

## UÇAK BAKIM ve ONARIMDA (MRO) RFID KULLANIMI İÇİN UYGULAMALI PROJE

Levent Özmen<sup>1</sup>  
MEF Üniversitesi/İstanbul  
ÖZET

*Radyo Frekansı Tanımlaması (RFID), ulaşım ve lojistik sektörlerinde artık yaygın olarak kullanılmaktadır. Üretim ve lojistik hatlarında, duruş sürelerini azaltmak, stok maliyetlerini düşürmek, online izleme sağlamak ve makine ile süreçlerin optimizasyonunu sağlayarak maksimum karlılık elde etmek için tercih edilmektedir. Havacılık sektörünün önde gelen üreticileri, RFID için ortak endüstri standartları geliştirmek amacıyla iş birliği yapmaya ve etiketleri kullanmaya başlamışlardır.*

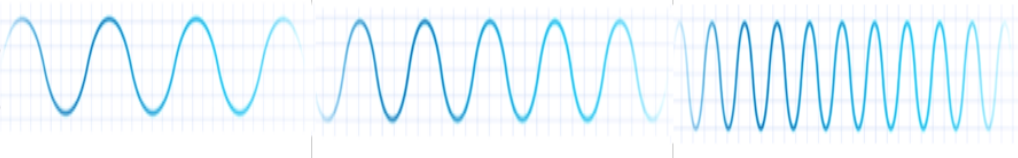
*Bu çalışma kapsamında, Türkiye'de faaliyet gösteren bir uçak teknik bakım ve onarım şirketi (MRO) bünyesindeki süreçler incelenmiş, mevcut akış şemaları çıkarılmış ve RFID kullanımı ile entegre edilmiş yeni akış şemaları geliştirilmiştir. Ayrıca, RFID kullanımının avantajları ve kısıtları detaylı bir şekilde listelenmiş ve uygulamalı bir çalışma gerçekleştirilmiştir.*

### GİRİŞ

Ürün özelliklerini üzerinde taşıyan etiketlemeyle okuyucular yardımıyla bilgisayara aktararak satış ve depo takip işlemleri gerçekleştirilir. İki kodlu matriks kodlayıcı olan karekodlu veya dikey çizgilerden oluşan ASCII kodlu çizgili barkod gruplarına ek olarak günümüzde radyo frekanslı barkodlarda teknolojinin ilerlemesi ve yarı iletken teknolojilerde ve okuyucu sistemlerde maliyet azalmasıyla birlikte RFID barkodlama sistemi de kullanım alanı bulmuş oldu.

RFID, İngilizce olarak "Radio Frequency Identification" kelimelerinin baş harflerinden oluşan kısaltmasıdır. Radyo frekans ile çalışan ve hareketlerinin mikro işlemciyle anlık olarak bilgi, konum içerecek şekilde takip edilebilmesini, cihaz yardımıyla iki yönlü iletişimle sağlayan bir tür otomatik tanımlama teknolojisine verilen addır. Etiket ve okuyucu arasında herhangi bir temas olmaksızın veri iletilir. Okuyucu, mikroçipin devrelerine güç sağlamak için bir manyetik alan oluşturan elektromanyetik dalgalar gönderir. Çip dalgaları modüle eder ve okuyucuya geri gönderir. Okuyucu yeni dalgaları dijital verilere dönüştürür. Etiketler her biri kendi setine sahip pasif, aktif ve yarı aktif üç tiptedir. Düşük Frekanslı RFID etiketleri 30 KHz - 300 KHz arasında, yüksek Frekanslı (UHF) RFID etiketleri HF bandı 3 GHz ila 30 MHz arasında, Ultra Yüksek Frekanslı UHF frekans bandı, 300 MHz ila 3 GHz aralığını kapsar.

**Tablo 1 : RFID Etiket Çeşitleri ve Özellikleri**

ÖZELLİKLER	DÜŞÜK FREKANS RFID	YÜKSEK FREKANS RFID	ULTRA YÜKSEK FREKANS RFID
FREKANS ARALIĞI	30 - 300 KHz (LF)	3- 30 MHz (HF)	300 MHz - 3 GHz (UHF)
YAYGIN KULLANIM ARALIĞI	125 - 134 KHz	13.56 MHz (NFC)	860 - 960 MHz (UHF Gen 2)
OKUMA MESAFESİ	10 m.den düşük	10 m-30 m.	30 m.-100 m.
ETİKET GÜÇ KAYNAĞI	Okuyucudan RF Aracılığıyla	Elektromanyetik İndüksiyon	Pil ve EMK İndüksiyon
DEPOLAMA KAPASİTESİ	2K Okuma	32K Okuma/Yazma	32K Fazla Okuma Yazma
FREKANS ÇATIŞMASI	Orta	Yüksek	Yüksek
FAYDA	Sıvılar ve metaller bu frekansa dayanıklı	Okuma aralığı ve hızı için ideal maliyete sahip	hızlı okuma yazma hızı özelliği
KULLANIM ALANLARI	Hayvan Takibi, Otomobil Envanterleri	Envanter Kontrolü, ürün zincirinin takibi	Temassız ödeme, kütüphane ve müzeler için
FREKANS GENLİĞİ (λ)			

## 1- HAVACILIKTA RFID

MRO sektöründe RFID teknolojisinin kullanımı ile ilgili temel işlemler kısaca, uçak parçalarının sayım ve bakım geçmişlerinin RFID etiketler üzerinde tutulması, bu parçaların uçağa yerleşimleri ve süreçlerin iyileştirilmesi şeklinde özetlenebilir. Bu süreçler yapılan iş ve yapan açısından katı protokollere bağlıdır.

Bakım ve Mühendislik işlemleri, yalnızca bir parça numarasıyla değil, hangi uçağa hangi konumda hangi parçanın kurulduğunu tam olarak bilmeye dayanır. RFID, verileri geçersiz kılmak için insan hatası olmadan etiketli bir parçadan bu seri numarasını hızlı, kolay ve doğru bir şekilde tanımlayabilir. Bu tür veriler şu anda havayolunun resmi kayıt sisteminde saklanmaktadır ancak endüstri standartlarının ve yüksek belleğin ortaya çıkmasıyla, RFID bu verileri etiketler ve parça üzerinde taşınabilir bir izlenebilirlik kaydı olarak da saklanabilir.

Yedek parça yönetimi, havacılık bakım, onarım ve revizyonda (MRO) hayati bir destekleyici işlemdir. Yedek parça yönetiminin operasyonel bakış açısı olan yedek parça intralojistiği (SPI), havacılık şirketinde RFID merkezli planlanmasının verim artışı sağlayabileceği ve MRO faaliyetlerinde yürütme ve karar verme arasında gerçek zamanlı iş birliği performansını artırabileceği konusunda vaka çalışması mevcuttur. (Chen, ve diğerleri April 2023)

Gelişmiş bagaj taşıma, artan havaalanı/havayolu güvenliği ve müşteri hizmetlerine odaklanan, büyük bir havayolu şirketinde RFID benimseme planlamasının, mimarisinin ve uygulama planının durumunun ön incelemesini bildirmektedir. RFID uygulamalarını gözden geçirmekte ve ayrıca RFID uygulamasının bagaj

takibi/teslimatının etkin yönetimini nasıl sağlayacağını ve müşterilere özelleştirilmiş, kişiselleştirilmiş hizmetler sunacağını bildirmektedir. (Mishra ve Mishra D. 2010)

Delta, yaklaşık 2015 yılından bu yana bakım operasyonlarında RFID kullanıyor. Örneğin her kabinin acil durum ekipmanını etiketleyerek, her bir can yeleği, oksijen jeneratörü, oksijen tüpü, tıbbi kit, defibrilatör ve diğer ekipmanlardan maksimum raf ömrü elde ediyor. Ayrıca lastik envanterini ve diğer öğeleri tanımlamak ve izlemek için pasif RFID etiketleri kullanıyor. Lufthansa, 2013'ten beri lojistik, depolama ve malzeme tedarik sistemi aracılığıyla ürünlerin manuel olarak izlenmesinin yerine RFID etiketlerini kullanıyor. Başlangıçta, etiketleri son kullanma tarihi olan mühürleyiciler, yapıştırıcılar ve boyalar gibi ürünleri izlemek için kullandı. (SpotSee 2020)

Lockheed Martin'in tamamına sahip olduğu bir yan kuruluş olarak Savi Technology tarafından geliştirilen 18000-7 uyumlu RFID cihazları, kısa veri paketlerinde aralıklı olarak yalnızca mikro watt güç ilettikleri için uçakta güvenli olduğuna dair bir rapor yayımladı. Gerçek alanda taksi pozisyonları, uçuş senaryolarında ve ardından laboratuvarlarda yapılan USAF değerlendirmeleri, sürekli etkinleştirilse bile uçakta güvenli olduklarını belirledi. (Fierce Electronics 2009)

Boeing ve Airbus, Hava Taşımacılığı Birliği'nin (ATA) Otomatik Tanımlama ve Veri Yakalama Görev Gücü'nde, RFID için ticari havacılık endüstrisi standardı gereksinimleri geliştirme konusunda iş birliği yapmayı kabul etti. Bu rekabetçi olmayan standart girişimleri üzerinde birlikte çalışarak hem Boeing hem de Airbus, karşılıklı tedarikçiler ve müşterilerle çelişen gereksinimlerden kaçınarak fayda sağlamaya karar verdiler. Bu iki dev şirketin çalışması, parçalar üzerinde RFID için endüstri çapında ortak bir format oluşturma ve sürdürme hedefiyle havayollarından, tedarikçilerden ve uçak gövdesi üreticilerinden temsilcilerden oluşan bir görev gücü oluşturdu. Boeing ve Airbus gibi gövde üreticileri, RFID teknolojisinin konfigürasyon kontrolünü iyileştireceği, parça bakım ve onarım geçmişlerini yöneterek havayollarının sahiplik maliyetlerini düşürmesine yardımcı olacağı sonucuna vardı. RFID etiketlerini (Radyo Frekansı Tanımlama) kullanmak, Boeing ve Airbus için, parça envanterini azaltmasına ve uçak onarımlarını hızlandırmasına yardımcı olacağı ortak kararına vardılar. RFID teknolojisi, bilgisayarlı bilgi yönetim sistemleri için doğru, kolay ve ucuz veri depolama, hızlı veri girişi ve analiz yöntemleri sağlamaktadır.

Uçak parçalarında RFID akıllı etiketlerin kullanılması, havayolu endüstrisi ile üreticiler arasında değiş tokuş edilen güvenilirlik ve bakım bilgilerinin doğruluğunu artıracığı için süreç içinde daha büyük avantajlar sağlayacağı öngörülmektedir. RFID, tüm yaşam döngüleri boyunca önemli uçak bileşenlerini izlemek için faydalı bir sistemi desteklemekteydi.

Bu faydalar şunlardır,

- Hizmetle ilgili sorunları düzeltmek için azaltılmış döngü süresi.
- Hileli parçaları belirleme ve kaldırma yeteneği.
- Daha az evrak ve daha kullanılabilir istatistik bilgisi.
- Yükseltmeler dahil onarım geçmişini koruma yeteneği.

- Yedek parça havuzu kullanım bilgileri.
- Azaltılmış envanter ve garanti talebi işleme maliyetleri.
- Otomatik kooperasyon imkânları.

Boeing başlangıçta, havacılık tedarik zinciri boyunca her bir ana parça kurulurken, incelenirken veya onarılırken verileri okuyarak, yazarak parça geçmişlerinin verilerini toplamak için RFID etiketlerini kullandı. Bu ayrıntılı geçmiş, her bir parça için daha doğru yaşam döngüsü yönetimini mümkün kıldı ve ayrıca tek tek bileşenlerin izlenmesiyle ilişkili maliyetleri de düşürmüştü. Boeing, aktif, pasif ve UHF RFID takibini dahili üretim tesislerine kadar genişletti. Şimdi, uçağa monte edilmeden önce bir tesiste hareket eden yaklaşık 7.000 parçayı RFID üzerinden takip ediyor. Boeing, bir uçağı oluşturan bileşenler hakkındaki bilgileri ve havayollarına uçak teslim edilen konfigürasyon teslimatları sırasında Hava Aracı Hazırlık Günlüğü (ARL) adı verilen bir bileşen listesini RFID yazılımları üzerinden sağlamaktadır. Boeing, Fujitsu'nun RFID etiketlerini tek bir uçağı oluşturan yaklaşık yedi bin uçak bileşenine ekleyerek ve otomatik olarak bir ARL oluşturarak, bileşen bilgilerini dijital olarak yönetmeyi, çalışılan adam saatlerinin ve insan hatalarının azaltılması da dahil olmak üzere görev verimliliğini büyük ölçüde artırmayı hedeflemektedirler. Bu şekilde, uçak teslimat görevleri de daha verimli hale geliyor ve uçak imalatından sonraki süreçlerin üretkenliği ve verimliliğini de desteklemeyi amaçlıyorlar. Boeing ve Fujitsu tarafından geliştirilen sistemin, kritik uçak parçalarının otomatik olarak tanımlayarak, izlenmesini, yönetilmesini, bakım verimliliğini ve performansını artırdığını ifade etmişlerdir. Bunun operatörlerin işletme maliyetlerini, muayene süresini azaltarak, emek yoğun bakımdaki hata oranlarını düzeltilmesine ve havayolu endüstrisinin ticari uçaklar için ilk kapsamlı RFID ve CMB teknolojisi ile bakım geçmişlerine kolay erişim sağladığını onayladılar. (Fujitsu Limited 2017)

RFID cihazları, herhangi bir uçak sisteminin eşzamanlı çalışmasını olumsuz yönde etkilemez veya sürekli uçuş güvenliğine müdahale etmez. ABD Federal Aviation Administration (FAA), Mayıs 2005'te pasif RFID'nin güvenlik riski oluşturmadığını ve belirli koşullar altında sivil uçaklarda kullanım için kabul edilebilir olduğunu belirten RFID politikasını yayınladığı andan itibaren bu konudaki endişeler de tamamen ortadan kalkmış oldu.

## YÖNTEM

Havacılık endüstrisini üç ana boyutu vardır. Hava trafiği, Filo ve Bakım.

Uçak bakımı, uçakların korunmasını, incelenmesini, elden geçirilmesini ve onarılmasını ve parça değişimi içerir. Bir uçakta bakımın amacı, uçuşa elverişliliğini belgelemektir.

Bu ana üç bileşenin bir ayağı olan MRO sisteminde, Bakım , bakımın güvenilirliği, standartları, ortalama arıza süresi, bakımlar arası süre, bakım kolaylığı önemlidir. Bakım dört ana bölümden oluşur.

1- Gövde: Base

2- Motor: Engine

3- Bileşen :Component

4- Hat : Line (ARSA 2014)

Çalışması yapılan havayolu şirketinde 850'si uçuş olmak üzere 1200 toplam personeli olan 16 uçakla yurtiçi ve yurtdışında hizmet veren, 500 milyon USD cirosu olan havacılık şirketinin 2008 yılında kurduğu bağımsız teknik bakım şirketidir. Türkiye, Avrupa ve Orta Doğu'da 10'dan fazla lokasyonda 100'ün üzerinde teknisyenle toplamda 400'den fazla çalışanı ile 20'den fazla havayoluna hizmet veren 50 milyon cirosu olan bir bakım şirketidir. Çeşitli şekillerde kullanılan toplam kullanımı 300 m<sup>2</sup> alandan, 517 m<sup>2</sup> depo alanına ve 300 m<sup>2</sup> hizmet alanına taşınması planlanırken bu çalışma yapılmıştır.

Bu projeyi yapabilmek için ise aprona ve ilgili şirketlere yasal giriş izinleri, bu süreçler hakkında yeterli bilgi düzeyi ve ilgili şirketin zaman ayırması gibi altyapı gereklilikleri yerine getirildi.

Bakım süreçleri incelenerek, uçak üreticileri ve EASA tarafından belirlenen protokollere bağlı kalınacak şekilde, işlem süreçlerinde faydalı olacağı noktalar tespit edildi ve yeni süreç akışı tavsiyesinde bulunuldu. Otomasyona uygun mantık zincirleri kurulması konusunda hatalar karşılıklı olarak toplantılar yapılarak gözden geçirildi.

## UYGULAMALAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmanın yapıldığı şirket, 100'den fazla ülkeden satın alma yapan, 12 153 çeşit, 650 255 adet toplam parça ve % 10 sirkülasyonla çalışan bir şirkettir. Şirketin hali hazırda bakım için izlediği yol haritası çıkarıldı, teknisyenlerin alışkanlıkları, fiziki yeterlilik şartları, çıkarılacak akış şemasının uluslararası havacılık kurallarına uygun olması için gerekli kanuni bakım protokolleri ve ıslak imzalı olması gereken evraklar tespit edildi.

610 bin adetten fazla malzeme ve 10 bin 500 den fazla ürün çeşidi mevcut olduğu hali hazırda kullanılan envanter sisteminden tespit edilmiştir. Bu ürünler çizgili barkod sistemiyle envantere rize edildiği görülmüştür. Bu ürünlerin, günlük yüzde 10'dan fazla sirkülasyonu olmadığı da ifade edilmiştir. Bu ürünler sistematize edilerek, sürekli kullanım, acil kullanım, standart kullanım, kullanım miktarları( adet, kg, m<sup>3</sup> gibi), kullanım sıklığı, mali yapıları, tedarik süreleri tespitler yapılmıştır.

**Tablo 2 :Uçak Bakım ve Onarım Şirketi Envanter Kayıt Sistemi Ekran Görüntüsü**

	A	B	DEPO		E	F	G	H	I	J
	Malzeme	Malzeme	Mal	Mal grubu	Parti	DpYr	UY	DNo	Depoadr.	Toplam
1	357453	LNNG	L018	BRAKE UNIT		1101	1100	100	CS 55	39
2	357543	L N NG	1.018	BRAKE UNIT		1101	1100	100	CS55 3	27
3	357621	LN NG	L018	BRAKE UNIT		1101	1100	100	CS 56	52
4	357625	LNNG	1.018	BRAKE UNIT		1101	1100	100	C\$ 55	38
5	357656	LNNG	1.018	BRAKE UNIT		1101	1100	103	CS 56	46
6	357650	L N NG	1.018	BRAKE UNIT		1101	1100	100	CS 56	30
7	357651	LNNG	1.018	BRAKE UNIT		1101	1100	100	CS 55	116
8	357652	LNNG	1.018	BRAKE UNIT		1101	1100	103	CS 56	82
9	663466	6634G6	1.001	EXPENOA5.E		1101	1100	100	CS 14	9
10	2605081	PACK NG	1.018	BRAKE UNIT		1101	1100	100	CS 55	3
11	2612338	W <sup>ER</sup>	1.018	BRAKE UNIT		1101	1100	103	CS 55 Al	6

Yürüyen iş akışını, depodaki ürünlere ve teknisyenin yaptığı işe kendisinin faydasına olacağı şekilde bir sistematik kurulmaya gayret edilmiştir. İş akışında rahatlamalar planlanmış, prosedürel işlerde azalma amaçlanmıştır. Problem çözümleri geldikçe, yapılanın görülmesinin ardından, sistematik devam ederken, personelin daha fazla talepler olacağı açıkça görülmüştür. Çalışma yapılırken olacak yeni talepler için, yazılım yapılırken algoritmada bir öngörü planı yapılmıştır. Buna karşılık, yeni akışı uygulamakta alışkanlıkların devreye girdiği için ilk uygulamalarda sorun olduğu, iş geleneği sebebiyle direnç evrildiği de gözlemlenmiştir.

Depo'ya Giriş'te SAP'ye entegre bilgiler girilecek. Serviceable-Unserviceable Formu ve Serviceable TAG Formu (S.US ve SARF FORMU) yeni sistemden çıkarılan etiketleme ile yazdırılacak. Böylece malzemeler RFID etiketleriyle depodaki yerine konulacak. Bakımdan gelmiş olanların tekrar sisteme dahil edilmesi, hurdaya ayrılması veya uçaktan sökülerek yeni gelenlerin tamir için ayrılma işlemi de buradan giriş süreci işletilecektir. Malzeme etiketlendiği andan itibaren RFID okuyuculu ve konveyörlü bant sisteminden depoya otomatik girişi yapılacaktır. Bu sürede olmadığı veya giriş yaptıktan sonra izinsiz çıkışlarda yazılımda da görülecek şekilde alarm verecektir. Depoya giren ürün raflardaki yerine konulacaktır. Bu aşamada gerekliyse, raf veya raf koridorlarına da okuyucu konularak ürünün son noktaya kadar bulunduğu yer görülebilir, sayımı yapılabilir olacaktır. Bakım talebi geldiğinde, "Planlama" İş Emri Formunu (Work Order) Yazacak. Eğer plansız bakım veya uçaktan uçağa parça durumları için "Şeflik ve Teknisyen" elindeki mobil terminalden 'İş Emri' yazabilecektir. Böylece bilgi dijitalleşecektir.

Planlama veya şeflik, iş emrini teknisyenle ilişkilendirecek veya teknisyenin açtığı iş emrini onaylayacak. Şeflik onay verince teknisyenin el terminalinde yapılacak işlem veya gerekli malzeme listesinin taslak şekli görülecektir. Depo programında da teknisyenin adı iş ve iş için gerekli malzemelerle birlikte görülecektir. İşleme ait süre ve detay bilgiler böylece sistemde devam eden iş emri olarak başlayacaktır. Teknisyenin iş bitimi işleyince de, iş emri formundaki ilgili yerlere adı, kullandığı malzemeler, bakım yapılan uçak, tarih, süre gibi bilgiler işlenecektir. Bu imzalanmak üzere ofiste bilgisayar sisteminden çıktı alınarak imzalı hale getirilerek dosyalanabilecektir.

Genel yaklaşımlı yazılım ve çözümler, uygulamalar için anlık düzenlemeler getiriyorsa olsa da uygulamalar göstermişti ki; iş hacminin genişlemesi ve çeşitlenmesi durumunda tam ve uygun çözümler içermemektedir. Genel işleyiş harici tariflenen standart dışı yaklaşım sayılarının fazlalığı da bu düzenlemeyi yapılamaz kılmıştır. Bunun üzerine ellerinde çeşitli hazır yazılım olan firmaların, kendilerinde yeralan ürünleri buradaki işleyişe uyarlamaya çalışılması da verimli olmamıştır.

Daha önceki projelendirme çalışmalarında, istenenler çıkarılmış ancak istisna tanımlarının da yeni çözümde mutlaka olması talepleri tam bir çözüm sağlanamayınca asgari şartların tespiti zorlaşmıştır. Çalışan kişiler, problemleri ve akış süreçlerini tariflerken havacılığa özel terim, çalışma durumu vb. aktarımları konusunda sorulan sorulara “bilgisizlik” olarak yaklaşarak işin çözüme kavuşturulması adına bilgi aktarımlarını vermek yerine çözüme kavuşturmanın zorluklarını göstererek direnç oluşturmuşlardır. Havacılık alanındaki standartlarla anlattıklarını, yazılımcılar önce kendileri anlayacak ve ardından yazılım yapacakları analiz şekline dönüştürmeleri gerekecektir. Buna ek olarak, teknolojik imkânların nerede otomasyona tabi olması gerektiği doğru tespit edilmelidir. Bu yalnızca bir yazılım planlaması değildir. Bunlara uyulması gerekli kanuni süreçlerde eklenince, ayıklanması ve mantık zincirinin iş zincirine oturtulması, sürekliliğinin sağlanması zorlaşmaktadır. Daha önceki yazılım çalışmalarında, mesleki terim fazlalığından kurtulamayan anlatımlar, yazılımcılar tarafından sadeleştirilememiş, gereken yerde teknolojik altyapı kullanılmasını engellemiştir. Yazılımların otomasyon ilişkileri için teknolojik altyapı ile çalışma süreçleri irtibatlarını kuracak firmalar tarafından kurgu yapılamamıştır. Süreçle ilgili çözümler; işe ve alışkanlıklara yönelik fizibilite-ler eksik yapılıncaya, sadeleştirilmiş algoritma tabanlı işlememiş ve sistem en baştan kurgu hataları içerdiği için önceki çalışmalar neredeyse hiç başlamadan vazgeçilmiştir.

Önceki çalışmalarda, iş süreçlerini yaşayarak elde eden kişilerin tarifnameleri, her defasından daha önce unutulmuş yeni bir bilgiyi veya akışı daha içerecek şekilde dönüşünce; eklemelerin sürekli yeni birleştirmeleri içermesi mantık zincirinin ve dolayısıyla eldeki veya planlanan yazılımın ilişki ağının kopmasına yol açmıştır. Kanuni mecburiyet ve iş çözümleri üzerine, tecrübeye dayalı olarak yürüyen sistemde evrak üzerinden çözümlenme yapmak da mümkün olamamıştır. Yönetimsel talepler ile iş akışındaki problem çözüm talepleri ve çalışanların diğerlerine angarya yükleme sonucu hazır bilgi beklentisi de işi zorlaştırmıştır.

Mevcut Sistem sonraki sayfada yeralan depo akış şemasında görülmektedir. Esasında yürüyen sistemin birçok aksaklığı olmasına rağmen alışılmış şekilde yürüdüğünden ezberlerin oluşturduğu rahatlık, kişisel hakimiyetler sebebiyle korunmaktadır. Halihazırda devam eden süreçte, ürünler alımı yapıldıktan sonra depoya gelmektedir. Gelen evraklar üzerinden bilgiler girilmektedir.

Bir uçağın otuz yıl boyunca güvenli bir şekilde çalışabilmesi için bileşenlerin sıkı konfigürasyon yönetimi gereklidir. Her evrakın ıslak imzalı olması gerekiyor, üretimden uçak parçalanana kadar, her uçak yaşına göre 30 ile 100 civarı büyük evrak kargosuyla hareket ederler ve operatör veya sahip değişikliğinde dahi bu evraklara bakılmaz. Ancak kanuni mecburiyetlerden

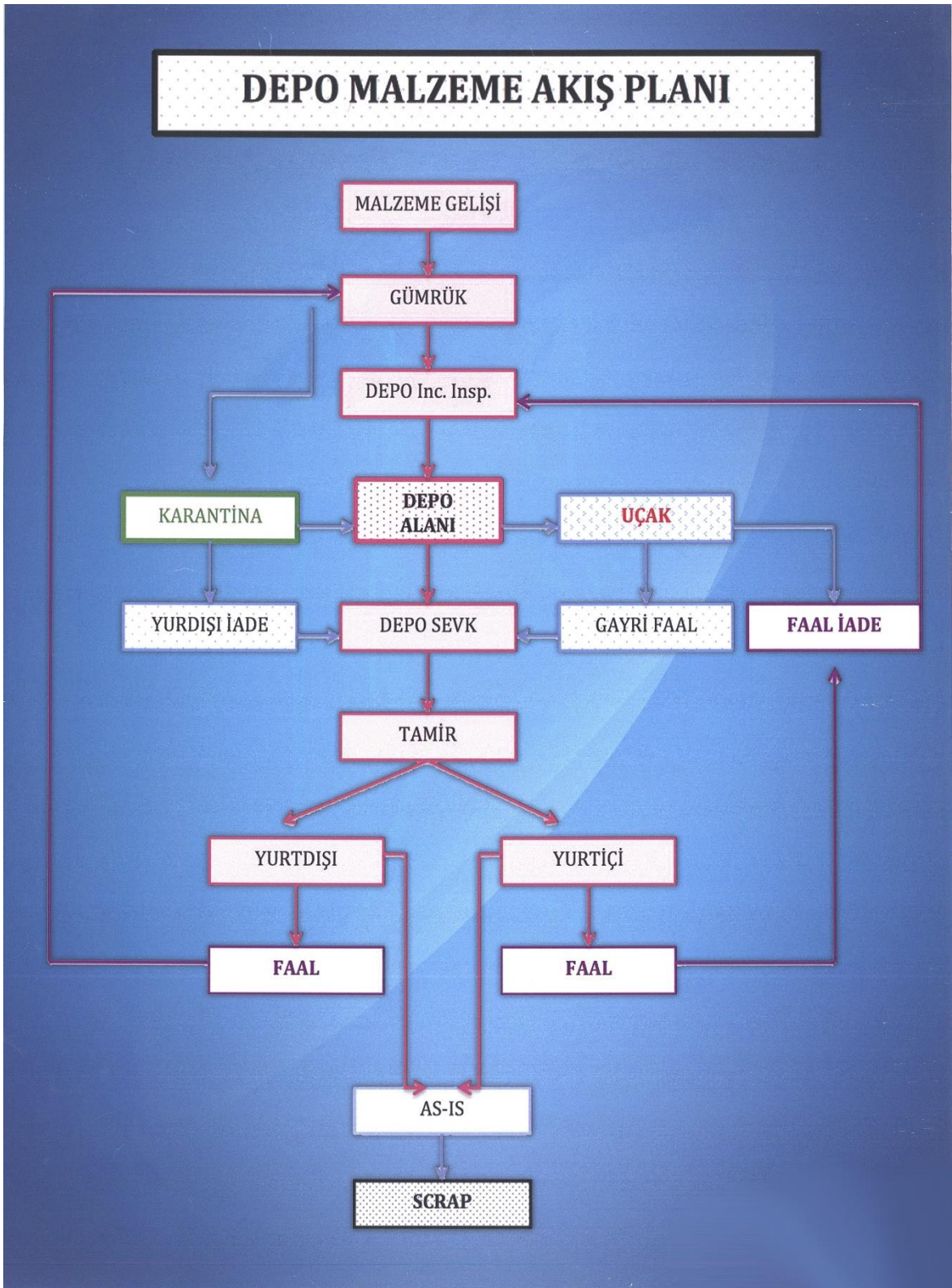
dolayı bulundurulur ve takibi yapıldığı ispat edilir. Bu kutular içi evrak dolu olsa da çok nadir açılıp bakılır çünkü herşey artık taranmış şekilde mevcuttur.

Havacılık sektöründe kullanılan ürünlerin üretim ve kullanım standartları, prosedürlerin uygulama ve kontrol standartlarına, katı şekilde uygulanan kalite ve uygulama protokollerine sıkı sıkıya bağlı bir alandır. Her çözümün zincirleme bir akışa sahip olan sisteme girişi, uzun kontrol onay süreçleri sonrası gerçekleşir. İnsan ve araç güvenliği sebebiyle denemelerin uygulanması riskleri normal denemelerden yüksektir ve bunun için alınması gerekli izinler uluslararası havacılık otoritesi üyeler için standarttır. Bu sebeple bu çalışmanın yapıldığı alanlara girilmesi, ilgili bilgilerin alınması ancak bu sektördeki şirketin talebiyle, kamu otoritesi tarafından uluslararası yeterliliklerle verilmiş yöneticilere özgü bir çalışma alanıdır. Yüksek seviyeli çözüm analizleri için sektör bilgisi, uygulama alanı bilgisi, yazılım süreçleri, ekipman bilgileri gibi birçok profesyonel mesleki bilgiler gereklidir.

RFID sisteminin tedarik zinciri ortaklarının uygulaması için genişletilmesi ve böylece tedarik zinciri boyunca yaygınlaştırılması olumlu etkisinin yaygınlığını artıracaktır. Sistemin sürdürülebilirliği de havacılık sektörünün iş akışında tümenden yer almasıyla mümkün hale gelebilir. RFID veri madenciliği ve veriye dayalı olarak tüm yapıdaki iyileştirmelere katkı yapabileceği için standardizasyona yapacağı katkı sebebiyle gelecekte havacılık alanında daha fazla uygulama alanı bulacağı açıktır. Kritik başarı faktörlerini anlamak ve bu vakadan öğrenilen deneyimleri ve dersleri paylaşmak, yöneticilerin daha proaktif olmalarını ve RFID sistem uygulaması için daha iyi hazırlanmalarını sağlayacaktır.

Böylece Tablo 3'te halen devam eden akış şeması, Tablo 4'te ise planlanmış yeni akış şeması ve Tablo 5'te de her görev için ayrı ayrı yazılmış görev akış şeması görülmektedir.

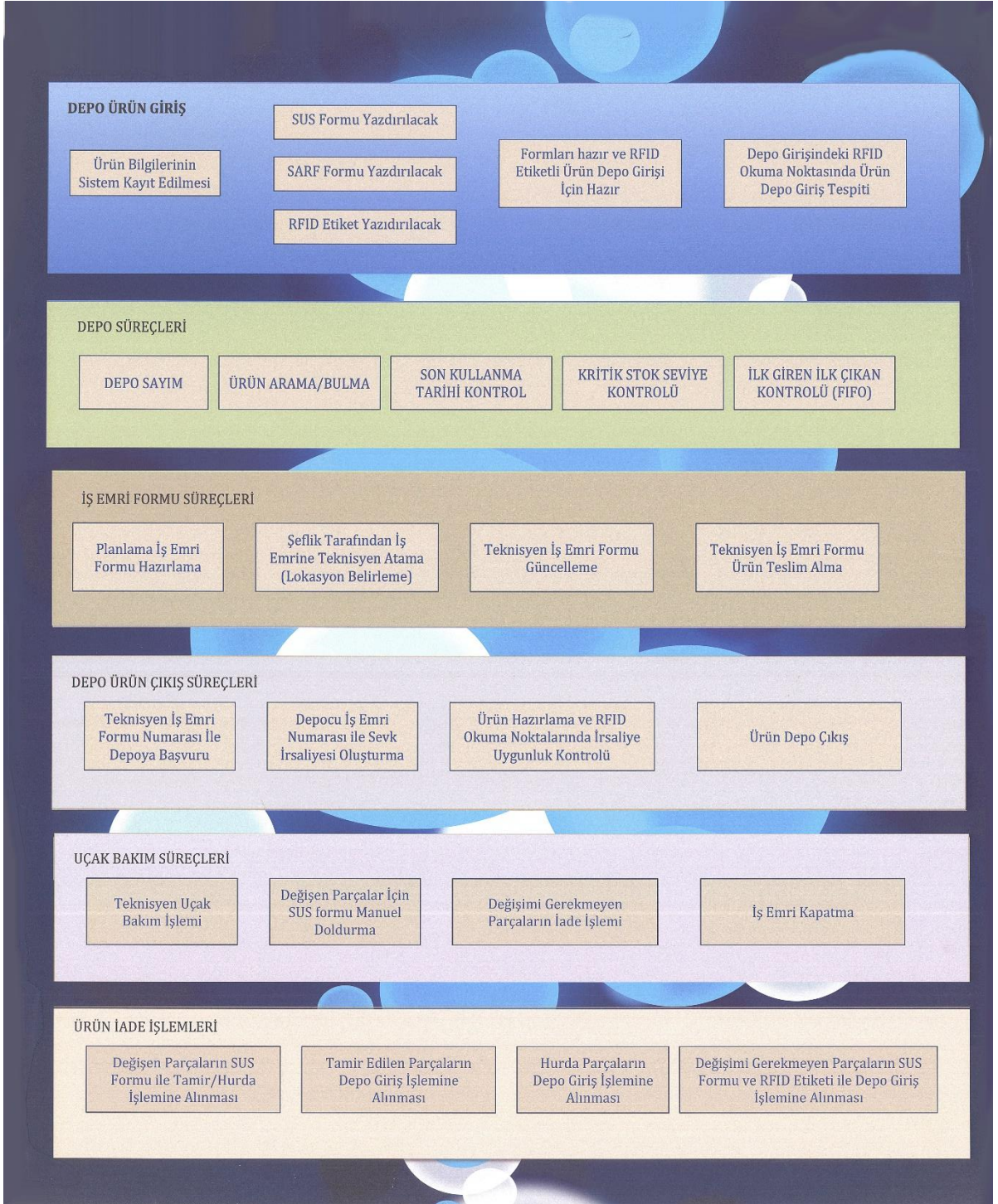




**Tablo 3 :Halen Devam Eden Uçak Bakım Akış Şeması**



**Tablo 4 :RFID için Planlanan Yeni Uçak Bakım Akış Şeması**



**Tablo 5 :RFID için Görev Akış Çizelgesi**

## SONUÇ

Çalışmamızda hedeflenen çözüm, hali hazırda yürüyen süreçleri içermeli ancak getirdiği düzenlemeler alışkanlıkları ve iş süreçlerini aksatıcı sonuçlar oluşturmamalıdır. Çalışanları demoralize etmemelidir. Depo süreçleri, akım şemaları kanuni süreçleri karşılamak ve çalışanların işlerini kolaylaştırmak üzere kurulmuştur.

Bu çalışma herhangi bir havacılık bakım şirketi için önemli bir çalışma olabilir ve genellenebilir sonuçlar ortaya koymuştur. Şirketlerin bağımsızlığının yanında havacılıkta ortak standartların uygulanıyor olması havacılık alanındaki büyük şirketlerin ve kontrol otoritelerinin RFID uygulama imkanları üzerinde çalışıyor olması, sektörde kullanım alanını artacağını da göstermektedir. Ülkeyimizin bu alanda daha yetkin ve üretime dönük çalışmalarının başarılı sonuçlara ermesi, bu sektörde oluşacak inovatif yaklaşımlar, yeni yazılımlarda ve protokol önerileri içerisinde daha fazla yer edinmemizi de sağlayacaktır.

RFID teknolojisi çözümleri, verimliliği ve etkinliği artırmada önemli araçlar olarak görülse bile, hala bir takım uygulamayı genelleme zorlukları ve alanda uygulamanın teknik zorlukları da mevcuttur.

Bu çalışma sonrasında,

- Operasyon ve kaynak koordinasyonunda iyileşme sağlamış, acil durumlar için hazırlık ve taşıma süresi zamanlarını kısaltarak avantaj sağlamıştır.
- İlgili bakım şirketinde teknisyenlerin kullandığı ve civata sıkma sayısına göre kullanım ömrü belirlenen mekanik iş aletlerinin kullanım ömürlerinin yüzde 10 seviyesinde uzadığı görülmüştür.
- Alışkanlık değişikliği direncine rağmen, iş emri alan personelin, işi planlama süresindeki masa başı sürelerinde yüzde 20'lere varan azalmalar olduğu görülmüştür.
- Depoya tekrarlı dönüş sayılarında yüzde 40'lara varan azalma görülmüştür.
- Depoya ürün giriş sürelerindeki uzamalara ve ekstra personel yüküne karşılık, depodaki sayılı ürünlerin sarf edilmesi miktarı düşmüş, çoklu sayıda paketlenmiş küçük malzemede yüzde 10 tasarruf sağlanmıştır.
- Teknisyenlerin iş saati verimi artışı sebebiyle, teknisyen başına iş emri sayısında artış yaşanmıştır.
- Muhasebeleştirme işlemi otomasyona bağlı olduğu için faturalama ve maliyet hesaplamada yaşanan avantaj sebebiyle ödemelerin öncekine göre realize edilme süresi 30 gün kısalmıştır.
- Şirket, bakım döngüsünde RFID teknolojisini uygulayarak her bir onarım siparişinin teslim süresinin iyileştirilmesi sağlanmıştır.
- RFID sistemi, operatörlere tüm onarım siparişlerinin durumunu takip etmeleri için bir veri aracı sağlar ve bakım işleminin faturalama, takip işlemlerinde verimliliğinin artmasını sağlamıştır.

- Şirket, uygulamayı devam ettirmesi durumunda; müşterilere bir ürün hakkında durumu, tahmini iş tamamlanma süresi vb. dahil olmak üzere zamanında bilgi sunarak rakiplerine karşı rekabet avantajı elde etmiş olacaktır.
- RFID sisteminde, RFID etiketleri, yeniden kullanılmasına izin verdiği için süreçlerin devamında işletme etiket maliyetlerini azaltması beklenir.
- İş planlamada kişisel stres noktaları azalmıştır. Otomasyon kurulmasıyla, iş stresinde azalmalar da eklenince insan hatalarını azaltması beklenecektir.
- Yanlış öğelerin toplanması, tekrarlı merkeze dönüşler gibi insan hatalarının yanı sıra bunların yetkisiz kullanımını da azaltabilir.
- Pahalı onarılabılır parçaların envanter yönetimini iyileştirilerek bakım sahasında yedek parçaların daha iyi kullanılmasını sağlar ve böylece parçaların stok düzeyini azaltır.
- RFID sistemi ayrıca bakım döngüsündeki her bir öge hakkında gerçek zamanlı bilgi sağlar. Bir ögenin tam geçmişi gibi detaylı bilgiler sistemden takip edilebilir. Bu tür bilgiler, bakım işleminin iyileştirilmesi için tedarik süreçlerinde de daha fazla analiz edilebilir sonuçlar verecektir.

RFID sisteminin tedarik zinciri ortaklarının uygulaması için genişletilmesi ve böylece tedarik zinciri boyunca yaygınlaştırılması olumlu etkisinin yaygınlığını artıracaktır. Sistemin sürdürülebilirliği de havacılık sektörünün iş akışında tümünden yer almasıyla mümkün hale gelebilir. Bu da yedek parça üreticileri de dahil tüm sektörün tek elden RFID veri madenciliği ve veriye dayalı olarak tüm yapıdaki iyileştirmelere katkı yapabileceği için standardizasyona yapacağı katkı sebebiyle gelecekte havacılık alanında daha fazla uygulama alanı bulacağı açıktır. Kritik başarı faktörlerini anlamak ve bu vakadan öğrenilen deneyimleri ve dersleri paylaşmak, yöneticilerin daha proaktif olmalarını ve RFID sistem uygulaması için daha iyi hazırlanmalarını sağlayacaktır.

## Kaynaklar

- A. Sinitsyn. «A synchronization framework for personal mobile servers.» *Pervasive Computing and Communications Workshops 2004*. Orlando: IEEE, 2004. s.208-212.
- Airline Economics MRO Global. *MROGLOBAL*. 10 November 2022. <https://www.mroglobal-online.com/iata-air-cargo-tracks-near-pre-covid-levels/> (Erişildi: 10 Kasım 2023).
- Alnıpak, Serdar. *Bulanık AHP Yöntemi ile Konteyner Terminalleri için RFID sistemi Seçimi ve Türkiye'deki Uygulaması*. Doktora Tezi, İstanbul: İstanbul Üniversitesi, 2013.
- Aras, N. & Verter, V. & Boyacı, T. «Coordination and Priority Decisions in Hybrid Manufacturing/Remanufacturing Systems.» *Production and Operations Management*, Jan 2009: c.15(4),s.528-543.
- ARSA. «Global MRO Market Economics Assesment .» *Aeronautical Repair Station Assoc*. Jan. 2014. <https://arsa.org/wp-content/uploads/2014/03/ARSA-TeamSAI-EconomicReport-20140307.pdf> (Erişildi: 23 Nisan 2024).

- Arvind, K.,. «RFID Components, Tool Types, Approach for Line Maintenance Tool Tagging, Business Scenarios and Challenges.» *International Journal of Science & Engineering*, January 2019: c.10, s.515-526.
- Chen, Qiqi, Ming Li, Gangyan Xu, ve George S.Huang. «Cyber-physical spare parts intralogistics system for aviation MRO.» *Advanced Engineering Informatics (56)*, April 2023: 1-12.
- Chen, W.,. «Intelligent manufacturing production line data monitoring system for industrial internet of things.» *Computer Communications*, February 2020: c.151, s.31-41 .
- Fierce Electronics. *Fierce Electronics*. 13 Aug 2009.  
<https://www.fierceelectronics.com/components/savi-gets-usaf-approval-for-rfid-tracking> (Erişildi: Ağustos 26, 2022).
- Fry, E., ve Lenert, L.A. «FMascal: RFID tracking of patients, staff and equipment to enhance hospital response to mass casualty events.» *Fry, E., Lenert, L.A., 2005. Mascal: RFID tracking of patients, staff and equipment to enhance hospital respoAMIA Annual Symposium*. Washington: Fry, E., Lenert, L.A., 2005. Mascal: RFID tracking of patients, staff and equipment to enhance hospital response to mass casualty events. In: ProcAmerican Medical Informatics Association, 2005. s.261-265.
- Fujitsu Limited. *Fujitsu*. 23 April 2017.  
<https://www.fujitsu.com/global/about/resources/news/press-releases/2017/0424-02.html> (Erişildi: Ağustos 30, 2022).
- IATA. *RFID sub-working ISSUE 2.0, Contribution of ITPS* . Technical Peripheral Specification , Switzerland: IATA, 2019.
- International Air Transport Assoc. *IATA*. June 2018. <https://www.iata.org/whatwedo/ops-infra/baggage/Pages/index.aspx> (Erişildi: 10 Temmuz 2021).
- . *IATA*. 2020. <https://www.iata.org/en/programs/ops-infra/baggage/baggage-tracking/> (Erişildi: 23 Temmuz 2021).
- . *IATA*. 2 June 2019. <https://www.iata.org/en/pressroom/2019-press-releases/2019-06-02-05/> (Erişildi: 23 Temmuz 2021).
- Mishra, A.,, ve Mishra D. «Application of RFID in Aviation Industry, An Explotary Review.» *Promet Traffic & Transportation*, September 2010: c.22, s.363-372.
- NASA TTP. *Technology NASA*. 2011. <https://technology.nasa.gov/patent/MSC-TOPS-51> (Erişildi: Mart 12, 2022).
- NATO RTO. *Aging Aircraft Fleets: Structural and Other Subsystem Aspects*. AVT Lecture Series 218 Bis, Cedex/ France: RTO/NATO, March 2001.
- Roberts, Simon. *UK Civil Aviation*. 2022. <https://caainternational.com/course/human-factors-aviation-maintenance/> (Erişildi: 9 Eylül 2023).
- SpotSee. *SpotSee*. 3 Jun 2020. <https://spotsee.io/blog/rfids-essential-role-in-aerospace-supply-chains> (Erişildi: Nisan 23, 2023).