmektedir. Önceki pilot çalışmalardan çıkarılan derslerle geliştirme planları yeniden düzenlenmelidir.

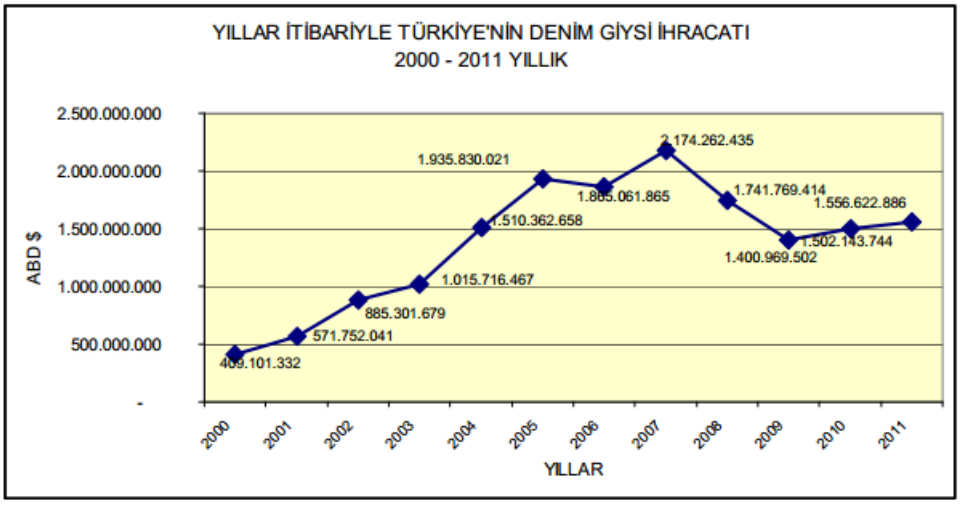
RFID projeleri ile amaçlanan, şirketin rekabet gücünün arttırmaktır. Bu nedenle projenin çıktılarının ve projeden sağlanacak yararların, şirketin pazarlama planlarıyla örtüşmesi gerekmektedir. Böylece şirket müşteri farkındalığı yaratabilir ve taleplerini arttırabilir (Bhuptani ve Moradpour, 2005).

3.3 RFID Sistemlerinin Kurulum Sonrası Sürdürülmesi ve Geliştirilmesi

Birçok projede olduğu gibi RFID projelerinde de tasarlanan sistemin başarılı bir şekilde mevcut sisteme entegre edilmesi ile projenin bittiği düşünülebilir. Pek çok açıdan, projenin başarısı projenin bitmesi olarak gözükse de, katılımcılar, müşteriler ve tedarikçiler için aslında bu bir başlangıçtır. Bu aşamada, son kullanıcı ve müşterinin deneyimini gözlemlemek oldukça önemlidir. Bu nedenle, bu aşamada öncelikli olarak takip edilmesi gereken bazı anahtar faktörler vardır. Bunlardan ilki, entegre edilen sistemin sürekliliğini sağlamak için bu sistemin kurulumunda yer almış kişilerden oluşan bir takımla sistemden kaynaklanacak sorunların hızla çözümünün sağlanmasıdır. Bunun yanı sıra, proseslerin gelişiminin takip edilmesi için, değişik tipteki verilerin analiz edilmesi ve hangi süreçlerde sorun yaşandığının gözlemlenmesi gerekir. Kurulan sistemin RFID iletişim standartlarına uygunluğu da göz önünde bulundurulmalıdır. Son olarak, sonuçların etkili bir şekilde izlenebilirliği için, iş planlarından beklenen sonuçlar ve gerçekleşen sonuçlar katılımcılarla bir araya gelinerek karşılaştırılmalıdır. Böylece, planlama ve tahminleme alanında gelişime ihtiyaç duyulan belirlenebilir (Bhuptani ve Moradpour, 2005).

4. DENİM ÜRÜN ÜRETİM SÜREÇLERİNDE RFID TABANLI İZLENEBİLİRLİK SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ UYGULAMASI

Günümüzde yaygın olarak her yaştan ve her kesimden insanın kullandığı denim kumaşların tarihi 17. yüzyıla kadar dayanırken, 1850'lerde bu kumaşlardan ilk olarak ürünler seri olarak üretilmeye başlanmıştır. 1980'li yıllardan itibaren ise dünyanın en eski kumaşlarından biri olan denim kumaştan ürünler ülkemizde de üretilmeye başlanmıştır. İstanbul Tekstil ve Konfeksiyon İhracatçı Birlikleri'nin 2011'de hazırlamış oldukları "Türkiye'nin Denim Kumaş ve Konfeksiyon Dış Ticareti 2011 ve Dünya Denim Pantolon Pazarına Bakış" raporunda, Dünya Ticaret Örgütü'nün uluslararası verilerine göre ülkemizin 2010 yılı itibariyle dünyanın 5. Büyük konfeksiyon ihracatçısı ve 8. Büyük tekstil ihracatçısı olduğu belirtilmiştir. Yine aynı raporda Türkiye'nin denim giysi ihracatındaki değişim 2000-2011 yılları arasında Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 : Yıllar itibariyle Türkiye'nin denim giysi ihracatı.

Şekil 4.1'den de görüldüğü gibi 2000 yılından 2007 yılına kadar denim giysi ihracatı hızlı bir şekilde artarak 400 milyon dolar civarlarından 2 milyar 175 milyon civarlarına kadar yükselmiştir. Ancak 2007 yılından 2009 yılına kadarki süreçte sektörde benzer hızda bir küçülme görülmekte ve bu durumu 2009'dan 2011'e kadar pazardaki ufak bir büyüme takip etmektedir. Grafikten de anlaşılacağı gibi 2007'den sonraki süreçte sektör eski büyüklüğüne ulaşamamıştır. Bu şartlarda firmaların artan

rekabet ve zorlayıcı pazar şartlarına rağmen varlıklarını sürdürmeleri kendilerini sürekli geliştirmelerine bağlıdır (İstanbul Tekstil ve Konfeksiyon İhracatçı Birlikleri, 2011).

Üretim süreçlerinde gerçek zamanlı ürün izlenebilirliğini sağlamak, işletmelerin süreç verimliliği ve kalitesini artırması, maliyet tasarrufu elde ederek rekabet avantajı elde edebilmesi için çok büyük önem arz etmektedir. RFID sistemlerinde, mikroçip içeren etiketler radyo dalgaları yardımı ile uzaktan, hızlı ve toplu bir şekilde okunabilmekte, özel çevresel koşullara dayanıklılık sağlanabilmektedir. RFID teknolojisi bu özellikleri ile gerçek zamanlı ürün izlenebilirliğinin sağlanmasında en önemli araçlardan biridir. Bu tezde San-Tez Programı kapsamında denim ürün üretim süreçlerinde RFID tabanlı izlenebilirlik sisteminin geliştirilmesi ele alınmıştır.

4.1 Proje Hakkında Bilgi

Bu tezde San-Tez Programı kapsamında Denimvillage olarak ta bilinen Suglobal Tekstil ve Konfeksiyon San. A.Ş. firmasında 01483.STZ.2012-2 nolu san-tez projesi (RFID tabanlı izlenebilirlik sisteminin geliştirilmesi) ele alınmıştır. Bu uygulama projesinin amacı, denim üretim süreçlerinde RFID teknolojisi ile gerçek zamanlı izlenebilirliği sağlamak, denim üretim süreci gerçekleştiren işletmelerin verimlilik, doğruluk, görünürlük ve güvenlik seviyelerini arttıracak yeni bir sistem tasarımı ile mevcut süreçlerin geliştirilmesine katkı sağlamaktır. Bu amaç doğrultusunda doğru bir proje planı hazırlayarak denim ürün konfeksiyon sürecinde örnek olarak gösterilebilecek bir izlenebilirlik sistemi oluşturmak hedeflenmektedir. Proje ile pazarda mevcut olarak bulunan ancak prosese entegre edilemeyen ya da yeterince verimli olmayan sistemlerin yerine yine benzer altyapılar kullanarak ve üzerinde ek modifikasyonlar, yazılım ve süreç geliştirme çalışmaları ekleyerek yenilikçi bir proses ortaya çıkarmak da hedeflenmektedir.

Ayrıca yapılan uygulama çalışması ile bu tezin 3. bölümünde anlatılan "RFID sistemlerinin geliştirilmesi ve entegrasyonu" için anlatılan yol haritası somut bir uygulama örneği ile daha anlaşılır hale getirilmek istenmiştir.

Yaklaşık 240000 TL bütçesi olan proje 12 ay içinde sonlanacak şekilde 1 Mart 2013 tarihinde başlatılmıştır. Ancak projeye başlandığı tarihte Intersource firması olarak faaliyetlerini sürdüren firma, dönem içinde el değiştirerek faaliyetlerini Suglobal adı

ile devam ettirmektedir. Devir işlemlerinden doğan aksaklıklardan dolayı proje belirli bir süre ilerleyememiş ve bu sebepten dolayı 28 Şubat 2014 tarihinde bitirilmesi planlanan proje 30 Nisan 2014 tarihine kadar devam etmiştir.

Bu bölümün bundan sonraki kısmında ilk olarak çalışmanın yapıldığı firma hakkında genel bilgiler kısaca açıklanıp, denim ürün ve üretim süreçleri hakkında genel bilgiler anlatılmış ve daha sonra RFID sisteminin geliştirilmesi yol haritasına göre adım adım anlatılmıştır.

4.2 Denim Ürün ve Üretim Süreçleri Hakkında Genel Bilgi

Denim ürünleri çoğunlukla pamuk lifinden üretilmektedir. Bunun yanında günümüzde polyester, elastan, keten ve viskon gibi liflerde denim ürünlerde kullanılan denim kumaşın üretiminde kullanılmaktadır. Çeşitli gramajlarda dokunabilen ve geniş desen yelpazesine sahip olan denim kumaşlar başta pantolon olmak üzere ceket, gömlek, elbise, şapka, etek, yelek ve farklı birçok giysinin yanı sıra yastık ve yatak örtüsü gibi birçok farklı tekstil ürünlerinde kullanılmaktadır (URL-1).

Denim ürünlerinin üretilmesi süreçleri kumaşın gelmesiyle başlar. Gelen kumaşlar için kesim ön hazırlık süreci sonrasında kesim süreci başlar. Kesilmiş denim kumaşların önce dikimi daha sonra kendi içinde birçok alt süreci olan yıkama süreci gerçekleştirilir. Yıkama süreci kuru ve yaş halde uygulanan işlemleri kapsamaktadır. Zımparalama, kumlama, yıpratma (eskitme), lazer ile yakma, şekil ütüsü ve pres ütüsü, reçine, kılçıklama ve baskı işlemleri kuru işlemleri oluşturmaktadır. Zımparalama işleminde zımpara kâğıdı kullanılarak denim ürün üzerinde eskimiş görüntüsü elde edilir. Kumlama işleminde basınçlı hava ile ince kumlar denim ürüne yüksek hızlarda vurdurularak, kumların ürüne dokunduğu alanlarda aşındırma yapılır. Yıpratma işleminde, denim ürünlerinin belirli bölümlerine yıpranmış görüntüsü vermek için basınçlı hava aparat ile uygulanır. Kılçık işleminde kılçık makinası ile istenilen bölge kılçıklarla tutturularak kontrastlı görüntü elde edilir. Lazer ile yakma işleminde, zımparalama işlemi ile elde edilen şekil ya da görüntüler lazer makinaları ile elde edilir. Reçine işlemi ile değişik efektler elde edilir. Tüylenmenin azaltılması, rengin koyu tutulması, parlaklığın arttırılması, zımpara etkisinin güçlendirilmesi gibi farklı amaçlar için denim ürün reçine adı verilen özel kimyasallara daldırılır. Şekil ütüsü denim ürünün belli bölgelerinde bir süre

kullanılmış görüntüsü oluştururken, pres ütü ile bitmiş ürünün parlak ve kırışıksız olması sağlanır. Haşıl sökme (ön yıkama), taşlama, enzim yıkama, ağartma işlemleri yaş işlemleri oluşturmaktadır. Haşıl sökmede su, kuvvetli alkaliler, kuvvetli asitler, enzimler ya da oksidatif yıkama ile haşıl maddesi denim üzerinden uzaklaştırılır. Taşlama işleminde, denim ürünler endüstriyel makinalarda özel programlarda ponza taşları ile beraber yıkanır ve ürüne eskitilmiş özelliği kazandırılır. Enzim işlemlerinde özel enzimler kullanılarak yıkama işlemi uygulanarak ürünün yüzeyinin düzgünleştirilmesi, tüylenmenin önlenmesi, renginin açılması gibi farklı dış efektler kazandırılır. Ağartma işleminde, boyar maddelerle boyanmış denim kumaşların renk tonları açılır. Dikim ve yıkama işlemleri dışında sürecin farklı aşamalarında gerçekleştirilebilen aksesuar (düğme, fermuar, vb.) dikimi ya da çakımı, ayıklama ve tamir, etiket dikimi, fırın ve nakış gibi ara işlemlerde ürüne uygulanmaktadır. Bu işlemlerin tamamlanması ile ürünler en son finishing (sonlama) olarak adlandırılan son kontrollerin yapıldığı, hatasız ürünlerin ayrıldığı, hatalı ürünlerin tamire gönderildiği ya da ikinci kalite olarak ayrıldığı, iplik saçaklarının temizlenmesi gibi son rötuşların yapıldığı işlemlerden geçirilerek ürün/sevkiyat deposuna gönderilir (Atav, 2013).

4.3 Uygulamanın Yapıldığı Firma Hakkında Bilgi

2001 yılında kurulan Denimvillage, 2004 yılında ilk ihracatını gerçekleştirmiştir. Bugün Avrupa ve Amerika'dan seçilmiş müşterilerle çalışan, 94417 m2 alan üzerinde 26420 m2 kapalı alana kurulmuş denim ürünleri üreten firmada 461 çalışan mevcuttur. Bu sayı fason firmaların çalışanları ile birlikte yaklaşık olarak 1500 civarına çıkmaktadır. Aylık 350 bin adet üretim kapasitesi ile Acne, Ben Sherman, Levı's Global, Levı's Vıntage Clothıng(Lvc), Levı's Made & Crafted, Marc O'polo, Ralph, Lauren - Polo Denim, Replay, Scotch &Soda müşterilerine hizmet veren firma, müşterilerin talep ettiği modellerin üretimini gerçekleştirmenin yanı sıra müşterilere kendi tasarımlarını da önererek yeni modellerde geliştirmektedir. Ortalama yıllık satışlarının 2 milyon adet civarında olduğu firmanın toplam çalışanlarından yaklaşık 50 kişi araştırma geliştirme departmanında çalışmaktadır.

4.3.1 Uygulamanın Yapıldığı Firmada Mevcut Durum Analizi

Çalışmanın yapıldığı Denimvillage firmasında, üretim süreçlerinin izlenebilirliğindeki zorluklar ve bundan kaynaklanan problemler dolayısı ile kullanılan barkod sistemi memnuniyetsizlik yaratmaktadır. Çalışmanın bu kısmında, alternatif sistem ihtiyaçlarının belirlenmesi için mevcut durum incelenmiş, karşılaşılan problemlerin kaynakları ortaya çıkartılarak çözüm için gerekli ihtiyaçlar belirlenmiştir.

Aşağıda anlatılacak olan mevcut süreçler, süreçlerdeki problemler ve problemlerin nedenlerinin ortaya konulması sonucunda, mevcut barkod uygulamasından farklı ve yenilikçi bir yaklaşım ile RFID teknolojisinin denim endüstriyel yıkama proseslerine uygun hale getirilmesi, ideal bir izlenebilirlik için süreç ve sistem tasarımının gerçekleştirilmesi bu projenin amacı olarak belirlenmiştir.

4.3.2 Süreç Analizi

Mevcut sistemde, satın alınan malzemenin (kumaşların) depolanması ile süreç başlar. Müşteri siparişine göre bu malzemeler kesime gönderilir. Kesilen kumaşların dikim işlemlerinin bitmesiyle zımpara, yıkama, fırın, sprey gibi özel işlemlerden geçen ürünler en son finish olarak adlandırılan son kontrollerin yapıldığı, hatasız ürünlerin ayrıldığı, hatalı ürünlerin tamir edildiği ya da ikinci kalite olarak ayrıldığı, iplik saçaklarının temizlenmesi gibi son rötuşların yapıldığı işlemlerden sonra ürün/sevkiyat deposuna gönderilir.

Denimvillage firmasında barkod sistemi ile ürün ve stok takibi yapılmaktadır. Müşteri siparişleri sipariş no satın alma emri (PO) ile ilişkilendirilerek sisteme girilir. İlgili barkod etiketleri hazırlanır. Müşteri siparişine uygun malzeme, depodan kesime gider. Bir sonraki aşama ise dikim aşamasıdır. Barkod etiketi ürünün diğer etiketlerinin olduğu yere dikim aşamasında dikilmekte ve takip eden her bir aşamadan sonra lazer okuyucudan okutularak IBM AS 400 (Denimvillage'de kullanılan ürün ve stok takip sistemi) sistemine kaydı yapılmakta ve ürün takibi sağlanmaktadır. Sistemde ürünlere ait PO numarası veya iş emri numarası AS 400'e girilerek ürünlerin tek tek barkodlarının okutulması ile sisteme girişleri yapılmaktadır ve her okutma işleminden sonra sistem otomatik kaydetmektedir. Zaman ve/veya personel kısıtı nedeniyle ürünlerin tamamı lazer okutucudan geçirilmek yerine el ile sayılıp, toplam adet sisteme girilmektedir. Bu, zamandan bir miktar tasarruf

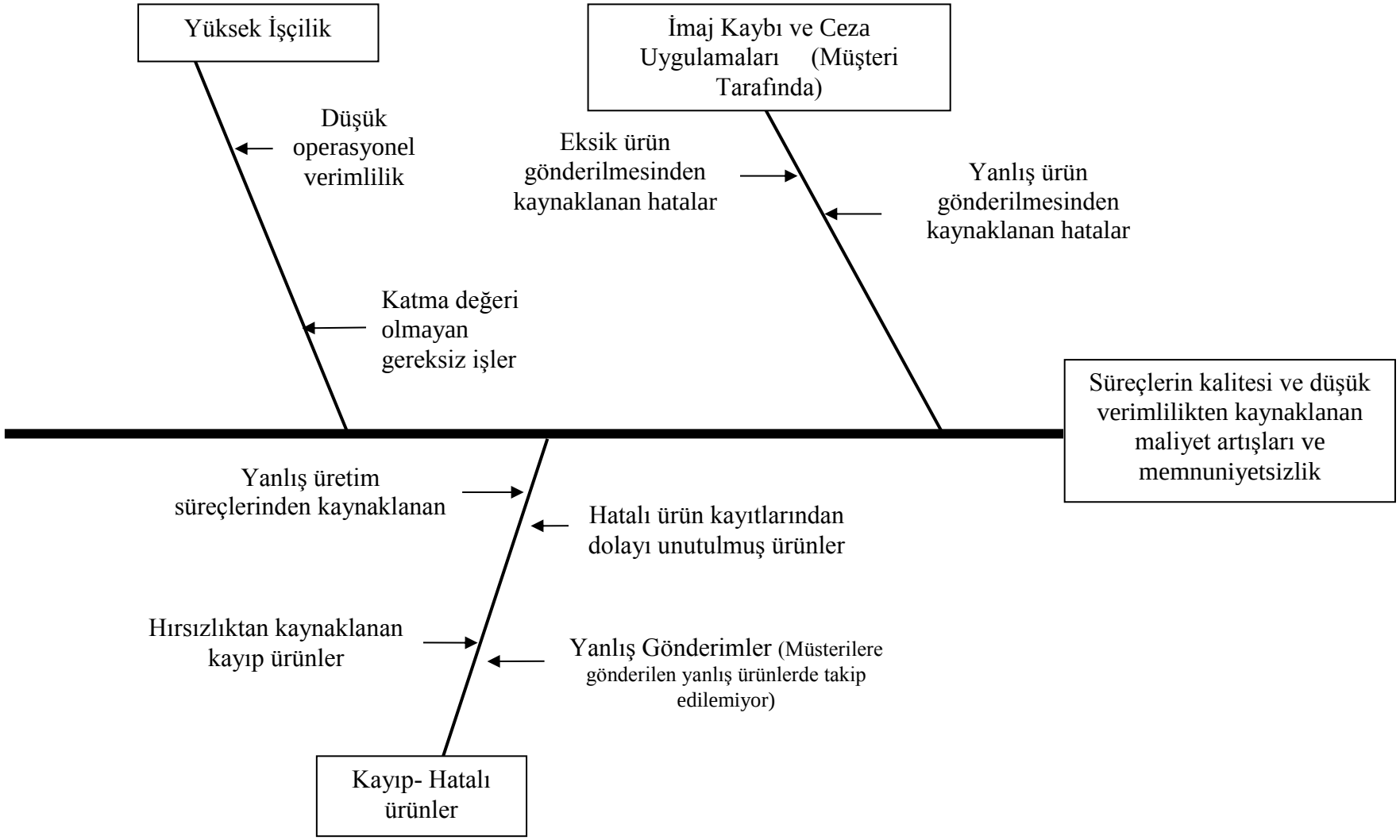
sağlamakta fakat hata ve suiistimallere neden olabilmektedir. Son aşamaya gelmiş ürünlerin dikim aşamasında iliştirilen barkod etiketleri, müşteriye gönderilmeden önce finish (müşteriye hazırlama ve koli) aşamasında ürünlerden kesilerek veya koparılarak ayrılmaktadır.

Barkod sisteminde ürünlerin takibi için her vardiyada yarı mamul depoda toplamda 8 "AS 400" elemanı, yıkama departmanında 10 "AS 400" elemanı görevlidir. Barkod sisteminde barkod etiketleri okuyucunun görüş alanı içinde olması zorunludur. Barkod teknolojisinin insan gücü olmadan kullanılması çok zordur. Buna bağlı olarak "As 400" elamanlarının gün içindeki çalışma sürelerinin yarı zamanını manuel olarak yapılan katma değeri olmayan sayım ve barkod okutma faaliyetleri oluşturmaktadır. Sayım ve barkod işlemlerinin dikimden sevkiyata kadar tamamlanan her süreçten sonra yarı mamullerin hepsi için yapılması ile ürün takibi sağlanır. Yıkama departmanında; spray, hasar ve yaş işlemlerden çıkan ürünler AS 400 operatörüne bildirilerek sistemden düşülmesi sağlanmaktadır.

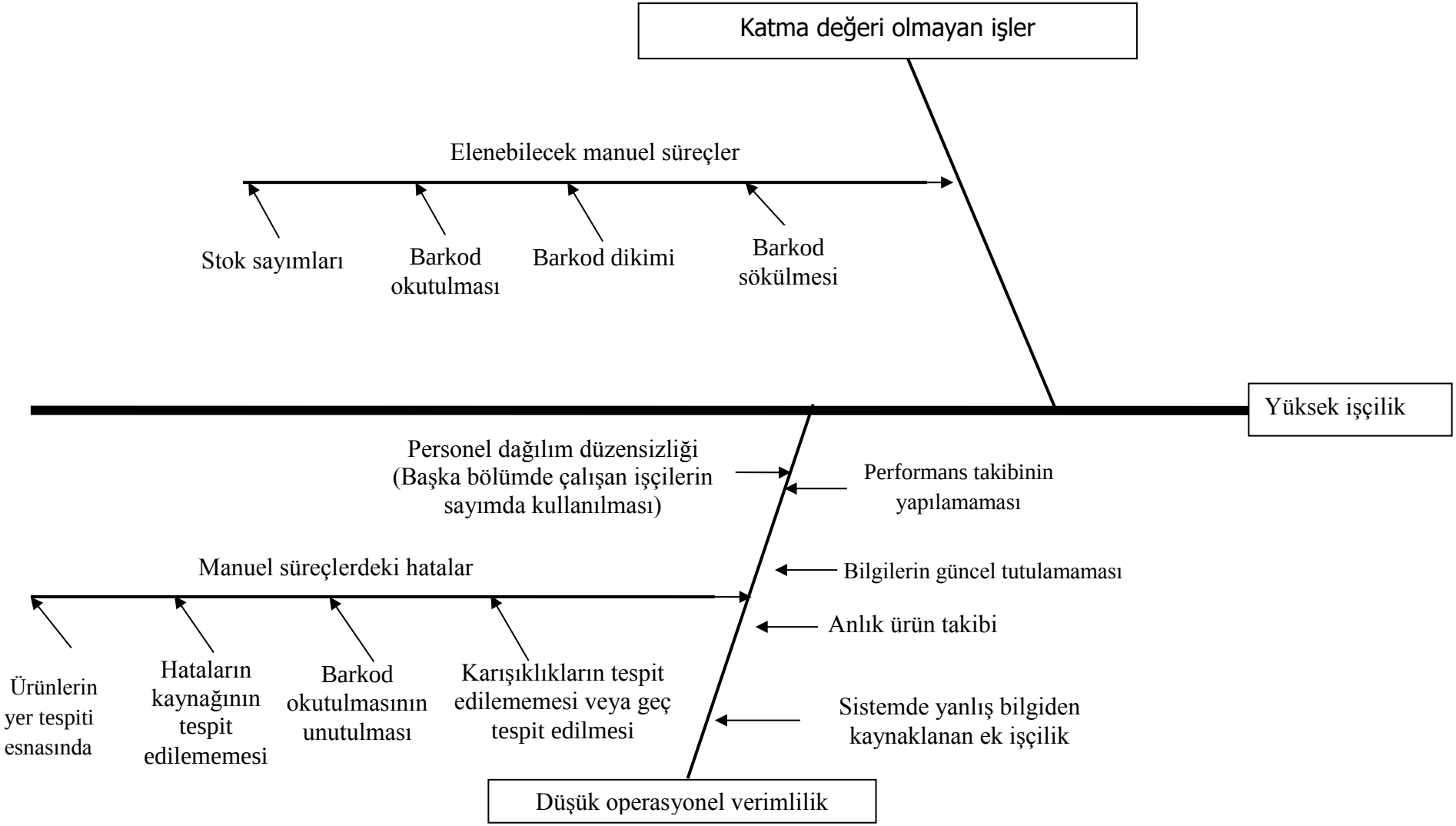
4.3.3 Problem Analizi

Mevcut sistem, işgücü kullanımı yüksek, kayıpların ve hataların sıklıkla yaşandığı, ürünlerin ve stokların zor takip edildiği bir sistem olarak tanımlanabilir. Bu sıkıntı sektördeki hemen tüm denim ürün üreticilerinin ortak problemidir. Barkod teknolojisinin kullanılması insan gücünü gerektirdiğinden manuel süreçlerin otomasyonu yapılamamaktadır. Barkod sistemindeki manuel süreçler katma değeri olmayan işçilikten dolayı maliyetleri arttırmaktadır. Zaman ve personel kısıtı gibi nedenlerden dolayı barkod okumaları yapılamadan sisteme elle sayım sonuçları girilmektedir. Gerek barkod okutulmasında gerekse elle yapılan sayımlardan kaynaklı insan hataları sistemde kayıtlı değerler ile gerçek değerlerin birbirini tutmamasına neden olmaktadır. Karmaşık süreçlerin izlenememesi ve kayıt işlemlerinin zorluğu, yüksek işçilik maliyetleri, hırsızlıkların önüne geçilememesi, açıklanamayan kayıp ürünler, düşük operasyonel verimlilik, müşteriye kadar giden hatalı/yanlış ürünler vb. nedenler ile mevcut sistemin süreç verimliliği ve kalitesinden memnuniyetsizlik söz konusudur.

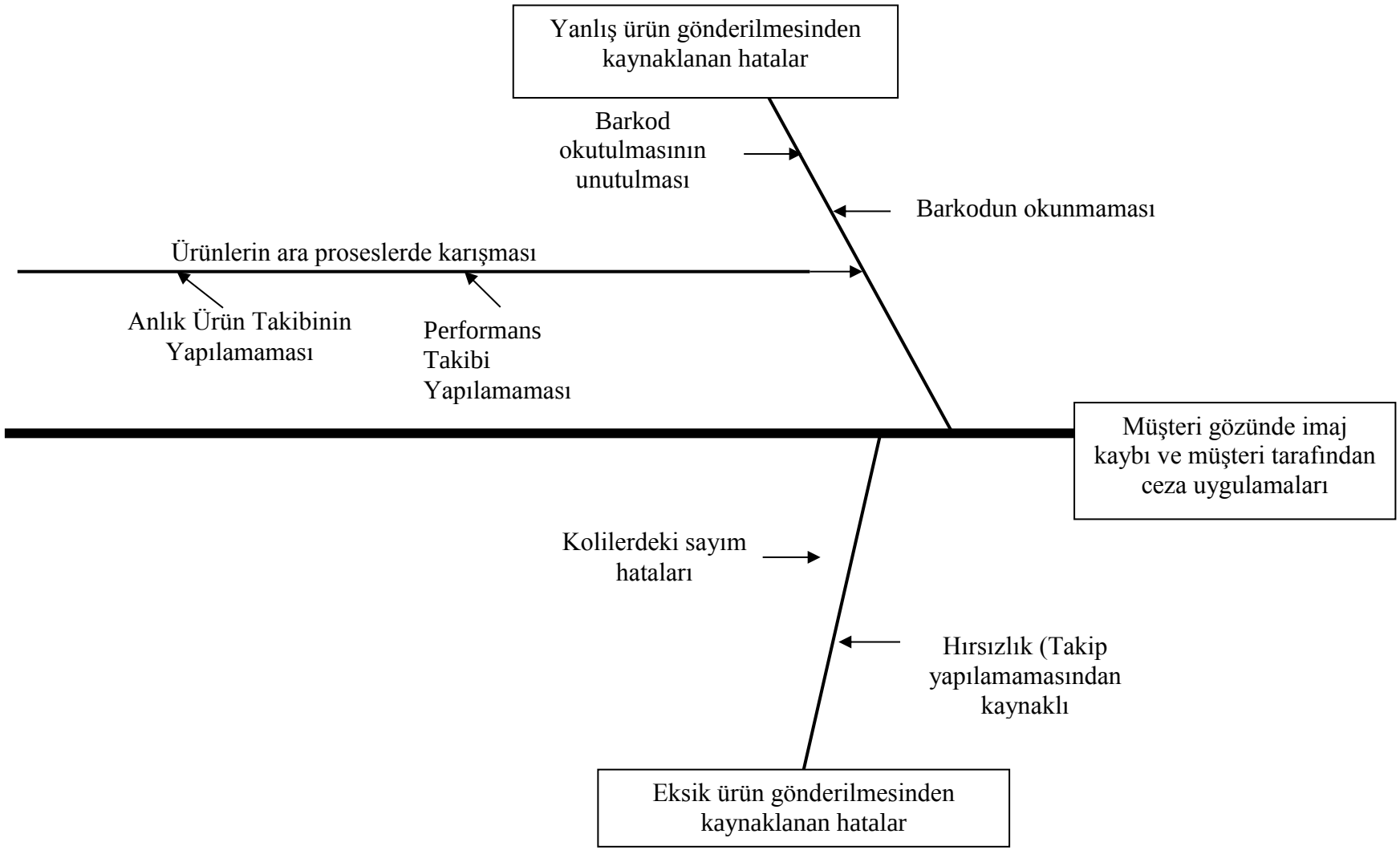
Bu memnuniyetsizliğin temel sebepleri aşağıdaki balık kılçığı diyagramlarıyla ayrıntılı olarak gösterilmiştir.



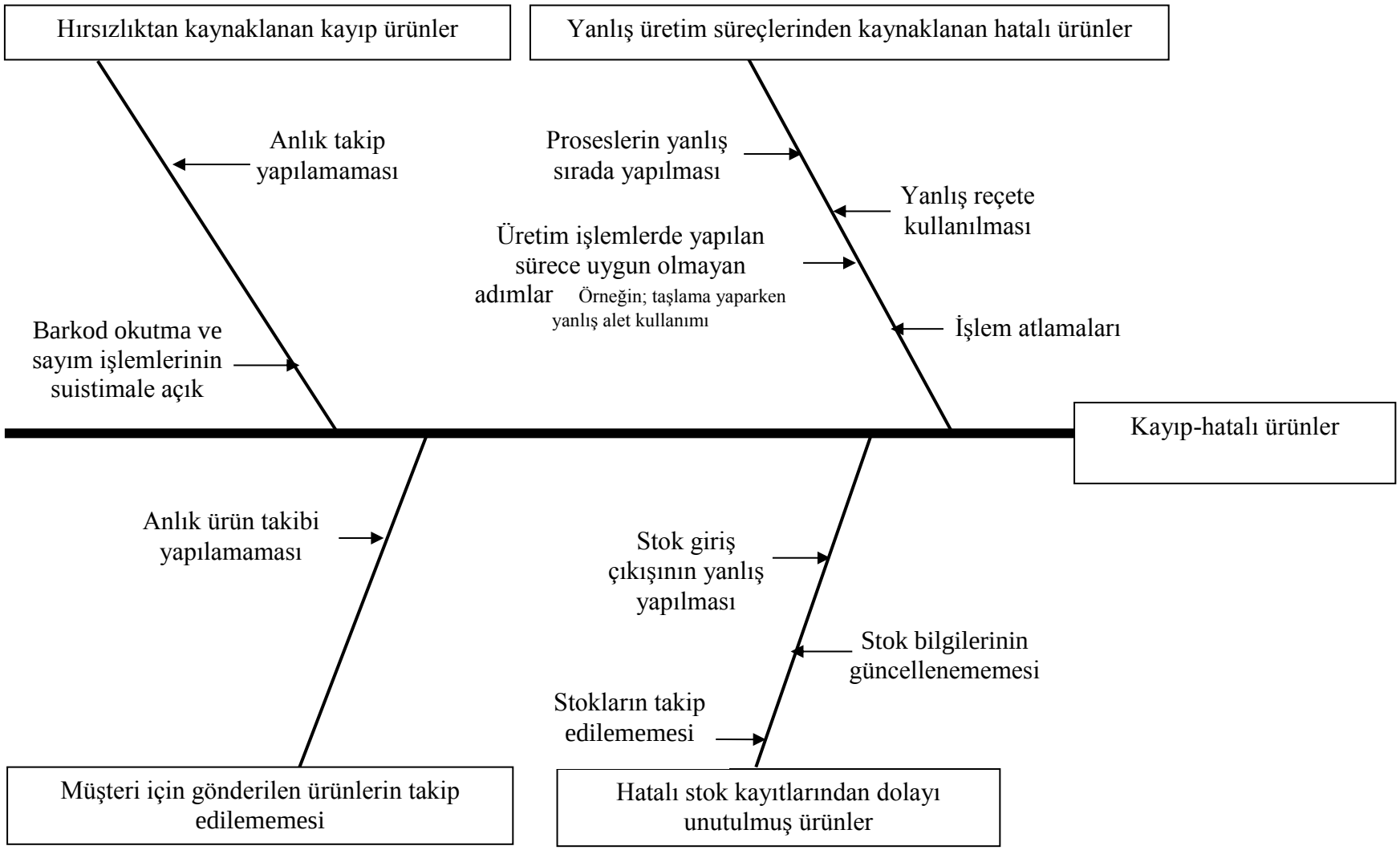
Şekil 4.2 : Balık Kılçığı Diyagramı-Maliyet artışı ve müşteri memnuniyetsizliğinin nedenleri.



Şekil 4.3 : Balık Kılçığı Diyagramı- Yüksek işçiliğin nedenleri.



Şekil 4.4 : Balık Kılçığı Diyagramı-İmaj kaybı ve müşteri cezalarının nedenleri.



Şekil 4.5 : Balık Kılçığı Diyagramı- Kayıp hatalı ürünlerin nedenleri.

Çizelge 4.1 : Sorun analizi tablosu.

Sorun		Nedenleri	Çözüm önerileri
Yüksek İşçilik	• Düşük operasyonel verimlilik, • Katma değeri olmayan manuel işler,	• Katma değersiz manuel işler (barkot okutma, elle sayım, barkod dikim, söküm) • Sistemde kayıtlı bilgilerin güncel ya da doğru olmaması • Sistemde hataların ve karışıklıkların nedenlerinin tespit/takip edilememesi • Ürünlerin yer tespiti esnasında yaşanan zaman kayıpları • Anlık ürün takibi yapılamaması	• Süreçteki manuel işlemlerin azaltılması (barkod okutma, elle sayım…), • Sistemdeki kayıtların doğruluğunu arttırmak, • Ürünün sistemdeki izlenebilirliğini arttırmak
Kayıp- Hatalı ürünler	• Yanlış üretim süreçlerinden kaynaklanan hatalı ürünler • Hatalı ürün kayıtlarından dolayı unutulmuş ürünler • Hırsızlıktan kaynaklanan kayıp ürünler • Müşteri için gönderilen ürünlerin takip edilememesi	• Müşteriye yanlış gönderilen ürünler • Personelin fabrika dışına çıkardığı ürünler • Yanlış süreç takibi (ürünün ara süreçlerde hatalı sıralamada işlem görmesi) • Yanlış reçete kullanımı • Üretim işlemlerde yapılan sürece uygun olmayan adımlar • Stok giriş çıkışının yanlış yapılması • Stok bilgilerinin güncellenememesi • Stokların takip edilememesi	• Anlık takibin yapıldığı alternatif teknolojinin kullanılması • Manuel süreçlerin elemine edilmesi ile insan kaynaklı hataların önüne geçilmesi • İşlem adımlarındaki sıralama hatalarının ve yanlış reçete kullanımın önüne geçilmesi için çalışanı yönlendiren uyarıların geliştirilmesi
Ceza Uygulamaları ve İmaj kaybı	• Eksik ürün gönderilmesinden kaynaklanan hatalar • Gönderilen ürünlerin bedenlerinin karışması • Yanlış ürünlerinin gönderilmesi	• Barkod okutulmasının unutulması • Barkodun okunmaması • Ürünlerin ara proseslerde karışması • Anlık takip yapılamaması ve bundan kaynaklı suiistimaller	• Manuel işlemlerin elemine edilmesi ile personel hatalarının azalması • Barkod sisteminin yerine anlık takibin yapıldığı alternatif teknolojilerin kullanılması • Manuel işlerin azaltılması ile süreçleri personelden bağımsız hale getirerek ve İzlenebilirliği arttırarak müşteri memnuniyetsizliğine neden olan karışıklıkların ve hataların daha erken fark edilmesi ve önlem alınması • Daha iyi izlenebilirlik ile karışıklıkların giderilmesi, hataların otomatik olarak sistem tarafından ortaya çıkarılması, suiistimallere izin verilmemesi

Şekil 4.2'de yüksek maliyetlerin ve memnuniyetsizliğinin nedenleri yüksek işçilik, imaj kaybı ve ceza uygulamaları, kayıp ve hatalı ürünler olarak gösterilmiştir. Şekil 4.3, Şekil 4.4 ve Şekil 4.5' de sırasıyla bu üç nedenin alt nedenleri detaylı olarak gösterilerek problemin asıl nedenleri açığa çıkarılmak istenmiştir. Ayrıca Çizelge 4.1'de, hazırlanan balık kılçığı diyagramları dikkate alınarak sorun analizi tablosu hazırlanmıştır. Bu tabloda sorunlar, nedenleri ve çözüm önerileri ile birlikte verilerek ihtiyaçlar belirlenmiştir.

4.3.4 İhtiyaç Analizi

Yapılan analizlerin sonucunda aşağıdaki ihtiyaçlar belirlenmiştir,

- Süreçteki manuel işlemlerin azaltılması (işçilikten tasarruf, personelden kaynaklanan hatalarda azalma)
- Sistemdeki kayıtların doğruluğunu arttırmak (stok sayımlarını kolaylaşması, karışıklıklardan kaynaklanan hataların azalması, operasyonel verimliliğe katkı, müşteri memnuniyeti)
- Ürünün sistemdeki izlenebilirliğini arttırmak (operasyonel verimliliği arttırır, karışıklıklar ve hataları azaltır, müşteri memnuniyeti)
- Sistemin güvenilirliğini arttırmak (hırsızlık ve açıklanamayan ürün kayıplarının önüne geçilmesi için)
- Ürünün ayırma ve okutma sırasında oluşan zaman kayıplarının önüne geçilmesi
- Sipariş bazında ürünlerin işlem adımları arasında dağılmasını önlemek

Sonuç olarak Denimvillage firmasında yukarıda belirtilen katma değersiz işçilik, düşük operasyonel verimlilik, ürünün takip edilmesindeki zorluklardan kaynaklı hatalar ve bu hataların sebep olduğu kalitesizlik, artan maliyetler ve müşteri memnuniyetsizliği gibi vb. sebeplerden dolayı üretim süreçlerinde izlenebilirlik ile ilgili olarak bir süreç geliştirme yapmak ve belirtilen kayıpların ortadan kaldırılması temel ihtiyaç olarak belirlenmiştir. Tamamen işçiliğe dayalı barkod sisteminde izlenebilirliğin personelden bağımsız hale getirilmesini sağlamak ve personel hatalarını en aza indirgemek amacı ile barkod sisteminin alternatifi olarak manuel süreçlere daha az bağımlı olan RFID teknolojisi düşünülmüştür.

4.3.5 Performans Ölçütleri

Mevcut süreçteki problemlerin çözümü için önerilen RFID teknolojisinin kullanılması durumunda hedeflere ulaşılıp ulaşılamadığının, ulaşıldı ise ne derece ulaşıldığının kontrol edilmesi diğer bir değişle uygulanacak bir çözüm önerisinin planlandığı şekilde sürdürüldüğünün kontrolü için; işçilik maliyetleri, kayıp ve hatalı ürün oranı (hatalı ürün ile kastedilen defolu ya da kusurlu üretilen ürünler değil karışıklıklardan kaynaklı olarak farklı beden ya da modelin müşteriye gönderilmesi hatta daha da ciddi bir problem olan farklı müşterilerin ürünlerinin karışması gibi hatalardır) ve müşteri cezaları değerleri performans ölçütü olarak belirlenmiştir.

4.4 Denim Ürün Üretim Süreçlerinde RFID Tabanlı İzlenebilirlik Sistemi Geliştirilmesi

Bu çalışmanın bundan sonraki kısmında Denimvillage firmasında mevcut barkod uygulamasından farklı ve yenilikçi bir yaklaşım ile RFID teknolojisinin denim endüstriyel yıkama proseslerine uygun hale getirilmesi, ideal bir izlenebilirlik süreç ve sistem tasarımının gerçekleştirilmesi için gerekli RFID sisteminin geliştirilerek entegre edilmesi anlatılmıştır.

4.4.1 Hazırlık ve Planlama Aşaması

Bu aşamada aktif olarak çalışacak ekip kurulmuştur. Bu ekipte yer alan kişiler, unvanları ve görevleri çizelge 4.2' de verilmiştir.

Çizelge 4.2 : Proje ekibi bilgisi.

Görevi	Unvan	Adı Soyadı
Proje Yürütücüsü	Doç. Dr.	Alp ÜSTÜNDAĞ
Tez Öğrencisi	Arş. Gör.	Mahir ÖNER
Yardımcı Araştırmacı	Öğr. Gör. Dr.	Hasan Bülent YAĞCI
Yardımcı Personel	Ar-Ge Personeli	Figen KÖKSAL
Yardımcı Personel	Ar-Ge Personeli	Süleyman HALAÇ
Yardımcı Personel	Bilgi İşlem Sorumlusu	Yusuf MATAŞ

Proje için firma kaynakları dışında da kaynak yaratabilmek amacı ile projenin San-Tez Ar-Ge destek programı kapsamında yapılacak şekilde hazırlıklar yapılmıştır. Bu amaç için Sanayi Bakanlığı ile ilgili her türlü iletişim, doküman hazırlama vb. konularda proje ekibini destekleyecek danışman firma ile çalışılmıştır. Ayrıca proje

ekibinde olmamasına rağmen planlama, pazarlama ve üretim departmanlarındaki yöneticilerin ve ilgili olabilecek personellerin destek sağlayabilmeleri için bu kişilerin konu hakkında belli düzeylerde bilgilendirilmeleri sağlanmıştır. RFID teknolojisinin ne şekilde kullanılabileceği ve kullanıldığında süreçlere ne tür katkılar sağlayabileceğinin daha net anlaşılması için toplantılar düzenlenmiştir. Bu toplantılarda proje ekibindeki firma personeli RFID teknolojisi hakkında bilgilendirilirlerken, firma dışından proje ekibi üyeleri de firma süreçleri hakkında bilgilendirilmiştir. Denimvillage 'de süreçler ve süreçler ile ilgili sıkıntılar ortaya konmuştur. Süreçlerdeki en temel problemlerden biri üretim süreçlerinde ürün tanıma amaçlı olarak kullanılan barkod teknolojisinden kaynaklamaktadır. Barkod teknolojisi malzemelerin etiketlenmesi ve otomatik tanımlanmasında günümüzün en yaygın teknolojisi olmasına rağmen bazı kısıt ve sakıncalara sahiptir. Karmaşık süreçler içinde izleme ve kayıt işlemlerinin zorluğu, işçilik maliyetlerinin yüksekliği, zaman kayıpları ve etiket içinde saklanabilen veri kapasitesinin yetersizliği bu teknolojinin eksik ve sakıncalı yanlarını oluşturmaktadır. Barkod sisteminin en önemli kısıtlarından biri de barkod etiketinin okuyucunun görüş alanı içinde olması zorunluluğudur. Barkod teknolojisinin insan gücü olmadan kullanılması çok zordur. Barkod teknolojisinin günümüz koşullarında artık yetersiz kalacağı kanaatine varılmıştır. Mevcut barkod uygulamasından farklı ve yenilikçi bir yaklaşım ile RFID teknolojisinin denim endüstriyel yıkama süreçlerine uygun hale getirilmesi ile gerçek zamanlı bir izlenebilirlik sisteminin oluşturulması projenin temel amacı olarak belirlenmiştir.

Denimvillage 'de uygulanan barkod sistemi ile bu projede uygulanması planlanan RFID sisteminin teknik içerik karşılaştırması Çizelge 4.3'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.3 : RFID ve Barkod sistemlerinin karşılaştırılması (Üstündağ, 2008).

RFID Sistemi	**Barkod Sistemi**
Etiket içinde tutulan bilgi değiştirilebilmektedir.	Bilgiyi değiştirmek için etiketi değiştirmek gerekmektedir. Etiket kaybı yaşanmaktadır.
RFID etiketleri içinde saklanabilen bilgi miktarı yüksektir.	Barkod etiketlerinde tutulan bilgi çok daha sınırlıdır.

Çizelge 4.3: RFID ve Barkod sistemlerinin karşılaştırılması (Devamı) (Üstündağ, 2008).

RFID etiketleri içindeki bilgilerin okunabilmesi için, etiketin okuyucunun görüş alanı içinde olması gerekmemektedir. Etki alanı prensibi vardır.	Barkod sistemlerinde etiket üzerindeki kodların lazer okuyucu tarafından okunabilmesi için, etiket kesinlikle okuyucunun görüş alanı içinde yer almalıdır.
RFID sistemlerinde etiketler toplu şekilde okunabilmektedir.	Barkod sistemlerinde ise etiketlerin tek tek okunması gerekmektedir.
RFID etiketlerinin okuma hızı yüksektir, zaman kaybı azdır.	Barkod sistemlerinde okuma hızı düşüktür, Zaman kaybı fazladır.
Okuma uzaklığı çeşitli RFID sistemleri için çok yüksek olabilmektedir.	Okuma uzaklığı düşüktür.
Etiketlerin kopyalanması ve içeriğinin gözle okunabilmesi imkânsızdır.	Kolaylıkla kopyalanıp değiştirilebilmektedir.
Etiket okuma işi otomatik bir şekilde gerçekleşmekte ve işçilik maliyeti düşüktür	Etiket okuma işi manuel bir şekilde gerçekleşmekte ve işçilik maliyeti yüksektir.
Eksik ürünlerin hangi aşamada eksildiği takip edilebilmektedir.	Eksik ürünlerin hangi aşamada üretildiği takip edilememektedir.

Proje sonunda elde edilecek çözümler ve beklenen yenilikler şunlardır:

- Tamamen işçiliğe dayalı barkod sisteminde izlenebilirliğin personelden bağımsız hale getirilmesini sağlamak ve personel hatalarını en aza indirgemek: Bu amaçla süreç tasarımı konusunda detaylı bir analiz gerçekleştirilerek süreç tasarımı mükemmelleştirilecektir.
- RFID etiketler ürün üzerine monte edilip son aşamaya kadar ürün üzerinde kalacağından proses şartlarına uygun olması ve bu şartlar altında hem doğru sonuç vermesi hem de kullanım ömrünün uzun olmasının sağlanması: Bu amaçla etiketlerin üzerinin yüksek sıcaklığa ve darbelere karşı dayanıklı bir malzeme ile kaplanması hedeflenmektedir. Bu konudaki alternatifler ortaya konarak denenecek ve en uygun malzeme ve şekil seçilecektir. Bu süreç, çok sayıda malzeme alternatifinin olduğu ve bu malzemeler ile kaplanan etiketin

çok defa yıkama testlerine maruz bırakılacağı deneysel yönü yüksek olan bir çalışma olacaktır.

- Denim ürün üzerine etiketin hızlı ve doğru sonuç verecek şekilde montajı, kolay çıkarılabilmesinin sağlanması: Geliştirilecek kaplama ile denim ürün üzerine etiketin kolay montajı ve kolay demontajı sağlanmalıdır. Denim ürün üretim süreçlerindeki işlemler düşünüldüğünde denim ürün sıcaklık ve darbe açısından zor şartlarda üretilmektedir. Bu nedenle iyi bir tasarım yapılması çok önemlidir. Ayrıca denim ürünün farklı noktalarına monte edilen etiketin toplu okuma performansı da gözlenerek buna göre etiket montajı ve süreci tasarlanacaktır.
- Tüm bu süreçleri yönetecek yazılımın içeriği ve performansı: RFID anten, okuyucu ve etiketlerden alınan verileri anlamlı üretim rakamları şeklinde oluşturabilecek ve izlenebilirlik sağlayacak yazılım da yine bu proje kapsamında ortaya çıkarılacaktır. Yazılıma ait istekler proje ekibi tarafından belirlenecek, ortaya çıkacak yazılım hem uzman personel hem de proje ekibi tarafından test edilecektir. Yazılımın geliştirilmesi aşamasında profesyonel bir yazılım firmasından destek alınacak ve sağlanan yazılımın proje ortağı firmanın yönetim sistemine ve bilgi ağına entegrasyonu uzman yazılım personelleri tarafından gerçekleştirilecektir.
- Yıkama reçetelerindeki proseslerin doğru sıralamada yapılması ve işlem atlamalarının önlenmesi: Yıkama proseslerimizde reçete adımlarında operatörden kaynaklanan atlamalar, eksik işlemler ve işlem sırasında karışıklıklar olabilmektedir. Reçetede uygulanmayan veya yanlış sırada uygulanan her işlem ürün kalitesini ciddi anlamda olumsuz yönde etkilemektedir. Bu sistemde her proses için RFID etiket üzerindeki bilgi, akışa göre güncellenerek ürünün bu ID ile birlikte ilerlemesi sağlanacaktır. Reçetedeki sıralamada hangi işlem varsa operatör o işlemi uygulamak zorunda kalacak, yoksa sistem uyarı verecektir. Reçetenin doğru uygulanması sağlanmış olacak, bu sayede ürün kalitesinde ciddi anlamda iyileştirmeler gerçekleşecektir. Yıkamadaki her prosesin önüne gerekli donanım konarak ürünler o prosese girerken RFID etiketindeki sırada o işlem yoksa sistem uyarı verecektir. Yıkama makineleri yazılım sistemine entegre edilip

ürünlerin yıkanacağı makineler de önceden belirlenecektir. ‘Bu ürün bu makinada yıkanmayacak’ gibi yapılacak işlemlere yönelik uyarı verilecektir.

- Ürünlerin ara proseste ve finalde bedenlerine göre ayrılması: Yazılım modülü ile sağlanacak ve işlem verimliliği arttırılmış olacaktır.

Ayrıca proje ile aşağıdaki faydaların sağlanması beklenmektedir:

- Personel verimliliğinde artış
- Takip için istihdam edilen personelden tasarruf edilmesi
- Kayıpların ve çalınmaların önüne geçilmesi
- İşlem akışlarının hızlanması
- Personelin performans takibi gerçekçi bir şekilde yapılması (Personellerin kişisel üretim rakamları bu sistem ile sayım yapmadan izlenmesi gibi)
- Ürün siparişlerinin birbirine karışmasının engellenmesi
- Stok yönetiminin daha az çalışan ile daha kısa sürede ve doğru şekilde yapılması
- Yeni teknolojilerin kullanımı ve öğreniminin teşvik edilmesi ve model oluşturularak tedarikçi tabanına yayılması

Yukarıdaki hedeflere ulaşılması durumunda aşağıdaki barkod sisteminin eksikliklerinden kaynaklanan kayıpların giderilmesi ya da azaltılması öngörülmüştür.

- İşletme içinde personel tarafından kolayca çalınan ürünler ya da iş görenlerin müşteri için ürünleri fabrika dışına çıkarması ve geri gelmeyen ürünler gibi ürünlerin takip edilememesi nedeniyle yaşanan ürün kayıpları
- Manuel işçilikten kaynaklanan personel maliyeti.
- Özellikle kuru işlemlerdeki (zımpara, hasar, kırıştırma, sprey) personelin yaptıkları ürünleri kendileri sayıp, kendileri bildirdikleri için %5 ’lik bir verim kaybı,
- Yıkamadaki personelin bir kısmının (min. 2) kurutma aşamasında ürün saymaya ayrılmasından dolayı iş gücünde azalma,

- Barkod etiketinin dikim işleminde dikilmesi ve son işlemde kesilmesinden kaynaklanan ekstra 2 proses oluşması,
- Bazı proseslerde etiketin üzerindeki yazının (örneğin yıkamada aşırı yıpranma nedeniyle) hasar görmesinden dolayı okumanın gerçekleştirilememesi,
- Barkodların okutulmasının unutulmasından kaynaklanan karışıklıklar.
- Barkot etiketlerinin maliyeti (4000 Euro /ay),
- Ürünlerin ara proseslerde birbirine karışması sebebiyle hatalı ürün adetlerinde artış nedeniyle müşteri memnuniyetsizlikleri,
- Barkot etiket basımlarında hatadan kaynaklanan % 1 oranında fire olması,
- Yıkama reçete işlemlerinin doğru sıra ve kapsamda yapılmamasından kaynaklanan kalitesizlik maliyetleri,
- Finalde kolilemede yaşanan beden karışıklıklarının ortaya çıkardığı müşteri memnuniyetsizlikleri.

RFID sisteminin teknik olarak uygulanabilir olması durumunda yukarıdaki sebeplerden dolayı (ürünlerin istenilen şekilde takip edilememesinden dolayı sadece kayıp ürünler ve müşteri cezalarından kaynaklanan maliyet 375 bin Euro'dur.) RFID sistemine yapılacak bir yatırımın kendini kısa sürede karşılayacağı düşünülmüştür. Bunun sonucunda firmanın ekonomik olarak kazançlı çıkacağı, ayrıca müşterilerin tarafında imaj kaybına neden olacak hataların önüne geçileceği, günümüz rekabet ortamında organizasyonun varlığını sürdürmesinde ve uzun vadeli amaçlarına ulaşmasında şirkete katkı sağlayacağı düşünülerek projenin aşağıdaki kısıtları sağlaması halinde ilerletilmesine karar verilmiştir.

- Maliyet: Kurulacak sistemin ilk kurulum ve işletim maliyetleri çok düşük ölçekte olmalıdır. Bu maliyetler firma tarafından karşılanacağı için üretim maliyetlerinde önemli bir artışa sebep olmamalıdır.
- Prosese Uygunluk: Projede seçilen sistemin tüm elemanlarının denim konfeksiyon ve yıkama proseslerine uygun olması projede en önemli seçim kriteridir. Antenlerin ve geçişlerin işletme içerisinde zorluk çıkarmaması, etiketlerin proses şartlarına dayanımı ve ürüne montajı / demontajı

aşamalarının operasyona uygunluğu çok önemli olacaktır. Özellikle yıkama prosesinde uygulanan yüksek sıcaklığa dayanıklı bir etiket kullanımı gerekecektir.

- Sonuçların Güvenilirliği: Sistem elemanları güvenilir sonuçlar vermeli ve ömrü uzun olmalıdır.

Buna karşın yapılan araştırma sonucunda pazardaki mevcut sistemlerin yetersizlikleri aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Standart radyo frekans etiketlerin yüksek sıcaklık (min.150 °C 50 dk.), mekanik sürtünme (taş yıkama vb.), kimyasallara (sodyum hypokorit, asitler, bazlar vb.) dayanıklı olmaması,
- Denim yıkama için özel olarak yapılmaya çalışılan bazı sistemlerin ise kullanım süresinin ve okuma özelliklerinin sınırlı olması,
- Okuma tünellerinin boyutunun 40X40 cm gibi çok küçük olması

Projedeki kısıtlar ve piyasadaki mevcut sistemlerin yetersizliği dikkate alınarak projenin ilerleyen aşamalarında aşağıdaki çalışmaların gerekliliğine karar verilmiştir:

- Uygun etiket seçimi: Bu aşamada farklı alternatif RFID etiketler değerlendirilecektir. Bu RFID etiketlerden proje ve proses için uygun olanın seçimi, uygunluğunun test ile doğrulanması projenin yenilikçi yönünün başında gelmektedir. Bilindiği kadarı ile ülkemizdeki denim üreticilerinde buna benzer bir uygulama bulunmamaktadır.
- Yüksek sıcaklık ve fiziksel şartlara dayanıklı bir kaplama tasarımı: RFID etiketlerinin proses şartlarına yeterli dayanımının sağlanması için bir de üst kılıf tasarlanacak ve uygulanacaktır. Bu kılıf için tasarım, malzeme seçimi, uygulanabilirliğinin test edilmesi, prosesteki performansı, ölçüm doğruluğu test edilecektir. Bu çalışmalar Denimvillage ve ülkemiz için rutin dışı mühendislik çalışmaları içermektedir. Bu süreçte başarı için disiplinler arası bir çalışma gerekmektedir. Tekstil ve endüstri mühendisliği proje içerisinde kullanılacak mühendislik konularıdır. Bu süreçte yine değişik polimer ve reçine esaslı malzemelerin sıcaklığa ve denim yıkama prosesine dayanımı öğrenilmiş olacaktır.

- Ürün üzerinde etiket yerleşimi: Kaplama süreci başarıyla tamamlanan etiketlerin denim ürün üzerinde uygun noktalara montajı da yine projedeki özgün konulardır. Burada dikkat edilecek en önemli nokta, etiketin hem proseste kolay uygulanabilir bir noktaya konulması ve etikete uygun montaj çeşidinin belirlenmesi, hem de etiketin proses şartlarına dayanımı yüksek olması ve (çarpmalara, sürtünmeye karşı) etiketin okuma performansının yüksek olmasıdır. Bunun sağlanması da yine Denimvillage ve ülkemiz için yenilikçi bir çalışma olacaktır.
- Denim ürün prosesinde RFID süreç tasarımı: Denimvillage ‘de uygulanan prosesin analiz edilerek yeni teknoloji doğrultusunda geçiş ve ölçüm noktaları vb. süreç üzerinde değişiklikler ve tasarımlar gerçekleştirilerek minimum yatırım ile maksimum performansta proses eldesi hedeflenmektedir.
- Denim proseste personel performans takibi: Personellerin de prosesteki etkinliği proje ile ölçülerek kişisel performansın artırımı ve doğru bir şekilde ölçümü hedeflenmektedir. Bu da yine Denimvillage için ve sektör için oldukça yenilikçi bir çalışma olacaktır.
- Yeni teknoloji öğrenme, içselleştirme: Denimvillage proje ile RFID teknolojileri öğrenerek şirket içinde farklı proseslerde, şirket dışında farklı tedarikçi ve müşterilerde prosesin hayata geçirilmesi konusunda öncü olmaya çalışacaktır.
- Denimvillage’ in ana iş kolu olan yıkama proseslerinin sırasının atlanmasını engellemek içinde kullanım: Yıkamadaki her prosesin önüne gerekli donanım konularak ürünler o prosese girerken RFID etiketindeki sıralamada o işlem yoksa uyarı verecektir. Yıkama proseslerinde reçete adımlarında operatörden kaynaklanan atlamalar, eksik işlemler ve işlem sırasında karışıklıklar olabilmektedir. Reçetede uygulanmayan veya yanlış sırada uygulanan her işlem ürün kalitesini ciddi anlamda olumsuz yönde etkilemektedir. Bu sistemde her proses için RFID etiket üzerindeki bilgi, akışa göre güncellenerek ürünün bu ID birlikte ilerlemesi sağlanacaktır. Reçetedeki sıralamada hangi işlem varsa operatör o işlemi uygulamak zorunda kalacak, yoksa sistem uyarı verecektir. Reçetenin doğru uygulanması sağlanmış olacak bu sayede ürün kalitesinde ciddi anlamda iyileştirmeler gerçekleşecektir.

RFID ile reçete takip sistemi denim ürün yıkama sektöründe bu sayede rol model olacaktır.

Hazırlık ve planlama aşamasının son adımı olarak projenin bundan sonraki kısmı için proje planı hazırlanmıştır. Proje 12 aylık süreyi kapsamaktadır. Bu süre zarfında sistemin geliştirilmesi ve gerçeklenmesi yapılacak ayrıca sistemin sürekli olarak gerçekleme sonrasında iyileştirilmesi için gerekli alt yapı hazırlanacaktır. Sistemin geliştirilmesi ve gerçeklenmesi; mevcut durum analizi, tasarım ve gerçekleme olmak üzere 3 temel iş paketinden oluşacaktır. Bu iş paketlerinin planlanması aşağıdaki Çizelge 4.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4 : Sistemin geliştirilmesi ve gerçeklenmesi için proje planı.

İş Paketi	**Kapsamı**	**Süre**
Mevcut Durum Analizi	• Veri toplama (organizasyon şemaları, süreç diyagramları, performans ölçütleri, malzeme, makine ve işçilik ile ilgili verilerin toplanması, donanım ve malzeme araştırması) • Saha Analizi (süreç ve çevre analizleri)	2 Ay
Tasarım	• Çözüm önerilerinin ve yeni süreçlerin geliştirilmesi, • Çalışma frekansının belirlenmesi, • Etiket alternatiflerinin belirlenmesi, • Donanım ihtiyaçlarının belirlenmesi, • Ön test senaryolarının belirlenmesi düzeneklerin hazırlanması ve ön testlerin gerçekleştirilmesi (etiket dayanıklılığı, okuma performansı vb.) • Etiket ve anten yerleşimlerinin belirlenmesi, • Uygun donanım (okuyucu, anten, etiket vb.) ve yazılımın seçilmesi, • Süreçte yapılacak değişikliklerin belirlenmesi, • Okuma kontrol noktalarının belirlenmesi, • Detaylı fizibilite çalışması – Ekonomik fizibilite – Teknik Fizibilite (Etiket ve donanımlar ile ilgili ön testler)	5 Ay
Gerçekleme	• Yazılımın geliştirilmesi • Pilot Çalışma (Çözümün test edilmesi) – Pilot uygulama prosesinin belirlenmesi – Donanım temini – Sistem entegrasyonu – Deneme çalışmaları – Testler – Sistem iyileştirme çalışmaları • Çözümün Kurulması ve Yaygınlaştırılması	5 Ay

4.4.2 Sistemin Geliştirilmesi ve Gerçeklenmesi Aşaması

Bu bölümde uygulama çalışmasındaki RFID sisteminin tasarlanması, yapılan testler ve sistemin bütününe entegrasyonu anlatılacaktır. Bu kapsamda öncelikle RFID teknolojisi açısından mevcut durum tekrar analiz edilerek problemleri çözecek RFID tabanlı sistem tasarlanmış ve daha sonra pilot testler ile bu çözüm dahada geliştirilirken aynı zamanda sisteme problemsiz bir şekilde entegre edilerek kullanılabileceği de gösterilmiştir. Pilot çalışmada sistemin küçük bir bölümünde uygulanan çözüm önerisi, son olarak benzer şekilde sistemin geri kalan bütününe de entegre edilerek kurulum tamamlanmıştır. Bu aşamalarda detaylı olarak yapılanlar bu bölümün geri kalan kısmında anlatılmıştır.

4.4.2.1 Mevcut Durum Analizi

"4.3.1 Uygulamanın Yapıldığı Firmada Mevcut Durum Analizi" başlığı altında yapılan mevcut durum analizinde, sistemdeki süreçlerin nasıl olduğunu gösterilerek sistemdeki problemlerin anlaşılması ve çözüm önerilerin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Öncesinde barkod sistemi yerine RFID teknolojisinin kullanılmasına karar verilmiş olunmasından dolayı bu aşamada yapılacak mevcut durum analizinde tasarlanacak RFID sistemi ile ilgili detayları (sisteme nasıl entegre edileceği, donanım ihtiyacı, sistemin hangi frekansta çalışacağı, yazılım ihtiyacı vb.) netleştirmek için mevcut durum analiz edilmektedir. İlk yapılan mevcut durum analizinde süreçler ve süreçlerdeki sıkıntılar genel olarak anlatılmış, bu aşamada ise süreçlerde özellikle tasarlanacak RFID sistemini etkileyecek detaylar incelenmiştir. İnceleme öncesi gerekli olabilecek veriler toplanmıştır.

Firma ile ilgili toplanan veriler;

Aylık kapasite :350 bin adet

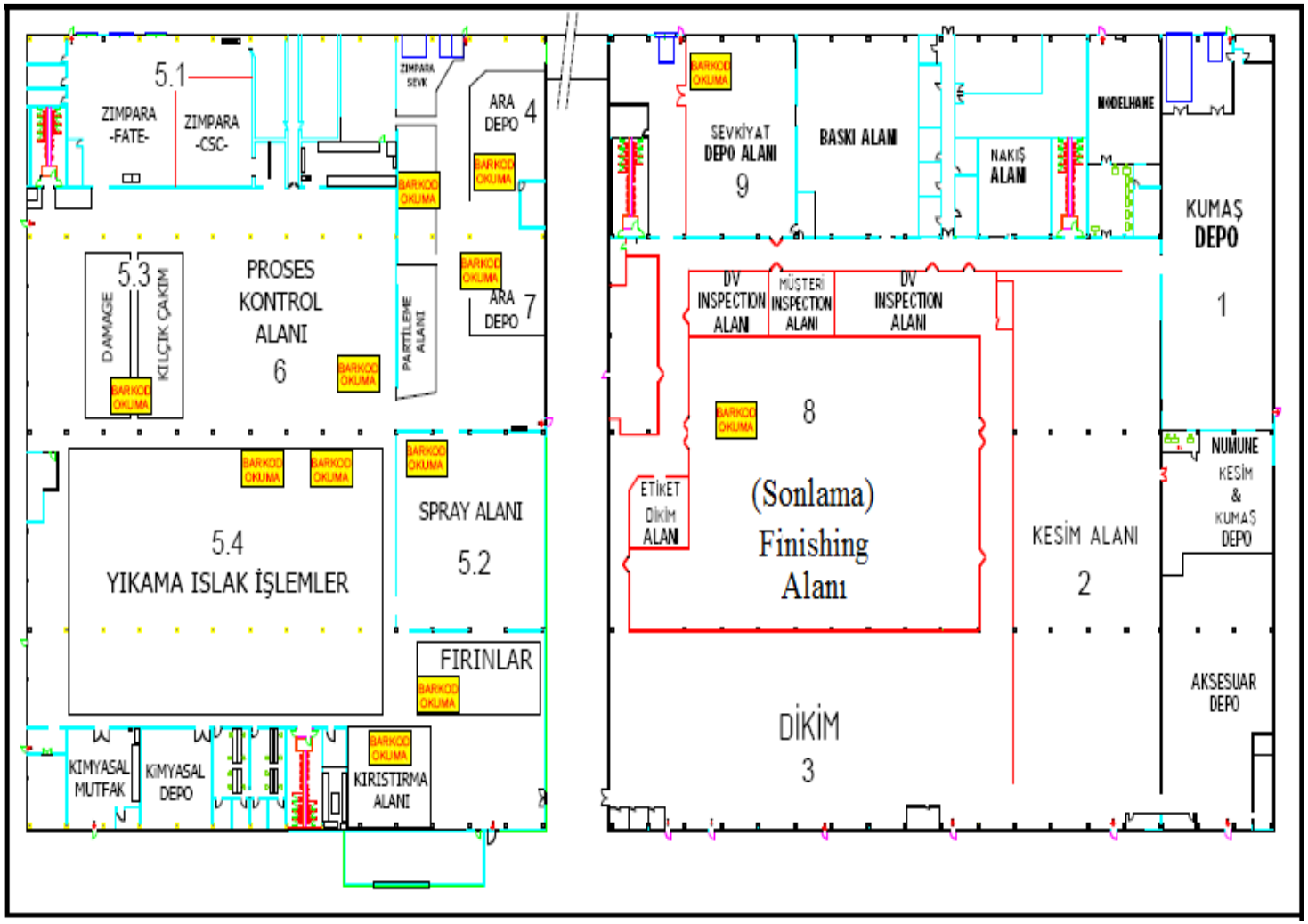
Yıllık ortalama üretim miktarı : 2 milyon

Kayıp-çalınan ürün oranı: 1%

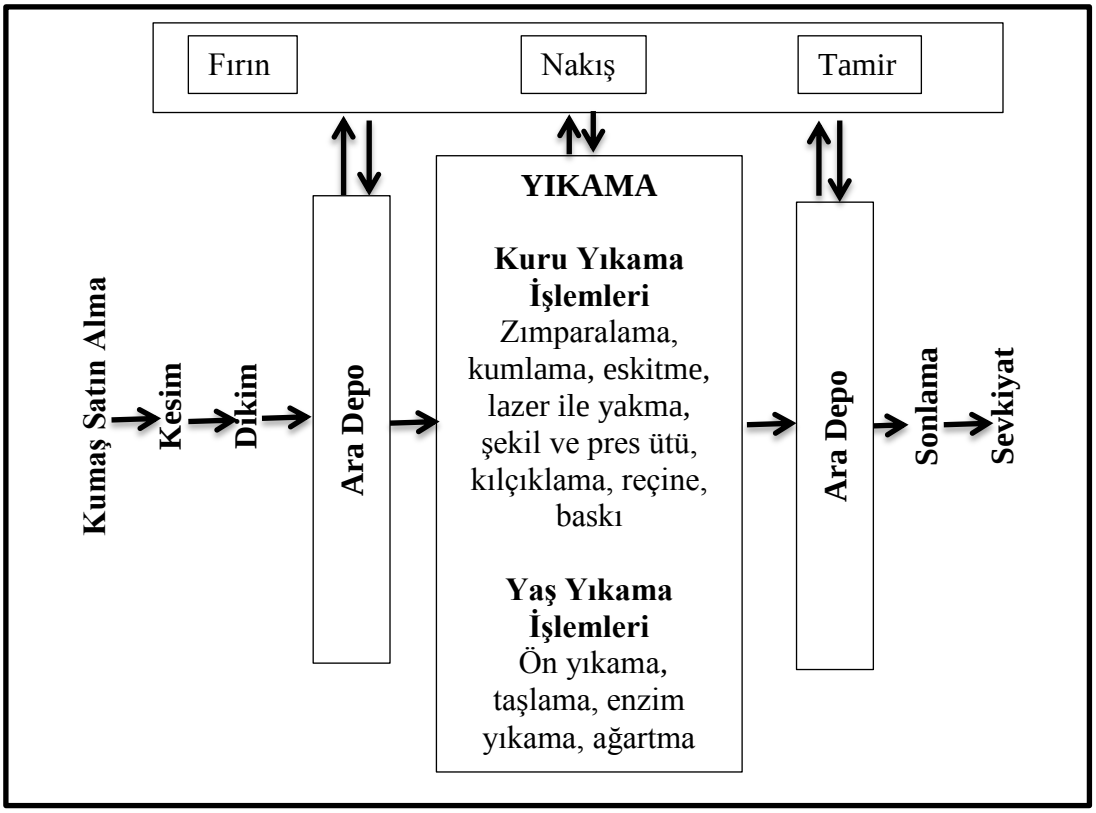
Barkod sisteminde ürün takip için çalışan personel sayısı : 18 (Bu personellerin günlük çalışma sürelerinin yarı zamanı barkod okutma ve sayım işlemleri içindir)

Fabrika genel süreç diagramı ve diğer süreç diagramları ekler kısmında gösterilmiştir (EKA1-EKA16).

Şekil 4.6’da fabrikada süreçlerin gerçekleştiği alanlar, ürünün üretim esnasında izlediği rota ve barkod okuma noktaları gösterilmiştir. Ürünün izlediği rota ürüne bağlı olarak değişiklikler gösterebilmektedir. Ürünün izlediği rota şekil 4.7’de daha basit olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.6 : Denimvillage'de barkod sistemi



Şekil 4.7 : Denimvillage'de ürünün süreçlerde izlediği rota

Denimvillage firması ile ilgili ilgili gerekli olabileceği düşünülen verilerin toplanmasından sonra saha analizi yapılarak süreçler ve çevre, geliştirilmek istenen RFID sistemi için detaylı olarak incelenmiştir. Bu inceleme sonunda elde edilen bulgular aşağıdaki gibidir:

- RFID ile takip edilmek istenen nesne denim ürünlerdir ve izlenebilirliğin sağlanabilmesi için ürünlerin tek tek takip edilebilmesi gerekmektedir. Bu nedenle her bir denim ürününe RFID etiketi yerleştirilerek *ürün bazında takibin yapılabildiği bir RFID sistemi* gerekmektedir.
- Dikim aşamasından, finishing aşamasına kadar farklı ara kademelerde takip edilmek istenen yarı mamuller toplu olarak palet, çuval, kafes gibi araçlarla taşınmaktadır. Okuma uzaktan ve toplu olarak gerçekleşeceğinden sistemin *Ultra Yüksek Frekans(UHF)' ta* çalışması gereklidir.
- Denim ürün üretim süreçlerinin ağır şartlar söz konusudur. Bunlar;
  - Yüksek sıcaklık (fırın:150 °C'de 50 dk./Kuru işlem – yıkama: 90 °C'de 60 dk. kimyasalların olduğu ıslak işlem),

- Yıkama , taş yıkama vb süreçlerde mekanik darbeler, sürtünmeler ve katlanmalar
- Ürünlerin üretim süreçlerinde maruz kaldığı kimyasallar (sodyum hypokorit, asitler, bazlar vb.)

- Üretim süreçleri esnasında ürün üzerine yerleştirilecek her hangi bir aksesuarın üründe kalıcı iz ya da zedelenmeye neden olmaması için, ürünün şekli, malzemesi vb. özellikleri özenle seçilmelidir.
- Alınacak her türlü donanım sanayi şartlarında kullanılmaya uygun derecede dayanıklı olmalıdır.
- Büyük üretim hacminden dolayı bir çok denim ürünü, farklı aşamaların gerçekleştiği üretim alanlarında dağınık olarak bulunmaktadır. Bu denim ürünler üzerindeki RFID etiketlerinden kaynaklı olarak oluşabilecek parazit sinyaller kurulacak RFID sisteminin performansını etkileyecektir. Bu nedenle sistem tasarlanırken bu etkiyi elemine edecek önlemler alınmalıdır.

Süreçler ve çevresel faktörlerin değerlendirildiği saha analizi ile birlikte toplanan verilerden elde edilen en önemli bulgulardan birisi tasarlanacak sistemde kullanılacak etiketin önemidir. Kurulacak sistem ile ilgili gerekli donanımın endüstriyel şartlarda uygun olması gerekmektedir ve bu şartları şağlayan donanım alternatifleri mevcuttur. Ancak denim ürün üretimindeki kullanılabilecek etiketin süreçlerdeki ağır şartlara maruz kalacağı, bu nedenle de özel olarak seçilmesi gerektiği ortaya çıkmıştır. Standart RFID etiketlerinin bu süreçlere karşı oldukça dayanıksız olması, bu süreçler için tasarlanmış etiketlerin ise özellikle toplu okuma ve uzak mesafeden okuma performanslarının yeterli olmaması sektörde RFID teknolojisinin önünü kesen en önemli engel olmuştur. Bu zorluğun yanı sıra etiketi önemli kılan bir diğer nokta ise etiket maliyetidir. Mevcut sistemde bir denim ürününün üretilmesi bir ay civarındadır. Firmanın aylık maksimum kapasitesinin 350 bin olduğu düşünülürse, aynı anda üretimin farklı aşamalarındaki toplam ürün sayısı maksimum 350 bin olabilecektir. Dolayısıyla kurulacak RFID sisteminin maksimum kapasitede üretim yapıldığı anda kullanılması durumunda gerekli etiket sayısı 350 bin olacaktır ki bu rakam aynı zamanda tam kurulum sonrası gerekli minumum etiket miktarıdır. Standart basit RFID etiketlerinin bile 10 avro sentten ucuz olmadığı düşünüldüğünde minumum ihtiyaç olarak belirlenen 350 bin adet etiket maliyeti en

önemli maliyet kalemi olmaktadır. Bu nedenle bu aşamada etiket ile ilgili araştırmalar yapılarak alternatifler ortaya konmuştur. Veri toplama aşamasında alternatif olabilecek etiketler için yapılan fiyat araştırması sonucunda uygun olabilecek etiket fiyatlarının 30 euro cent ile 1,2 euro arasında değiştiği görülmüştür. Ayrıca alternatif olarak etiket kompenentlerinin ayrı ayrı alınarak bir araya getirilmesi ve yapılacak kaplama ile süreçlere dayanıklı etiketin geliştirilmesi için de araştırmalar yapılmış, yapılan fiyat araştırması sonucunda etiket başına yaklaşık 75 euro cent civarında bir maliyet ile süreçlere dayanıklı bir etiketin geliştirilebileceği ortaya konmuştur.

Ayrıca mevcut bilgi yönetimi ve bilgi teknolojileri alt yapısı da bu aşamada mevcut durum analizi aşamasında incelenmiştir. Bu incelemenin sonucunda mevcut sistemin bilgi alt yapısı ve yazılım ihtiyaçları belirlenmiştir. Denimvillage'in mevcut sisteminde ERP paketi olarak IBM As400 işletim sistemi üzerinde çalışan Datatex firmasına ait TIM programı kullanılmaktadır. Program database olarak As400 işletim sistemi üzerindeki DB2'yi kullanmaktadır. Program Client olarak Windows işletim sistemi üzerinde çalışan Client Access adlı programı kullanmaktadır. Programa üretim bildirimi yapabilmek için Japon akmazı üzerine barkodlar basılmaktadır. Mevcutta kullanılan Japon akmazına basılmış barkodun açılımı; baştaki ilk 6 karakter iş emri no, sonraki 3 karakter bayrak no, en sondaki 3 hane pantolon no su 1-999 kadar artıyor. Barkod toplam 12 karakterden oluşmaktadır. PS/2 bağlantısıyla bilgisayarlara bağlı Laser barkod okuyucular ile üretim bildirimi için okutulmaktadır. Mevcuttaki barkodlara daha fazla bilgi yazılması istenmektedir. Örneğin beden bilgisi barkotta yer almamaktadır.

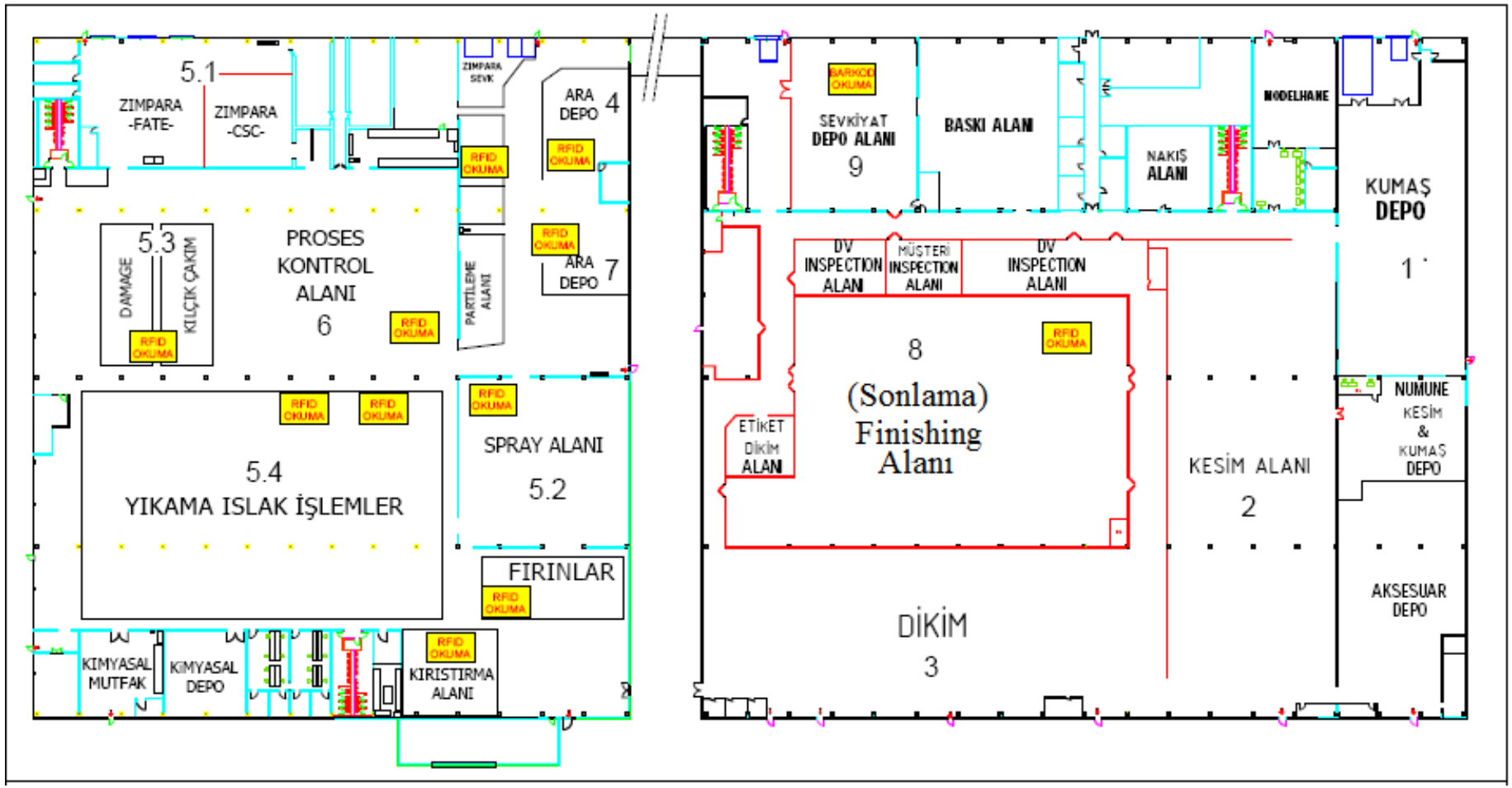
Mevcut sistem ve kullanılan TIM programı ürün ağacından mamul depoya kadar incelendiğinde, süreçler aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

- Gelen herhangi bir siparişe istinaden öncelikle sistemde ürün ağacı oluşturma
- Oluşturulan ürün ağacı ile ilişkili müşteri siparişinin sisteme tanımlanması, müşteri siparişinin barkod numaraları ile ilişkilendirilmesi
- Müşteri siparişi ve ürün ağaçlarının tanımlanmasından sonra iş akışı arşivinden rota tanımlarının yapılması
- Ürün ağacı ve müşteri siparişlerinin tanımlanması ve rotaların belirlenmesinden sonra sistemde bunlarla ilişkili iş emirlerinin oluşturulması

- Rota gereği ürün bir safhadan diğer safhaya geçerken sistem üzerinde tanımlı rotaya göre üretim bildirimleri yapılması
- Tüm üretim bildirimleri yapıldıktan sonra ürün depoya girmeye hazır olduğunda, bu ürünlerin paketleme bildirimleri için koli barkodlarının hazırlanması ve barkodların okutularak paketleme bildiriminin yapılması
- Depoya girişe hazır haldeki kolilerin barkodlarının okutulması ile koli bazında mamulün depoya giriş işlemlerinin yapılması

4.4.2.2 Tasarım Aşaması

Denimvillage firmasında kurulacak olan RFID sistemi barkod sisteminin yerini alacaktır. Dolayısıyla barkod sistemindeki kontrol noktalarında gerçekleşen sayımların RFID sistemi tarafından gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Yapılan problem analizinde barkod sistemi ile ilgili önemli problemlerden biri, toplam 18 çalışanın her birinin günlük işlerinin yarı zamanını sayımlar için harcaması ve buna bağlı olarak oluşan işçilik maliyetleridir. Bu sayım işlemini RFID sistemi yardımıyla hızlandırmak/otomatikleştirmek için barkod sistemi ile yapılan sayımların gerçekleştiği noktalarda, RFID geçiş kapıları kurularak sayımların bu kontrol noktalarında denim ürünlerin geçiş noktalarından geçmeleri esnasında yapılmasına karar verilmiştir. Geçiş noktalarında ürünlerin nasıl taşınacağı, sistemde bilgilerin nasıl güncelleneceği gibi detayların ise gerekli etiket ve donanımların seçilmesinden sonra yapılacak test sonuçlarına bağlı olarak netleştirilmesine karar verilmiştir. Ayrıca denim süreçlerindeki ağır şartlar düşünülürse, uygulanacak RFID sisteminde kullanılabilecek RFID etiketleri ucuz olmayacağından etiketlerin tekrar tekrar kullanıldığı bir sistem tasarlanmalıdır. Bu nedenle ürünleri takip için kullanılacak etiketlerin, ürünler müşteriye gönderilmeden önce denim ürünlerden çıkartılarak geri alınması gerekmektedir. Bunun için en uygun aşama ürünlerin müşteriye gönderilmeye hazır hale getirildiği sonlama aşamasıdır. Bu aşamada son kontrollerden sonra müşteriye gönderilmeye uygun ürünler kolilenmektedir. Kolileme öncesinde ürünler üzerindeki RFID etiketlerinin sökülmesi ve ardından bu aşamada ve sonrasındaki sevkiyat aşamasında paketlenmiş kolilere iliştirilecek barkod ile koli bazında sayım yapılarak süreç devam ettirilecektir. Aşağıda Şekil 4.8'de Denimvillage'de tasarlanan bu RFID sisteminin yerleşimi görülmektedir.



Şekil 4.8 : Denimvillage'de tasarlanan RFID sistemi.

Ayrıca mevcut sistemde bazı üretim aşamalarında çok az model işlem görmekte ve bu nedenle bu aşamalardaki ürün sirkülasyonu yüksek maliyetli geçiş kapılarını gerektirecek miktarda olmamaktadır. Ürün sirkülasyonunun bu şekilde az olduğu üretim aşamalarındaki sayımların ve kontrollerin geçiş kapıları yerine daha ucuz maliyetli RFID el terminalleri ile yapılmasına ve sistem bilgilerinin RFID el terminallerinde gerçekleşen işlemlere göre kablosuz network üzerinden güncelleştilmesine karar verilmiştir. Tasarımın daha detaylı hale getilebilmesi için denim üretim süreçlerinin ağır şartlarından dolayı öncelikle kullanılacak etiketin belirlenmesi çalışmaları ile tasarım aşamasına devam edilmiştir.

Kurulacak RFID sistemin tüm elemanlarının denim konfeksiyon ve yıkama proseslerine uygun olması projede en önemli seçim kriteridir. Antenlerin ve geçişlerin işletme içerisinde zorluk çıkarmaması, okuyucuların ve diğer bağlantı elamanlarının endüstriyel kullanıma uygun olması, etiketlerin proses şartlarına dayanımı ve ürüne montajı / demontajı aşamalarının operasyona uygunluğu çok önemli olacaktır. Özellikle yıkama prosesinde uygulanan yüksek sıcaklığa dayanıklı bir etiket kullanımı gerekecektir. Standart RFID etiketlerinin bu süreçlere karşı oldukça dayanıksız olması, bu süreçler için tasarlanmış etiketlerin ise özellikle toplu okuma ve uzak mesafeden okuma performanslarının yeterli olmaması sektörde RFID teknolojisinin önünü kesen en önemli engel olmuştur. Süreçlerin detaylı olarak incelenmesinden sonra seçilecek etiketin taşıması gereken nitelikler aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

- Süreç analizinde de belirtilen toplu ve uzaktan okuma performansı ihtiyacı karşılamalı, bunun için Ultra Yüksek Frekans (UHF)' ta çalışması gereklidir. Çok uzun mesafeler gerekmediğinden pasif etiket yeterlidir.
- Ürün bazında takip yapılacak, yüksek etiket maliyetlerinden dolayı etiketin birden fazla kullanılması gerekmektedir. Bu nedenle etiket çoklu yazılabilme özelliğine sahip olmalıdır.
- Yüksek sıcaklığa dayanıklı olmalıdır (fırın:150 °C'de 50 dk./Kuru işlemler – yıkama: 90 °C'de 60 dk. kimyasalların olduğu ıslak işlemler).
- Yüksek sıcaklıkta suya, kimyasallara ve mekanik darbelere dayanıklı olmalı, yıkama esnasında katlanma gibi durumlarda yeterince esnek olmalıdır.

- Seçilen etiket süreçlerde ürüne zarar vermeyecek ya da üründe iz bırakmayacak şekilde tasarlanmış olmalıdır.

Denimvillage firmasındaki uygulanmak istenen RFID sisteminde ürün bazında takip yapılacaktır. Benzer şekilde ürünlerin izlendiği farklı sektörlerde başarılı olmuş RFID uygulamalarından bu projedeki uygulamayı ayıran en temel fark, ürünlere yerleştirilecek etiketlerin maruz kalacağı üretim süreçlerindeki ağır şartlardır. Bu açıdan yukarıda belirtilen niteliklerdeki etiketin uygun maliyetlerde bulunabilmesi durumunda, projenin başarı ile sonuçlanmasında ekonomik ve teknik olarak önünde bir engel kalmayacaktır. Bu nedenle projenin bu aşamasında öncelikle uygun etiketin belirlenmesine odaklanılmıştır. İlk olarak etiketin komponentlerinin birleştirilerek süreçlere dayanıklı bir etiketin geliştirilmesi alternatifi düşünülmüş ancak hem böyle bir çalışma için yeterince zaman olmadığı hemde yapılan fiyat araştırması sonucunda daha uygun maliyetli bir etiketin bulunabileceği düşünülerek bu alternatiften vazgeçilmiştir.

Denim sektöründeki süreçlerde kullanılabilecek RFID etiketlerinin maliyetleri göz önünde tutulduğunda, bu tür bir sistemin ekonomik olarak uygun olabilmesi etiketlerin tekrar tekrar kullanılabilmesine bağlıdır. Bu kısıtla birlikte denim üretim süreçleri için RFID etiketinin taşıması gereken diğer nitelikler de göz önünde bulundurularak çeşitli RFID etiketleri araştırılmış ve uygun olabileceği düşünülen 10 adet farklı RFID etiket getirtilmiştir. Getirilen numune etiketlerinin bir kısmının görselleri Ek B1-Ek B6'da verilmiştir. Numuneler ile ilgili dayanıklılık ve tekli uzak mesafeden okuma testleri başlatılmıştır. Yapılan testler ile ilgili olarak; Ek C test sonuçlarını göstermektedir. Ek C'de ki test sonuçlarında her yıkamadan sonra RFID etiketlerinin süreçlere dayanarak çalışıp çalışamadığı kontrol edilmiş, çalışan etiketlerin ne kadar mesafeden RFID okuyucu tarafından okunabildiği test edilmiştir. Ön test niteliğinde sadace etiketlerin dayanıklılığını belirlemek amacıyla testler yapılacağından bu testlerde kullanılmak üzere İTÜ RFID labaratuarından alınan 0,5 W gibi zayıf güçte bir okuyucu ve küçük antenler kullanılmıştır. Etiketlerin antenden olan uzaklığı 0-200 cm arasında 4 katagoride değerlendirilmiştir Bu katagoriler 1,2,3,4 ile gösterilmiştir.

1: 0-50 cm, 2: 50-100 cm, 3: 100-150 cm, 4: 150-200 cm

Testlerde kullanılan RFID okuyucu antenleri, testlerde kullanılması düşünülen antenlere göre daha zayıf olduğundan daha uzak mesafelerden okunma performansı test edilmemiştir.

18. yıkama testinden sonra süreçlere dayanan yalnızca bir etiket kalmıştır. (Ek C1 test sonuçlarında 12. numune olarak testlerde yer alan numune 5 nolu numunenin özel poşetler içinde testlerde kullanılmış şeklidir). Yapılan 50 yıkama sonunda etiketin halen çalıştığı gözlemlenmiştir. Tedarikçi firma bu etiket için 200 yıkamaya dayanabileceğini belirtmiştir. Etiketin 50 yıkamaya dayanması, proje kapsamında maliyetlere uygunluk açısından yeterli olacağı 200 yıkamada ise karlılığın artacağı düşünülmüş, sonraki aşamalara geçmek için dayanıklılık testleri bu noktada bitirilmiş, okuyucular, antenler ve diğer gerekli donanımlardan bir set alınmasından sonra toplu okuma testlerinin yapılmasına karar verilmiştir.

Alınacak okuyucunun belirlenmesinde en önemli kriter okuyucunun sanayi tipi olmasıdır. Diğer bir anlatımla üretim ortamında uzun süreli kullanımlara, çarpmalara, darbelere vb. üretim şartlarına dayanıklı olmalıdır. Daha öncede belirtildiği gibi toplu okuma yapılacağı için UHF'ta çalışıyor olması gereklidir. Ayrıca sistemde ürünlerin izlenmesinde %100 doğruluk beklenmektedir, dolayısıyla daha iyi okuma performansı için birden fazla anteni destekliyor olmalıdır. Ülkemizdeki yasal düzenlemelerde RFID okuyucuların çalıştırılabileceği gücün maksimum üst sınırı 2W'dır. Alınacak okuyucu 2W ve altındaki güç seviyelerinde çalıştırılabilmelidir. Alım yapılmadan önce İTÜ RFID labaratuarında, labaratuarda mevcut Harting Ha-Vis Rf-R200 RFID okuyucu/ yazıcı ile dayanıklılık testlerinde başırılı sonuçların alındığı 5 nolu numune etiketin 50 adedi toplu olarak denim kumaş parçalarına iliştirilmişken okunurlukları denenmiştir. Okuyucunun performansı bu denemeler sonrasında başarılı bulunmuş ve sanayi şartlarına da uygun olan bu okuyucudan firmaya alınmasına karar verilmiştir. Okuyucu mevcut 4 anten çıkışı ile maksimum 4 anten ile çalışabilmektedir. Bir adet Harting Ha-Vis Rf-R200 RFID okuyucu/ yazıcı ile birlikte 4 anten, bağlantı aparatları, 4 adet 10 metrelik bağlantı kablosu alınmıştır. Ayrıca alımlar sonrasında dayanıklılık testlerinden başarılı sonuç alınan genel özellikleri; pasif, 860-960 MHz UHF'ta çalışan , "ePC Classe 1 Gen 2, Monza 5, ISO 18000-6C" sınıfında su geçirmez, ıslak ve kuru ortamda 200 ^{0}C'ye kadar yüksek sıcaklığa dayanıklı, esnek ve mekanik darbelere dayanımı olan 5 nolu

etiketten, toplu okuma testlerinde ve pilot çalışmada kullanılmak üzere 3000 adet sipariş edilmiştir.

Gerekli donanum ve etiketin temin edilmesinden sonra, aşağıda Şekil 4.8'de görülen düzenek toplu okuma testleri için özel olarak tasarlanmıtır. Temin edilen etiket-okuyucu ve antenlerin performansları bu düzenek ve performans ölçümü için geliştirilmiş basit bir yazılım ile test edilmiştir.



Şekil 4.9 : Okuma testleri için hazırlanmış düzenek.

Hazırlanan düzenekte 4 farklı anten; ileri-geri, sağ-sol ve aşağı-yukarı üç boyutta hareket ettirilirken aynı zamanda farklı açılarda sabitlenebilmektedir. Farklı adetsel gruplarda ve üzerinde RFID yerleştirilmiş denim ürünlerinin çeşitli taşıma şekillerinde (palet, çuval, kafes ve tekerlekli sehpa gibi) düzenek içerisinden geçirilmesi ve düzenek üzerinde antenlerin yönleri ve konumlarının değiştirilmesi suretiyle hem optimum anten yerleşimleri hem de optimum taşıma adedi ve şeklini

belirlemek için performans testleri yapılmıştır. Şekil 4.10'da toplu okutmalarda hazırlanan düzenekte palet üzerinde ve çuval içinde ürünlerin düzünekten geçirilirkenki görünteliri gösterilmiştir.



Şekil 4.10 : Denim ürünlerin okuma testleri için hazırlanmış düzenekten farklı taşıma şekilleri ile geçirilmesi.

Firmada kullanılan ürün taşıma şekilleri Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11 : Firmada kullanılan ürün taşıma şekilleri.

Yapılan testler sonucunda okuma yüzdesi ve süreleri aşağıdaki Çizelge 4.5'deki gibi belirlenmiştir. Çizelgede de görüldüğü üzere farklı taşıma şekilleri ve adetlerine göre okuma süresi ve okuma yüzdesi değişmektedir. Toplu okuma test sonuçlarına göre 400 adet denim ürünün palet ile taşınması durumunda okuma işlemi 15 dakika

sürmekte ve 15 dakikanın sonunda mevcut etiketlerin 95%'si okunabilmektedir. Sayı azaldıkça bu okuma yüzdesi artmakta, tekerlekli sehpa ve kafes ile 100 adet denim ürünün taşındığı durumda ise 99,8%'lik okuma oranı yaklaşık yarım dakika içinde sağlanmaktadır. Çuval ile taşımalarda 60 adet denim ürün çuval içine konulmuş ve okuma testi sonucunda %100'lük okuma yüzdesi oranı elde edilmiştir. Çizelgedeki okuma yüzdelerini elde etmek için öncelikle her taşıma şekli için en iyi anten yerleşimi belirlenmiştir. Daha sonra, her bir taşıma şekli için okuma testleri gerçekleştirilmiş, bu okuma testlerinden en kötü okuma yüzdeleri değerleri toplu okuma test sonuçları çizelgesine aktarılmıştır. (Sistemde %100 doğruluk süreklilik halinde fayda sağlayacaktır, hatalı ürün sayımları mevcut sistemdeki problemlerin ortadan kaldırılamadığını gösterecektir ve bu durumda RFID sistemini kurmak şirketin amaçladığı hedefi yakalamasına fayda sağlamayacaktır. Bu sebepten dolayı her taşıma şeklindeki en kötü test sonuçları çizelgeye konulmuştur.)

Çizelge 4.5 : Toplu okuma test sonuçları.

Okuma Yüzdesi - Okuma Süresi		**Taşınan Denim Ürün Adedi**				
		400	200	150	100	60
Taşıma Şekli	Palet	15 dk - % 95	1,5 dk - % 97,5	-	-	-
	Kafes	-	-	1 dk - % 97	29 sn - %99,8	-
	Tekerlekli sehpa	-	-	50 sn - % 98	27 sn - % 99,8	-
	Çuval	-	-	-	-	15 sn - %100

Okuma testlerinde elde edilen değerlerle karşılaştırılmak üzere ara depoda barkod ile ürün sayımı için etüd çalışması yapılmıştır. Yapılan çalışmada 14 ayrı sayım işleminin süresi gözlemlenmiş ve her gözlemde sayılan ürün adetleri ve bu sayımın ne kadar sürede (saniye cinsinden) gerçekleştiği ölçülmüştür. Ara depoda yapılan bu çalışmada barkod ile ürün sayımlarının sürelerinin ölçülmesinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.6'da gösterilmiştir. 14 sayımda toplamda 6018 adet ürün barkod ile sayılmış ve bu sayım işlemleri toplamda 21360 sn (356 dk) sürmüştür. Sayım için ürünlerin masaya yerleştirilmesi gibi ayrıntıların süreleri sayım süresi ölçülürken ihmal edilmiştir.

Çizelge 4.6 : Ara depo barkod etüd çalışması sonuçları.

ARA DEPO BARKOT ETÜD SONUÇLARI			
Ürün Adeti	**Süre (sn)**	Ürün Adeti	Süre
390	1260	260	950
420	1440	740	2760
632	2160	382	1395
370	1320	508	1740
318	1200	310	1135
280	1020	476	1625
708	2520	224	835
Toplam Sayılan Ürün Adedi		6018	
Toplam Barkod ile Sayma Süresi		21360	
Ortalama (sn /adet)		3,55	

Bu ölçümler sonucunda bir ürünün barkod ile sayımının ortalama 3.55 sn'de gerçekleştiği görülmüştür. Bu ortalamaya göre, çuval içinde RFID sisteminde 15 sn'de (bu süreye çuvalın düzenek içine konulup çıkarılmasıda dahildir) okutulabilecek 60 adet ürünün barkod ile sayılması durumunda harcanması gereken süre; "$Süre = Ürün\ adedi * 3{,}55\ sn/adet$" formülü ile hesaplanacak olursa 60 adet*3.55 sn/adet = 213 sn olarak bulunur. Yapılan testler sonunda sayım işleminde barkod sisteminde harcanan 213 saniye süresinin RFID sisteminde çuvallarla taşıma yapıldığında 15 saniyeye düşecek olmasının tespit edilmesi ve bunun %100 okuma oranıyla gerçekleşiyor olmasının belirlenen hedeflerle örtüşmesinden dolayı, kurulacak sistemde ürünlerin maksimum 60 adetlik çuvallarla geçiş noktalarından geçirilerek sayıldığı ve kontrol edildiği bir sistem geliştirilecek şekilde çalışmalara devam edilmiştir.

Okuma testleri esnasında araştırılan bir diğer konu da etiketlerin denim ürünlerin neresine ve ne şekilde yerleştirileceği konusudur. Testler yapılırken, etiketler denim ürünlerin farklı bölgelerine yerleştirilmiş fakat yapılan denemeler sonucunda etiketler denim ürünün hangi bölgesine yerleştirilirse yerleştirilsin etiket katlanmadığı sürece benzer sonuçlar alındığı görülmüştür. Bu durum etiketin istenildiği şekilde yerleştirilebilmesinde kolaylık sağlamaktadır fakat denim ürün üretimindeki yıkama, ütü, zımpara gibi süreçlerde ürün üzerindeki en ufak bir aksesuar bile ürünün istenilen görüntüsünde kalite problemlerine neden olabilmektedir. Bunun yanında denim ürünlerin geliştirilecek RFID sistemi ile takip edilebilmesi için etiketlerin üretim süreci boyunca üründen düşmemesi, ayrılmaması gereklidir. Bu nedenle etiketlerin denim ürünlere dikilerek iliştirilmesine karar

verilmiştir. Etiketlerin yüksek maliyetlerinden dolayı tekrar tekrar kullanımları gerekmekte olduğundan süreç sonunda etiketler dikildikleri ürünlerden sökülmelidir. Her dikim ve söküm esnasında etiketlerin deforma olmaması için etiketlerin denim ürünlerden kolayca sökülebileceği bir cebin içine konması ve bu cebin de denim ürüne dikilmesi uygun çözüm olarak seçilmiştir. Cebin denim ürüne dikileceği noktanın da dikildiği denim ürününde kalite problemi yaratmayacak şekilde seçilmesi gerektiği belirlenmiştir. Cebin dikileceği en uygun yer belirlenirken; etiketin rahat sökülebilmesi, sökülürken üründe kalite problemi yaratacak izler bırakmaması, zımpara ve ütü gibi süreçlerde ürün üzerinde istenmeyen izlere neden olmaması gibi hususlar dikkate alınması gereken önemli konulardır. Şekil 4.12'de içinde RFID etiketi bulunan kumaş cebin, denim pantolon ürünü üzürine yerleştirilme şekli görülmektedir.



Şekil 4.12 : Denim ürün üzerinde RFID etiketinin yerleşimi.

Buraya kadar sistemin hangi frekansta çalışacağı, kullanılacak etiket, okuyucu ve diğer donanımlar seçilmiş, ürün bazında takip yapılacağı, sayımların ve kontrollerin oluşturulacak geçiş noktalarında gerçekleşeceği, ürünlerin geçiş noktalarından maksimum 60 adetlik denim ürün içeren çuvallar ile taşınacağı ve finishing (sonlama) aşamasından itibaren sürecin eski sistemde olduğu gibi koli ve palet bazında barkod sistemi ile yapılacağı belirlenmiştir. Ayrıca üretim aşamalarındaki

yarı mamül sirkülasyonunun her aşama için aynı olmamasından dolayı sirkülasyonun geçiş noktasını gerektirmediği aşamalarda düşük maliyetli el terminalleri ile sayım ve kontrollerin yapılması gerektiği kararlaştırılmıştır. Denimvillage firmasında, planlama departmanı tarafından farklı aşamalardaki yarı mamül sirkülasyonlarının yoğunlukları baz alınarak, geçiş noktası (kontrol noktası) ünitelerinin hangi üretim aşamasının gerçekleştiği alanda ve kaçar tane okuyucu kullanılarak yapılacağı belirlenmiştir. Buna göre toplu okumaların yapılacağı prosesler ve yerleştirilecek okuyucu adetleri Çizelge 4.7'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.7 : Kontrol Noktaları.

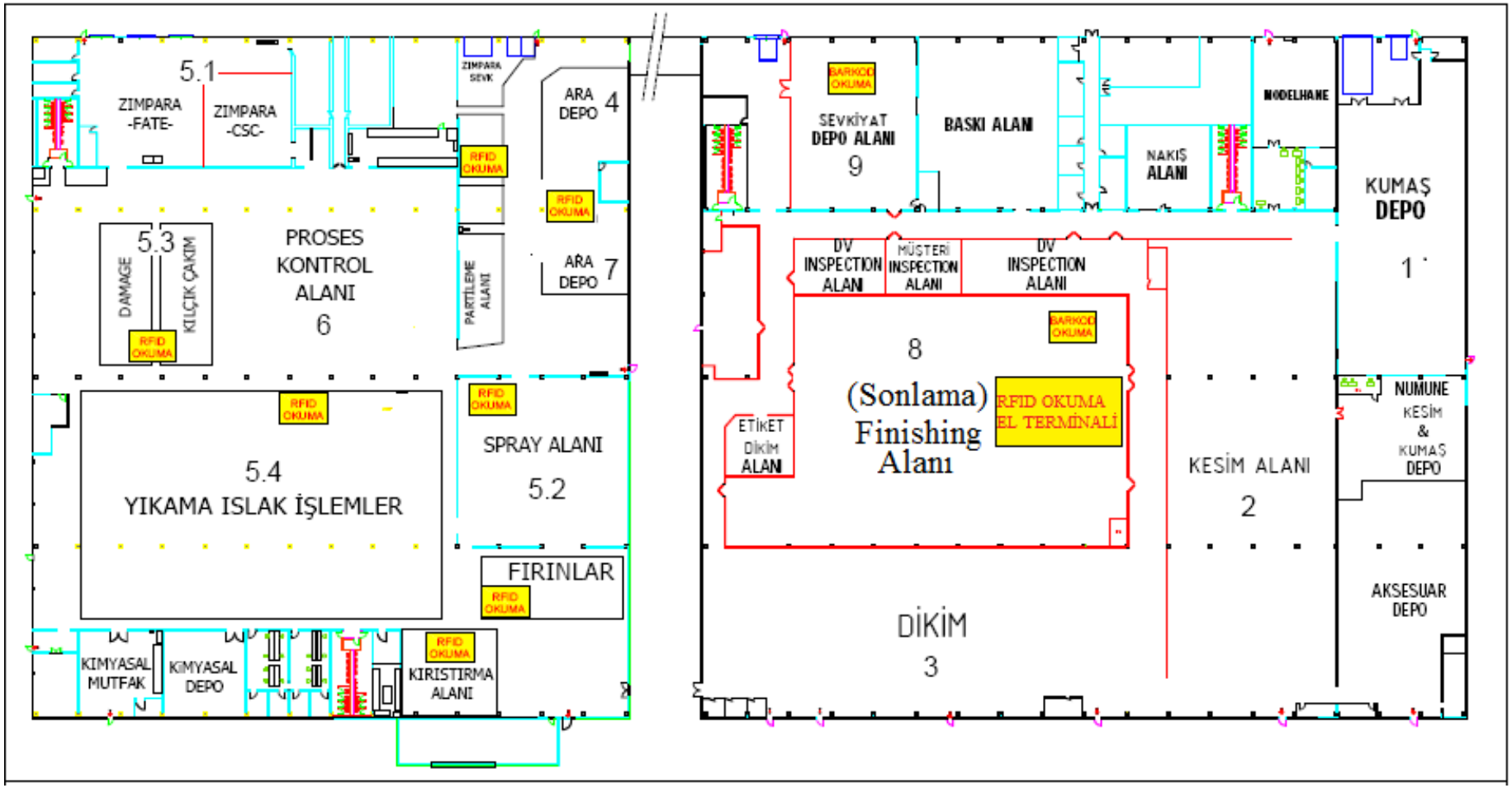
Toplu Okutma Noktası	**Okuyucu Adedi**
Yıkama ıslak işlemler giriş & çıkış	1
Ara Depo	1
Sprey	1
Kırıştırma	1
Zımpara	1
Hasar & Kılçık çakım	1
Fırın	1
Toplam	**7**

Çizelge 4.7'de gösterilen okuma noktalarının bulunacağı prosesler, Şekil 4.8'de gösterilen tasarlanmış bazı farklılıklar içermektedir. Bu farklılıklardan en önemlisi yarı mamül sirkülasyonun en fazla olduğu ara depo ve farklı bir çok süreç içeren yıkama ıslak işlemleri alanında ikişer adet kontrol noktası planlanmasına rağmen bu alanlara birer adet kontrol noktası ünitesi oluşturulacak olmasıdır. Bunun nedeni bu alanlardaki sirkülasyonun yoğun olduğu yarı mamül denim ürünlerin izlenmesinde kurulacak tek bir geçiş noktası ünitesinin yetersiz kalmasıdır. Ancak yapılan testlerden elde edilen okuma hızları (15 sn-çuval ile 60 adet ürün) bu alanlarda tek bir geçiş ünitesi (kontrol noktası) kurulmasının yeterli olacağını göstermiştir. Ayrıca yine Şekil 4.8' de proses kontrol alanında ve sonlama alanında da RFID okuma noktaları gösterilmiştir. Bunlardan proses kontrol alanına denim ürünlerin geldiği yada proses kontrol alanından denim ürünlerin gideceği her alanda kontrol ünitesi bulunmasından dolayı bu alana bir kontrol noktası ünitesi gereksiz görülmüştür.

Farklılığın olduğu sonlama alanına ise ürünler ara depodan RFID okutma noktasından sayılarak gelmekte, sonlama işlemlerinden sonra sevkiyat depoya koliler içerisinde gönderilmektedir. Sonlama alanına girişlerde kontrol ara depodaki geçiş ünitesinde gerçekleşecektir. Öte yandan sevkiyat depoya gidecek ürünlerin kolilenmesinden önce ürünler üzerindeki etiketler sökületeceğinden bu noktadan itibaren RFID sistemi ile kontrol mümkün olmayacaktır. Bu nedenle bu alanda kurulacak bir geçiş noktası ünitesi gereksiz görülmüştür. Kontrol noktası ünitesi yerine, kolilere yapıştırılacak barkod etiketlerinin taşıyacağı bilgilerin oluşturulması için, kolilenen ürünlerden sökülen etiketleri okuyabilecek ve sistemle kablosuz iletişim kurabilecek el terminalleri sonlama alanı için yeterli bulunmuştur. Bunun nedeni diğer süreçlerin gerçekleştiği alanlara kontrol noktası konulması halinde bu iki alandan diğer alanlara denim ürün giriş çıkışlarının kontrol edilebilecek olmasıdır. Kontrol noktalarının da belirlenmesinden sonra Denimvillage'ta kurulacak RFID sistemi Şekil 4.13'deki gibi olmuştur. Kontrol noktalarının da belirlenmesi sonrasında yazılım ile ilgili detayların çıkartılmasına başlanmıştır.

Tasarlanacak sistemde bilgi barkod ile değil RFID etiketleri ile taşınacaktır. Dolayısı ile üretim bildirimleri için müşteri siparişleri ile sistemde yaratılacak RFID etiket ID' leri arasında ilişkilendirme gerekecektir. Daha sonra RFID elemanlarından gelen bilgilerin anlamlı hale dönüştürülmesi ve sistemdeki veri tabanlarını ve diğer uygulama programlarını beslemesi sağlanmalıdır. Yeni sistem için tasarlanması gerekli yazılım kullanılan kurumsal kaynak planlama (ERP) programı ile uygun olmalıdır. Mevcut sistemde kullanılan ERP paket programının değiştirilmesi planlanmaktadır. Yine de kurulacak RFID sistemi için gereken yazılımın tasarlanması ve mevcut sistemdeki uygulamalara entegrasyonu gerekmektedir. Tasarlanacak yazılımın karşılaması gereken temel ihtiyaçlar aşağıdaki gibidir:

- RFID etiketlerine ürün ID lerinin atanabilmesi
- RFID etiketlerinin iliştirilecekleri ürünlere ait detay bilgiler (sipariş no, müşteri adı, ürün, renk, beden, üreitimde takip edilecek rota…. vb.) ile ürün ID lerinin eşleştirilerek sisteme kaydedilebilmesi
- RFID sisteminin elamanlarından gelen hareket ve okuma bilgilerinin anlamlı verilere dönüştürülebilmesi,



Şekil 4.13 : Denimvillage'ta kurulacak RFID sistemi.

- Toplanan hareket ve okuma verilerinin ilişkili veri tabanlarına kaydedilebilmesi, kullanılan diğer uygulama programları ile veri alış verişlerinin sağlanabilmesi
- Geçiş noktalarında (bir safhadan başka bir safhaya geçerken) okunan RFID etiketlerinin veritabanından kontrol edilerek doğruluğunun denetlenmesi ve stok hareketlerinin işlenmesi, gerektiğinde kullanıcıya bilgisayar ekran görüntüsü olarak iletilebilmesi
- Sistemdeki kayıtlı veriler ve anlık durum bilgilerinin kullanılmasıyla ihtiyaç duyulan raporların (anlık stok durumu, ürün hareket raporları, kayıp/eksik ürün raporu/istatistikleri vs.) oluşturulması, kullanıcı ekranına iletilmesi ve istendiğinde yazdırılabilmesi
- Raporların ve sorguların kullanıcı ekranı dışında, ağ (network) üzerinden başka kullanıcılar tarafından paylaşılabilmesi
- Kullanıcıların yetki seviyelerine göre mevcut sistemi kullanabilmeleri

Bu ihtiyaçlar çerçevesinde 2 temel modülden oluşan bir yazılımın geliştirilmesine karar verilmiştir.

Birinci modülde kullanıcının girdiği iş emri (PO) numaralarıyla AS 400 sisteminden sorgulama yapılacaktır. Gelen veriler istenilen formatta birleştirilerek o sipariş için gerekli etiket sayısı ve aralıkları belirlenecektir. Bu işlem yapıldıktan sonra kullanıcı RFID okuyucu ile bağlantı kurabilecek ve antenin üzerine ekranda kendisine gösterilen sayıda RFID etiket yerleştirerek oluşturulan bilgileri RFID etiketlere yazabilecektir. Daha sonra oluşturulan etiketler pantolonlara yerleştirilecektir.

2. etapta kullanıcı, programda öncelikle RFID okuyucu IP ayarlarını girerek RFID okuyucu bağlantısı ardından firmanın ERP programının bulunduğu AS 400 bağlantısı açılır.

Barkod bilgisini barındıran RFID etiketleri RFID okuyucu ile okutulacaktır. Okutulan etiketlerin içerisinde yer alan iş emri numarasına göre AS 400 sisteminden sorgulama yapılarak ilgili işlem adımları ekranda kullanıcıya listelenecektir. Kullanıcı buradan etiketlerin şu anda hangi aşamada olduğunu seçebilecektir. Bu sayede sistem üzerinden hangi siparişin o anda hangi aşamada olduğu listelenecektir. Program ekranından "Okumaya Başla" düğmesine basılarak ortamdaki RFID etiketler okunacaktır. Okunan etiket sayısı ekranın aşağısında görülecektir. Tüm etiketler okunduktan sonra (aynı iş emrine sahip) "Kayıtları getir" diyerek AS 400'ün ilgili tablosundan bu iş emrine ait kayıtlar listelenecektir. İlgili işlem adımı seçilerek

"Kaydet" butonuna basılarak okunan her RFID etiketi için kayıtlar veritabanına yazılacaktır.

Tasarım aşamasında buraya kadar uygun donanım ve yazılımın için ihtiyaçlar belirlenmiş, gerçekleştirilen dayanıklılık ve okuma performası testleri ile uygulanmak istenen RFID sistemi için en kritik öneme sahip etiket alternatifler arasından seçilmiştir. Ayrıca etiketin denim ürün üzerine ne şekilde yerleştirileceğine de denim ürün üretim süreci ve denim ürünlerinin özellikleri gözetilerek kararlaştırılmıştır. Geliştirilecek sistemde kullanılması planlanan etiket dışındaki diğer donanım, yazılım ve süreçlerde yapılacak değişiklikler belirlenmiştir. Üretim alanlarındaki ürün akışı ve sürkülasyonu göz önünde bulundurularak hangi noktalarda okuma noktası (kontrol geçiş noktası) konulacağı kararlaştırılmıştır.

Son olarak gerçekleme aşamasına geçilmeden önce teknik olarak olabilirliği testler ve analizler sonucu görülen yeni RFID sistemi çözümünün ekonomik fizibilitesi yapılmıştır.

Bu aşamada netleşen donanım, yazılım ve diğer maliyetler aşağıdaki Çizelge 4.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8 : Maliyetler Tablosu.

Maliyet	**Tutar (Euro)**	**KDV'li Tutar (Euro)**
İlk Yatırım Maliyeti	**264.604**	**312.233**
Donanım	**40104**	**47322,72**
7 adet Uzun Menzil UHF RFID Okuyucu (2800 euro/adet)	*19600*	*23128*
28 Adet UHF Anten (475 euro/adet)	*13300*	*15694*
28 Adet 10 metrelik anten kablosu (8,5 euro/metre)	*2380*	*2808,4*
28 Adet anten bağlama aparatı (83euro/adet)	*2324*	*2742,32*
4 adet RFID El Terminali (450 euro/adet)	*1800*	*2124*
Computer (euro/adet)	*700*	*826*
Yazılım Maliyeti	**12000**	**14160**
Hizmet Maliyeti	**18000**	**21240**
Test Maliyetleri (Numune etiketler, kaplama malzemeleri, pilot çalışma için hazırlanacak düzenek vs)	**2000**	**2360**
Etiket Maliyeti (3 yıllık) 350 bin adet RFID Etiket (0,55 Euro cent/adet)	**192500**	**227150**
Bakım Maliyetleri (aylık)		**500**

Çizelgeden de görüldüğü gibi üretim süreçlerinde denim ürününün izlenmesi gereken etiketler dışında kalan donanım, yazılım, hizmet, test ve hazırlık maliyetlerinin oluşturduğu ilk yatırım maliyeti toplamı 85.083 euro olarak bulunmştur. Bu değere 227150 Euro'luk etiket maliyeti de eklendiğinde toplam maliyet 312.233 Euro olmaktadır. Denim ürün üretiminde bir ürün süreçlerde ortalama 2 kez yıkanmaktadır. Yıllık ortalama üretimin 2 milyon olduğu düşünülürse 350 bin adet etiketin toplamda yıllık 4 milyon kez yıkanması beklenecektir. Bu durumda bir etiket aylık ortalama 1 kez yıkanacaktır. Yapılan testler sonucunda elde edilen sonuçlarda etiketlerin süreçlere 60 yıkamadan fazla dayanabileceği gözlemlenmiş ayrıca tedarikçi firma bu konuda 200 yıkama garantisi vermektedir. Bu durumda en az 60 yıkama dayanabileceği varsayımı yapılırsa bir etiketin 5 yıl boyunca kullanılabileceği görülmektedir. Öte yandan diğer donanımların ömrünün bu süreden daha uzun olacağı bilinmesine rağmen yine en kötü olasılıkla 5 yıl kullanılabilecekleri varsayımı ilk yatırım maliyetinin 5 yıllık bir süre için yapılmış gibi ekonomik analizde değerlendirilmiştir. Ayrıca tasarlanan sistemin kullanımında doğabilecek sorunlara karşı yıllık 3000 Euro'luk bakım maliyeti öngörülmüştür.

Tasarlanan sistemin kurulumundan beklenen faydalar ise;

İşgücündeki maliyet azalışı : RFID sisteminin yerini alacağı mevcut barkod sisteminde sayım işleri ile çalışan 18 personel vardır ve bu personel günlük çalışma sürelerinin yarısını sayım işlemi ve sisteme ilgili verilerin girişi ile harcamaktadır. RFID sistemi ile bu sürecin otomatikleştirilmesi planlanmakta ve bu durumda 9 personelin yapmış olduğu iş elemine edilmiş olacaktır. Bu çalışanların ücretleri net olarak 1800 TL ile asgari ücret arasında değişmekte ve ücretlerin işverene ortalama kişi başı aylık maliyet ise 1950 TL olmaktadır (Merkez Bankası Haziran 2014 verilerine göre 1 €=2.85 TL üzerinden hesaplandığında kişi başı aylık maliyet 1950 /2,85= 681,8€ olmaktadır.)

Bu durumda azalan işçilikten kaynaklanacak maliyet azalışı 681,8€/ay*9=6136,2 €/ay olacaktır.

Kayıp ürün maliyetleri ve kayıp ürünlerden kaynaklı müşteri cezalarından kaynaklanan maliyetlerde azalma: Kayıp ürünler %1'i oranındadır. Kayıp ürünlerin firmaya maliyeti iki türlü yansımaktadır; bunlardan birincisi kaybolan ürünün kendi maliyeti ikincisi ise kaybolan ürünlerden dolayı müşterilere ödenen cezalardır. Bu

maliyetler ile ilgili detaylar firma tarafından paylaşılmamış fakat bu maliyetlerin toplamının işletmeye yıllık maliyetinin 375.000 Euro olduğu belirtilmiştir. Tasarlanan sistem ile bu kayıp oranının sıfırlanması hedeflenmektedir. Ekonomik fizibilite için ise bu kayıp oranın %1'den %0,5'e düşeceği varsıyımı yapılarak maliyetlerdeki azalma yıllık 375.000/2 :187500 Euro olarak değerlendirilmiştir.

Bunların dışında denim ürün üretim süreçlerinin uzunluğu ve üretilecek ürünlerin üretime başlamadan yeterince uzun zaman önce biliniyor olması gibi nedenlerden dolayı elde stok bulundurmama maliyeti yada stok miktarındaki azalmalar gibi RFID sistemlerinden beklenen faydalar Denim Village firmasında beklenmemektedir.

Denim Village firması için tasarlanan RFID sisteminin ekonomik olarak fayda ve maliyetleri özetle Çizelge 4,9'da görülmektedir.

Çizelge 4.9 : Geliştirilen RFID tabanlı çözümün fayda ve maliyetleri.

RFID sisteminin fayda ve maliyetleri	**Tutar (Euro)**	**Açıklama**
Maliyetler		
İlk Yatırım Maliyeti	312233	5 Yıllık ömür
Bakım Maliyeti	500	Aylık
Faydalar		
İş gücündeki maliyet azalması	6136,2	Aylık
Kayıp oranındaki azalmadan kaynaklı maliyet azalması	187500	Yıllık (Kayıp oranının yarıya ineceği ve parelelinde müşterilere ödenen cezalarında yarıya ineceği varsayımı altında)

Yatırımla ilgili nakit akışı aşağıda Şekil 4.14'deki gibidir;

Getiri oranı (i) aylık %0.8 olarak varsayılmıştır. Bu durumda yıllık getiri oranı %10 olmaktadır.

Yatırımın Ömrü(n) = 5 yıl - 60 ay

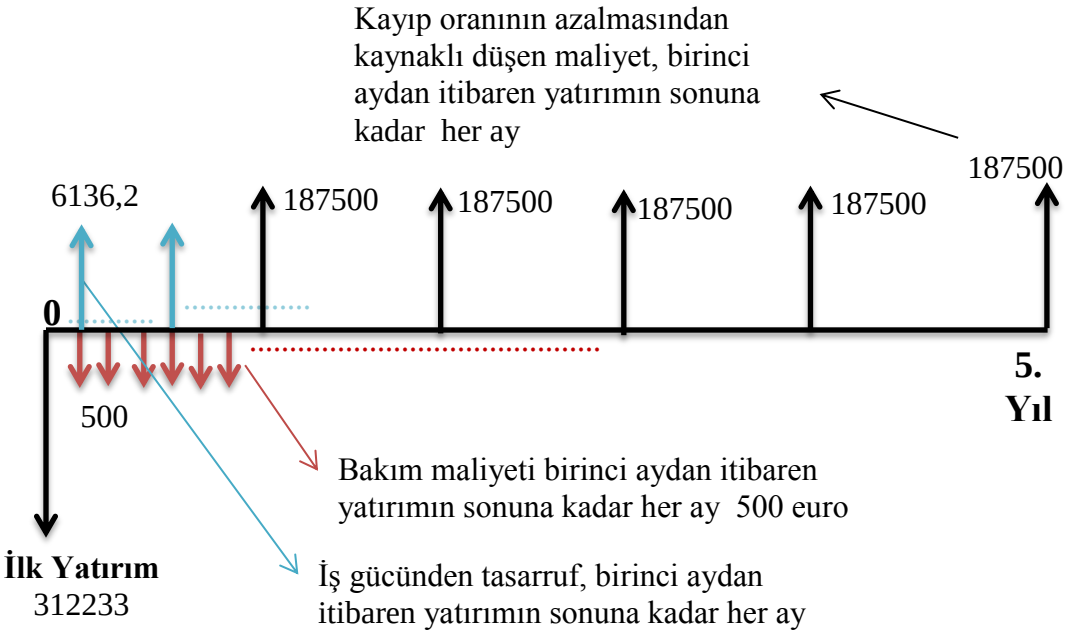
İlk Yatırım Maliyeti = **312233 Euro**

Aylık gider (C_m)= 500

Aylık Kazanç (B_m)= 6136.2 Euro

Yıllık Kazanç (B_a) = 187500 Euro

$İ_{aylık}$ = 0.008 ,$İ_{yıllık}$ = 0.1



Şekil 4.14 : RFID sistemi yatırımının nakit akışı.

P = A*(P/A,i,n) ve P=F*(P/F,i,n) formüllerinden yararlanarak aylık gider, aylık kazanç ve yıllık kazancın şimdiki değerleri aşağıdaki gibi bulunmuştur.

- Aylık kazancın şimdiki değeri(PVB_n) = 6136.2 Euro* (P/A,%0.8,60)

  $= 6136.2 \text{ Euro} * 47.504$

  = **<u>291494 Euro</u>**

- Aylık giderin şimdiki değeri(PVC_n) $= 500 \text{ Euro} * (P/A, \%0.8,60)$

  $= 500 \text{ Euro} * 47.504$

  = **23752 Euro**

- Yıllık kazancın şimdiki değeri(PVB_n) $= 187500 \text{ Euro} * (P/A, \%10,5)$

  = 187500 Euro*3.7908

  = **710775 Euro**

Yatırımın şimdiki değeri, toplam faydanın şimdiki değeri ile toplam maliyetin şimdiki değerleri farkından hesaplanırsa;

Yatırımın Şimdiki Değeri = -312233-23752+291494+710775= **666284 Euro** olacaktır.

Bu durumda öngörülen değerlerin gerçekleşmesi durumunda Denim Village firması 312233 euro'luk bir yatırımla geliştirilen RFID sistemini uyguladığında 5 yıl içinde bu günkü değeri 666284 euro'ya denk gelecek bir kar elde edecektir. Buna göre yatırımın karlılığını (getiri oranı) hesaplayacak olursak;

$$\text{Yatırımın Karlılığı} = \frac{666284}{312233} = \mathbf{2,13} \text{ olacaktır}$$

Yapılan ekonomik analiz sonunda yatırımın karlı olduğu görülmüş ve gerçekleme aşamasına geçilmiştir.

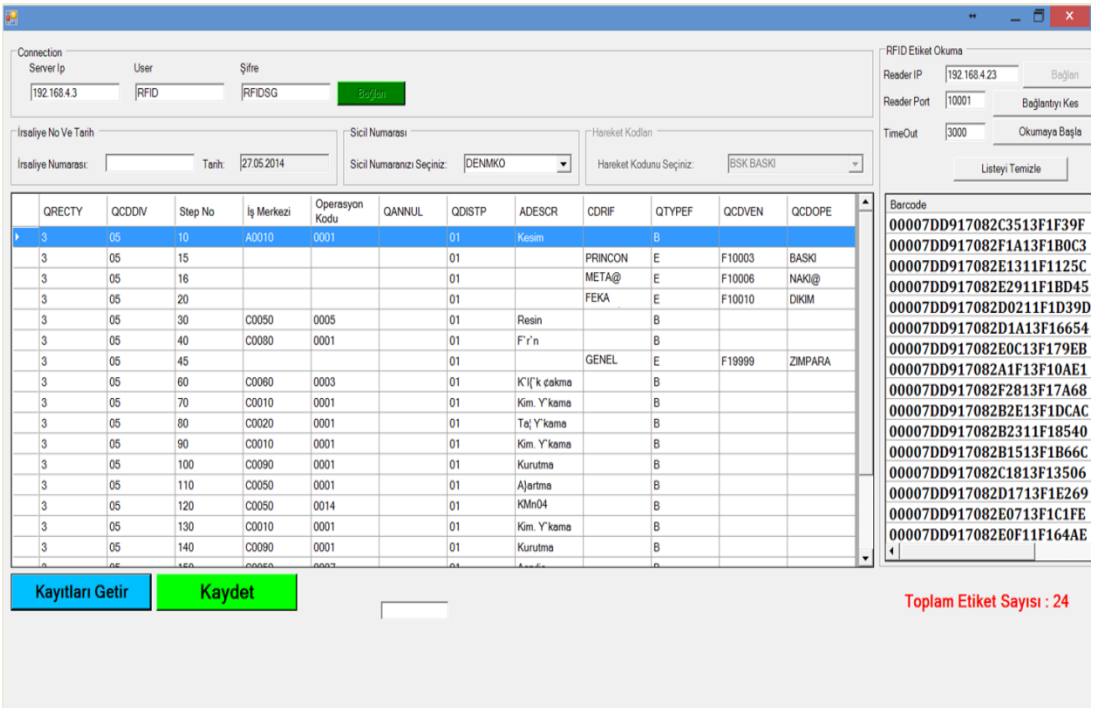
4.4.2.3 Gerçekleme

Yazılımın Tamamlanması :Gerçekleme aşamada öncelikle tasarlanan sistemde kullanılacak iki modülden oluşan yazılım tamamlanmıştır. Bu modüllerden birincisinde RFID etiketleri sistemdeki veriler ile eşleştirilerek sisteme tanıtılırlar. Birinci modülde seçilen sipariş ile ilgili sistemdeki kayıtlarla eşleştirilen RFID etiketleri üretim süreçlerinde izlenmek istenen denim ürünlerine yerleştirilir. Bu işlemden sonra süreçlerdeki kontrol ve sayım işlemleri, ilgili verilerin sisteme kaydedilmesi, gerekli raporların, bildirimlerin yada uyarıların kullanıcıya ileitilmesi gibi siparişlerin takibi ve sisteme kayıtları gibi fonksiyonlar ikinci modül ile gerçekleştirilir.

Birinci modüldeki eşleştirme işleminde ilk adım olarak başlangıç arayüzünde okuyucunun ağ şebekesine bağlanması amacı ile IP adresi, kullanıcı adı ve şifresi girilerek sisteme bağlanılır. Sisteme bağlanılması ile birlikte okuyucu kapsama alanı içindeki etiketleri okumaya başlar. Bir sonraki aşamada kullanıcı etiketleri ilişkilendirileceği sipariş numarasını (PO) girer. Girilen sipariş numarasının onaylanması ile, program AS 400'de sipariş ile ilişkili verileri AS 400'den çekerek ekrandaki arayüze sipariş numarası, barkod aralıkları, okunan etiket kimlik numaraları, sipariş ile ilgili operasyonel bilgiler getirilir. Ayrıca siparişle eşleştirilmesi gereken etiket sayısı kullanıcıya gelen arayüzde bildirilirken bu sayı ile birlikte toplam okunan etiket sayısıda kullanıcıya gösterilmektedir. Okunan etiket sayısı hedeflenen miktardaki etiket sayısıyla eşit olduğu anda kullanıcı "eşleştir" butonuna basarak eşleştirme işlemini gerçekleştirir ve program kullanıcıya eşleştirmenin tamamlandığını bildirir. Birinci modülle ilgili arayüzler Ek D1'de gösterilmiştir.

İkinci modülde de birinci modülde olduğu gibi ilk adım IP adresi, kullanıcı adı ve şifresinin girilerek okuyucunun ağ şebekesine bağlanmasıdır. Okuyucunun şebekeye bağlanmasından sonra kullanıcı ekranındaki arayüzde "okumayı başlat" butonuna basıldığında okuyucunun kapsama alanında ki RFID etiketleri algılanmaya başlar ve

ekrandaki arayüzde etiketlerin kimlik numaraları listelenir. Daha sonra ekrandaki arayüzde "kayıtları getir" butonuna basıldığında, etiketlerin kimlik numaralarının eşleştirildikleri sipariş ile ilgili sistemdeki veriler çekilir ve bu verilerden gerekli olanlar ekrandaki arayüzde ilgili alanlarda gösterilir. Bu aşamada kullanıcının önüne gelen ekran Şekil 4.14'de (Ek D2'de şeklin büyük hali mevcuttur) gösterilmiştir.



Şekil 4.15 : Modül2_okutulan RFID etiketleri ile ilgili kayıtlatın gösterildiği arayüz.

Şekil 4.14'deki bu ekranda etiketlerin ilişkili olduğu ürün grubunun üretimde hangi süreçlerden hangi sıra ile geçeceği ve diğer ilişkili detaylar görülmektedir. Burada her bir satır üretimdeki bir sürece denk gelmekte ve o sürece ait detayları göstermektedir. Denim ürünün üretilmesi esnasında RFID sistemi ile izlenen ürün bu süreçlerden hangisinden çıkmakta (sürecin tamamlanmasından dolayı bir sonraki üretim aşamasına gönderilmek üzere tamamlanan aşamadan çıkması) ise kullanıcı o aşamanın olduğu satırı seçer ve kaydet tuşuna basarak sisteme okutulan ürünlerle ilgili seçilen aşamanın tamamlandığı bilgisi aktarılır. Bu esnada kullanıcının yanlış bir satırı işaretleyerek daha önceden tamamlanmış bir süreci seçmesi halinde sistem tarafından kullanıcıyı uyaran bildirimler ekrana gelmekte ve ikinci kez yapılmak istenen hatalı kayıt işlemi engellenmektedir. Bunun benzer şekilde kullanıcının hatalı olarak işaretlediği satırdaki süreçten öncesinde tamamlanması gereken süreçler varsa kullanıcı yine ekrana gelecek mesaj ile uyarılmaktadır. İkinci modülle ilgili arayüzler ve bazı uyarı mesajları EK D2'de gösterilmiştir.

Yazılımın tamamlanması ile birlikte gerçekleme aşamasındaki pilot çalışmaya geçilmiştir. Pilot çalışma kapsamında öncelikle adetçe az miktarda denim ürün üretim süreçlerinde tasarlanan sistemde takip edilmeye başlanmıştır. Üretim süreçlerinde ürün akışı takibinde tasarımda planlanan tüm kontrol noktalarını temsilen bir noktaya kontrol noktası düzeneği kurulmuş ve bu kontrol noktasında denim ürünlerin üretim süreçlerinde ilerlerken otomatik olarak algılanması, bilgi sisteminde gerekli bilgilerin oluşturulması, kaydedilmesi, kullanıcıya gerekli uyarıların yapılması ve diğer belirlenmiş fonksiyonların yerine getirilip getirilmediği test edilmiştir. Bu testler esnasında karşılaşılan hata ya da eksiklere göre yazılımda gerekli düzeltmeler yapılmıştır.Bu süreçte daha önceden tasarlanan kontrol noktası düzeneğinin bazı üretim alanlarında hareketleri kısmen kısıtladığı tespit edilmiş ve Şekil 4.15'deki düzenek tasarlanmıştır.



Şekil 4.16 : Pilot çalışma esnasında tasarlanmış kontrol noktası ünitesi.

Düzenekte yüksekte olan arka taraftan RFID etiketli denim ürünlerin itilerek aşağıya doğru kaydırılması ile düzeneğin alçakta kalan ön tarafına konulacak kafesin içine dökülmesi sağlanacaktır. Ayrıca geliştirme aşamasında etiketlerin kumaş cepler içinde denim ürünlere dikilmesine karar verilmesine rağmen pilot çalışma esnasında etiketlerin içine konulduğu kumaş ceplerin son aşamada denim ürünlerden sökülmesinin bazı ürünlerde defoya neden olduğu gözlenmiş ve ürünlerin yüksek sıcaklığa dayanıklı denim ürün üretim süreçlerinde kullanılan özel poşetler içinde ürünlere dikilmesine karar verilmiştir. Özel poşet içindeki etiketlerin denim ürün üzerindeki yerleşimi aşağıdaki Şekil 4.16'da örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.17 : Özel poşet içindeki RFID etiketinin denim ürün üzerinde yerleşimi.

Bu denemelerde sisteminin sorunsuz işlediği gözlemlendikten sonra daha büyük miktarlarda denim ürünün üretimde takip edilmesine karar verilmiştir. Bu aşamada kullanılacak RFID etiketler üretimden seçilen 5000 adetlik siparişin 2500 adedine dikilmek üzere sisteme tanıtılmıştır. Kalan 2500 adedin ise eski ve yeni sistemlerin karşılaştırılabilmesi için mevcut barkod sistemi ile üretim süreçlerinde izlenmesine karar verilmiştir. Sisteme tanıtılarak ilgili siparişin kayıtlarıyla eşleştirilen etiketler yüksek sıcaklığa dayanıklı özel poşetlere yerleştirilerek 2500 adet ürüne dikilmiştir. Tasarım aşamasında belirlenen üretim süreci alanlarına (Yıkama ıslak işlemler Giriş&Çıkış, Ara Depo, Sprey, Kırıştırma, Zımpara, Hasar & Kılçık çakım, Fırın) kontrol noktası düzenekleri kurulmuştur. Denim ürünler üretim süreçleri tamamlandıkça kontrol noktalarındaki düzeneklerden geçirilirken geliştirilen yazılım yardımıyla akış bilgi sistemine aktarılmıştır. 2500 adet ürünün üretim aşamalarından gerek okunma performansı açısında gerekse yazılımsal açıdan sorunsuz geçirilmesi ile pilot çalışma tamamlanmıştır. Tasarlanan yeni düzenekte pilot çalışma esnasında ürünlerin gerek çuval ile gerekse çuvalsız olarak) okutulması Şekil 4.17'de ve Şekil 4.18'ki gibi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.18 : Kontrol noktasında çuval ile ürünlerin okutulması.



Şekil 4.19 : Kontrol noktasında ürünlerin çuvalsız okutulması.

Pilot çalışma esnasında RFID sistemi ile kontrol esnasında ürünlerin düzenekten geçirilmesi esnasında, hazırlanan sunta düzeneğin eğimli olmasına rağmen sürtünmeden dolayı ürünlerin düzeneğin aşağı tarafına ulaştırılmasında zaman kaybedilmekte bu nedenle ilerleyen aşamada bu düzeneğin dönen miller üzerinde kaydırılmasına karar verilmiştir.

Pilot çalışma ile üretim süreçlerinde denim ürünlerin görünürlüğü ve izlenmesi için geliştirilen yeni RFID sisteminin üretimin bütününde kullanılabileceği gösterilmiştir. Ayrıca mevcut barkod sistemi ile yeni sistemin performansını karşılaştırabilmek amacı ile pilot çalışma esnasında kontrol noktalarında işlem süreleri (sayım işlemi) her iki sistemde aynı siparişten 2500 adetlik denim ürün için üretimin tüm aşamalarında ölçülmüştür. Ölçüm değerleri Çizelge 4.8'de gösterilmiştir. Çizelgedeki verilerden yola çıkarak, Denim Village firmasında mevcut sistemde 18 çalışanın günlük çalışma sürelerinin yarı zamanlarının harcandığı sayım ve sayım sonuçlarının bilgi sistemine aktarılması işlemlerine harcanan süreden edielecek tasarruf ve buna bağlı olarak yeni sistemin ne kadarlık bir iş gücü tasarrufu sağlayacağı hesaplanmıştır.

Yapılan ölçüm sonunda aynı siparişe ait aynı süreçlerden geçen eşit büyüklükte (2500 adet) ürünün sayılma işlemine ayrılan toplam süre mevcut barkod sisteminde 19,18 adam saat oluyorken aynı sayım için RFID tabanlı sistemde 1,28 adam saat olmaktadır. Bu durumda yeni RFID sistemi ile sayım işlemlerinde 93,4% 'lik bir iyileştirme söz konusudur. Bu iyileşmeden kaynaklan iş gücü tasarrufu ise mevcut sistemde sayım için harcanan iş gücü üzerinden hesaplanmıştır. Mevcut sistemde 18 çalışanın çalışma sürelerinin yarı zamanını sayım işi için harcadığı bilinmektedir. Bu durumda sadece sayım için günlük ihtiyaç duyulan tam zamanlı çalışan sayısının 9 olduğu anlaşılmaktadır. Yeni sistemde bu sayım;

9*1,28/19,17= 0,6 çalışan gerektirecektir. Bir çalışanın bu iş için ayrıldığı düşünülürse 8 personelden tasarruf edilecektir. Ayrıca bu çalışana yüklenen iş gücü kişinin tam zamanını doldurmadığı için, çalışanın hata yapmasına neden olacak yoğun iş temposu olmayacaktır. Bunun sonucunda ilgili operasyonel işlemlerdeki yoğunluktan kaynaklanan karışıklıklar ortadan kalkacak ayrıca Denim Village firmasının müşteri gözünde imajını zedeleyecek hataların azalması firmının uzun vadede prestijini arttıracaktır.

Çizelge 4.10 : RFID ve Mevcut Barkod sistemi işlem süreleri karşılaştırması.

Karşılaştırma Tablosu		Barkod Sistemi ile Takip		RFID sistemi ile Takip	
İşlem Adımı	Sayım Var/Yok	Adam Sayısı	Süre (sn)	Adam Sayısı	Süre (sn)
Dip resin	Yok				
Kurutma	Var	2	4220	1	520
Kırıştırma	Yok				
Fırın Fikse	Var	2	4050	1	480
Zımpara	Var	2	4540	1	540
Taş&Enzim yıkama	Yok				
Durulama	Yok				
Kurutma	Var	2	4380	1	700
Hasar-Kılçık	Var	2	4270	1	688
Sodyum hipoklorit ağartma	Yok				
Nötralizasyon	Yok				
Durulama	Yok				
Tint boyama	Yok				
$KMnO_4$ sponge (Sprey)	Var	2	4160	1	490
Nötralizasyon	Yok				
Durulama	Yok				
Biyoparlatma	Yok				
Durulama	Yok				
Yumuşatma	Yok				
Kurutma	Var	2	4280	1	520
El ütüsü	Var	2	4620	1	670
Toplam adam saat (adam*sn)		69040		4608	
Toplam adam saat (adam*saat)		19,18		1,28	

Yapılan pilot testlerden alınan başarılı sonuçlar sonrasında geliştirilen RFID sisteminin Denim Village firmasındaki denim üretim süreçlerinin izlenmesinde mevcut barkod sisteminin yerine kullanılmaya hazır olduğu gösterilmiştir. Bu aşamadan sonrası için firmanın üretim süreçlerinin takibinde kullanılacak 350 bin adet RFID etiketlerini satın alarak geliştirilen sistemi uygulaması beklenmektedir.

4.4.3 Kurulum Sonrası Sistemin Sürdürülmesi ve Geliştirilmesi

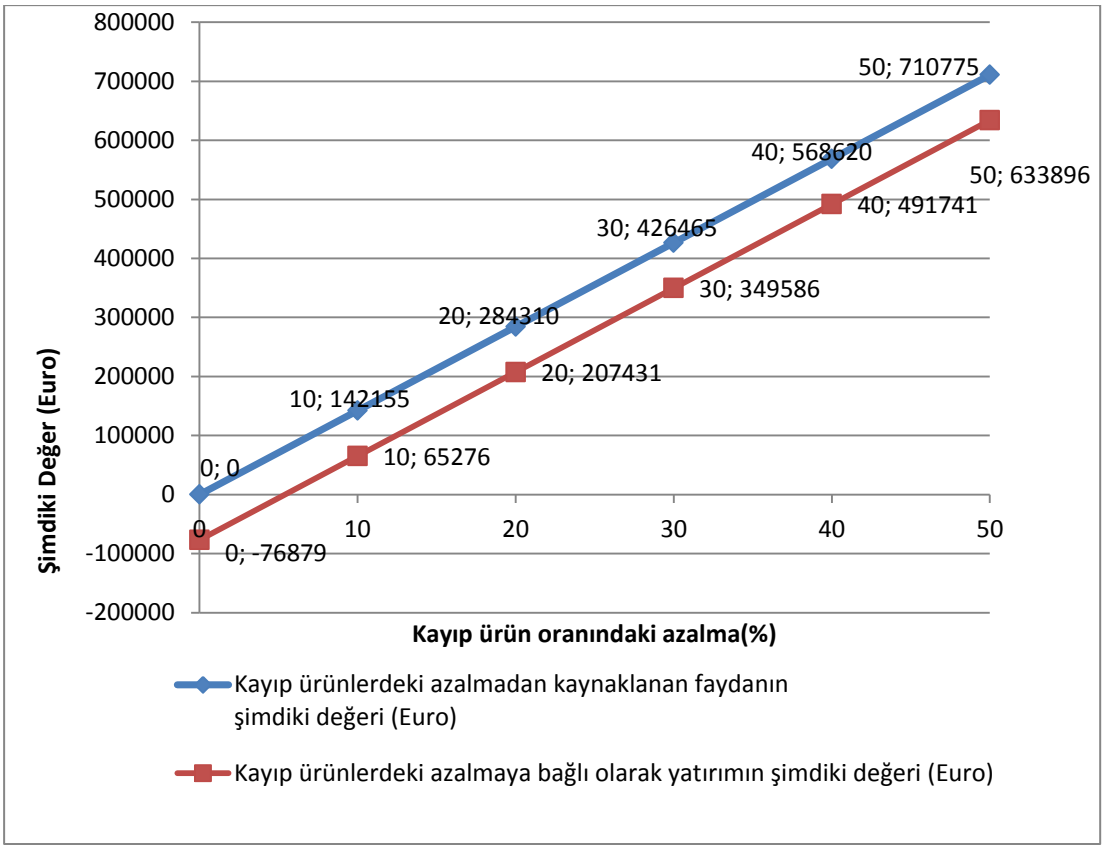
Uygulama projesi ar-ge çalışması olduğundan dolayı bu aşama uygulama projesinin kapsamı dışında tutulmuş ve bu nedenle bu aşamaya geçilmeden proje tamamlanmıştır. Firma geliştirilen RFID tabanlı izleme sistemine geçiş için ilgili etiketlerin teminini beklemektedir ve başladıkları andan itibaren toplanacak veriler ve geribildirilere göre geliştirme faaliyetleri sürdürülecektir.

4.5 Projenin Ekonomik Analizi

Projenin tamamlanması ile Denim Village firmasında geliştirilen RFID sisteminin maliyeti gerçek değerleriyle ortaya çıkmış, ayrıca işgücünden elde edilecek tasarrufta yapılan ölçümler sonucu net olarak ortaya konulmuştur. Daha önce tasarım aşamasının sonunda yapılan ekonomik analizde işgücündeki tasarrufun 9 kişi olacağı öngörülmüşken, pilot çalışmalar esnasında yapılan ölçümler sonucunda yeni sisteme geçilmesi durumunda 8 personelden tasarruf edileceği görülmüştür. Buradan firmanın elde edeceği tasarrufun maddi değeri 5454,4€ (8* 681,8€) kadar olacaktır. Bu durumda iş gücünden tasarruf, 291494 € yerine 259106 € olacaktır. Ayrıca yatırımın şimdiki değeri 666284 € yerine 633896 € olacaktır. Yatırım bu şartlarda da yüksek getiri oranı sağlayacaktır. Daha kötü senaryolarda yatırımın karlılığının ne olacağını görebilmek için yatırımın karlılığını değiştirecek bazı parametreler aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir:

1. Kayıp ürün oranındaki azalmadan elde edilecek kazancın beklenenden (%50) daha düşük olacağı varsayımıyla buradan edilecek tasarrufun %50 ile %0 arasında olduğu durumlar dikkate alınsın.
2. RFID etiketlerinin her ne kadar 60 yıkamanın üzerinde dayanabileceği düşünülse de, etiketlerin ömrünün 3 yıl olacak şekilde 36 yıkamaya dayanabileceği varsayımı ve buna bağlı olarak yapılan yatırımın ömrü de 3 sene olsun.

Birinci durum için kayıp ürün oranındaki azalmanın farklı seviyelerine göre elde edilecek tasarruf miktarı ile bu tasarrufa bağlı olarak yatırımın şimdiki değeri ve karlılığı değerleri Şekil 4.20'de gösterilmiştir.



Şekil 4.20 : Kayıp ürün oranındaki azalmaya bağlı olarak elde edilen faydanın ve yatırımın şimdiki değeri.

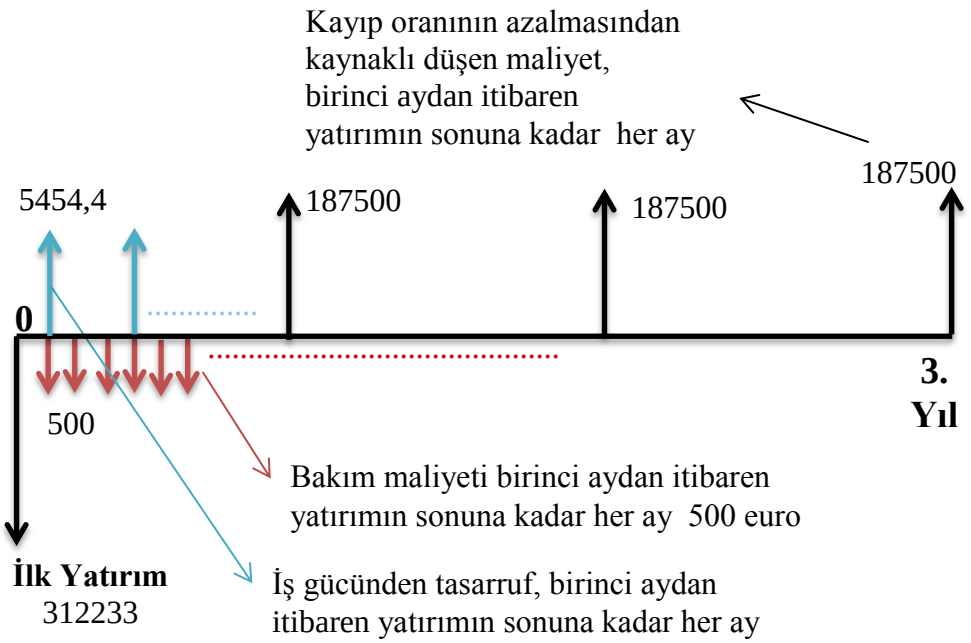
Şeki l4.20'deki grafikte görüldüğü gibi kayıp ürün oranındaki azalma yüzdesi ile bu azalmadan kaynaklanan tasarrufun şimdiki değeri arasında doğrusal bir ilişki vardır. Aynı şekilde edilen tasarrufun şimdiki değerindeki artış ile yatırımın şimdiki değerindeki artış arasında da doğrusal bir ilişki vardır. Kayıp ürün oranındaki azalmanın farklı seviyelerine göre elde edilecek tasarruf miktarı ile bu tasarrufa bağlı olarak yatırımın şimdiki değeri ve karlılığı değerleri Çizelge 4.11'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.11 : Kayıp ürün oranındaki iyileşme seviyesine bağlı ekonomik analiz.

Kayıp ürün oranı	**İyileşme oranı**	**Elde edilen tasaruf miktarı**	**Yatırımın Şimdiki Değeri**	**Yatırımın Karlılığı**
%0,05	%50	710775	633896	2,03
%0,075	%25	355387,5	278508,5	0,892
%0,09	%10	142155	65276	0,209
%0,1	%0	0	-76879	-0,246

Çizelgeden de görüldüğü gibi %10'luk bir iyileşmede dahi yatırımın getiri oranı yaklaşık %21 olmaktadır. Hiçbir iyileşme olmaması durumunda bile iş gücünden elde edilen tasarruftan dolayı yapılan yatırımın yaklaşık %75'lık kısmı geri kazanılırken %25'lik zarar edilmektedir. Ancak bu durumda bile denim ürün üretim süreçlerinde ürünlerin takip edilirken insandan kaynaklanan hatalardan dolayı müşteri gözündeki imaj kaybının azalacağı ön görülerek firmanın gerçekte zarar etmeyeceği gerçeği firma yetkilileri tarafından vurgulanan önemli bir ayrıntıdır.

Yatırımın ömrünün 3 yıl olarak hesaplanacağı ikinci durumda ise nakit akışı aşağıdaki gibi olacaktır:



Şekil 4.21 : Pilot çalışma sonrası RFID sistemi yatırımının nakit akışı.

Bu durumda ;

- $(\mathrm{PVB}_n) = 5454{,}4 * \mathrm{Euro} * (\mathrm{P/A}, \%0.8, 36) = 5454{,}4\ \mathrm{Euro} * 31{,}172 =$ **170024,6 Euro**
- $(\mathrm{PVC}_n) = 500\ \mathrm{Euro} * (\mathrm{P/A}, \%0.8, 36) = 500\ \mathrm{Euro} * 31{,}172 =$ **15586 Euro**
- $(\mathrm{PVB}_n) = 187500\ \mathrm{Euro} * (\mathrm{P/A}, \%10, 3) = 187500 * 2{,}487 =$ **466312,5 Euro**

Yatırımın şimdiki değeri, toplam faydanın şimdiki değeri ile toplam maliyetin şimdiki değerleri farkından hesaplanırsa;

Yatırımın Şimdiki Değeri = -312233-15586+170024,6+466312,5= **308518,1** euro olacaktır. Bu durumda öngörülen değerlerin gerçekleşmesi durumunda Denim Village firması 312233 euro'luk bir yatırımla geliştirilen RFID sistemini uyguladığında 3 yıl içinde bu günkü değeri 308518,1 euro'ya denk gelecek bir kar elde edecektir. Buna göre yatırımın karlılığını (getiri oranı) hesaplayacak olursak

$$\text{Yatırımın Karlılığı} = \frac{308518{,}1}{312233} = \mathbf{0{,}988} \text{ olacaktır}$$

Yapılan ekonomik analiz sonunda en kötü senaryolarda bile yatırımın karlı olduğu görülmüştür.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

RFID projelerindeki beklenmeyen başarısızlıkların önüne geçilmesi için bu tür projelerde RFID sistemlerinin geliştirilmesi ve gerçeklenmesi konusunda sistematik bir yol izlenmelidir. Bu çalışmada, literatürde de eksikliği vurgulanan bu konuda okuyucuya RFID sistemlerinin geliştirilmesi ve gerçeklenmesi için bir yol haritası sunulmuştur. Akademik çalışmaların incelenmesi sonucu oluşturulan, Hazırlık&planlama, geliştirme&gerçekleme ve sürdürme&iyileştirme aşamalarından oluşan bu yol haritasının geçerliliği denim ürün üretimi yapan Denim Village firmasındaki uygulama çalışması ile gösterilmiştir.

Denim Village firmasında yapılan uygulama projesinde, yol haritasının adımları izlenmiştir. İlk adım olarak RFID teknolojilerinin daha iyi anlaşılmasını ve RFID teknolojisinin firmada nasıl kullanılabileceğini ve ne tür faydalar sağlayabileceğini gösterildiği ve mevcut durumun analiz edildiği hazırlık çalışmaları yapılmış ve proje ekibi kurularak ileriye yönelik planlar hazırlanmıştır. Sonrasında mevcut durum RFID teknolojileri göz önünde bulundurularak detaylı olarak analiz edilmiş, saha analizleri ve gerekli araştırmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonrasında denim ürün üretim süreçlerinde RFID kullanımı açısından teknik olarak en önemli belirleyicinin kullanılacak etiket olduğu fark edilmiştir. Denim ürün üretimindeki ağır şartların (yüksek sıcaklık, kimyasallar, ıslak ortam, mekanik etkiler vb.) olduğu süreçlere dayanıklı bir etiketin bulunabilmesi için kapsamlı bir araştırma gerçekleştirilmiş, araştırılan birçok RFID etiket arasından 10 tanesi seçilerek numune olarak getirtilmiş ve sadece bir tanesi başarılı performans gösterebilmiştir. Etiket ile ilgili araştırmalar dışında firmada yapılan saha analizi ve diğer araştırma çalışmaları sonrasında elde edilen bilgiler, belirlenen ihtiyaçlar, mevcut durumdaki firmadan, çevresinden ve teknolojiden kaynaklanabilecek kısıtlar dikkate alınarak tasarım çalışmalarına başlanmıştır. Yapılan ön testler sonrasında donanım ve gerekli yazılımın belirlendiği, yeni süreçlerin oluşturulduğu RFID tabanlı tasarım çözüm olarak geliştirilmiş, bu çözüm önerisinin ekonomik fizibilitesi sonucu yapılacak yatırımın öngörülen getiri oranının yeterince yüksek (2,13) olması sonucu tasarlanan

RFID sisteminin gerçeklenmesi aşamasına geçilmiştir. Gerçekleme aşamasında öncelikle ihtiyaç duyulan yazılım geliştirilmiştir. Daha sonrasında tasarlanan RFID sistemi pilot çalışmalar ile test edilmiştir. Pilot çalışmalar esnasında yazılımda dahil olmak üzere geliştirilen tasarımın birçok önemli eksiği fark edilerek düzeltmeler yapılmış ve Denim Village firmasının üretim süreçlerinde denim ürünlerin görülebilmesini ve izlenebilmesini sağlayacak olan RFID tabanlı sistem tüm sisteme yaygınlaştırılabilecek aşamaya getirilerek proje tamamlanmıştır. Pilot çalışma esnasında tasarım aşamasındaki çözümün birçok değişikliğe uğraması, RFID sistemlerinin geliştirildiği projelerde gerçekleme aşamasındaki pilot çalışmanın ne derece önemli olduğunu da göstermiştir.

Özetle, Denim Village firmasında yapılan uygulama çalışması ile denim ürün üretiminde, üretimdeki ürünlerin takibi için gerekli işgücünden yapılabilecek tasarruf açıkça gösterilmiş, ayrıca yapılan testlerden alınan yüksek performanslara göre açıklanamayan kayıp ürün oranlarında kayde değer bir iyileşme sağlanacağı tahmini öngörülmüştür. Uygulama çalışmasından çıkarılan bu sonuçlar ile literatürde bu konularda RFID'nin bahsedilen faydaları pekiştirilmiş, bu faydaların neticesinde maliyetlerde önemli iyileştirmeler sağlanacağı ve RFID teknolojisine yapılacak bir yatırımın benzer sistemlerde yüksek getiri oranlarına sahip olacağı ekonomik analizler ile gösterilmiştir. Bu uygulama çalışmasında geliştirilen RFID sisteminin tasarımı ve gerçeklenmesi için bu tezde önerilen yol haritası sistematik olarak takip edilmiş ve uygulama sonunda Denim Village firmasının ihtiyaçlarını istenilen şekilde karşılıyacak denim ürünlerin üretim süreçlerinde izlenebilmesini sağlayacak RFID tabanlı bir takip sistemi başarı ile geliştirilerek, tezde RFID sistemlerinin geliştirilmesi ve gerçeklenmesi için oluşturulan yol haritasının geçerliliği tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

Atav, R. (2013). 2012-2013 Denim Kumaşların Terbiye İşlemleri Ders Notları,Çorlu Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği. Tekirdağ, Çorlu.

Atlas RFID Solutions. (tarih yok). *rfid.atlasrfidstore.com/hs-fs/hub/300870/file-252314647-*. Mart 24, 2014 tarihinde www.atlasrfidstore.com: http://rfid.atlasrfidstore.com/hs-fs/hub/300870/file-252314647- adresinden alındı

Bhuptani, M., & Moradpour, S. (2005). M. Bhuptani, & S. Moradpour içinde, *RFID Field Guide: Deploying Radio Frequency Identification Systems.* Prentice Hall.

Dennis, A., Wixom, B. H., & Roth, R. M. (2012). *SYSTEM ANALYSIS AND DESIGN* (5 b.). Amerika: John Wiley & Sons, Inc.

Dobkin, D. M. (2008). History and Practice of RFID. D. M. Dobkin içinde, *The RF in RFID: Passive UHF RFID in Practice* (s. 7-49). Elsevier Inc.

Eyecioğlu, Ö. (2009). Sistem Analizi ve Tasarımı Ders Notları,Yıldız Teknik Üniversitesi. İstanbul, Beşiktaş. Temmuz 13, 2103 tarihinde Yıldız Teknik Üniversitesi web sitesi: http://www.yildiz.edu.tr/~oeyeci/drsDosya/sat/BTP209_SAT_d1.pdf adresinden alındı

Guoyu, L., & Zhenkai, W. (2011). Summarize of RFID Technology and Typical Application. *Regional Radio Science and Wireless Technology Conference* (s. 1032-1036). Cross Strait Quad.

Ilie-Zudor, E., Kemeny, Z., & Blommestein, F. v. (2011). A survey of applications and requirements of unique identification systems and RFID techniques. *Computers in Industry*(62), 227-252.

İstanbul Tekstil ve Konfeksiyon İhracatçı Birlikleri. (2011). *Türkiye'nin Denim Kumaş ve Konfeksyon Dış Ticareti 2011 ve Dünya Denim Pantolon Pazarına Bakış.* İstanbul.

Kamoun, F. (2009). RFID System Management:State-of-the Art and Open Research Issues. *IEEE TRANSACTIONS ON NETWORK AND SERVICE MANAGEMENT*(6).

Kasiri, N. (2010). A hybrid model for IT investment analysis: application to RFID adoption in the retail sector. Doktora tezi, Oklahoma State University.

Landt, J. (2005). The History of RFID. *IEEE Potentials*(24), pp. 8-11.

Lim, M. K., Bahr, W., & C.H.Leung, S. (2013). RFID in the warehouse : A literature analysis (1995–2010) of its applications, benefits, challenges and future trends. *Int. J.Production Economics*(145), pp. 409-430.

Modrak, V., Knuth, P., & Sebej, P. (2010). Adoption of RFID Technology in Warehouse Management. *International Conference, CENTERIS 2010 Proceedings, Part I* (s. 199-208). Viana do Castelo: Communications.

Ngai, E., Moon, K. K., Riggins, F. J., & Yi, C. Y. (2008). RFID research: An academic literature review (1995–2005) and future research directions. *Int. J. Production Economics*(112), pp. 510-520.

OTA Training. (2006, Temmuz). A System's Approach to RFID Implementation. Retrieved 2013, from Ota Training Web Sitesi.

Rekik, Y. (2006, Aralık 08). The Impact of the RFID Technology in Improving Performance of Inventory Systems subject to Inaccuracies. 21-40. Paris: ÉCOLE CENTRALE DES ARTS ET MANUFACTURES.

Sanghera, P. (2011). *RFID+ Study Guide and Practice Exams.* Rockland, MA, ABD: Syngress Publishing, Inc.

Suk, F., Ngai, E., & Lo, S. (2011). Development of an RFID-based sushi management system:The case of a conveyor-belt sushi restaurant. *Int. J. Production Economics*, 630-645.

Üstündağ, A. (2008). *RFID ve Tedarik Zinciri.* İstanbul: Sistem Yayıncılık.

Üstündağ, A., Çevikcan, E., & Kılınç, M. (2010). Fuzzy rule-based system for the economic analysis of RFID investments. Expert systems with applications. *Expert Syst Appl*(37), 5300–5306.

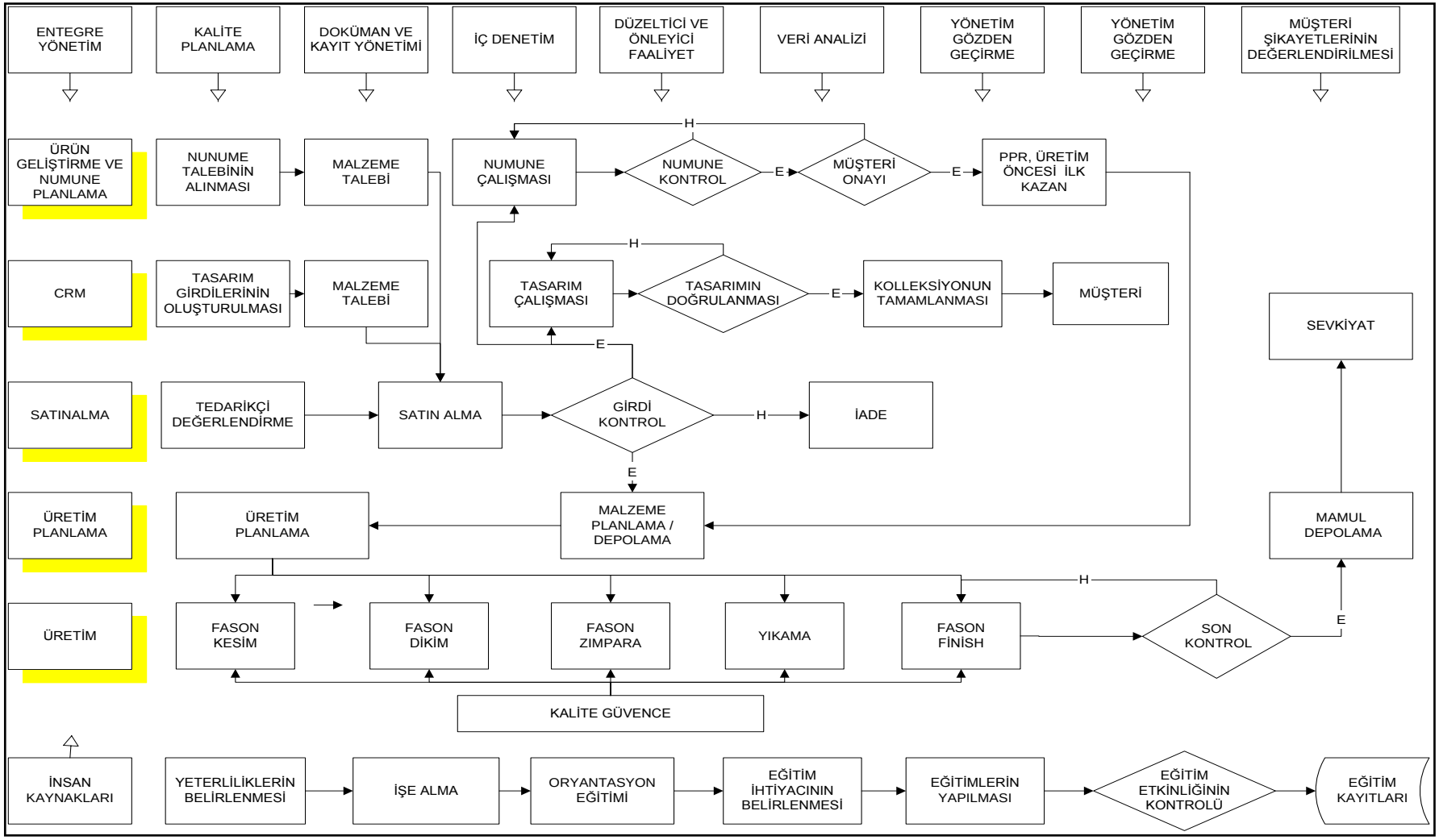
Zhu, X., Mukhopadhyay, S. K., & Kurata, H. (2012). A review of RFID technology and its managerial applications in different industries. *Journal of Engineering and Technology Management*(29), 152-167.

URL-1 . Alındığı tarih Aralık 14, 2013, Denimvillage web sitesi: http://www.denimvillage.com/main.html#

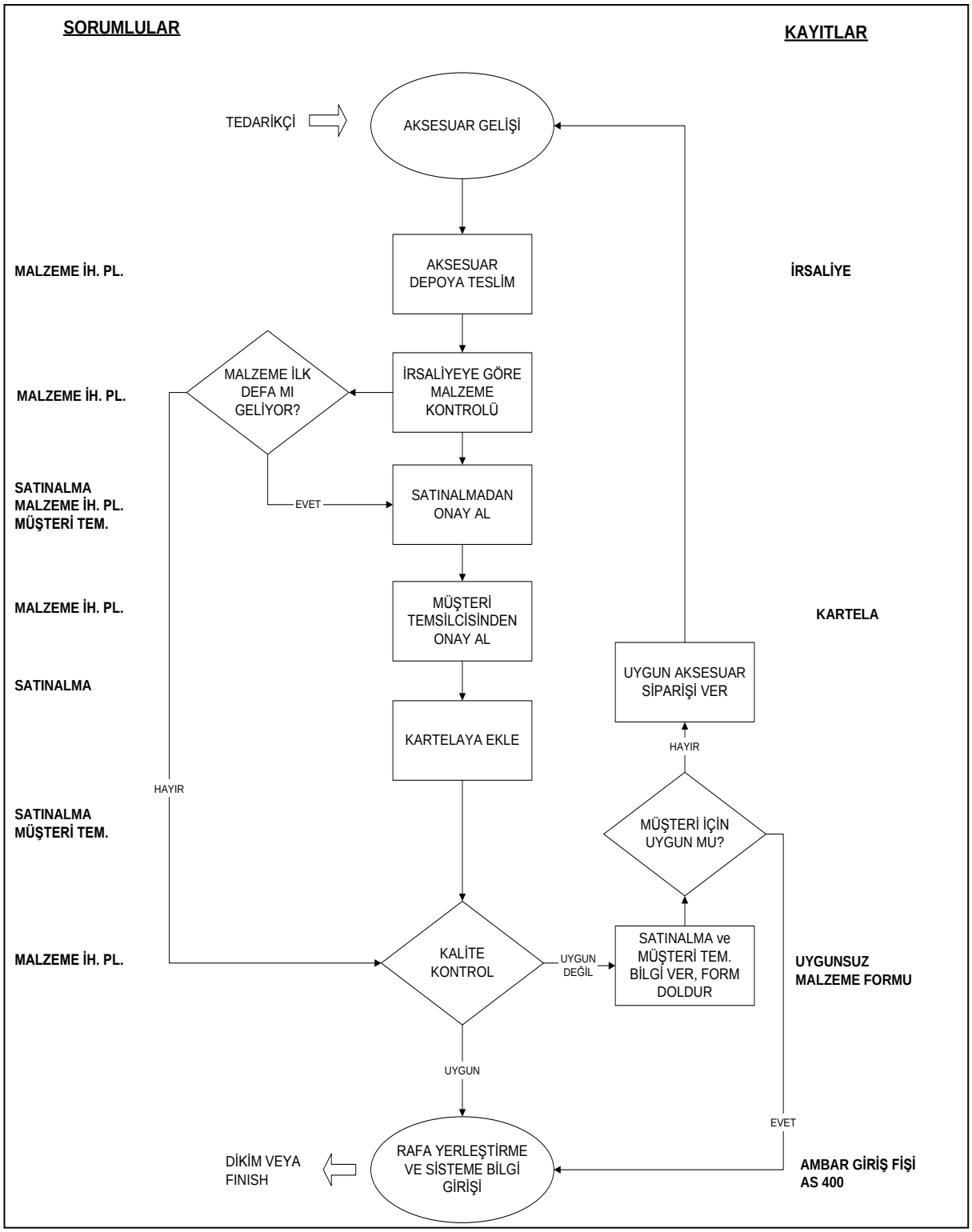
URL-2 *TÜRKİYE CUMHURİYET MERKEZ BANKASI KURLARI*. Alındığı tarih Ocak 20, 2013, Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası Sitesi: http://www.tcmb.gov.tr/kurlar/201301/15012013.html

EKLER

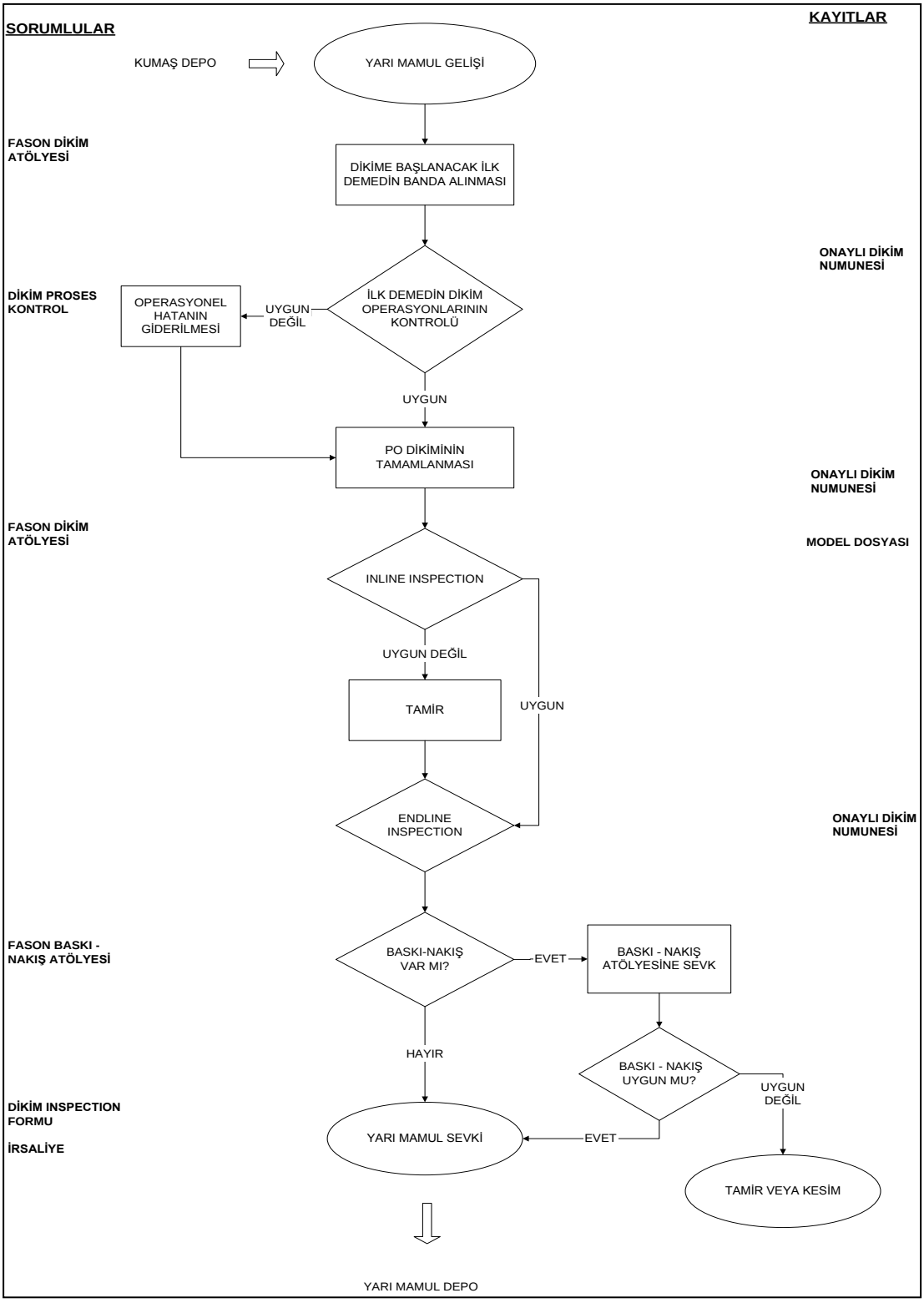
EK A: Süreç Diyagramları
EK B: Etiket Görselleri
EK C: RFID Etiketi dayanıklılık testi sonuçları
EK D: Yazılım arayüzleri



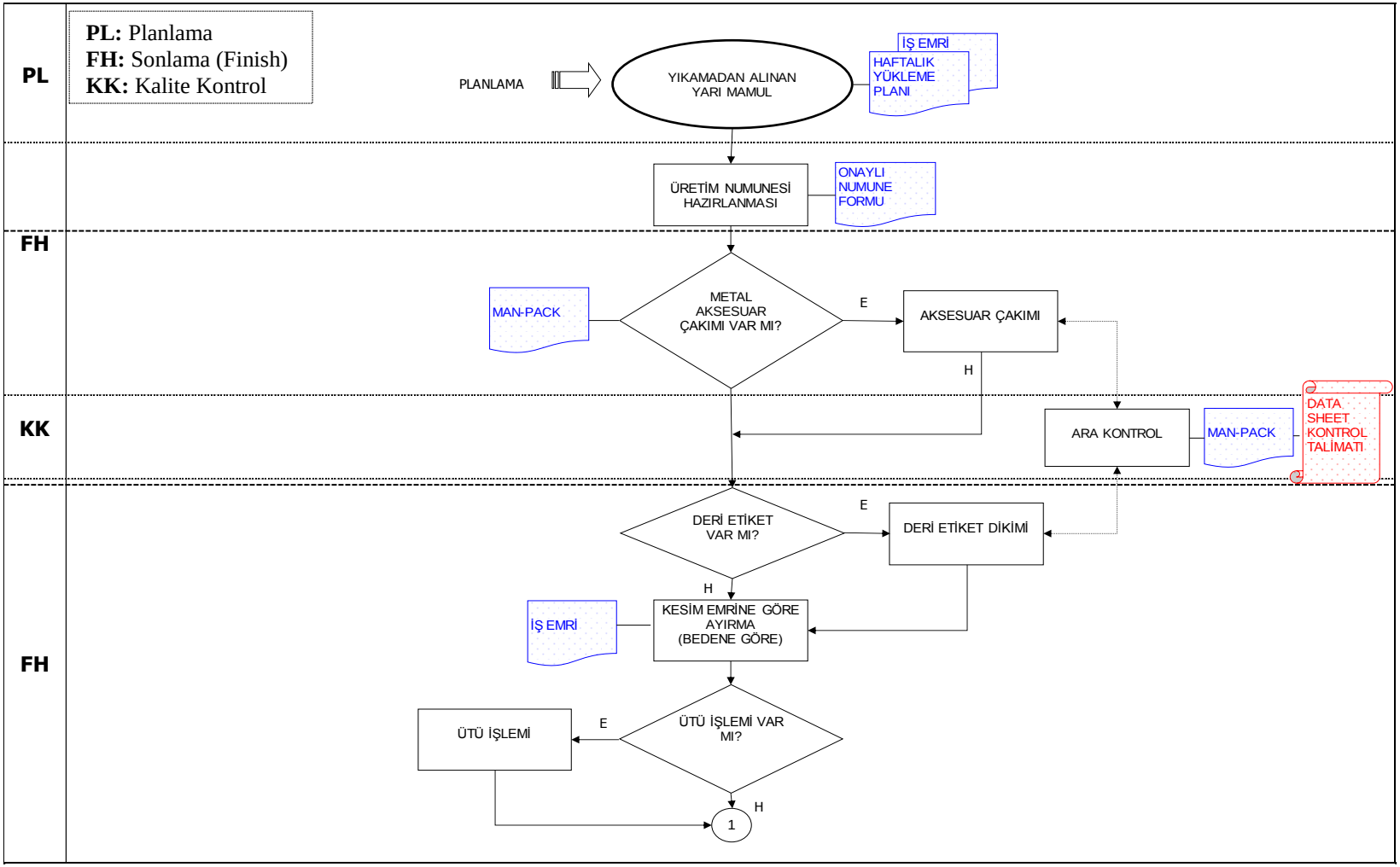
Ek A1: Fabrika Genel Süreç Şeması



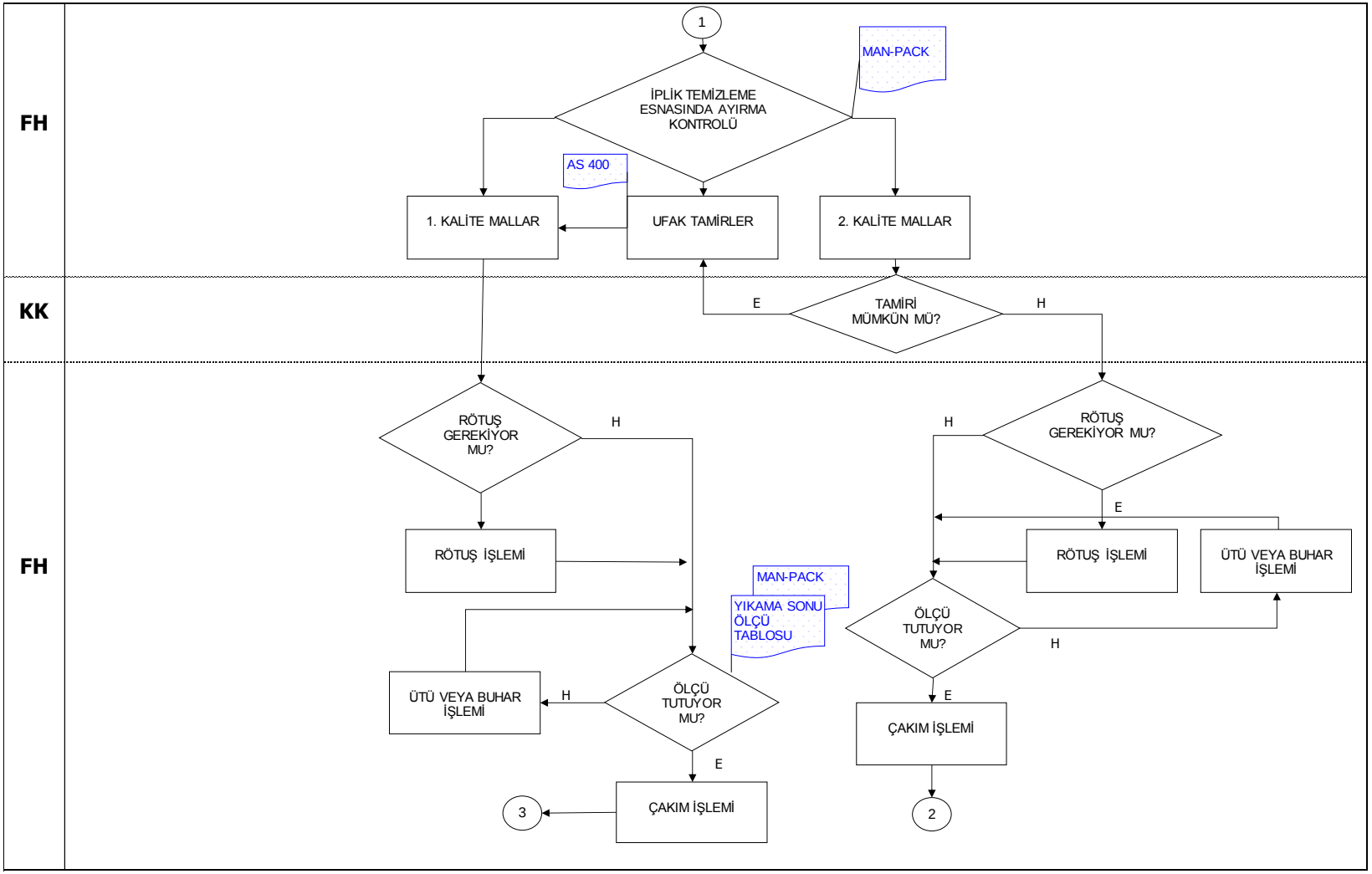
Ek A2: Aksesuar Girişi Süreç Şeması



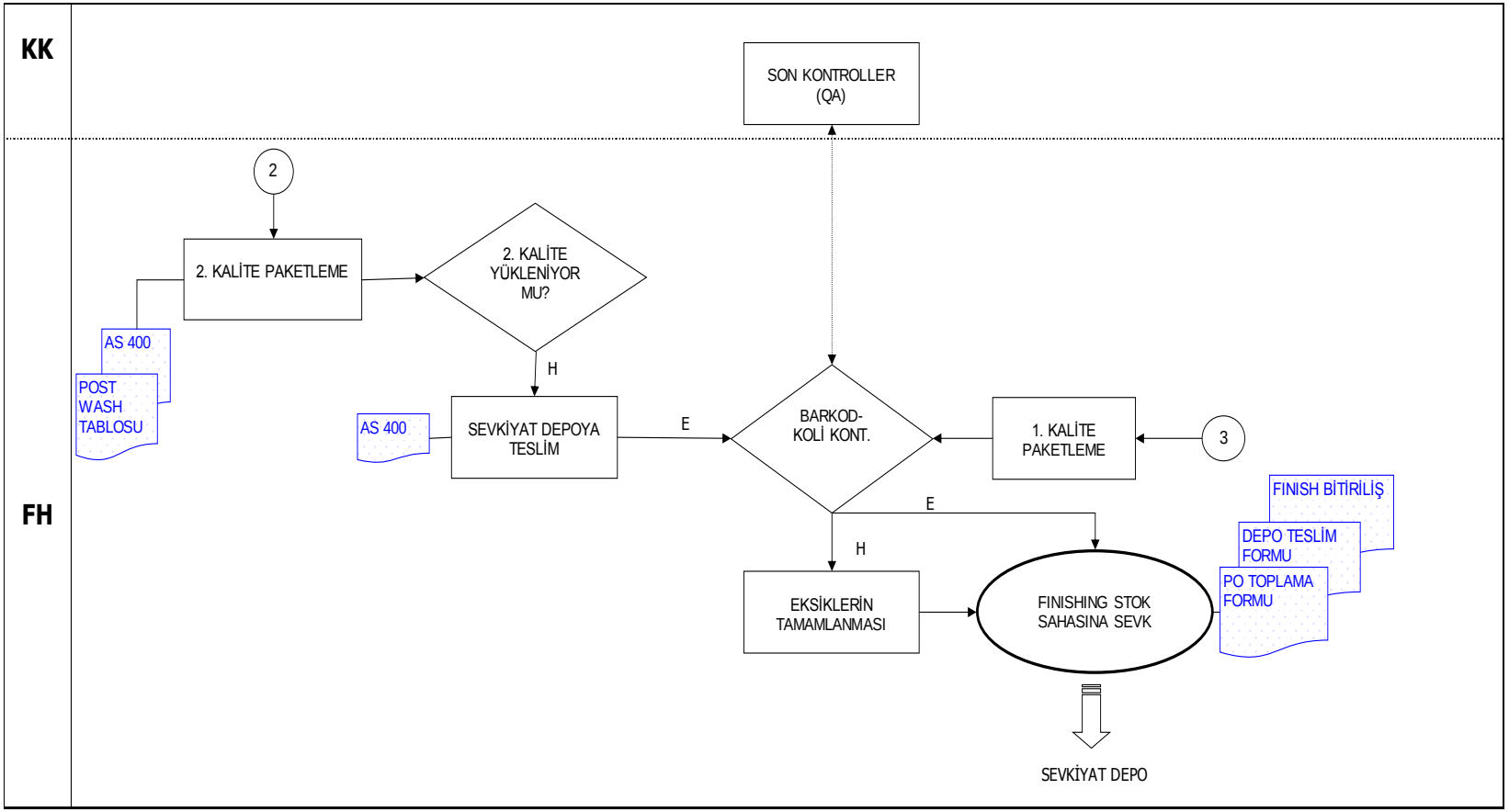
Ek A3: Dikim Süreç Şeması



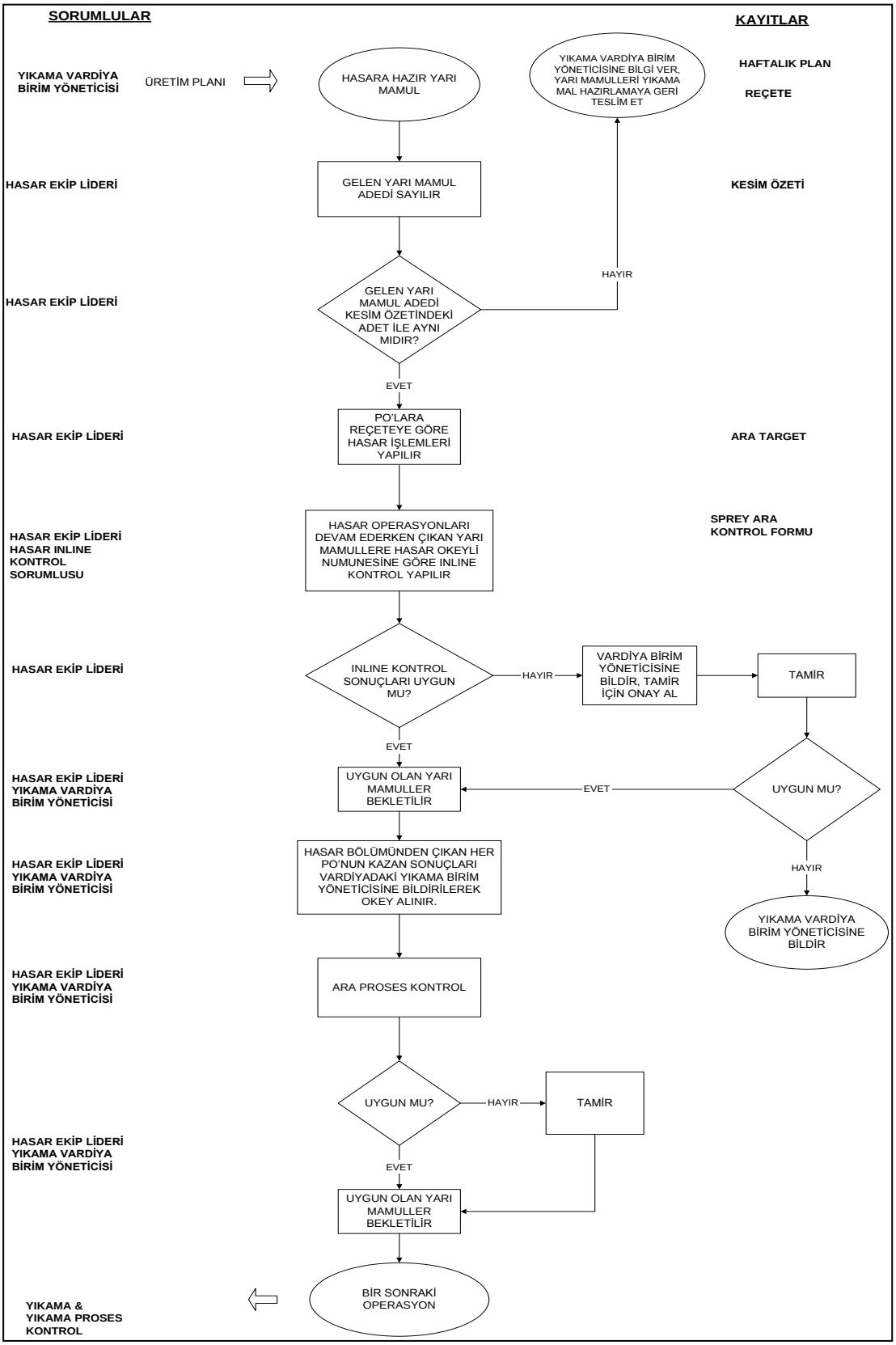
Ek A4: Sonlama Süreç Şeması



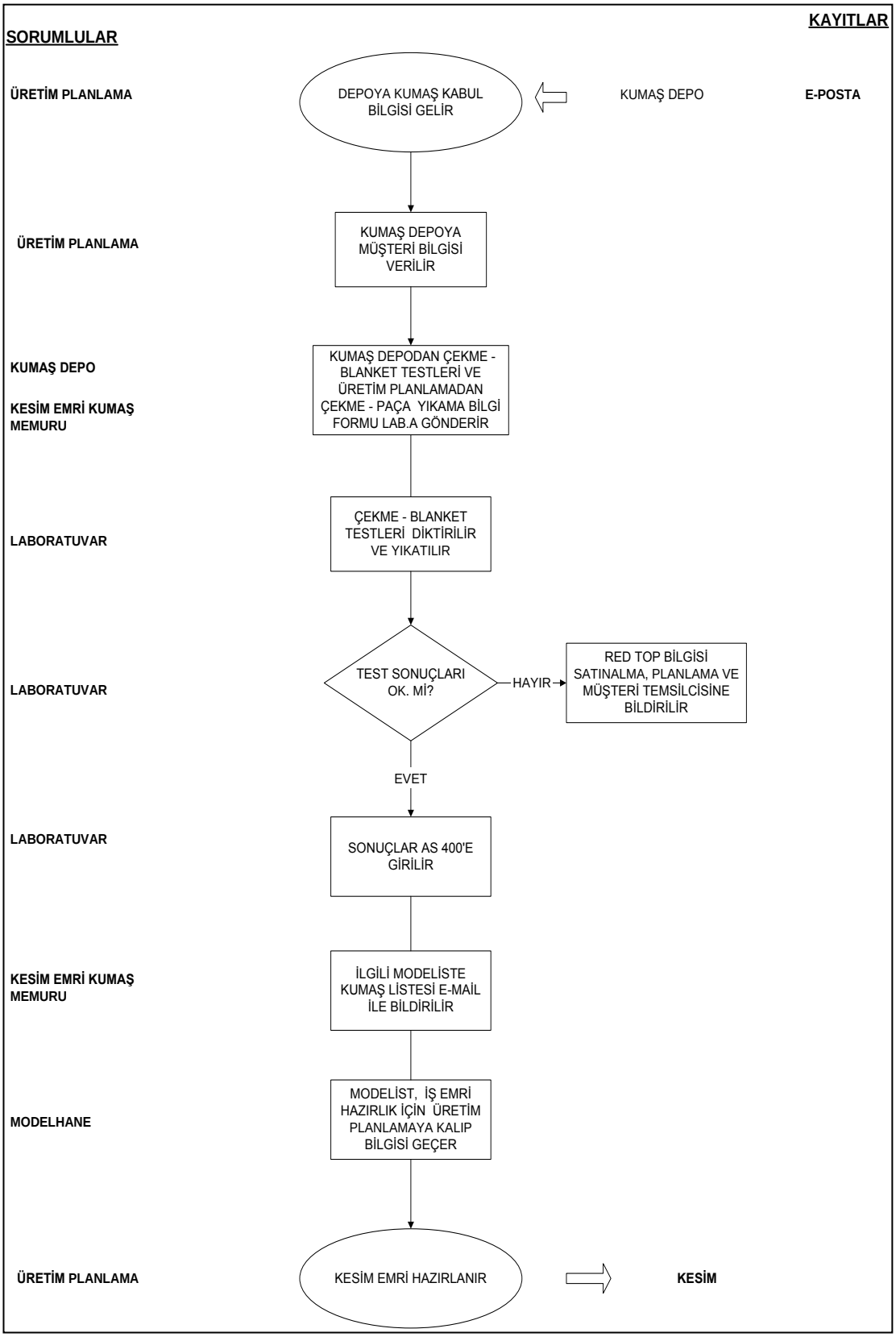
Ek A4: Sonlama Süreç Şeması (Devam)



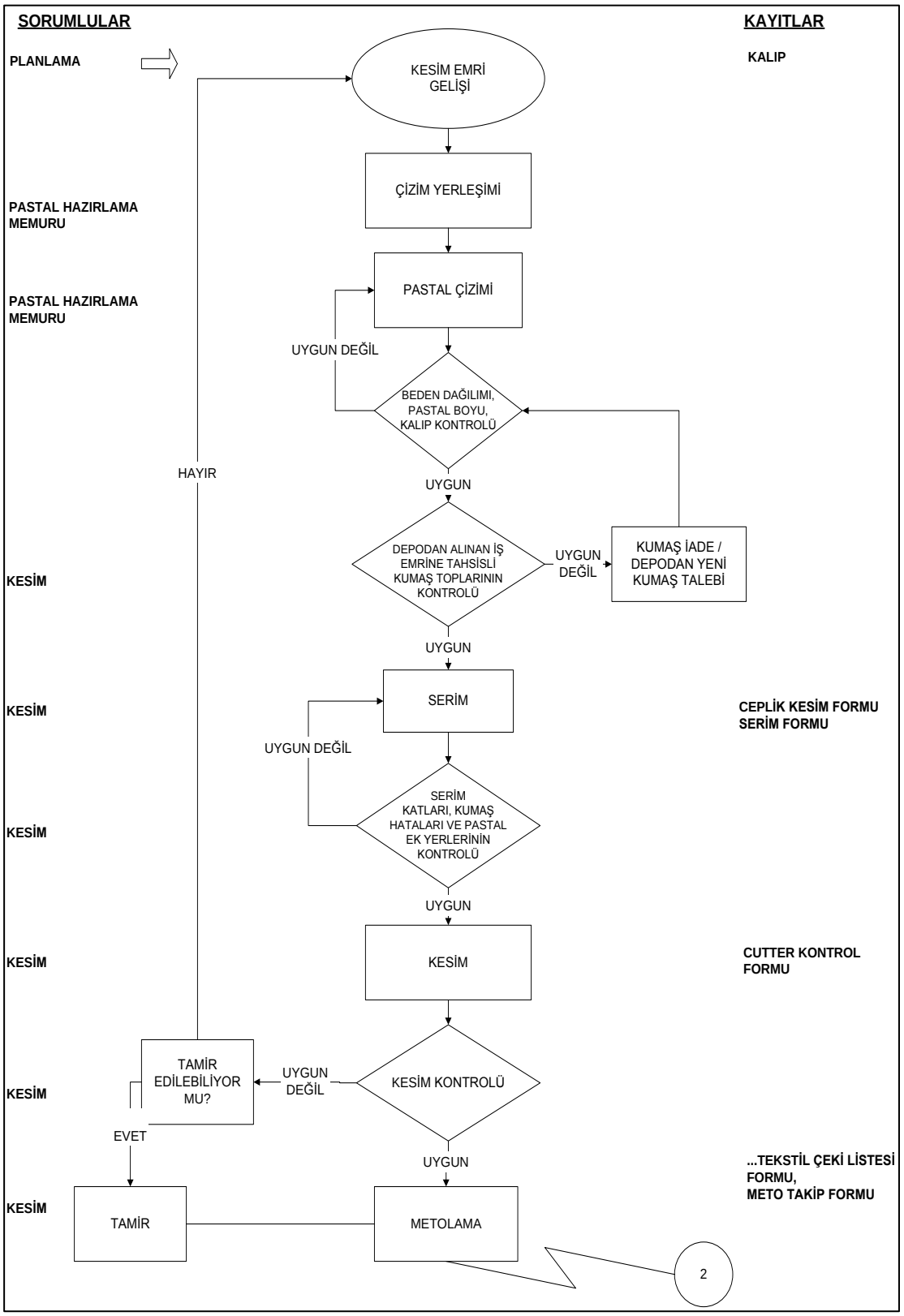
Ek A4: Sonlama Süreç Şeması (Devam)



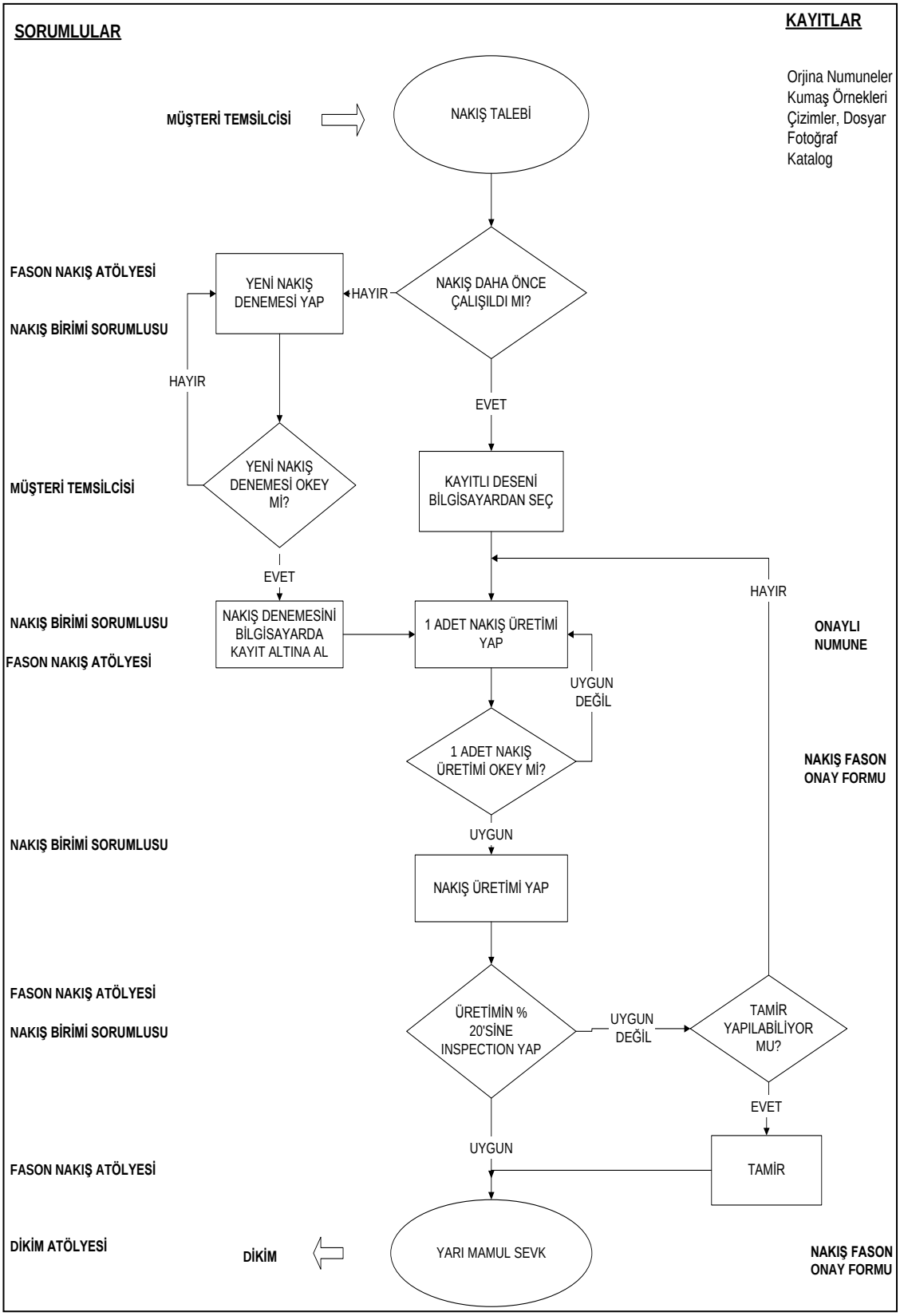
Ek A5: Hasar Süreç Şeması



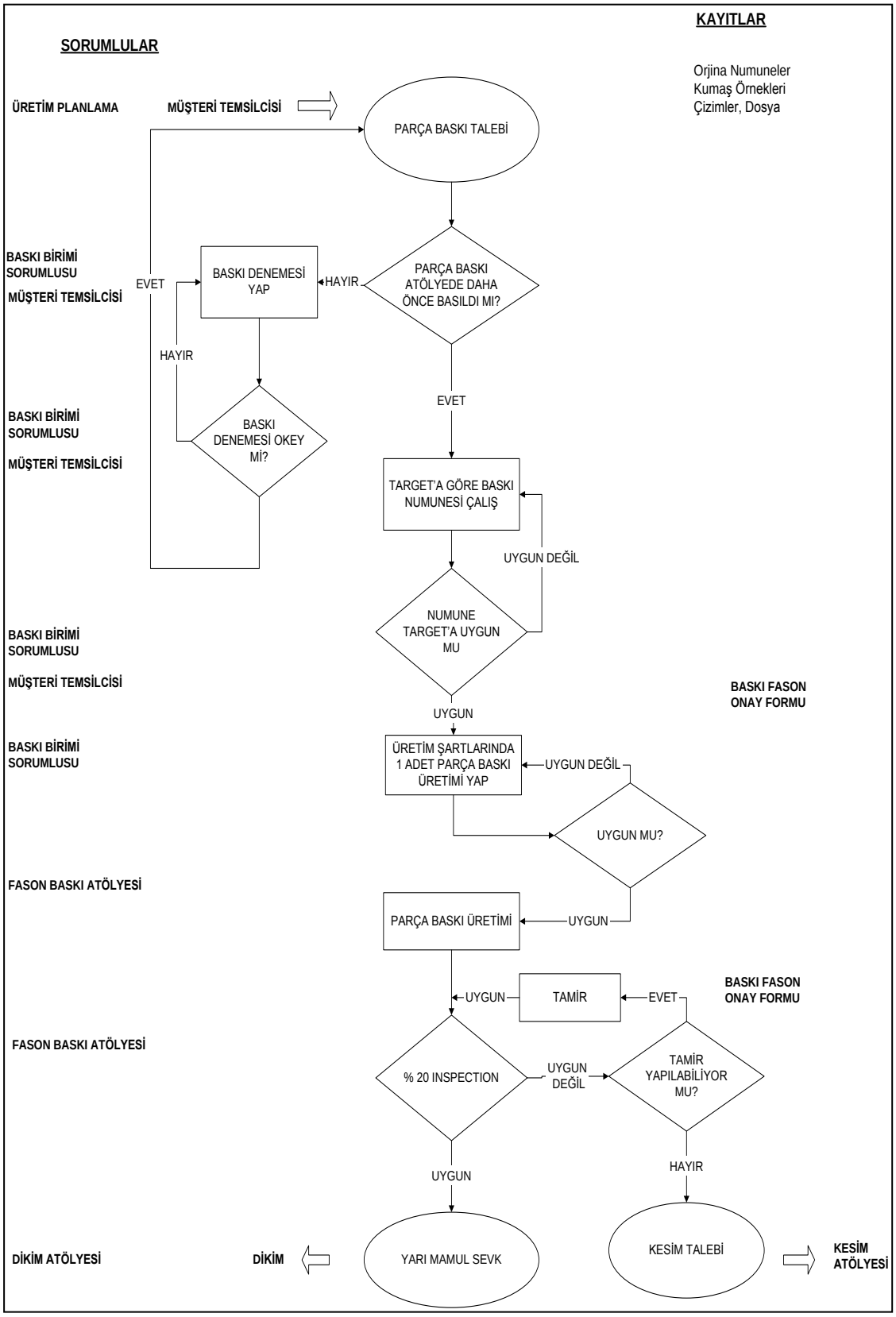
Ek A6: Kesim Ön Hazırlık Süreç Şeması



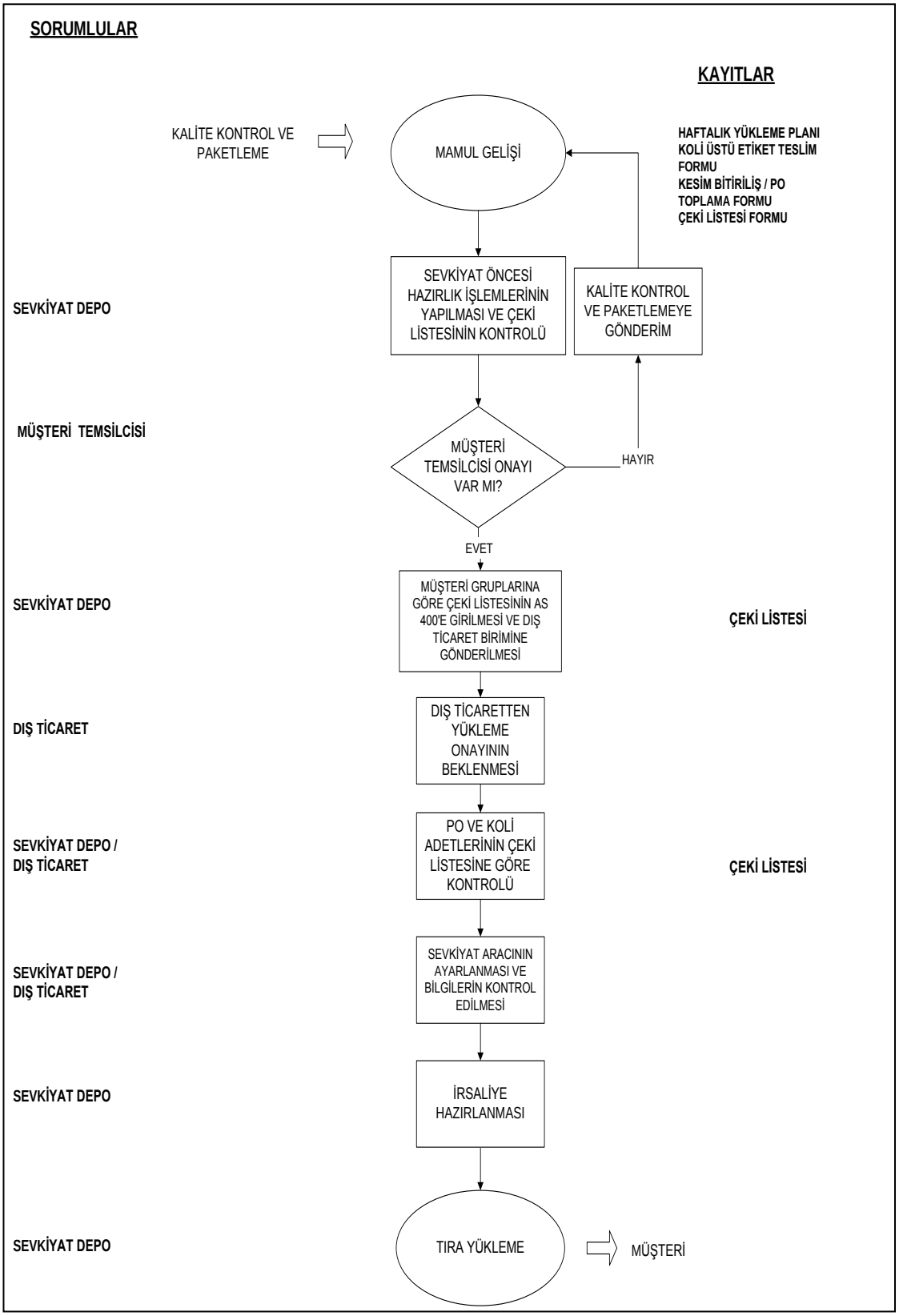
Ek A7: Kesim Süreç Şeması.



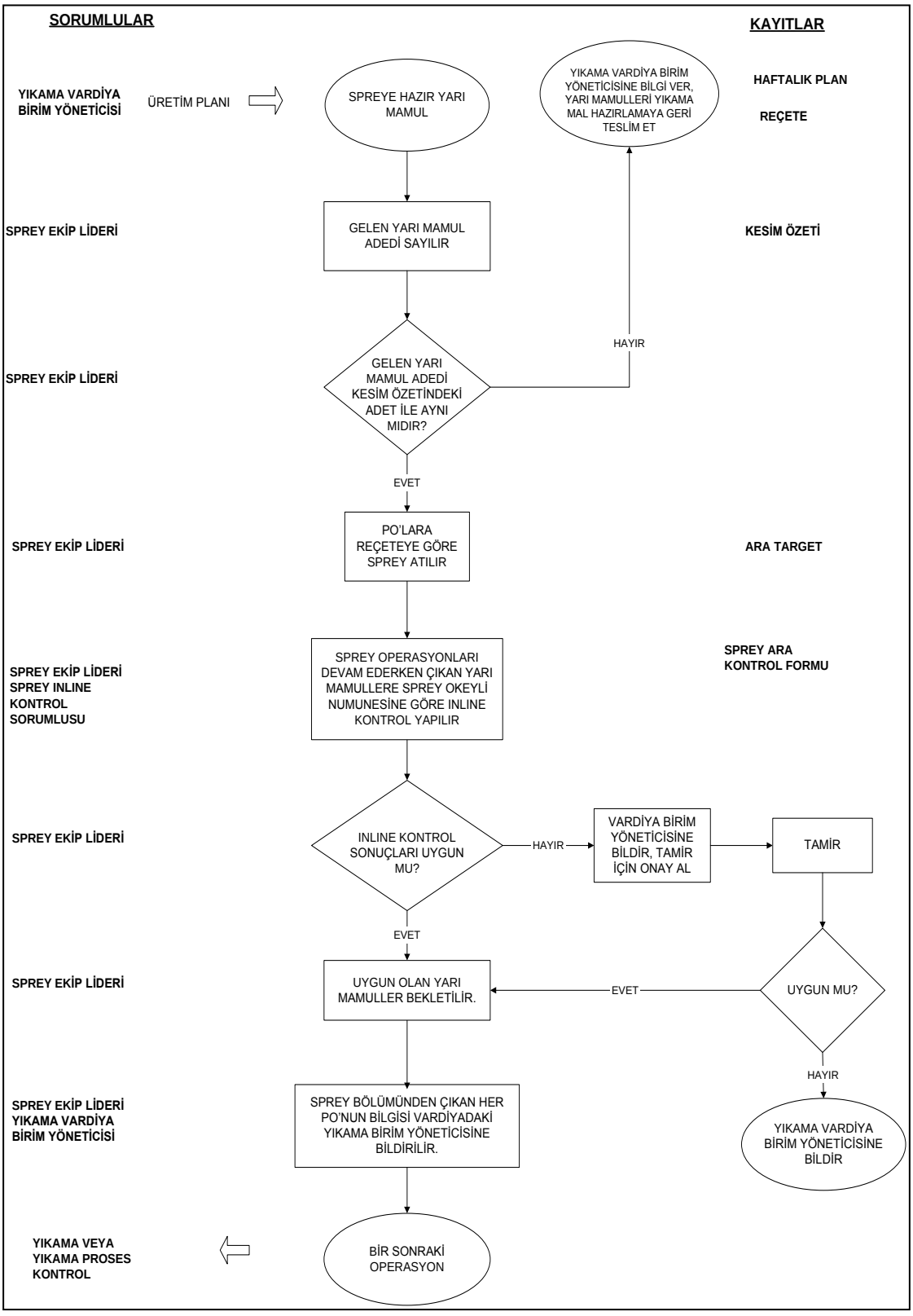
Ek A8: Nakış Süreç Şeması.



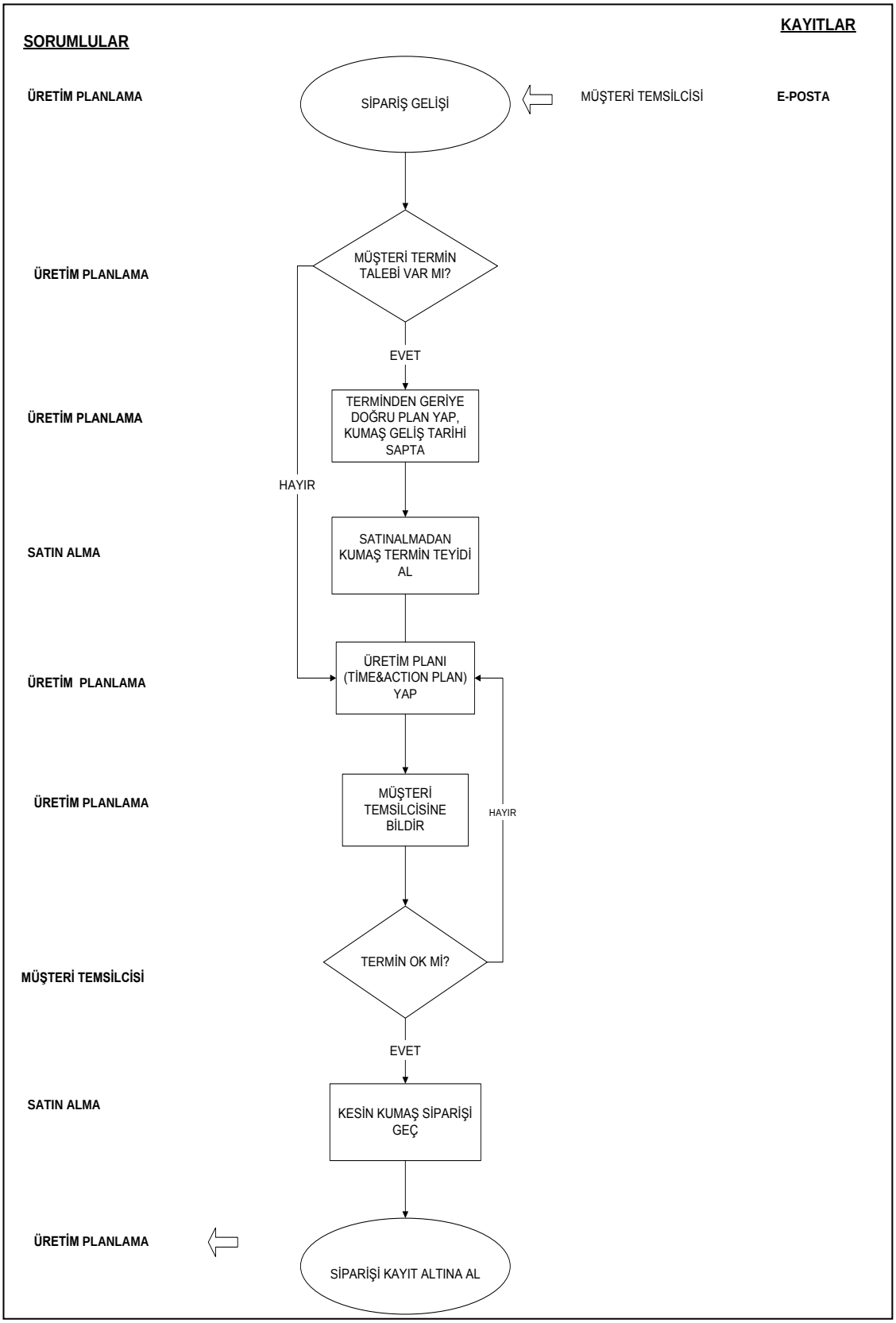
Ek A9: Parça Baskı Süreç Şeması.



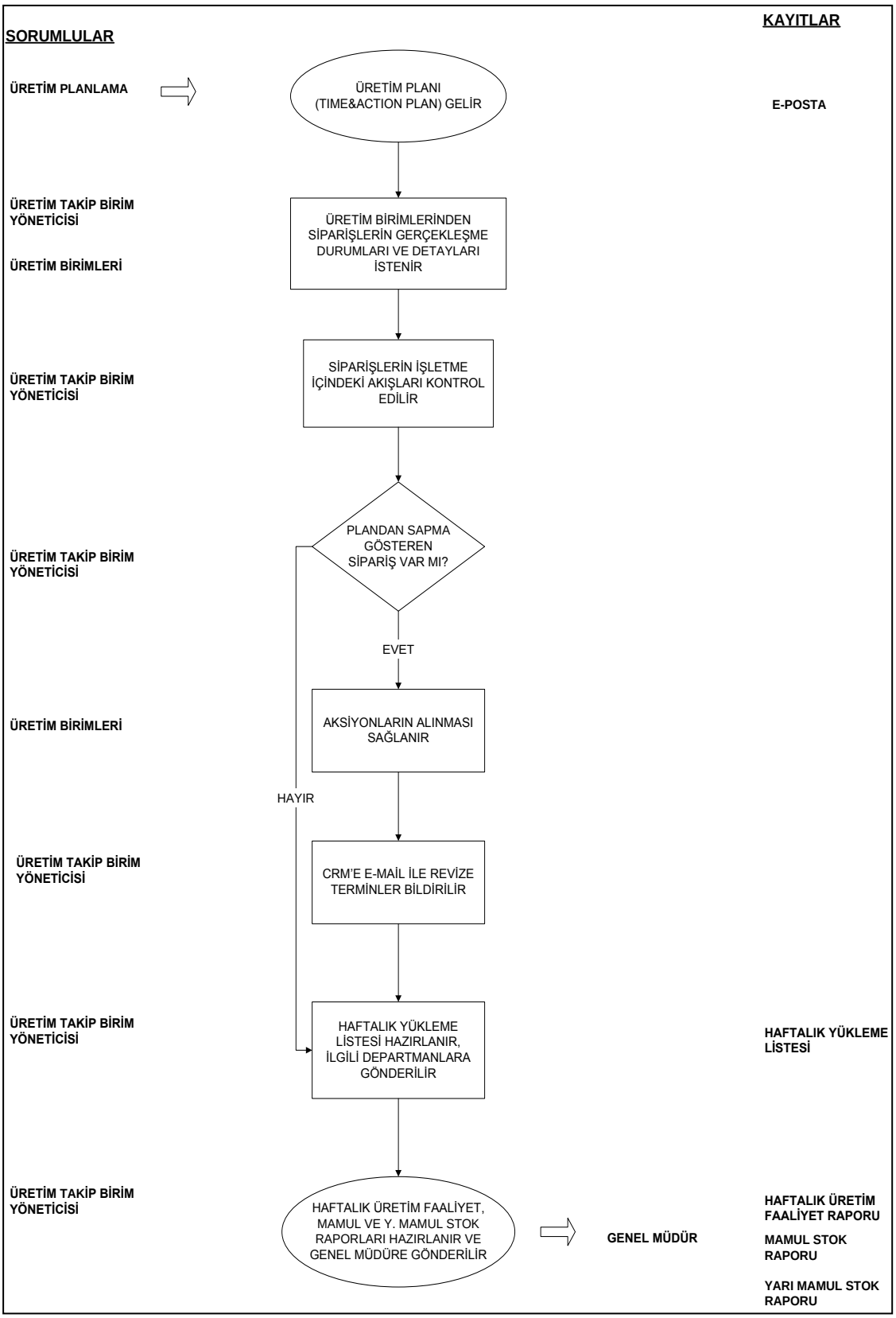
Ek A10: Sevkiyat Depo Süreç Şeması.



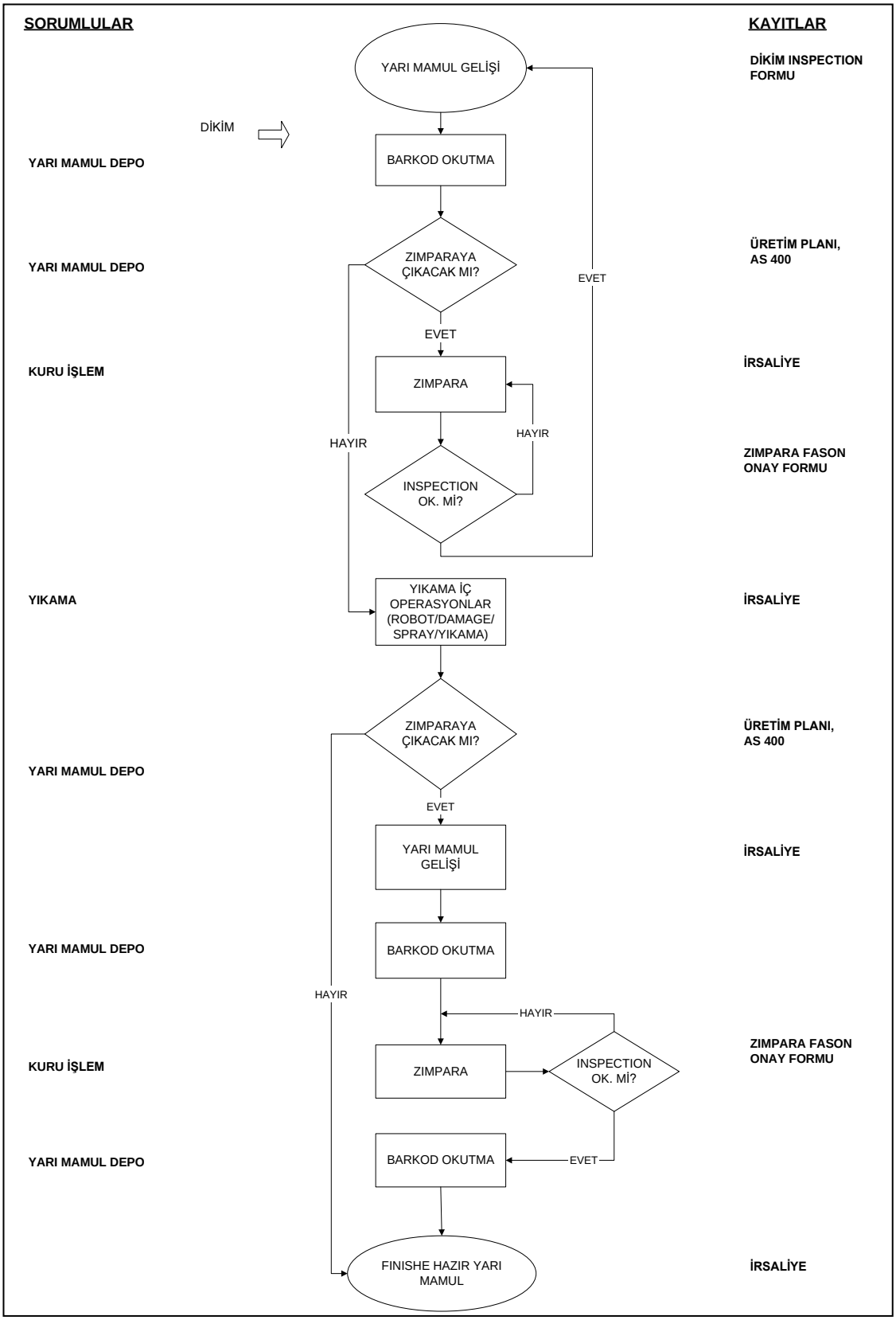
Ek A11: Sprey Süreç Şeması.



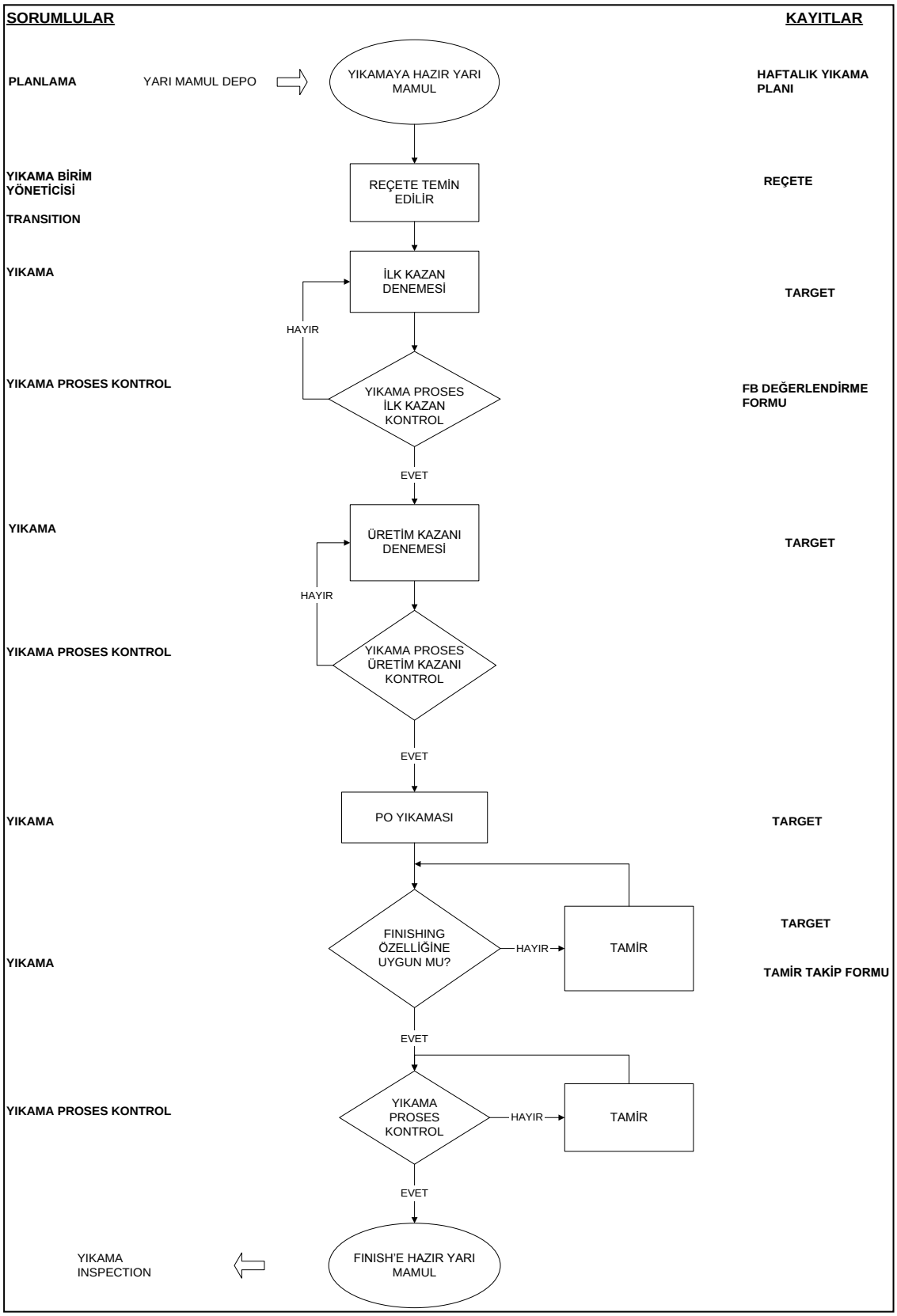
Ek A12: Üretim Planlama Süreç Şeması.



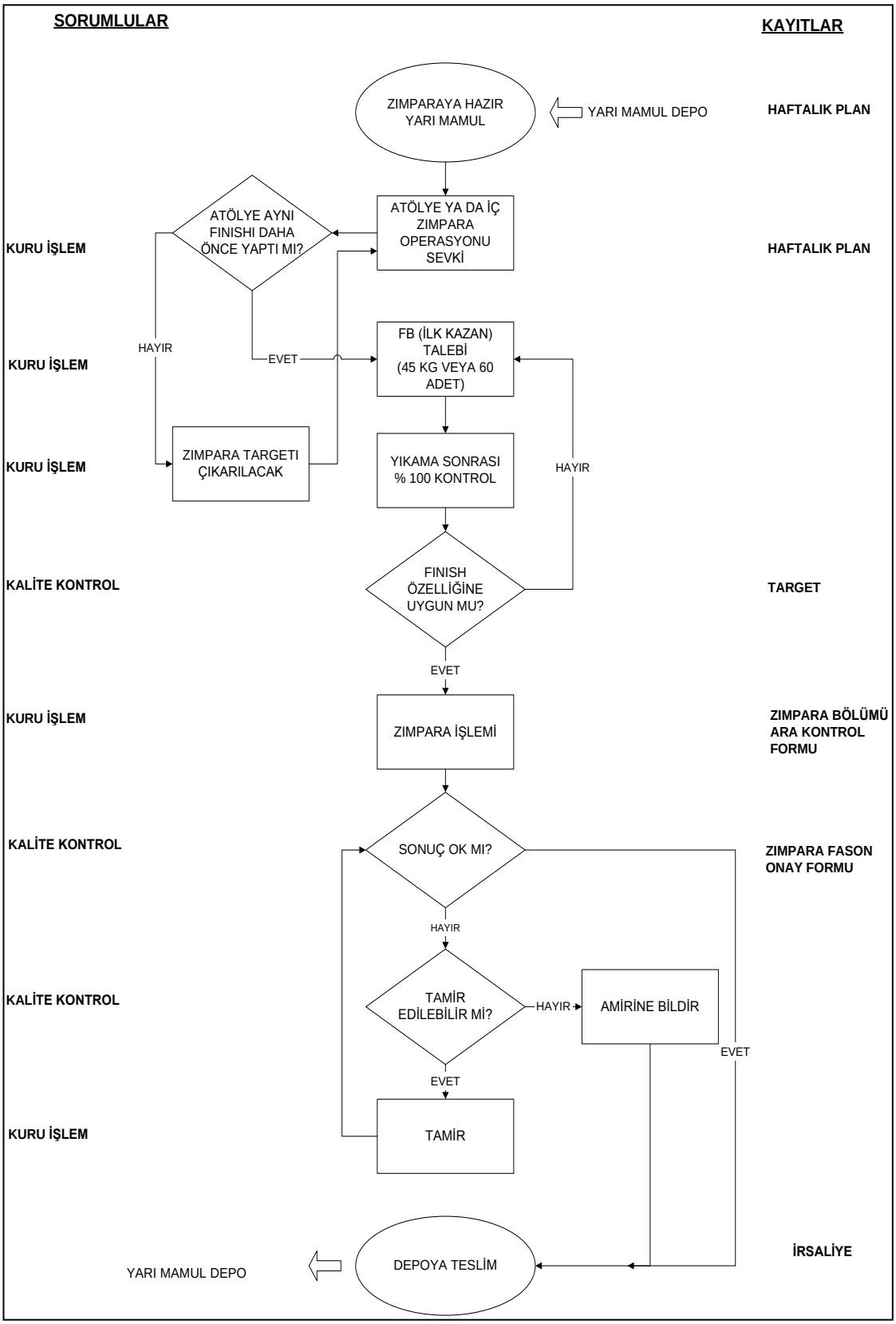
Ek A13: Üretim Takip Süreç Şeması.



Ek A14: Yarı Mamül Depo Süreç Şeması.



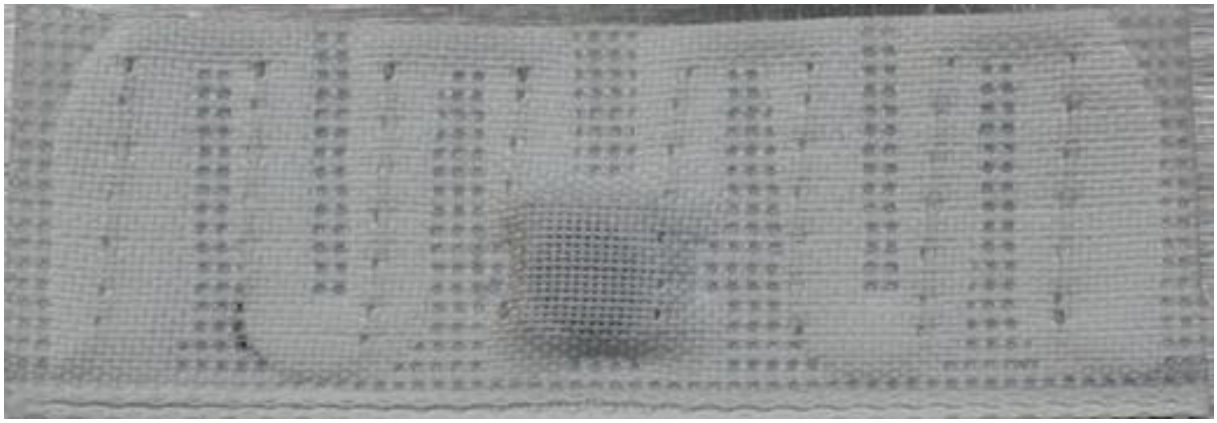
Ek A15: Yıkama Süreç Şeması.



Ek A16: Zımpara Süreç Şeması.



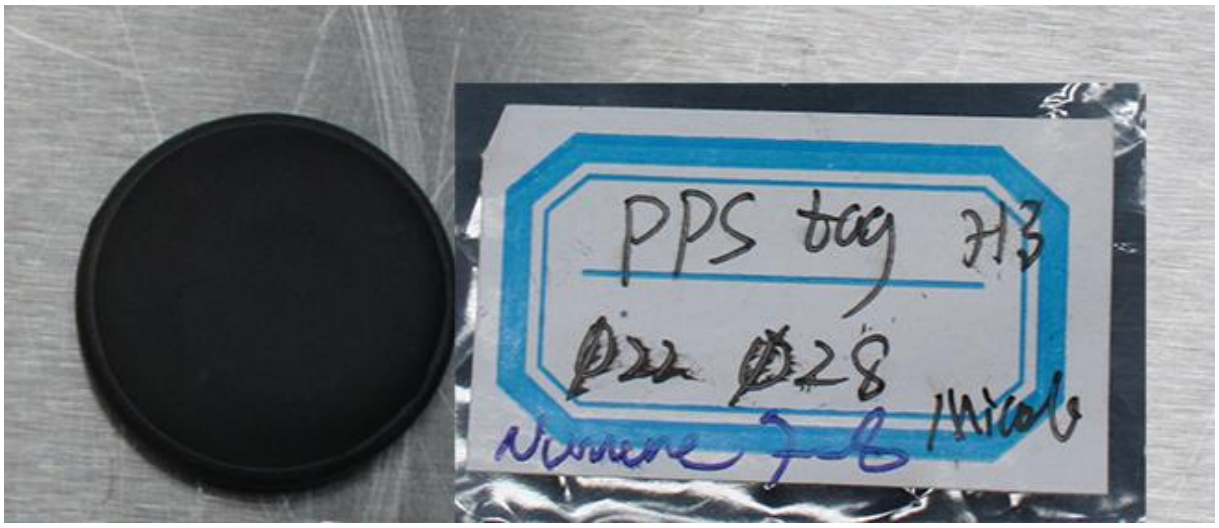
Ek B1: 1 Nolu RFID etiket



Ek B2: 5 Nolu RFID etiket



Ek B3: 6 Nolu RFID etiket



Ek B4: 7 Nolu RFID etiket



Ek B5: 8 Nolu RFID etiket



Ek B6: 9 Nolu RFID etiket

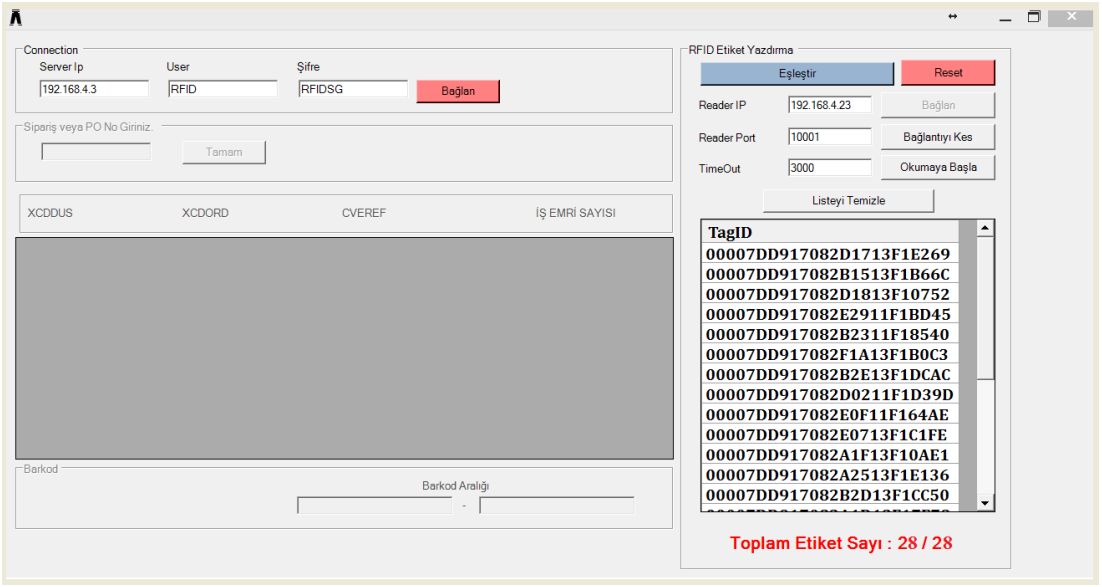
	RFID Etiket Testi			İşlem Sonrası Okuma Mesafesi													
	Çevrim NO		Etiket No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	AÇIKLAMA
			İşlem No														
	0	Tarih	Test Öncesi	3-	4+	0+	X	4-	2-	1+	1+	2+	1-	0+	4-		11:Denimvillage eski etiket, poşet içerisinde yıkama yaptırıldı.
1	**Reçete No 1 :** 1. Yıkama Dip resin sonu	3.6.2013	1	4-	4+	0+	X	4-	4-	0+	2-	2-	0+	0+	4-		
2	**Reçete No 1 :** 1. Yıkama Reçete sonu	4.6.2013	2	-	-	-	X	4-	2-	0+	0+	0+	1+	0+	4-		8 ve 11 de cep yırtıldı, 7 ve 10 da cepte yıpranma var. 1,2,3 öldü 10 da şekil bozuldu.
3	**Reçete No 1 (tekrar) :** 2. Yıkama Dip resin sonu	10.6.2013	1	-	-	-	X	4-	2+	0+	1+	0	X	0+	4-	3+	12 : Tekstil etiket poşet içerisinde yıkama yaptırıldı. 13: Intersource eski etiket, poşet içerisinde yıkama yaptırıldı.
4	**Reçete No 1 (tekrar):** 2. Yıkama Reçete sonu	11.6.2013	2	-	-	-	X	4-	2+	0+	1+	0+	X	0+	4-	3+	12 : Tekstil etiket poşet içerisinde yıkama yaptırıldı. 13: Denimvillage eski etiket, poşet içerisinde yıkama yaptırıldı.
5	**Reçete No 2 :** 1. Yıkama 1. Resin Sprey+Fırın Fixe sonu	12.6.2013	1	-	-	-	X	4-	2+	0+	1+	0	X	0	4-	1-	9 ve 11 de 3. reçetenin fırın fixesinden sonra hiç okumadı, öldü.
6	**Reçete No 2 :** 1. Yıkama Reçete sonu	14.6.2013	2	-	-	-	X	4-	2+	0	1+	X	X	X	4-	0	7, 11 ve 13 no.lu etiketler öldü. Geriye kalan 4 etiketle yıkamalar devam ediyor.
7	**Reçete No 2 (tekrar) :** 2. Yıkama Resin Sprey+Fırın Fixe sonu	14.6.2013	1	X	X	X	X	4-	2-	X	1-	X	X	X	4-	X	
8	**Reçete No 2 (tekrar):** 2. Yıkama Reçete sonu	17.6.2013	2	X	X	X	X	4-	1+	X	1	X	X	X	4-	X	
9	**Reçete No 3 :** 1.Hypo Şişe Çarptırması	18.6.2013	1	X	X	X	X	4-	2+	X	1-	X	X	X	4-	X	
10	**Reçete No 3 (tekrar) :** 2. Hypo Şişe çarptırması	25.6.2013	2	X	X	X	X	4-	3	X	1-	X	X	X	4-	X	
11	**Reçete No 4 :** Makine resin	26.6.2013	1	X	X	X	X	4-	1+	X	1+	X	X	X	4-	X	
12	**Reçete No 4 (tekrar) :** Makine resin	28.6.2013	2	X	X	X	X	4-	2-	X	1-	X	X	X	4-	X	
13	**Reçete No 5 :** Parça Boyama	4.7.2013	1	X	X	X	X	4-	0	X	1+	X	X	X	4-	0	6 no.lu etiket öldü. Geriye 5 ve 8 no.lu etiketler kaldı. 5 ve 12 no.lu etiketler aslında aynı etiket; tekstil eiket. Sadece kılıfları farklı. 5 no.lu etiket ceplik kumaşla kaplı tekstil etiket. 12 no.lu etiket naylon kılıfla kaplı tekstil etiket.
14	**Reçete No 5 : (tekrar)** Parça Boyama	5.7.2013	2	X	X	X	X	4-	X	X	1+	X	X	X	4-	X	
15	**Reçete No 6 :** Ağartma	8.7.2013	1	X	X	X	X	4-	X	X	3-	X	X	X	4-	X	
16	**Reçete No 6 :** Ağartma	23.8.2013	2	X	X	X	X	4-	X	X	1-	X	X	X	4-	X	
17	**Reçete No 7 :** Kar Yıkama	27.8.2013	1	X	X	X	X	4-	X	X	1+	X	X	X	4-	X	
18	**Reçete No 7 :** Kar Yıkama	27.8.2013	2	X	X	X	X	4-	X	X	1-	X	X	X	4-	X	
19	**Reçete No 8 : Sky Bleach**	28.8.2013	1	X	X	X	X	4-	X	X	1-	X	X	X	4-	X	8 no.lu etiket 19. yıkama sonrası öldü.
20	**Reçete No 8 : Sky Bleach**	28.8.2013	2	X	X	X	X	4-	X	X	0	X	X	X	4-	X	
21	**Reçete No : 9 HI White Boyama**	29.8.2013	1	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	
22	**Reçete No : 9 HI White Boyama**	29.8.2013	2	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	
23	**Reçete No : 10 Şişe çarptırma**	2.9.2013	1	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	
24	**Reçete No : 10 Şişe çarptırma**	3.9.2013	2	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	
25	**Reçete No : 11 Sülfür Boyama**	3.9.2013	1	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	
26	**Reçete No : 11 Sülfür Boyama**	4.9.2013	2	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	

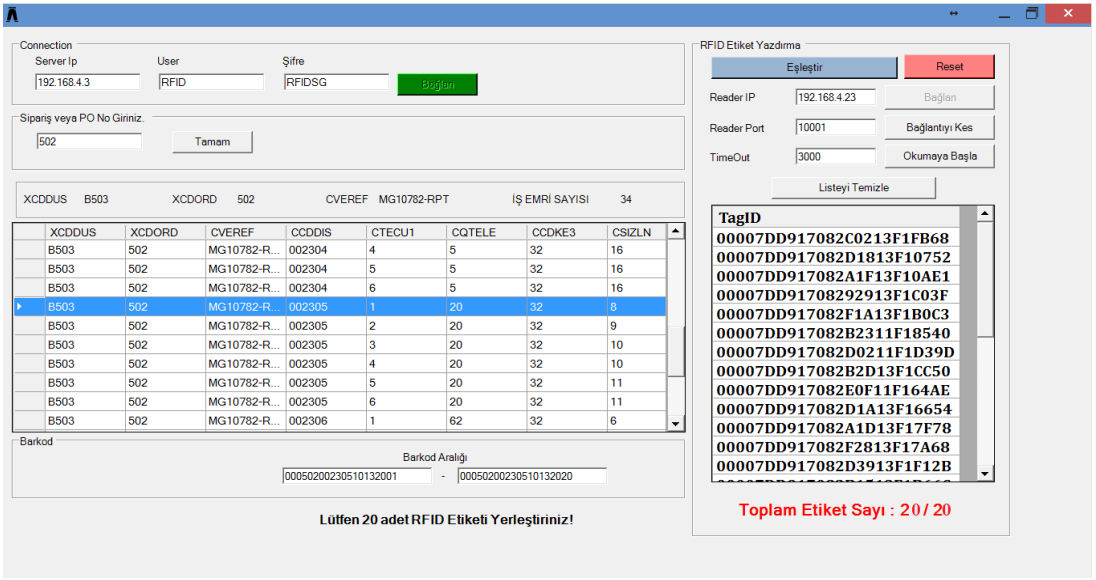
Ek C: RFID Etiketi dayanıklılık testi.

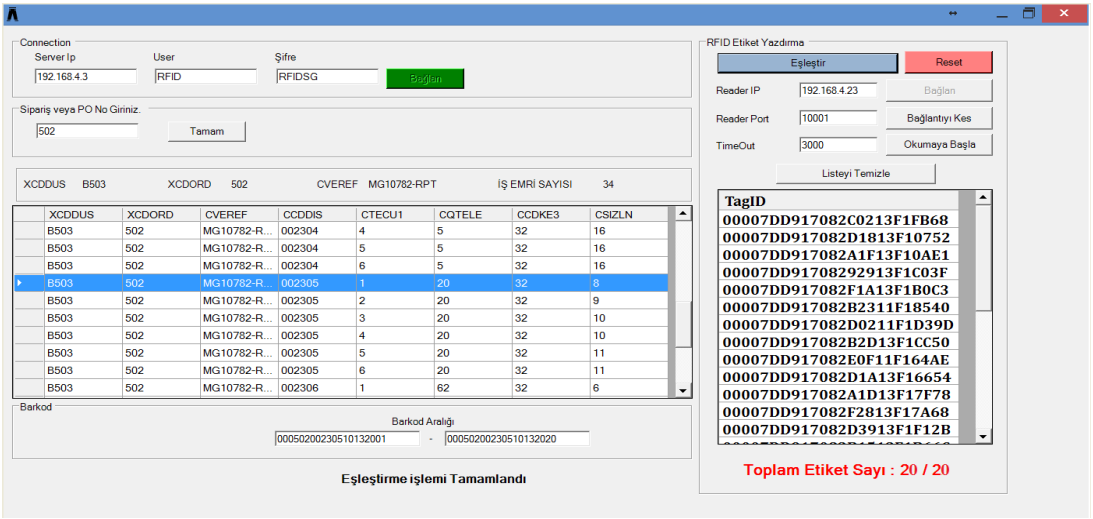
	RFID Etiket Testi			İşlem Sonrası Okuma Mesafesi													
	Çevrim NO		Etiket No / İşlem No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	AÇIKLAMA
	0	Tarih	Test Öncesi	3-	4+	0+	X	4-	2-	1+	1+	2+	1-	0+	4-		11:Denimvillage eski etiket, poşet içerisinde yıkama yaptırıldı.
27	**Reçete No : 12 H&M Sandy Bay**	5.9.2013	1	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	
28	**Reçete No : 12 H&M Sandy Bay**	5.9.2013	2	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	
29	**Reçete No : 13 Rinse**	6.9.2013	1	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	
30	**Reçete No : 13 Rinse**	6.9.2013	2	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	
31	**Reçete No 1** Dip resin sonu	7.9.2013	1	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	
32	**Reçete No 1** Reçete sonu	7.9.2013	2	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	
33	**Reçete No 2 :** 1. Resin Sprey+Fırın Fixe sonu	8.9.2013	1	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	
34	**Reçete No 2 :** Reçete sonu	8.9.2013	2	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	
35	**Reçete No 2** Resin Sprey+Fırın Fixe sonu	9.9.2013	1	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	
36	**Reçete No 2** Reçete sonu	9.9.2013	2	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	
37	**Reçete No 3 :** 1.Hypo Şişe Çarptırması	10.9.2013	1	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	
38	**Reçete No 3** 2. Hypo Şişe çarptırması	10.9.2013	2	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	
39	**Reçete No 4 :** Makine resin	11.9.2013	1	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	
40	**Reçete No 4** Makine resin	11.9.2013	2	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	
41	**Reçete No 5 :** Parça Boyama	12.9.2013	1	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	
42	**Reçete No 5 :** Parça Boyama	12.9.2013	2	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	
43	**Reçete No : 9 HI White Boyama**	13.9.2013	1	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	
44	**Reçete No : 9 HI White Boyama**	13.9.2013	2	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	
45	**Reçete No : 10 Şişe çarptırma**	14.9.2013	1	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	
46	**Reçete No : 10 Şişe çarptırma**	14.9.2013	2	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	
47	**Reçete No : 11 Sülfür Boyama**	15.9.2013	1	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	
48	**Reçete No : 11 Sülfür Boyama**	15.9.2013	2	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	
49	**Reçete No : 12 H&M Sandy Bay**	16.9.2013	1	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	
50	**Reçete No : 12 H&M Sandy Bay**	16.9.2013	2	X	X	X	X	4-	X	X	X	X	X	X	4-	X	50. yıkama sonunda 5 ve 12 nolu etiketler süreçlere dayandı, dayanıklılık testleri bitirilmiştir

Ek C: RFID Etiketi dayanıklılık testi(Devam).

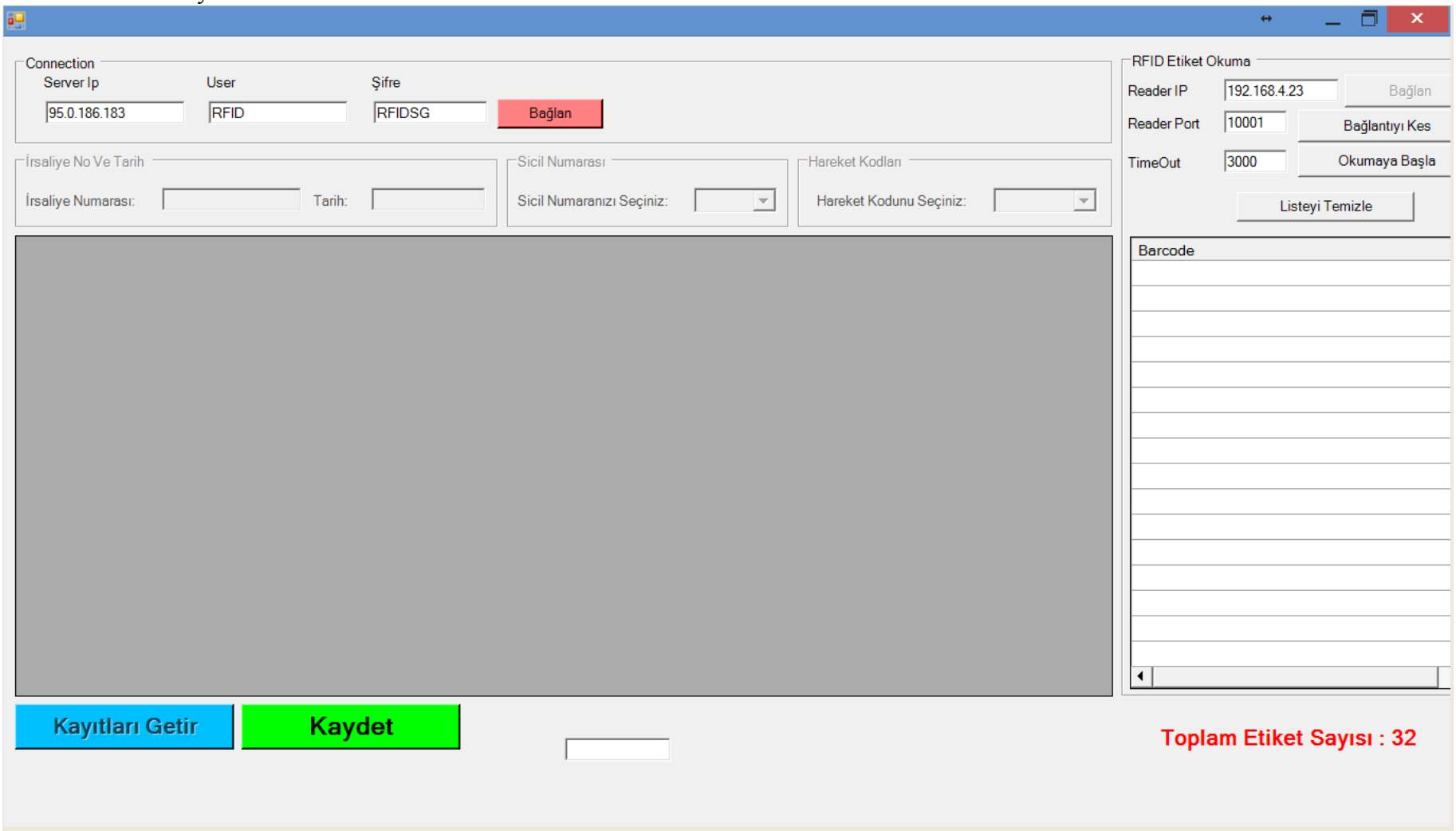
Ek D1 modül 1 arayüzleri



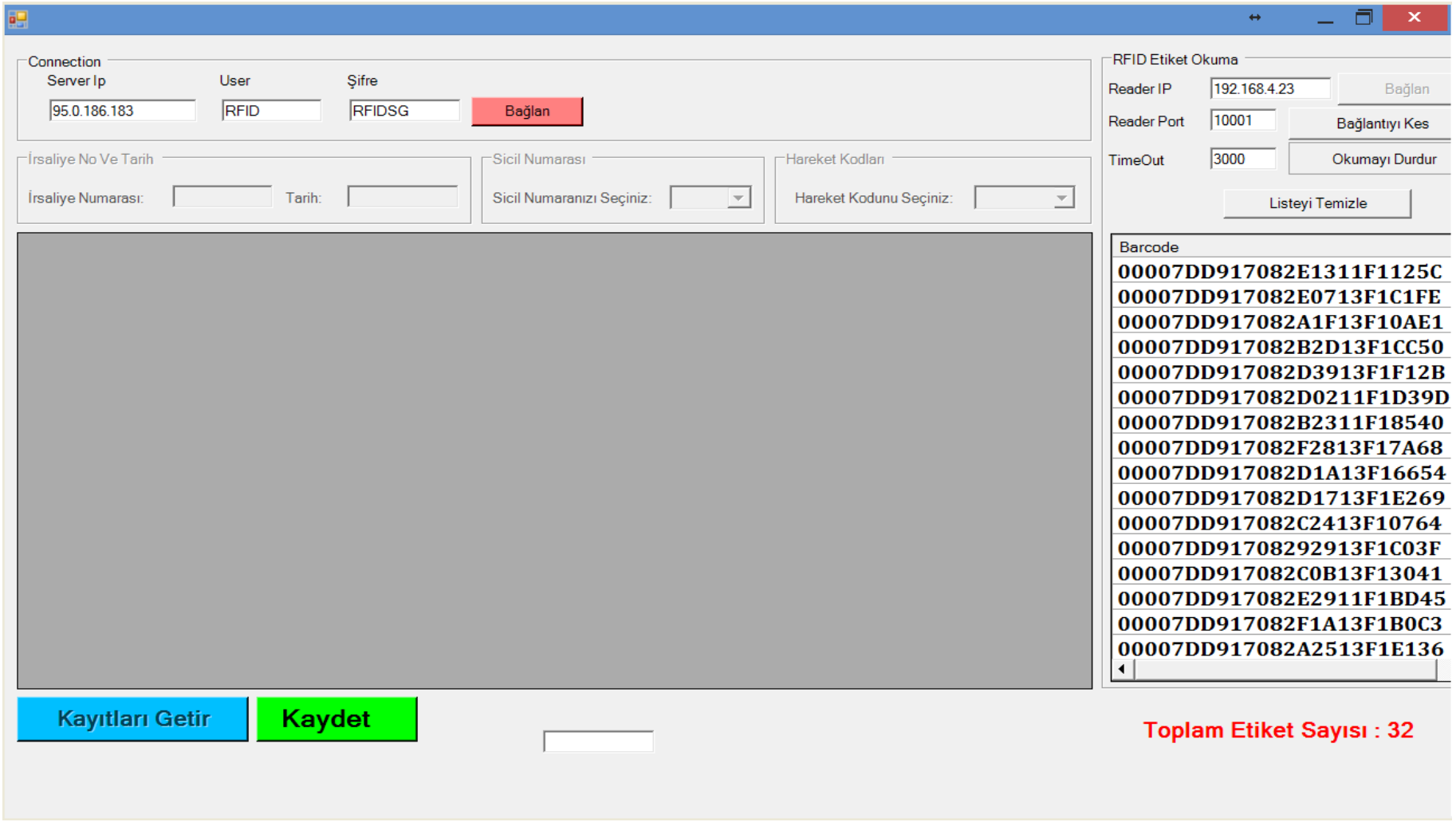




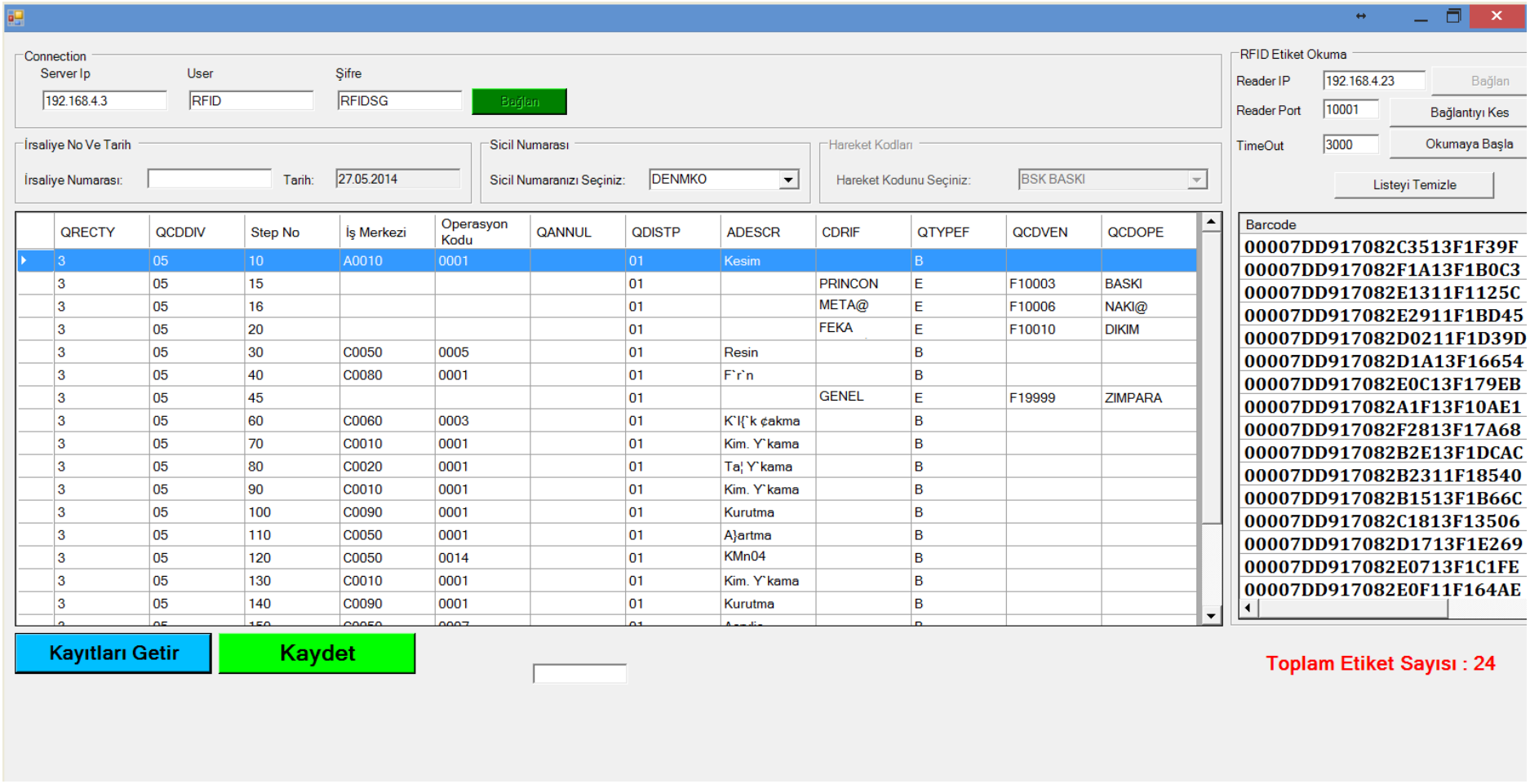
Ek D2 modül 2 arayüzleri



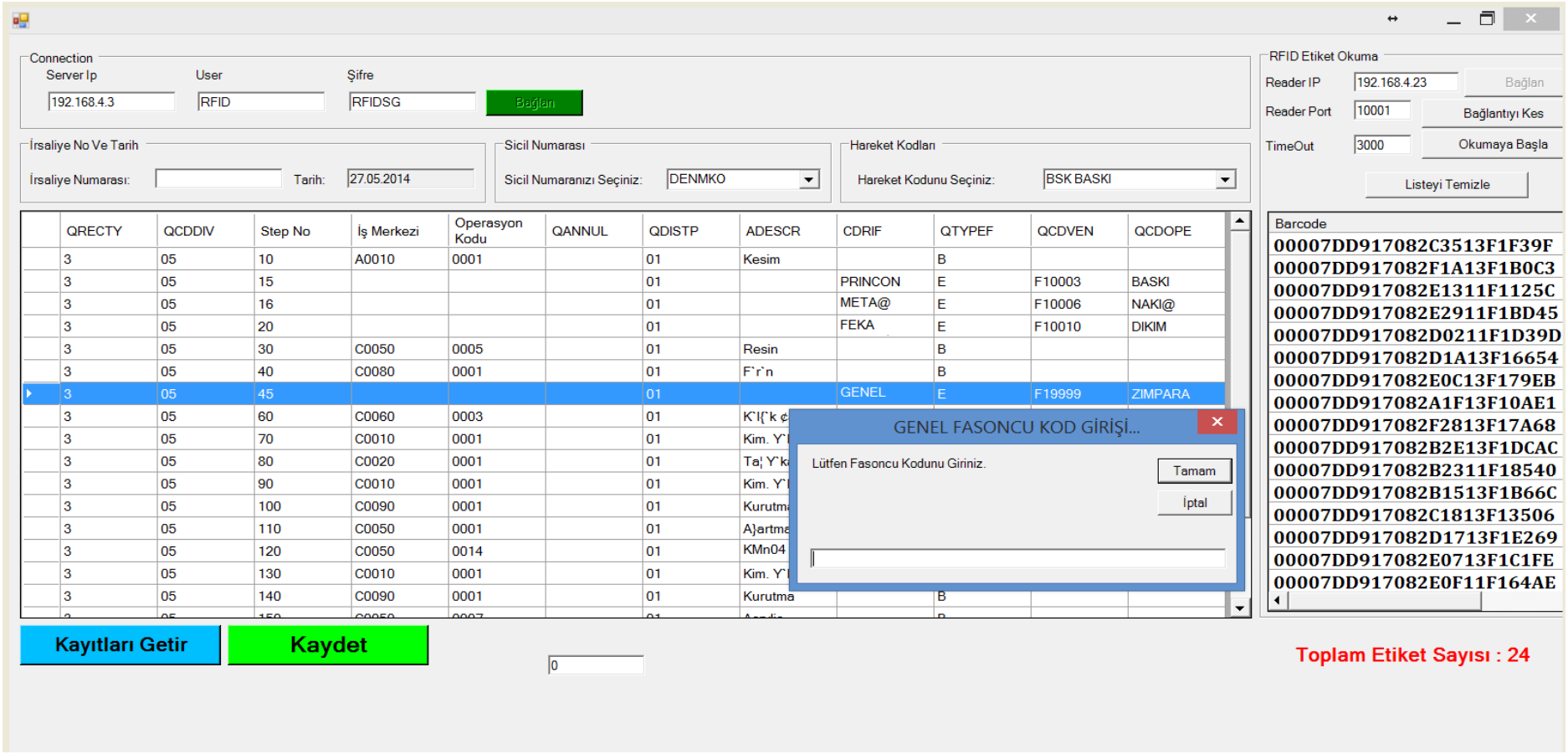
Ek D2 modül 2 arayüzleri (Devam)



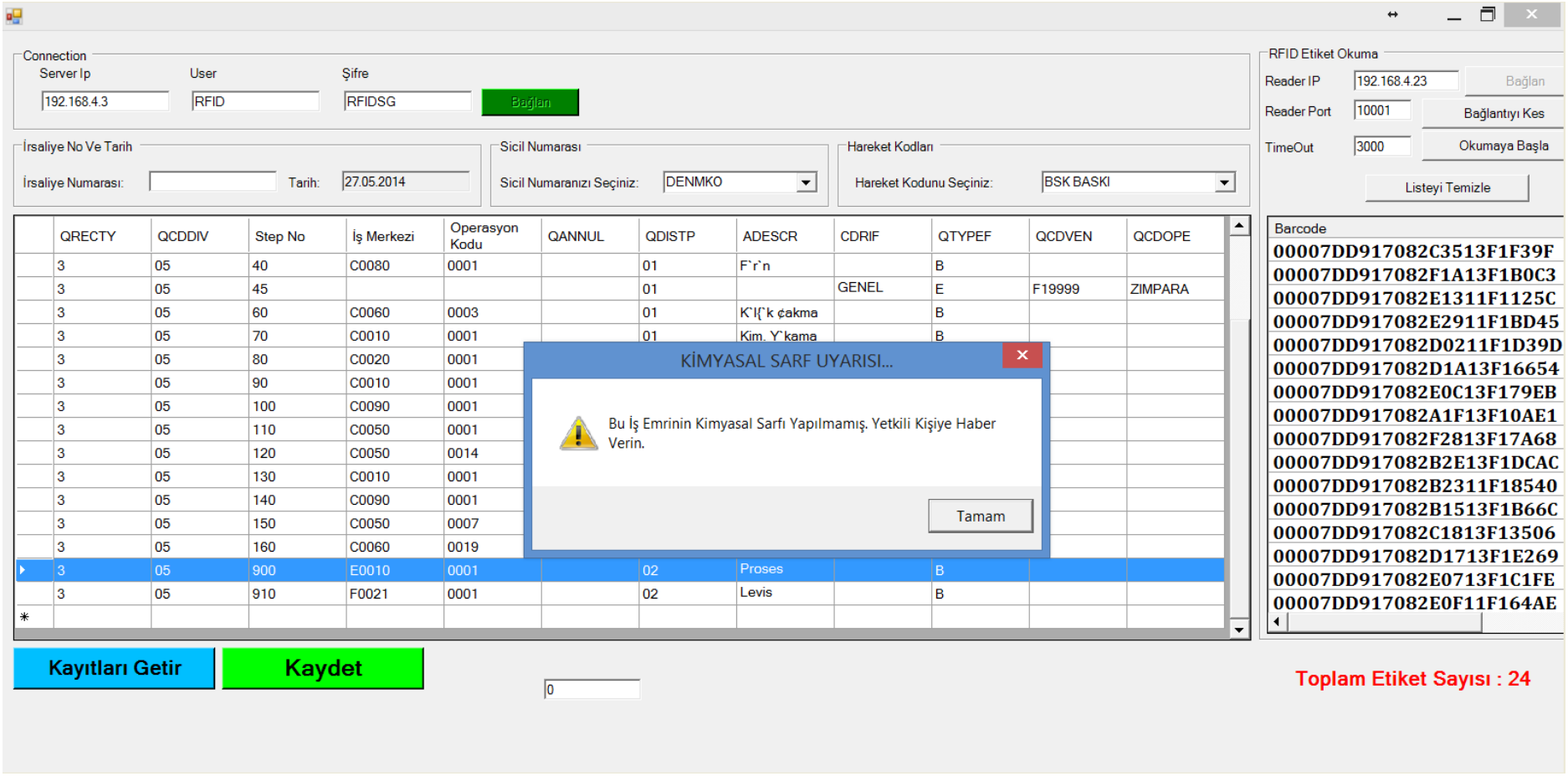
Ek D2 modül 2 arayüzleri (Devam)



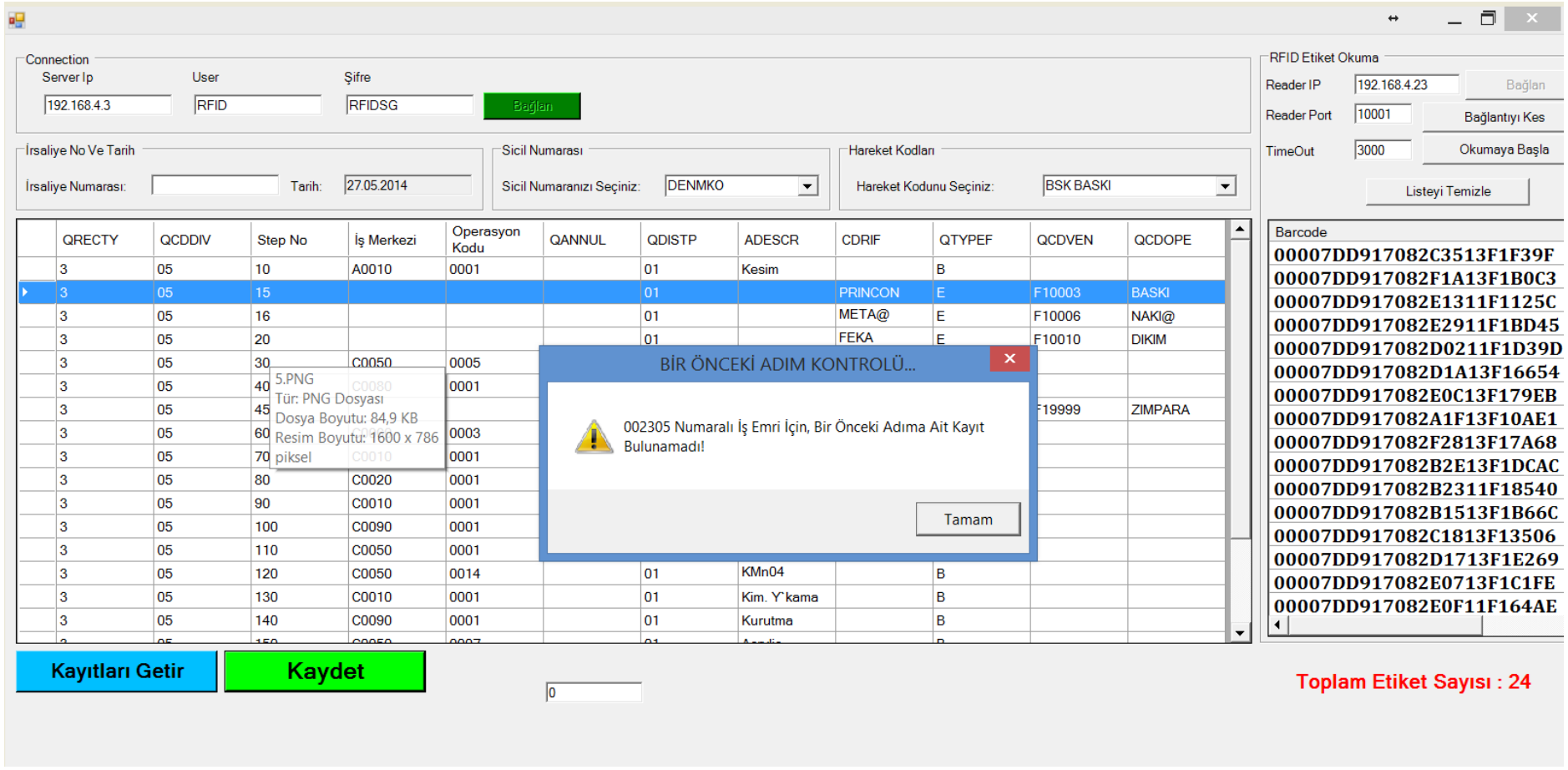
Ek D2 modül 2 arayüzleri (Devam)



Ek D2 modül 2 arayüzleri (Devam)



Ek D2 modül 2 arayüzleri (Devam)



ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Mahir ÖNER

Doğum Yeri ve Tarihi: Tunceli- 25.06.1979

Adres: Ayazağa/İstanbul

E-Posta: mahironer@hotmail.com

Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği

Yüksek Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü