



# JASS

Journal of Aviation and Space Studies

*Havacılık ve Uzay alışmaları Dergisi*

# JASS

Academic Journal

[Journal of Aviation and Space Studies]

2023, 3-4(2-1)

**Atf:** Soyad, A. (Yıl). Makale'nin Adı. Dergi'nin Adı, Cilt (Sayı), Sayfa Aralığı.  
**Cite as:** Surname, N. (Year). Name of The Article. Name of The Journal, Volume (Number),  
Pages.

**İntihal /Plagiarism:** Dergide yayınlanan makaleler, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği teyit edilmiştir. / The articles published in this journal have been reviewed by at least two referees and scanned via a plagiarism software.

Copyright © 2020 University of Turkish Aeronautical Association. All rights reserved.

Year/Yıl 2023, Volume/Cilt 3/4 Issue/Sayı 2/1

## Havacılık ve Uzay Çalışmaları Dergisi (Journal of Aviation and Space Studies-JASS)

**Amaç ve Kapsam:** Havacılık ve Uzay Çalışmaları Dergisi, havacılık alanındaki birikimini nesillere aktarma amacı taşıyan Türk Hava Kurumu Üniversitesi'nin çıkarmakta olduğu hakemli bir dergidir. Havacılık alanında disiplinlerarası çalışma yapmayı hedefleyen ilk dergi olan JASS'ın temel amacı; havacılık ile ilgili çalışmaları disiplinlerarası bir platformda konunun ilgililerine ulaştırmaktır. Bu amacı gerçekleştirmek için başta uzmanlık alanı havacılık ve uzay bilimleri ile ilgili olmak üzere mühendislik bilimlerinin, temel bilimler ve sosyal bilimler havacılık sektörü odaklı çalışmaları derginin kapsamında yer almaktadır.

Dergimiz açık erişim bir dergi olmakla birlikte elektronik olarak yayımlanmaktadır. Yazarlardan veya okuyuculardan herhangi bir ücret talep edilmemektedir. Çift kör hakemli sistemin uygulandığı dergimiz yayın şeffaflığı ve yayın etiği için en yüksek standartları benimsemiştir.

Dergimize; özgün araştırma makalesi veya derleme makaleler kabul edilmektedir. Dergide yer alan yazılarda belirtilen görüşlerden ilgili eserin yazarı yazarları sorumludur.

### Journal of Aviation and Space Studies-JASS

**Aim and Scope:** Journal of Aviation and Space Studies is a peer-reviewed journal published by University of Turkish Aeronautical Association that aims to pass on its experience in the field of aviation to the next generations. Intending to be the first journal to do interdisciplinary studies in the field of aviation, the main objective of JASS is to deliver the aviation related studies in an interdisciplinary platform for those who are concerned. To achieve this goal, its area of expertise, aviation and space science being in the first place, aviation-oriented studies in engineering sciences, basic sciences and social sciences are placed in the journal.

Journal of Aviation and Space Studies is an open access online-published journal. Author(s) or the readers are not charged a fee. Applying a double-blind review process, this journal embraces the highest standards for publication transparency and publication ethic.

JASS invites original research and review papers.

Author(s) are responsible for the opinions stated in the articles in the journal.

### Derginin Tarandığı Dizinler

ASOS  
indeks



## **İmtiyaz Sahibi / Grant Holder**

Türk Hava Kurumu Üniversitesi / The University of Turkish Aeronautical Association

### **Editör / Managing Editor**

Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Didem GÖÇMEN

### **İstatistik Editörü / Statistics Editor**

Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Aliye ATAY

### **İngilizce Redaktörü / English Reductor**

Öğr. Gör. /Lecturer Suna KARAKAŞ

### **Yayın Kurulu / Editorial Board**

Prof. Dr. Hasan ERBAY

Prof. Dr. Dursun BİNGÖL

Prof. Dr. Nevsan ŞENGİL

Prof. Dr. Sertif DEMİR

Prof. Dr. Tahsin Çağrı ŞİŞMAN

Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Bahar AŞCI

Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Suat DENGİZ

Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Emine Deniz

TEKİN

Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Serdar BADOĞLU

Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Tuğba Akman

YILDIZ

Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Göknur Arzu

AKYÜZ

Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. R. Dilek

KOÇAK

Doç. Dr. / Assoc. Prof. Dr. Hicran KASA

Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Meriç Hatice  
GÖKDALAY

Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. F. Didem

GÖÇMEN

Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Tuğba YAŞIN

Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Meltem

İMAMOĞLU

Dr. Öğr. Üyesi / Assist. Prof. Dr. Ceyhun  
TOLA

### **Dizgi / Type Setting**

Öğr. Gör. / Lecturer Samet YAVUZ

Arş. Gör./Research Assist. Mert AKINET

Arş. Gör. / Research Asisst. Furkan KARAMAN

### **Kapak Tasarım / Cover Design**

Grafiker /Graphic Designer İskender İYİİŞ

### **İletişim Adresi / Contact Info**

Türk Hava Kurumu Üniversitesi Havacılık ve Uzay Çalışmaları Dergisi

Türk Hava Kurumu Üniversitesi

Bahçekapı Mah, Okul Sokak, No:11, 06790

Etimesgut / ANKARA / TÜRKİYE

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/jass>

[jass@thk.edu.tr](mailto:jass@thk.edu.tr)

## İçindekiler

### **Derleme Makale / Review Article**

Bir Askeri Uçak Türü Olarak Savaş Uçaklarının Dünü, Bugünü ve Geleceği:  
Türkiye Örneği .....1  
*Ümit CEVHER*

### **Araştırma Makalesi / Research Article**

Kriz Yönetiminde Gemba'nın Beş Altın Kuralı:  
Uçak Kazası Raporu Belgeseli Örneği .....26  
*Mehmet Akif ÖZER, Mehmet Doğan EROL*

### **Araştırma Makalesi / Research Article**

Havacılık Sektöründe Kullanılan Karbon Fiber Takviyeli Polimer (CFRP)  
Kompozitlerin Tamiri..... 57  
*Bengisu AKPINAR, Arman ULUOĞLU, Evren SONAT*

### **Araştırma Makalesi / Research Article**

Askeri Hava Kargo Taşımacılığı Yükleme Teknisyenlerinin  
İş Sağlığı ve Güvenliği Sorunları.....69  
*Hüseyin Tamer HAVA, Alper EROL*

### **Derleme Makale / Review Article**

Uçak Kanatlarının Değişiminin Geçmişten Geleceğe  
İncelenmesi.....89  
*Serhat YUDAR*

*Havacılık ve Uzay Çalışmaları Dergisi Yayın İlkeleri* .....110

The Publication Rules of Journal of Aviation and Space Studies-JAS .....111

# Bir Askeri Uçak Türü Olarak Savaş Uçaklarının Dünü, Bugünü ve Geleceği: Türkiye Örneği

Ümit CEVHER<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Şef, Türk Havacılık ve Uzay Sanayi, [umitcevber11@gmail.com](mailto:umitcevber11@gmail.com)

Geliş Tarihi/Received: 21.03.2023

Kabul Tarihi/Accepted: 17.07.2023

e-Yayım/e-Printed: 31.08.2023

ORCID: 0009-0004-0532-5530

DOI: 10.52995/jass.1268842

---

## ÖZET

Savunma bir ülkenin en önemli güvenlik sağlayıcısı olup, savunma alanındaki güç ülkenin milli gücünü önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle egemenliğine önem veren ülkeler için savunma alanında güç kazanmak bir gerekliliktir. Geleneksel savunma anlayışı kara, hava ve deniz savunması olarak üç gruba ayrılmaktadır. Bu gruplardan hava savunması ülkelerin savunmalarında çok önemli bir yer tutmaktadır. Hava savunmasında birçok araç kullanılmaktadır. Bu araçlar arasında bilhassa savaş uçakları savunma ve tehdidin bertaraf edilmesi noktasında önemli araçlardır. Bu makale çalışmasındaki amaç, askeri havacılık alanında kullanılan araçlardan savaş uçakları konusunu ele alarak, tarihsel bir perspektifte savaş uçaklarının dünü, bugünü ve geleceğinin değerlendirilmesidir. Literatür taraması yöntemiyle hazırlanan bu çalışma konuyla ilgili kitap, makale, tez ve daha birçok güncel kaynağın da taranarak değerlendirilmesi ve yorumlanmasıyla birlikte konuya ışık tutmuştur. Türkiye hava savunması konusunda Osmanlı Devleti'nin son döneminde ciddi adımların atıldığı, ancak Cumhuriyet sonrası dönemde de adımların hızlandırılarak askeri atılımlar yapıldığı görülmüştür. Savaş uçaklarının çoğunluğu ithal uçaklar olsa da yerli ve milli üretim konusunda Milli Muharip Uçak gibi projelerle 2010 sonrası yıllarda ciddi adımlar atıldığı anlaşılmaktadır. Bu gibi projelerin artması Türk Savunma Sanayini ve hava savunma gücünü arttıracaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Askeri Uçak, Havacılık, Havacılık Tarihi, Savaş Uçakları, Türk Havacılığı.

---

## The Past, Present and Future of Warplanes as a Type of Military Aircraft: The Case of Turkey

---

## ABSTRACT

Defense is the most important security provider of a country, and the power in the field of defense significantly affects the national power of the country. For this reason, gaining power in the field of defense is a necessity for countries that attach importance to their sovereignty. The traditional understanding of defense is divided into three groups as land, air and sea defense. Air defense, one of these groups, has a very important place in the defenses of countries. Many tools are used in air defense. Among these vehicles, especially warplanes are important tools for defense and elimination of threats. The aim of this article is to evaluate the past, present and the future of warplanes in a historical perspective, by considering the subject of warplanes, one of the vehicles used in the field of military aviation. This study, which was prepared with the literature review method, shed light on the subject with the review and interpretation of books, articles, theses and many other current sources on the subject. It is observed that, Turkey took serious steps on air defense in the last period of the

Ottoman Empire, but accelerated its steps in the post-Republican period and made military breakthroughs. Although the majority of warplanes are imported, after 2010s, taking serious steps in domestic and national production as Turkish fighter Project, is an indicator of the development of Turkish military aviation. The increase in such projects will increase the Turkish Defense Industry and its defense power.

**Keywords:** Military Aircraft, Aviation, Aviation History, Warplanes, Turkish Aviation.

## 1. GİRİŞ

Uluslararası ilişkilerin en önemli kavramlarından biri hiç şüphesizdir ki güçtür. Joseph Nye'a göre güç "Hava durumu gibidir. Herkes ona bağlıdır ve onun hakkında konuşur; fakat çok azı onu anlar". Bu tanımlama özellikle küreselleşme sürecinde önemli dinamiklerden biri olan yumuşak gücü de anlama(ma)mız konusunda önemli açıklayıcılığa sahiptir. Ulusal güç, bir devletin kendi çıkarlarını koruması ve dış ilişkilerinde kendi taleplerini kabul ettirmesini sağlayan maddi-manevi potansiyeli ifade etmektedir. Ulusal güç, bir ulusun sahip olduğu en önemli gücü temsil etmektedir ve ulusal gücün kullanım mekanizması oldukça fazladır. Morgenthau (1985) ulusal güç sağlayıcıları olarak Coğrafya, Doğal Kaynaklar (Gıda - Hammadde – Petrol'ün Gücü), Endüstriyel Kapasite, Askeri Hazırlık (Teknoloji - Liderlik - Silahlı Kuvvetlerin Niceliği ve Niteliği), Nüfus (Dağılım – Trendler), Milli Karakter, Milli Maneviyat/Manevi Değerler, Diplomasinin Kalitesi ve Hükümetin Kalitesinin önemli olduğunu savunmuştur (Morgenthau'ten akt. Boztaş, 2020: 664).

Ulusal gücün en önemli sağlayıcılarından biri hiç şüphesizdir ki askeri güçtür. Askeri güç; devlet politikalarına bağlı olarak kriz, çatışma veya savaş dönemlerinde kullanılabilen, ulusal güvenliğin sağlayıcısı ve aynı zamanda da diğer devletler tarafından olası tehlikelerin söz konusu olması halinde caydırıcı olan gücü temsil etmektedir. Rasyonel veya potansiyel düşman grubunun olası saldırı planına karşı, askeri güç potansiyeli olan ülkelerin en önemli savunma stratejisi –büyük oranda- bu caydırıcılık üzerine kuruludur (Karakoç& Yılmaz, 2020: 231).

Askeri güç geleneksel olarak kara, hava ve denizde ulusal güvenliğin sağlanmasına yönelik olarak oluşturulan savunma gücünü ifade etmektedir. Askeri uçaklar bu gücü meydana getiren ana unsurlardan birisidir. Askeri uçaklar, bir ülkenin silahlı kuvvetleri tarafından kullanılan ve belirli bir veya birden fazla görevi icra etmek üzere tasarlanmış hava araçlarıdır. Bu görevler arasında nakliye, istihbarat, hava harekâtı vb. sayılabilir. Askeri uçaklar, 20.yüzyılın ortalarından itibaren hava savunmasında askeri gücü sağlamanın önemli bir parçası haline gelmişlerdir. Düşman uçaklarını itererek hava sahalarının kontrolünü güvence altına alan savaşçılar, yüzey hedeflerine bomba veya füzelerle saldırmak için tasarlanmış bombardıman uçakları, saldırı tankları, helikopterler ve daha birçok araç hava sahasında etkin



güç sağlamasıyla birlikte hava güvenliğini koruma adına kullanılmaktadır (Guilmartin & Taylor, 2018).

Askeri uçaklar arasında yer alan savaş uçakları; kendi mühimmatını kullanarak tehdidi yok etmek ve dolayısıyla hava sahasındaki güvenliğini sağlamak amaçlı tasarlanan askeri araçlardır. Her ne kadar çok çeşitli modellerde savaş uçakları olsa da ve endüstri 4.0 ile birlikte akıllı donatılara sahip savaş uçakları geliştirilse de aslında bu uçakların tarihi 1940'lı yıllarda başlayacak kadar yenidir. Günümüzde tam anlamıyla beş nesilden oluşan savaş uçaklarından bahsetmek mümkündür. Altıncı nesil savaş uçakları ise geliştirilme aşamasındadır (Roblin, 2019).

## 2. LİTERATÜR

Bu başlık altında askeri uçaklar ve askeri uçaklar kapsamında savaş uçaklarına dair literatür araştırması sunulacaktır.

### 2.1. Askeri Uçaklar

Ulus devletlerin ortaya çıkmasıyla birlikte ulusal güvenlik çok daha önemli hale gelmiş ve devletin korunması adına milli güç unsurlarının önemi ön plana çıkmıştır. Milli güç bir nevi askeri gücün kara, deniz ve hava sahasında korunması, devletin bu sahalarda savunma gücüyle birlikte milli varlığı baki kılma mücadelesi sergilemesidir. Geleneksel milli güç unsurlarından olan askeri gücün kara savunması kara üzerinde, konvansiyonel güçlere karşı yapılan ateş gücü yüksek savunmayı ifade ederken; hava savunması 20.yüzyılda teknolojinin de gelişmesiyle birlikte havadan yapılan savunmayı, deniz savunması ise deniz araçlarıyla etkin şekilde denizden yapılan savunmayı ifade etmektedir. Yine teknolojik gelişmelere bağlı olarak ortaya çıkan siber güç ve uzay gücüne dayalı savunma türleri de vardır ki, bu savunma gücü geleneksel savunma alanlarından ziyade devletlerin teknolojik alt yapı ve bilgi sistemlerine zarar vererek yapılan ve daha karmaşık olan saldırılara yönelik savunmayı ifade etmektedir (Karakoç& Yılmaz, 2020: 230).

Milli gücün askeri sahadaki geleneksel savunma alanından olan hava savunma sahası kara ve deniz savunması kadar önemli bir savunma sahası olup, özellikle gelişen teknolojiye bağlı olarak hızlı savunma yapılabilecek alanların başında gelmektedir (Roblin, 2019). Hava sahası içerisindeki hava araçları sivil ve devlet hava aracı olmak üzere iki ayrı şekilde değerlendirmeye tabi tutulabilir. Bu değerlendirme hava sahası güvenliği ve devlet egemenliği açısından yapılan bir ayırım olup hava araçlarının ulusal hava sahasındaki konumunu ifade etmektedir. Zira devlet hava araçlarının uluslararası sahada uçuşu izne tabidir ve izin dışı

uçuş ulusal hava güvenliği adına tehlike arz etmektedir (Akkutay, 2017: 315). Ulusal hava güvenliğinin tehdidi söz konusu olduğunda en hızlı şekilde yanıt verilebilecek olan hava sahasına yönelik, her geçen gün askeri savunma sanayi gücü geliştirilmekte ve tehditlere yönelik önlem alma adına çalışılmaktadır (Roblin, 2019).

### 2.1.1. Askeri Uçak Teknolojisi ve Dünyadaki Durumu

Savunma sanayi, bir ülkedeki olası tehdit ve saldırılara karşı hazırlı olabilmek ve savunma alanında kullanılacak araçların geliştirilmesini sağlamak adına etkin çalışan bir sanayi koludur. Savunma tehdit ve saldırılara karşı hazır olmayı ve karşı koymayı ifade eder. Savunma yapabilmek, aynı zamanda tehditlerin bilinmesi ve bu tehditlerin nasıl önlenebileceğine yönelik plan yapılması manasına gelmektedir. Savunma sanayinin temel amacı devletlerin karşı karşıya kaldıkları dış ve iç tehdide karşı ülke egemenliğini sürdürebilecek savunma gücünü sağlamaktır (Şen vd. 2020: 160).

Askeri uçaklar savunma gücünü sağlayan ana unsurlardan birisidir. Askeri uçaklar hem hava hem de kara ve denizdeki tehlikeleri bertaraf edebilen, bombalama becerisinin yanı sıra keşif amaçlı kullanılmasıyla birlikte olası saldırılara karşı *önleyici* olarak da savunmada yer alan araçlardır. Bu araçların savunma sanayi içerisinde ayrıca bir mühendislik kolu olarak üretim ve geliştirilmesi, ülkelerin savunmasına önemli katkı sunmaktadır (Kolektif, 2020: 19).

Teknoloji günümüzde yaşamın birçok alanında olduğu gibi savunma alanında da yer edinmiş ve savunma araçlarının gerek üretimi gerekse geliştirilmesinde önem arz etmiştir. Gelişen teknolojiyle beraber savunma sanayinde akıllı teknoloji dönemi başlamış; küresel konum belirleme sistemleri, kablosuz ağlar, sesli komut sistemleri, kızılötesi iletişim ve algılama sensör teknolojisi gibi birçok akıllı sistem özelliği savunma sanayi üretimlerinde yer edinmiştir. Böylece hem savunma sanayi araçları olabildiğince teknolojik ve akıllı araçlar haline gelmiş, hem de savunma sanayi modern bir görünüm kazanmıştır (Şen vd. 2020: 160-162).

Askeri uçak teknolojisi, savunma alanında kullanılan askeri uçakların geliştirilmesi ve teknolojiyle donatılması, aynı zamanda modern savaş sanatına uygun şekle getirilerek tehditlere karşı aktif bir araç olması adına çalışan teknoloji sahasıdır. Savunma sanayindeki ilerlemeler, nesillere bağlı olarak savaş uçaklarının gelişimini sağladığı gibi, askeri uçak teknolojisinin de ne denli ilerlediğini göstermektedir. Günümüzde altıncı nesil savaş uçaklarının konuşulması, askeri uçak teknolojisinde hedeflerin ne denli üst boyutlarda olduğuna da bir delildir (Kolektif, 2020: 19).

Askeri uçak teknolojisi akıllı teknolojilerin havacılıkta uygulanmasıyla birlikte askeri uçaklarda da bu teknolojiye dayalı yeniliklerin yer edinmesi sonucunda gelişmektedir. Günümüzde askeri uçakların akıllı teknolojilerle donatıldığı ve tehditlere karşı çok yönlü savunma olanağında bulunabildiği görülmektedir. GPS adı verilen küresel konum belirleme sistemi ile hedefin kolayca tespit edilebilmesi, kablosuz ağlarla kısa ve uzun mesafelerde iletişim kurulabilmesi, sesli komut sistemiyle pilotun sesle askeri uçağı yönlendirebilmesi, kızılötesi iletişim, algılama sensör teknolojisinin uçaklarda kullanılabilmesi gibi birçok teknolojik gelişme geçmiş döneme kıyasla askeri uçakların akıllı araçlar haline gelmesini sağlamış ve böylece savunma araçları güçlenmiştir (Şen vd. 2020: 160-161).

Savunma sanayi şirketleri her geçen gün gelişen teknolojiye uyum sağlayarak savunma gücünün gelişmesine katkı sağlamaktadırlar. Günümüzde askeri uçak teknolojisindeki gelişmeler aynı zamanda bir ülkedeki savunma sanayisine ayrılan bütçe ve Ar-Ge çalışmalarıyla da doğrudan orantılıdır. Dolayısıyla dünyanın en önemli savunma gücüne sahip ülkelerinin arasında başı çeken ABD ve Rusya'nın savunma sanayine ve bu sanayinin gelişimine ayırdıkları bütçeye bağlı olarak savunma gücünün bu noktalara geldiğini söylemek mümkündür (Kolektif, 2020: 19).

Dünyada savunma sanayi ve askeri uçak teknolojisi konusunda ileri noktada olan ülkelerin başında ABD gelmektedir. ABD gelişmiş teknoloji, ekonomik gücü ve savunma alanı yatırımlarıyla birlikte savunma sanayisinde ileri seviyededir. Defense News dergisinin 2022 senesinde yapmış olduğu araştırmaya göre savunma sanayi konusunda ABD 46 tane prestijli savunma şirketine sahiptir. Bu şirketler milyon dolarları bulan savunma gelirleri elde etmektedirler. Bu da ABD'nin savunma alanında ne denli ileri seviyede olduğunu bir kanıtı olmaktadır (Defense News, 2022).

Rusya ise, kendi askeri uçaklarını üretebilen bir diğer ülkedir. Uzun yıllardır çeşitli modellerde askeri uçaklar üreten ülke, hâlihazırda 5. Nesil savaş uçağı da üreten ender ülkelerden birisidir. Ülke, dünya çapında bilinen Kalışnikof ve Suhoi gibi savunma sanayii şirketlerine sahiptir.

Askeri uçakların çeşitli türleri olmakla birlikte savunma alanında en fazla kullanılan askeri uçak türünün başında savaş uçakları gelmektedir. Çalışmanın bu başlığı altında askeri uçak türü olan savaş uçakları ve savaş uçaklarının dünden bugüne ve geleceğe uzanan serüveni ele alınacaktır.

## 2.2. Savaş Uçakları

Bu başlık altında savaş uçaklarının tarihi, tasarımı ve nesilleri ele alınacaktır.

### 2.2.1. Savaş Uçaklarının Tarihi

İsveçli bilim insanı Emanuel Swedenborg 1716 senesinde yapmış olduğu havada uçan makine çizimleriyle insanlığa bir makinenin havada uçabileceğini ve insan taşıyabileceğini, dolayısıyla balon gibi yöntemler dışında sürekli olarak gerçekleşecek ve bir motor gücüne dayanacak şekilde taşınabilecek bir teknoloji olduğunu göstermişti.

1794 senesinde kurulan Fransız hava birimi olan Aérostats şirketi, havacılık alanındaki en eski askeri birim / şirket sayılabilir. 1793'te Fransız Ulusal Konvansiyonu tarafından alınan kararla kurulan şirket, Fransız Devrim Savaşları sırasında hava balonlarının kullanımı adına kurulmuş olup hava güvenliğini sağlamayı hedeflemiştir (Guilmartin & Taylor, 2018).

Savaş uçakların tarihi havacılık tarihinin başlamasından hemen sonra başlayacaktır. Havacılık tarihi 17 Aralık 1903'te Wright Kardeşlerin insan taşıyan motoru geliştirmesiyle başlamıştır. Balon, zeplin, planör gibi araçlardan sonra geliştirilen motorlu uçak, temelde ilkel havacılıktan modern ve gerçek üretimlere geçilmesini sağlamıştır. Wright kardeşlerden sonra başlayan uçak çalışmalarının ardından İtalya askeri alanda ilk kez Trablusgarp Savaşı (29 Eylül 1911-18 Ekim 1912) sırasında savaş uçağı kullanmıştır. Bombalama ve keşif görevi gören bu uçaklar Osmanlı Devleti tarafından düşürülmüştür. Askeri uçaklar çerçevesinde savaş uçaklarının savunma ve saldırı amaçlı kullanımı ise ilk kez Birinci Dünya Savaşı'yla birlikte başlamıştır. Savaşan her iki devlet topluluğu da uçak kullanmış, ancak Sopwith Camel adındaki Britanya yapımı uçak daha fazla hava zaferi kazanmasıyla ünlenmiştir.

Savaş uçaklarının savunma alanındaki önemi İkinci Dünya Savaşı'yla birlikte ön plana çıkmıştır ve savaş sonunda yapılan değerlendirmeler de bu gerçeği gözler önüne sermiştir. Savaş uçakları ilk olarak İkinci Dünya Savaşı'nda jet motorlu savaş uçakları olarak kullanılmış, daha sonra teknoloji ve ihtiyaçlar doğrultusunda tasarım ve fonksiyon anlamında sürekli iyileştirilmelerle birlikte yüksek kabiliyetli silahlar haline gelmiştir (Erşahin, 2009:1).

ABD ve İngiltere, hem stratejik hem de taktik operasyonlar için çok çeşitli ağır, orta ve hafif bombardıman uçakları geliştirdi. Bununla birlikte, Sovyetler, Almanlar ve Japonlar, kara veya deniz karşıtı operasyonları desteklemek için genellikle daha küçük bombardıman uçaklarına odaklandılar. Savaş devam ederken Almanya'nın dört motorlu stratejik bir bombardıman uçağı geliştirememesi, Britanya Savaşı'nı kaybetmesinin önemli bir nedeni olarak gösterilmektedir. Bununla birlikte genel olarak savaşta kullanılan uçaklar sonrasında dünya düzeninin şekillenmesi için ipuçları vermiş ve ülkelerin savunma sanayinde askeri uçak teknolojisine yatırım yapmaları gerçeğini göstermiştir (Committee, 2020).

Rafferty (2020) dünyanın en bilinen 11 savaş uçağını listelemiştir. Bu listede 1930'lı yıllarda İngiltere'de üretilen İngiliz tek kişilik savaş uçağı *Hurricane*, Amerika Birleşik Devletleri tarafından istihbarat toplama, gözetleme ve keşif amacıyla kullanılan tek kişilik yüksek irtifa jet uçağı *U-2*, Boeing Company tarafından 1948'de tasarlanan, ilk olarak 1952'de uçan *B-52 Stratofortress*, General Dynamics Corporation tarafından üretilen *F-16*, hafif tek motorlu bir önleme uçağı olan *MiG-21*, Sovyet stratejik cephaneliğindeki en uzun ömürlü silah olan *Tupolev Tu-95* bombardıman uçağı, Alman üretimi *Bf 109* avcı uçağı, Mustang olarak da adlandırılan *P-51*, Fransa'nın Dassault-Breguet havacılık firması tarafından üretilen *Mirage*, İkinci Dünya Savaşı sırasında Japonlar tarafından büyük bir etkiyle kullanılan *Mitsubishi Zero* ve ABD'nin Basra Körfezi Savaşı, Irak Savaşı ve Afganistan Savaşı'nda kullandığı *A-10 Thunderbolt II* yer almaktadır (Rafferty, 2020).

### 2.2.2. Savaş Uçaklarının Tasarımı

Uçak tasarımı; aerodinamik, yapılar, kontroller ve tahrik gibi analitik disiplinlerden farklı olarak havacılık mühendisliğinin ayrı bir disiplini şeklinde kabul edilmektedir. Başarılı bir uçak tasarımı; uçağın kullanım amacına uygun şekilde ihtiyaca yanıt vermesi, basit ve hafif yapısal elemanlar, iyi bir aerodinamik yapı kurgusu, birçok detayıyla uçağın işlevsel şekilde kullanılması adına doğru şekilde tasarlanmasıyla karşılığını bulmaktadır. Bu çerçevede bir uçak tasarımı; kavramsal tasarım, ön tasarım ve detaylı tasarımdan geçecek şekilde tasarlanır ve üretim sürecine geçilir (Pehlivanoglu, 2020: 7-10).

Savaş uçaklarının tasarımı, diğer uçaklara kıyasla çok daha karmaşık bir yapıdadır. Zira savaş uçaklarının savunma sahasında kullanılması, onların etkin bir güç haline getirilmesini gerektirirken, aynı zamanda bu uçakların hız, güç ve çeviklik bakımından tüm donatılarının işlevsel olmasını da gerektirmektedir. Günümüzde tasarlanacak olan bir savaş uçağının; silah sistemleri, navigasyon teknolojileri ve kontrol altyapısı, uçağın genel performansını artırmayı sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu nedenle tasarımda gövde, jet motorları, sensörler, kokpit, silahlar ve diğer bileşenlerle uçağın adeta başlı başına akıllı savunma gücünü oluşturması gerekmektedir.

Günümüzde savaş uçakları teknolojik alt yapısı güçlü, taktik ve teknik üzerine kurulu, tehlikeyi hızlı algılayabilecek ve saniyelerle karşılık verebilecek bir yapıya sahiptirler. Bu nedenle savaş uçakları tıpkı bir bilgisayar beyni gibi çalışmaktadır. Bilgisayar beyninden ayrılan en önemli özellik ise, her geçen gün komut girmeksizin tehlide karşılık verebilecek oto-kontrol ve komut düzeyine sahip olarak tasarlanmalarında saklıdır.

Savaş uçaklarında genel yapılandırma; kanat, kanat yerleşimi, kanat profili, motor sayısı, motor hava girişlerinin sayısı ve yerleşimi, yatay kuyruk, kanatlar, kanat sayısı ve diğer kontrol yüzeyleri gibi birçok öğeden oluşmaktadır. Bu öğelerin ne şekilde tasarlanması gerektiğine kısaca değinmek gerekirse; (Dimitriadis, 2017)

- *Kanatlar*; Modern yüksek performanslı avcı uçakları, üç kanat tipinden birine sahiptir: Trapezoidal, Delta, Düşük en boy oranına sahip kanatlar. Düşük performanslı avcı uçakları (eğitim uçakları, kara saldırı uçağı vb.), tıpkı nakliye uçakları gibi yüksek en boy oranlı geriye doğru eğimli kanatlara sahip olabilir.
- *Kanat Aerodinamik Merkezi*: Yamuk ve süpürülmüş kanat aerodinamik merkezinin konumu, ses altı koşulları ortalama aerodinamik akorun  $\frac{1}{4}$ 'ü, Süpersonik koşullar, ortalama aerodinamik akorun (Raymer)  $0,4$ 'ü şeklindedir.
- *Süpersonik Kanat Profilleri*: Çoğu süpersonik kanat profili, iki şeklin varyasyonlarıdır; Çift kama (veya elmas) ve Bikonveks (veya dairesel yay).
- *Motor ve Giriş Sayısı*: Modern uçaklar için motor numarası seçimi nispeten basittir; Ağır savaş uçakları için iki motor, hafif savaş uçağı ve eğitim uçakları için bir motor. Giriş yerleştirme için çeşitli olasılıklar vardır; Gövde burnunda tek bir giriş, Gövde altında tek veya çift giriş vb.
- *Kuyruk ve Kanardlar*: Modern savaş uçaklarında hem kuyruklar hem de kanardlar genellikle tamamen hareketlidir. Yükseltici yoktur, tüm kuyruk (veya kanard) kök eksenine etrafında dönebilir.

Uçak teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak savaş uçakları da her geçen gün yeni teknolojilerle donatılmaktadır. Bu da tasarımların her geçen gün çeşitlenmesine ve uçak parçalarının değişmesine olanak sağlamaktadır.

### 2.2.3. Nesillerine Göre Savaş Uçakları

Savaş uçakları teknolojik gelişmelere bağlı olarak farklı özelliklerle donatıldıkları için nesillerine göre sınıflandırılmaktadırlar. Burada nesil ifadesi temelde teknolojik gelişmelerle uçak teknolojisindeki ilerlemelere bağlı olarak savaş uçaklarının içeriğini ifade etmektedir. Bu sınıflandırma 1990'lı yılların ortalarından itibaren Rus savunma sanayinde ortaya çıkmış ve kullanılmaya başlamıştır (Babacan, 2022: 7).

Nesillerine göre savaş uçakları sınıflandırması yer yer tartışmalara sebep olabilmektedir. Pervaneli savaş uçaklarından ziyade yalnızca jet için geçerli olan bir terim olan uçak nesilleri kavramı bilhassa gelişen teknolojiye bağlı olarak eski uçakların geriye dönük donanımlarının yükseltilmesi veya yeni bir uçak tasarımıyla birlikte değerlendirilmesi

kümülatif bir bilgi birikiminin sonucu olabilir. Bu da kimi zaman nesil kavramının aslında zamana bağlı gelişim gibi değerlendirilmesi gerektiği konusunda düşündürür. Buna rağmen savaş uçakları literatürde nesillerine ayrılmaktadır ve bu nesil kavramından bahsetmek de önemli olacaktır (Fighter World Aviation Museum, 2023).

İkinci Dünya Savaşı hava gücünün muharebe sahasında önemini anlaşılmasını sağlamış ve savaş sonrasında savaş uçaklarının geliştirilmesi konusunda çalışmalar hızlanmıştır. İkinci Dünya Savaşı sırasında jet kuvvetlerine dayalı bir çatışma meydana gelmese de beş yıl sonra Kuzey Kore, Güney Kore'yi işgal etmiş ve bu işgal sırasında Lockheed Shooting Stars (F-80 olarak adlandırılır) ile uçan Amerika Birleşik Devletleri Hava Gücü (United States Air Force-USAF) birimleri hava saldırısında kullanılmıştır. 8 Kasım 1950'de Teğmen Russell J. Brown, bir F-80 ile MiG-15'i imha etmiş ve devamında savaşta F-86 Sabre'nin de kullanılmasıyla savaş sonunda bu uçakların önemi anlaşılmıştı (Callander, 2002: 72). Bu dönemden sonra savaş uçaklarının geliştirilmesine yönelik çalışmalar hızlanmış, her dönemde bu gelişim konusunda yeni aşamalar kaydedilmiştir.

Savaş uçakları 1940 senesindeki ilk tasarımına bağlı olarak temelde beş nesle ayrılmaktadır; ancak her geçen gün uçak teknolojisindeki gelişmelerle yeni savaş uçaklarının geliştirilebilmesi nesil sayısını ilerleyen dönemlerde artıracaktır. Günümüzde temelde beş nesle bağlı sınıflandırma yapılmaktadır.

*Birinci nesil savaş uçakları;* 1940'lı yıllarla birlikte ülkelerin hava kuvvetlerinin envanterine giremeye başlayan, jet motorları ile ses altı hızlarda seyredebilme kabiliyeti olan, makinalı tüfek entegreli, güdümsüz mühimmat taşıyabilen uçaklardı. Bu uçaklar hava kuvvetlerinin kullanmış olduğu pistonlu modellere tasarım olarak benziyordu. Bu savaş uçaklarında silahlar elle kontrol edilebiliyordu. Mikoyan MiG-15 Fagot ve F-84 Thunderjet bu uçaklara örnek verilebilir (Babacan, 2022: 8).

*İkinci nesil savaş uçakları;* 1950'lerin başından 1960'lara değin kullanılan, etken biçimli füze desteği ile sınırlı süpersonik uçuş yeteneklerine sahip olan uçaklardı. Bu uçaklar arasında Chengdu (AVIC) J7-F-7 (taarruz uçağı), CONVAIR F-102 (tek koltuklu süpersonik önleme uçağı), Dassault Mirage III (önleyici / taarruz uçağı), Dassault Mirage V (saldırı uçağı / avcı – bombardıman uçağı), Douglas F4D / F-6 Skyray, İngiliz Elektriği / BAC Lightning (tek koltuklu süpersonik önleme uçağı), Grumman F11F / F-11 Kaplan (yüksek performanslı savaş uçağı), Lockheed F-104 Yıldız Savaşçısı (tek koltuklu yüksek hızlı önleme uçağı), McDonnell F-101 Voodoo (keşif uçağı), McDonnell F3H Şeytanı (savaş uçağı-bombacı), Mikoyan-Gurevich MIG-21 (tek koltuklu süpersonik önleme uçağı), Northrop F-5 Özgürlük Savaşçısı (tek koltuklu hafif çok amaçlı uçak), Cumhuriyet F-15 Şimşek (tek kişilik avcı

bombardıman uçağı), Shenyang (AVIC) J-6 / F-6 ve Vought F-8 Crusader (deniz savaş uçağı) bulunmaktadır (Military Factory, 2023).

*Üçüncü nesil savaş uçakları;* 1960'lı yıllardan itibaren kullanılmaya başlanan, ikinci nesil savaş uçaklarının geliştirilmiş modeli olan, manevra kabiliyeti yüksek, kokpitlerde analog göstergelerin donatıldığı ve çok amaçlı kullanıma uygun uçaklardı. Bu uçaklar silah, füze ve lazer güdümlü bomba gibi mühimmatları taşıyabilmenin yanı sıra, görüş dışı hedefleme sistemini de içeriyordu. Dassault Mirage F1, Mitsubishi F-1, Sukhoi Su-17 ve Saab 37 Viggen bu uçaklara örnek olarak verilebilir (Babacan, 2022: 9-10).

*Dördüncü nesil savaş uçakları;* yaygın olarak süpersonik hızları olan, kablolu uçuş teknolojisindeki bazı varyasyonlarına sahip, gelişmiş aviyonikleri ve sınırlı gizlilik yeteneklerini kullanan savaşçılar olarak kabul edilirler (Hollings, 2020). Bu uçaklar 1970'li yıllardan 1980'lere kadar olan süreçte geliştirilmişlerdir ve çoklu rollerde kullanılacak şekilde geliştirilmesine önem verilmişti. Fly-by-wire yöntemli uçuş kontrol sistemleri kullanılan, dijital aviyonik sistemlere sahip olan ve bu nedenle daha az oto-kontrol gerektiren bu sistemler pilotlara da kolaylık sağlıyordu. Bu uçaklar aynı zamanda kullanılan malzemenin kompozit malzemeler olması sebebiyle daha hafifler. Bu uçaklara Sovyet yapımı Mig-29 ve Amerikan yapımı F-16 jet savaş uçakları örnek gösterilebilir.

Çeşitli kaynaklarda savaş uçaklarının nesillere bağlı sınıflandırılmasında *4,5 Nesil* gibi bir sınıflandırmanın da olduğu görülecektir. Bu nedenle bu sınıflandırmadan da bahsetmek gerekir. Beşinci nesil savaş uçaklarının maliyetli olmasından ötürü yeni teknolojilerin dördüncü nesil uçaklara uygulanması sürecinde *4,5 Nesil* savaş uçaklarının geliştirildiği düşünülmektedir. Bu sınıflandırma kapsamına giren uçaklar arasında F-16 Blok 60 ve sonrası, F-15SE, F/A18 E/F gibi modernize edilen uçaklar, Eurofighter Typhoon, Saab Gripen ve Dassault Rafale uçakları bulunmaktadır (Ermış, 2021: 462).

*Beşinci nesil savaş uçakları;* savaş jeti teknolojisindeki ilerlemelere bağlı olarak, 2000'li yıllardan sonra gelişen teknolojinin ürünü olan, hassas sensörlerle donatılmış, ağ bağlantılı silah sistemleri sebebiyle çok hızlı veri akışına sahip olan ve bunun sonucunda da keşif ve izleme faaliyetlerini aynı hızla gerçekleştirebilen uçaklardır. Bu veri akış hızının önemi kara, deniz veya havada hedefe odaklanıp hızla vurabilmesi ve tehdidi hızlı şekilde bertaraf etmeyi sağlamasından kaynaklıdır (STM Teknolojik Düşünce Merkezi, 2019: 4).

Genellikle beşinci nesil savaş uçaklarına özgü olarak lanse edilen özellikler arasında gelişmiş aviyonik sistemlere sahip uçaklar olması ve art yakıcıları devreye sokmak zorunda kalmadan süper seyir veya süpersonik hızlarda uçuş yeteneğine sahip olması bulunmaktadır; ancak bu özellikler halen istenen seviyede değildir ve geliştirilmektedir (Hollings, 2020).



Beşinci nesil savaş uçakları, pilotların savaş alanı resmini geliştirmek için bilgi almalarına, paylaşımlarına ve depolamalarına izin veren ağ bağlantılı sistemlerle donatılmıştır. Bu nedenle de beşinci nesil bir uçak, pilotun bir düşmana karşı karar üstünlüğünü sürdürmesine izin vermektedir. Dolayısıyla yazılımlarla birlikte akıllı hale getirilen uçaklar, becerikli pilotların elinde önemli savunma araçları olmaktadır (Fighter World Aviation Museum, 2023).

Beşinci nesil savaş uçakları henüz geliştirilme süreci devam ederken ve hiçbir ülkede tam anlamıyla projeler istene olgunluğa erişememişken, altıncı nesil savaş uçaklarına yönelik çalışmalar da başlamıştır. Henüz kavramsal aşamada kalan ve 2030'lardan sonra operasyonel hale gelmesi beklenen bu uçakların en önemli özelliğinin yapay zekâ ile donatılma şeklinde olacağı düşünülmektedir. Altıncı nesil savaş uçakları; daha büyük uçak gövdesi ve motorlara sahip, siber güvenlik önlemleri açısından önemli donanımları olan, ağ merkezli hareket kabiliyeti yüksek, sensör bilgilerini ve görüntülerini birleştirerek kullanabilen pilot kasklara sahip özellikte uçaklar olacaktır (STM Teknolojik Düşünce Merkezi, 2019: 6).

Karakuş ve Gönen (2022) teknolojinin her geçen gün geliştiği günümüz dünyasında savunma sanayinin de bu gelişime ayak uydurmak zorunda olduğunu ve ülkelerin savunma sanayi konusunda endüstri 4.0'ın gücünü kullanarak milli güçlerine katkı sağlayabileceklerini dile getirmiştir. Altıncı nesil savaş uçakları askeri birlikleri en etkin şekilde yönetmek, askeri alanda teknolojik gücü ortaya koymak ve son teknolojide tehditlere karşı hızlı yanıt verebilmek adına önemli özelliklere sahip olacaktır. Bu noktada bu uçakların eğitim simülasyonlarının olması, artırılmış gerçeklikle donatılmaları, otonom robotlar içermeleri, büyük verilerle donatılmaları ve analitik ortamda geliştirilmeleri muhtemel olacaktır (Karakuş & Gönen, 2022: 105-108).

### 3. TÜRK SAVAŞ UÇAKLARININ TARİHİ

Türk savaş uçaklarının tarihi henüz yeterince köklü ve deneyime dayalı bir seviyeye ulaşmasa da Türk havacılık tarihi 17.yüzyılda yaşayan bilgin Evliya Çelebi'nin aktardığına göre oldukça eskiye dayanmaktadır. Çelebi ünlü eseri *Seyahatname*'de lodoslu bir havada kendi yaptığı kanat benzeri araçla kendisini Galata Kulesi'nden aşağı bırakan ve Doğançılar'a dek uçan Hezarfen Ahmet Çelebi'den bahsetmektedir. Bu bilgi aslında Türklerin henüz 16.yüzyılda uçma girişimleri olduğunu ve uçabilecek bir araç geliştirmeye çalıştıklarını göstermektedir. Bu bilginin de öncesinde Türk İslam kaynakları Gazneliler döneminde yaşayan Farabî İmam İsmail Cevherî (940-1002)'den bahseder. Bu kişi doğa bilimleri, fizik ve matematikle ilgilenen ve edindiği bilgilerle kuşların kanat sistemine benzer bir şey geliştirerek

uçabileceğini düşünür. Bir gün Horasan-Nişabur'da imamlık yaptığı Ulu Cami'nin çatısına çıkıp geliştirdiği kanat benzeri bir şeyle uçmaya çalışır, ancak yere çakılır. Kendisi çeşitli kaynaklarda ilk Türk havacılık şehidi olarak kabul edilir (Helvacıoğlu, 2019).

Modern anlamda bilinen ilk uçaklı uçuş 17 Aralık 1903'te North Carolina'da Wilbur ve Orville Wright kardeşler tarafından gerçekleştirilmiştir. Uçak yapımı adına çalışan kardeşler, geliştirdikleri bir başka askeri uçakla 1909 senesinde uçmuşlar ve bu da ABD'de askeri havacılık faaliyetlerinin resmen başlamasını sağlamıştır. Bu tarihten sonra uluslararası alanda havacılıkla ilgili konferanslar yapılmaya başlanmıştır. İlk Paris'te gerçekleşen konferansa Osmanlı askeri ataşesi de katılmış, ayrıca Mustafa Kemal de gözlemci heyetle birlikte gitmiştir. Bu konferansla birlikte Türk heyetinin Fransa'ya uçuş eğitimi için çeşitli kişiler gönderebileceği kararlaştırılmış, 1911'de Süvari Yüzbaşı Fesa ile İstihkâm Teğmen Yusuf Kenan Beyler sınav sonucuna bağlı olarak eğitime gitmeye seçilmişlerdir. 1911 yılında Türk Hava Kuvvetleri kurulmuş ve bir sonraki sene de Türk Ordusu ilk pilotlarına ve ilk uçaklarına kavuşmuştur (Erdemli, 2011: 6-8).

Osmanlı Devleti gelişmiş ülkelerle aynı dönemde havacılığı ordu teşkilatına dahil etmiştir; ancak geliştirilmesi söz konusu olduğunda Osmanlı'nın içinde bulunduğu ekonomi bu yetkinliğe gelmesine izin vermemiştir. Buna rağmen, ilk tayyare fabrikası kurma teşebbüsü Balkan Savaşı sonunda gündeme gelmiştir. Birinci Dünya Savaşı devam ederken tayyare, motor ve teknik personel ihtiyacı sebebiyle yine Tayyare ve Tayyare Motor Fabrikası kurulması gündeme gelmiş, teknik yetersizlikler bu kararın alınmamasında etkili olmuştur. Bu dönemlerinde hava savunmasında Alman silahları kullanılmıştır (Tatar, 2018: 293-295).

Cumhuriyet'in ilanından sonra Türk havacılığının modernleşmesi ve aynı zamanda askeri havacılık alanında istenen seviyeye gelinebilmesi için çalışmalar hızlanmıştır. 1923 senesinden 1926 senesine değin Hava Kuvvetleri Müfettişliği'nin genişletilmesi adına çalışılmış, hava bölüklerinin sayısı üçten ona çıkarılmıştır. 1924 senesinden itibaren personellerin yurt dışı eğitimi almaları adına çalışmalar hızlanırken, 1928 senesinde Hava Kuvvetleri Müfettişliği lağvedilmiş, yerine Hava Müsteşarlığı kurulmuştur. 1932 senesinde ise hava taburlarının yerine hava alayları kurulurken, 1937 senesinde Hava Harp Akademisi açılmış, 31 Ocak 1944 tarihinde ise önemli bir adım atılarak Müdafaa-i Milliye Vekaleti bünyesindeki Hava Müsteşarlığı'na ve Erkân-ı Harbiye-i Umûmiye'sine bağlı olan hava Birlikleri tek bir çatı altına toplanmış ve Hava Kuvvetleri Komutanlığı kurulmuştur. Böylece askeri havacılıktaki yetkili çalışma alanlarında tek bir komutanlık olması sağlanmıştır. 1947 yılında Hava Kuvvetleri Komutanlığı ordu seviyesine çıkarılmış, bu da komutanlığın savunmadaki gücünü artırmıştır (Erdemli, 2011: 41-43).

Türkiye Cumhuriyeti Devleti'nin kurucusu Mustafa Kemal Atatürk Türk sivil ve askeri havacılığının gelişmesine oldukça önem vermiş, bilhassa Cumhuriyet'in ilanından sonraki süreçte Osmanlı Devleti dönemindeki askeri gücün eksikliklerini bildiği için askeri havacılığın gelişmesi adına adımlar atmıştır. Atatürk "Göklerde bizi bekleyen yerimizi almak zorundayız. Yoksa o yeri başkaları istila eder ve işte o zaman bu ülke ve ulus elden gider..." diyerek, bu sözleriyle askeri havacılığın savunma gücü içerisindeki önemine vurgu yapmış ve Türkiye'nin bu konuya yatırım yaparak gelişmesi gerektiğinin altını çizmiştir (Yalçın, 2008: 54).

Türkiye'de havacılık sanayisinde bilhassa askeri havacılığın gelişimi adına birçok adım atılmıştır. Bunlar arasında bilhassa iki önemli teşebbüsten bahsetmek gerekir: TOMTAŞ (Tayyare Otomobil Motor Türk Anonim Şirketi) ve Kayseri Uçak Fabrikası. Mustafa Kemal Atatürk'ün milli savunma sanayiye kurmak adına yaptığı en önemli girişimlerden biri olan ve 7 Eylül 1925 senesinde anlaşması imzalanan TOMTAŞ (Tayyare Otomobil Motor Türk Anonim Şirketi), Türkiye ve Almanya arasında imzalanan anlaşmaya dayalı olarak kurulmuştur. Bu şirket Türk Hava Kuvvetleri'nin ihtiyacı olan her türlü uçağı ve motoru üretme, petrol aramaları yapma, uçak üretmek için uçak ve motor fabrikası kurma gibi amaçlara hizmet etmiştir. Fabrika kurulduğunda gerekli teçhizat Almanya'dan Junkers firmasından Türkiye'ye getirilmiştir. TOMTAŞ kısa bir süre üretim yapsa da maliyetlere bağlı olarak üretilen uçakların yeterli performans sağlayamamasından ötürü 1929 senesinde tüm haklarını Türk Tayyare Cemiyeti'ne devrederek kapatılmıştır (Güngör, 2019: 45).

**Tablo 1. Kayseri Uçak Fabrikası'nda Üretilen ve Montajı Yapılan Uçaklar**

Tarih	Uçak Tipi / Adedi	İşlem
1926	A-20 L / 30 adet	Montaj
1926-1927	F-13 / 3 adet	Üretim
1933-1934	Hawk-II / 24 adet	Üretim
1934	Fledgling 2C1 / 8 adet	Üretim
1935	US-4 (11 adet), PS-2 8 (11 adet), G-9 (5 adet)	Üretim
1936-1937	Gotha 145 A (43 adet)	Üretim
1936-1937	P.Z.L.-24 A (4 adet), P-24 G (21 adet)	Üretim

**Kaynak:** Yalçın, 2010: 582

Askeri uçak üretimi konusunda bir diğer önemli girişim Kayseri Uçak Fabrikası'nın kurulmasıdır. Türk Tayyare Cemiyeti'nin kuruluşundan sekiz ay sonra kurulması yönünde

girişimlerde bulunulan bu fabrikanın 1926 senesinde açılışı gerçekleşmiş ve 1932 senesinde faaliyetleri başlamıştır. 1935 senesinde 50 adet planör Türkkuşu, 1937 senesinde Gotha 145 uçaklarından 45 tane ve yine aynı sene 20 adet PZL-24A-24C tipi uçak üretilmiştir. Üstelik faaliyette kaldığı dönemde uçaklar bir yana motor ve yedek parça üretimleri de yapılmıştır (Yalçın, 2010: 580-582).

Kayseri uçak fabrikası o dönemin koşullarına göre önemli üretimler yapmıştır. Sonraki dönemlerde üretimden çok kiralama işlemlerinin sürdürülmesiyle birlikte üretim faaliyetleri sonlanmış, uçak bakım faaliyetlerine yönelik hizmetlerini sürdürmüştür (Yalçın, 2010: 583).

Türkiye’de askeri havacılığın gelişmesindeki en önemli dönüm noktalarından biri Türk Uçak Sanayii Anonim Ortaklığı’nın kurulmasıdır. 1976 senesinde faaliyete başlayan şirket, Hava Kuvvetleri Komutanlığı’nın ihtiyacı olan uçakların yapılması adına kurulsada 1976 senesinde bu anlamda bir proje üretimine başlanmamıştır. Ancak sonrasındaki üretimleriyle askeri havacılığa etkin şekilde katkı sağlamıştır (Defence Turkey, 03.03.2023). Şirketin en önemli yanı 1970’lerdeki “kendi uçağını kendin yap” sloganına sahip olması ve bu sloganla yerli ve milli uçağın geliştirilebileceğine inanarak çalışmasıdır. 1984 yılında Türkiye ve Amerika Birleşik Devletleri ortaklığı ile Türk Uçak Sanayii Anonim Ortaklığı tarafından Türk havacılık ve Uzay Sanayii (TAI) kurulmuştur. 2005 yılında yabancı hisselerin alınması ile birlikte TAI ve Türk Uçak Sanayii Anonim Ortaklığı birleşmiş ve Türk Havacılık ve Uzay Sanayii Anonim Şirketi (TUSAŞ) kurulmuştur.

2000’li yıllarla birlikte dünyada askeri uçak teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak üretimler çeşitlenmiştir. Bu dönemde daha evvel *4,5 Nesil* olarak belirtilen savaş uçaklarının kullanıldığı görülmektedir. 1990’lı yılların başında geliştirilen bu uçaklar, stealth teknolojisiyle donatılmış uçaklardı. Türkiye ABD üretimi olan F-15 ve F-16 kapsamında bu uçakları ithal etmişti. Bununla birlikte yine bu dönemde jet uçaklara AESA teknolojisi entegre edilerek kullanılmıştı.

Günümüzde ise Türkiye’nin yerli ve milli üretimleri gündeme gelmekle birlikte savaş uçakları konusunda aktif olarak ABD yapımı F-4E saldırı uçakları ve yine ABD yapımı F-16’lar kullanılmaktadır.

### 3.1. Yerli ve İthal Savaş Uçakları

Türk savunma ve havacılık sanayii kendi üretimleri üzerinden ithalat yapabilecek güçte olduğu ve bu ithalattan önemli bir gelir elde ettiği gibi, savunma sanayii açısından yetersiz olan veya savunma ihtiyacı açısından diğer devletlerden temin edilmesi gereken

araçları ise ithal edebilmektedir. Böylece savunma sanayi hem yerli hem de yabancı üretimlerle güçlenmektedir.

İki bin yirmi iki sene sonu verilerine bakıldığında yılın ilk 11 ayında 3.7 milyar dolar; son 12 aylık dönemde ise 4.2 milyar dolar savunma ihracatı yapıldığı, 2021 senesinde kilogram başı ihracatı (\$/kg) 48.4 dolar olan ihracat değerinin 2022 senesinde 55.9 dolara yükseldiği ve böylece mücevher sektöründen sonra en fazla kilogram başı ihracat değerine sahip olan sektörler arasında yerini aldığı görülmüştür. Bu veriler Türk savunma sanayinin iyi bir noktada olduğunu göstermektedir. Sektörün ithalat durumuna bakıldığında 2021 senesine kıyasla %7,2'lik bir artış görüldüğü ve 3.6 milyar dolar ithalat yapıldığı ortaya çıkmaktadır. İthalatta ise en önemli pay uçak alımlarına dayalıdır (Savunma Sanayi – ST, 2022).

BBC'nin (2021) araştırmasına göre Türkiye'nin envanterinde F-4E ve F-16 savaş uçakları bulunmaktadır. Bu uçaklar arasında yer alan F-4E uçakları ABD yapımı uçaklardır. F-4'ler Vietnam Savaşı'nda kullanımıyla ünlenmiş, ilk kez 1970'lerde Türkiye'nin envanterine girmiştir. İkinci ve üçüncü nesil olan bu uçaklar, F-35'lerin aktif hizmete başlamasıyla birlikte devre dışı bırakılacaktır; ancak çeşitli siyasi sebepler dolayısıyla F-4E'lerin aşama aşama emekli edilmesi planı yavaşlatıldı. Günümüzde Türkiye aktif olarak envanterindeki 30 adet F-4E uçağını kullanmaktadır (BBC, 12.11.2021).

Türkiye'nin envanterindeki bir diğer uçak ise F-16'dır. F-16'lar 1987'de ilk olarak Türkiye envanterine girmiş ve TAI tarafından üretilmeye başlanmıştır. Günümüzde Türkiye'nin envanterindeki 250 adet F-16 uçağı aktif kullanılmaktadır (BBC, 12.11.2021).

Türkiye'nin F-16 serüveni 1983 senesinde ABD ile Teklif ve Kabul mektuplarının (LOA) imzalanmasıyla birlikte başlamıştır. TAI'nin üretmesine bağlı olarak 1987 senesinde aktif çalışmalar başlamıştır. Tarihsel süreçte modernizasyon anlaşmaları dahilinde teknolojiye uygun hale getirilen F-16'lar askeri havacılıktaki değişime adapte olarak seneler içerisinde kullanılmıştır. Bu nedenle Türkiye'nin gerek savunma adına gerekse savunma sanayinin gelişimi adına önem arz etmektedirler (Defence Turkey, 03.03.2023).

Türkiye 2021 yılında F-35 programından çıkarılmasının ardından yerli ve milli savaş uçağı üretimi konusunda yeni ve hızlı kararlar almıştır. Rusya'dan satın alınan S-400 füze savunma sistemine yönelik güvenlik açığı doğabileceği gerekçesiyle ABD'nin Türkiye'yi bu programdan çıkarması, yeni nesil savaş uçağı F-35 üretim süreci içinde olunmayacağını, dolayısıyla savaş uçağı teknolojisi konusunda dünyadaki önemli gelişmelerden geri kalılabileceğini göstermektedir; ancak bu dönemde Türkiye milli muharip uçak projesine de

hız kazandırarak yerli savaş uçağı üretimiyle bu eksikliğin giderilmesini planlamaktadır (BBC, 12.11.2021).

### 3.2. Savunma Sanayi ve Savaş Uçağı Üretimi

Osmanlı Devleti'nin son dönemlerinde vücut bulmaya başlayan Türk savunma sanayi, o dönemki teknolojik yetersizlikler ve ülkenin içinde bulunduğu durumdan ötürü yeterince gelişmemiştir. Türkiye Cumhuriyeti Devleti'nin kurulmasıyla birlikte her alanda yenilik ve ilerleme prensibinin benimsenmesi, askeri alandaki güç kaynağı olan savunma sanayine yönelik çalışmaları da hızlandırmıştır. Makine Kimya Endüstrisi (MKEK) 1950 senesinde kurulmuş, Türk Silahlı Kuvvetlerinin her türlü silah, mühimmat ve diğer savunma araçlarının geliştirilmesi adına çalışmalar başlamıştır. Türkiye'nin 1952 senesinde Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü'ne üye olmasıyla birlikte dış yardımlar ve kredili satışlar yoluyla savunma ihtiyaçları karşılanmıştır. Kıbrıs Barış Harekâtı sonrasında savunma tehditlerinin artması savunma sanayine yönelik yatırımların da artması gerektiğini göstermiştir (Baran, 2018: 59).

Türk savunma sanayinin kaynağı 3238 sayılı Kanun md.12 çerçevesinde Savunma Sanayi Destekleme Fonu (SSDF)'dur. Merkez Bankası bünyesinde kurulan bu fon, yine aynı kanun çerçevesinde birçok kaynağa sahiptir ve bu kaynaklardan doğrudan akışla birlikte desteklenmektedir. Bu destekleme savunma sanayinin güçlenmesi, dolayısıyla Türk askeri gücünün de istenen seviyeye gelmesini sağlamak amaçlıdır (Baran, 2018: 63).

Türk savunma sanayinde üretimlerin geliştirilmesi, aynı zamanda yerli ve millî savunma sanayini kurarak bu konuda dışa bağımlılığı azaltmak ve savunmayı güçlendirmek adına yapılan girişimler Türk Uçak Sanayii Anonim Ortaklığı'nın kurulmasını sağlamıştır. Teknoloji Bakanlığı bünyesindeki bu kurum, Türkiye'nin savunma sanayini güçlendirmeyi amaçlamaktadır. İlgili şirket paydaşları; Türk Silahlı Kuvvetleri Güçlendirme Vakfı, Savunma Sanayi Başkanlığı ve Türk Hava Kurumu'dur. Türkiye'de askeri uçak üretimi girişimleri söz konusu olduğunda kurumun *Hürkuş*, *Gökbey*, *T129 Atak Helikopteri* ve *İnsansız Hava Aracı (ANKA)* girişimlerinden söz etmek gerekir. *Hürkuş* projesi Savunma Sanayii Müsteşarlığı ile TUSAŞ arasında 2006 senesinde imzalanan anlaşmaya bağlı olarak geliştirilen yeni nesil temel eğitim uçağını ifade etmektedir. 29 Ağustos 2013 tarihinde ilk uçuşunu başarılı bir şekilde gerçekleştiren uçak, gece ve gündüz görev yapabilme kabiliyetine sahiptir. Savunma Sanayii Müsteşarlığı ile TUSAŞ arasında yine 2013 senesinde imzalanan bir diğer anlaşmayla *Gökbey* projesi başlatılmıştır. *Gökbey* yerli helikopteri askeri lojistik, insan taşıma, yük taşıma, hava lojistik gibi amaçlarla kullanılması planlanmaktadır. Bir başka önemli proje *T129 Atak*

*Helikopteri*'dir. Türk Silahlı Kuvvetlerinde hava savunmasında kullanılan helikopter, gece gündüz yüksek manevra kabiliyetine sahip taarruz ve keşif amaçlı kullanılan bir askeri araçtır. İlk olarak 2014 yılında kullanılmaya başlanan helikopterin daha sonra yerli kullanım sayısı arttığı gibi, ihracatı da yapılmaktadır. Son olarak *İnsansız Hava Aracı (ANKA)* projesinden bahsetmek gerekirse, ilk uçuşunu 2010 senesinde gerçekleştiren bu hava araçları havada gözlem, araç tespiti, nesne tespiti vb. amaçlarla kalmak adına tasarlanmışlardır. Günümüzde seri üretimde olan bu araçlar, aynı zamanda yerli üretim donanımlarla da başarılı şekilde geliştirilmektedir (Güngör, 2019: 74-81).

### 3.3. Yeni Nesil Savaş Uçakları

Bugüne değin nesillerine bağlı olarak beş nesil savaş uçağı sınıflandırması yapılmaktadır. Günümüzde yeni nesil savaş uçaklarından bahsedildiğinde akla genellikle altıncı nesle geçiş gelmesine rağmen, yeni nesil savaş uçaklarının beşinci nesli ifade ettiği belirtilmelidir. Zira beşinci nesil uçaklar halen istenen donanım ve teknolojik yeterlilik konusunda aşama kaydetmektedir.

Endüstri 4.0 döneminde teknolojik ilerlemeler yeni nesil uçakların diğer dört nesle kıyasla savunma alanında hem başarılı savunma yapabildiğini hem de geliştirilen diğer uçaklara kıyasla hız, öngörü ve taktik anlamında tehlikeyi püskürtecek donanımda olmasını gerektirmektedir. Bilgisayar sistemleri, uzay teknolojileri ve diğer ilgili alanlardaki gelişmeler endüstrinin tam anlamıyla savaş uçaklarını hem akıllı hem de savunma gücü yüksek silahlar haline getirmeyi amaçlamaktadır.

Yeni nesil savaş uçaklarının en önemli özelliği, ağ destekli hareket kabiliyetine sahip olmalarıdır. Diğer bir deyişle bu uçaklar, hem kendi alıcılarından hem de diğer alıcılardan gelen bilgileri birleştirerek muharebe sahasının net görüntüsünü ortaya çıkarabilme, hava sahasının ve diğer alanların güvenliği söz konusu olduğunda başarılı bir iletişim ağı kurabilme yeteneğine sahiptirler. Bu yetenekle hareket icraları da gelişmektedir (Meteksan, 2019: 61).

Türkiye'nin yeni nesil savaş uçakları kapsamında TUSAŞ tarafından 2011 senesinde geliştirilmeye başlanan ve 2030 senesinde aktif kullanılabileceği öngörülen TF-X bulunmaktadır. Adet başı üretimde maliyetin 100 milyon dolar olacağı düşünülen uçaklar, tam anlamıyla son teknoloji ile donatılmış, yüksek manevra kabiliyeti ve düşük görünürlüğü olan uçaklardır. F-35'lerden daha büyük olacağı düşünülen bu uçaklar; a 1,8 Mach maksimum sürat, 14 m kanat açıklığı, 21 m uzunluk ve 6 m yüksekliğe sahip olacaktır. Teknolojik donanım özellikleri arasında yüksek hassasiyete sahip AESA radar, sentetik açıklıklı radar

(SAR), elektronik destek ve elektronik karıştırma (ESM/ECM) kabiliyeti de olan bu uçakların savunma sahasında çığır açacağı düşünülmektedir (Birer, 2021: 64-65).

Yeni nesil savaş uçaklarından bir diğeri F-22'dir. Kendi kategorisinde yeni nesil uçaklar arasındaki ilk üretim olan F-22'ler son insanlı taarruz savaş uçağı olarak görülen F-35'lerin geliştirilmiş versiyonudur. Uçağın en önemli özelliğı yüksek manevra kabiliyetine sahip olmasıdır (Babacan, 2022: 13). ABD tarafından hiçbir ülkeye satılmayan bu yeni nesil uçağın teknolojik olarak yerel üretimdeki milli muharip uçak projesine benzer olduğu düşünülmektedir. Dolayısıyla Türkiye F-22 üretemese de benzer özellikleri milli muharip uçak üretiminde kullanmaktadır.

Yeni nesil uçaklardan bahsedildiğinde özellikle F-35'ler akla gelmektedir. 2001 yılında Lockheed Martin firmasının geliştirmeye başladığı F-35'ler tek motorlu ve tek kişilik yeni nesil savaş uçaklarıdır. Bu savaş uçakları ileri düzey teknolojik özelliklerle donatılmış olup bu özellikler arasında gelişmiş sensörlerden elde edilen verilerin pilota kılavuzluk sağlaması, yüksek silah ve yakıt taşıma kapasitesinin olması ve yine A-B ve C modellerinin farklı özelliklere sahip olması sayılabilir (Birer, 2021: 66). Türkiye, ABD'nin F-35 programına dâhil olmuş ve 100 adet F-35 siparişi vermişti. Ancak 2022 itibarıyla F-35 programından çıkarılması sebebiyle bu uçaklar Türkiye'nin yeni nesil uçakları arasında yer almayacaktır.

### 3.4. Milli Muharip Uçak (MMU) Projesi

Milli Muharip Uçak (MMU) Projesi, Türk Hava Kuvvetleri Komutanlığı envanterinden 2030 yılı itibarıyla kademeli şekilde çıkarılması planlanan F-16 uçaklarının yerine, yerli üretimle yapılan ve aynı zamanda yerli savaş uçağı üretiminde önemli bir aşama kaydedildiğini gösteren bir projedir. Proje kapsamında beşinci nesil bir uçakta olması gereken düşük görünürlük, dâhili silah yuvası, yüksek manevra kabiliyeti gibi özelliklerin olduğu beşinci nesil savaş uçağı geliştirilecektir. Böylece ABD, Rusya, Çin gibi ülkelerin yanında Türkiye de kendi savaş uçağını üretebilecek ve savunma konusunda güçlü bir adım atmış olacaktır (TUSAS, 2023).

MMU projesi 05 Ağustos 2016 tarihinde imzalanmış ve tüm paydaşların görevleri belirlenerek projeye başlanmıştır. Projenin geliştirilmesi ve aynı zamanda proje kabiliyetinin artırılması adına TUSAŞ ile BAE Systems (İngiltere) arasında 2017 senesinde "Ana İlkeler Sözleşmesi" (Heads of Agreement) imzalanmış ve tasarımdan, sertifikasyona kadar tüm aşamalar planlanmıştır. Böylece MMU'nun 2030 – 2070 seneleri arasında Türk Hava Kuvvetleri Komutanlığı envanterinde olması planlanmıştır (TUSAS, 2023).



MMU projesi çerçevesinde üretilecek olan savaş uçakları beşinci ve üst neslin sahip olması gereken özelliklere sahip olacak ve güvenli veri paylaşım teknolojisiyle birlikte akıllı bir araç olarak geliştirilecektir. Hava – hava ve hava-yer sahalarında etkin taarruz yapabilecek olan bu uçaklar üstün hava hâkimiyetine sahip olacaklardır. Diğer bir deyişle yüksek performanslı radar, haberleşme ağı, tanımlama gücü, isabetli ateşleme, otomatik hedefleme ve diğer yapay zekâ uygulamaları bu uçaklarda bulunacaktır (MMU Tanıtım Broşürü, 2020). Uçakların sistem özellikleri ve teknik veriler ise Tablo 2’de gösterilmiştir.

**Tablo 2. Milli Muharip Uçakların Sistem Özellikleri ve Teknik Veriler**

Milli Muharip Uçak (MMU) Projesi	
Sistem Özellikleri	Teknik Veriler
<ul style="list-style-type: none"><li>• Yüksek Durumsal Farkındalık</li><li>• Optimize Edilmiş Pilot İş Yüğü</li><li>• Muharebe Hasar Tespiti</li><li>• Yeni Nesil Görev Sistemleri</li><li>• Diğer Unsurlarla Müşterek Çalışılabilirlik</li><li>• Düşük Görünürlük ve Kızılötesi İz</li><li>• Sensör ve Veri Füzyonu Destekli Atış</li><li>• Kontrol Sistemi ile Hassas Vuruş</li><li>• Kısa Dönüş Süresi</li><li>• Kolay Bakım</li><li>• Sürdürülebilir Yaşam Döngüsü Desteğı</li><li>• Uygun Maliyetli Yaşam Döngüsü Desteğı</li><li>• Dâhili Silah Yuvası</li><li>• Supercruise Kabiliyeti</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Kanat Açıklığı 14 m (46 ft)</li><li>• Uzunluk 21 m (69 ft)</li><li>• Yükseklik 6 m (20 ft)</li><li>• İtki 2 x 29.000 lb</li><li>• Azami Hız 1,8 Mach (40.000 ft)</li><li>• Servis Tavanı 55.000 ft</li><li>• Pozitif / Negatif G Limiti +9g / -3,5g</li></ul>

**Kaynak:** MMU Tanıtım Broşürü, 2020

Milli muharip uçakların sistem özelliklerine bakıldığında hem bir savaş uçağında olması gereken son teknolojilere uygun şekilde donatıldığını, hem de beşinci nesil savaş uçaklarına uygun şekilde hava sahasında etkin savunma yapabilecek şekilde tasarlandığı görülmektedir. Bu uçaklar pilotların iş yükünü azaltan, muharebeye tam anlamıyla odaklanan akıllı donatılarla yeni nesil savunma ihtiyacına yönelik olan, aynı zamanda sürdürülebilir şekilde tasarlanan uçaklar olacaktır. Diğer bir deyişle uçakların uzun ömürlü olması ve uzun

yıllar kullanılması hedeflenmektedir. Aynı şekilde teknik özellikler de sistem özelliklerine hizmet edecek ileri teknolojilerle donatılmışlardır (MMU Tanıtım Broşürü, 2020).

Türkiye Havacılık ve Uzay Sanayi Genel Müdürü Temel Kotil 11 Ocak 2023 tarihinde düzenlenen basın buluşmasında muharip uçak projesinin devam eden projeler arasında en önemlisi olduğunu, insanlı bir uçak ama fly-by-wire teknolojisiyle donatılmasından ötürü dijital kontrollü bir uçak olduğunu, güçlü bir bilgisayar sistemine sahip olduğu belirtmiştir. Kotil "...güçlü bir bilgisayar sistemi var, IPU bütün bu görevleri üzerine alıyor. Sen şu silahı kontrol et, sen şu radarı buraya focus et, tut bunun üzerine, sen bunu yap sonra. Bunlar (uçuş kontrol sistemi ve görev bilgisayarı) birbiriyle entegre gidiyorlar. Yani gelecekteki ülkeleri koruma sistemi gerçekten dijital olacak. Bu uçak da dijital" diyerek muharip uçağın teknolojik gücüne de vurgu yapmıştır (Defence Turkey, 27.02.2023).

#### 4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada askeri uçaklar kapsamındaki savaş uçakları ele alınmış, özelinde Türkiye'de savaş uçaklarının dün, bugün ve geleceği değerlendirilmiştir. Literatür araştırması türünde olan bu çalışmada temel gaye, Türkiye'nin hava savunmasındaki savaş uçakları konusundaki çalışmalarının geçmişten günümüze ne şekilde ilerlediğini görmek, bu ilerlemenin yeterli seviyede olup olmadığını tartışmak, yerli ve ithal savaş uçaklarının durumunu, yerli üretimdeki hedefleri, savaş uçaklarının teknolojiyle ilişkisini ve gelecekte bu ilişkiye bağlı olarak hava savunmasında, hava sanayisinde ne noktalarda olunabileceğini değerlendirmektir.

Osmanlı Devleti döneminde askeri havacılık adına adım atılmış olsa da bu konudaki önemli çalışmalar Cumhuriyet sonrasında yapılmıştır. Kurulan uçak üretim fabrikalarında yerel üretim çalışmaları yapılmış, ancak istenen teknolojiye ancak modern dönemde ulaşmak mümkün olmuştur. Günümüzde Türkiye hem yerel hem de ithal üretimlerle askeri havacılık alanında çalışmalarını sürdürmektedir.

Türk havacılığına önemli katkıları olan aynı zamanda iş insanı ve siyasetçi Nuri Demirağ 20.yüzyılın ortalarında Türk havacılığının geleceğine yönelik yaptığı bir konuşmada şu sözleri dile getirmiştir: (Tuna, 2010: 49)

Avrupa'dan, Amerika'dan lisanslar alıp tayyare yapmak bir kopyacılıktan ibarettir. Çünkü demode tipler için lisans verilmektedir. Yeni icat edilenler ise, bir sır halinde, büyük bir kıskançlıkla muhafaza edilmektedir. Binaenaleyh kopyacılıkta devam edilirse, demode şeylerle beyhude yere vakit geçirilecektir. Şu halde Avrupa ve Amerika'nın son sistem tayyarelerine mukabil, yeni tip bir Türk tipi vücuda getirilmelidir.

Bu sözler hiç şüphesiz ki o dönem için yerli uçak üretiminin ne denli önemli olduğunu, bilhassa askeri savunma sahasında önemini gösteriyordu. Aradan geçen sürede bu sözlerin

önemi değişmemiş, aksine günümüzde yerli üretimlerin artan önemine mukabil olarak aynı zamanda sürekli geliştirilebilir, sürdürülebilir olması gibi dinamikler de eklenmiştir. Bu çerçevede sadece hava savunmasında değil, diğer savunma alanlarında da yerli üretimlerin önemli bir bağımsızlık ve güç göstergesi olduğu belirtilmelidir.

Sovyetler Birliği'nin dağılmasından sonra dünya iki kutuplu düzenden, tek kutuplu düzene geçmiş ve ABD merkezinde bir dünya siyasi sistemi oluşmuştur. Bu dönemle birlikte *küreselleşme* dediğimiz, dünyada sınırların giderek kaybolduğu ancak bariz şekilde ülkelerin güçlerini global düzende gösterebildiği düzen başlamıştır. Küreselleşmeyle birlikte ABD ve Avrupa merkezli olarak tüm dünyaya insan hakları, barış, evrensel iyilik gibi genel ve çoğunlukla yapıcı yönlü duygular aktarılırken, bir yandan da bu duygular çeşitli ülkeler için etnik parçalanmalara ve tıpkı Fransız İhtilali sonrasında olduğu gibi çatışmalara sahne olmuştur. Dolayısıyla bu dönemden sonra dünyada tam olarak görünmeyen tehditlerin varlığı kabul edilmiş, hatta bu yumuşak güçle de bağdaştırılmıştır. İşte bu durum savunma gücünün önemini bir kez daha ortaya çıkarmıştı. Zira savunma gücü ileri seviyede olan ülkeler için tehditleri bertaraf etmek de kolay olacaktı (Taşkesen, 2006: 150-151).

Dünyada teknoloji egemen bir dönem başlamıştır. Bu dönemde akıllı cihazlar ve bu cihazlarla aktarılan hızlı veri akışları sınırları, zaman-mekân arasındaki engelleri ortadan kaldırmış ve eş zamanlı, interaktif iletişim olanaklarını artırmıştır. Bu güç sadece sosyal ortamda değil, savunma alanında da kullanılmakta, zira savunmada *güç pozisyonumu* stratejik hale getirmektedir. Savunma alanında teknolojinin kullanılmasıyla birlikte tehdidin ne zaman geleceği, nasıl bertaraf edileceği gibi konular seri ve etkin şekilde yanıtlanabilmektedir.

Kasapoğlu (2019) geleceğin hava harp ortamının üç kritik teknolojik ve doktriner yönetime bağlı olarak şekilleneceğini dile getirmiştir. Bunlardan ilki, harp sahasındaki hareket kabiliyetini kısıtlayıcı A2/AD (anti-access/area denial) kabiliyetlerinin ön plana çıkması; ikincisi beşinci nesil uçakların olabildiğince geliştirilmesi ve sonuncusu ise bilgi üstünlüğüdür. Bu üç unsur sadece dünyadaki hava savunmasını değil, tüm ülkelerin yerel savunma geleceklerine şekil verecek düzeydedir (Kasapoğlu, 2019).

Kasapoğlu'nun (2019) da görüşleri dâhilinde Türk askeri havacılığında savaş uçaklarının geleceğine dair bir değerlendirme yapmak gerekirse, her şeyden evvel savaş uçakları teknolojisindeki ilerlemelere bağlı şekilde Türk savaş uçaklarının da ithal ve yerli üretimde gereken teknolojiyle donatılması bir yana, endüstri 4.0 olanaklarına uygun, yapay zeka teknolojisine dayalı bir boyuta gelmesi gerektiğinin altı çizilmelidir. Zira bu uçaklar sadece savunma alanında kullanılmamakta, aynı zamanda savunma alanındaki ihracat verileri de göz önüne alındığında önemli getiriler sunmaktadır. MMU projesinin sonuçlanması ve

amaçlarını gerçekleştirilmesi dâhilinde F-16 uçaklarının kademeli olarak kullanımdan çıkarılması, hem Türk hava savunmasında önemli bir başarı olacak hem de milli savaş uçaklarının ihraç edilebilmesini ve savunma getirisi sağlamasını da olanaklı kılacaktır.

Şu husus belirtilmelidir ki Türkiye tek başına ileri teknoloji yeni nesil bir savaş uçağını tek başına üretecek bir güce sahip değildir. Bu nedenle uçak ihtiyacının karşılanması söz konusu olduğunda gerek parça gerekse uçak ithal edilmektedir. 2022’de ABD tarafından Türkiye’nin F-35 programından çıkarılması, bu çerçevedeki yeni nesil uçakları satın alamaması anlamına gelirken, bu durumda diğer nesil uçakların geliştirilmesi yoluna gidilecektir. TUSAŞ Genel Müdürü Prof. Dr. Temel Kotil yakın tarihte yaptığı açıklamada Türkiye’nin F-35 programından çıkarılmasının ardından F-16’ların üretilmesi adına ABD’de izin gerektiği ve TUSAŞ tesislerinde üretim yapılabileceğini belirtmiştir. Bununla birlikte F-16’ların ne denli yeni nesil teknolojilerle yarışabileceği sorusu akıllara gelirken, bir diğer soru da milli muharip uçak projesinin tek başına yeterli olup olmayacağına dairdir (Sputnik, 12.01.2023).

Türkiye’nin savunma sanayi açısından yerli ve milli üretimlerde bulunması ilerleyen yıllarda savunmanın gelişimi ve maliyetleri yüksek savaş uçaklarından kara geçmeyi sağlamaktadır; ancak Türkiye’nin halen yeterli teknoloji ile donanımlı, F-35 seviyesinde yeni nesil bir uçak üretemeyeceği gerçeği ise savunma alanında özellikle büyük devletlerle yarışılmayacağını göstermektedir. F-16 uçaklar elbette ki yeni nesil teknolojilerle donatılarak modernizasyon süreci geçirebilirler. Bu noktada F-35 programından Türkiye’nin çıkarılmasının savunma alanındaki etkilerine dair şu anda kesin bir yargıda bulunmak doğru değildir. Bununla birlikte milli muharip uçak projesinin F-35’lerin yerini alıp alamayacağına yönelik bir değerlendirme yapmak için de henüz erkendir. Zira proje kapsamında ilk kullanımın 2030 senesinde yapılması, uçakların ise seri üretimle kullanımının 2070’e değin olması beklenmektedir. Bu nedenle Türkiye’nin hava savunması için bu uçakların ne denli yeterli olacağı ise ilerleyen yıllarda öngörülebilecektir.

Endüstri 4.0 çerçevesinde gelişen teknoloji, Türkiye’nin savunma sanayinde Ar-Ge çalışmalarını hızlandırması gerektiğini göstermiştir. Türkiye’nin F-35 programından çıkarılmasından sonra ara uçak ihtiyacını karşılamak adına gerekli olan F-16’lar için ABD’den izin alması bir yana, mevcut uçakları için 79 adet modernizasyon kiti satın alma talebi olmuştur (Sputnik, 12.01.2023). Bu da halen uçak teknolojisinde gereken seviyeye ulaşılması gerektiğini göstermektedir. Türkiye’nin ilerleyen dönemde savaş uçakları ve uçak teknolojisindeki geleceği büyük oranda teknolojiye bağlı olarak şekillenecektir.

Bu makale çalışması kapsamında yapılan araştırmayla birlikte, Türkiye’de savaş uçakları konusunda daha çok ithal uçaklar üzerinden hava savunmasının güçlendirildiği görülmektedir. Yakın zamanda gerçekleştirilen milli muharip uçak projesi yakın gelecekte Türkiye hava savunmasının daha da güçleneceğine bir işarettir. Bu gibi projelerin çoğalması, bilhassa ileri teknoloji ile donatılması, hem havacılık konusunda güçlenmenin hem de Türk milli gücünün savunma destekli güçlenmesinin sağlayıcısı olacaktır.

## 5. KAYNAKÇA

Akkutay, B.L. (2017). Uluslararası Hukukta Sivil ve Devlet Hava Aracı Ayrımı. *Türkiye Adalet Akademisi Dergisi*, 31(1), 315-348.

Babacan, B. (2022). *Yeni Nesil Muharip Uçak Tasarım Kriterleri ve Mevcut Uçak Karşılaştırmaları*. (Yayımlanmamış Bitirme Projesi). İstanbul Teknik Üniversitesi/Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, İstanbul.

Baran, T. (2018). Türkiye’de Savunma Sanayi Sektörünün İncelenmesi ve Savunma İhtiyaçlarının Ekonomi Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi. *Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 4(2), 58-81.

Birer, G.C. (2021). Yeni Nesil Savaş Uçakları. *Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu Popüler Bilim Yayınları*. 3 Mart 2023 tarihinde <https://services.tubitak.gov.tr/edergi/yazi.pdf?jsessionid=cmhklIUw9xvUquUXIsi5rnTb?dergiKodu=4&cilt=54&sayi=1107&sayfa=58&yaziid=45747> adresinden alındı.

BBC (2021, Kasım 12). F-35 ve F-16: Türkiye'nin envanterinde hangi savaş uçakları var, F-35 programından çıkarılması Hava Kuvvetleri’ni nasıl etkiler? 3 Mart 2023 tarihinde <https://www.bbc.com/turkce/haberler-turkiye-59255768> adresinden alındı.

Boztaş, A. (2020). Uluslararası Güç Konseptinin Dönüşümü: Askerî Güç = Siber Akıllı Güç. *Türk Asya stratejik Araştırmalar Merkezi*, 663-671

Callander, B.D. (2002). The Jet Generations. *Air Force Magazine*, 68-73.

Committee. (2020). The Evolution of the Early Air Force. 1 Mart 2023 tarihinde <https://www.beaufort.k12.nc.us/site/handlers/filedownload.ashx?moduleinstanceid=584&dataid=634&FileName=as100-ch03-103-p160-191.pdf> adresinden alındı.

Defense News. (2022). Top 100 For 2022. 1 Mart 2023 tarihinde <https://people.defensenews.com/top-100/> adresinden alındı.

Defence Turkey (2023). TUSAŞ GM Temel KOTİL: `Biz Burada Ne Mucizevi Bir Şey Yapıyoruz Ne De Basit Bir İş Yapıyoruz! 1 Mart 2023 tarihinde <https://www.defenceturkey.com/tr/icerik/tusas-gm-temel-kotil-biz-burada-ne-mucizevi-bir-sey-yapiyoruz-ne-de-basit-bir-is-yapiyoruz-5432> adresinden alındı.

Defence Turkey (2023). Dünyada ve Türkiye F-16 Savaşan Şahinler. 1 Mart 2023 tarihinde <https://www.defenceturkey.com/files/content/5ee0e134c3e48.pdf> adresinden alındı.

Dimitriadis, G. (2017). Fighter Aircraft Design. 1 Mart 2023 tarihinde <http://www.ltas-cm3.ulg.ac.be/AERO0023-1/ConceptionAeroFighter.pdf> adresinden alındı.

- Erdemli, M.G. (2011). *Dünden Bugüne Türk Havacılık Tarihi ve Eskişehir*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Osmangazi Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.
- Ermış, U. (2021). F-35 Programı ve Türk Hava Kuvvetlerinin Geleceği. *Uluslararası Kriz ve Siyaset Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 458-498.
- Erşahin, N.E. (2009). *Savaş Uçağı Geliştirme Programlarını Olumsuz Etkileyen Faktörlerin Önem Derecelerinin Belirlenmesi*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Başkent Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Fighter World Aviation Museum (2023). Five Generations of Jets, 1 Mart 2023 tarihinde <https://www.fighterworld.com.au/az-of-fighter-aircraft/five-generations-of-jets> adresinden alındı.
- Güngör, M. (2019). *Cumhuriyet'in Kuruluşundan Bugüne Yerli Uçak Üretimi ve Havayolu Taşımacılığı*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Helvacıoğlu, E. (2019). Uçan İlk Türkler. *Bilim ve Gelecek Dergisi*. 28 Şubat 2023 tarihinde <https://bilimvegelecek.com.tr/index.php/2019/05/18/ucan-ilk-turkler/> adresinden alındı.
- Hollings, A. (2020). What Sets a '5th-Generation' Fighter Jet Apart From a '4th-Generation' Fighter Jet. 28 Şubat 2023 tarihinde <https://www.businessinsider.com/differences-between-fifth-and-fourth-generation-fighter-jets-2020-4> adresinden alındı.
- Karakoç, E. & Yılmaz, B. (2020). Askeri Güç ve Teknolojik Dönüşüm. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 13(72), 229-241.
- Karakuş, G. & Gönen, İ. (2022). Askeri Alanda Endüstri 4.0 Uygulamaları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 43(1), 104-109.
- Kasapoğlu, C. (2019). Askeri Havacılık Trendleri Nasıl Bir Gelecek Gösteriyor? 28 Şubat 2023 tarihinde <https://edam.org.tr/askeri-havacilik-trendleri-nasil-bir-gelecek-gosteriyor/> adresinden alındı.
- Kolektif. (2020). *Havacılık 2050*. Ankara: Nobel Akademik Yayınları.
- Meteksan. (2019). Meteksan Savunma, Özgün ve Yenilikçi Çözümleri ile Milli Muharip Uçak'a Katkı Vermeye Hazır. 28 Şubat 2023 tarihinde [https://www.meteksan.com/files/makaleler/msi\\_mmu\\_makalesi\\_2019\\_1553004089.pdf](https://www.meteksan.com/files/makaleler/msi_mmu_makalesi_2019_1553004089.pdf) adresinden alındı.
- Military Factory. (2023). 2nd Generation Fighter Aircraft. 28 Şubat 2023 tarihinde <https://www.militaryfactory.com/aircraft/2nd-generation-fighter-aircraft> adresinden alındı.
- Morgenthau, H. (1985). *Politics Among Nations: The Struggle For Peace And Power*. New York: Knopf.
- Pehlivanoglu, V. (2020). Aircraft Design. 28 Şubat 2023 tarihinde [https://ae.ieu.edu.tr/documents/ae\\_405.pdf](https://ae.ieu.edu.tr/documents/ae_405.pdf) adresinden alındı.
- Rafferty, J.P. (2020). 11 of the World's Most Famous Warplanes. 28 Şubat 2023 tarihinde <https://www.britannica.com/list/11-of-the-worlds-most-famous-warplanes> adresinden alındı.
- Roblin, S. (2019). 6th Generation Fighters Are Coming (And Everything Else Will Be Obsolete), The National Interest. 28 Şubat 2023 tarihinde <https://nationalinterest.org/blog/buzz/6th-generation-fighters-are-coming-and-everything-else-will-be-obsolete-56082> adresinden alındı.

Savunma Sanayi – ST. (2022). Türk Savunma Sanayinin 2022 Yılı İhracat Şampiyonları. 28 Şubat 2023 tarihinde <https://www.savunmasanayist.com/turk-savunma-sanayinin-2022-yili-ihracat-sampiyonlari/> adresinden alındı.

Sputnik. (2023). TUSAŞ talip oldu: ABD'den istenen F-16'lar Türkiye'de üretilebilir mi? 5 Mart 2023 tarihinde <https://sputniknews.com.tr/20230112/tusas-talip-oldu-abdden-istenen-f-16lar-turkiyede-uretilebilir-mi-1065675469.html> adresinden alındı.

STM Teknolojik Düşünce Merkezi. (2019). Savaş Uçakları ve Askeri İnsansız Hava Araçlarının Geleceği. STM, Ankara.

Şen, M. & Dalcalı, A. & Temurtaş, F. (2020). Havacılık Endüstrisinde Kullanılan Teknolojilerin Dünü, Bugünü ve Gelecek Eğilimleri. *Bandırma On Yedi Eylül Üniversitesi Dergisi*, 3(2), 158-167.

Taşkesen, G. (2006). *Türk Havacılık Tarihinin Eleştirel Yaklaşım*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). İnönü Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, Malatya.

Tatar, C. (2018). *Türk Havacılık Tarihi (1909-1954) Milli Mücadele Dönemi Öncesi ve Sonrası Türk Havacılığı*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Afyon Kocatepe Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, Afyon.

Tuna, E. (2010). *Türkiye İktisadi Kalkınma Sürecinde Girişimci Örneği: Nuri Demirağ*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

TUSAŞ. (2023). Milli Muharip Uçak (MMU). 28 Şubat 2023 tarihinde <https://www.tusas.com/urunler/yeni-projeler/ozgun/mmu> adresinden alındı.

Yalçın, O. (2008). *Türk Hava Harp Sanayi Tarihi*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Gazi Üniversitesi/Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara

Yalçın, O. (2010). Türk Devleti'nin Uçak Fabrikası Kurma Mücadelesinde İlk Girişim: Tayyare ve Motor Türk Anonim Şirketi (TOMTAŞ) ve Kayseri Uçak Fabrikası. *Atatürk Araştırma Merkezi Dergisi*, 26(1), 561-588.

## “Kriz Yönetiminde Gemba’nın Beş Altın Kuralı:

### Uçak Kazası Raporu Belgeseli Örneği”

**Mehmet Akif ÖZER<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Prof. Dr., Ankara Hacı Bayram Veli Ün., İİBF, Sij. Bil. ve Kamu Yön. Böl., mehmet.oz@hbv.edu.tr*

**Mehmet Doğan EROL<sup>2</sup>**

*<sup>2</sup>Doktorant, Ankara Hacı Bayram Veli Ün., LEE, Sij. Bil. ve Kamu Yön. A.B.D., m.dgn.er@hotmail.com*

**Geliş Tarihi/Received:** 08.07.2023

**Kabul Tarihi/Accepted:** 09.08.2023

**e-Yayın/e-Printed:** 31.08.2023

**DOI:** 10.52995/jass.1324453

**ORCID:** 0000-0003-2220-2271, 0000-0001-7732-7392

---

#### ÖZET

Masaaki Imai, 1997 yılında yayımladığı “Gemba Kaizen” adlı eserinde etkin ve verimli bir üretim sistemi işletilebilmek için ilgili süreçlerde beş altın kuralın uygulanması gerektiğini belirtmektedir. Çalışmada ayrıntılı incelenen bu kurallar sırasıyla sorunu yerine gidip teşhis etmek, sorunu tüm yönleriyle görmek ve kontrol etmek, geçici önlemler almak, soruna neden olan sebebi bulup çözmek ve aynı türden hataların gerçekleşmesini engellemek amacıyla standartlaşmaya gitmektir. Bu çalışmada söz konusu kuralların kriz yönetiminde de çok olumlu sonuçlar vereceği öngörüsüyle, bir örnek olay incelemesinde süreç analizi yapılmıştır. Örnek olarak incelenen Uçak Kazası Raporu Belgeseli dünya genelinde yaşanan uçak kazalarının nedenlerini bulmak ve tekrardan aynı hataların gerçekleşmesini engellemek üzere Amerikan Federal Havacılık Dairesi müfettişlerden oluşan bir kurul tarafından yayınlanan raporun, belgesel formatında canlandırılmasını konu edinen bir yapıdır. Yapılan değerlendirmede, uçak kazalarının nedenlerini bulmak ve tekrardan aynı hataların gerçekleşmesini engellemek için Gemba Kaizen felsefesiyle hareket etmenin kuruluşlara büyük katkı sağlayacağı sonucuna ulaşılmıştır. Uçak Kazası Raporu Belgeseli yirmi yıla yakın süren onlarca bölüme sahip dünyada gerçekleşen uçak kazalarını analiz eden bir yapıdır. Bu yapının bütün bölümlerini incelemek, çalışmanın hacmini arttıracığından, Endonezya Uçak Kazası’nın incelendiği bir bölüm, Gemba Kaizen metodu ile analiz edilmiştir. Çalışmada buna benzer farklı türden olay ve sorunların, benzer teoriler üzerinden sahada incelenmesine dönük yeni araştırmaların yapılmasına katkı sunmak amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Uçak, Kaizen Felsefesi, Gemba’nın Beş Altın Kuralı, Havacılık Sektörü.

---



## “Gemba's Five Golden Rules in Crisis Management: The Example of Airplane Crash Investigation Documentary”

### ABSTRACT

Masaaki Imai stated in his 1997 book "Gemba Kaizen" that in order to operate an effective and efficient production system, five golden rules must be applied in the relevant processes. These rules are to go and diagnose the problem instead of waiting for it, to see and control the problem from all angles, to take temporary measures, to find and solve the root cause of the problem, and to standardize in order to prevent the occurrence of the same types of errors. This study examines these rules in the context of crisis management and analyzes a case study of a process. As an example, the documentary "Airplane Crash Investigation" depicts the causes of air crashes worldwide and aims to prevent the same mistakes from happening again by presenting a report published by the American Federal Aviation Administration inspectors in a documentary format. The evaluation concludes that the Gemba Kaizen philosophy can make a significant contribution to organizations in order to find the causes of airplane crashes and prevent the same mistakes from happening again. The documentary, which has nearly twenty years of episodes analyzing airplane crashes worldwide, was examined, but only one episode on the Indonesian airplane crash was analyzed using the Gemba Kaizen method in order to avoid increasing the scope of the study. The purpose of the study is to contribute to new research that examines similar problems from different fields through similar theories in the field.

**Keywords:** Airplane, Kaizen Philosophy, Five Golden Rules of Gemba, Aviation Sector.

### 1. GİRİŞ

Son yıllarda her alanda yaşanan değişim, yönetim süreçlerini de doğrudan etkilemekte ve yönlendirmektedir. Bu hızlı dinamik ortamda iş süreçleri, yönetim yaklaşımları, stratejileri, örgüt kültürü ve örgüt iklimi dahi yenilenmektedir. Yaşanan değişim, genellikle örgütsel süreçlerin daha iyi hale getirilmesi, eski uygulamalara göre verimlilik artışı sağlanması, müşteri/vatandaş memnuniyetinde artış, maliyetleri düşürme, yenilikçilik, büyüme ve daha iyi koşullarla rekabet gibi kuruluşlara birçok avantaj sağlamaktadır.

Kuruluşlar klasik yönetim anlayışlarını; yaşanan teknolojik gelişmeler, piyasa koşulları, hukuki düzenlemeler, müşteri/vatandaş talepleri, yaşanan rekabetin gereklilikleri, yönetim kademelerinde değişiklikler, kurumsal birleşmeler, finansal kaynakların azalması, yaşanan krizler ve artan risk ortamı gibi birçok nedenden dolayı değiştirmektedirler. Bu süreçte örgüt yapısı değişime hazırlanmakta, gerekli stratejiler belirlenmekte, yeni uygulamaların performans ölçümü yapılmakta ve sonuçlar değerlendirilmektedir. Bu sürecin doğru bir şekilde planlanması ve uygulamaların rasyonel bir şekilde yürütülmesi zorunludur.

Günümüzde yönetim anlayışlarında değişiklik kapsamında gündeme gelen kriz yönetimi uygulamaları da kuruluşlara değişimin yönetimi sürecinde büyük faydalar sağlamaya başlamıştır. Bilindiği gibi kriz yönetimi, beklenmedik, tehlikeli veya zararlı bir durumun ortaya

çıkması durumunda, bu durumun etkilerini en aza indirmek için yapılan planlama, koordinasyon ve uygulamaları içeren bir süreçtir. Bu çalışmanın odağında yer alan havacılıkta kriz yönetimi ise havacılık endüstrisi içinde meydana gelen krizlerin önlenmesi, yönetimi ve sonuçlarının en aza indirilmesi için yapılan planlama, koordinasyon ve uygulamaları kapsar. Bu krizlerin havacılık sektöründe yer alan tüm aktörlerce ayrı ayrı yönetilmesi gerekmektedir. Bu şekilde sektör; uçak kazaları, hava taşıtlarının kaybolması, doğal afetler, terör saldırıları, teknik arızalar, grevler veya diğer acil durumlar gibi birçok farklı senaryoya karşı hazırlıklı olur. Süreçte olayların önlenmesi, müdahale edilmesi, etkilerinin en aza indirilmesi ve toplumla iletişim kurulması gibi birçok faydalar elde edilir. Bu çalışmada söz konusu kapsamda bir uçak kazası örneğinden hareket edilerek kriz yönetimi sürecinde Gemba'nın 5 Altın Kuralı'nı uygulamanın ilgili aktörlere hangi düzeyde ve nasıl yararlı olacağı tartışılacaktır.

Çalışmanın odağında yer alan Gemba kavramı, ünlü Japon teorisyen Masaaki Imai tarafından yönetim literatürüne kazandırılmıştır. 1930 yılında Japonya'da doğan Imai, kalite yönetimi ve özellikle de Kaizen üzerine yaptığı çalışmalarla tanınan bir Japon yönetim danışmanıdır. Tokyo'da doğan Imai, lisans derecesini 1955'te Tokyo Üniversitesi'nden almış ve burada uluslararası ilişkiler alanında yüksek lisans yapmıştır. 1950'lerin sonlarında Imai, Washington DC'de, Japon iş adamlarından oluşan gruplara Amerikan fabrikalarını ziyaretlerinde eşlik etmekten sorumlu olduğu Japon Verimlilik Merkezi'nde çalışmıştır. 1962'de Tokyo'da yönetim, yönetici ve araştırma personelinin işe alınması için kendi iş ve işçi bulma şirketini faaliyete geçirmiştir. 1986'da batılı şirketlere kendi kuramlaştırdığı kavramları, sistemleri ve araçları tanıtmak için Kaizen Institute Consulting Group'u (KICG) kurmuş ve yönetmiştir (Imai, 2023: 1). Bu sırada yayınladığı "Japonya'nın Rekabetteki Başarısının Sırrı: Kaizen" adlı eseri ile bir anda yönetim bilimine farklı bir boyut kazandırmıştır. Bu kitapta Japonca'da "iyileştirme" veya "en iyisi için değişim" anlamına gelen Kaizen kavramının; tüm yönetim süreçlerinde, üretim ve mühendislik alanlarında sürekli iyileştirmeye odaklanan bir felsefe olarak nasıl kabul edilebileceğini tartışmıştır. Kitabın önsözünde "bu kitapta açıklanan bütün fikirlerin bana ait olmadığını itiraf etmeliyim. Ben sadece, Japonya'da yıllar içinde geliştirilmiş ve kullanılmış yönetim felsefelerini ve araçlarını bir araya getirdim. Katkımlı olduysa, o da tüm bunları tek ve anlaşılabilir bir başlık -Kaizen kavramı- altında düzenlemiş olmamdır" (Aktan, 2000: 27) diyerek Kaizen anlayışına ne kadar önem verdiğini göstermiştir.

Masaaki Imai Kaizen kitabının yanında bir de Gemba Kaizen adında başka bir çalışma yayınlamıştır. Bu kitabında Gemba üzerinde odaklanarak Kaizen felsefesinin sürekliliğinin çalışma ortamı düzenlemeleriyle nasıl sürdürülebileceğini tartışmıştır. Japonca bir kelime olan Gemba, Japonya'da Lean Community (Dinamik Üretim) sürecinde kullanılan

yerel bir terimdir. İşletmelerin ve organizasyonların üretim ve iş süreçlerinde verimliliği artırmak, atıkları azaltmak ve müşteri/vatandaş memnuniyetini sağlamak için kullanılan bir yönetim felsefesidir. Burada Gemba; fabrika katı, hastane katı, restoran mutfuğı, depo koridorları, şantiye veya "işin yapıldığı yer" (Hafey, 2015: IX) anlamına gelmektedir.

Esasında çalışmanın odağında yer alan Gemba'nın Beş Altın Kuralı ile ilgili kaynaklara bakıldığında, çalışmaların Gemba'nın kurallarından çok yalın üretim metodolojisi üzerine yoğunlaştıkları, Toyota üretim sistemini ve uygulanan süreçleri ele aldıkları görülmektedir. Ayrıca israfı bertaraf etmeyi amaçlayan, üretimde kullanılacak hammadde, ekipman ve insan unsurundan minimum maliyetle maksimum verim elde etmeyi amaçlayan süreçlerin incelendiği dikkat çekmektedir. Bu kaynaklarda, israfın önlenmesi ve verimli çalışma ortamlarıyla etkin ve verimli çalışmanın sağlanılabileceği anlatılarak; ayıklama, düzenleme ve standartlaşma süreçleri üzerinde durulmaktadır.

Konuyla ilgili diğer kaynaklar ise daha çok Kaizen felsefesinin "sürekli iyileştirme" yönü üzerinde durarak organizasyon sürecinin, ürün çıktısının ve hizmet sunumunun nasıl daha verimli ve daha kaliteli olarak gerçekleştirilebileceğini, süreç optimizasyonu boyutuyla analiz etmeye çalışmaktadırlar. Ancak, Gemba'nın Beş Altın Kuralı'nda olan; sorunu teşhis etme, soruna neden olan sebebi bulup çözme ve aynı türden hataların gerçekleşmesini engellemek amacıyla standartlaşmaya gitme kurallarının literatürde etraflıca incelenmediği görülmektedir. Bu bakımdan alanda ortaya çıkan boşluğu doldurmak adına, bu çalışmada önce Masaaki Imai'nin ilkeleri kapsamında Kaizen felsefesi açıklanacak ve bu hususla doğrudan ilişkili görülen Gemba Kaizen ve Muda ilkeleri değerlendirilecektir. Ardından kriz yönetimi ile ilgili bilgiler verilecek ve Gemba Kaizen ilkeleri ile kriz yönetimi bağlantısı kurulmaya çalışılacaktır.

Çalışmanın örnek olay kısmında ise dünya çapında meydana gelen uçak kazalarını teknik bir dille anlatan milyonlarca izleyeni olan ve otoriteler tarafından gelmiş geçmiş en iyi belgeseller arasında gösterilen National Geographic Uçak Kazası Raporu Belgeseli, Gemba Kaizen ilkeleri bağlamında incelenecektir. Bu belgesel yirmi yıla yakın süredir devam eden ve onlarca bölüm içeriğe sahip olan bir yapımdan olduğundan, her bölümü tek tek incelemek mümkün olmamakla birlikte, ilgi uyandıran Kaizen felsefesiyle örtüşen bir bölüm üzerinden gidilerek kriz yönetimi değerlendirilmeye çalışılmıştır. Konunun teknik boyutu, kriz yönetiminin anlaşılması amacıyla özet olarak sunulmuş ardından yönetim bilimi ve kriz yönetimi bağlamında ilgili hususlar Gemba Kaizen ilkeleri kapsamında tartışılmıştır.

## 2. LİTERATÜR

### 2.1. Kaizen Felsefesi

Japoncada “Kaizen” sürekli iyileştirme anlamına gelen bir kavram olup minimum harcamayla sürekli gelişim anlamına gelmektedir. Kuruluşlarda, üretim süreçlerinin sürekli olarak geliştirilmesi ve verimliliğin artırılması için kullanılan bir yönetim felsefesi olarak da bilinir. Kaizen’de amaç, küçük ve sürekli iyileştirmelerin toplamı ile büyük bir etki oluşturmaktır. İmai’ye göre Kaizen, küçük ve kısa dönemde kademeli olarak artan oranda gelişim öngörmekle birlikte uzun vadede kalite, lojistik, maliyet konularında büyük bir gelişim gösteren verimliliği esas alır. Öngördüğü modele göre, gelişimin gerçekleşebilmesi için sürecin tüm aktörlerinin işbirliği yapması zorunludur (Nazimah, 2018: 106).

Geliştirme, iyileştirme ve bu sürecin sürdürülmesi anlamında kullanılan Kaizen kelimesi, Japonca’da değişim anlamını taşıyan “Kai” ve iyi anlamını taşıyan “Zen” kelimelerinin birleşiminden oluşmuştur ve kelimenin tam karşılığı “daha iyi”dir. Ülkede “daha iyiye doğru sürekli iyileştirme” anlamında kullanılmaktadır. Kavram sadece ürünün iyileştirilmesini kapsamamakta, aynı zamanda üretim anından ürünün pazara sunulmasına ve çalışanların eğitimine kadar bir çok alana hükmetmektedir (Haliloğlu, 2018: 37).

Japon kalite devriminin temel unsurlarından biri olarak görülen Kaizen Japon ekonomisinin 1980’lerde başarı göstermesinin ardından Amerikalı ve Avrupalı sanayicilerin de ilgisini çekmeye başlamıştır. Bu dönemde dünya genelinde Japon yönetim uygulamaları adeta ideolojik bir mit gibi algılanmıştır. Sistemin, düşük ücretler ve uygun olmayan çalışma koşullarında sıkı çalışmayı gerektirmesi ve sonuçta yüksek verim elde edilmesini sağlaması, yoğun ilgi görmesine yol açmıştır. Ayrıca küçük grup aktivitelerini, informel yapıyı, gönüllük esasına dayalı ve disiplinli çalışanları şart koşması da dikkat çekmişti. Bu şartlardan ötürü de sistem başlangıçta gerçekten uzak olarak görülmüş (Karkoszka ve Honorowicz, 2009: 198) ancak zaman ilerledikçe ülkedeki kuruluşların başarılarının artarak devam etmesi, Kaizen felsefesine olan ilginin daha da artmasına yol açmıştır.

Kuruluşlarda Kaizen kapsamındaki iyileştirmeler küçük ve kademeli olsa da bu süreç zaman içinde dramatik sonuçlar doğurmaya başlamıştır. Kaizen felsefesi sayesinde hiçbir Japon şirketi sert rekabet koşullarında ve hızla değişen çevresel şartlarda durağan kalamamıştır. Yeniliğe büyük önem veren batılı şirketler ise bu duruma hep imrenmişler, teknolojik atılımları ve en son yönetim konseptlerini ya da üretim tekniklerini kendi bünyelerine alabilmek için dramatik yöntemler denemişlerdir. Oysa Kaizen sürecinin kendisi hiçbir zaman dramatik olmamıştır. İnovasyon tek seferliktir ve sonuçları genellikle sorunludur. Oysa sağduyulu ve düşük maliyetli yaklaşımlara dayanan Kaizen süreci,

kuruluşlara uzun vadede karşılığını veren kademeli bir ilerleme süreci sağlar. Kaizen felsefesi aynı zamanda düşük riskli bir yaklaşımı öngörür (Imai, 2012: 2). Yöneticiler her zaman büyük maliyetlere katlanmadan değişimin istenmeyen sonuçları karşısında eski haline dönebilirler.

Literatürde Kaizen felsefesi aşağıda Şekil 1’de belirtilen ilke ve uygulamalar üzerinden hayata geçirilmektedir. Bunlardan en önemlisi her çalışanın fikirlerinin değerlendirilip hesaba katıldığı, takım çalışmasına dayanan kalite çemberleridir. Kaizen felsefesinde herkesten, temel düzeyde de olsa küçük çaplı gelişmelere yönelik fikirler bulması istenilir. Toyota ve Canon gibi şirketlerde, her işçinin yazdığı önerilerin %60 - %70’e yakın oranda uygulandığı görülmektedir.

Sonuçta şirket, çalışanların sorunların çözümünde ve yenilik oluşumunda yaratıcılığın esas olduğu kalite çemberlerini kullanmaktadır (Prosic, 2011: 1).

Esasında kuruluşlarda Kaizen felsefesinin temel prensibi; pozitif bir davranışı benimsemek, liberal görüşlü olmak, bahane üretmek yerine çözüm aramak ve harekete geçmektir. Bu stratejide yapılması gereken yapılırken mükemmeliyetçilik aranmadığı gibi elde mevcut kaynağa istinaden takımdaki bilginin maksimum seviyeye ulaşması sağlanmaya çalışılır (Endusa, 2021: 3-4).

Aşağıdaki şekilde de görüleceği üzere Kaizen; Kanban (üretim hattında malzeme ve işlemlerin akışını kontrol etmek için kullanılan kart sistemi), toplam kalite kontrolü, kalite iyileştirme, tam zamanında üretim, öneri sistemi, otomasyon, robotlar, sıfır hata, verimlilik artışı, işyerinde disiplin ve üretim gelişimi gibi birden çok tekniği bünyesinde barındırmaktadır (Singh ve Singh, 2009: 52).



Şekil 1. Kaizen İlkeleri: Japon Başarısına Giden Anahtar Yol

Kaynak: Martin, 2023:1.

Kuruluşlarda Kaizen bağlamında uygulamalarda bakım ve iyileştirme şeklinde yönetimin iki ana işlevi dikkat çekmektedir. Burada bakım; mevcut teknolojik, yönetsel ve işletim standartlarını sürdürmeye ve bu standartları eğitim ve disiplin yoluyla desteklemeye yönelik faaliyetleri içerir (James, 1986:1). Yönetim, bakım fonksiyonu kapsamında, herkesin standart işletim prosedürlerini takip edebilmesi için gerekli görevleri yerine getirir. İyileştirme sürecinde ise mevcut standartları yükseltmeye yönelik faaliyetler gerçekleştirilir. Standartları koruma ve geliştirme (Imai, 2012: 3) temel esastır. Bu süreçte ayrıca; üst konumdaki lidere bağlılık, örgüt kültürü, çalışan girişkenliği, çalışana yönelik verilen ödüller ve çalışan tanıma sistemi, çalışanların Kaizen teknikleriyle eğitimi ve Kaizen tasarımı (Janjić, Bogićević ve Krstić, 2019: 19) uygulamalarına da ayrı önem verilmektedir. Sürecin tamamında kalite, maliyet ve teslimat adımlarına da dikkat edilmesi gerekmektedir. Kalite, yalnızca bitmiş ürün veya hizmetlerin kalitesine değil, aynı zamanda bu ürün veya hizmetlere giren süreçlerin kalitesine de atıfta bulunur. Maliyet, ürün veya hizmetin tasarlanması, üretilmesi, satılması ve servisinin toplam maliyeti anlamına gelir. Teslimat ise talep edilen hacmin zamanında teslim edilmesini gerektirir (Imai, 2012: 11). Tüm bunlar eşzamanlı sağlandığında Kaizen felsefesinin gerekleri yerine getirilmiş olmaktadır.

Kuruluşlarda Kaizen Gemba uygulamaları yaparken şu hususlara dikkat edilmelidir (Dárius, 2023: 1-2):

Kaizen Gemba fikirleri sınırsızdır (geleneksel sabit fikirleri dışa atar). Bu stratejiyi uygularken bunun nasıl yapılabileceğini düşünün ve bunun yapılamaması için nedenler aramayın. Her strateji geliştirilebilir. Her gün küçük bir iyileştirme yapın. Herhangi bir gelişme için, çok az anlam ifade etse bile, mutlaka odaklanın, küçümsemeyin ve dikkat gösterin. Hemen tamamlanmamış çözüm, %100 mükemmel ancak uygulanmamış çözümden daha iyidir. Kaizen Gemba'nın yüksek yatırım gerektirmeyeceğini unutmayın. Sorunlar karşısında umutsuzluğa kapılmayın, hoş karşılayın, çözüm arayışları sizi diri tutacak ve geliştirecektir. İlgili süreçlerde sadece sonuçları değil sorunların temel nedenlerini de ortadan kaldırın. Sorunlara çözüm ararken başkalarını mutlaka dinleyin. Herkesten ve her yerden fikir toplayın. Sorunları takım halinde ekip çalışmasıyla çözün. Takımlar kavramları öğrenir ve bunları hemen uygulamaya koyar. Daima disiplinli ve ahlâklı olun. Sürecin sürekli iyileştirmenin öğretilmesi ve uygulanması için bir atölye olduğunu unutmayın. Kaizen Gemba'da her zaman yetenekler keşfedilir. Sonuçtan çok sürece odaklanılır. Anında sonuç alınmaya çalışılır. Süreç kalite, güvenlik ve ergonomiye uygun olmayan çözümleri kabul etmez. İsrافی tolere etmeyen örgüt kültürü oluşturmak esastır. Bu nedenle güçlü yönetim desteği ve katılımına ihtiyaç duyulur. Kaizen Gemba'nın açık mesajının "daha iyisini yap, daha

iyisini yap, bozulmamış olsa bile iyileştir, çünkü yapmazsan, yapanlarla rekabet edemezsin" olduğunu unutmayın.

Tüm bu gerekliliklerin yanında Kaizen felsefesinde uygulamaların başarısı, örgüte olan bağlılıktan geçmektedir. Uygulamalarda hedeflerin tutturulması örgüt kültürüne bağlı olarak birtakım önkoşullara uymayı gerektirmektedir. Bunların başında da örgüte ait değerler sisteminin tanınması, üretimde etkinsiz ve kayıplara yol açan unsurların sistemden atılması gerekmektedir (Janjić, Bogićević ve Krstić, 2019: 20). Bu durum da zaten kuruluş üst yöneticilerini zorunlu olarak yalın üretim, yönetim ve 5S ve uygulamalarına götürmektedir.

## 2.2. Yalın Üretim, Yalın Yönetim ve 5S Uygulamaları

Literatürde geçtiği şekliyle yalın üretim, üretim süreçlerinde israfı azaltmak, kaliteyi artırmak ve verimliliği en üst düzeye çıkarmak için kullanılan bir üretim felsefesidir. İşgücü süreçleri, işgücü piyasaları, ürünler ve tüketim modelleri bakımından oldukça iyi bir esnekliğe dayanan, tamamen yeni üretim alanlarının ortaya çıkmasıyla gündeme gelen yeni bir anlayıştır. İlk çıkışı Toyota öncülüğünde otomobil sektöründe olmuştur. Buradan hareketle kuramlaştırılan yalın yönetim ise belirli bir ürüne ya da teknik donanıma bağlı kalmaksızın hem mal hem de hizmet sektöründe uygulanabilen bütünsel bir yaklaşımı ifade etmekte ve temeline yalın üretimi almaktadır.

Yalın yönetimde esas olan müşterilerin istediği kalite ve standartlara daha çabuk ve yeterli cevap verebilmek için örgüt yapısının basitleştirilmesi, gereksiz ve katma değeri olmayan işlemlerin ortadan kaldırılması ve işi yapan ile karar verenin mümkün olduğunca birbirine yaklaştırılmasıdır. Bu yeni anlayış; katma değer yaratmayan faaliyetleri (Muda), süreç çeşitliliğini (Mura) ve kötü çalışma koşullarını (Muri) azaltarak süreçleri sürekli iyileştirme (Kaizen) felsefesine dayanan bir yönetim pratiğidir (Çilhoroz ve Arslan, 2018: 160).

Toyota Üretim Sistemi'nden esinlenerek geliştirilen yaklaşım; müşteri odaklılık (müşterilerin ihtiyaç ve beklentilerine odaklanmak ve onların memnuniyetini sağlamak için çaba göstermek), değer akışı analizi (iş süreçlerindeki tüm adımları ve bu adımların ürüne veya hizmete değer katıp katmadığını analiz etmek), akış (ürün veya hizmetin müşteriye ulaşması için gerekli olan tüm adımları en hızlı şekilde gerçekleştirmek), geri besleme (iş süreçlerindeki hataları veya israfları en kısa sürede tespit etmek ve gidermek için geri besleme mekanizmaları kullanmak), sürekli iyileştirme (iş süreçlerini sürekli olarak geliştirmek için çaba göstermek ve bu süreçte çalışanların fikirlerine değer vermek) ilke ve uygulamalarından oluşur. Bu ilkeler sayesinde literatürde işletmelerde verimliliğini ve müşteri memnuniyetini

artırmak ve israfları en aza indirmek için etkili bir yönetim felsefesi olarak (Bibus, 2023: 1) yerini almıştır.

Literatürde yukarıda belirtilen verimlilik sağlama ve israfları azaltma amaçlarına hizmet edecek diğer bir teori olarak 5S uygulamaları da dikkat çekmektedir. 5S, işyerindeki verimliliği, kaliteyi artırırken maliyetleri de düşürmeyi hedefleyen bir modern yönetim tekniğidir. Bu sistem, düzen ve temizlik ile birlikte çalışanların daha güvenli bir ortamda çalışmasını da sağlar. Kuruluşlarda kalite ortamını kurmak ve bu ortamı sürdürmek için oldukça uygun bir tekniktir. Baş harfleri “S” olan beş adet Japonca kavramdan oluşmaktadır. Bu kavramlar; Seiri-Sınıflandırma (Ayıklama), Seiton-Düzenleme (Yerleştirme), Seiso-Temizlik, Seiketsu-Standartlaştırma, Shitsuke-Disiplin (Kuralların Takibi, Sürekliliğin Sağlanması) olarak belirtilebilir (Maryani, Purwanto ve Kartika, 2020: 43).

5S uygulaması uzun süre Japonya’da çalışma ortamında hayata geçirilmeye çalışılmıştır. Japon 5S uygulayıcılarının büyük bir bölümü bu tekniğini sadece fiziksel ortam ve çevrenin iyileştirilmesi için değil; aynı zamanda düşünme süreçlerinin iyileştirilmesi için de önemli olduğunu iddia etmişlerdir. Uygulama örnekleri 5S’in hayatın her alanında sorunların çözümüne, risklerin azaltılmasına ve kazaların önlenmesine yardımcı olabilecek bir teknik olduğunu göstermiştir. Gündelik sorunların büyük bir çoğunluğu bu uygulamanın benimsenmesi yoluyla çözülebilir (Altundal, 2018: 195).

5S uygulamaları çalışanların kariyer basamakları ve kalite farkındalıkları için birçok imkân sunmaktadır. Etkili, verimli ve üretken bir yapının inşa edilebilmesi için atıkları ve israfı ortadan kaldıran düzenli bir çalışma ortamının yönetilmesine ortam hazırlayarak çalışan memnuniyetini artırmaktadır. Ayrıca işlemsel süreçleri kısalttığı gibi çıktı kalitesini de arttırmakta ve bunlara ilaveten de kazaların meydana gelme olasılığını da minimize etmektedir (Maryani, Purwanto ve Kartika, 2020: 44-45).

Aşağıdaki şekilde 5S öncesi ve sonrası bir ambarın durumu gösterilmektedir. Yapılan düzenlemelerin iş güvenliğine ve kaza risklerine etkisi de çok açık görülmektedir.





Şekil 2. 5S'ten Önce Ambarın Durumu

**Kaynak:** <https://www.kadjinews.com/kaizen-tool-implemet>, Erişim Tarihi: 23.04.2023.



Şekil 3. 5S'ten Sonra Ambarın Durumu

**Kaynak:** <https://www.kadjinews.com/kaizen-tool-implemet>, Erişim Tarihi: 23.04.2023.

Günümüzde birçok ülkede fast-food restoranlar, süpermarketler, oteller, kütüphaneler, eğlence merkezleri ve hizmet sektöründe yer alan daha pek çok organizasyon 5S uygulamasının bazı ilkelerini başarılı bir şekilde uygulamaktadırlar. Bu süreçte Japon ve Batı uygulama yaklaşımlarındaki en önemli fark, çalışanların katılım derecesinde görülmektedir.

5S uygulamalarını teknik boyutta sistematize eden Japonlar sürece çalışanların da etkin katılımını sağlamıştır. Birçok ülkede kriz yönetimi uygulamalarında da ilgi gören 5S uygulamaları sadece müşterileri/vatandaşları etkilemek için değil, aynı zamanda iyi ürün ve hizmet için gerekli olan etkili kalite süreçlerini oluşturmak (Altundal, 2018: 196) amacıyla da kullanılan bir iş yapma yöntemi haline gelmiştir.

### 2.3. Muda ve Gemba Kaizen İlkeleri

Dünya genelinde uygulamalara bakıldığında Kaizen tekniklerinin maliyetlerin minimize edilmesinde performans temelli yöntemler arasında en iyisi olduğu genel kabul görmektedir. Bunların başarıya ulaşmasında Kaizen felsefesine göre yönetici ile çalışan ilişkilerinin ve de çalışanların kuruluşa olan bağlılıklarının çok kuvvetli olması gerekmektedir. Kaizen felsefesinin çok iyi anlaşılabilmesi için ilgili kavramların iyi bilinmesi gerekmektedir. Bunlar; Kaizen (sürekli gelişim), Kai (değişim), Zen (daha iyiye gidiş), Gembutsu (hasar, kusur), Muda (kayıp, hurda, zarar), PDCA (planla, uygula, kontrol et, önlem al döngüsü), SDCA (standartlaştır, uygula, kontrol et, önlem al) (Titu, Oprean ve Grecu, 2010: 2) şeklinde belirtilebilir. SDCA özellikle üretim süreçlerinde yapılacak iyileştirme girişimleri öncesinde uygulanır. Bu kavramlar arasında Gemba Kaizen ile doğrudan ilgili Muda, zararların ortaya çıkartılması ve tekrar etmemeleri açısından çok önemlidir. Muda; kaybın, zararın, değerlerin bozulmasının ve yanlışlığın bir bileşimi olarak tanımlanabilir. Masaaki Imaia'ya göre kuruluşlar Muda'yı ortaya çıkartabilirse, zararın kontrolü sağlanacağından potansiyel kârlar da rahatlıkla öngörülebilecektir. Muda sürecinin asıl amacı maliyetleri ve israfı azaltmaktır. Uygulamada aşağıda belirtilen Muda adımları kuruluşlara önemli katkılar sunmaktadır (Čierna, Sujová ve Tavodová, 2016: 240):

- Bekleme: Bu aşamada yöneticilerin kararı, hizmet ve siparişlerin hedefe ulaşması ve üretim hattında arızaların tamir adımlarının beklenmesi önemlidir.
- Stok: Bu aşamada dağıtım zamanını uzatma, stok alanlarının fazlalığı önemlidir.
- Ulaşım: Bu aşamada harcanan zamanın ödenmesi gereken parasal karşılığı, maliyet ve dağıtımdaki ürünün hasar görmesi risklerini öngörebilme önemlidir.
- Kusurlar: Bu aşamada tamir masraflarına ve maliyetlerin artmasına odaklanılır.
- Fazla Üretim Süreci: Bu aşamada düzgün planlanmayan süreçten ötürü fazladan yapılan üretim ve bunların stokları artırması sorunun çözümüne yoğunlaşılır.
- Tükenmişlik: Bu aşamada tüm süreçlerin çalışanları yorgunluğa, meslek hastalıklarına ve dolayısıyla da devamsızlığa yol açması incelenir.

Yukarıda özetlendiği şekilde Muda ilkesine göre operasyonel süreçlerde yapılan yanlışlıklar sürecin uzamasına, bekleme maliyetlerinin artmasına, israfa, hata yapma olasılığının artmasına, gereksiz zaman harcanmasına ve yüksek stok maliyetine neden olmaktadır. Bu türden hataların yaşanmaması için kuruluşa ve ilgili sürece faydası olmayan her unsur sistemden atılmalı ve düzenli bir altyapı oluşturulmasına çabalananak işlemsel maliyetlerin azaltılması için uğraşılmalıdır.

Kaizen felsefesinde Muda ilkesini Gemba Kaizen tamamlamaktadır. Masaaki Imai; “Kaizen” adlı eserinin yönetim literatüründe önemli bir yer edinmesinin ardından “Gemba Kaizen” kitabını 1997’de yayınlamıştır. Eser bir teori kitabı değil uygulamadan doğan bir çalışma olarak dikkat çekmiştir. Bu eserde, yazar Kaizen felsefesinin her işe, her bölüme ve sürece nasıl uygulanacağı konusunda bir model oluşturmuştur. Kaizen’in, sürekli çabalar neticesinde sağlanan mevcut durumdaki küçük çapta iyileştirmelerin (Haliloğlu, 2018: 37) nasıl gerçekleştirileceğine dair genellemeler yapmıştır.

Esasında literatürde Gemba kelimesi daha önce de belirtildiği gibi çalışma süreçlerinde faaliyetlere fazladan değerlerin katıldığı yer olarak kullanılmaktadır. Bu kapsamda Gemba Kaizen ise üretimin hızla arttırılabileceği alanlara odaklanmaktadır. Bu alanların hizmetin sunulduğu yerde olması verimlilik açısından önemlidir (Daiya, 2012: 2). Kavram Masaaki Imai’nin eseriyle birlikte Batı yönetim kültüründe de kabul görmeye başlamıştır. Bugün Japon endüstrisinde popülerliği halâ devam etmektedir. Batılı iş adamları tarafından yapılan bir incelemede, Gemba’nın Kaizen’den sonra yönetim alanında en fazla kullanılan ikinci kelime olduğu ortaya çıkmıştır. Bu kavramın stratejik özelliği katma değer için yapıldığı yerde yaratılmasını ve sorunların çözümü için yetkilerin delege edilmesini öngörmesinden kaynaklanmaktadır. Bu süreçte akıllı kullanarak düşük maliyetle çalışılan alanın nasıl düzenlenmesi gerektiğini çok iyi belirleyerek (Haliloğlu, 2018: 37) israfı yok etmek esastır.

Literatürde Gemba Kaizen için beş temel ilke genel kabul görmektedir. Bunlar; Bir sorun olduğunda öncelikle Gemba’ya başvurmak, Gimbetsu’yu kontrol etmek (makine, araç, defolu mal, müşteri şikâyeti), Soruna yönelik geçici önlemler almak, sorunun ana nedenini bulmak ve tekrar oluşmaması için standartlaşmaya gitmek (Daiya, 2012: 2) şeklinde belirtilebilir. Şimdi bu ilkelere uyulması gereken kurallar bağlamında daha ayrıntılı bakalım:

1. Kural: Çoğu yönetici çalışma alanı olarak masalarını tercih etmektedirler. Kendileri ile olayın vuku bulduğu ortam olan Gemba arasına mesafe koymak istemektedirler. Ancak yerinde çalışma ve gözlem yapmak için etkin karar alamamaktadırlar. Bu nedenle Gemba’yı anlamak ve onunla sıkı temas halinde olmak üretimin etkin yönetimi için temel koşuldur.

2. Kural: Çalışma ortamında sorunların temel nedenlerini belirlemek için Gemba’daki somut nesnenin incelenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda gündeme gelen Gembutsu kelimesi, Gemba çerçevesinde kırılmış bir makineyi, bir aksiliği, işlevsiz hale gelen bir aracı hatta şikayetçi bir müşteriyi simgeleyebilir. Sorun çıktığında yöneticiler Gemba’ya gitmeli ve karmaşık teknolojilere başvurmadan Gembutsu’yu kontrol etmelidirler.

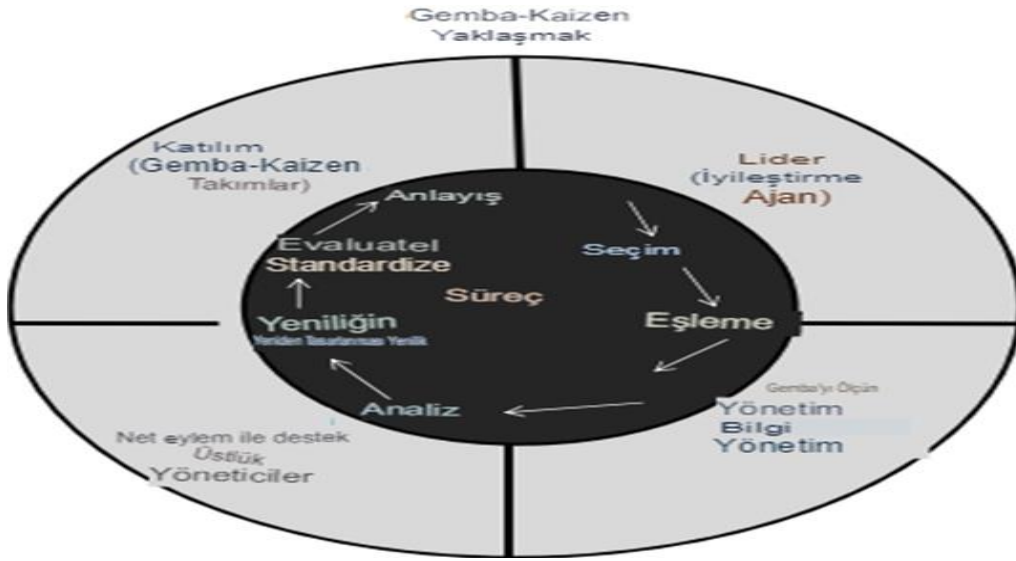
3. Kural: Yöneticiler geçici önlemleri zamanında ve hızlı bir şekilde alabilmektedirler. Ancak geçici önlemler daha fazla duraklamaya yol açacak ise bu durum önceden öngörülmesi ve bu yüzden de Gembutsu sürekli kontrol edilmelidir.

4. Kural: Gemba Kaizen sürecinin kesintiye uğramaması için sorunların temel nedeni doğru bir şekilde belirlenmelidir. Sorunlar ortaya çıktığında Gembutsu'ya yakından bakılarak ve temel sebeplerin belirlenmesiyle bir çok Gemba'yla ilişkili sorunlar o yer ve zamanda çözülebilmektedir. Bu süreçte sorunların temel sebebini bulmak için en faydalı araçlardan birisi “neden” sorusunun çok sık sorulmasıdır.

5. Kural: Kuruluşlarda sorunlar çıktıktan ve çözüldükten sonra en önemli adım bu sorunların tekrar ortaya çıkmasının engellenmesidir. Sorunların çözülmesinin ardından, yeni prosedürün standartlaşması – uygulanması – kontrolü ve tekrardan standart hale getirilmesi sağlanmalıdır. Gemba Kaizen'in ilk dört kuralı gerçekleştirildikten sonra (Haliloğlu, 2018: 38-39) SDCA (standartlaştır, uygula, kontrol et, önlem al) kuralına uyularak yeni prosedürler ve süreçler standart hale getirilmelidir.

Yukarıda özetlenen kural ve ilkeler uygulamada daha çok kriz yönetimi süreçlerinde kullanılmakta olup, kuruluşların ortaya çıkan aksaklıklara kısıtlı zamanda, acil durumlarda nasıl geçici önlemler alabileceği hususunda yol haritası sunmaktadır. Örneğin deprem yaşandıktan sonra yaralıların kurtarılması acil önlemlere, deprem sonrasında prefabrik evlerin yapılması da geçici önlemlere emsal teşkil eder. Kazadan sonra kazanın ana nedenini bulmak ve soruna neden olan etmeni ortadan kaldırarak standartlaşmaya gitmek de kalıcı önlem olarak nitelendirilebilir. Örneğin maden kazaları yaşandıktan sonra bu kazaya neden olan etmenlerin tespiti (grizu patlaması, göçük vb., basınç düşmesi vb.) sorunun teşhis edilmesi tekrar aynı kazanın yaşanmaması için her madenin her yıl maden mühendisleri ve iş müfettişleri tarafından denetlenmesi standartlaşmaya yönelik yöntem olarak düşünülebilir.

Aşağıdaki şekilde de görüleceği üzere özellikle kriz yönetimi süreçlerinde Muda ve Gemba Kaizen uygulamaları temel olarak dört adımda gerçekleştirilmektedir. Birinci aşamada çalışma grupları oluşturulmakta, ikinci aşamada yöneticilerin desteği sağlanmakta, üçüncü aşamada verilerden elde edilen bilgilerin ayıklanması ve tasnifi yapıp bilgi yönetimi sağlanmakta son aşamada ise lider tarafından yönlendirilme ve eşgüdüm sağlanmaktadır. Şeklin orta siyah bölümünde ise süreci anlama, analiz etme, önlem alma ve aynı hataların tekrardan ortaya çıkmaması için standartlaşmaya gitme aşamaları anlatılmaktadır.



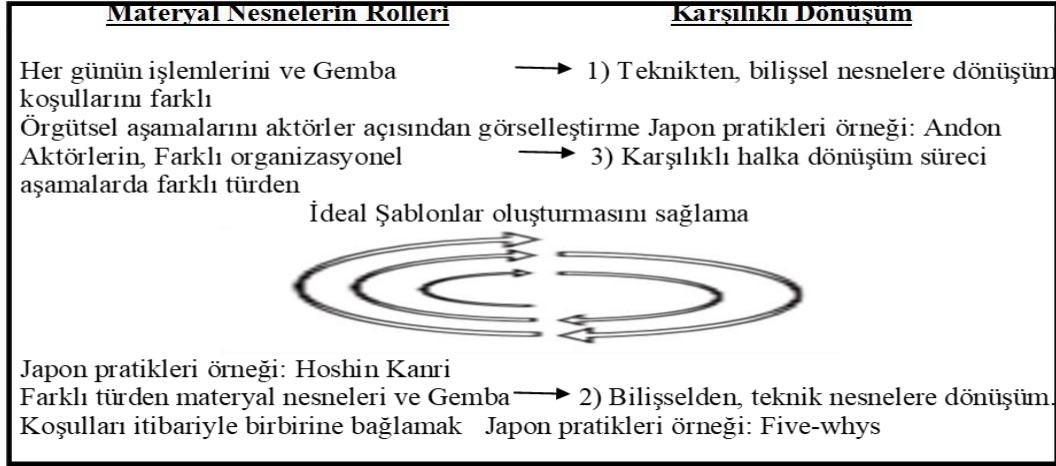
Şekil 4. Gemba Kaizen Yaklaşımı

**Kaynak:** Barraza, Pujol ve Robles, 2012: 46.

Yukarıda özetlenen Gemba Kaizen süreci topluca değerlendirildiğinde Kaizen felsefesinin kullanıldığı süreç analizlerinde öncelikle PDCA (planla, uygula, kontrol et, önlem al) döngüsü kapsamında 5S yöntemi kullanılarak katma değer oluşturmeyen etmenlerin sistemden atılması sürecine başvurulur. Çünkü etkili ve verimli üretim ancak bu etmenlerin elimine edilmesi ve çalışanların verimli çalışmasıyla gerçekleşecektir. Sonrasında üretim devam ederken ortaya çıkan aksaklıkların ortadan kaldırılarak, üretim sürecinin düzene sokulması, fazla üretimin ortadan kaldırılarak sapmaların ayıklanması süreçlerini anlatan 3M Muri (kapasite üstü üretim), Muda (kayıp, atık), Mura (sapma) yöntemlerine başvurulur (Teplická ve Culková, 2011: 315).

Dolayısıyla uygulama örneklerine bakıldığında Gemba Kaizen'in, 5S ve 3M yöntemleri ve Muda ilkeleriyle desteklendiğinde kriz yönetiminde büyük başarılar sağlayan bir model olduğu görülmüştür. Ancak bu süreçte aşağıdaki şekilde de görüleceği üzere nesnelere, rutin aktivitelerin gelişiminde sürekli gelişimi nasıl sağladıkları hususuna da dikkat edilmesi gerekmektedir. Çünkü Gemba Kaizen dinamik bir süreçtir. Yaşanacak kesintiler sürecin başarısını doğrudan olumsuz etkilemektedir. Uygulamada kuruluşlar sürekli gelişimi sağlayabilmek için, periyodik olarak bilişsel ve teknik nesnelere arasında çift yönlü bir bilgi alışverişi devir daimî yaparlar. Bu sayede farklı nesnelere arasında çift yönlü bilgi dönüşümü sayesinde Gemba Kaizen kuralları aracılığıyla, bilişsel bir algı oluşturulur ve nesnelere arasındaki bağlantı ortaya çıkartılarak sürekli gelişim ve dolayısıyla iyileşme sağlanır. Kaizen stratejisi iyileştirmeyi amaçlasa da herkesin Kaizen uğruna herhangi bir amaç gütmeyen

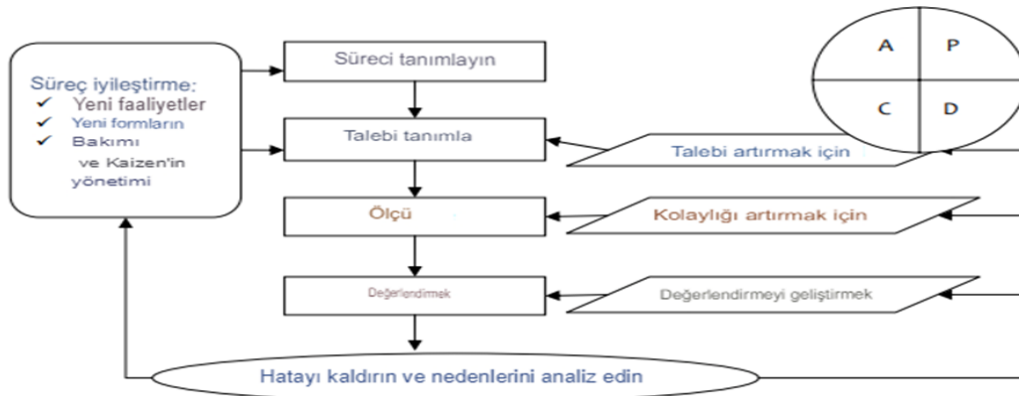
meşgul olması durumunda etkisi sınırlı olabilir. Yönetim, herkese yol gösterecek net hedefler belirlemeli ve hedeflere ulaşmaya yönelik tüm Kaizen faaliyetlerinde liderlik sağlamayı garanti etmelidir. İş yerindeki gerçek Kaizen stratejisi, yakından denetlenen bir uygulama gerektirir. Bu sürece Japonca'da Hoshin Kanri adı verilmektedir (Imai, 2012: 9).



Şekil 5. Materyal Nesnelerin Dönüşüm Sürecindeki Rollerini

**Kaynak:** 克生, 2022: 386.

Yönetimde 5S, 3M ve Gemba Kaizen yöntemlerini uygulayan kuruluşlar, bundan sonraki süreçte hataların revize edilerek tekrardan aynı hataların ortaya çıkmasına engel olmak için birtakım araştırmalar yapacaktır. Bu noktada sorunu tanımak, onu teşhis etmek ve hataları giderecek standartlaşmaya gitmek çok ciddi emek ve ARGE faaliyetleri gerektirmektedir. Sorunu teşhis etmek ve de standartlaşmaya gidebilmek için de Gemba Kaizen ilkelerinin eksiksiz uygulanması gerekmektedir. Aşağıdaki şekilde yukarıda belirtilen kapsamda Gemba Kaizen süreci özet olarak gösterilmiştir.



Şekil 6. Gemba Kaizen Süreci

**Kaynak:** Teplická ve Culková, 2011: 315.

#### 2.4. Kriz Yönetiminde Gemba Kaizen Uygulamaları

Kriz yönetimi en genel şekliyle; çalışılan alana ve geleceğe yönelik olası sorun ve tehlike etmenlerinin belirlenmesini, uygun tepki ve savaşım türlerinin saptanmasını, örgütün krizle başa çıkacak önlemleri uygulamasını ve tepkileri değerlendirmesini kapsayan bir süreç olarak tanımlanmaktadır (Özer, 2019: 338). Günümüzde kriz kelimesinin zihnimize oluşturduğu tasarım, gündelik hayatımızın her aşamasında karşımıza çıkmakta, hatta bu yönüyle tüm gelişmelere nüfus etmektedir. Bu yönüyle kriz çeşitleri ve tanımları itibarıyla farklılaşsa da genel olarak insanların zihninde ortaya koyduğu anlam, endişe, kaygı ve ilgi düzeyi açısından (Mahony ve Clarke, 2013: 2) örnek bir süreçtir. Yer alan tüm aktörlerde endişeye ve kaygıya yol açar.

Son yıllarda kişilerde, kuruluşlarda ve toplumda endişe ve kaygıya yol açan krizler, özellikle gelişmiş toplumlar başta olmak üzere dünya genelinde tüm alanlarda en önemli stres kaynağı olarak dikkat çekmeye başlamıştır. Son yıllarda adeta şekil değiştiren krizler, post endüstriyel kriz adı altında küresel ölçekte ilk kez Çernobil kazası ile ortaya çıkmış ardından da deli dana hastalığı, su sıkıntısı, bilişim sorunları ve virüs krizleri şeklinde tezahür (Hart, Heyse ve Boin, 2001: 181) hızla yaygınlaşmaya başlamıştır.

Özellikle 2003 Sars (ilk olarak Çin'in Guangdong eyaletinde ortaya çıkan şiddetli akut solunum yolu sendromu) krizinden itibaren Çin Hükümeti ve bilim adamları, kriz yönetim sisteminin nasıl yapılandırılması gerektiği üzerine kafa yormaya başlamışlardır. Bu yüzden, artık dünya genelinde kamuda kriz yönetimiyle başa çıkma ve kriz organizasyonel yapısını geliştirme, kamu yönetimi üzerine çalışan bilim adamlarının cevaplaması gereken soruların başında (Yang ve Huang, 2022: 1) yer almaktadır.

İlgili literatürde; beklenmedik dönemlerde ortaya çıkan, olağan dönemlerden farklı özellikler gösteren, özel nitelikli uygulama yapılmasını gerektiren yönetim modeli olarak tanımlanan kriz yönetimi yöntem ve uygulamaları, krizlerden en az etkilenmenin veya kısa sürede çıkmanın yolu ve yöntemi olarak görülmeye başlanmıştır.

Bugün uygulamada kriz yönetiminin içinde birçok dinamik barındıran çok boyutlu bir modern yönetim tekniği olduğu rahatlıkla söylenebilir. Kriz yönetiminin önemi kriz durumlarının kuruluşlara verdiği zararın boyutlarıyla doğru orantılıdır. Bu süreçte önceleri yaşanan durgunluk yerini zamanla gerilemeye bırakmakta, sonrasında ise çöküş yaşanmaktadır. Krize ilk tepkiler; kabul etmeme, sahiplenmeme, önemsememe, şaşkınlık ve kontrolsüz davranış sergileme şeklinde olmaktadır. Kriz yönetimi kapsamında krizleri aşabilmek için öncelikle krize yol açan nedenlerin ortadan kaldırılması ve yapısal sorunların

çözülmesi gerekmektedir (Özer, 2019: 337). Bu süreçte yöneticiler, danışmanlar ve araştırmacılar, geleneksel olarak finansal performans ve gelişim üzerine odaklanırlarken, krizlerin genel ve sistemik etkilerini gözden kaçırabilmektedirler. Ancak kriz anında örgütsel ve üretimle ilgili faaliyetlerin olumsuz yönleri dahi kuruluşun tamamını olumsuz etkileyebilmektedir. Ancak son zamanlarda, kirlilik, endüstriyel kazalar ve ürün tasarımındaki bozukluklar gibi olaylarda, krizlerin çok büyük bir etkisinin olduğu kabullenilmeye başlanmıştır (Mitroff, Shrivastava ve Udwardia, 1987: 283). Bu doğrultuda, kriz yönetimi sürecinde başarılı olabilmek için stratejik bir modelleme yapmak gerekmektedir. Bu model kapsamında önce kriz yaşanmadan önce ilgili yasal politik sistem düzenlenmiş ve geliştirilmiş olmalıdır. Krizle ilgili mevzuat gözden geçirilmeli, ihtiyaçlara göre yeni düzenlemeler yapılmalıdır. Süreçle ilgili performans değerlendirme sistemi kurulmalı, ayrıca süreçte yer alan tüm aktörlerin kriz yönetimine bakış açısını, bu alanda yaşanan yeni gelişmelere göre yeniden yapılandırmak gerekmektedir. Kriz yönetim sürecinde kamu politikaları yapanlarla vatandaşlar arasında etkili koordinasyon ve iletişim mekanizmaları kurulmalıdır. Süreçte medyanın tüm gücünden yararlanılmalıdır. Kriz sonrası dönemler için de koruyucu önlemler almak büyük önem taşımaktadır. Tüm ilgili aktörler, güç ve tecrübelerini kriz sonrasında birleştirebilmelidirler. Bununla birlikte müşterilerin / vatandaşların kriz sonrası süreçte karşılaşılabilecekleri olumsuzluklara karşı tedbirler alınmalıdır.

Kriz yönetiminin en çok ihtiyaç duyulduğu alanlar; deprem, sel, volkan patlamaları gibi doğal afetler, nükleer santraller, uçak-tren kazaları gibi teknolojik felaketler ve 1990'lardan itibaren daha çok Avrupa'da görülen karmaşık ve çok boyutlu, insan yaşamını doğrudan etkileyen felaketler ve olaylar olarak belirtilebilir. Bu olayların küresel ölçekte gerçekleşiyor olması, kriz yönetimi uygulamalarının küresel ölçeğini ön plana çıkarmaktadır. Bu nedenle söz konusu alanda uluslararası kriz yönetimi girişimleri de yaygınlaşmaya başlamıştır.

Uzun bir süreci kapsayan ve tüm amacın düşük maliyetle bozulan dengeyi eski haline getirmek olan kriz yönetimi sürecinde en önemli unsur, kuruluşları tehdit edecek olayları önceden tahmin ederek onları ortadan kaldırmaya yönelik aksiyon planı oluşturulmasıdır. Bunun için kriz yönetimi, sistematik olarak verilecek kararları, bu kararları uygulayacak ekibi oluşturmayı, uygulama sonuçlarını hızla alarak yeni kararlar vermeyi gerektirir. Bu yönüyle kriz yönetimi; krizi tahmin etmek, gerekli önlemleri almak ve krizi kuruluş lehine sonuçlar doğuracak şekilde yönetmek adımlarını kapsar (Özer, 2019: 338).

Günümüzde kriz yönetimi anlayışı, sadece belirli bir grubu veya kitleyi ilgilendirmeyen, doğurduğu sonuçlar itibarıyla kamuyu derinden sarsan, büyük etkiler ortaya



çıkartan krizler nedeniyle oldukça önem kazanmıştır. Krizler, özel sektörde veya belirli bir alanda gerçekleşse dahi doğurduğu sonuçlar itibarıyla tüm kamusal yaşamı etkileyebilmektedir. Bu nedenle krizlere karşı alınacak önlemleri sistematik ve etkin bir işleyişle yönetme sürecinde yukarıda ayrıntılı bir şekilde ele alınan 5S, 3M ve Gemba Kaizen gibi yöntemlerin kullanılması, kriz yönetimi uygulamalarının başarı derecesini artırmaktadır.

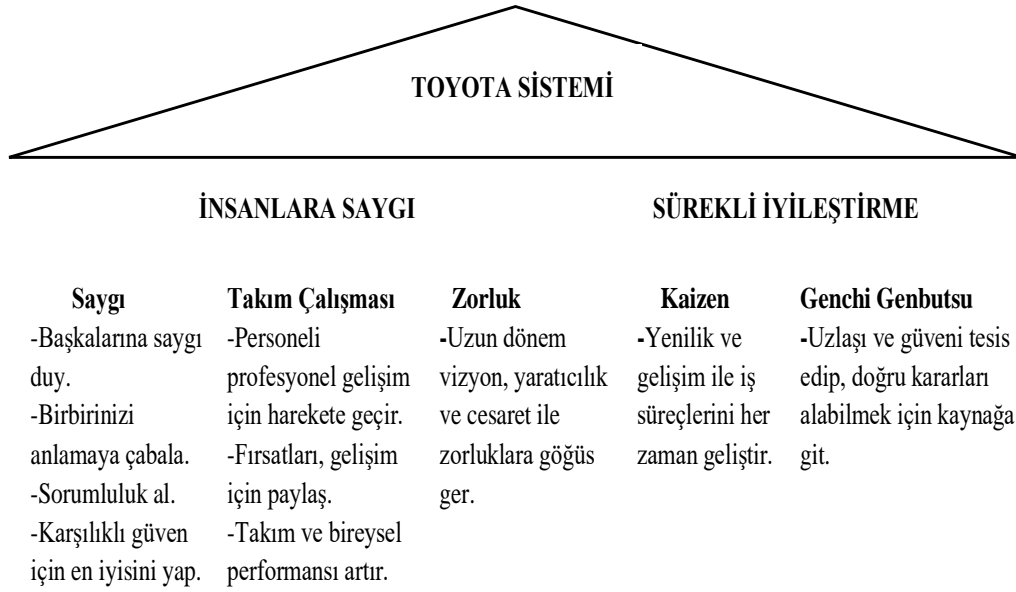
Dana önce de belirtildiği gibi olayın gerçekleştiği yeri anlatan Gemba ve buradaki durumu sorunların kökenine giderek kontrol etmek anlamına gelen Gembutsu kelimesi, Gemba'nın anlam kazanmasına yol açan bir süreç olarak dikkat çekmektedir. Bu terimlerin literatüre girmesine yol açan Toyota Üretim Modeli, Gemba ve Gembutsu'nun kriz esnasında ve sonrasında ortaya koyduğu çözümleri göstermesi açısından oldukça önemlidir. Gemba yönteminde (olay yerine gitmek) geri bildirim ve iletişim süreci çok önemli iken, 2010 sonrası krizlerde Japonlar, Gembutsu'nun da önemini kavramışlardır (Kyriazis, 2016: 13). Artık krizlerde tekrarları engellemek için sorunun kaynağına gidilerek soruna yol açan faktörler araştırılmakta, analiz edilmekte ve kalıcı çözümler bulunmaya çalışılmaktadır.

Bu şekilde sorunlarla birebir yüzleşen personel sorunları daha kolay tanımlamakta ve buna bağlı olarak da daha kolay çözüm üretebilmektedir. Sorunlar etkili çözümlerin geliştirebilmesi amacıyla araştırılmaktadır. Liderler ve yöneticiler de kriz yönetim sürecini doğru bir şekilde yürütmek amacıyla çalışanlarının bilgili, güvenilir ve yeterli kaynaklarla donatılmalarını sağlayabilmektedirler. Bu yöntemde, çalışanlar, motive edilerek, onların kriz yönetim sürecine bilgi ve tecrübelerini aktarmaları da sağlanmaktadır (Freedman, Mondoux, Stang ve Chartier, 2020: 740). Böylelikle kriz yönetiminde önemli bir aşama katedilmiş olmaktadır. Bundan dolayı günümüzde kriz yönetiminde, etkin bir planlama ve üretimde hataları önceden öngörüp iyileştirmeler yapma anlayışı, Toyota Üretim Sistemi'nin örnek alınmasıyla genel kriz yönetimi uygulamalarına yansımıştır.

Günümüzde, iş dünyasını anlamak için Toyota ve Toyota grup şirketlerini analiz etmek gerekmektedir. Dünyadaki en gelişmiş şirketlere bakıldığında, çoğu olayın ve tartışmanın, Toyota Üretim Sistemi (TPS) etrafında döndüğü görülecektir (Li ve Rong, 2020: 1).

Gemba'nın organize ettiği Toyota Üretim Sistemi, bugün dünya genelinde Toyota markasının, en büyük otomobil üreticisi unvanını kazanmasına yardım ettiği gibi dünya çapında da pazar payının büyümesini sağlamıştır. Gemba, özellikle 2010 yılında ABD'deki büyük otomobil şirketleri General Motors (GM) ve Chrysler'in, zorlu ekonomik koşullar nedeniyle iflasın eşiğine gelmeleriyle başlayan otomobil krizinden, Toyota'nın daha da krizden güçlenerek çıkmasına da destek olmuştur (Liker ve Morgan, 2006: 6).

Aşağıdaki şekilde Toyota Üretim Sistemi mekanizması özetlenmiş olup, takım çalışması ve emekçilere saygının çok önemli olduğu vurgulanmış, sürekli gelişim için de yaratıcılığın ve cesaretle doğru adımlar atmanın önemi belirtilmiştir.



Şekil 7. Toyota Üretim Sistemi Modeli

**Kaynak:** Kyriazis, 2016: 13.

Özetle kriz yönetiminde, Gemba Kaizen'in çok başarılı bir yöntem olduğu, hayatın ve çalışma yaşamının her aşamasında karşılaşılan krizlerin yönetiminde sıklıkla kullanıldığı söylenebilir. Dünya genelinde gerek özel sektörde gerekse de kamu kuruluşlarında krizler, toplumsal hayata da etkileri olan ciddi ve yönetilmesi gereken süreçler olarak değerlendirilmektedir. Maalesef uygulamada krizler neticesinde yetersiz önlemler alınmakta ancak geçmişte yaşanan krizlerden dersler çıkarılmamaktadır. Krizle karşılaşıncı, Gemba Kaizen ilkelerinden "sorun ortaya çıkınca olay yerine git ve yerinde geçici önlemler al" ilkelerine uyulmakta ancak "temel sebebi bul ve çöz, tekrarın önlenmesi için standartlaşmaya git" ilkelerine uyulmamaktadır. Gemba Kaizen ilkelerinin kriz yönetimine tatbik edilmesi, kriz yönetiminde etkin sonuç almak için büyük önem taşımaktadır.

### 3. BULGULAR

#### 3.1. Uçak Kazası Raporu Belgeseli'nin Gemba Kaizen İlkeleriyle Değerlendirilmesi

Çalışmada örnek olay kapsamında incelenen Uçak Kazası Raporu Belgeseli ilgili literatürde; tüm dünyada milyonlarca izleyeninin bulunduğu, pilotundan uçak teknisyenine, yer hizmetlerinden hava trafik kontrollerine kadar havacılık sektöründe çalışanların el kitabı mahiyetinde olan ve havacılık sektörüne ilgi gösteren herkesin beğenisini kazanmış bir yapımla değerlendirilmektedir.

Her bölümünde önemli bir uçak kazanının incelendiği bu yapımda genel olarak aynı silsile takip edilerek öncelikle uçak kazasından evvel tüm gelişmelerin normal seyrinde olduğu anlatıldıktan sonra konuya direkt geçiş yapılarak gerçekleşen ani arıza nedeniyle uçağın alçak irtifada seyretmeye başladığı anlatılır. Uçak bu noktadan itibaren geçmişteki istisnalar hariç tutulursa yere doğru yönelerek infilak eder. Bu patlamadan sonra kazanın meydana geldiği yerde bulunan ülkede ve uçağın ait olduğu firmanın kaynak ülkesinde ayrı ayrı ya da birlikte bir kurul oluşturulur. Bu kurul genel olarak mühendis kökenli uçak müfettişlerinden teşkil ettirilir. Kuruldaki müfettişlerin çoğu uçak, elektronik, metalürji ve yangın mühendislerinden olup ayrıca uzman psikolog, teknisyen gibi çok sayıda personelden de yardım alınır. Kurul yapacağı inceleme neticesinde önce sorunu teşhis eder, ardından tekrardan aynı hataların yaşanmaması için bir rapor hazırlar. Bu rapor da havacılık sektöründe temel uyulması gereken hukuki metin vasfıyla derhal uygulanır.

Görüldüğü üzere uçak kazalarında meydana gelen sorunları teşhis etme, geçici çözüm önerileri sunma, süreci değerlendirip analiz etme ve diğer standartlaşma adımları, Gemba Kaizen ilkeleriyle örtüşmektedir. Çalışmanın bu kısmında 20 yıldan fazla yayınlanan söz konusu belgeselin bir bölümü Gemba'nın Beş Altın Kuralı itibarıyla analize tabi tutulacaktır.

#### 3.2. Endonezya Uçak Kazası

##### 3.2.1. Uçağın Rotası

29 Ekim 2018'de Endonezya Jakarta'dan dördüncü nesil Max 8 tipli Boeing 737 tipinde bir uçak ülkenin Pangkal Pinang adasına doğru yola çıkmıştır. Max 8 tipli uçaklar, Boeing'in en yeni ve performansı en yüksek uçak modeli olduğundan, dünya üzerinde çeşitli havayolu şirketleri tarafından talep görmekte ve havayolu filolarına dahil edilmektedir. Jakarta'dan kalkan uçağın rotası, Java denizi üstünden Pangkal Pinang Adasına doğru 90 dakika sürecek şekilde belirlenmiştir.



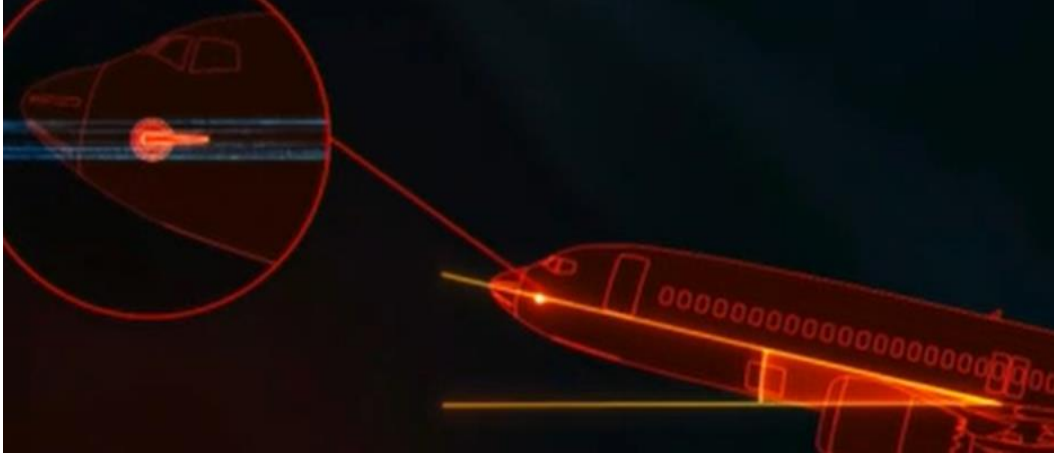
Şekil 8. Uçağın Rotası

**Kaynak:** Dailymotion, 2023: 1.

### 3.2.2. Kazanın Kısa Bir Özeti

Uçağın kalkışından 20 dakika sonra kaptanın levyesi titremeye başlamıştır. Bu durum uçağın perdövites (hava akışının hücum açısının belirlenen kritik değeri aşması nedeniyle hava taşıtının havada tutunamaması olayıdır) girmek üzere olduğu uyarısı anlamına gelmektedir. Pilotlar bu esnada hava hızı göstergesi uyuşmazlığı uyarısı almışlardır. Bunun üzerine hava trafik kontrolleri ekibe 27.000 fite kadar yükselmeleri gerektiğini söylerler. Ancak bu sefer de pilotlar irtifa uyuşmazlığının olduğunu görür ve çok ani gelişen sorunlar nedeniyle uçak Jakarta denizine çakılır.

Bunun üzerine Endonezya kaza araştırma birimleri uçağın neden düştüğünü araştırmaya başlarlar. Müfettişler yaptıkları araştırmada uçuş rotasından çıktığını ve irtifaların düzensiz olduğunu görürler ve pilotların irtifayı neden sabit tutamadığını öğrenmek için çalışmalar yaparlar. Müfettişler öncelikle uçağın son bakım kayıtlarına bakarlar. Bu esnada bakım kayıtlarında hücum açısı sensörünün (Şekil 9) bir gün önce değiştirildiğini fark ederler. Bu doğrultuda da uçağın hücum açısı sensörünü (kanatla gelen hava arasındaki açıyı ölçer) incelerler. Bu sayede uçağın kanatlarının yeterli kalkış gücünü sağlayıp sağlamadığını anlamaya çalışacaklardır (Dailymotion, 2023:1).



Şekil 9. Hücüm Açısı Sensörü

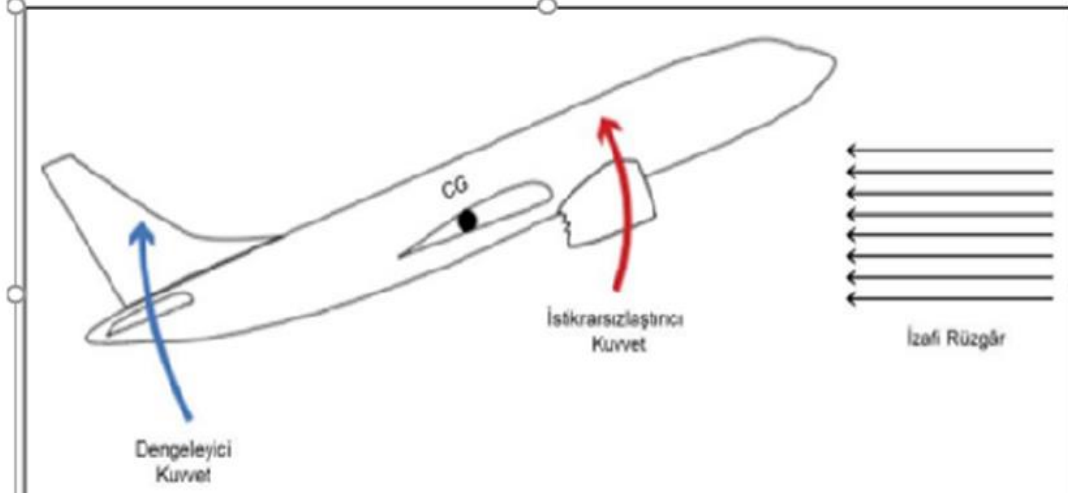
**Kaynak:** Dailymotion, 2023: 1.

### 3.2.3. Kazanın Nedenine İlişkin Bulgular

Müfettişler, yaptıkları araştırma neticesinde Boeing Max 8 uçağını kullanan diğer pilotların aynı sorunu yaşadığını fark ederler. Geçmişte bu uçakla uçan ve facianın eşliğinden dönen bir pilot, yapılan bir soruşturmada konuyla ilgili olarak otomatik stabilizatörü açarak trim (uçağın dengesi bozulunca kanatçıkları açarak uçağın dengesini sağlama faaliyeti) yaptığını böylelikle de uçağın kontrolünü tekrar eline aldığını belirtmiştir. Ancak yapılan araştırmalarda otomatik stabilizatör hatasının bakım kayıtlarına geçmediği anlaşılır. Kara kutu incelemesi neticesinde sorunun hücüm açısı sensöründen kaynaklandığı ortaya çıkar. Teknisyen, bakım sırasında hücüm açısı sensörünü doğru bir şekilde kontrol etmediğinden sensör uçuş esnasında hatalı kayıtlar vermiştir. Hücüm açısı sensörü, uçağın açısını ölçerken aynı zamanda doğru hava hızı ve irtifanın hesaplanmasını da sağlamaktadır.

Endonezya araştırma ekibi, uçak arızasıyla ilgili daha derin bilgi edinebilmek için NTSB'den (Amerika Ulusal Ulaşım Güvenliği Kurulu) Boeing'in yetkili temsilcisini ülkelerine davet ederler. Boeing o zamanlar Airbus firmasının A320 uçak modeliyle rekabet edebilmek için daha hızlı ve yakıt tasarrufu sağlayan bir uçak yapım sürecine girmek istese de bu yapım maliyetli olacağından, onun yerine mevcut uçaklarını modifiye etme yöntemini tercih etmiştir. Yakıt tasarrufu sağlayabilmek için Boeing, uçaklarında daha güçlü motorlar kullansa da motorlar, iniş takımına teknik olarak yaklaşamayacağından, kanata yakın ve kanadın önüne doğru kaydırılarak konumlandırılmıştır. Ancak yeni motorlar nedeniyle uçağın burnunun çok yükseklere çıkması karşısında tasarımcılar, uçağın burnunu düşürecek trim sistemini devreye sokmuşlardır. Boeing, normalde fazladan bir tasarım olduğu için pilotlara ekstrasından eğitim vermesi gerekirken bu maliyetten kaçınarak yeni Boeing Max 8 uçaklarına MCAS sistemini

tasarlamışlardır. MCAS otomatik olarak herhangi bir düzensizlikte devreye girecek ve kontrolü ele alacaktır. Ancak Boeing firması, pilotlar için MCAS sistemini devreye soktuğunu iddia etse de müfettişler uçak eğitim planlarında MCAS eğitiminin olmadığını görmüşlerdir.



Şekil 10. B-737 Tipi Uçak Kararsızlık Durumu

**Kaynak:** Saraçyakupolu, 2020: 243.

Boeing yetkilileri uçağın burnunun aşırı yükselmesi durumunda MCAS sistemi aracılığıyla otomatik stabizatörlerin devreye gireceğini iddia etmişlerdir. Onlara göre bu sistem hücum açısı fazla olduğunda, oto pilot kapalı olduğunda ve de flaplar kapalı olduğunda devreye girmektedir. Müfettişler yaptıkları incelemelerde ayrıca MCAS sisteminin arıza emniyetinin olmadığını da fark etmişlerdir. Kaza araştırmalarında MCAS'ın iki hücum açısı sensöründen sadece birinden veri aldığını belirlemişlerdir. Kaza sırasında sorunlu sensör uçağın burnunu kaldırmış, otomatik pilot devre dışı bırakılmış ve flaplar kapatılmıştır. Bu şekilde üç koşul da bir araya gelince MCAS uçağın burnunu indirmeye başlamıştır. Bu durumda Boeing yetkilileri uçağın trim sistemi kapanınca devreye giren MCAS sistemine pilotların üç saniye içinde müdahale edeceklerini öngörmüşlerdir. Ancak pilotlar uçağın burnu kalkınca MCAS sisteminin uçağın burnunu indirdiğini anlayamamışlardır. Pilot, otomatik olarak devreye giren trimi devre dışı bırakmayınca ve MCAS yüzünden uçağın burnu inip durmuştur ve bu durum uçak çakılana kadar devam etmiştir.

Yaşanan kaza sonrasında, Boeing, Max 8 pilotları için yeni yönergeler çıkarırken tekrardan aynı olayla karşılaşmaması için, pilotların istemsiz burun indirmeyle karşılaşmalarında manuel trim uygulaması ve stabilizatör şalterlerini kapatmalarını tavsiye etmiştir. Ancak 4 ay sonra yine MCAS Max 8 kazası olunca Boeing, Max 8 modelini ABD Senatosu'nda tartışmaya açmıştır. Nitekim Boeing, 737 Max 8'in iki kaza sonrasında uçuşunu

yasaklamıştır. Ancak sonrasında alınan kapsamlı yeni tedbirlerle yakın dönemde 737 Max 8'ler tekrar uçmaya başlamıştır (Dailymotion, 2023:1).

### 3.2.4. Gemba Kaizen ile Kazanın Değerlendirilmesi

Masaaki Imai çalışmada ayrıntılı incelediğimiz Gemba Kaizen kitabında esasında Japon yönetim sistemi ile geleneksel batılı yönetim anlayışını da karşılaştırmaktadır. Imai'ye göre Kaizen uygulamalarını hayata geçirmek batılı yönetim tarzları için de oldukça kolaydır. Çünkü Gemba Kaizen'in önerileri adeta en karmaşık sistemlerde dahi kolay kullanımlara olanak sağlayacak şekilde kuruluşlara kriz yönetiminde birçok imkân ve fırsat sunmaktadır.

Kriz yönetim sürecinde Gemba Kaizen için büyük ölçüde yatırım yapmaya da gerek yoktur. Bu anlayışta amaç mevcut kaynakların daha iyi kullanımını sağlamaktır. Ancak üst düzey yönetimin Gemba'ya gereken önemi vermemesi durumunda Gemba Kaizen sürecinde görev yapan kişiler; uygulanması gereken talimatları ve diğer destek görevlerini aksatmaya başlayacak ve gerçekleştirmesi istenen faaliyetlerden uzaklaşacaklardır. Ayrıca Gemba'da meydana gelen gelişmelerden uzak kalan bir yönetici mevcut kaynakları daha iyi değerlendirme fırsatlarını da yitirecektir. Gemba yöneticinin gerçekten neler yapması gerektiğini gösteren bir ayna gibidir. Bu ortamda hayata geçirilen Gemba Kaizen ilkeleri sayesinde; kuruluşlarda gerçekleştirilen çözümler her zaman düşük maliyetli olur. Sürekli bir adaptasyon, iyileştirme ve gelişme imkânları ortaya çıkar. Değişime tepki en aza indirgenir (Kırbaş, 2023:1). Ayrıca süreç yetenekli bir kolaylaştırıcı tarafından etkin şekilde yürütüldüğünde, güvenlik kültürü üzerinde de uzun süreli etkileri olacaktır (Hafey, 2015: IX). Ancak sürecin tüm aktörlerin katılımıyla gerçekleştirileceği unutulmamalıdır.

Çalışmada örnek olay olarak incelenen Endonezya Uçak Kazası ile ilgili yukarıda birçok teknik husus açıklanmıştır. Burada konunun teknik boyutlarının anlatılmasının nedeni, Gemba Kaizen ile süreç analizine gidilecek olmasından kaynaklanmaktadır. Süreci yeterince tanımadan, süreç analizine gidilemeyeceğinden, kazanın nedenleri, araştırma sonuçları özet olarak önemli noktaları itibarıyla belirtilmeye çalışılmıştır. Burada Gemba Kaizen ile Endonezya Uçak Kazası beş başlıkta incelenecek ve yukarıda belirtilen Gemba Kaizen'in etkin bir şekilde uygulanması durumunda öngörülen faydaların elde edilip edilemeyeceği belirlenmeye çalışılacaktır.

-Sorun Ortaya Çıkınca Olay Yerine Gitmek: Müfettişler kazanın yaşandığı yere yani Gemba'ya hızlı bir şekilde gitmişlerdir. Ayrıca, kara kutu, dalgıçlar marifetiyle deniz tabanında çıkartılmış, kazaya sebep olan uçak firmasının bir yetkilisi de olay yerine intikal etmiştir. Bu süreçte 5S kapsamında; Seiri (gerekli ve gereksiz malzeme ve süreçlerin ayrılarak sınıflandırma

işlemlerle sorunun oluştuğu Gemba’da sadeliğin sağlanıp, hedefe odaklanması), Seiton (Gemba’nın genel düzeni ve tertipin sağlanması, uçak kazasının olduğu bölgenin tamamen kontrol altına alınması), Seiso (temiz bir çalışma alanının oluşturulması, kontrollü bir şekilde uçak enkazının toplanması ve kara kutuya ulaşılması), Seiketsu (çalışma ortamında kuralların konması ve standartlaşmaya gidilmesi, kimin ne zaman hangi işi yapacağını belirlemek) ve Shitsuke (Gemba’da disiplin kurallarının takibi, ve sürekliliğin sağlanması) adımları da hayata geçirilmeye çalışılmıştır.

-Ortaya Çıkan Durumu Kontrol Etmek: Müfettişler, sorunun kökenine inebilmek için kara kutuyu ve daha önceki uçuş verilerini değerlendirmişler, MCAS sistemini detaylı incelemişler ve sorunun hücum açısı sensöründe olduğu kanaatine varmışlardır. Bu tespiti yaparken Gemba’da yukarıda belirtilen 5S gerekliliklerinin yerine getirilmiş olması oldukça etkili olmuştur.

-Yerinde Geçici Önlemler Almak: Kazanın olduğu dönemde Türkiye dahil birçok ülke Boeing 737 Max 8 tipli uçakların ülkelerine giriş çıkışını yasaklamıştır. Kazadan 4 ay sonra da benzer bir nedenle Max 8 tipi uçağın kazaya karışması neticesinde Max 8 yolcu uçağıyla uçuşlar durdurulmuştur. MCAS ve trim sistemi arasındaki bağlantıyı çözmek için daha derin araştırmalar yapılmıştır. Süreci yöneten aktörler Gemba Kaizen’in bu üçüncü adımında oldukça başarılı olmuşlardır. Çünkü elde edilen verilerle kazanın teknik boyutu öne çıkarılmış olmasına rağmen 737 Max 8 tipli uçakların uçuşları tam olarak durdurulmadığı için kazadan kısa bir süre sonra benzer şekilde başka bir uçak kazası daha yaşanmıştır.

-Temel Sebebi Bulmak ve Çözmek: 737 Max 8 tipli uçağın kanadının yanına dizayn edilen motor yüzünden hücum açısı sensörünün uçağın burnunu indirdiği anlaşılmış ve hücum açısı fazla olduğunda, oto pilot kapalı olduğunda ve de flaplar kapalı olduğunda MCAS sisteminin devreye girdiği anlaşılmıştır. Bu esnada hücum açısı sensörünün trim sistemini devreye sokarak uçağın yükselmesi engellenmiş ve pilotların kullanımı konusunda bilgileri olmayan MCAS sistemi etkisiyle uçağın burnunun aşağı inmesi yüzünden kaza gerçekleşmiştir. Soruşturmayı yürüten müfettişler ve süreçteki diğer aktörler, yoğun çalışmalarına rağmen temel sebebi bulma ve çözüme konusunda yetersiz kalmışlar, bu nedenle de kısa sürede benzer şekilde başka bir uçak kazası gerçekleşmiştir.

-Tekrarın Önlenmesi İçin Standartlaşmaya Gitmek: Müfettişler özellikle ikinci kaza yaşandıktan sonra, sorunun temel sebebine ve çözüm yollarına hâkim olmuşlar ve pilotlara verilecek eğitimde MCAS sisteminin uygulamalı anlatılması konusunda herkesin uyması gereken temel bir direktif çıkarılmasını sağlamışlardır. Ayrıca pilotların istemsiz burun



indirme ile karşılaşmaları durumunda manuel trim uygulaması yapmaları ve stabilizatör şalterlerini kapatmaları tavsiye edilmiştir. Uçuşta ortaya çıkan sorunların mutlaka uçuş bakım kayıtlarına işlenmesi ve teknisyenlerin bu hataları derhal incelemeleri konusunda tüm aktörlerden hassas olmaları istenmiştir.

Yalın kelimesi sürekli iyileştirme ile eşanlamlı hale geldi. Bu nedenle Yalın Güvenlik Gemba Yürüyüşü, güvenliğin sürekli olarak iyileştirilmesine odaklanan çalışma alanında yapılan bir yürüyüşür. Önderlik ettiğim yürüyüşler, kıdemli liderlerle bire bir etkinliklerden, büyük atölye katılımcı gruplarına güvenliğe bakış açılarını değiştiren bir yolculukta rehberlik etmeye kadar uzanıyor. Yalın Güvenlik Gemba Yürüyüşlerinin uyum güvenliği ile hiçbir ilgisi yoktur. "Şeylere" odaklanmak yerine, tek odak noktası işi yapan bireyler olmalı. İş görevlerini tamamlamak için gereken eylemleri izleyerek, işi daha güvenli ve daha kolay hale getirecek iyileştirme fırsatlarını belirlemek kolaydır.

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmada ayrıntılı bir şekilde ele alınan kriz yönetimi, bir kriz durumunun başarılı bir şekilde yönetilmesini sağlamak için hazırlık yapılması, krizin oluşması durumunda etkilerinin en aza indirilmesi, müdahale edilmesi, krizin sonlandırılması ve ardından normal işleyişe geçiş yapılması aşamalarını içeren yeni bir modern yönetim tekniğidir. Bu kapsamda kuruluşlar için iyi bir kriz yönetimi stratejisi, krizlerin etkilerini en aza indirerek, kriz sonrasında kurumun itibarını, insanların hayatını ve güvenliğini korumak ve maddi kayıpları minimize etmek için önemlidir. Bilindiği gibi kriz yönetimi, kriz öncesinin yönetimiyle başlar ve kriz sonrası iyileştirmeyle devam eder. Kriz öncesinin yönetiminde olası bir krizi önlemek için etkin bir yapı oluşturmak önemlidir. Bu süreçte krize neden olabilecek unsurlar önceden saptanmalı, ortadan kaldırılmalı ve bu konuda önleyici mekanizmalar geliştirilmelidir.

Literatürde krizi etkili bir biçimde yönetmek için krizden kaçma ve krizi çözme şeklinde iki önemli strateji geliştirilmiştir. Krizden kaçma sürecinde, erken uyarı sistemleri gibi gerekli krizi önleme ve denetim altına alma mekanizmaları harekete geçirilerek kuruluşun krize girmesi engellenmektedir. Krizi çözme sürecinde ise kuruluşu en az maliyet ve kayıpla, kriz durumundan kurtarmak amaçlanmaktadır (Özer, 2019: 343). Aslında krizler, kuruluşlar için bir dönüm noktası ya da fırsat olarak görülürler. Kriz anında eğer uygun plânlar yapılırsa kuruluşların panik yapmadan süreçten avantajlı çıkmaları dahi söz konusu olabilir. Bunun için kuruluşlarda stratejik yönetim uygulanmalı ve stratejik plânlardan yararlanılmalıdır. Bu süreçte ilk olarak üst yönetim; orta vadeli ve yıllık stratejilere bölünmüş uzun vadeli bir strateji belirlemelidir. Üst yönetimin, üretim alanına ulaşana kadar sonraki yönetim seviyelerinden

geçen bir dağıtım planı stratejisi olmalıdır. Strateji alt kademelere inerken, daha spesifik eylem planları ve faaliyetleri içermelidir (Imai, 2012: 9).

Bu çalışmada kriz yönetimi uygulamalarında daha etkin sonuçlar elde etmek için Gemba'nın Beş Altın Kuralı'nın yukarıda özetlenen ana felsefe doğrultusunda nasıl uygulanabileceği tartışılmıştır. Bir uçak kazası raporu üzerinden yapılan analizlerle, söz konusu Imai'nin altın kurallarının sektörler farklılaşsa dahi krizlerin başarılı bir şekilde yönetilebilmesi için gerekli ortamları hazırlayacakları sonucuna ulaşılmıştır.

Uygulanan 5S, Muda ve Gemba Kaizen ilke ve yöntemleri krizlerin yönetiminde kuruluşlara önemli avantajlar sunmakta, krizlerin tekrarını önlenmekte, zorunlu tekrar durumlarına karşı ise zarar en az olacak şekilde hazırlıklı olunması sağlanmalıdır. Gemba'nın Beş Altın Kuralı beş adet veriye sahiptir. Bunlar: Sorun ortaya çıkınca olay yerine gitmek, ortaya çıkan durumu kontrol etmek, yerinde geçici önlemler almak, temel sebebi bulmak ve çözmek, tekrarın önlenmesi için standartlaşmaya gitmektir.

Bu veri setinden elde edilen bulgular, mevcut kazada uygulanmadığı için büyük bir can kaybı yaşanmıştır. Yine benzer şekilde Türkiye'de son dönemde meydana gelen Maraş depreminde de Gemba'nın Beş Altın Kuralı uygulanmamış, tekrarın önlenmesi için gerekli çalışmalar yapılmamış ve yapılan çalışmalar kısa dönemli ve belirli bölgeye münhasır nitelik göstermiştir. Özellikle kanuna aykırı verilen imar afları, ruhsata aykırı yapılar, dayanıksız malzemeler ve kusurlu yapı yapan inşaat şirketleri, tekrarın önlenmesi konusunda sayısız deprem felaketine rağmen gerekli adımı atmamışlardır. Yine benzer şekilde Maraş deprem felaketinde yerinde geçici önlemler alınmasında çok geç kalınmış, askeri kuvvetler olay yerine geç intikal etmiş, yemek, can güvenliği ve barınma konusunda koordinasyonsuzluk yaşanmış ve etkili önlemler alınamamıştır. Sivil toplum örgütlerinin yardım destekleri bekletilmiş ve devlet-özel sektör işbirliği tam anlamıyla sağlanamamıştır.

Dünyada ve Türkiye'de afet ve kazalar her daim olacaktır. Ancak her ülkenin, olabilecek en kötü senaryoya karşı acil eylem planını hazırlaması ve Gemba Kaizen metodu doğrultusunda ekiplerini yerleştirmesi gerekir. Bu konuda yönetim ilkesi benimsenmeli ve tekrarın önlenmesi için standardizasyona gidilmelidir. Ayrıca kalkınma planı, yıllık programlar ve stratejik planlamada da Gemba Kaizen metodu yer almalı ve her kurum nezdinde afet ve kazalara karşı yapılması gerekenler, kriz öncesi ve sonrası olmak üzere tespit edilmelidir.

Çalışmada da belirtildiği gibi Gemba Kaizen, üretimden çıktıya kadar üretim sürecinin her aşamasında israfın ortadan kaldırılmasını hedefleyen, süreç iyileştirmeyi ve minimum maliyetle maksimum verimi elde etmeyi amaçlayan bir modeldir. Gemba Kaizen, Kaizen ilkeleriyle paralel gitmekle birlikte sorunların çözümünde, hataların giderilmesinde ve

de tekrardan hataların yaşanmaması için ortaya koyduğu standartlaşma ilkeleriyle klasik Kaizen modelinden ayrılmaktadır. Gemba Kaizen, daha çok kriz yönetiminde kullanılmakta ve kamudan, özel sektöre kadar birçok alanda uygulanmaktadır.

Sonuçta Gemba Kaizen kapsamında süreçte yaşanan eksiklikler ve hatalar da ortaya konulmaya çalışılmıştır. İncelenen örnek olayda kısa sürede benzer ikinci bir uçak kazasının olması Gemba Kaizen yönteminin süreçte başarılı bir şekilde uygulanamadığını göstermiştir.

Gemba Kaizen yöntemi, kriz yönetiminde , kriz öncesi ve sonrası alınacak tedbirler konusunda öncü bir rol oynamaktadır. Deprem, heyelan, su basması, nükleer kriz, uçak kazası vb. her türlü doğal afet ya da kazada, Gemba Kaizen metodunun uygulanması, topluma büyük katkı sağlayacaktır. Gemba Kaizen metodunun kriz öncesi, kriz anı ve kriz sonrası olmak üzere üç başlıkta öngördüğü yöntemler, bundan sonraki doğal afet ve kaza durumlarında uygulanırsa büyük başarı sağlanacaktır. Bu yöntem olabilecek her türlü olası felaketin öncesinde analizini, raporlanmasını ve tedbir alınmasını öngören kapsayıcı ve etkili bir sistematiktir. Bu yöntem, bundan sonraki çalışmalarda, kriz yönetiminde baz alınarak örnek olaylar bağlamında değerlendirilmelidir.

## 5. KAYNAKÇA

Aktan, C. C. (2000). *Yönetimde rönesans ve kalite devrimi*. Ankara: TOSYÖV Yayını.

Altundal, U. (2018). The Five-S practice (5-S uygulaması). İçinde M. Akif Özer (Ed.), *Geleceğe Yön Veren Yönetim Teorileri* (ss.195-201). Ankara: Gazi Kitabevi.

Barraza, M. F., Pujol, J. R. ve Robles, M. E. (2012). Applying Gemba-Kaizen in a multinational food company: A process innovation framework. *International Journal of Quality and Service Sciences*, 7(4), 40-47.

Bibus (2023). *Yalın yönetim nedir?* <https://karakuri.bibus.com.tr/son-haberler/son-haberler/yalin-yonetim-nedir/> Erişim tarihi: 09.12.2022.

Čierna, H., Sujová, E., ve Ťavodová, M. (2016, April 15-16). The agri-food value chain: challenges for natural resources management and society, *International Scientific Days*, 238-242.

Çilhoroz, Y. ve Arslan İ. (2018). Yalın yönetim yaklaşımı ve sağlık hizmetlerinde uygulamaları. *Journal of Süleyman Demirel University Institute of Social Sciences*, 32(3), 156-185.

Dailymotion (2023). *Uçak kazası raporu*. S21E04 Grounded Boeing 737 8 Max. <https://www.dailymotion.com/video/x81ypul,44.13>, Erişim Tarihi: 23.04.2023.

Daiya, B. K. (2012). Applying Gemba Kaizen at sks separator in cement plant: A case study. *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, 2(9), 1-5.

Dárius, D. (2023). Gemba Kaizen - Utilization of human potential to achieving continuous improvement of company. *The International Journal of Transport & Logistics*, Medzinárodný časopis, Doprava a Logistika, <http://www.sjf.tuke.sk/transport-logistics/content/21.Darius.pdf>, Erişim tarihi: 09.04.2023.

Endusa, S. (2021). *Influence of Gemba-Kaizen strategy on performance of Bamburi Cement Plc in Kenya* (Master Dissertation). Kenya: University of Nairobi.

Freedman, J. T., Mondoux, S., Stang, A. ve Chartier, L. B. (2020). Going to the COVID-19 Gemba: Using observation and high reliability strategies to achieve safety in a time of crisis. *The Canadian Journal of Emergency Management*, 22(6),738-745.

Hafey, R. B. (2015). *Lean safety gemba walks a methodology for workforce engagement and culture*. Change Boca Raton, FL, USA: Taylor & Francis Group, 33487-2742.

Hart, P., Heyse, L. ve Boin., A. (2001). Guest editorial introduction new trends in crisis management practice and crisis management research: Setting the agenda. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 9(4), 180-186.

Haliloğlu, F. G. (2018). Five golden rules of Gemba (Gemba'nın beş altın kuralı). *İçinde M. Akif Özer (Ed.), Geleceğe Yön Veren Yönetim Teorileri (ss.35-38)*. Ankara: Gazî Kitabevi.

Internet: <https://www.kadjinews.com/Kaizen-tool-implemet>, Erişim tarihi: 23.04.2023.

James, R. M. (1986). *Kaizen - The concept*. <https://maaw.info/ArticleSummaries/ArtSumImaiKaizen1986.htm>, Erişim tarihi: 09.12.2022.

Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen, A commonsense approach to a continuous improvement strategy*. Second Edition. New York, USA: The McGraw-Hill Companies.

Imai, M. (2023). *Masaaki Imai*, <https://choolskool.com/wp-content/uploads/2021/07/Masaaki-Imai.pdf>, Erişim tarihi: 09.04.2023.

Janjić, V., Bogičević, J. ve Krstić., B. (2019). Kaizen as a global business philosophy for continuous improvement of business performance, *EKOHOMIKA*, 65(2), 16-24.

Karkoszka, T., Honorowicz, J. (2009). Kaizen philosophy a manner of continuous improvement of processes and products. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 35(2), 192-201.

Kırbaş, İ. (2023). *Yalın yönetim*. <https://occons.com/index.php/makaleler/27-strateji-ve-yonetim/74-yalin-yonetim>, Erişim tarihi: 09.04.2023.

Kyriazis, P. (2016). Toyota recall crisis management & corporate culture vitality. *Journal for Global Business and Community Consortium for Undergraduate International Business Education*, 7(1), 11-16.

Li, L., Rong, Y. (2020, 5-7 May), Gemba Kaizen in health sector (ss.1-3). *International Conference on Public Health and Data Science (ICPHDS)*, <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9361946>, Erişim Tarihi: 23.04.2023.

Liker, J. K. ve Morgan, J. M. (2006). The Toyota way in services: the case of lean product development. *Academy of Management Perspectives*, 20(2), 5-11.

Mahony, N. ve Clarke., J. (2013). Public crises, public futures. *Forthcoming in Cultural Studies*, 27(4), 1-6.

Martin, R. J. (2023). *Kaizen*. <https://maaw.info/ArticleSummaries/ArtSumImaiKaizen1986.htm>, Erişim Tarihi: 23.04.2023.

Maryani, E., Purwanto., A. ve Kartika., H. (2020). Do Gemba Kaizen and 5S reinforce medical equipment manufacturing performance. *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*, 7(7), 40-46.

Mitroff, P., Shrivastava, P. ve Udvardia, F. E. (1987). Effective crisis management. *The Academy of Management Executive*, 1(3), 281-288.

Nazimah, R. N. (2018). *Thinking lean: The relevance of gemba-Kaizen and visual assessment in collection management*. Association of College and Research Libraries, 106.

Özer, M. A. (2019). *21. yüzyılda yönetim ve yöneticiler*, 2. Baskı, Ankara: Gazi Kitabevi.

Prosic, S. (2011, 4-5 June). Kaizen management philosophy (ss.1-7). *International Symposium Engineering Management and Competitiveness*, Serbia: Zrenjanin.

Saraçyakupoplu, T. (2020). Havacılıkta organizasyonel kazalar: B-737 max uçak kazalarının mühendislik perspektifinden incelenmesi. *Mühendis ve Makine Dergisi*, 61 (701), 240-245.

Singh, J., ve Singh., H. ( 2009). Kaizen philosophy: A review of literatüre. *The ICFAI University Journal of Operations Management*, 8, 49-57.

Teplická, K. ve Culková, K. (2011). Kaizen and its applying during cost decreasing in process of production firm maintenance. *Annals of Faculty Engineering Hunedoara- International Journal of Engineering*, Fascicule 3, 311-316.

Titu, M. A., Oprean, C. ve Grecu, D. (2010, 17-19 March). Applying the Kaizen Method and the 5S Technique in the activity of post-sale services in the knowledge-based organization (ss.1-6). *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Sciences*, Hong Kong.

Yang, J. ve Huang, W. (2022). Institutional network relationship of chinese public crisis governance system—based on the quantitative comparative analysis of policies during SARS and COVID-19. *International Journal Of Environmental Resarch and Public Health*, 19(22), 1-7.

克生, 青木. (2022). How do material objects promote continuous learning? A framework for understanding Gemba Kaizen. *Business Review*, 69(1), 383-387.

# Havacılık Sektöründe Kullanılan Karbon Fiber Takviyeli Polimer (CFRP) Kompozitlerin Tamiri

**Bengisu AKPINAR<sup>\*1</sup>**

<sup>1</sup>Doktora Öğrencisi, Türk Havacılık ve Uzay Sanayi, Ankara, [bngsuakpinar@gmail.com](mailto:bngsuakpinar@gmail.com)  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Ankara

**Arman ULUOĞLU<sup>2</sup>**

<sup>2</sup>Yüksek Lisans, Türk Havacılık ve Uzay Sanayi, Ankara, [armanuluoglu@gmail.com](mailto:armanuluoglu@gmail.com)  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Ankara

**Evren SONAT<sup>3</sup>**

<sup>3</sup>Dr, Türk Havacılık ve Uzay Sanayi, Ankara, [sonatevren@gmail.com](mailto:sonatevren@gmail.com)  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Ankara

**Geliş Tarihi/Received:** 24.04.2023 **Kabul Tarihi/Accepted:** 25.08.2023 **e-Yayın/e-Printed:** 31.08.2023

**DOI:** 10.52995/jass.1286831

**ORCID:** 0000-0002-1004-984X, 0009-0007-1628-7770, 0000-0001-8040-327X

## ÖZET

---

Havacılık sektöründe kullanılan kompozit malzemeler genel olarak karbon fiber takviyeli polimer, cam fiber takviyeli plastikler ve aramidlerdir. Bu çalışmada avantajlarından dolayı sıklıkla kullanılan, karbon fiber takviyeli polimer (CFRP) kompozitlerin üretim, montaj veya servis ömrü boyunca çıkan hasarları gidermek amaçlı kullanılan tamir yöntemleri ele alınmıştır. Havacılık sektöründe en yaygın kullanılmakta olan tamir yöntemlerinden 3 tanesi açılı açma (scarf), basamak şeklinde açma (step) ve üst üste bindirme (overlap) yöntemleridir. Yapılan çalışmada bu tamir yöntemlerinden ve kullanılan muayene yöntemlerinden genel olarak bahsedilmiştir. Ayrıca, hasarlı bir parça üzerinde basamak şeklinde açma ve açılı açma yöntemlerinin uygulanışı ayrıntılı bir şekilde gösterilmiştir. Yapılan çalışmaların güvenilirliği ve uygulanabilirliği için tahribatsız muayene yöntemleri uygulanıp sonuçlar değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kompozit parçaların tamiri, tahribatsız muayene, karbon fiber kompozitler

---

## Repair of Carbon Fiber Reinforced Plastic (CFRP) Materials Used in Aerospace Industry

### ABSTRACT

Mostly, carbon fibre reinforced plastics (CFRP), glass fibre reinforced plastics (GFRP) and aramid have been used in aerospace industry for years. In this study, repair techniques of CFRP that many advantages to be used were discussed during production, assembly or/and service life of composite components. There are three common techniques for CFRP repair in commercial way for aerospace industry, which are scarf, step and overlap. These techniques were applied in practice and shown on the study. In addition, detail examination was shown for repairing composite components. In order to make sure repair was reliable, non-destructive inspection (NDI) methods were performed.

**Keywords:** Repair of composite components, NDI, CFRP

### 1. GİRİŞ

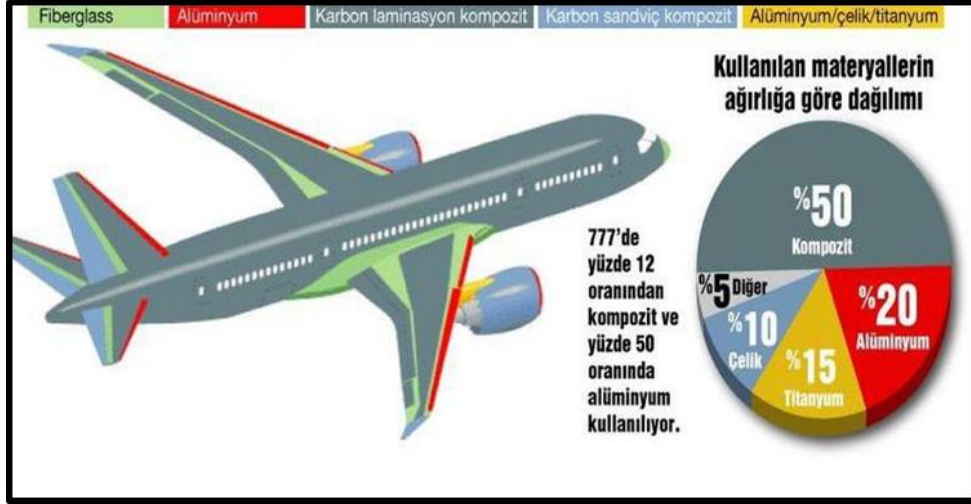
Karbon fiber takviyeli polimer (CFRP) malzemeler, metallere kıyasla hem hafiflik, korozyon direnci, tasarım esnekliği, yüksek mukavemet, daha iyi yorulma ömrü vb. gibi özelliklere sahip olmaları, hem de yapısal düzenlemelerle özelliklerinin değişerek tasarım gereksinimlerine göre uyarlanabilmelerinden dolayı 1960lı yıllardan beri havacılık sektöründe yer almaktadır. Kompozit malzemelerin kullanımı bilindiği üzere bu sektörde pek çok faydaya sahiptir. Bunlardan bazıları ağırlıkta azalmaya bağlı olarak yakıt tasarrufunda ve yolcu ve yük taşıma kapasitesinde artış olarak gözlenmektedir. Bu bakımdan mukavemet-ağırlık oranının yüksek olması bu malzemeleri önemli kılmaktadır.

Günümüzde yeni nesil uçakların çoğunda hem birincil yük taşıyan hem de ikincil yapıdaki parçalarda kompozit kullanılmaktadır. Görsel olarak Boeing 787 kompozit ve diğer malzemelerin uçak üzerinde kullanımı Şekil 1’de verilmiştir. Bu uçaklarda, bileşenlerin yaklaşık yüzde elliden fazlası kompozit parçalardır. Kullanılan kompozit parçaların artışı ve yüksek maliyeti, kompozitler üzerindeki tamiri havacılık sektörü için çok önemli bir hale getirmiştir.

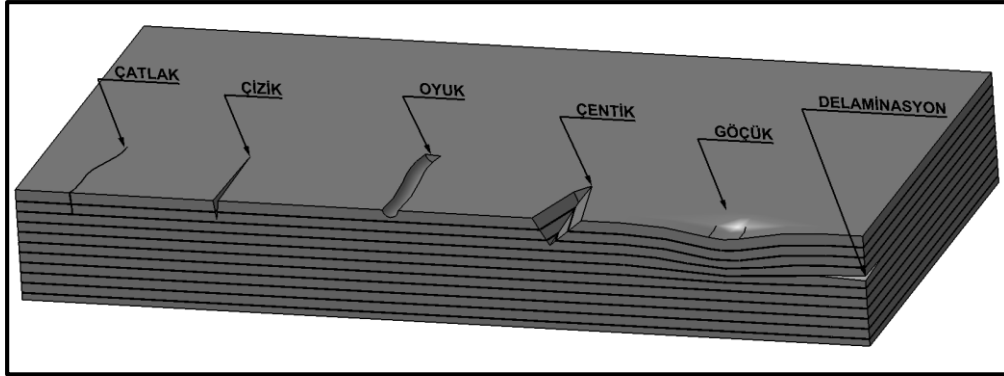
Kompozit tamirleri birçok farklı şekilde kategorilendirilebilir. Sadece lamine veya lamine ve bal peteği yapıdan oluşan sandviç olmak üzere yapı farkından kaynaklı tamir yöntemleri bulunmaktadır. Bu çalışmada sadece lamine yapıda olan kompozitler üzerindeki tamir çeşitleri çalışılmıştır. Şekil 2’de gösterildiği üzere, lamine yapılarda meydana gelen hasarlardan en çok karşılaşılanlar beş başlık altında toplanmıştır (Ercan, 2011).

Kompozit malzemelerde çatlak, reçine matrisinde veya fiberde oluşan yüzey kırılmasıdır. Çizik ise malzeme üzerinde kesit alanını değiştiren bir hasar çizgisi olarak tanımlanabilir. Kesit alanında değişime sebep olan hasarlı alana oyuk denir. Bunlara ek olarak sınırlı bir oyuguñun sivri bir uca sahip olduğu durum çentik olarak adlandırılmaktadır. Kompozit

malzemelerde iç bükey bir çöküntü meydana getiren fakat fiberi kırmayan hasar ise göçük olarak adlandırılır. Bir göçük delaminasyona sebep olabilir. Katmanlara ayrılma (delaminasyon) ise bitişik lamine katmanlarının birbirinden ayrılması durumudur (Boeing, 1996).



Şekil 1: Uçak üzerinde kullanılan malzemelerin gösterimi(Boeinglerin Yıldırımdan Koruyan Kumaş Türklenden, 2017).



Şekil 2: Lamine kompozitlerde hasar türleri

Hasarlanan bir lamine malzemeye en uygun tamiri verebilmek için öncelikle uygun tahribatsız muayene yöntemi kullanılarak hata tipi ve boyutları belirlenir. Muayeneler; hasarın tespitinde kullanıldığı gibi tamir aşamasından sonra tamirin doğru uygulanıp uygulanmadığını kontrol amaçlı da uygulanmaktadır. Lamine kompozit malzemelerde en yaygın olarak kullanılan tahribatsız muayene yöntemleri şunlardır; gözle muayene, ultrasonik darbe yankı, ultrasonik geçirim ve tap test yöntemidir. Parçanın gözle görülen bir hatası yok ise gözle muayene tamamlanır ardından diğer yöntemlerden uygun olanı yapılır.



Gözle muayene: Muayene yöntemlerinin en başında gelir. Görmeye elverişli, aydınlık bir ortamda bakılarak hasar tespiti yapılabilir. Çentikler, çatlaklar, boya bozuklukları, delikler ve parça üzerinde ezilmeler tespit edilebilir (Boeing Company, 2012).

Darbe yankı metodu: Bu yöntem ile yüksek frekanslı ses dalgalarının parça içerisine gönderilerek geçirgenliği farklı ara yüzeylerden yansıma ve kırılması sonucunda, hatanın tespit edilebilmesi sağlanır. Uygun kalibrasyon blokları kullanılarak, parça içerisindeki hatanın konumu, derinliği ve boyutları saptanabilir. Bu yöntemle çatlaklar, boşluklar ve katmanlar arası ayrışmalar (delaminasyonlar) tespit edilebilir.

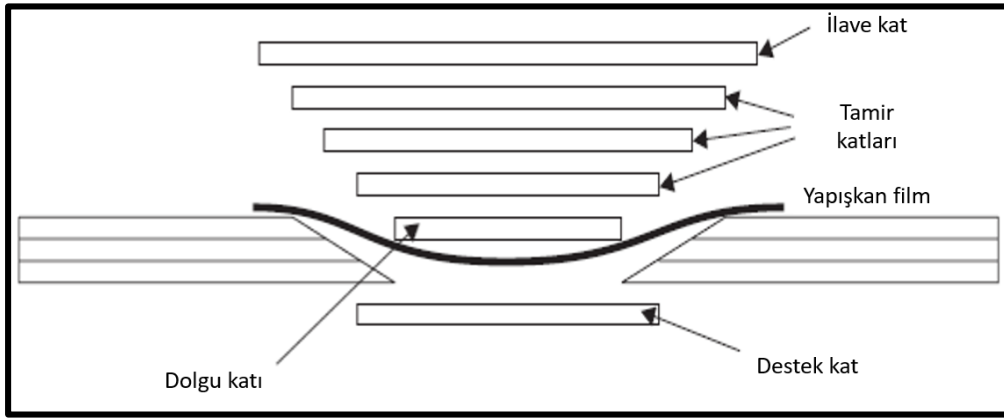
Ultrasonik Geçirim Metodu: Bu teknikte ise bir adet iletici prob ve karşısında duran bir adet alıcı prob vardır. Ses dalgası birinden yapıya verilip diğerinden toplanır. Bu yöntemle de çatlaklar, boşluklar ve katmanlar arası ayrışmalar (delaminasyonlar) tespit edilebilir. Darbe yankı tekniğinden farklı olarak, bu yöntem ile hatanın derinliği tespit edilemez (Boeing Company, 2012).

Tap test: Bu teknikte bir test çekici veya metal bozuk para şeklinde bir disk ile uygulanır. Tap cihazı da bu yöntemde kullanılan alternatifler arasındadır. El ile yapılan (manuel) ve aletle yapılan (otomatik) tap test olmak üzere ikiye ayrılır. Elle tap test para testi olarak da bilinir. Genellikle elle, bozuk para veya test çekici yardımıyla test muayenesi yapılacak bölgeye vurularak uygulanır. Lamine yapılarda, tap test, delaminasyon sorununun tespitinde kullanılır. Delaminasyon olan bölgelerde daha sönük bir ses çıkması beklenir. Bu yöntem hatalı bölgenin işaretlenmesi için güzel bir yöntem olmasına rağmen kalın tabakalı yerlerde çok hassas ve iyi sonuçlar vermez. Bunlara ek olarak manuel yolla yapıldığı için yapan insanın tecrübesi, duyma kalitesi ve hassasiyetine de oldukça bağlı bir testtir. Otomatik tap test cihazları cihazın hatalı bölgeye yerleştirilmesiyle yapılır ve hatalı bölgenin gösteriminde manuel yöntemle kıyasla daha hassas sonuçlar verir (Boeing Company, 2012).

Tahribatsız muayene uygulanıp hasarın boyutlarının, yerinin ve tipinin tespitinin ardından bu bulgulara istinaden iade olan tamir yöntemi tasarlanır. Havacılık sektöründe yaygın olarak kullanılmakta olan 3 tamir yöntemi, öncelikle hasarlanan bölgenin parçadan çıkarılması, sonrasında yapışma yüzeyinin seçilen tamir metoduna göre hazırlanması ve çıkarılan katların yeniden yerine yerleştirilmesi aşamalarını içerir. CFRP laminelerde yaygın olan bu üç tamir yöntemi aşağıda anlatılmıştır.

### 1.1. Açılı açma (scarf)

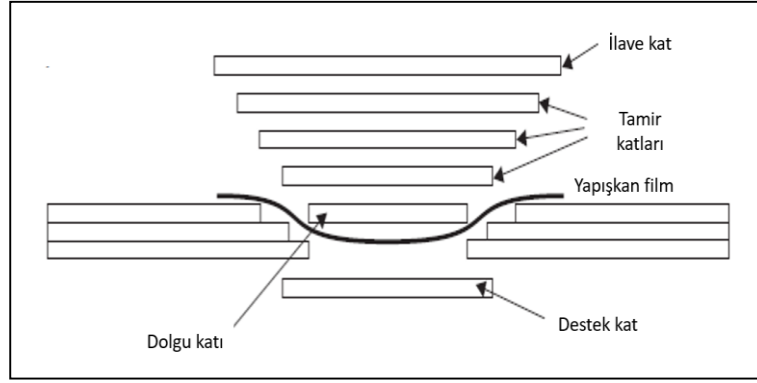
Literatürde bilinen adıyla Scarf/ Taper Sanded tamirler zımpara yardımıyla yüksek mukavemet gereksinimi olan ve aerodinamik yüzey gereksinimi gibi sebeplerle düz bir yüzey istenen bölgelerde kullanılan ve hasarlı bölgenin, belirli bir açı verilerek temizlenmesi tekniğidir (Mangalgiri, 1999). Verilen bu açı, kullanılan malzeme, parça kalınlığı gibi etmenlere bağlı olup yapışma mukavemeti açısından son derece önem arz etmektedir. Hasarlı bölge temizlendikten sonra, çıkarılan kadar kat; tekrar serilerek tamir tamamlanır. Çoğu tamir uygulamasında olası işçilik ve süreç hatalarını telafi edebilmek için en üste 1 kat fazladan malzeme atılır (Soutis, 2005). Şematik görüntüsü Şekil 3’de yer alan tamirde açılan bölge temizlendikten sonra bir yapışkan film konur. Yapışkan film uygulaması yüksek sıcaklıkta kür olacak parçalarda kullanılan bir yöntem olduğu için her zaman kullanımı şart değildir.



Şekil 3: Açılı açma metodu ile yapılan tamir yönteminin şematik görüntüsü (Boeing, 1996).

### 1.2. Basamak şeklinde açma (step)

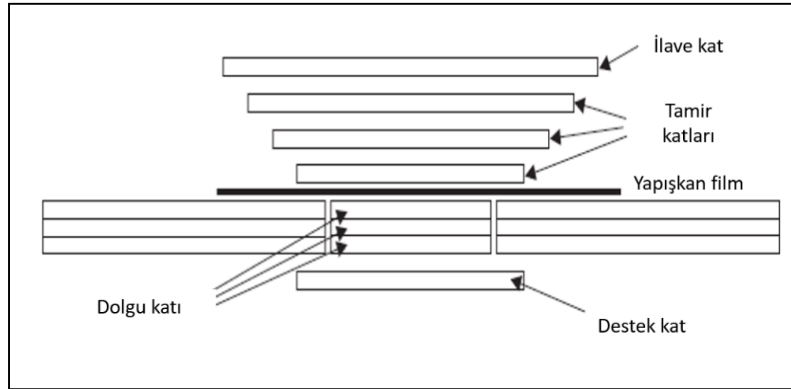
Bilinen adıyla Step/ Step Sanded tamir metodu hasarlı bölgeyi basamak basamak genişleterek açmak ve açılan yerin üstüne tamir için gerekli katların atılmasıyla uygulanır. Katmanların üst üste binme miktarı, tamir mukavemetini etkileyen en önemli parametredir. Tamir yapılacak alan açılıp temizlendikten sonra, yapışkan bir film konup serim işlemi öyle yapılır (Mangalgiri, 1999). Hasarlı bölge temizlendikten sonra, çıkarılan kadar kat; aynı boyutlarda ve aynı yönlerde olacak şekilde serilerek tamir tamamlanır. Şekil 4’de görüldüğü üzere bu tamir yönteminde de genelde fazladan bir kat atılmaktadır.



Şekil 4: Basamak şeklinde açarak tamir yönteminin şematik görüntüsü (Boeing, 1996).

### 1.3. Üst üste bindirme (overlap)

Bu yöntem literatürde Patch/ Overlap yöntemi olarak bilinmektedir ve hasarlı bölgenin temizlenmesi, çıkarılan kadar katın dış yüzeylere yapıştırılması tekniğidir. Tek taraflı veya iki taraflı bindirme şeklinde yapılabilir (Mangalgiri, 1999). Bu tamir tekniğini, yüzeyde çukıntı oluşturacağı için, yüzey düzlüğü istenen bölgelerde kullanmak mümkün değildir. Bazı durumlarda içerideki kısım kompozit kumaş katlarıyla bazı durumlarda reçineye emdirilmiş doğranmış fiberlerle doldurulmaktadır (Edwards, 2008). Şematik olarak görüntüsü Şekil 5' de verilmiştir.



Şekil 5: Üst üste bindirme yöntemi ile tamir uygulamasının şematik görüntüsü (Boeing, 1996).

## 2. MATERYEL VE METHOD

Bu çalışmada, CFRP lamine parçalar üzerinde, açılı açma ve basamaklı açma yöntemleri kullanılarak yapılan tamir yöntemleri ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Ana malzemesi epoksi reçine emdirilmiş karbon fiber olan yapıda tamir için ana malzeme yerine kuru örgülü karbon fiber kumaş kullanılmıştır. Isıtma ve kürlenme işlemi için

ıslak tamir metodu seçilmiş ve yapılan tamirde reçine olarak epoksi reçine kullanılmıştır. Böylece, fabrika ortamı gereksinimi olmadan, yerinde tamir olanakları incelenmiştir.

Hasar tipi, sivri bir cisimle darbeye bağlı bir yüzeyden diğer yüzeye penetre olmuş delik ve çevresindeki bölgede katmanlar arası ayrılma (delaminasyon) olarak belirlenmiştir. Şekil 6'da gösterilen hasarlı bölge temizlenmiş ardından açılı açma yöntemi uygulanmıştır. Dünyada yaygın olarak kullanılan tamir manuellere de belirtildiği ve uygulandığı üzere en uygun açılı olarak 1:20 oranında bir açma oranı ile sivriltilerek açılı açılan ve en alttaki kata kadar inen bu yöntem ile açılan parça Şekil 7'de gösterilmiştir. Açma işleminden sonra Şekil 8'de yüzey açılı bir şekilde temizlenmiştir. Daha sonra Şekil 9'da görüldüğü üzere kuru karbon fiber kumaş ile ıslak serim yapılarak tamir yapılmıştır.

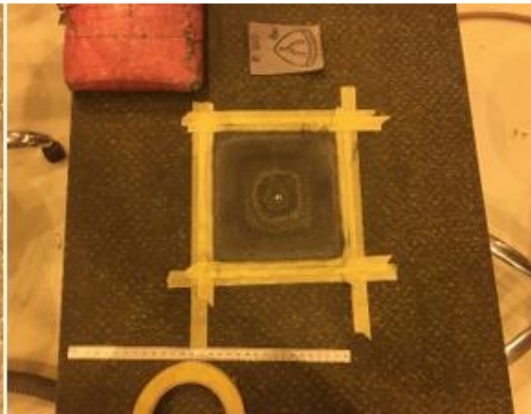
Serim işleminden sonra tamir yapılan bölgenin etrafına ayırıcı film serilmiş üzerine kalıp ayırıcı kimyasal kumaş serilmiştir. Ardından yüzey battaniyesi serilerek en dışa vakum torbası serilmiştir. Şekil 10 ve Şekil 11'de gösterildiği üzere tamir bölgesinin etrafında mesafe bırakarak sızdırmaz yapışkan macun çekilmiş ve vakum torbası bu macuna yapıştırılarak sızdırmazlık amaçlanmıştır.

Vakum torbasının altına vakum portu eklenmiş üstünden de port bağlanarak ilgili parça vakuma alınmıştır. Parça ıslak serim yapıldıktan sonra vakuma alınarak fırına konmuş ve 75-85°C'de 0,6 atm vakum basıncı altında 60-90 dakika aralığında kür işlemi gerçekleştirilmiştir.

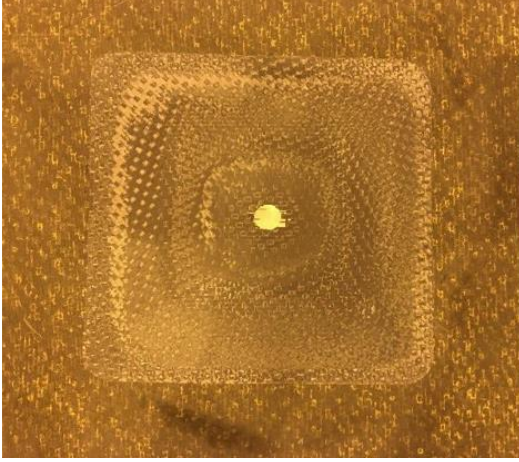
İkinci olarak Şekil 12'de gösterildiği gibi basamak şeklinde açma yöntemi için hasarlı bölge temizlendi ve bu bölgeden itibaren 12,5mm yanlara açılarak önden ve arkadan açma olarak çift taraflı tamir uygulandı. Şekil 13'de görüldüğü üzere her bir açılan bölge ölçü alınıp, bantlanarak belirtildi.



Şekil 6: Hasarlı bölgenin görüntüsü



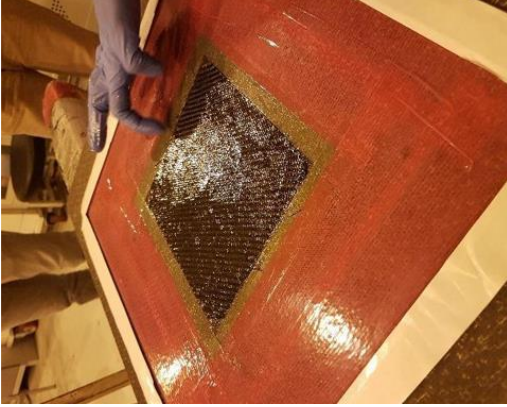
Şekil 7: Açılı açma yöntemiyle katların en alt kata kadar açılma görüntüsü



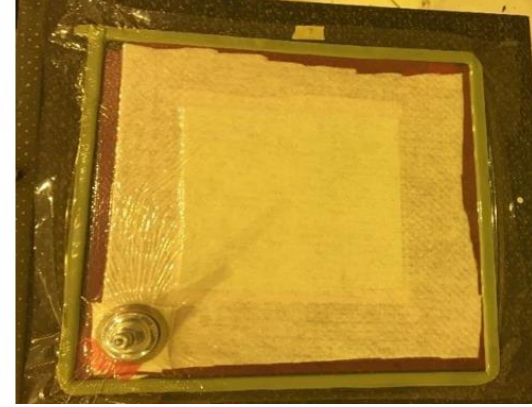
Şekil 8: Açılı açılarak temizlenen bölgenin görüntüsü



Şekil 9: Tamir uygulandıktan sonra hasarlı bölgeye ıslak serim yapılmış görüntüsü



Şekil 10: Tamir uygulandıktan sonra hasarlı bölgenin vakuma alınmadan önceki görüntüsü



Şekil 11: Tamir uygulandıktan sonra hasarlı bölgenin vakuma alınmış görüntüsü



Şekil 12: Hasarlı bölgenin görüntüsü

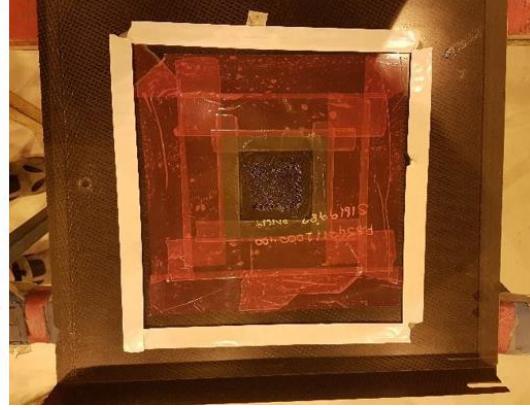


Şekil 13: Basamak şeklinde açma yöntemiyle katların en alt kata kadar açılma görüntüsü

Aynı işlem Şekil 14’da belirtildiği gibi arka yüzeyde de gerçekleştirildi. Açılan katlar daha sonra ön ve arka yüzeyde de karbon fiber kuru kumaş ile epoksi reçine emdirilerek ıslak serimle ana malzeme ile aynı yönde serim yapılarak tamir edildi. Şekil 15’de serim esnasında elde edilmiş tamir bölgesi görüntüsü bulunmaktadır.

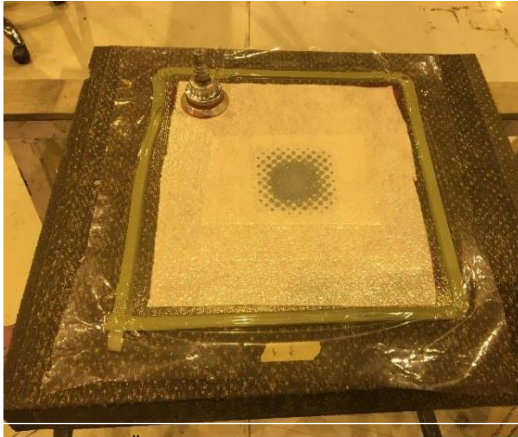


Şekil 14: Basamak şeklinde açma yönteminin arka yüzeyden açılma görüntüsü

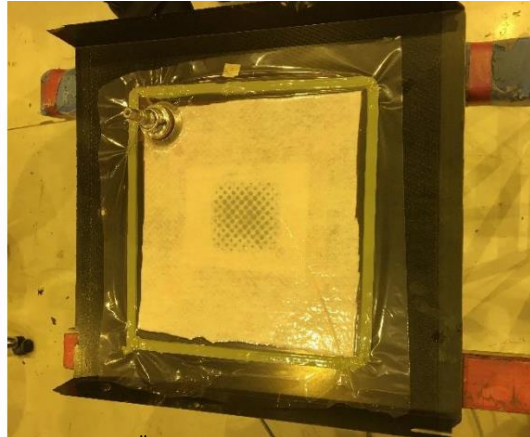


Şekil 15: Serim esnasındaki tamir görüntüsü

Serim işlemi tamamlandıktan sonra bu yöntemde de açılı açma yönteminde olduğu gibi ayırıcı film kullanılmıştır. Ayrıca kalıp ayırıcı kimyasal kumaş serilmiş, ardından yüzey battaniyesi serilerek vakum portu konulmuştur. Şekil 16 ve Şekil 17’de görüldüğü üzere vakum torbası yapışkan macun ile yapıştırılarak hem ön hem arka yüzeye aynı işlemler uygulanmıştır.



Şekil 16: Ön yüzeyde tamir uygulandıktan sonra hasarlı bölgenin vakuma alınmış görüntüsü



Şekil 17: Ön yüzeyde tamir uygulandıktan sonra hasarlı bölgenin vakuma alınmış görüntüsü

Her iki yüzeyinden de vakuma alınan parça 75-85°C’de 0,6 atm vakum basıncı altında 60-90 dakika aralığında fırında kür olmuştur.

İkinci tamir numunesinde kullanılan çift taraflı açma yöntemi, hem açılı açma, hem de basamak şeklinde açma tamir yöntemleri ile kullanılabilir. Tek taraflı ya da çift

tarafli açma tercihi, hasarın derinliği, parçanın kalınlığı, tamir bölgesinin çevresinde bulunan yapılar ya da bağlayıcıların uzaklığı gibi etmenler göz önünde bulundurulurken yapılır. Çift tarafli açma yöntemini kullanmak için hasarın tüm kompozit katmanlarını etkileyen tüm lamine kalınlıklığı derinliğinde olması gerekir. Tek tarafli açma yöntemine göre, daha dar alanda tamir yapma olanağı sunar, bu da özellikle tamir alanını küçük tutarak varsa çevredeki farklı yapılar ya da bağlayıcılarla kompozit tamirinin çakışmasını önlemede yardımcı olur. Bu makalede maliyet etkin çalışma yapabilmek adına açılı açma metodu tek tarafli, basamak şeklinde açma metodu ise çift tarafli uygulanmıştır.

### 3. TAHRİBATSIZ VE TAHRİBATLI MUAYENE YÖNTEMLERİ İLE İNCELEME

Tahribatsız muayene yöntemi olarak görsel muayene, darbe yankı metodu ve ultrasonik geçirim metodu uygulanmıştır. Görsel muayene de herhangi bir bulguya rastlanmamıştır. Uygulanan iki tamir yönteminde de tamir edilen bölgenin yüzeyinde tamir sonrası gözle görülür herhangi bir çizik, çatlak, çöküklük vb. bir hataya rastlanmamıştır. Darbe yankı metodu ve ultrasonik geçirim metodu ile uygulanan tamirin katmanları arasında ayrılma (delaminasyon) olup olmadığı incelenmiştir. Basamak şeklinde açma yöntemi ile yapılan tamire uygulanan darbe yankı metodu ile muayeneye ait görüntü örnekleri Şekil 18 ve Şekil 19'da verilmiştir.



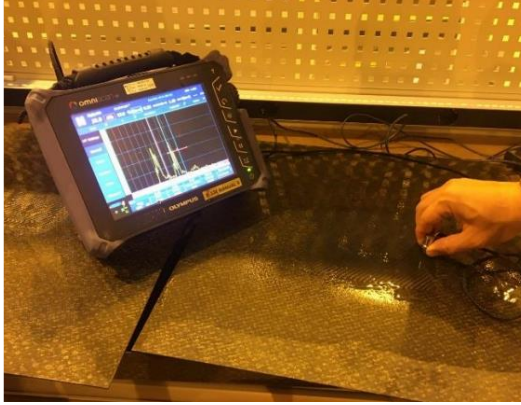
Şekil 18: Basamak şeklinde açma yöntemi ile yapılan tamire uygulanan darbe yankı metodu ile muayeneye ait görüntü



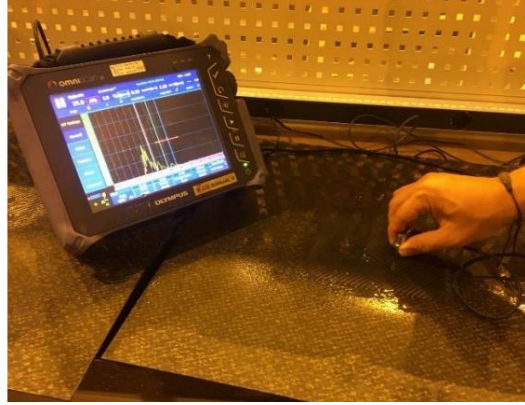
Şekil 19: Basamak şeklinde açma yöntemi ile yapılan tamire uygulanan darbe yankı metodu ile muayeneye ait görüntü

Arkadan ve önden açılarak iki tarafli yapılan bu tamirde katlar arasında boşluk kalmadığı ve tamir edilen bölgenin ana malzemeye yapısal olarak benzerliği dikkat çekmiştir.

Açılı açma yöntemi ile yapılan tamire uygulanan darbe yankı metodu ile muayeneye ait görüntü örnekleri Şekil 20 ve Şekil 21'de verilmiştir.



Şekil 20: Açılı açma yöntemi ile yapılan tamire uygulanan darbe yankı metodu ile muayeneye ait görüntü



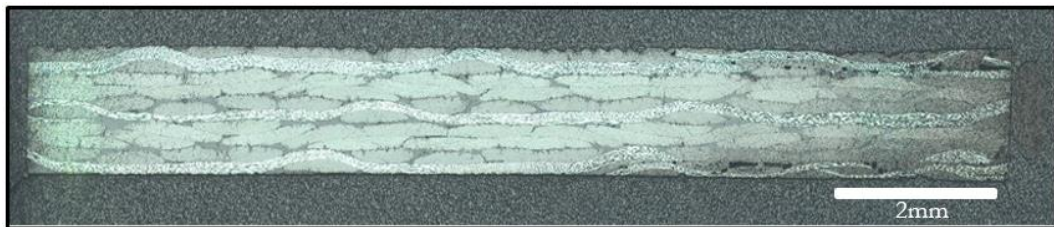
Şekil 21: Açılı açma yöntemi ile yapılan tamire uygulanan darbe yankı metodu ile muayeneye ait görüntü

Bu tamir yöntemiyle yapılan bölgeye uygulanan muayene katların serim aşamasında aralarında delaminasyonlar gözlenmiş ve ana malzemeye yakın olmayan özellikte tamir bölgesi ortaya çıktığını göstermiştir.

Tahribatsız muayene sonucunda açılı açma yöntemiyle tamir yapılan parçanın tamir sonrası muayene kriterlerini karşılayamaması sonucunda muayeneden geçemediği, basamak şeklinde açma yöntemiyle tamir edilen parçanın ise kriterlere uyarak muayeneden geçtiği görülmüştür. Basamaklı açma yöntemi ile tamir uygulanan parçaya, parça kalınlığından dolayı iki taraflı açma yöntemi uygulanmıştır. Hem arka hem ön yüzden açılarak uygulanan bu tamirin her iki taraftan da vakuma alındığı için yapışma yüzeyi artmış ve delaminasyon probleminin büyük ölçüde önüne geçilmiştir. Diğer yandan ise açılı açma yöntemi uygulanan tamir bölgesi tek taraftan yapılmış olup yapışma yüzeyi büyük olduğu için vakum yetersiz kalmış ve delaminasyon gözlenmiştir.

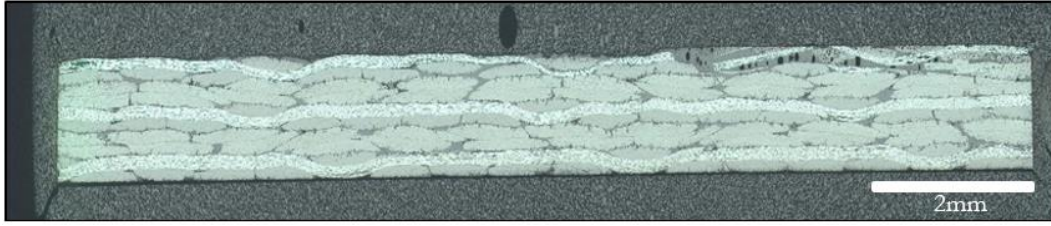
Parçalardan daha sonra tahribatlı muayene ile inceleme amaçlı kesitler alınmıştır. Şekil 22 ve Şekil 23'de iki yöntemle yapılan tamirlerin kesitlerinin mikroskop altındaki görüntüleri verilmiştir.

Her iki yöntemle tamir edilen parçalar için de delaminasyon olmayan bölgeden alınan örnekler optik mikroskop altında incelenmiş ve herhangi bir poroziteye rastlanmamıştır.



Şekil 22: Tahribatlı muayene sonucu kesilen açılı açma yöntemi ile tamir edilen parçanın optik mikroskop altındaki görüntüsü





Şekil 23: Tahribathı muayene sonucu kesilen basamak şeklinde yöntemi ile tamir edilen parçanın optik mikroskop altındaki görüntüsü

#### 4. SONUÇ VE ÖZET

Tüm manuel kompozit üretim süreçlerinde olduğu gibi kompozit tamir uygulama süreçlerinde de uygulanan ortamın özellikleri, kullanılan malzemeler ve de en önemlisi işçilik önemli faktör olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada yaygın olarak kullanılan üç tamir yönteminden ikisi ile ilgili uygulamalar yapılmış ve bu iki tamir yönteminin avantajları ve dezavantajları anlaşılmaya çalışılmıştır. Bulgulardan birincisi basamaklı tamir yönteminin açılı tamir yöntemine göre daha geniş bir alana yayılarak yapıldığı dolayısıyla özellikle çok geniş olmayan yüzeylerde ya dezavantajlı olabileceği ya da uygulanamaz durumlar oluşabileceği gözlemlenmiştir. Ayrıca basamaklı açma yönteminde alt katlara inildikçe buradaki katlardan da alma riski mevcuttur. Diğer bir bulgu ise açılı tamir yönteminin başarılı olarak uygulanmasının basamaklı tamir yöntemine göre daha zor olduğudur. Uygulanan tamirde istenilen açının tutturulması oldukça zorlayıcı olmaktadır. Uygulanan işçilik açılı tamirde daha çok önem arz etmekte ve tamirin geçer not almaması ihtimali oluşmaktadır.

Tamir sonrası yapışma hatasının olup olmadığı iki tamir yönteminde de tahribatsız muayene yöntemleriyle anlaşılabilir. Ultrasonik muayene sonucunda basamaklı açma yönteminin muayene kıstaslarına uygun olup muayeneden geçmesinde iki taraftan açma uygulanmasının büyük etkisi vardır [8]. İki taraflı yapılan vakumun yapışma yüzeyi üzerinde olumlu etkisi mevcuttur. Açılı açma yönteminde ise kalın parçalarda tek yüzeyden açılma yapıldığı için tamir yüzeyi artmakta, yapışma yüzeyi genişlemektedir. Bu problemi çözmek için vakuma alma işlemi her kat serimin de yapılabilir.

Bu çalışma sırasında sırasıyla;

Tek bir çeşit malzeme ile tamir yapılmıştır. (Lamine karbon fiber takviyeli polimer - CFRP). Tamir edilen numune sayısı her bir tamir metodu için birer adettir. Yapısal çekme/basma gibi testlerle doğrulama numune sayısı anlamlı bir veri çıkarmak için yetersiz olduğundan uygulanmamıştır.

Sadece ıslak tamir metodu (wet metot) kullanılmıştır. Yüksek sıcaklık metodu (hot metot) kullanılmamıştır.

Fabrika ortamı dışında uygulanabilir olan, laboratuvar ölçekli denenebilecek olan veya tamir gerektiren herhangi bir hava aracı yapısalı üzerinde anında uygulanabilecek olan ıslak tamir metodu yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışma da bu metot uygulamalarından bahsedilip ileriki çalışmalara ışık tutması hedeflenmiştir.

İlerleyen dönemlerde daha fazla ve çeşitli uygulamalar yapılarak daha fazla sonuç elde edilebilir. Numune sayısı anlamlı veriler çıkaracak ve standart test yöntemlerinde belirtilen sayılara arttırılarak yapısal testler uygulanırsa metotlar arası mukavemet değer farkları görülebilir. Ayrıca çoklu numune uygulanması ile işçilik ve uygulama farkları analiz edilebilir. Aynı bir çalışmada ıslak metot ile yüksek sıcaklık metodu karşılaştırması yapılabilir.

## 5. KAYNAKÇA

Barlas, Y. (2018). Boeingleri-yildirimdan-koruyan-kumas-turklerden-2254150-ekonomi. Alındığı yer <https://www.haberturk.com/boeingleri-yildirimdan-koruyan-kumas-turklerden-2254150-ekonomi>

Boeing Company (1996), “Advanced Composite Repair for Engineers- Inspection”.

Boeing Company (2012), B737-800 Nondestructive Testing Manuel.

Edwards T. (2008) Composite materials revolutionise aerospace engineering. *Ingenia*, 36:24–28. Alındığı yer <https://www.ingenia.org.uk/ingenia/issue-36/composite-materials-revolutionise-aerospace-engineering>

H. Ercan, A. B. (2011). Uçak Sanayiinde Kullanılan Balpeteği Kompozitlerin Tahribatsız Muayeneleri Ve Tamiri. 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), (pp. 521-526). Elazığ.

Hale J. (2006) Boeing 787 from the ground up. *Aero Magazine Boeing*, 24 (4):17–23. Alındığı yer [https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr\\_4\\_06/article\\_04\\_1.html](https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_4_06/article_04_1.html)

Mangalgiri P.D. (1999) Composite materials for aerospace applications. *Bulletin of Materials Science*, 22(3):657–664. doi: 10.1007/BF02749982

Soutis, C. (2005). Carbon fiber reinforced plastics in aircraft construction. *Materials Science and Engineering: A*, 412(1–2), 171–176. doi:10.1016/j.msea.2005.08.064

# Askeri Hava Kargo Taşımacılığı Yükleme Teknisyenlerinin

## İş Sağlığı ve Güvenliği Sorunları

Hüseyin Tamer HAVA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dr.Öğr. Üyesi, Milli Savunma Üniversitesi, [tamerhava@gmail.com](mailto:tamerhava@gmail.com)

Alper EROL<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Jet Uçak Mekanik Sistemler Öğretmeni, Hava Kuvvetleri Komutanlığı, [erolalper@gmail.com](mailto:erolalper@gmail.com)

Geliş Tarihi/Received: 07.07.2023

Kabul Tarihi/Accepted: 28.08.2023

e-Yayın/e-Printed: 31.08.2023

DOI: 10.52995/jass.1324121

ORCID: 0000-0002-5104-6688, 0009-0001-5501-2653

---

### ÖZET

---

Havacılık alanında ikinci dünya savaşından sonra yaşanan teknoloji yoğun gelişmelere benzer gelişmelerin yaşandığı bir dönemden geçilmektedir. Çok yakın bir gelecekte insanlı kullanım için üretilen uçakların ve yeni nesil insansız hava araçlarının yer ekiplerinden bağımsız bir şekilde otonom olarak uçuşlarını gerçekleştirecekleri beklenmektedir. Bunun öncelikle askeri lojistiğin bel kemiğini oluşturan uçak kargo platformlarıyla gerçekleştirileceği yapılan deneysel uçuşlardan anlaşılmaktadır. Bundan sonraki süreçte belki uçuşlarda pilotlar görülmeyebilecek, ancak kargo uçaklarına yükün yüklenmesi sürecinde hatta uçuş esnasında gerekli durumlarda yükleme teknisyenleri yoğun olarak görev yapmaya devam edeceklerdir. Bu çalışmada, yüksek sorumluluk ve risk altında çalışan askeri hava kargo yükleme teknisyenlerinin iş sağlığı ve güvenliği açısından karşılaşılabilecek tehlikelerin neler olduğu araştırılmıştır. Bunların içinde hangilerinin daha çok sorun yarattığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Literatür taraması yöntemiyle gerçekleştirilen ve tanıtıcı nitelikte olan bu araştırma, literatürde yer alan bilimsel kitaplar, Web of Science, Google Scholar ve dergiparkta ulaşılabilen makaleler, raporlar, askeri kargo uçaklarının üretici firmalarının yayınlamış olduğu teknik kitaplar ve ilgili kuruluşların yayınları, ilgili kanunlar, yönetmelikler, yüksek lisans ve doktora tezleri ile havacılık kuruluşlarının resmi internet sayfaları ve diğer internet kaynakları taranarak belge ve veriler toplanarak yapılmıştır. Sonuç olarak; askeri hava kargo yükleme teknisyenlerinin daha çok kas-iskelet sistemleri yönüyle yüksek risk altında olduğu, çeşitli nedenlerle işten ayrılan personelin yerine genç ve tecrübesiz personelin istihdam edildiği, bunun da riski arttırdığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Lojistik, Askeri Hava Kargo, İş Sağlığı ve Güvenliği, Yükleme Teknisyeni, Emniyet Kültürü.

---

# Occupational Health and Safety of Loadmasters Working in Military Air Cargo

---

## ABSTRACT

---

We are going through a period in which developments similar to those experienced after the Second World War are experienced in aviation field. In the very near future, new generation unmanned aerial vehicles, including aircraft built for manned use, will operate autonomously and independently of ground crews. It is understood from the experimental flights that this process will be carried out primarily with flying cargo platforms, which form the backbone of military logistics. In the next period, we will not be able to see the pilot in flight, but loadmasters will continue to work intensively during the loading process and even in flight when necessary. This study aims to raise awareness for the examination and prevention of the hazards that the loadmasters working under high responsibility will encounter in terms of occupational health and safety. It has been tried to determine which of these causes more problems. This research, which is carried out by literature search method and has an introductory nature, has been conducted by scanning the scientific books present in the literature, the Web of Science, Google Scholar and the articles available in Dergipark database, reports, technical books published by the manufacturers of military cargo aircraft and publications of related organizations, relevant laws, regulations, master's and doctoral theses, the official Internet pages of aviation organizations and other Internet resources, collecting documents and data. As a result; it has been determined that military air cargo loadmasters are at a high risk mainly in terms of musculoskeletal systems, young and inexperienced personnel are employed instead of personnel who have left their jobs for various reasons, which increases the risk.

**Keywords:** Logistics, Military Air Cargo, Occupational Health and Safety, Loadmaster, Safety Culture.

---

## 1. GİRİŞ

Askeri havacılıkta yaşanan gelişmeler ve harekât ortamlarının yeniden şekillenme sürecinde önümüzdeki dönemlerde havadan taşımacılık daha çok önem kazanmaktadır. Bu kapsamda savaş alanlarında göreceli hantal piyade birliklerinin yerine özel eğitilmiş birliklerin daha çabuk görev yerlerine intikal etmesi ve noktasal operasyonlar ile görevin tamamlanması sonrasında hızla bölgenin tahliye edilmesi amacı ön plana çıkmaktadır. Bu çerçevede dikey iniş kalkış yapabilme kabiliyetine sahip CH-47 Chinook gibi büyük döner kanat platformlarının yanı sıra, yeni nesil dikey iniş kalkış yapabilen Tiltrotor<sup>1</sup> V-22 Osprey<sup>2</sup> tarzı hem helikopter hem de uçak olarak kullanılabilen yeni hava araçları göklerdeki yerini almaktadır. Amerikan Kara Kuvvetlerinin gelecekte kullanacağı hava aracını seçmek için yaptığı ihalede kazanan hava aracının yaklaşık 10 milyar dolar tutarındaki Bell üretimi V-280 (Valor)<sup>3</sup> Tiltrotor uçak/helikopter olması bu yeni savaş doktrinini doğrular niteliktedir. Diğer taraftan askeri nakliye uçaklarının küresel boyutta stratejik önem kazanması da orduların envanterlerine yenilerini eklemesine neden olmaktadır. Askeri hava kargo uçaklarının ticari uçaklara göre daha gelişmiş olması askeri amaçlar dışında da kullanılmasına imkân sağlamaktadır. Bu bağlamda askeri hava kargo uçaklarının özellikle doğal

---

<sup>1</sup> Tiltrotor, dönel motor kapağı veya sepetine sabitlenmiş bir veya birden fazla rotorun oluşturduğu itme ve taşıma kuvvetleriyle hareket eden hava taşıdır. Helikopterlerin dikey havalanabilme özelliği ile sabit kanatlı hava taşıtlarının hız ve menzilin birleştiren bir taşıttır.

<sup>2</sup> V-22 Osprey, müşterek kullanımlı, çok görevli askeri tiltrotordur. Helikopter ile uçak arasında bir geçiş formuna sahiptir. Dikey ve kısa kalkış yeteneği vardır. Geleneksel helikopterlere uygun görevleri turboprop uçaklardaki gibi daha uzun menzil ve yüksek hızlı seyirle gerçekleştirmek için tasarlanmıştır.

<sup>3</sup> V-280 Valor, Amerika Birleşik Devletleri Ordusu'nun Gelecek Dikey Kalkış programı için Bell Helicopter ve Lockheed Martin tarafından geliştirilmiş olan 3. kuşak tiltrotordur.

afet ve insani yardım gibi görevlerde tercih edilmesine neden olmaktadır. Bu, daha sık sefer, daha çok yeni uçar platform ve daha çok yeni personel ve dolayısıyla artan iş yükü anlamına gelmektedir. Bu durumun mevcut personel üzerinde önemli oranda görev yükü artışı getirebileceği ve bunun önemli oranda negatif etkileri olabilecektir.

Bu çalışmanın amacı askeri kargo uçaklarında yaptıkları görev itibarıyla kritik pozisyonlarda bulunan yükleme teknisyenlerinin (loadmaster) karşılaştığı ve gelecekte daha da artacağı beklenen iş sağlığı ve güvenliği tehlikelerinin belirlenerek incelenmesidir. Araştırma, askeri hava kargo uçaklarının sivil hava kargo uçaklarına göre daha riskli olduğu düşünüldüğünde sahada çalışan yükleme teknisyenlerinin sağlığının korunmasına yönelik olarak tedbir alınabilmesi açısından önem taşımaktadır.

Çalışmada belirlenen amaç doğrultusunda öncelikle literatür taraması yapılmış ve sonra çalışmanın yöntemi verilmiştir. Takip eden bölümlerde öncelikle iş sağlığı ve güvenliğine ilişkin kavramsal çerçeve verilmiş, askeri kargo uçağı yükleme teknisyenlerinin görevlerini yaparken karşılaştıkları tehlikeli sahalar teorik olarak ele alınmıştır. Daha sonra dünyadaki havacılık alanında faaliyette bulunan başlıca kuruluş ve otoriteler hakkında bilgi verilmiştir. Son olarak askeri hava kargo taşımacılığı yükleme teknisyenlerinin iş sağlığı ve güvenliği çerçevesinde sıklıkla karşılaşabileceği sorunlar ortaya konulmuş ve bunlara yönelik değerlendirmeler yapılmıştır.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Teknolojik gelişmelerin havacılık sektörüne de yansımalarıyla ortaya çıkan havayolu taşımacılığındaki hareketlilik yolcu taşımacılığı yönüyle olduğu kadar hava kargo taşımacılığında da meydana gelmiştir. Bu gelişmeler sadece sivil havayolu taşımacılığında değil askeri havayolu taşımacılığında da gerçekleşmiştir. Bu konu bilimsel araştırmaların da ilgi odağı haline gelmeye başlamıştır. Çalışmaya yönelik yapılan taramalarda askeri hava kargo taşımacılığı yükleme teknisyenlerinin iş sağlığını ve güvenliğini doğrudan inceleyen çalışmaya rastlanılamamıştır. Ancak bazı çalışmaların kısmen de olsa araştırmanın konusuyla ilişkili olduğu görülmüştür. Bunların çalışmaya katkı sağlayacağı düşünüldüğünden aşağıda verilmiştir.

Amerikan Hava Kuvvetlerine bağlı Travis Hava Üssünde<sup>4</sup> yapılan bir araştırmada C-5 ve C-17<sup>5</sup> uçaklarında görev yapan personelin 2008 yılı ve 2009 yılı arasındaki bir yıllık görev periyodu incelenmiş ve bunun sonucunda 63 yaralanma olayı tespit edilmiştir. Bu yaralanma sayısının dağılımı incelendiğine 12'sinin (%19,1) pilot, 13'nün (%20,6) uçuş mühendisi 37'sinin (%58,7) ise yük sorumlusu olduğu, bunun 58'inin (%92,1) erkek ve 5'inin (%7,9) ise kadınlardan meydana geldiği belirlenmiştir. Yaralanmaların %57,1'i C-5 mürettebatında meydana gelirken %42,9'u ise C-17 mürettebatında görülmüştür. Çalışmada,

<sup>4</sup> Travis Hava Kuvvetleri Üssü, Solano County, California, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Fairfield şehrinin merkezi iş bölgesinin üç mil doğusunda bulunan ve C-5, C-17 kargo ve KC-10 tanker uçakların konuşlandığı Birleşik Devletler Hava Kuvvetleri üssüdür.

<sup>5</sup> C-17 Globemaster III, eski McDonnell Douglas ve yeni adıyla Boeing firması tarafından üretilmiş olan Amerikan askeri kargo uçağıdır. Aynı zamanda hem İngiltere hem de Avustralya Kraliyet Hava Kuvvetleri tarafından da kullanılmaktadır. Ayrıca 2007 yılında Kanada Hava Kuvvetleri de kullanmak üzere seçmiştir.

özellikle yükleme teknisyenlerinin kas-iskelet sistemlerinin yüksek risk altında olduğu tespit edilmiştir. C-5 uçağındaki değerlerin yüksek çıkmasının artan yaş ve beden kitle endeksiyle ilişkisinin bulunduğu bunun da sürece olumsuz katkılarının olduğu ortaya konulmuştur. Ancak elde edilen verilerde ilginç bir detay daha tespit edildiği belirtilmektedir. Bu kapsamda yükleme teknisyenlerinin yaralanmasına neden olan olayların %67.6'sının görevle ilgili olmadığı belirlenmiştir. Bunun sonucunda, görev dışı eylemlerin göreve hazır olma oranını önemli bir oranda etkileme potansiyelinin olduğu değerlendirilmiştir (Gaona, 2010: 5).

Louis tarafından (1992: 6) yapılan "A Study of Illness Related Lost Time in Transport Aircraft Crewmembers" adlı çalışmada yükleme teknisyenlerinin karşılaştığı hastalıklar; solunum yolu iltihapları, sırt/boyun ağrısı, diğer kas iskelet sistemi sorunları, dermatolojik durumlar, ürolojik/böbrek problemleri olarak sıralanmıştır. Bunlardan yoğunluğu en fazla olan hastalık sırt ve boyun ağrısı olarak tespit edilmiştir. Üst solunum yolu iltihaplarının süresi, dermatolojik problemler, dış hastalıkları ve sırt ağrısının yük görevlileri için pilotlardan fazla kayıp güne neden olduğu belirlenmiştir.

İran Hava Kuvvetlerinde pilot olmayan uçucu personel üzerinde yapılan ve 1986-2016 yıllarını kapsayan bir araştırmada yükleme teknisyenleri üzerine çok ciddi sonuçlar elde edilmiştir. Araştırmada tıbbi nedenlerden dolayı kalıcı olarak işinden ayrılan yükleme teknisyenlerinin sayıları tespit edilmiştir. Buna göre psikiyatrik nedenlerden dolayı doksan, nörolojik nedenlerden dolayı yirmi dört, nörocerrahi nedenlerden dolayı kırk üç, diğer nedenlerden dolayı ise iki yüz on dört yükleme teknisyeni işinden kalıcı olarak ayrılmıştır. Bu ayrılmaların nedenleri hastalıklar açısından incelediğinde ise; genelleştirilmiş kaygı bozukluğu nedeniyle yirmi yedi, şeker hastalığı nedeniyle otuz iki, diğer hastalıklar nedeniyle ise üç yüz on iki kişi olduğu görülmüştür. Beş yükleme teknisyenin ise harekât sırasında öldüğü veya kaybolduğu tespit edilmiştir (Darvishi ve Shahali, 2021).

### 3. YÖNTEM

Tanıttıcı niteliğe sahip bir araştırma olan bu çalışmada yöntem olarak literatür taraması kullanılmıştır. Bu kapsamda; literatürde yer alan bilimsel kitaplar, Web of Science, Google Scholar ve dergiparkta ulaşılabilen makaleler, raporlar, askeri kargo uçaklarının üretici firmalarının yayınlamış olduğu teknik kitaplar ve ilgili kuruluşların yayınları, ilgili kanunlar, yönetmelikler, yüksek lisans ve doktora tezleri ile havacılık kuruluşlarının resmi internet sayfaları ve diğer internet kaynakları taranarak belge ve veriler toplanmıştır. Bunlar çalışmanın amacına bağlı kalarak okunmuş, değerlendirilerek sistematik olarak düzenlenerek analiz edilmiştir. Bu çerçevede ulaşılan sonuçlar ortaya konularak değerlendirmelerde bulunulmuştur. Bu yönüyle çalışmanın askeri hava kargo taşımacılığı yükleme teknisyenlerinin iş sağlığı ve güvenliğine yönelik olarak literatüre katkıda bulunması umulmaktadır.

## 4. KAVRAM OLARAK İŞ SAĞLIĞI ve GÜVENLİĞİ

### 4.1. İş Sağlığı ve Güvenliği Tanımı

İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG),<sup>6</sup> herhangi bir iş kolunda çalışan görevlilerin iş kazası ve meslek hastalıkları gibi durumlara karşılaşmalarının önlenmesi için sağlık ve güvenlik yönüyle çalışma ortamının oluşturulmasına yönelik gerçekleştirilen faaliyetlerdir. Uluslararası Çalışma Örgütü-ILO<sup>7</sup> ve Dünya Sağlık Örgütü-WHO<sup>8</sup> İSG'yi; “Çalışanın tüm iş kollarında fiziki, ruhi ve sosyo-ekonomik iyilik halinin ve dolayısıyla çalışanın güvenlik ve sağlığını en üst düzeye çıkarmak ve bunun devamının sağlanması” olarak tanımlamaktadır. Özdemir (2009) ise İSG'yi, iş yerlerinde işin yapılması ve yürütülmesi esnasında meydana gelen tehlikeler ve sağlık için zararlı olabilecek durumlardan korunulması ve böylece çalışma ortamının iyileştirilmesi için sistemli olarak gerçekleştirilen çalışmalar olarak açıklamaktadır.

Tanımlamalar incelendiğinde İSG uygulamalarının “işçi sağlığı ve güvenliği”, “iş yeri güvenliği” ve “üretim güvenliği”ne hizmet ettiği söylenebilir. Bu kapsamda İSG konusunda alınacak her türlü tedbirin çalışanların sağlıklarının iyileşmesine katkıda bulunduğu kadar, örgütlerde ve sektörlerde ulusal ve küresel seviyede oluşabilecek kayıpların azaltulmasını da sağlayabilecektir (Demirbilek, 2005: 1).

### 4.2. İş Kazaları ve Meslek Hastalıkları

İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu (2012) iş kazasını, “iş yerinde veya işin yürütümü nedeniyle meydana gelen, ölüme sebebiyet veren veya vücut bütünlüğünü ruhen ya da bedenen engelli hâle getiren olaydır” olarak, meslek hastalığını ise, “mesleki risklere maruziyet sonucu ortaya çıkan hastalık” olarak ifade etmektedir. Keleş (2015) meslek hastalığını, “bir kişinin çalışma hayatında karşılaştığı etkenler nedeniyle meydana gelen hastalık türü olarak tanımlamakta” ve meslek hastalıklarının belirli mesleklere özgü hastalıklar olduğunu ifade etmektedir. Ayrıca bu hastalıklarla çalışanların yaptıkları iş arasında doğrusal ve nedensel bir ilişkinin olduğunu da belirtmektedir.

Günümüzde iş sağlığı ve güvenliği bakımından oldukça endişe verici bir durum söz konusudur. Bu bağlamda ILO verileri incelendiğinde iş kazalarının ve meslek hastalıklarının dünya çapında hızla arttığı gözlemlenmektedir. ILO'nun araştırmaları, iş kazası ve meslek hastalıklarından dolayı dünya genelinde her 15 saniyede bir işçinin, günde 6300 işçinin, dolayısıyla yılda 2,3 milyonu aşkın bir insanın hayatını kaybettiğini göstermektedir. Dünyanın insan gücünün yaklaşık 3 milyar olduğu dikkate alınırsa durumun ne kadar ciddi olduğu görülecektir. ILO'ya göre bu tablonun sebebi “hızlı kalkınma ve küreselleşmenin getirdiği rekabetçi baskı politikaları”dır. Bundan ötürü ekonomik, siyasal ve sosyal bir ortamın oluşmasında odak noktasının insan olması gerçeği bunların gerçekleşmesine engel bir durum yaratmaktadır (International Labour Organization, 2023).

<sup>6</sup> Occupational Safety and Health (OSH)

<sup>7</sup> International Labour Organization (ILO)

<sup>8</sup> World Health Organization (WHO)

### 4.3. Yönetim Sistemi Olarak İş Sağlığı ve Güvenliği

İş sağlığı ve güvenliği günümüzde yönetim sisteminin bir parçası olarak kabul edilmektedir. Bu çerçevede bazı standartlar geliştirilmiştir. Konuya ilişkin geliştirilen ve uygulamada yer bulan standartlardan en yaygın olanı OHSAS 18000 serisiydi. Bunlardan OHSAS 18001, çoğu AB ülkelerinde İSG yönetim sistemi olarak tercih edilmekteydi (Koşar, 2015). Ancak Uluslararası Çalışma Örgütü'ne göre, her gün 7.600'den fazla insan işle ilgili kazalardan veya hastalıklardan öldüğü durumda ISO komitesi, koşulların iyileştirilerek her yıl yaklaşık üç milyon hayat kurtarma potansiyeline sahip bir Uluslararası Standart geliştirmek için çalışmaya başladı ve 2018 yılında ISO 45001 yönetim sistemini geliştirdi. Diğer ISO yönetim sistemlerine benzer şekilde yapılandırılmış olan yaklaşım, ISO 14001 veya ISO 9001 gibi standartların kullanıcılarına yabancı değildir. ISO 45001, Uluslararası Çalışma Örgütü'nün OHSAS 18001 gibi bu alandaki önceki ILO-OSH Yönergeleri, çeşitli ulusal standartlar ve ILO'nun uluslararası çalışma standartları ve sözleşmeleri gibi uluslararası standartların başarısını temel almaktadır. ISO 45001, İş sağlığı ve güvenliği çalışan güvenliğini iyileştirme, işyeri risklerini azaltma ve daha iyi, daha güvenli çalışma koşulları yaratma konusunda popüler bir standarttır (International Organization for Standardization, 2023).

## 5. ASKERİ KARGO UÇAĞI YÜKLEME TEKNİSYENLERİNİN TEHLİKE SAHALARI

Askeri amaçlı kargo uçakları ihtiyaç duyulan çok farklı ebatlardaki askeri veya sivil yüklerin rahatça yüklenebilmesi için özel tasarlanmış uçaklardır. Genelde uçak kuyruk kısmında bulunan rampa bölümü yüklerin indirilip bindirilmesinde kullanılmaktadır. Personel giriş çıkışı için ise uçak sol kısmında bulunan personel kapıları kullanılabilir. Dünyanın en büyük askeri kargo uçağı olan C-5 Galaxy'de<sup>9</sup> ve birkaç uçak modelinde bir istisna olarak burun kısmından da yükleme yapılabilme imkânı bulunmaktadır. Bu yükler yeri geldiğinde bir tank olabilirken, askeri bir hava aracı, özel kimyasallar, mühimmatlar ve personel de olabilmektedir. Bununla birlikte hem malzeme hem de personeli aynı anda taşıyabilmesi de önemli özelliklerindedir. Bu özellik çok daha hassastır ve güvenlik açısından önem taşımaktadır. Zira malzemelerin yüklenmesi, indirilmesi ve uçak içinde sabitlenmesi faaliyetleri sırasında yükleme teknisyenlerinin güvenli çalışmaya daha çok önem vermeleri gerekmektedir.

Kat edilen mesafelerin çok yüksek olması nedeniyle stratejik olarak kullanılan kargo uçaklarında jet motorları tercih edilmektedir. Askeri kargo uçakları yüksek kaldırma kuvveti ihtiyaçlarına cevap verebilmesi için üstten kanatlı olarak tasarlanmışlardır. Motorların yerden yüksekliğini de sağlayan bu durum, jet motorlarının çalışırken oluşturduğu jet intake<sup>10</sup> tehlikesini azaltmaktadır. Ancak turbo-prop motorlarda kullanılan pervaneler hem yükleme teknisyenleri için hem de yükleme de kullanılan araçlar için tehlike sahası oluşturmaktadır. Günümüzde tasarlanan turbo-prop motorları düşük yakıt tüketimine karşın üretmiş

<sup>9</sup> Lockheed C-5 Galaxy, Lockheed firmasınınca üretilmiş büyük tip askeri Amerikan kargo uçağı. 1968'den beri hizmet vermektedir. İlk hizmetini Vietnam Savaşı'nda vermiş, 2. Körfez Savaşı'nda çeyrek milyon ton taşımıştır. Değeri 300 milyon dolardır.

<sup>10</sup> Jet Intake, yüksek güçler üreten jet motorlarına düzenli hava akışı sağlayan hava alğıdır. Yüksek emiş gücü üretebildikleri için uçak bakım profesyonellerini hava alğına çekerek ölümcül kazalara neden olabilirler.



oldukları yüksek hızlar nedeniyle yeni nesil stratejik amaçlı kargo uçaklarında kullanıldığı görülmekle birlikte genelde kargo uçaklarında yakıt maliyet etkinliği açısından da turbo-prop motorlar<sup>11</sup> tercih edilmektedir.

Yapılan araştırmalarda kargo uçağı yükleme teknisyenlerinin iş sağlığı ve güvenliği kapsamında karşılaştığı tehlikeleri incelediğimizde ortaya çıkan sağlık sorunlarının başlıcalarının stres, genel yorgunluk, sırt ağrısı ve işitme olduğu görülmektedir. Avrupa Güvenlik ve Sağlık Ajansı (EU-OSHA - European Agency for Safety and Health at Work, 2012) havayolu taşımacılığında karşılaşılan genel sağlık ve güvenliğe ilişkin tehlikeleri; “ergonomik riskler, iş organizasyonu stres faktörleri, gürültü, tehlikeli maddeler, titreşim, olağandışı çalışma süreleri, evden ve işyerinden uzak çalışma, imkan yetersizliği ve karmaşık çalışma durumu” olarak belirtmektedir. Bununla birlikte birçok ciddi tehlikelere bağlı hastalıklar ve kazalar yükleme teknisyenlerinin görev sahasında bulunmaktadır (Schmitz-Felten, 2022). Yapılan araştırma sonucunda erişilen bilgilere ilaveten uçakların üretici firmalarının yayınlamış olduğu teknik kitaplardaki belirtilen tehlikeler incelendiğinde liste aşağıdaki gibi şekillenmektedir.

## **5.1. Fiziksel Tehlikeler**

### **5.1.1. Kayma, düşme, çarpma ve sıkışma**

Yükleme teknisyenlerinin en çok karşılaştığı fiziksel tehlikelerin başında kayma, düşme, çarpma ve sıkışma gelmektedir. Bunların içinde düşme, genel çalışma sahalarında sıklıkla karşılaşılan olup toplam kaza sayısının üçte birine yakındır. (Şimşek, 2014: 11). Özellikle yüklerin indirilip, bindirilmesi esnasında bu tehlikelere bağlı risklerin arttığı değerlendirilmektedir. İşin gerçekleştirilmesi esnasında vücut postürüne aykırı olan duruş şekilleri kas ve eklemlere baskı yapmak suretiyle vücudun fiziksel sınırlarını zorlamaktadır. Bu sebeple yükleme teknisyenlerinin çalışma koşullarında zaman zaman dengesiz ve ağır kaldırmaya zorlandıklarından daha çok bel ağrısı ve diz sorunlarıyla karşı karşıya kalmaktadır (Ayanoğlu, 2007). Yüklerin düzensiz ve paletler üzerinde yüklenmiş olması, bu yüklerin yükleme araçlarından uçağı nakledilmesi işleminde özellikle kayma ve düşme kazaları sıklıkla meydana gelmektedir. Yine yüklerin uçak içinde sabitlenmesi işlemlerinde özellikle sıkışma ve çarpma gibi kazalar meydana geldiği bilinmektedir. PFA-50 Military Aircraft Cargo Loader/Transporter<sup>12</sup> gibi araçlarla yapılan nakliye işlemlerinde operatörlerin görüşü kaybetmemeleri ve yükleme teknisyenleriyle birlikte koordineli olarak yükün kaldırılması, indirilmesi ve uçak içine sevk edilmesi işlemleri gerçekleştirilmelidir. Yükün yüklenmesi anında iletişim olanaklarından yararlanılmaması durumunda yapılan işlemlerin kazaya açık bir hale gelmesine neden olmaktadır. Ayrıca yükün uçan bir uçaktan paraşütle atılması gibi özel işlemlerde gerekli önlemlerin üzerinde dikkatle durulmalıdır. Bu işlem gece şartlarında yapıldığında ise gece görüş sistemlerinin kullanımına mutlaka dikkat edilmeli ve yüke güvenli yaklaşma mesafesinde yaklaşılmalıdır. Yükün bağlama işleminin teknik kitaplarda belirtilen değerlere göre yapılması olası çarpma ve sıkışma kazalarının da önüne

<sup>11</sup> Turboprop, arkasında çalışan bir turbojet motorundan aldığı güçle bir pervaneyi çeviren motor türüdür. Düşük hızlarda yüksek verim sağlar. Bu sebeple hâlen büyük kargo uçaklarında kullanımdadır.

<sup>12</sup> Askeri kargo yükleme aracıdır. Ayrıntılı bilgi için bkz. <https://www.aerospecialties.com/aviation-ground-support-equipment-gse-products/uncategorized/pfa-50-military-aircraft-loader-transporter/>

geçebilecektir. Turbo-prop motorlu uçaklarda motorlar çalışırken yapılan çalışmalarda pervane tehlike sahalarında bulunan işaretlere dikkat edilmeli ve kesinlikle bu bölgelere giriş yapılmamalıdır. Küçük gövdeli kargo uçaklarında bu mesafe yere yakın olduğu için personelin hayatını kaybetmesine varan ölümcül kazalar gerçekleşebilir. Örneğin; 2022 yılı içinde meydana gelen bir kazada Rus personel hayatını kaybetmiştir (Simple Flying, 2022).

Schmitz-Felten (2022)'nin çalışmasında Birleşik Krallık İş Kazası Mevzuatı, Bildirim ve İstatistikleri (HSE RIDDOR)'ne göre havayolu taşımacılığı endüstrisinde kazalar çoğunlukla elle taşıma, kayma, takılma, hareket eden ya da düşen cisimler ile hareket eden araçlar nedeniyle gerçekleşmektedir. Ayrıca İngiltere Sağlık ve Güvenlik Yönetimine (HSE) rapor edilen havaalanlarında meydana gelen yaralanma olayları içinde kas-iskelet sistemi bozuklukları yaklaşık %40'ı kadardır. Yine 1995 yılında yapılan bir çalışma da yukarıdaki bilgileri doğrular niteliktedir. Bu kapsamda çoğunlukla karşılaşılan kazaların kayma, takılma ve düşme, kaldırma, taşıma, araçlardan kaynaklandığı tespit edilmiştir.

Uçuş ekibinin ise karşılaştıkları riskler ise daha çok omuz, boyun ve bel ile ilgili kas-iskelet sistemi yaralanmalarından oluşmaktadır. Bunların nedenleri; başın üzerine doğru uzanmak, bir nesneyi kaldırmak, itmek, çekmek, bükme, uygun olmayan vücut duruşları ve çalışma yoğunluğudur (Schmitz-Felten, 2022). Kötü ergonomik yapısına sahip çalışma sahaları nedeniyle çalışanlar farklı risklere maruz kalmakta, dolayısıyla kas ve iskelet sistemi rahatsızlıklarıyla karşılaşmaktadır. Bu nedenle iş verimliliği düşerek kayıplara neden olmaktadır. Kas-iskelet sisteminde yaralanmaya neden olabilecek riskler şunlardan oluşmaktadır (Ayanoglu, 2008):

- Elle taşınan ağır yükler
- Uçuşta görevli personel için uygun olmayan oturma koşulları
- Uzun süreli ayakta kalınması
- Çekme, itme
- Türbülans
- Kapalı alan
- Uçak kalkış ve iniş

### **5.1.2. Gürültü**

Çalışanları rahatsız eden ve işitme duyusuna istenmeyen hasar veren seslerin tamamı gürültü olarak tanımlanmaktadır. Maruz kalınan gürültü değerleri; en düşük 80 dB(A) (desibel), en yüksek 85 dB(A) ve sınır değer ise 87 dB(A) olarak kabul edilmektedir. Uygun yöntemlerle ölçülen haftalık maruz kalınan gürültü değeri 87 dB(A) aşmamalıdır (Suer, 2016: 78). Yüksek gürültünün çalışan üzerindeki etkileri sadece duyma kaybindan ibaret değildir. Aniden gerçekleşen bir gürültü vücudumuzda; kas gerilmesi, stres, kalp atışının ve kan basıncının artması, göz bebeğinde büyüme, solunumda hızlanma, dolaşımda bozukluk meydana gelmesi ve aniden gerçekleşen refleks hareketlerin oluşmasına neden olmaktadır. Uzun süreyle

gürültüye maruz kalmak stres, işitme kaybı ve iş verimliliğinin düşüşünün nedenlerin biridir. Bunun tekrarlanması çalışan personelin sağlığında işitsel olmayan şikayetleri de ortaya çıkarmaktadır. Bunlardan yaygın olanları kulaklarda çınlama, konsantrasyonda zorluk yaşanması, uykuda meydana gelen bozulmalar, mide ülseri, tansiyon yüksekliğidir (Nazlıoğlu, 2014: 16). Askeri hava kargo taşımacılığında kullanılan turbo-prop motorlu uçaklarda ortalama gürültü düzeyinin 110 dB olduğu değerlendirilirken jet motorlu uçaklarda bu gürültü düzeyi yüksek devirli çalışmalarda 140 dB'i aştığı bilinmektedir. Kargo amaçlı uçan platformlar öncelikli olarak yük taşımak için tasarlandığından dolayı uçağın iç bölgelerinde yalıtım ve çalışma ergonomisi açısından önemli eksikliklere sahiptir. Bu nedenle gerek uçak içinde gerekse uçak dış bölgelerinde yapılan çalışmalar sırasında mutlaka gürültü koruyucu kişisel koruyucu donanımlar kullanılmalıdır.

### 5.1.3. Titreşim

Düzenli ya da düzensiz, ancak hızlı hareketler yaratan sistemler vibrasyon olarak adlandırılan titreşimler yaratır. Üstünde ya da içinde bulunduğu araçtan çalışanın vücuda yayılan vibrasyon, aynı zamanda şiddetli ses dalgası şeklinde de çalışmanı etkileyebilir.

Havacılık endüstrisinde vibrasyona neden olan kaynaklar; uçak motorları, hava basınçlı el aletleri veya jeneratörlerdir. Bundan başka akselerasyon yaratan hareketlerle ve türbülansa girilmesi de vibrasyona neden olur (Suer, 2016: 83). Uçuş ekibi, çalışan platformlardan kaynaklanan yüksek gürültünün yanı sıra uçuş esnasında yüksek titreşimle de karşılaşmaktadır. Bu titreşimlere çoğunlukla iniş ve kalkışta ya da türbülans esnasında maruz kalırlar. Bu anlarda şokların uygun olarak emilmemesi ve oturuşun bozuk olması kas-iskelet sisteminde rahatsızlıklara neden olabilecektir (Schmitz-Felten, 2022). Gerek oturarak gerekse ayakta gerçekleştirilen çalışmalarda maruz kalınan titreşimlere uzun süreyle maruz kalan çalışanlarda denge bozuklukları, görme bozuklukları, mide sorunları, hassas motor becerilerinin azalması, ellerde ve kollarında titreşimler, parmaklarda dolaşım bozuklukları, dirseklerde ve omuzlarda dejeneratif değişiklikler gibi sorunlara yol açabilir (Schmitz-Felten, 2022).

### 5.1.4. Basınç

Uçuş esnasında saatlerce çalışılan basınçlı bir kabinde çalışanlarda barotravma<sup>13</sup> yaratabilir. Daha çok orta kulağı etkileyen barotravma, uçağın kalkış ve inişi esnasında vücudu etkileyen basınç değişikliklerinden kaynaklanır. Bu durumda östaki borusunun tıkanmasından dolayı orta kulak dış hava basıncıyla kabin basıncını eşit hale getiremez. Maruz kalınan barotravmadan kaynaklı ağrı, uçuş personelinin işe yoğunlaşmasını ve performansını önemli ölçüde etkileyebilir. Bununla beraber kabinin aşırı kuru havaya sahip olması da uçuş personelinin maruz kaldığı fiziksel tehlikelerden bir diğeridir. Garcia ve arkadaşlarının (2011) çalışmasında kabin içindeki bağıl nemin uçuş esnasında %25'ten %2'ye hatta bununda altına inebileceği belirtilmektedir. Kabin içinde nem düzeyinin bu kadar düşmesi cildin ve

---

<sup>13</sup> Barotravma (Basınç Sarsısı), vücuda etki eden basıncın değişmesine bağlı olarak oluşan bazı rahatsızlıklara verilen addır. İnsan vücudundaki orta kulak, sinüsler, akciğerler ve bağırsaklar gibi hava boşluklarına sahip bölümler, hava basıncındaki değişikliklere bağlı olarak genişler veya daralır. Bu basınç değişimleri ani gerçekleşirse, boşlukları çevreleyen dokulara (örneğin kulak zarı) zarar verebilir.

gözlerin kurummasına, boğaz ve burunda mukoza zarlarının kurummasına bundan ötürü üst solunum yolu iltihaplarının oluşmasına neden olabilecektir (Schmitz-Felten, 2022).

#### **5.1.5. Termal konfor**

Çalışanlar için fiziksel ve çevresel uygun çalışma ortamlarının yaratılması esastır. Bunun gerçekleştirilmesi için ısı, ışık, nem, havalandırma, hijyen, temizlik, ses, titreşim, giysi vb. kişisel ve çevresel konuların titizlikle ele alınması gerekir. Sıralanan konular çalışanlar için uygun termal konfor şartlarını sağlamak için gereklidir. Termal konfor denildiğinde akla ilk olarak hava sıcaklığı gelmektedir. Ancak bu unsur diğerleri olmadan geçerli bir ölçüt olarak kabul edilmemektedir. Dolayısıyla termal konfor kişisel ve çevresel faktörlerin etkisi altındadır. Çevresel faktörleri; hava sıcaklığı, radyant ısı, hava hızı ve nem olarak sıralayabileceği gibi, kişisel faktörleri de giyim ve metabolik sıcaklık olarak sıralanabilir (Suer, 2016: 86-87).

Kargo hava platformlarının kargo bölümleri ısı yalıtımı açısından zayıf olduğundan termal konfor bakımından da çalışma ergonomisine uygun olmayan bölgelerdir. Kargo hava platformlarının havalandırma sistemleri her ne kadar büyük bölgeler için yeterli olsa da, uçuş rotası üzerinde çok sık durakların oluşu bu sürelerde rampın uzun süre açık kalması, ayrıca özellikle rampın açık olarak gerçekleştirildiği uçuşlar gibi birçok nedene bağlı olarak termal konforun yitirilmesi vücut sağlığı üzerine olumsuz etkilere neden olabilmektedir.

#### **5.1.6. Aydınlatma**

Aydınlatmanın şiddeti ve çalışma sahasındaki uygun yayılımının çalışanın görerek gerçekleştirdiği bir süreci hızlıca, güvenli ve rahatça tamamlamasında önemli etkisinin olduğu değerlendirilmektedir. Aydınlatma şiddeti arttıkça gerçekleştirilen iş sürecinde önemli ve küçük detaylar daha belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. Bu konuya ilişkin yapılan araştırmalar, yeterli düzeydeki aydınlatmanın konsantrasyonu ve motivasyonu arttırdığı, dolayısıyla çalışanların performanslarının %50 civarında bir oranda artmasını sağladığını ortaya koymaktadır. Bu çerçevede aydınlatması yeterli olan işyerlerinde çalışanların hata yapma olasılığı düştüğünden buralarda iş kazalarının da gerçekleşme oranları azalmaktadır (Kürkçü, Çakar ve Zeyrek, 2014).

İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmeliğe (2013) göre işyerlerinde aydınlatmaya yönelik bazı tedbirlerin alınması düzenlenmiştir. Bu kapsamda işyerlerinin öncelikle gün ışığıyla yeteri derecede aydınlatılması esastır. Ancak işyerinin çalışma alanı ya da inşaatın tarzından dolayı gün ışığından yeterince yararlanılamaması durumunda, gece vardiyalarında suni ışık kullanılarak uygun ve yeterli aydınlatma sağlanmalıdır. Bu bağlamda sağlanan aydınlatma ortamları çalışanların kaza riskini ortadan kaldıracak şekilde olmalıdır. Oluşturulan aydınlatma sisteminin herhangi bir nedenle devreden çıkması durumuna karşı çalışanların karşılaşılabileceği riskleri azaltmak amacıyla yedek bir enerji kaynağı da bulundurulmalıdır.

Özellikle gece yapılan yükleme operasyonlarında, yine gece yapılan ve uçarak gerçekleştirilen havadan yük veya personel atma gibi operasyonlarda ek aydınlatma sistemlerine ya da gece görüş

sistemlerine ihtiyaç duyulabilir. Bu önlemler alınmadan yapılacak işlemler güvenlik ihlaline neden olacağı gibi, iş kazalarına en açık zamanlar olacaktır.

### 5.1.7. Uzun mesafe uçuşu

Uzun mesafe uçuşlarında görevli uçuş mürettebatının zamansal olarak bazı değişikliklerle karşı karşıya kalması vücudun sirkadiyen ritiminde de bazı değişikliklerin oluşmasına neden olur. Vücutta değişik semptomların oluşmasına neden olur ve bu durum jet lag (jet gecikmesi) olarak adlandırılır. Jet lag ve gece uçuşunun bir arada olması, aşırı yorgunluk meydana getirerek performansı düşürebilecektir (Schmitz-Felten, 2022).

### 5.1.8. Yorgunluk

Yorgunluk, tanım olarak vücudun ihtiyaç duyduğu rahatlama ve yenilenme süresinin karşılanamamasından kaynaklanan, çalışanın uzun süreyle düşümsel veya fiziksel performansını sağlayamaması durumları olarak ifade edilmektedir. Genellikle düşümsel ve fiziksel olarak ikiye ayrılan yorgunluğun sadece fiziksel olanı objektif olması nedeniyle göreceli olarak daha kolay ölçülebilmektedir. Düşümsel yorgunluk daha karmaşık olması nedeniyle kolayca ölçülememektedir (Torum ve Uzunoğlu, 2002: 73). Bu çerçevede yorgunluktan kaynaklanan İSG problemlerinin daha çok düşümsel yorgunluk olarak kabul edilebilecektir. Havacılık sektörünün doğası gereği çalışan teknisyenler vardiyalı olarak görev yapmaktadır. Buna çalışma şartlarındaki zorluklarda ilave edildiğinde, yorgunluk havacılıkta hayati öneme sahiptir. Araştırmalar, insan hatasından kaynaklanan kazaların yoğun olduğu saat diliminin 02:00-04:00 arası olduğunu ortaya koymaktadır. (Millî Eğitim Bakanlığı, 2012: 5). Kargo uçaklarıyla yapılan yolculuklar genellikle uzun ve çok duraklı olabilmektedir. Uçağın bu duraklar için inişi ve kalkışı, yüklerin indirilmesi ve yüklenmesi için yapılan operasyonlar çoğu zaman yorgunluğa neden olmaktadır. Yorgunlukla zayıflayan beyinsel aktivitelerle birlikte dalgınlığa, performans düşüklüğüne ve iş kazalarına sebebiyet verebilmektedir.

## 5.2. Kimyasal Tehlikeler

Günümüzde kimyasalların kullanım sahaları, miktarı ve çeşitliliği her geçen gün artmakla birlikte bu kimyasalların maruziyetlerine dair insan üzerinde yapılan deneylerin ve Malzeme Güvenlik Bilgi Formlarında (MGBF)<sup>14</sup> (MSC Belgelendirme, 2023) bulunan verilerin yetersiz olması durumu ile karşılaşmaktadır. Bu durum kargo uçaklarında önemli görevler gerçekleştiren yükleme teknisyenleri içinde geçerli olmaktadır. Hava aracının egzoz gazı, yükleme araçlarının ağır yükler altında gerçekleştirmiş

---

<sup>14</sup> Sınıflandırılan kimyasal maddelere ait bilgi formlarına, Material Safety Data Sheet (MSDS) yani Malzeme Güvenlik Bilgi Formu (MGBF) denmektedir. Bu formlarda üreticiler, ithalatçılar veya ürünü dağıtan firmaların ürün hakkında müşterilerine vermesi gereken bilgiler eksiksiz olarak yer almak zorunda olup, kimyasal ürünlerin küresel anlamda bir çeşit kimlik kartı düzenlenmiş olur. MSDS, kimyasal bir malzemenin içerdiği potansiyel tehlikeleri (sağlık, yangın, reaktivite ve çevresel) belirten ve bu kimyasal ürünler güvenli bir şekilde nasıl çalışılacağını gösteren bir belgedir. Aynı zamanda kimyasalın tehlikeleri, kullanım, depolama, taşıma ve acil durum prosedürleri hakkında bilgiler içerir. MSDS'ler malzeme hakkında malzemenin etiketinden daha çok bilgi vermektedir. MSDS'ler tedarikçi veya üretici firma tarafından hazırlanır. Malzeme güvenlik bilgi formu, işletmelerde kullanılan kimyasalların kullanımı ile ilgili risklerin tanımlanması, değerlendirilmesi ve kontrolünde önemli bir rol oynar.

oldukları manevralara bağılı olarak gerçekleşen yoğun egzoz gazı mağduriyeti bunun ilk ve 6nemli basamağını oluşturduğu bilinse de yine uçak içinde taşınan kimyasallar ve çok daha 6nemlisi silah, araç gereçleri ve patlayıcılar çok 6nemli kimyasal tehlikeler altında sınıflandırılmaktadır.

### **5.2.1. Toksik kimyasallar**

Uçuş ekibi sıklıkla jet yakıtı kaynaklı egzoz gazlarını solumaya maruz kalabilmektedir. Ayrıca kabine hava temini için uçakta bulunan havalandırma sistemlerinden kabine verilen havanın içine zararlı maddelerin girmesi s6z konusu olabilmektedir. Bu durum ancak arızalarda gerçekleşebilmektedir. Normal olarak hava kabin içine, motorda bulunan kompres6rden alınarak, zararlı maddelerden arındırmak için tasarlanan filtrelerden geçirilerek ve kabinde devir daim havasıyla karıştırılarak verilir. Motor contası arızası, kabine verilen hava içine trikresil fosfat (TCP) bileşenleri içeren motor yağının karışmasına neden olabilecektir. G6n6m6z tıp biliminde kanıtlanmamış olsa bile, TCP bileşenlerinin aerotoksik sendroma neden olabileceği ř6phesi mevcuttur. Ancak kabin havasındaki TCP seviyelerinin çok d6ř6k seviyelerde bulunduğu da bilinmektedir. Bu nedenle uzmanlar, kabin havasında bulunan TCP seviyelerinin çalışanlara n6rolojik zarar verip vermediği konusunda g6r6ř birliğine varamamışlardır. (Schmitz-Felten, 2022). Kargo platformlarında taşınan toksik kimyasallarda çeşitli nedenlerden kaynaklanan sızıntı ve kaçak durumlarında ortama karışmaları, y6kleme sorumluları ve kabin ekibi için 6nemli tehlikeler içermektedir. Bu durumlarda sızıntıyı 6nleyebilecek emiciler ve kimyasallara karşı solunum ve g6z koruyucularla birlikte b6t6n v6cut koruyucular tedbir amaçlı uçuş s6resince bulundurulmalıdır.

### **5.2.2. Patlayıcılar**

M6himmat nakilleri y6kleme sorumluları için y6ksek risk içeren bir operasyon s6recidir. Bu nedenle bu s6recin y6ksek g6venlik 6nlemleri alınarak teknik dok6manlara g6re gerçekleştirilmesi 6nemlidir.

## **5.3. Psikolojik Tehlikeler**

### **5.3.1. Stres**

İnsan yaşamının bir parçası olarak d6ř6n6lebilecek stresin gerektiğinden az ya da çok yaşanması insan sağlığı açısından bazı problemler yaratabilecektir. Karşılaşılan stresin kaynaklarının bireysel, çevresel ve 6rg6tsel şeklinde sınıflandırılabilmesi m6mk6nd6r (G6neş, 2016: 31). Havayolu taşımacılığında çalışan personeli kapsayan ve 2005 yılında yapılan “Avrupa alışma Koşulları Anketi”nde ortaya çıkan temel sağlık sorunlarının başında stres bulunmaktadır. Bu kapsamda havacılık sekt6r6nde çalışanların yaklaşık %40'ı sağlık ya da g6venliklerinin yaptıkları işler nedeniyle risk altında olduğunu d6ř6nmektedir. Anket sonucunda ortaya çıkan bu rakam diğer sekt6rlerdeki verilerle karşılaştırıldığında 6nemli oranda fazla olduğu g6r6lmektedir. Diğer sekt6rlerde elde edilen oran %27'dir. (Schmitz-Felten, 2022).

Rutin kargo uçuşlarının aksine 6zellikle harek6tın gerçekleştirildiği bir ortama malzeme ve personel nakli ile birlikte bir afet ortamına insani yardımların nakledilmesi gibi kriz durumlarında

gerçekleştirilen uçuşların mümkün olduğunca en kısa sürelerde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu durum, çalışanları zaman baskısı altında bırakarak konsantrasyon bozukluğu, eksik karar alma, hata yapma, görevini tam olarak yapmamak vb. olumsuz olarak etkilenmesine neden olmaktadır. Stresin yaşanmasına zaman baskısından başka neden olan faktörler de vardır. Bunlarda en bilinenleri; vardiya düzeninde çalışılması, iş yükünün fazlalığı, iş yerine geç gelinmesi ve ekipmanlarda meydana gelen arızalardır (Schmitz-Felten, 2022). Stresin çalışanların performanslarını etkilediği ve yorgunluk hissi yarattığı bilinmektedir. Michie (2002) ise stres yaratabilecek muhtemel durumların bilinmeyen, belirsiz, önceden tahminlenemeyen, kontrol dışı çatışmalar, beklenen performans kayıpları ile örgütlerdeki bazı faktörler olduğunu ifade etmektedir.

Uçuş yükleme sorumluları, yaptıkları işin gereği olarak hafta sonlarında, resmî tatil günlerinde, düzensiz saatlerle çalışmakta, zamanının çoğunu evinden uzak yerlerde geçirmekte, bu nedenle sorumlu olduğu aileleriyle geçirecekleri zamanlar negatif olarak etkilenmektedir.

### **5.3.2. Yoğun iş yükü**

Yükleme teknisyenlerinin uzun yolculuk süreleri, fazla durak sayıları ve durak süreleri arasındaki mesafelerin özellikle kısa olması çoğu zaman günlük çalışma süresinin aşılmasına neden olmaktadır. Seyahat esnasında meydana gelen arızalar nedeniyle yaşanan arıza giderme süre ve süreçleri ise iş yükünün daha da artmasına, çalışanların emniyetsiz ve iş kazalarına açık olmasına neden olmaktadır. Gece şartlarında gerçekleştirilen çalışmalar ise yetersiz aydınlatmadan dolayı gündüz şartlarına göre daha yoğun ve dikkat gerektiren bir işlem olarak değerlendirilmektedir. Yoğun yük trafiği, duraklar arasındaki nâkilin fazlalığı, simetrik olmayan yüklemeler ve yüksek tehlikeye sahip yükler ise iş yükünü ağırlaştıran diğer etkenler olarak karşımıza çıkmaktadır.

### **5.3.3. Zaman baskısı**

Yükleme teknisyenleri görevlerini gerçekleştirirken, yönetici baskısı, çalışma arkadaşı baskısı ve zaman baskısı gibi unsurlara maruz kalmaktadırlar. Maruz kalınan baskılar yükleme teknisyenlerini hataya itebilmektedir. Bu durumu engelleyebilmek için baskılara karşı mukavemetli olabilmeyi, onlara karşı mücadele etmeyi öğrenmeli ve çalışma emniyetinin her durumda öncelikli olduğu yöneticiler tarafından telkin edilmelidir (Güneş, 2016). Yükleme teknisyenlerini ruhsal olarak yoran durumlardan birinin de zaman baskısıdır. Askerî harekât dönemlerinde gerçekleştirilen uçuşların ise zaman baskısının en yüksek olduğu durumlar olarak değerlendirilebilir.

## **6. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİNE İLİŞKİN ULUSLARARASI DÜZENLEMELER**

Endüstri devrimleri sırasıyla gerçekleşirken daha çok fazla üretime odaklanılıp karlılığa önem verildiğinden insan hayatı çoğu zaman ihmal edilmiş ya da geri planda kalmıştır. Zaman içinde gerçekleşen iş kazaları ve tedavi edilemeyen meslek hastalıklarından kaynaklı insan ölümleri ciddi boyutlara ulaştığında kanun koyucu olarak devletler iş sağlığı ve güvenliği konusunda yasal düzenlemelere gitmişler, sadece kanun çıkarmakla yetinmeyip gerek ulusal gerekse uluslararası iş birliklerinde bulunarak iş sağlığı ve

güvenliğine dair yönetim sistemlerini geliştirmişler, bunları yöneten ve denetleyen organizasyonlar oluşturmuşlardır.

Sağlık ve güvenlik uygulamalarının gelişimini sağlamak ve iyileştirmeye yönelik güncelleştirmeler adına planlamaların, kontrollerin, yönetsel kuruluş düzenlemelerinin ve özel program maddelerinin birlikte uygun çalışabilmesini sağlayan sistemlere İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri (İSGYS) denilmektedir (Gallagher, 2000).

İSGYS ile iş kazalarının ve meslek hastalıklarının azaltılmasını, İSG'deki uygulamalar ile yönetim sistemlerindeki isteklerini uyumlaştırılmasının sağlanması, riskin kontrol altına alınması, çalışanların tehlikelerden korunması, yasal mevzuatlara uyum sağlanması, İSG'deki uygulamaların düzenli ve sistemli bir şekilde yapılmasının sağlanması ve işletmelerin belirledikleri ekonomik hedeflere ulaşılmasına yardımcı olunması amaçlanmaktadır (Karakavuz, 2015).

### **6.1. İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi Uygulamaları**

İSGYS uygulamaları çalışma sahalarında iş kazaları ve meslek hastalıklarının önlenmesi, azaltılması, çalışanların İSG kurallarına uyum sağlaması, farkındalıkların oluşturulması, işletmenin verimliliğinin artırılması ve benzeri nedenlerden dolayı geliştirilmiştir. İSGYS uygulamaları farklı bileşen grubundaki standartlardan oluşmaktadır. İş sağlığı ve güvenliğine yönelik oluşturulan standartların ilki 1996 yılında birçok İngiliz kuruluşunun katılımıyla hazırlanarak İngiliz Standartları Enstitüsü (British Standard Institute-BSI) tarafından BS 8800 adıyla yayımlanmıştır. (Özkılıç, 2005: 29). Bu çalışmadan sonra değişik kurumlar tarafından standartlar oluşturularak yayımlanmıştır. Bu kuruluşların bazıları şunlardır (Özkılıç, 2005: 20; Bilgin, A.C., Ergör, A. ve Demiral, Y. 2009: 268; International Organization for Standardization: 2013: 4): “American Petroleum Institute (API)”, “National Fire Protection Association (NFPA)”, “American Society of Mechanical Engineers (ASME)”, “Standards New Zealand (SNZ)”, “British Standards Institute (BSI)”, “Occupational Safety and Health Administration (OSHA)”, “Occupational Safety and Health Service”, “NZ Chemical Industry Council”, “Standards Australia”, “International Organization for Standardization (ISO)”.

Yukarıda liste olarak verilen kuruluşlardan bir kısmı yalnızca özel bir iş kolu için standart geliştirmektedir. Bununla beraber bu kuruluşların geliştirdiği standartlar, bazı geliştirmeler ve ilaveler yapılarak başka sektörler de uygulanabilmektedir. Bu kapsamda küresel olarak başka sektörlerde de kullanılabilen bazı standartlar şunlardır (Özkılıç, 2005: 20; International Organization for Standardization, 2023): “ISO 45001 (ISO)”, “ILO-OSH: 2001 (ILO)”, “ANSI/AIHA Z10 (Amerika)”, “BS 8800 (İngiltere)”, “ISA 2000 (İspanya)”, “NPR 5001 (Hollanda)”, “AS/NSZ 4804 (Avustralya/Yeni Zelanda)”, “QS 9000 (ISO)”, “Safety MAP (Avustralya)”, “ISO/WD 14 690 (ISO)”, “OH and S (İrlanda)”, “OHS-MS JISHA Guidelines (Japonya)”, “NOSA 5 Star Safety & Health Management System (Güney Afrika)”, “UNE 81900 (İspanya)”.



## 6.2. Havacılığa Yönelik Sivil ve Askeri Düzenlemeler İçeren Uygulamalar

Bu çalışmanın konusu gereğince sadece iş sağlığı ve güvenliği başlığının yeterli olmadığı aynı zamanda havacılığın yazmış olduğu kanun ve kuralların da bu çalışmada birlikte incelenmesinin önemli olduğu değerlendirilmektedir. Bu nedenle düzenleme ve uygulamalar olarak sadece iş sağlığı ve güvenliği organizasyon ve standartlarının incelenmesinin yetersiz kalacağı değerlendirilmiş, havacılık otoritelerinin ve uygulamalarının incelenmesinin bu çalışmada yer almasının önemli olduğu değerlendirilmiştir.

Havacılık otoriteleri kendi arasında sivil ve askeri olarak ikiye ayrılmaktadır. Dünya genelinde havacılığın gelişmesi ve yaygınlaşmasıyla birlikte uçak üretme teknolojisine sahip ülkeler, aynı zamanda otoritelerin kurulması, kanun ve kuralların belirlenmesi ile zaman içinde geliştirilmesi ve uygulanması sürecinin de sahibi olmuştur. Bunu kurdukları uluslararası organizasyonlar ile sağlamıştır.

Ancak askeri havacılıkta yapılan incelemelerde ülkelerin ortak bir organizasyonda buluşmadığı gözlemlenmiştir. Özellikle askeri teknolojinin ulusal güvenlik gereği üretici ülkenin kendisinin kullanması, saklı tutması ve sadece hava aracını sattığı dost veya müttefik ülkeyle paylaşması bu sürecin uluslararası arenada ortak bir paydada buluşulmasını engellemektedir. İkinci bir neden olarak da askeri teknolojiyi üreten ülkelerin oluşturmuş olduğu kendi askeri standartları kullanması dolayısıyla ortak bir oluşum meydana gelmemiştir.

Bu nedenle bu bölümde sivil havacılık organizasyonlarından bahsedilmiştir. İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra havacılık, giderek gelişerek bu sürecin içinde havacılığa ait kuruluşların da ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bunlar havacılık sektörünün geliştirilmesi, güvenilir duruma getirilmesi ve sürdürülebilirliği için önemli çalışmalar yapmakta küresel çapta faaliyette bulunmaktadır. Bu kurumlar ve otoritelerden önemli olanları hakkında aşağıda bilgi verilmiştir (NorthfFLY Uçuş Akademisi, 2023):

### 6.2.1. Uluslararası sivil havacılık örgütü - ICAO

Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (International Civil Aviation Organization/ICAO), uluslararası hava taşımacılığın faaliyetlerinin yürütülmesinde iş birliğinde bulunmak için 1944 yılında imzalanan Chicago Konvansiyonu'ndan sonra 4 Nisan 1947'de kurulmuştur.

ICAO'nun başlıca hedefleri; sivil havacılığın gelişiminin sürdürülebilir olmasının sağlanması ve bunun küresel olarak yayılmasıdır. Bununla beraber; üye ülkelere uluslararası sivil hava taşımacılığı alanında küresel bir forum hizmeti vermek, havacılık sektörüne yönelik güncel politikaların ve standartların geliştirilmesi, denetimlerde bulunulması, araştırma ve analizlerin yapılması, havacılık altyapısının geliştirilmesine destek sağlanması vb. görevleri de yerine getirmektedir.

### **6.2.2. Avrupa havacılık emniyeti ajansı - EASA**

Merkezi Almanya-Köln'de olan ve 2008 yılında kurulan Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı (European Union Aviation Safety Agency/EASA), Avrupa Birliğinin (AB) sivil havacılık emniyetine yönelik politikalar oluşturan ve uygulanmasını sağlayan bir kurumdur. Kurumun 31 daimi üye ülkesi bulunmakta olup bunlardan 27'si AB ülkesidir.

EASA'nın görevi, AB için sivil havacılığa yönelik emniyet ve çevrenin korunmasıyla ilgili standartları düzenleyerek bu çerçevede uygulanacak kuralların ve mevzuatın belirlenmesidir. Havacılığa ilişkin belirlediği standart ve kuralları yine kendisi denetleyen bu havacılık kuruluşu, aynı zamanda sektörün ihtiyaç duyduğu eğitim, araştırma ve teknik uzmanlık desteklerini de sağlamaktadır.

### **6.2.3. Sivil havacılık genel müdürlüğü- SHGM**

ICAO'nun kurucu üyelerinden olan Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM), aynı zamanda Sivil Havacılık Konferansı (European Civil Aviation Conference/ECAC) ve Avrupa Seyrüsefer Emniyeti Teşkilatı EUROCONTROL'un da üyesidir. Türkiye'nin sivil havacılık faaliyetlerini düzenlemek ve denetlemek amacıyla kurulan bu kuruluş, çeşitli projeler geliştirerek havacılık sektörünün büyümesine de destek sağlamaktadır.

### **6.2.4 Müşterek havacılık otoriteleri eğitim teşkilatı- JAA TO**

Hollanda merkezli Müşterek Havacılık Otoriteleri Eğitim Teşkilatı (Joint Aviation Authorities Training Organisation - JAA TO), Avrupa Sivil Havacılık Konferansı (European Civil Aviation Conference/ECAC) bünyesinde faaliyet göstermektedir. 50 yıla yakın bir geçmişi olan bu eğitim kuruluşu, hava taşımacılığı sektörüne ilişkin düzenlemelere yön veren havacılık sanayi kuruluşlarına ve kamuda çalışan görevlilere eğitim vermektedir, ICAO'nun resmen tanıdığı JAA TO, AB'nin tek Avrupa Eğitim Mükemmeliyet Merkezi (European Training Center of Excellence/TCE)'dir. Ayrıca JAA TO, EASA Sanal Akademisi'nin önemli üyelerinden biridir. Havacılık sektörüyle ilgili olmak üzere emniyet, güvenlik, insansız hava araçları ve yönetsel konularda yılda 300'ün üzerinde eğitim düzenleyen bu kuruluş, aynı zamanda havacılık alanına ilişkin danışmanlık hizmeti de vermektedir.

### **6.2.5 Federal havacılık idaresi – FAA**

Federal Havacılık İdaresi (Federal Aviation Administration/FAA), dünyada havacılık emniyetine yönelik olarak kurulan en eski ve en önemli kuruluşlardan biridir. ABD'de 1958 yılında resmen kurulan bu kurumun kökü 1920'li yılların ikinci yarısına kadar uzanır. FAA'nın başlıca görevi, "en etkin ve emniyetli havacılık sistemini, dünya genelinde sağlamak olarak" tanımlanmaktadır. Bu çerçevede FAA'nın, başta para cezası ve sertifikasyonlara ilişkin yaptırım uygulamasına imkân tanıyan yasal yetkileri bulunmaktadır.

## 7. ASKERİ HAVA KARGO TAŞIMACILIĞI YÜKLEME TEKNİSYENLERİNİN İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ÇERÇEVESİNDE SIKLIKLA KARŞILAŞTIĞI SORUNLAR

Kargo uçaklarında görevli teknisyenlerin karşılaştıkları tehlikeli durumları açıkladığımız yukarıdaki bölümde yer alan başlıkların dışında kalanların bu bölümde belirtilmesinin uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Askeri personel olarak istihdam edilen genç ve tecrübesiz personelin mevcudiyeti yaşanabilecek kazaların daha çok tehlikeye açık olmasına neden olmaktadır. Bunun dışında personel sayısının yetersizliğine bağlı nedenlerden dolayı uçuş sürelerinin uzaması ve durak sayılarında önemli artışlar olabilmektedir. Küçük gövdeli kargo uçaklarında pleytlerin hazırlanması ve yüklenmesi sırasında simetrik olmayan yüklemelerin gerçekleşmesi nedeniyle pleytin uçak içinde hareket ettirilmesinin başta bel sorunları olmak üzere kas, iskelet ve sinir sistemi üzerinde kalıcı hasarlara neden olmaktadır. Bu nedenle personel iş gücü kayıp sayılarında belirgin artışlar meydana gelmektedir. Büyük gövdeli uçaklarda yapılan nakliye işlemlerinde ise özellikle araç gibi yüklerin uçağın tabanına zincir ile bağlanması işlemi sırasında uzuv sıkışmalarının ve kas dokusunda zorlanma sonucu hasarlar yaşanabilmektedir.

Paraşütle atlama yapılması sırasında, rampın açık olması, rampın yüzeyinde herhangi bir nedenle kaymaların gerçekleşmesi, ramp güvenlik halatının takılmaması, atlama yapan personelin komutlara uygun davranmaması, uygun atlama irtifası ihtiyacı nedeniyle zaman zaman 12000-13000 feet irtifalara çıkılması ve basınç sorunlarının yaşanması sorunları da yaşanan sorunlara ek olarak belirtilebilecektir.

## 8. SONUÇ

Araştırma konusunun askeri bir başlık altında olması bilgiye erişimde ve anket benzeri araştırma yöntemlerinin uygulanmasını engellemekte ve bu durum araştırmanın en önemli kısıtı olarak karşımıza çıkmaktadır. İnternette yapılan araştırmalarda ise araştırma konusunda ihtiyaç duyulan önemli bilgilere erişilmiş ve bunlar literatür araştırması kısmında özetlenerek sunulmuştur. Askeri kargo uçaklarının üretici firmalarının yayınlamış olduğu teknik kitaplar incelenmiş, yükleme teknisyenine karşı yapılan uyarıların genelinin sıkışma, ezilme ve bel ağrısına neden olacak kazalara karşı uyarılarda bulunduğu tespit edilmiş olup, bu bilgiler askeri gizlilik derecesine sahip olduğu için çalışmada paylaşılmamıştır.

Literatürde verilen Amerikan Hava Kuvvetlerine bağlı Travis Hava Üssünde yapılan araştırmada yükleme teknisyenlerinin kas-iskelet sistemleri yönüyle yüksek risk altında olması çalışmamızda elde edilen bulgularla paralellik göstermektedir. Ancak bunların nedenleri söz konusu araştırmada artan yaş ve beden kitle endeksiyle ilişkilendirilmişken, çalışmamızda bunların nedenlerinin genç ve tecrübesiz çalışanlardan kaynaklandığı değerlendirilmiştir. Ayrıca İran Hava Kuvvetlerinde yapılan araştırmada varılan sonuçlar da bunu destekler niteliktedir. Zira iş sağlığı ve güvenliği kaynaklı işten ayrılanların yerine alınan personel genç ve tecrübesiz olduğu için risk artmaktadır. Bu konuda tecrübeli personelin askeri hava kargo taşımacılığında çalışmasına yönelik bazı tedbirler alınmalıdır. Bunların başlıcaları; personelin ekonomik ve

sosyal imkanlarının artırılması ile işe alımlarda istenilen sağlık raporlarının niteliklerinin yeniden düzenlenerek ruhen ve bedenen daha güçlü ve sağlıklı personelin alınmasının sağlanmasıdır.

Askeri lojistiğin ve mobilitenin oldukça önem kazandığı günümüzde harekât şartları da değişmektedir. Yeni nesil harekâtlarda sabit kanat, döner kanat ve tiltrotor hava araçlarının kargo ve personel taşımak için üretilen platformların önümüzdeki yıllarda çok yoğun olarak kullanılacağı öngörülmekte ve başta ABD olmak üzere ülkeler bu sistemleri envanterine süratle katmanın mücadelesini vermektedir. Bu süreçte çok fazla farkına varılmayan, ancak belki de bu süreçte çığır açacak gelişmeler meydana gelmektedir. Bu gelişmeler insansız ve otonom hava araçları olarak adlandırılmaktadır. Özellikle pilot kaybının çok yaşandığı döner kanat platformlarda ABD Savunma Bakanlığına bağlı “The Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)”<sup>15</sup> insansız ve otonom uçuşları gerçekleştirmektedir (Lockheed Martin-2023). Çok yakın zamanda kargo uçaklarında da bunun gibi benzer uçuşların görüleceği beklenmektedir. Bu süreçler insansız gerçekleşecek olsa da yılda yüzbinlerce tonluk yükün yüklenmesi ve boşaltılması işlemleri halen yükleme teknisyenleri tarafından gerçekleştirilecek ve uzun bir süre de onlar tarafından gerçekleştirilmeye devam edecektir. Bu bağlamda yükleme teknisyenlerinin daha zor şartlarda görevlerini gerçekleştirmek durumunda kalacakları değerlendirilmektedir.

Ayrıca yukarıda sözü edilen durumlar karşısında yükleme teknisyenlerinin farkındalığını artırmak için eğitimlerinin artırılması gerektiği değerlendirilmektedir. Bu sayede oluşabilecek meslek hastalıkları ve olası kazaların önüne geçilmesi ve güvenli bir çalışma yaşamının sağlanması mümkün olabilecektir.

## 9. KAYNAKÇA

Aero Specialties Ground Support Equipment. (2023). PFA-50 military aircraft cargo loader/transporter. Erişim adresi: <https://www.aerospecialties.com/aviation-ground-support-equipment-gse-products/uncategorized/pfa-50-military-aircraft-loader-transporter/>

Ayanoğlu, C. (2007). İşyerinde ergonomi ve Sstes. *ÇSGB İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 34, s.29-36. Erişim adresi: <https://www.cs.gb.gov.tr/isggm/dergiler/34.pdf>

Ayanoğlu, C. (2008). Endüstride ergonomik düzen. *ÇSGB İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 39, s.13-18. Erişim adresi: <https://www.cs.gb.gov.tr/isggm/dergiler/39.pdf>

Bilgin, A.C., Ergör, A. ve Demiral, Y. (2009). *Tuzla tersaneleri raporları ve iş sağlığına yaklaşım*. Türk Tabipleri Birliği Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi, Ekim-Kasım-Aralık 2009. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/822135>

Darvishi, M. ve Shahali, H. (2021). Diseases leading to permanent disqualification in Islamic Republic of Iran Air Force non-pilot crew. *Medical Journal Armed Forces India*, 79(3), 1-6.

Demirbilek, T. (2005). *İş güvenliği kültürü*. Dokuz Eylül Yayınları, İzmir.

EU-OSHA - European agency for safety and health at work. (2012). Hazards and risks to air transport workers. Erişim adresi: <https://osha.europa.eu/tr>

---

<sup>15</sup> The Defense Advanced Research Projects Agency, Amerikan ordusu tarafından kullanılmak üzere, yeni teknolojiler üretmekle sorumlu ABD Savunma Bakanlığı'na bağlı bir devlet kurumudur. Soğuk savaş döneminde Rusya'nın Sputnik füzesini uzaya göndermesinin ardından 1958'de ARPA adıyla kurulmuştur.

Gallagher, C. (2000). *Occupational health & safety management systems: System types and effectiveness*. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Deakin University, Melbourne. Erişim adresi: [https://dro.deakin.edu.au/articles/thesis/Occupational health and safety management systems system types and effectiveness/21090478](https://dro.deakin.edu.au/articles/thesis/Occupational%20health%20and%20safety%20management%20systems%20system%20types%20and%20effectiveness/21090478)

Gaona K.L. (2010). *Comparative study of musculoskeletal injuries in transport aircrew*. Aviation, Space, and Environmental Medicine, Volume 81, Number 7, July 2010, pp. 688-690

Güneş, T. (2016). *Hava aracı bakım dokümanlarının kullanımında emniyet ve etkinliğin artırılmasına yönelik bir yaklaşım*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir. Erişim adresi: <https://earsiv.anadolu.edu.tr/xmlui/handle/11421/6479>

NorthFLY. (2023). Havacılık kuruluşları nelerdir? ICAO, EASA, SGHM, JAA, FAA. 29.06.2023 Erişim adresi: <https://northfly.acro/blog/havacilik-kuruluslari-nelerdir-icao-easa-sghm-jaa-faa>

International Labour Organization. (2023). Statistics on safety and health at work. Erişim adresi: <https://ilostat.ilo.org/topics/safety-and-health-at-work/>

International Organization for Standardization. (2013). New work item proposal-occupational health and safety management systems—requirements. ISO Central Secretariat, (12.03.2013). Geneva. Erişim Adresi: [https://www.iisc.go.jp/international/nwip/nwip\\_Occupational%20health%20and%20safety%20management%20systems.pdf](https://www.iisc.go.jp/international/nwip/nwip_Occupational%20health%20and%20safety%20management%20systems.pdf)

International Organization for Standardization. (2023). ISO 45001 and related standards: Occupational health and safety. Erişim adresi: <https://www.iso.org/iso-45001-occupational-health-and-safety.html>

İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik. (2013, 17 Temmuz). *Resmi Gazete* (Sayı: 28710, Ankara. Erişim adresi: <https://www.mevzuat.gov.tr/File/GeneratePdf?mevzuatNo=18592&mevzuatTur=KurumVeKurulusYonetmeligi&mevzuatTertip=5>

İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu. (2012, 20 Haziran). *Resmi Gazete* (Sayı: 28339). Erişim adresi: <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.6331.pdf>

Karakavuz, H. (2015). *Yer hizmeti işletmelerinde uygulanan iş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemleri başarı faktörlerinin ve uygulamadaki sorunların belirlenmesine yönelik bir araştırma*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir. Erişim adresi: <https://earsiv.anadolu.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11421/2654/104265.pdf?sequence=1>

Keleş, M.S. (2016). *Meslek hastalıkları*. Atatürk Üniversitesi Yayınları, Erzurum

Koşar, M. (2015). *İş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemleri*. Atatürk Üniversitesi Yayınları, Erzurum.

Kürkcü E.A., Çakar İ. ve Zeyrek S. (2014). *İşyerlerinde aydınlatma*. İş Sağlığı ve Güvenliği Merkezi Müdürlüğü (İSGÜM), Ankara. Erişim adresi: [http://www.isgum.gov.tr/rsm/file/isgdoc/IG1- isyerinde\\_aydinlatma.pdf](http://www.isgum.gov.tr/rsm/file/isgdoc/IG1- isyerinde_aydinlatma.pdf)

Lockheed Martin. (2023). MATRIX™ technology aircraft autonomy system—designed for flight safety, reliability and efficiency. Erişim adresi: <https://www.lockheedmartin.com/en-us/products/sikorsky-matrix-technology.html>

Louis, D.J. (1992). *A study of illness related lost time in transport aircraft crewmembers*. Master's Thesis. University of Cincinnati College of Medicine Division of Occupational Medicine Department of Environmental Health, USA.

Michie, S. (2002). Causes and management of stress. *Occup Environ Med*. 59, s.67-72. Erişim adresi: <https://oem.bmj.com/content/oemed/59/1/67.full.pdf>

Millî Eğitim Bakanlığı. (2012). *İnsan ve çevre*. Ankara.

MSC Belgelendirme. (2023). Malzeme güvenlik bilgi formu (MSDS) nedir?. Erişim adresi: <https://mscbelgelendirme.com/blog/malzeme-guvenlik-bilgi-formu-msds-nedir>

Nazlıoğlu, A. (2014). *Havaalanı bakım onarım hangarında tebliğe kaynaklarının belirlenmesi ve kontrol listesi hazırlanması*. (İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi). Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara. Erişim adresi: <https://www.csgeb.gov.tr/media/1369/ayzenazlioglu.pdf>

NorthFLY Uçuş Akademisi. (2023). Havacılık kuruluşları nelerdir? ICAO, EASA, SGHM, JAA, FAA. Erişim adresi: <https://northfly.aero/blog/havacilik-kuruluslari-nelerdir-icao-easa-sghm-jaa-faa>

Özdemir, N. (2009). *Gemi sanayinde iş güvenliği yönetimi ve OHSAS 18001 uygulaması*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, FBE Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı. İstanbul. Erişim adresi: <http://www.dspace.yildiz.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/1/2780/0041360.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Özkılıç, Ö. (2005). *İş sağlığı ve güvenliği yönetim sistemleri ve risk değerlendirme metodolojileri* (3. bs.). TİSK Yayınları, No. 246, Ankara. Erişim adresi: [http://egitim.druz.com.tr/upload/docs/26042012105841\\_vAq1THf-6-105841\\_risk-analizi-ozlem-ozkiloc-kitabi.pdf](http://egitim.druz.com.tr/upload/docs/26042012105841_vAq1THf-6-105841_risk-analizi-ozlem-ozkiloc-kitabi.pdf)

Schmitz-Felten, E. (2022). Air transport–OSH issues. *OSH WIKI, European Agency for Safety and Health at Work*. 30.09.2022. Erişim adresi: <https://oshwiki.osha.europa.eu/en/themes/air-transport-osh-issues>

Suer, E. (2016). *Uçak bakım – onarımlarında tehlike kaynakları ve çözüm önerileri*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Gedik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul. Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=DNjF7ZM5tth0HnMGwhPs5Q&no=xr11IcRh09zhLCJCBU9t5Q>

Şimşek, G. A. (2014). *Çalışma yaşamında sağlık güvenlik* (2.bs.). Fişek Enstitüsü Çalışan Çocuklar Bilim ve Eylem Merkezi Vakfı Yayını, Ankara.

Torum, O. ve Uzunoglu, Ö. (2002, Mayıs). Uçak bakım teknisyeninin performans faktörleri. *Uluslararası Katılımlı Kayseri IV. Havacılık Sempozyumu*, Kayseri: Erciyes Üniversitesi Sivil Havacılık Yüksekokulu.

# Uçak Kanatlarının Değişiminin Geçmişten Geleceğe İncelenmesi

Serhat YUDAR<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Makine Yüksek Mühendisi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği,*  
[serhatyudar@gmail.com](mailto:serhatyudar@gmail.com), 05330476856

Geliş Tarihi/Received: 07.03.2023 Kabul Tarihi/Accepted: 29.08.2023 e-Yayın/e-Printed: 31.08.2023

DOI: 10.52995/jass.1261471

ORCID: 0000-0002-4192-8759

## ÖZET

Uçma arzusunun gerçekleştirilmesi için tarih boyunca birçok bilim insanı çeşitli çalışmalar yapmıştır. Orta Çağ'da Abbas İbn Firnas, Leonardo Da Vinci, Hazerfen Ahmet Çelebi gibi isimlerden söz edilebilirken, Sanayi Devrimi döneminde George Cayley, Otto Lilienthal, Wright kardeşler gibi bilim insanları önemli rol oynamışlardır. Sanayi Devrimi sonrasında, uçaklar üzerinde temel bilgiler ve metodoloji oluştuğu için çalışmalar hız kazanmıştır. Bu çalışmalar, uçuş hızını artırmak, uçmanın maliyetini düşürmek ve uçakların performansı artırmak gibi hedefler üzerine odaklanmıştır. Günümüzde, mühendisler uçakların çeşitli özelliklerini geliştirmek için optimizasyon, aerodinamik, malzeme ve diğer alanlarda çalışmalar yapmaktadır. Bu süreçte, yapılan çalışmalarda uçak kanatları önemli bir yer tutmaktadır. Bu derleme, uçak kanatlarındaki değişimler ve gelişmeler hakkında Türkçe bir kaynak niteliği taşımakta olup özellikle son yıllarda gerçekleştirilen uçak kanatları ile ilgili makalelere yer verilmiştir. İlk olarak, uçak kanatlarının tarih boyunca geçirdiği değişimlerden bahsedilmekte ve daha sonra günümüzde yapılmakta olan veya gelecekte yapılması beklenen uçak kanadı çalışmaları hakkında bilgi verilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Yeni Nesil Uçak Kanatları, Uçak Kanadı, Kanat Tarihi, Uçak Kanadı Gelişimi, Modern Uçak Kanatları

## A Study of the Change of Aircraft Wings from the Past to the Future

### ABSTRACT

Throughout history, numerous scientists have pursued the realization of the desire for flight through various endeavors. In the Middle Ages, figures such as Abbas İbn Firnas, Leonardo Da Vinci, and Hazerfen Ahmet Çelebi can be mentioned, while during the Industrial Revolution era, scientists like George Cayley, Otto Lilienthal, and the Wright brothers played significant roles. Following the Industrial Revolution, with the establishment of fundamental knowledge and methodologies concerning aircraft, research in this field gained momentum. These endeavors were centered around objectives such as increasing flight speed, reducing the cost of aviation, and enhancing aircraft performance. In contemporary times, engineers engage in studies across optimization, aerodynamics, materials, and other domains to enhance various aspects of aircraft. In this process, aircraft wings occupy a paramount position, as they are critical components of flight. This compilation serves as a Turkish resource concerning alterations and advancements in aircraft wings, particularly incorporating articles related to aircraft wing innovations in recent years. Initially, a discussion ensues regarding the historical evolution of aircraft wings, followed by an exposition of ongoing and anticipated future aircraft wing research efforts.

**Keywords:** New Generation Aircraft Wings, Aircraft Wing, Wing History, Aircraft Wing Development, Modern Aircraft Wings

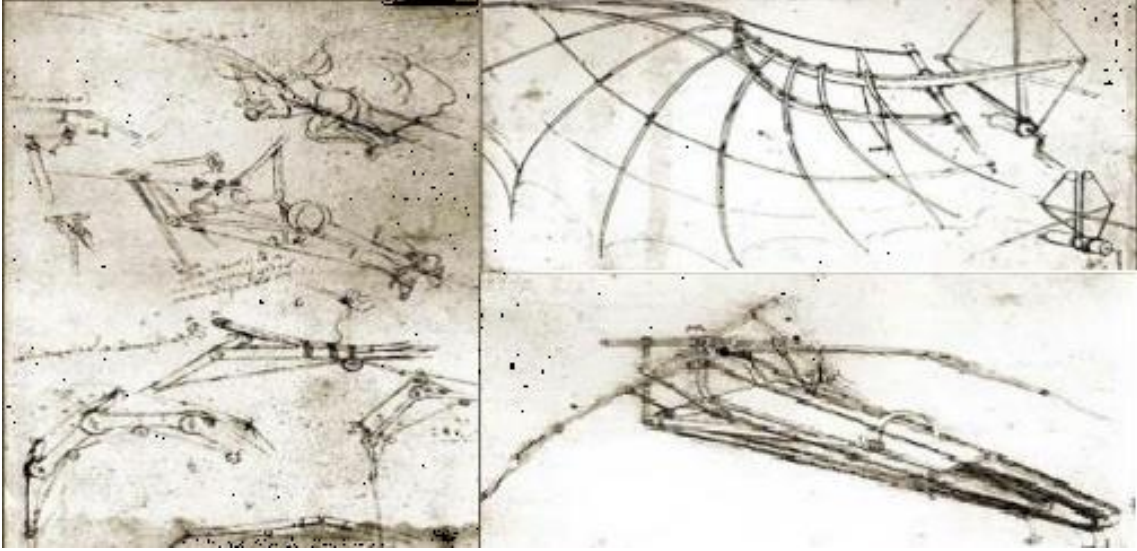
## 1. GİRİŞ

Uçma fikri ilk yazılı kaynak Antik Yunan medeniyetindeki Daedalus ve Icarus efsanesine dayanmakta olup uçma ile ilgili ilk çalışmalara ise Orta Çağ'da rastlanmaktadır. Orta Çağ'da gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda kuş tüyleri, kumaş ve tahta iskelet kullanarak kuş kanadına benzer bir yapı ile başarılı bir şekilde uçmayı Abbas Ibn Firnas başarmıştır (Kırbıyık, 1988; Koşagız, 2018).

Türk bilim adamı olan İsmail Cevheri ise kuşlardan ilham alarak birçok kanat tasarımı üzerine araştırmışlar yaparak deri ve çubukların birleşiminden imal etmiş olduğu bir çift kanatla, minareden atlayarak başarısız bir deneme gerçekleştirmiştir (Kılıç, 1993).

15. yüzyılda önemli bilim insanları arasında yer alan Leonardo Da Vinci havacılık alanında da birçok çalışma gerçekleştirmiştir. Leonardo Da Vinci'nin tasarladığı uçuş araçları ve silahlar oldukça dikkat çekici olup özellikle Şekil 1'de gösterilen uçak modeli, günümüzde planör uçaklara oldukça benzerlik göstermektedir (Bernard, 2013; Anderson, 2016).

17. yüzyılda ise önemli bilim adamlarından Hezarfen Ahmet Çelebi havacılık üzerinde çalışmalar gerçekleştirmiştir. Hezarfen Ahmet Çelebi gerçekleştirmiş olduğu çalışmalar sonucunda elde ettiği özgün kanat modeli ile İstanbul Galata Kulesi'nden başarılı bir uçuş denemesi gerçekleştirmiştir (Kaçar, 1998).



Şekil 1. Leonardo Da Vinci Havacılığa Yönelik Örnek Tasarımları

**Kaynak:** Anderson, 2016:5.

Sanayi Devrimi'nde havacılık sektörü özellikle Sör George Cayley'in Şekil 2'de görseli bulunan sabit kanatlı uçak fikriyle hızlı bir gelişme göstermiş ve sabit kanat kavramı, günümüzde kullanılan uçakların temellerini oluşturmuştur. 1853 yılında, George Cayley çalışmalarının sonuçlarını görebilmek amacıyla bir planör tasarlamış ve tasarladığı planör ile tarihteki ilk planör uçuşunu gerçekleştirmiştir (Anderson, 2016; Keskin ve Kuşhan, 2020).

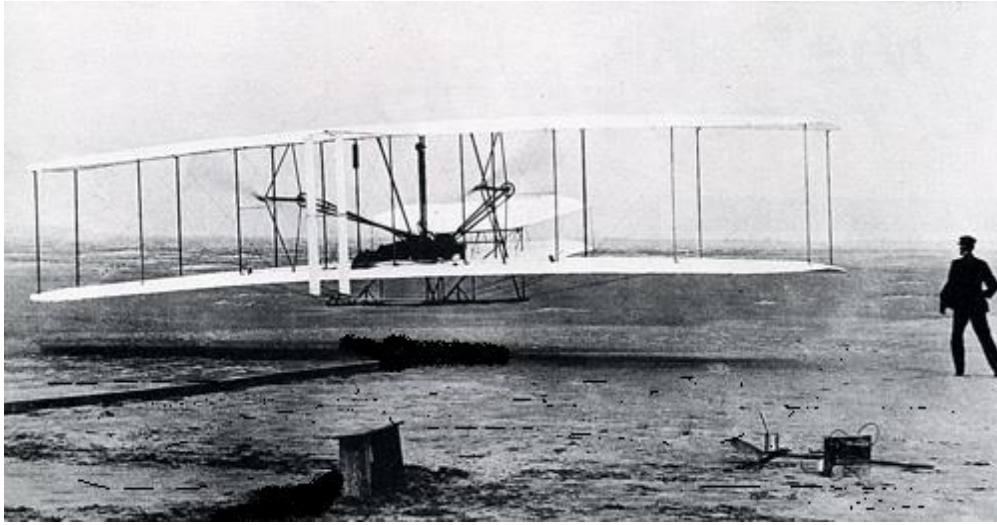




Şekil 2. Sör George CAYLEY'in Sabit Kanatlı Uçak Kavramı

**Kaynak:** Anderson, 2016: 6.

Alman mühendis Otto Lilienthal planör üzerinde çeşitli kanat profilleri ve uçuş kontrolü çalışmaları gerçekleştirmiştir. Otto Lilienthal'in çalışmalarının yol göstericiliğinde yapılan çalışmalar sonucunda Wright Kardeşler, Wright 1 uçağını geliştirmiş (Şekil 3) böylece ilk motorlu ve yönlendirilebilir uçuş başarılı olarak tarihe geçmiştir (Anderson, 2016; Minami, 2019; Keskin ve Kuşhan, 2020).



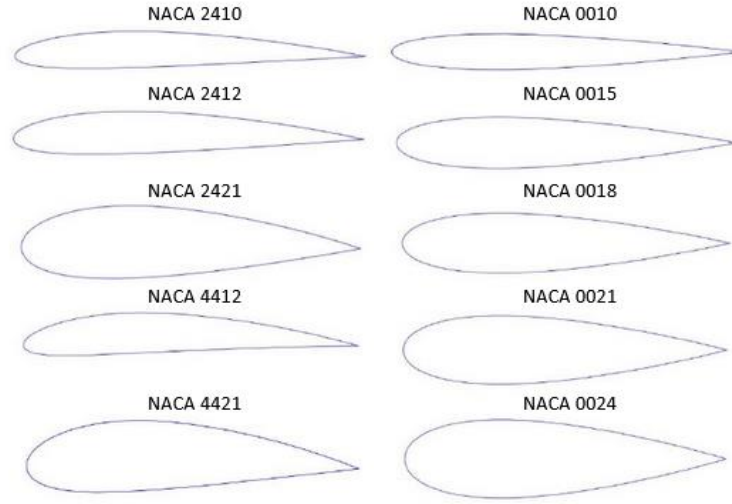
Şekil 3. Wright Kardeşlerin Tasarladıkları Wright 1 Uçağının Görünümü

**Kaynak:** Minami, 2019: 2.

Wright 1'in başarılı uçuşu sonrasında sırasıyla Wright 2 ve Wright 3 isimli uçaklar geliştirip başarılı uçuşlar gerçekleştirmişlerdir. Wright uçaklarının kanadı ile gövdesi en hafif ve kolay işlenen ahşap malzemeden imal edilmiş olup kanat profilleri oldukça basit düzeydedir. Basit kanat profili uçakların kontrol edilebilirliği sağlamada yeterli olup, performans ve verimlilik açısından sınırlamalar bulunmaktadır (Anderson, 2016; Loutun vd., 2021).

1930'larda ABD Ulusal Havacılık Danışma Komitesi (NACA) uçakların performansını arttırmak ve sürüklenme katsayısı azaltmak için deneysel ve teorik yaklaşımlarla geliştirilen bazı NACA kanat profilleri

Şekil 4'te gösterilmiştir. Ortaya çıkan kanat profillerinin 2. Dünya Savaşı'nda savaş uçaklarının performanslarını büyük ölçüde arttırdığı görülmüştür (Anderson, 2016; Loutun vd., 2021).



Şekil 4. NACA Kanat Profili Örnekleri

**Kaynak:** Loutun vd., 2021: 42.

İlk geliştirilen NACA kanat profilleri, subsonik hızlarda uçan uçaklara uygun tasarlanmış olup yüksek hızda uçuşlarda etkin performans sergileyememiştir. Yüksek hızlarda oluşan şok dalgalarının yönetilmesi ve süpersonik hızlardaki aerodinamik zorlukların üstesinden gelenebilmesi amacıyla aerodinamik çalışmalar gerçekleştirilerek uygun kanat profilleri elde edilmiştir. Günümüzde esnek ve uyarlanabilir kanat profilleri üzerine çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Esnek kanat profilleri sayesinde yüksek hızlı uçuşlarda profil şekil değiştirdiğinden dolayı aerodinamik performansın iyileştiği gözlenmiştir (Nguyen, 2014; Anderson, 2016).

Uçakların manevra kabiliyetlerini arttırabilmek amacıyla da çeşitli kanat yapıları geliştirilmiştir. Uçağın yanal ekseninde dönüş yapabilmesi amacıyla aileron yapısı Robert Esnault Pelterie tarafından tasarlanmış ve ilk kez 1903 yılında Wright 1 uçağında başarıyla kullanılmıştır. 1909 yılında kanat yapısında elevator tasarımı geliştirilmiş ve Wright Kardeşler tarafından uçağın yükseklik kontrolünü sağlayabilmek amacıyla kullanılmıştır. 1917 yılında ise uçakların kanat profillerini değiştirerek kalkış, iniş ve düşük hızlarda aerodinamik performansı arttırması amacıyla Hugh Dehavilland tarafından slap yapısı geliştirilmiş ve slap yapısı sayesinde uçakların iniş kalkış mesafesi kısalmıştır. 1921 yılında ise Handley Page tarafından uçuş performansını arttırarak, iniş kalkış mesafesini kısaltmak amacıyla flap yapısı geliştirilmiştir. 1930'larda ise kanat yapılarında metal alaşımların kullanılmasıyla birlikte içi boş kanat yapılarının dayanıklılığını arttırmak amacıyla rib, stringer ve spar iç yapıları geliştirilmiştir (Kumar vd., 2013; Anderson, 2016; Budarapu, 2016).

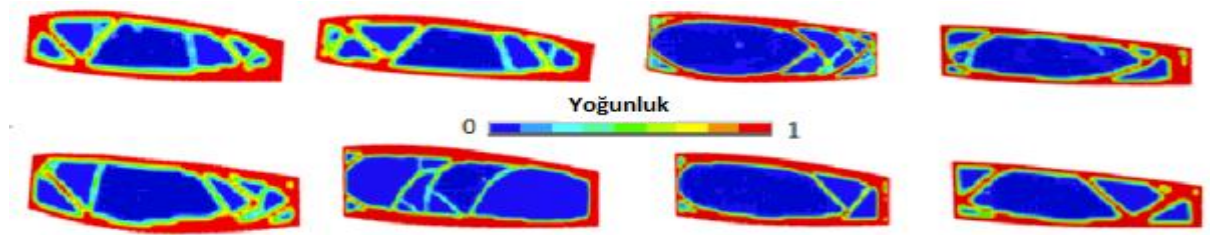
Metal işleme teknolojisinde oluşan gelişmeler ile uçak kanatlarında, streslere karşı dayanıksız olan ahşap yerine metal kullanılmaya başlanmıştır. Metal malzemeler içerisinde en çok alüminyum kullanılmıştır.

Günümüzde ise gelişen teknoloji ile metal malzemeler yerini kompozit malzemelere bırakmaya başlamıştır (Anderson, 2016; Duchene, 2020).

Bu çalışmada, günümüzde kullanılan uçakların kanatları, iç yapıları ve uçaklarda kullanılan malzeme çeşitleri ile hafifletme için kullanılan yöntemlerden bahsedilmiştir. IATA'nın (Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği) yayınlamış olduğu yol haritasına ve araştırmacıların yapmış olduğu çalışmalara göre gelecekte olması öngörülen uçak kanatlarının nasıl olacağı, uçaklarda kullanılacak olan malzemeler, yakıt türleri ve uçak konstrüksiyonları hakkında bilgiler verilmiştir.

## 2. MODERN UÇAK KANATLARI

Son yıllarda uçuş maliyetini azaltmak için yakıt tasarrufu, bilgisayar yazılımları ve kullanılan malzemeler üzerine yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Uçaklarda yakıt tasarrufu sağlamak için en bilinen yöntem hafifletme olup Airbus ve Boeing gibi firmalar uçakları hafifletme amacıyla optimizasyon, kompozit malzeme ve aerodinamik çalışmalara yoğunlaşmıştır. Optimizasyon çalışmaları ile uçak kanatlarının stres gibi etmenlere dayanacak minimum et kalınlığı ve boşalma yerleri belirlenmesinde kullanılmıştır (Kaya vd., 2019). Yapılmış bir optimizasyon çalışması Şekil 5'te gösterilmekte olup çalışmalar sonucunda %0,03-5 arasında yakıt tasarrufu sağlandığı görülmektedir (Economon vd., 2011; Holly vd., 2015; Arsenyeva ve Duddeck, 2015).



Şekil 5. Kanat İçerisinde Bulunan Rib Yapısına Yapılan Topoloji Optimizasyonu Çalışması

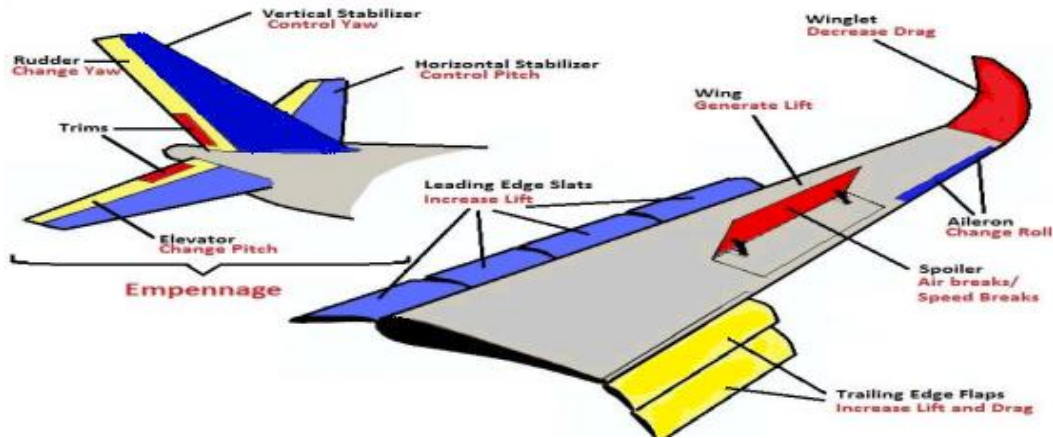
**Kaynak:** Arsenyeva ve Duddeck, 2015: 4.

Modern uçaklarda metal alaşımlı malzemelerin kullanılmasıyla beraber ortaya çıkan rib, stringer, spar yapısal komponentler üzerinde günümüzde ağırlık hafifletme çalışmaları yapılmaktadır. Özellikle rib yapısı üzerinde yapılan hafifletme çalışmaları sayesinde kanat üzerinde %25-30 arasında, uçakların toplam ağırlığında %10-15 hafifletme sağlamıştır. Günümüzde topoloji optimizasyonu ve eklemeli imalat teknolojilerinin gelişmesiyle beraber ağırlık hafifletilmesi üzerine çalışmalar artmaktadır (Schuhmacher vd., 2002; Rinku ve Ananthasuresh, 2015; Holly vd., 2015; Kaya vd., 2019).

Metal ve alaşımları yerine günümüzde daha dayanıklı ve ucuz kompozit malzemeler üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. İlk olarak kanat kısmında başlayan kompozit kullanımı günümüzde gövde, motor gibi birçok uçak parçasında da tercih edilmektedir. Hafifletme amacıyla kompozit malzemelerde cam elyaf ve karbon fiber katkılı polimer kompozitler oldukça fazla kullanılmaktadır. Cam elyaf ve karbon fiber katkılı polimer kompozit malzemeler Airbus A350 XWB uçağında %53 oranında kullanılarak %40 ağırlık hafifletilmesi sağlanmıştır. Boeing 787 uçağında kullanılan karbon fiber ve cam elyaf katkılı kompozit

malzeme miktarı %50 civarında olup kompozit malzemelerin kullanım miktarının artmasıyla uçakta %42'ye varan hafifletme sağlanmıştır Yapılan çalışmalar neticesinde uçaklarda kullanılan kompozit malzemeler ile hafifletme, dayanım/ağırlık oranında artış sağlanmaktadır (Mrazova, 2013; Bachmann vd., 2017; Kesarwani, 2017; Kuşhan vd., 2019).

Kanat üzerine yapılan aerodinamik çalışmalar ile kanadın taşıma kuvvetinin artırılması, hava tarafından oluşan bozunum azaltılarak uçağın geçişinin daha pürüzsüz ve daha verimli hale getirilmiştir. Aerodinamik çalışmalar sonucunda winglet adı verilen ve kalkış sonrası oluşan girdap dalgalarını azaltılması sağlayan bir yapı bulunmuştur. Bunu sağlayan yapı genellikle kanatların uçlarında yukarıya doğru çıkan küçük uzantı biçiminde (winglet) bulunmaktadır. Winglet, Boeing 767 model uçağına uyarlandığında yakıt tüketiminde %4-5 dolaylarında bir tasarruf sağladığı gözlemlenmiştir (Kuşhan vd., 2019). Winglet dışında uçak kanadının kanat yüzeyindeki akışı kontrol ederek taşıma kuvvetini arttırmakta ve uçağın kontrolünün daha kolay sağlanması amacıyla, flap, slat ve aileron gibi yapılar kullanılmıştır. Aerodinamik çalışmaların sonucu çıkan kanat yapıları Şekil 6'da detaylı olarak gösterilmektedir (Schuhmacher vd., 2002; Holly vd., 2015; Anderson; 2016)



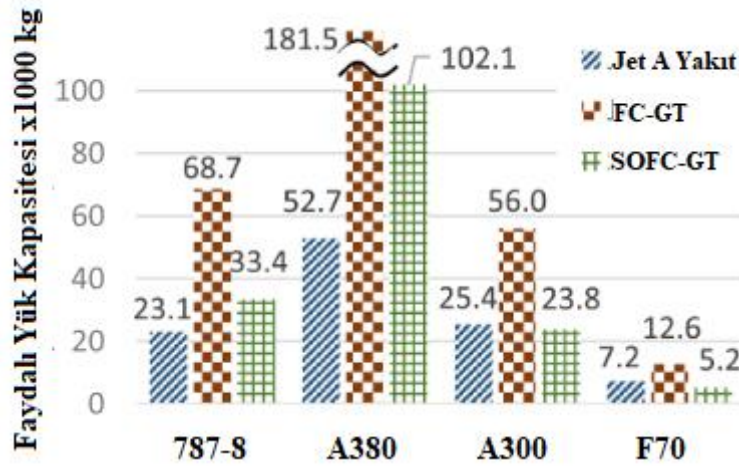
Şekil 6. Kanatlardaki Aerodinamik Yapılar

**Kaynak:** Lisitsin, 2020

Modern uçaklarda elektrik enerjisi kullanılmaya başlanmasıyla uçaklarda faydalı yük miktarı artmaktadır. Airbus A300, Airbus A380, Boeing 787-8, Fokker F70 uçaklarının JetA yakıtının, FC-GT (Sıvı yakıt hücreli gaz türbini) ve SOFC-GT (Katı oksit yakıt hücreli gaz türbini) batarya kullanılarak gerçekleştirilen karşılaşmalar sonucu elde edilen faydalı yükler Şekil 7'de gösterilmiştir. Şekil 7'de görüldüğü üzere gaz türbinlerinin yakıt hücreleriyle entegrasyonu sonrasında uçaklarda %50'den fazla faydalı yük artışı sağlanmaktadır. Pillerin ve yakıtın verimlilikleri ve enerji yoğunlukları Tablo 1'de belirtildiği üzere yakıt pillerinin diğer yakıt türlerine göre daha verimliliği olduğu görülmüştür. Sıvı yakıt pilinin enerji yoğunluğu JetA yakıtına oranla düşük olduğu görülmesine rağmen yakıt pillerinin hafifliği kullanımda ön plana çıkarmıştır. Yakıt pillerinin kullanılmasıyla gerekli yakıt ağırlığının %70 oranda azaldığı görülmüştür. (Collins ve McLarty, 2020).

**Tablo 1:** Uçaklara Göre Yakıt Türlerinin Verimlilik ve Enerji Yoğunluklarının Karşılaştırılması (Collins ve McLarty, 2020)

Uçak		787-8	A380	A300	F70
Verimlilik (%)	JetA	%51	%49.2	%42	%29.6
	SOFC	%51	%49.2	%42	%29.6
	FC-GT	%67	%67.1	%65.4	%65.7
Enerji Yoğunluğu (kWhkg <sup>-1</sup> )	JetA	9.51	9.81	9.23	7.78
	SOFC	16.9	17.9	16.1	12.1
	FC-GT	8.58	7.4	6.28	3.31



Şekil 7. Kullanılan Yakıt Türüne Göre Çeşitli Uçaklarda Sağlanan Faydalı Yük Miktarları

**Kaynak:** Collins ve McLarty, 2020: 8.

### 3. YENİ NESİL UÇAK KANATLARI

Çeşitli firmalar ve kuruluşlar uçaklarda yakıt tüketimini ve uçağın ağırlığını azaltmak amacıyla birlikte yolcu sayısı ve yük miktarlarını arttırmak için birçok araştırma gerçekleştirmektedir. Bu kapsamda kanatlar üzerinde yapılacak veya düşünce aşamasında olan yeni araştırmalar ve projeler askeri ve sivil amaçlı çalışmalar olarak iki kısma ayrılmaktadır.

#### 3.1. Ticari Uçak Kanatları

Ticari uçaklarda gerçekleştirilen kanat çalışmaları genellikle, yolcu sayısı arttırmak, yakıt tasarrufu ve takat süresini arttırmaya yönelik çalışmalardır. Bu amaçları gerçekleştirebilmek amacıyla sivil havacılık firmaları tarafından çeşitli kanat yapıları ortaya çıkartılmaktadır. Katlanabilir kanat, kutu kanat, destekli kanat, C-Wing, elektrikli uçaklar günümüzde popüler olan çalışma konularındır.

Yeni nesil katlanabilir kanat teknolojisi üzerinde yapılan çalışmalarda uçak ağırlığı artmasına rağmen aynı yakıt miktarıyla, takat değeri %70 ve taşıma/sürüklenme (L/D) değeri %60 oranında artış sağlandığı gözlenmiştir. Bu sayede uçak performansında ciddi iyileştirmeler olduğu rahatlıkla belirtilebilir (Xiaopeng ve Haixin, 2015).

Boeing firmasının 3. nesil 777 serisi uçakları kanat genişliği nedeniyle standart terminallere sığmadığından, uçağın terminallere sığabilmesi için Boeing firması kanatlanabilir kanat teknolojisi üzerinde çalışmaktadır. Yeni kanat teknolojisi kanadın uç kısmında olacak biçimde şekil 8'deki gibi tasarlanmıştır. Katlanabilir kanatlarla 3. nesil 777 serisi uçağın hangarlara sığmasının yanı sıra bu yapı sayesinde kanat uçlarında oluşan türbülansları ve girdapları azaltarak yakıt tüketim oranını düşürmek hedeflenmiştir. Kanat genişliği sayesinde taşıma kuvveti artacağından uçağın daha kolay havalanması sağlanmıştır. Böylece havalandığında kanat genişliği sayesinde uçak daha kolay manevra imkanına sahip olmuştur. Boeing 777x katlanabilir kanat teknolojisi sayesinde uçak ağırlığında %1 artış sağlanırken, sürüklenme katsayısında ( $C_D$ ) yaklaşık %10 azalma ve yakıt tüketim miktarında ise %10'a varan azalmanın olduğu görülmüştür (Kuşhan vd., 2019; Gill, 2022; Kretov ve Tiniakov, 2022; Bodell, 2023).



Şekil 8. Boeing 777x Katlanabilir Kanat Yapısı

**Kaynak:** Kuşhan vd., 2019:16.

Airbus ise katlanabilir kanat teknolojisine benzer bir teknoloji üzerinde çalışmalar yapmıştır. Airbus yetkilileri fıkri albatros kuşlarından esinlenerek tasarladıklarını belirtmişlerdir. Yaptıkları sistemi Albatros One (Şekil 9) adı verilen bir insansız hava aracı üzerine yerleştirerek test etmişlerdir. Kanat tasarımı yarı-elastik menteşeler sayesinde kanat uçlarının aynı albatros kuşunda olduğu gibi hareket etmesini sağlaması amaçlanmıştır (Airbus, 2019; Airbus, 2019). Albatros çalışmasında, katlanabilir kanat teknolojisindeki gibi kanat açıklığı arttığı için kalkış esnasında taşıma kuvveti artmaktadır. Havalandığında ise katlanabilir kanat teknolojisinden farklı olarak, kanat uçlarında oluşan türbülansları ve girdapları azaltmak için seyir esnasında hareket etmektedir. Hava akımının değişime göre kanat ucu otomatik hareket ederek sürtünmeyi azaltmaya çalışmaktadır. Bu sayede uçakta yakıt tasarrufu sağlanacağı belirtilmektedir (Airbus, 2019; Airbus, 2019).



Şekil 9. Albatros One ve Kanat Uç Tasarımı

**Kaynak:** Airbus, 2019.

Boeing, Airbus ve NASA katlanabilir kanatların katlanma kısmını kanadın tam ortasına yakın bir yerden katlayarak açıldığı zaman daha uzun kanat yapısına sahip olan uçaklar üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Kanadın uzamasından dolayı oluşacak gerilmeler ise destek yapısı sayesinde giderilecektir. Kanat yapısının uzamasıyla daha fazla taşıma kuvveti oluşacak ve yakıt tasarrufu sağlanacaktır. Kanat yapısının uzun olmasının diğer faydası motor boyutlarının küçülmesidir. Kanat tasarımında düşünülen diğer iyileştirme ise kanat profilinin inceleştirilerek uçak aerodinamiğini iyileştirmektir. Böylece yapılan iyileştirmeler ile uçak daha hafif olup yakıt maliyeti de azalacaktır. Boeing ve NASA'nın beraber yapmış olduğu ve transonik makas kanatlı uçak adı verilen tasarım Şekil 10'da gösterilmektedir. IATA (2019)'nın yayınlamış olduğu bildiriye göre kanat yapısının bu haliyle %29 daha az yakıt tüketimi sağlayacağını belirtmektedir. Çalışmalar şu anda deneme olup tasarlanan kanat modelinin en erken 2035-2040 yılları arasında kullanılmaya başlanması hedeflenmektedir (Livne ve Nelson, 2012; Wood, 2017; IATA, 2019; IATA, 2019; Howard, 2019).



Şekil 10. NASA/Boeing Destekli Katlanabilir Uçak Kanadı

**Kaynak:** Howard, 2019.

Katlanabilir kanat üzerinde çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmesine rağmen FAA (Federal Aviation Administration) katlanabilir kanat yapısını oldukça tehlikeli gördüğünden dolayı bu kanat yapısı hakkında firmalardan fazladan güvenceler istemektedir. FAA tarafından kanatların havadayken katlanması veya doğru pozisyondan sapması durumlarının felakete yol açabileceğini düşünülmektedir (Norris ve Flottau, 2023).

Uçak kanat yapısı ile ilgili başka bir çalışma ise 1924 yılında Ludwig Prandtl tarafından önerilen box-wing (kutu kanat) konstrüksiyonudur. Prandtl'in yapmış olduğu öneriye göre, farklı yerlere yerleştirilen, iki adet benzer yatay kanatların uçları birleştirilerek kanatlardan bir kare yani kutu elde edilmektedir. Kanatlardan biri gövde tarafında diğeri ise kuyruk kısmında ve ters olacak şekilde tasarlanmıştır. Önerilen konstrüksiyon (Şekil 11) sayesinde kanat genişliği artması ile kanattaki taşıma kuvveti artıp uçağın geleneksel olmayan kanat yapısından dolayı oluşan sürüklenme kuvvetleri azalacağından yakıt tasarrufu sağlaması öngörülmektedir. Pisa Üniversitesi tarafından yürütülen araştırma projesi olan Parsifal ile kutu kanat konstrüksiyona sahip bir uçak üretimi üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Üretilmek istenen uçağın Airbus A320 veya Boeing B737 ile aynı kanat açıklığına bir uçak olacağı belirtilmiştir. Uçağın hedef olarak Airbus A330 veya Boeing 767 gibi büyük kategorideki hava araçları ile aynı kapasitede olacağı ve daha az yakıt tüketeceği belirtilmiştir (Parsifal, 2017; IATA, 2019; IATA, 2019; Parsifal, 2020). Kutu kanat yapısında uçak ağırlığında (OEM) yaklaşık %10 artış sağlanırken, takat değeri aynı kalmakta, yakıt/yük oranında %15 oranında bir azalma, kalkış mesafesinde %20 azalma ve iniş mesafesinde %10 azalma olduğu belirlenmiştir (Jemitola ve Fielding, 2012).



Şekil 11. Kutu Kanat Konstrüksiyonunun Görünümü

**Kaynak:** Parsifal, 2017.

Günümüzde kullanımı artmış olan elektrik enerjisi ile çalışan araba konsepti, uçaklar içinde kullanılması gündemdedir. Uçakların elektrik enerjisine geçme sebepleri, elektrik enerjisinin fosil yakıtlara göre daha ucuz olmasıdır. Avrupa Komisyonu tarafından 2006 yılında uçakların küresel ısınmaya %3-5 olan etkisini azaltmak amacıyla bazı projeler yapılmaya ve kararlar alınmaya başlanmıştır (Council of the European Union, 2008; Bachmann vd., 2017). Uluslararası firmalarla yapılan çalışmalarla beraber 2021



yılında açıklanan bir raporda havacılık sektörünün neden olduğu karbon emisyon oranının %24 olarak azaltıldığı belirtilmiştir. 2030 yılında bu oranın %55 olması ve 2050 yılında ise sıfır emisyon safhasına ulaşılması hedeflenmiştir. Firmaların emisyon oranları düşürmeleri için 2003 yılında 3000 ton/yıl olan emisyon oranı 1000 ton/yıl olarak değiştirilmiş ve bu değişimin 10 yıl boyunca ölçülerek tespit edilmesi karara bağlanmıştır (Council of the European Union, 2008; Bachmann vd., 2017; European Commission, 2020; European Commission, 2021). ICAO ve Avrupa Birliği Komisyonu firmaların karbon emisyonu çalışmalarını yapmaları için destekler verilmektedir. Emisyon sınırı ve AB destekleri sayesinde uçak firmaları, hava araçlarında emisyon oranı düşük motorlar tercih edilip emisyon problemi olmadan uçuş yapabilmek için elektrik enerjisi kullanılması hedeflenmiştir. Wright Electric firması kanatlara elektrik motorunun yerleşeceği ve bataryaların her uçuş sonrasında kolaylıkla değiştirilebileceği bir uçak üzerinde çalışmaktadır. Elektrik motorlarının tasarımı dolayısıyla kanat tasarımında farklılığa gidilmiş olup yeni tasarıma sahip uçak Şekil 12’de gösterilmiştir. Şekil 12’de kanadın gövdeye yakın olan kısmında, tasarlanan jet motoru görülmekte olup ilgili çalışmanın 2035 sonunda biteceği öngörülmektedir (Constine, 2017; IATA, 2019; IATA, 2019; Manthey, 2020).



Şekil 12. Wright Electric Firmasının Tasarladığı Bataryalı Uçak Kanadı

**Kaynak:** IATA, 2019: 30.

Bauhaus Luftfahrt Araştırma Enstitüsü, uçak için gerekli olan elektrik enerjisi verecek olan pillerin ağırlığını ve kullanılacak enerji miktarını azaltmak amacıyla bir çalışma yapılmıştır. Geleneksel uçak gövde ve kanat tasarımı yerine, aerodinamiğe daha önem veren Şekil 13’te görülen yenilikçi bir tasarım Bauhaus Luftfahrt Araştırma Enstitüsü tarafından geliştirilmiştir. Tasarlanmış oldukları kanat yapısına C-Wing sayesinde daha az enerji harcayarak havalanacağı için fazla piller çıkartılarak ağırlık azaltımı sağlanmıştır. Araştırma enstitüsü 2012 yılında başladığı projeyi en yakın 2035 yılında bitirmeyi hedeflemektedir (Hornung vd., 2013; Naveen, 2018; IATA, 2019). C-Wing yapısında 0,85 Mach değerinde hücum açıları değiştirilerek belirlenen taşıma katsayıları ( $C_L$ ) ve sürüklenme katsayıları ( $C_D$ ) incelendiğinde, hücum açısı  $0^\circ$  olduğunda L/D oranında %300 artış gözlenmiştir. Hücum açısı arttıkça geleneksel kanat yapısına benzer L/D oranları ortaya çıkmış ve 4 hücum açısında L/D oranı %7'lere düşmüştür. C-Wing L/D oranının iyi sonuç verdiği görülmüş olup kanat yapısının aerodinamik olarak daha iyi olduğu belirlenmiştir. (Suresh vd., 2015).



Şekil 13. Bauhaus Luftfahrt Araştırma Enstitüsü Tasarımdan Tasarlanan Elektrikli Uçak

**Kaynak:** IATA, 2019: 30.

### 3.2. Askeri Uçak Kanatları

Askeri uçaklarda gerçekleştirilen kanat çalışmaları genellikle, uçak hızını, manevra kabiliyetini ve takat süresini arttırmaya yönelik çalışmalardır. Bu amaçları gerçekleştirebilmek amacıyla askeri havacılık firmaları tarafından çeşitli kanat yapıları ortaya çıkartılmaktadır. Gövde ve kanat birleştirme (BWB), şekil hafızalı kanatlar, değişken kanat açılı kanatlar, kanatlana kanat, teleskopik kanat ve elektrikli uçaklar günümüzde çalışılan konulardır.

Uçak kanatlarında yapılmakta olan diğer bir çalışma ise, kanat ile gövde arasında bulunan ayrım noktasının net olarak belli olmayan uçak tasarımıdır. Çalışma bütünleşik uçan kanat (BWB) ismiyle anılmaktadır. BWB projesi üzerinde çeşitli kurum ve kuruluşlar çalışmalar gerçekleştirmektedir. Bu kanat modelinde NASA'nın NASA X, Boeing'in X45 ve X48 ve Airbus'ın Airbus Maveric gibi prototip çalışmaları vardır. Uçak gövdesi ile kanadı geleneksel bağlantı metotları kullanılmadan birleştirilmekte olup tasarım örnekleri Şekil 14, Şekil 15 ve Şekil 16'da gösterilmiştir. Yapılan birleştirme sonucunda, ayrım noktasında geleneksel metotta oluşan sürüklenme kuvveti daha az olarak tespit edilmiştir. Sürüklenme kuvvetinde meydana gelen azalma sebebiyle uçakların ulaşabileceği en yüksek mach değeri artmaktadır. Bağlantının diğer artışı ise, kanat yapısının değişmesi ve genişliğinin artması ile uçağın taşıma kuvvetinde artış sağlayacak ve geleneksel yöntemlerle birleştirilmiş uçaklara göre daha az yakıt tüketmesi sağlanmıştır. (Banke, 2016; Boeing, 2016; Gipson, 2018; IATA, 2019). BWB kanat yapısına sahip uçaklar askeri uçaklarda kullanıldığı için yapılan çalışmalar transonik ve daha üstü hızlar için gerçekleştirilmektedir. 0,8-0,85 arası hızlarda gerçekleştirilen çalışmalarda geleneksel uçak kanatlarıyla elde edilen L/D oranı %15 artmakta ve %40 oranında daha az sürüklenme katsayısı elde edilmiştir. BWB yapısıyla beraber %20-30 arasında yakıt tasarrufu sağlandığı gözlenmiştir (Hileman vd., 2010; Kuntawala vd., 2011).



Şekil 14. Uçak Gövde ve Kanadı Birleştirme (BWB) Çalışmaları

**Kaynak:** Banke, 2016.



Şekil 15. Flying-V Kargo ve Yolcu Uçağı

**Kaynak:** IATA, 2019: 23.



Şekil 16. NASA X-Plane

**Kaynak:** Gibson, 2018.

NASA, bütünleşik uçan kanat (BWB) çalışması kapsamında tasarlayacağı uçagında ileride elektrik enerjisi ile havalanabilmesini hedeflenmektedir. NASA bu kapsamda N3-X isimli bir çalışma başlatmış olup N3-X uçak tasarımı Şekil 17'de gösterilmektedir. BWB tasarımına sahip uçaklar aerodinamik açıdan ve havalanmak için gerekli olan enerji bakımından iyileştirilerek yakıt maliyeti azaltılmış ve böylece elektrik enerjisi kullanımı ile karbondioksit emisyonlarının azaltılması amaçlanmıştır. Gerçekleştirilen N3-X

çalışmalarının 2040 yılı ve sonrasında tamamlanması beklenmektedir (Gipsin, 2013; Felder, 2014; Felder, 2015; IATA, 2019).



Şekil 17. NASA'nın N3-X Hibrit Uçak Tasarımı

**Kaynak:** Gipson, 2013.

Kanatlar üzerindeki çalışmalar sadece konstrüksiyon ile sınırlı olmayıp malzeme üzerine de çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Uçaklarda kompozit malzemeler ve hafif metal alaşımları kullanılarak önemli miktarda ağırlık azalması sağlanmış olsa da araştırmacılar ağırlık azaltımını ve uçuş performansını daha da arttıracak malzemeler üzerine araştırmalar yapmaktadır. NASA katlanabilir kanat teknolojisinin daha efektif kullanılabilmesi için kanatların bazı bölümlerinde nikel-titanyum alaşımını kullanmaya çalışmaktadır. Nikel-titanyum ısıtıldığında deformasyona uğradığı zamanki şekline dönebilen ve soğutulması ile şekil bozulmasına uğramadan önceki haline dönebilen kısaca şekil hafızalı bir alaşım olup bu tip malzeme ile NASA tarafından Şekil 18'deki uçak geliştirilmektedir. Şekil hafızalı alaşımlar sayesinde, kanat uçuş esnasında duruma göre rahatlıkla şeklini değiştirecek ve sonrasında deformasyona uğramadan ilk haline dönebilecektir (Kumar vd., 2015; IATA, 2019).



Şekil 18. NASA Tarafında Şekil Hafızalı Malzeme ile Tasarlanmış Uçak

**Kaynak:** IATA, 2019: 24.

Nikel-titanyum gibi akıllı malzemeler sadece katlanabilir uçak teknolojisinde kullanılmamaktadır. NASA ve MIT'nin beraber gerçekleştirmekte oldukları bir kanat projesinde, kanadın çeşitli yerlerine akıllı malzemeler ekleyerek günümüz uçaklarına göre daha hafif ve aerodinamik açıdan daha iyi bir kanat elde edilmek istenmektedir. Birkaç yıl önce NASA'nın yaptığı sunumunda kanadın rüzgâr tünellerinde denemelerine başlandığı belirtilmiştir. Prototipi yapılan kanat Şekil 19'da gösterilmektedir. Kanadın ne zaman kullanıma başlanacağı ile ilgili kesin bir bilgi bulunmamaktadır (Harrington ve Williams, 2015; Kuşhan vd., 2019; IATA, 2019).



Şekil 19. NASA ve MIT'nin Geliştirmekte Olduğu Uçak Kanadı

**Kaynak:** Kuşhan vd., 2019:16.

Akıllı malzemelerle yapılan başka bir çalışma ise şekil değiştirebilen kanatlar üzerinedir. Çalışma katlanabilir kanat ucundan farkı ise değişimin tüm kanat üzerinde uygulanması olup uygun durumlarda kanat açılarını değiştirebilmesi üzerinedir. Şekil 18'de kanat ok açısını değiştirebilen bir uçak gösterilmekte olup bu özellik geliştirilmek istenmektedir. Böylelikle havalanırken ya da havadayken kanadı uygun pozisyonda tutarak uçağın aerodinamiğini iyileştirilmesi hedeflenmektedir. Akıllı malzemeler yardımıyla kanadın şeklinin değişmesinin yanı sıra kanat genişliği de arttırabilmekte ve kanat genişliğinin artması ile uçak daha fazla taşıma kuvvetine sahip olması ve yakıt tasarrufu sağlanması öngörülmektedir. Akıllı malzemeler kullanılarak uçak kanadının hafiflemesi sağlanacak olup şekil değiştirebilen uçaklara örnek olarak Şekil 20 ve Şekil 21'deki tasarımlar gösterilmektedir (Özgen vd., 2008; Ünlüsoy, 2017; Russel, 2017; Uzun vd., 2021).

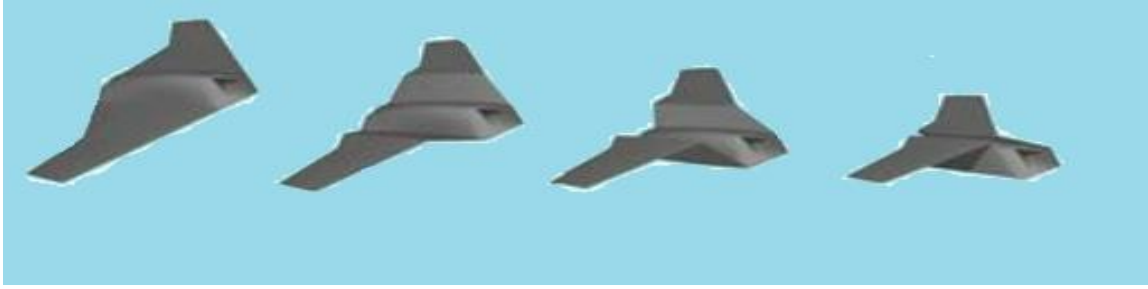
Şekil değiştirebilen uçaklara diğer bir örnek ise teleskopik kanatlı uçaklardır (Şekil 22). Teleskopik kanatlar iniş ve kalkış aşamalarında kanat açıklığını arttırmak ve uçuş esnasında kanat açıklığını azaltmak için kullanılmaktadır. İç içe giren kanat yapıları sayesinde, pnomatik, hidrolik veya elektronik sistem vasıtasıyla istenilen kanat açıklığına ayarlanabilmektedir. Teleskopik kanatlar farklı kanat açıklıklarına ayarlanabilmeleri sayesinde uçak performansında artış, yakıt tasarrufu ve taşıma kuvvetinde artış sağlanması öngörülmektedir. Ayrıca uçakların yüksek hızlarda seyrederken daha dar bir kanat açıklığına ihtiyaç duymaktadırlar. Teleskopik kanatların kanat açıklığının ayarlanabilir olması sayesinde yüksek hızlarda daha

stabil bir uçuş ve daha iyi bir manevra kabiliyetine sahip olacağı öngörülmektedir (Ajaj ve Jankee,2018; Özel vd., 2020; Patil ve Katkhade, 2021).



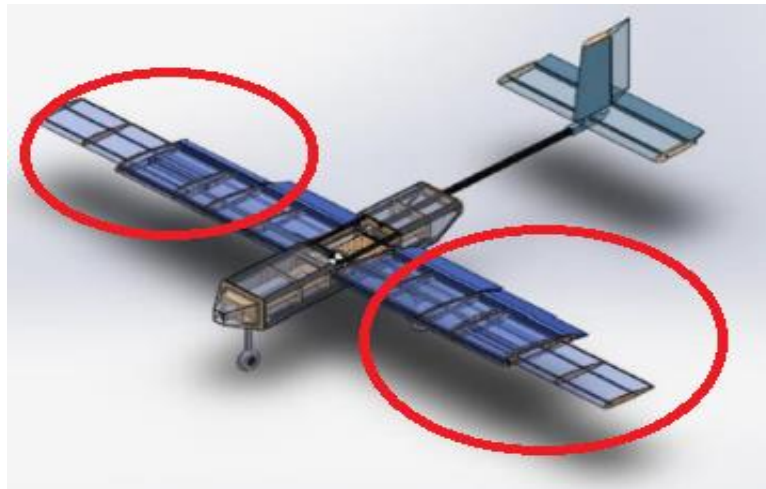
Şekil 20. NextGen Firmasının "Değişken Aç, Değişken Viter" Konsepti

Kaynak: Özgen, 2008: 2.



Şekil 21. Lockheed-Martin'in "Katlanan Kanat Konsepti"

Kaynak: Özgen, 2008: 2.



Şekil 22. Teleskopik Kanat Yapısına Sahip Örnek Uçak Tasarımı

Kaynak: Ajaj ve Jankee: 6.

#### 4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Uçak kanatları geçmişten günümüze kadar oldukça çeşitli değişimler geçirmiştir. Güncel araştırmalar incelendiğinde, yeni nesil uçakların mevcut uçaklara kıyasla daha geniş ve hafif malzemeli kanat yapılarına sahip olacağı, aerodinamik özelliklerinin iyileştirileceği, yüksek yakıt verimliliği sergileyeceği ve farklı bir kanat profili benimseyeceği öngörülmektedir.

NASA X-Plane, N3-X ve Flying V, Bauhaus Luftfahrt oldukça yenilikçi tasarımlara sahiptir. Flying V uçağı incelendiğinde yük taşıma ve yolcu taşıma için alanların arttırıldığı gözlenmektedir. Kanat tasarımının gövdeyle birleşik olması ise manevra kabiliyeti ve sürüklenme katsayısının azalmasına yol açmaktadır. N3-X, Bauhaus Luftfahrt vb. elektrikli araçlar sayesinde uçakların faydalı yük miktarı artacağı gözlenmektedir. Günümüzde kullanılan uçaklara yakıt pilinin uygulanmasıyla %50 ve üzere faydalı yükte artış sağlanacağı gözlenmiştir. Avrupa Komisyonu'nun belirlemiş olduğu karbon emisyon oranının ve 2030 yılında emisyon oranında %55 azalma istendiği için elektrik motorlu ve hibrit uçaklara yönelim artmaktadır.

Yakıt tasarrufu için akla gelen fikirlerden biri uçağın hafifletilmesi olup günümüzde hafifletme çalışmalarında topoloji, şekil, boyut vb. optimizasyonlar kullanımının yanına kompozit malzeme kullanımı da eklenmiştir. Kompozit malzemeler ile metallerin dayanım özelliklerine sahip fakat yoğunluğu daha az olan malzemeler elde edilmiştir. Topoloji optimizasyonlarıyla elde edilen %10-15'lik ağırlık hafifletilmesi kompozit malzemelerle beraber hafifletme oranı %25-30'lara çıkmaktadır. Hafifletme sayesinde faydalı yük miktarı ve uçuş performanslarında artışlar sağlanmaktadır. Gelecek çalışmalarda kompozit malzemelerin yanı sıra nikel-titanyum gibi akıllı malzemeler üzerinde de yoğun çalışmalar olduğu araştırma sonucunda görülmektedir. Konuyla ilgili olarak NASA ve MIT yoğun olarak çalışmalar yapmakta ve konsept tasarımlar ve denemeler gerçekleştirmişlerdir. Özellikle Lockheed-Martin'in katlanan kanat teknolojisine sahip uçağında akıllı malzemelere oldukça yer verildiği belirlenmiştir.

Uçak performansını arttırmak için kanat şeklinin ve bağlantıları değiştirilmektedir. Geleneksel George Cayley'in sabit kanat teorisinin dışına çıkılarak aerodinamik açıdan iyileştirilmiş yeni nesil kanatlar geliştirilmektedir. Çalışmalara bakıldığında hareketli (Albatros One), geniş, yenilikçi kanat-gövde birleştirilmesi (NASA X45 ve Airbus Maveric) ve tasarımı farklı kanatların (NASA X, Flying V ve Parsifal) geliştirilmekte olduğu görülmüştür. Katlanabilir kanat yapısı bir başlangıç olarak günümüzde Airbus (Albatros One) ve Boeing (Boeing 777x) firmaları tarafından kullanılmaktadır. Boeing 777x katlanabilir kanatla  $C_D$  ve yakıt tüketim miktarında %10'a varan azalmanın olduğu gözlenmiştir. 2035 yılına kadar Albatros One uçağındaki katlanabilir kanat teknolojisinin Airbus A321 uçağına uygulanarak göklerdeki yerini alması planlanmaktadır. Kutu kanat yapısıyla ilgili olarak kalkış ve iniş mesafelerinde kısalmalara meydana geleceği ve tüketilen yakıt miktarının azalacağı görülmektedir. BWB kanat yapısında ise kanat birleşme noktalarında meydana gelen sürüklenme kuvvetleri azalacağı için L/D oranında en az %15 artıştan söz edilmektedir. Kanat yapısının değiştirilmesine yönelik çalışmalar yakıt tüketiminin azaltılması, taşıma

kapasitesinin artırılması, uçak performans ve manevra kabiliyetini iyileştirilmesi etkileri olacağı öngörülmektedir.

IATA (2019) tarafından yayınlanan yol haritasına göre, firmaların ve araştırma merkezlerinin yapmış olduğu yeni nesil kanat çalışmaları en erken 2035 yılında sonlanacağı belirtilmektedir. Bu sayede gökyüzünde yeni nesil kanatlara sahip, yüksek mach değerlerine ulaşabilen, hafif, az yakıt tüketen, çok yolcu ve yük taşıyan uçaklar görülebilecektir.

## 5. KAYNAKÇA

Airbus (2019). The albatross is inspiring tomorrow's aircraft Wings. <https://www.airbus.com/en/newsroom/stories/2019-07-the-albatross-is-inspiring-tomorrows-aircraft-wings#:~:text=The%20albatross%20sea%20bird%20can,albatross%20enjoys%20a%20legendary%20status.> , erişim tarihi: 06.03.2023. ,

Airbus. (2019). How the albatross is inspiring next generation of aircraft Wings. <https://www.airbus.com/en/newsroom/press-releases/2019-06-how-the-albatross-is-inspiring-next-generation-of-aircraft-wings>, erişim tarihi: 06.03.2023.

Ajaj, R., M., Jankee, G., K. (2018). The Transformer aircraft: A multimission unmanned aerial vehicle capable of symmetric and asymmetric span morphing. *Aerospace Science and Technology*, 76, 512-522.

Anderson, Jr., D. (2016). Uçuşa Başlangıç (Çev. A. Yükselen). Nobel Akademik Yayıncılık, s.1-68, İstanbul.

Arsenyeva, A., Duddcek, F. (2015). Efficient and Adaptive Parametric Modeling For Shape Optimization of a Wingbox. Young Investigators Conference 2015, 1-5. Aachen, Almanya.

Bachmann, J.i Hidalgo, C., Bricout, S. (2017). Environmental analysis of innovative sustainable composites with potential use in aviation sector—A life cycle assessment review. *Science China Technological Sciences*, 60, 9, 1301-1317.

Banke, J. (2016). NASA Takes Next Step in Green Aviation X-planes Plans. <https://www.nasa.gov/aero/nasa-green-aviation-x-planes>, erişim tarihi: 07.03.2023.

Bernard, B. (2013). Leonardo Da Vinci's Human Powered Helicopter Becomes Reality. <https://info.natacs.aero/blog/bid/328863/leonardo-da-vinci-s-human-powered-helicopter-becomes-reality>, erişim tarihi: 10.03.2021.

Bodell, L. (2023). 3 Years Since The 1st Flight: What's Happening With The Boeing 777X?. <https://simpleflying.com/boeing-777x-3-year-update/>, erişim tarihi: 06.03.2023.

Boeing. (2016). Blended Wing Body Back to the Tunnel. <http://www.boeing.com/features/2016/09/blended-wing-body-09-16.page>, erişim tarihi: 07.03.2023.

Budarapu, P., R., Sudhir, S., Y., B., Natarajan, R. (2016). Design Concepts of an Aircraft Wing: Composite and Morphing Airfoil with Auxetic Structures. *Frontiers of Structural and Civil Engineering*, 10, 394-408.

Collins, J., M., McLarty, D. (2020). All-Electric Commercial Aviation With Solid Oxide Fuel Cell-Gas Turbine-Battery Hybrids. *Applied Energy*, 265, 1-9.

Constine, J. (2017). Wright Electric unveils its commercial electric plane business. <https://techcrunch.com/2017/03/21/wright-electric-planes/>, erişim tarihi: 07.03.2022.

Council of the European Union. (2008). Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 2003/87/EC so as to include aviation activities in the scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community - Impact Assessment of the inclusion of aviation activities in the scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community. 11498/08, 1-58, Brussels.



Duchene, E., A. (2020) Flight Without Formulae Simple Discussions on the Mechanics of the Aeroplane. Alpha Editions, pp 1-220.

Economon, D., T., Alonso, J., J., Copeland, S., Zeinali, M., Rutherford, D. (2011). Design and Optimization of Future Aircraft for Assessing the Fuel Burn Trends of Commercial Aviation. 49th AIAA Aerospace Sciences Meeting including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition, 1-20, Orlando, Florida.

European Commission. (2020). Revision of the EU Emission Trading System Directive 2003/87/EC Concerning Aviation. (2020)3515933, 1-7.

European Commission. (2021). Reducing emissions from aviation. [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport-emissions/reducing-emissions-aviation\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/transport-emissions/reducing-emissions-aviation_en), erişim tarihi: 26.05.2023.

Felder L. J. (2014). NASA N3-X with Turboelectric Distributed Propulsion. NASA Glenn Research Center, 1-18 Cleveland, OH United States.

Felder, L., J. (2015). NASA Electric Propulsion System Studies. NASA Glenn Research Center, Cleveland, OH United States.

Gill, H., T. (2022). What it's like inside Boeing's new 777x. <https://edition.cnn.com/travel/article/inside-boeing-new-777x/index.html>, erişim tarihi: 06.03.2022.

Gipson, L. (2013). Hybrid Wing Body Goes Hybrid. <https://www.nasa.gov/content/hybrid-wing-body-goes-hybrid>, erişim tarihi: 07.03.2023.

Gipson, L. (2018) New NASA X-Plane Construction Begins Now. <https://www.nasa.gov/lowboom/new-nasa-x-plane-construction-begins-now>, erişim tarihi: 07.03.2022.

Harrington, J., D., Williams L. (2015). NASA Successfully Tests Shape-Changing Wing for Next Generation Aviation. <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-successfully-tests-shape-changing-wing-for-next-generation-aviation>, erişim tarihi: 07.03.2023.

Hileman, J., I., Spakovszky, Z., S., Drela, M., Sargeant, M., A., Jones, A. (2010). Airframe Design for Silent Fuel-Efficient Aircraft. Journal of Aircraft, 47, 3, 956-969.

Holly, E., Darron, D., Zia, W. (2015). Optimisation of Aircraft Cost Indices to Reduce Fuel Use. Transportation Research Board 94th Annual Meeting, 1-12, Washington DC.

Hornung, M., Işıkveren, T., A., Cole, M., Sizmann, A. (2013). Ce-Liner Case Study for eMobility in Air Transportation. Aviation Technology, Integration, and Operations Conference, 1-11, Münih, Almanya.

Howard, C., E. (2019). Boeing and NASA unveil lightweight, ultra-thin, more aerodynamic Transonic Truss-Braced Wing concept. <https://www.sae.org/news/2019/01/boeing-and-nasa-unveil-lightweight-ultra-thin-more-aerodynamic-transonic-truss-braced-wing-concept>, erişim tarihi: 07.03.2023.

IATA. (2019). Aircraft Technology Roadmap to 2050. 21-35.

IATA. (2019). Technology Roadmap for Environmental Improvement. 1-2.

Jemitola, P., O., Fielding, J., P. (2012). Box Wing Aircraft Conceptual Design. 28th International Congress of the Aeronautical Sciences, 1-10.

Kaçar, M. (1998). Hezarfen Ahmed Çelebi. Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi, 17,297.

Kaya, N., Çiftçi, E., Gürkaş, O., Yudar, S., Aksu, B., M., Ada, M., Erçel, S., F., Karagöz, S., Çetin, T. (2019) "Hava Taşıt Kanatlarında Topoloji ve Boyut Optimizasyonu ile Ağırlık Azaltımı", TUSAŞ Genç Mühendisler Semineri, 23-25, Ankara, 2019.

Kesarwani, S. (2017). Polymer Composites in Aviation Sector A Brief Review Article. International Journal of Engineering Research & Technology, 6, 6, 518-525.

Keskin, G., Kuşhan, M. C. (2020). Biyomimetik, Kuşlar ve Planörler. Makina, 164, 11-12.

- Kılıç, H. (1993). Cevheri İsmail B. Hammad. Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi, 7, 459.
- Kırbyık, K. (1988). Abbas B. Firnas. Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi, 1, 24.
- Koşagız, A. (2018). İlk uçan insan kimdi?. <http://www.kokpit.aero/ilk-ucan-insan?writer=25>, erişim tarihi: 07.04.2020.
- Kretov, A., Tiniakov, D. (2022). Evaluation of Mass and Aerodynamic Efficiency of A High Aspect Ratio Wing for Prospective Passenger Aircraft. *Aerospace*, 9, 497, 1-17.
- Kumar, A., R., Blakrishnan, S., R., Balaji, S. (2013). Design of An Aircraft Wing Structure For Static Analysis and Fatigue Life Prediction. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 2, 5, 1154-1158.
- Kumar K, Sharma N., Raj T. (2015). Applications of Nickel-Titanium Alloy. *Journal of Engineering and Technology*, 5, 1, 1-7.
- Kuntawala, N., B., Hicken, J., E., Zingg, D., W. (2011). Preliminary Aerodynamic Shape Optimization of A Blended-Wing Body Aircraft Configuration. 49th AIAA Aerospace Sciences Meeting including the New Horizons Forum and Aerospace Exposition, 1-15.
- Kuşhan, C., M., Arslanoğlu, B., Şahin, E. (2019). Yeni Nesil Uçak Kanatları. *Makina*, 17-18, 156, Eskişehir.
- Lisitsin, O. (2020). From Ailerons to Flaps: The Main Stages of Design of An Aircraft Wing. <https://engre.co/blogs/articles/from-ailerons-to-flaps-the-main-stages-of-design-of-an-aircraft-wing/> , erişim tarihi: 25.07.2023
- Livne, E., Nelson, C., P. (2012). From Blank Slate to Flight Ready New Small Research UAVs in Twenty Weeks - Undergraduate Airplane Design at the University of Washington. AIAA Aerospace Sciences Meeting, 1-39, Nashville, USA.
- Loutun, M., J., T., Didane, D., H., Batcha, M., F., M., Abdullah, K. (2021). 2D CFD Simulation Study on Performance of Various NACA Airfoils. *CFD Letters*, 13, 4, 38-50.
- Manthey, N. (2020). Wright Electric Works on Large Electric Passenger Plane. <https://www.electrive.com/2020/02/02/wright-electric-works-on-large-electric-passenger-plane/>, erişim tarihi: 07.03.2023.
- Minami, Y. (2019). Transition of Space Propulsion and Challenge to the Future -Breakthrough of Propulsion Technology. *International Journal of Civil Aviation*, 3, 1, 1-31.
- Mrazova, M. (2013). Advanced Composite Materials of The Future in Aerospace Industry. *Incas Bulletin*, 5, 3, 140-150.
- Naveen, R. (2018). Aerodynamic Analysis of C-Wing Aircraft. *Incas Bulletin*, 10 ,3 157-165.
- Norris G., Flottau, J. (2023). EASA, Boeing Agree On 777X Certification Criteria. <https://aviationweek.com/air-transport/safety-ops-regulation/easa-boeing-agree-777x-certification-criteria>, erişim tarihi: 06.03.2023.
- Nguyen N., Livne, E., Precup, N., Urnes, J., Nelson, C., Ting, E., Lebofsky, S. (2014). Experimental Investigation of a Flexible Wing with a Variable Camber Continuous Trailing Edge Flap Design. 32nd AIAA Applied Aerodynamics Conference, 1-37.
- Özel, C., Özbek, E. & Ekici, S. (2020). A REVIEW ON APPLICATIONS AND EFFECTS OF MORPHING WING TECHNOLOGY ON UAVS. *International Journal of Aviation Science and Technology*, 01 (01) , 30-40 .
- Özgen, S., Seber, G., Şahin, M., Yaman, Y., Bayram, G., Uludağ, Y., Yılmaz, A. (2008). Şekil Değiştiren Uçaklar Havacılıkta Yeni Bir Devrim Yaratabilir Mi?. *Savunma ve Havacılık*, 1-4,125.
- Parsifal. (2017). About. <https://parsifalproject.eu/> , erişim tarihi: 07.03.2023.

Parsifal. (2020). PARSIFAL Prandtlplane ARchitectural for the Sustainable Improvement of Future AirpLanes. <https://ec.europa.eu/inea/en/horizon-2020/projects/h2020-transport/aviation/parsifal>, erişim tarihi: 07.03.2023.

Patil, S., P., ve Katkhade, R., P. (2021). Design and analysis of morphing wing mechanism for unmanned aerial vehicle. *International Journal of Aerospace System Science and Engineering*, 8(2), 65-70.

Rinku, A., Ananthasuresh, G., K. (2015). Topology and Size Optimization of Modular Ribs in Aircraft Wings. *11th World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimisation*, 1-6.

Russel J. (2017). Aviation Renaissance: NASA Advances Concepts for Next-gen Aircraft. <https://www.nasa.gov/feature/aviation-renaissance-nasa-advances-concepts-for-next-gen-aircraft>, erişim tarihi: 07.03.2023.

Schuhmacher, G., Murra, I., Wang, L., Laxander, A., O'Leary, O., J., Herold, M. (2002). Multidisciplinary Design Optimization of A Regional Aircraft Wing Box. *9th AIAA/ISSMO Symposium on Multidisciplinary Analysis And Optimization*, 1-10.

Suresh, C., Ramesh, K., Paramaguru, V. (2015). Aerodynamic Performance Analysis of A Non-Planar C-Wing Using CFD. *Aerospace Science And Technology*, 40, 56-61.

Uzun, S., İsen, B., Sınmazçelik, T. (2021). Havacılıkta Şekil Değiştirebilir Teknoloji Uygulamaları. *İleri Mühendislik Çalışmalar ve Teknolojileri Dergisi*, 2, 1, 53-62.

Ünlüsoy, L., Körpe, S., D., Şahin, M., Özgen, S., Yaman, Y. (2012). Büyük Oranda Şekil Değiştirebilen Kanatların Aerodinamik Yapısal Tasarımı. *6.Savunma Teknolojileri Kongresi*, 1-8.

Wood, N. (2017). Strut Braced Wings A challenge or an opportunity?. *PADRI Workshop*, 1-19, Barcelona.

Xiaopeng, Z., Haixin, C. (2015). Conceptual Design of Self-Expanding/Folding Extremely Large Aspect Ration Wing Airplane. *7th European Conference For Aeronautics and Space Sciences*, 1-11.

## Havacılık ve Uzay Çalışmaları Dergisi Yayın İlkeleri

1. Havacılık ve Uzay Çalışmaları Dergisi, hakemli bir dergi olup yılda 2 sayı (Şubat-Ağustos) olarak yayınlanmaktadır. Makaleler Türkçe ve İngilizce gönderilir.
2. Havacılık ve Uzay Çalışmaları Dergisi'ne gönderilen yazılar, daha önce hiçbir yerde yayımlanmamış ve yayınlanmak üzere başka bir basılı/elektronik mecraaya sunulmamış olmalıdır. Dergiye sunulan ve/veya hakemlik sürecine alınan makalelerin, başka bir mecraaya yollanmış olması ve daha önce tıpkı veya benzerinin yayınlanmış olmasının tespiti halinde süreç iptal edilir.
3. Havacılık ve Uzay Çalışmaları Dergisi'ne sunulan makaleler öncelikle şekil ve içerik yönünden ön incelemeye tabi tutulmaktadır. Şekil şartlarını yerine getirmemiş olan yazarlara makalesi redaktör tarafından iade edilir. Şekil ve içerik olarak uygun bulunan makaleler hakem tayin edilmek üzere editör tarafından alan editörlerine gönderilir. Makaleler alan editörleri tarafından 2 hakeme gönderilir, gerekli görüldüğü hallerde 3. hakeme gönderim gerçekleştirilir. Makale değerlendirme ile ilgili tüm süreçler Dergipark üzerinden çevrimiçi olarak gerçekleşir.
4. Dergiye gönderilen makalelerin hakemlik sürecine girip girmeyeceği en geç 4 hafta içinde sonuçlandırılır.
5. Yazarlar unvanlarını, görev yaptıkları kurumları, haberleşme adreslerini, e-posta adreslerini ve ORCID (Open Researcher ve Contributor ID) numarasını bildirmelidir. (<http://orcid.org>)
6. Yayın Kurulu tarafından incelenen makalelere uygun bulunduğu takdirde hakemler tayin edilmektedir.
7. Hakemler'den gelen raporlar doğrultusunda, makalenin yayınlanmasına, rapor çerçevesinde yazar/lar'dan düzeltme, ek bilgi ve kısaltma istenmesine veya yayınlanmamasına karar verilmekte ve bu karar yazar/lar'a bildirilmektedir.
8. Makalelerde dile getirilen düşüncelerden yazarları sorumludur. Yazarın yargı, ifade ve düşüncelerinden dolayı dergi sorumlu tutulamaz.
9. Yazarlardan ve okuyuculardan herhangi bir ücret talep edilmez, hakemlere ve editörlere herhangi bir ücret ödenmez. Yazarlara telif ücreti ödenmez.
10. Makalelerde Türk Dil Kurumu'nun (TDK) yazım kılavuzu ve yazım kuralları örnek alınmalıdır. Detaylı bilgi için TDK'nın web sayfasına bakınız: [www.tdk.gov.tr](http://www.tdk.gov.tr). Yabancı sözcükler yerine olabildiğince Türkçe sözlükler kullanılmalıdır.
11. Dergide yayınlanması kabul edilen ve yayınlanan yazıların yazılı ve elektronik ortamda tüm yayın hakları Türk Hava Kurumu Üniversitesi'ne aittir.
12. Makale sunum ve değerlendirme süreçlerine ilişkin tüm iletişim Dergipark üzerinden gerçekleştirilir. Telefonla bilgi verilmez.

## The Publication Rules of Journal of Aviation and Space Studies-JASS

1. Journal of Aviation and Space Studies is a peer-reviewed journal that publishes biannually (February-August). The journal publishes in Turkish and English.
2. The manuscripts sent to Journal of Aviation and Space Studies should not be a previously printed/ electronically published work or under consideration/ peer review for publication elsewhere. In case a copy or a counterpart of the submitted or reviewed manuscript is detected to be submitted or published elsewhere the process is cancelled.
3. All manuscripts submitted to the journal are subject to pre-review as to form and content. Manuscripts that do not conform to the format are returned to the author by the redactors. Manuscripts found suitable as to form and content are sent to field editors by the editors to appoint the reviewers. If it is necessary, manuscripts are sent to a third reviewer (The whole process related to manuscript evaluation is established online through Dergipark).
4. Acceptance of manuscripts to the review processes will be concluded no later than 4 weeks.
5. Authors should declare their titles, institutions, contact information, email addresses and ORCID (Open Researcher and Contributor ID) (<http://orcid.org>).
6. If deemed appropriate, a reviewer is appointed to the articles that are evaluated by the editorial board.
7. Based on reports of reviewers, it is decided if the article will be published, sent to authors for correction, supplementary information and abridgement or not published in accordance with the criticisms and suggestions of reviewers. Author(s) is/are informed with the decision.
8. Author(s) is/are responsible from the opinions expressed in the articles. The journal claims no responsibility for judgements, quotations and proposed ideas of the author(s).
9. Author(s) or the reader(s) is/are not charged a fee. No payments are made to the reviewers and the editors or author(s) of the accepted manuscripts as a royalty.
10. Articles should comply with the spelling book and manuscript writing rules of The Turkish Language Association (TLA). For further information, please visit: [www.tdk.gov.tr](http://www.tdk.gov.tr). Turkish words should be preferred instead of borrowed words.
11. University of Turkish Aeronautical Association possesses the right of publication for all the accepted and published articles in print and electronic mediums.
12. About article presentation and evaluation processes author(s) is/are contacted through Dergipark (No information is given on the phone).

