



Ege Üniversitesi Yayınları  
Havacılık Meslek Yüksekokulu Yayın No: 2

## **V. Ulusal Havacılık Teknolojisi ve Uygulamaları Kongresi UHAT – 2021**

# **BİLDİRİ KİTABI**

Editörler  
**Volkan YAVAŞ**  
**Armağan MACİT**

İZMİR - 2022

**V. Ulusal Havacılık Teknolojisi ve Uygulamaları Kongresi**  
**UHAT – 2021**

# **BİLDİRİ KİTABI**

Editörler  
**Volkan YAVAŞ**  
**Armağan MACİT**

30 EYLÜL – 1 EKİM  
2021

# V. Ulusal Havacılık Teknolojisi ve Uygulamaları Kongresi UHAT-2021 BİLDİRİ KİTABI

## Editörler

Volkan YAVAŞ  
Armağan MACİT

**E-ISBN: 978-605-338-352-9**

Ege Üniversitesi Yönetim Kurulu'nun 29.12.2021 tarih ve 25/27 sayılı kararı ile yayınlanmıştır.

© Bu kitabın tüm yayın hakları Ege Üniversitesi'ne aittir. Kitabın tamamı ya da hiçbir bölümü yazarının önceden yazılı izni olmadan elektronik, optik, mekanik ya da diğer yollarla kaydedilemez, basılamaz, çoğaltılamaz. Ancak kaynak olarak gösterilebilir.

Eserin bilim, dil ve her türlü sorumluluğu yazarına/editörüne aittir.

**T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Sertifika No: 52149**

## Ege Üniversitesi Yayınları

Ege Üniversitesi Basım ve Yayınevi

Bornova -İzmir

Tel: 0 232 342 12 52

E-posta: basimveyayinevisbm@mail.ege.edu.tr

## Yayın Link

<https://basimveyayinevi.ege.edu.tr>

**Yayınlanma Tarihi: Haziran 2022**



Bu eser, Creative Commons Atıf 4.0 Uluslararası lisansı (CC BY-NC-ND) ile lisanslanmıştır. Bu lisansla eser alıntı yapmak koşuluyla paylaşılabilir. Ancak kopyalanamaz, dağıtılamaz, değiştirilemez ve ticari amaçla kullanılamaz.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International license (CC BY-NC-ND). Under this license, the text can be shared with the condition of citation. However, it cannot be copied, distributed, modified or used for commercial purposes.

## ONUR KURULU

Prof. Dr. Erhan AFYONCU  
Milli Savunma Üniversitesi Rektörü

Prof. Dr. Necdet BUDAK  
Ege Üniversitesi Rektörü

## DÖNEM BAŞKANI

Ulaş KILIÇ

## KONGRE BAŞKANLIĞI

Ulaş KILIÇ

Hasan MERT

## KONGRE SEKRETERLERİ

Cem Tahsin YÜCER

Coşkun HARMANŞAH

R. Barış YEŞİLAY

## YÜRÜTME KURULU

## DÜZENLEME KURULU

Alperen DOĞRU

Ali AYDOĞDU

Armağan MACİT

Alperen DOĞRU

Cem Tahsin YÜCER

Armağan MACİT

Coşkun HARMANŞAH

Ersin CİVAN

Ersin CİVAN

Coşkun HARMANŞAH

Hüseyin Tamer HAVA

Mümin TUTAR

Mustafa Berkant SELEK

Ömer ÇETİN

Pinar KÖYMEN ÇAĞAR

Pinar KÖYMEN ÇAĞAR

Rüstem Barış YEŞİLAY

Selami KARADUMAN

Volkan SÖZERİ

Şamil ÇAN

Volkan YAVAŞ

Rüstem Barış YEŞİLAY

Yavuz NACAĞLI

Volkan SÖZERİ

Volkan YAVAŞ

**BİLİM KURULU**

Adem KARCI	Hamdi ERCAN	Ömer ÇETİN
Ahmet Dursun ALKAN	Hasan YILDIZ	Ömer ÖZKAN
Ali Emre SARILGAN	Hasan Hüseyin BALIK	Önder ALTUNTAŞ
Ali EKŞİ	İlker YILMAZ	Önder TURAN
Ali Talip AKPINAR	İsmail Hakkı TUNCER	Özlem ATALIK
Ayşe Gül GÜNGÖR	Mehmet BEKLERGÜL	Özlem ŞAHİN
Burcu ARACIOĞLU	Mehmet Özgür SEYDİBEYOĞLU	Öznur USANMAZ
Can GÖNENLİ	Mehmet Şerif KAVSAOĞLU	Satılmış ÜRGÜN
Didem R. ŞAHİN	Mehmet YÖRÜKOĞLU	Selim TANGÖZ
Emre KIYAK	Melike NİKBAY	Serdar MENEKAY
Ercan GÜRSES	Melin ŞAHİN	Serdar SALMAN
Ersin GÖSE	Muharrem YILMAZ	Talat CANBOLAT
Faruk ARAS	Nasır ÇORUH	Tahir Hikmet KARAKOÇ
Ferhan KUYUCAK ŞENGÜR	Nurettin ACIR	Tuğrul OKTAY
Hakkı AKTAŞ	Onur ERTUĞRUL	Yavuz NACAĞLI
		Yavuz YAMAN

## İÇİNDEKİLER TABLOSU

ASKERİ UÇAK BAKIMINDA GÖRSEL İZLEME YÖNTEMİNİN BAKIM SÜRESİ VE BAKIM EKONOMİSİ ÜZERİNE ETKİLERİ .....	1
TEKNOLOJİ YOL HARİTASINDAKİ TEKNOLOJİK KAZANIMLARIN REKABET ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI.....	11
HAVA ARACI BAKIM KURULUŞLARINDA ÖRGÜT KÜLTÜRÜ İÇİNDE OLUMLU EMNİYET KÜLTÜRÜNÜN ÖNEMİ VE UYGULAMA TEKNİKLERİ .....	25
HAVACILIKTA PERÇİNLEME İŞLEMİ VE UYGULAMASI.....	65
ALÜMİNYUM BRONZLARININ DÖKÜM YÖNTEMİNE BAĞLI OLARAK MEKANİK VE MİKROYAPISAL ÖZELLİKLERİNİN DEĞİŞİMİ.....	75
NANO PARÇACIK KATKILI EPOKSİ BAZLI YAPIŞTIRICILARIN HAVACILIK UYGULAMALARINDA KULLANILMASI İÇİN MEKANİK VE TERMAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ .....	83
HAVACILIKTA AĞIZ VE DİŞ SAĞLIĞININ UÇUŞ EMNİYETİNE ETKİLERİ .....	101
HAVACILIKTA EMNİYET YÖNETİM SİSTEMİNİN ETKİNLİĞİNİN ARTIRILMASINDA DEĞİŞİM YÖNETİMİ .....	107
HAVACILIKTA GÖNÜLLÜ RAPORLAMANIN ÖNEMİ .....	111
ORTA İRTİFA BİR MODEL ROKET İÇİN KURTARMA SİSTEMİ TASARIMI VE DEĞERLENDİRMESİ.....	113
HIZ İTKİ MODU KULLANILARAK KÜÇÜK BİR MOBİL ROBOTUN TEMEL HAREKET TESTLERİNİN YERİNE GETİRİLMESİ .....	115
NANOAKIŞLI SİSTEMLERDE UYGULANMAK ÜZERE BİR NÜMERİK SÜREKLİLİK MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ .....	117
ERİMİŞ FİLAMAN İMALAT YÖNTEMİNDE ARTIK FİLAMANLARIN BİRLEŞTİRİLMESİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA .....	119



# **TAM METİN BİLDİRİLER**





# ASKERİ UÇAK BAKIMINDA GÖRSEL İZLEME YÖNTEMİNİN BAKIM SÜRESİ VE BAKIM EKONOMİSİ ÜZERİNE ETKİLERİ

*Dr. Akif TAŞKIN, Tolga TAŞKIRAN*

## ABSTRACT

Airworthiness and flight safety of an aircraft are proportional to the quality of the performed maintenance. In this respect, maintenance procedures must be upgraded with respect to the feedbacks and developing technology. In this study, performing the visual inspection methodology instead of conventional methods in military aircraft maintenance process is analyzed by considering the maintenance time and costs. For this purpose, wing maintenance process is observed both conventional and visual inspection techniques in terms of cost and time parameters. Results show that, maintenance time and costs are decreased approximately 75% and 70% by using borescope, respectively.

**Key Words:** Aircraft Maintenance, Maintenance Economy, Military Aviation, Preventive Maintenance, Visual Inspection.

## ÖZET

Hava araçlarının faaliyetlerinin devamlılığının sağlanması ve güvenliği yapılan bakımın kalitesi ile doğru orantılıdır. Bu açıdan, bakım işlemlerinin gelişen teknolojiye göre şekillendirilmesi gerekmektedir ve yapılan bakımların geri beslemelerle iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada geleneksel yöntemlerin yerine askeri uçak bakımında boroskop (görsel izleme aracı) kullanımının bakım maliyetleri ve bakım süresine olan etkileri senaryolar vasıtasıyla incelenmiştir. Bu amaçla, öncelikle askeri bir kargo uçağının kanadının geleneksel yöntemler ile yapılan gözle kontrol işlemi; maliyet ve bakım süresi açısından incelenmiştir. Daha sonra, aynı bakımın görsel izleme yöntemi kullanarak yapılması durumunda gerçekleşecek olan maliyet ve bakım süresindeki değişimler gözlemlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, askeri uçak bakımında görsel izleme yöntemi kullanımının geleneksel bakım yöntemine göre maliyet üzerinde yaklaşık %70 oranında, bakım süresinde ise yaklaşık %75 oranında iyileştirme sağladığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelime:** Askeri Havacılık, Bakım Ekonomisi, Görsel İzleme, Önleyici Bakım, Uçak Bakımı.

## 1. HAVACILIK SEKTÖRÜ

Havacılık; yolcu ve kargo taşıma, askeri havacılık ve yer hizmetleri sektörlerini içeren, günümüzde ekonomik, sosyal, lojistik ve güvenlik konularını kapsayan ve önemi her geçen gün artan bir endüstri halini almıştır. 2018 yılında 4.4 milyar yolcu 46.1 milyon uçuş ile güvenli bir şekilde seyahat etmiştir (International Air Transport Association, 2019a). 2019 yılında 10,174,828 milyon koltuk-kilometre yolcu taşıma kapasitesinin %81.9 oranıyla 8,329,776 milyon koltuk-kilometre kapasitesi kullanılmıştır. Kargo taşımacılığında ise 2019 yılında toplam 532,000 milyon ton-kilometre kapasitenin %49.3 oranıyla 262,33 milyon ton-kilometre kapasitesi kullanılmıştır (International Air Transport Association, 2019b). Covid-19 pandemisinin etkileri havacılık sektöründe diğer tüm sektörlerle oranla daha fazla görülmektedir. 2021 yılının Ocak-Temmuz döneminde kilometre başına yolcu gelirlerinde (RPKs) 2019 yılının aynı dönemine oranla %64.5 azalma meydana gelmiştir. Kargo taşımacılığında ise kilometre başına taşınan her bir ton kargo (CTKs) için 2020 Nisan ayında bir önceki yıla oranla yaklaşık %25 oranında azalma meydana gelmiştir. 2019 yılında 38.9 milyon olan uçuş sayısı 2020 yılında 16.4 milyona düşmüş ve 2020 yılında yaklaşık 1.8 milyar yolcu taşınmıştır. Pandemi nedeniyle yolcu ve kargo taşımacılığında yaşanan azalma nedeniyle 2020 yılında havayolu şirketleri yaklaşık 137.7 milyar USD zarar açıklamışlardır (International Air Transport Association, 2021).

Sektörün büyüklüğü ve kapasite artışı göze alındığında hava araçlarının faaliyet oranlarının yüksek tutulması önem kazanmış ve bakım kavramı havacılık endüstrisinde kilit rol üstlenmeye başlamıştır (Federal Aviation Administration, 2019). Havacılık sektöründe 2017 yılında bakım, onarım ve ağır bakım (MRO) işlemleri için yapılan 76 milyar dolar harcama, toplam işletme giderleri arasında %11'lik pay ile önemli bir yer almıştır (Commentary, 2018). İnsan kaynaklı hatalardan (pilot, hava trafik kontrolörü, bakım personeli vb.) meydana gelen hava olayları günümüzde %80 oranındadır ve bakım kaynaklı hatalardan meydana gelen kazalar sonucu insan hayatı ve maddi kayıplar söz konusudur. İnsan kaynaklı hataların içerisinde bakımdan meydana gelen hataların yoğunluğu uçuş güvenliği açısından yer çekiminden sonra gelen en büyük tehdit olarak nitelendirilmiş ve bakım işlemlerinin önemi vurgulanmıştır (Kelley, 2018). Bakımdan kaynaklı hatalardan dolayı meydana gelen bazı uçuş olaylarının tüm durumlara oranı ve bu durumların maddi kayıpları Tablo 1'de verilmiştir (Boeing, 2007). Bakımdan kaynaklı hatalar nedeniyle uçuş esnasında bir motorun durmasının yaklaşık 500,000 USD maddi zarara neden olduğu, her bir saat başına uçuşun ertelenmesinin uçuşa 9,000 USD maliyet getirdiği ve bir uçuşun ertelenmesinin 66,000 USD maddi zarara neden olduğu Tablo 1'den

görülmektedir. Burada, bakımdan kaynaklı hataların uçuş güvenliğinin yanında büyük oranda maddi kayıplara da neden olduğu görülmektedir.

*Tablo 1: Bakımdan Kaynaklı Hava Olayları ve Maddi Kayıplar*

Uçuş Olayı	Yüzde (%)	Maddi Kayıp
Uçuş esnasında motorun durması	20-30	500,000 \$/motor durması
Uçuşun ertelenmesi	50	9,000 \$/saat
Uçuşun iptal edilmesi	50	66,000 \$/erteleme

Hava araçlarının bakımlarında yaklaşık %80 oranında hatalar insan kaynaklı oluşmaktadır ve Transport Canada tarafından bu hatalar “Dirty Dozen” ismiyle on iki başlıkta toplanmıştır (Dupont);

- İletişim eksikliği
- Rahatlık/Rehavet
- Bilgi eksikliği
- Dikkat dağınıklığı
- Takım çalışması eksikliği
- Yorgunluk
- Kaynak eksikliği
- Baskı
- Kararlı olamama
- Stres
- Farkında olamama
- Normlar

Yukarıda belirtilen insan kaynaklı hatalar; komponentlerin yanlış montajı, yanlış malzeme montajı, elektrik bağlantı hataları, unutulmuş takımlar ve yağlama eksikliği gibi uçuşu tehlikeye atacak ve kazalara neden olacak sonuçlar doğurabilmektedir. “Dirty Dozen” insan kaynaklı tüm hatalar olmamakla birlikte “ICAO Circular 240-AN/144”de bakım işleminde gerçekleşen insan kaynaklı 300’den fazla hata da belirtilmiştir (International Civil Aviation Organization, 1993). Tüm bu insan kaynaklı hataların ve sonuçlarının önüne geçmek amacıyla bakım işlemleri dinamik olarak güncellenmekte ve geliştirilmektedir. Hava araçlarının bakım konseptinde önleyici bakım kavramı günümüzde sıklıkla kullanılan, olası arızaları önceden tespit etmeye yarayan bir yaklaşımdır ve uçuşa elverişlilik ile güvenlik açısından en uygun planlamaların yapılmasını sağlamaktadır (Verhagen, Wim, 2018).

## 2. ASKERİ UÇAK BAKIMI KONSEPTİ

Hava kuvvetleri bir ülkenin esas caydırıcı gücüdür ve diğer askeri unsurları destekleyerek koruma sağlamaktadır, bu nedenle hava kuvvetleri her zaman harekate hazır halde bulunmak zorundadır. Askeri hava araçlarının uçuşa hazır halde tutulması bakım birimleri ve askeri havacılık otoriteleri (Hava Bakım Fabrika Müdürlükleri, The Federal Aviation Administration, European Defense Agency, NATO Airworthiness Advisory Group vb.) tarafından sağlanmaktadır. Askeri uçak bakımı, üreticiler tarafından hazırlanan teknik dokümanlara (Technical Order, Aircraft Maintenance Manual, Time Compliance Technical Order vb.) göre uçağın uçuş saatine, iniş kalkış sayısına ve belirlenen takvime göre yapılan ve uçağı operasyona her daim hazır halde tutmayı hedefleyen bakımdır. Günümüzde, bakımda insan kaynaklı hataları en aza indirmeyi amaçlayan yöntemler geliştirilmiştir. Bakımda görsel izleme yönteminin kullanılması da geliştirilen bu yöntemler arasındadır. Görsel izleme araçları uçak bakımında kullanılan ve önleyici bakımda büyük rol üstlenen cihazlardır. Görsel izleme araçlarından olan boroskop, hava araçlarında; türbin ve motorlar, yanma odası, düşük ve yüksek basınç kompresörleri ve diğer mekanik aksamaların kontrollerinde kullanılmaktadır. Şekil 1'de havacılıkta kullanılan boroskop çeşitlerine örnekler verilmiştir. Boroskop kullanımı hava araçlarının bakımda kalma sürelerini (aircraft downtime) ve bakım maliyetlerini azaltarak toplam bakım maliyeti ve bakım süresinde önemli ölçüde azaltmakta ve faaliyet oranlarının artmasına katkı sağlamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, büyük gövdeli askeri uçaklarda (A400M, C130, C160, KC-135 vb.) bakım maliyetini artıran, bakım zamanını uzatan ve uçakların yerde kalış sürelerini artırarak uçakların faaliyet oranlarını düşmesine neden olan bakım işlemlerinin geleneksel bakım konsepti yerine boroskop vasıtasıyla gerçekleştirilmesi durumunda bakım maliyetleri ve bakım süresi değişimlerini gözlemlemektir.



Şekil 1: Havacılıkta Kullanılan Boroskop Çeşitleri ("JK-Series ( 7" HQ LCD )," 2019; "Vividia VC-28 Industrial Videoscope Joystick 360 Articulating Borescope with Detachable 2.8mm Diameter Insertion Tube," 2019; "X-Led Pro Digital Borescope with 2.4mm Articulating Tip, " 2019)

## **2.1. Askeri Uçak Bakımında Görsel İzleme Yöntemi**

Bu çalışmada askeri bir kargo uçağının bakımında boroskop kullanımının uçağın bakımda geçen süresi ve bakım maliyeti üzerine olan etkileri senaryolar kurgulanarak incelenmiştir. Çalışma kapsamında, görsel izleme yöntemlerinden olan boroskop'u uçağın kanat, kuyruk ve gövde kısımlarında kullanarak bakım maliyetlerinde ve bakım süresinde gerçekleşen değişimler gözlemlenmiştir.

Söküm takım esnasında bazı malzemelerin zarar görme ihtimalleri ve sökülen bölgede sealent işlemi varsa fazladan sarf malzeme kullanımı gerçekleşmektedir. Bu bölgenin göz kontrolünün görsel izleme yöntemi ile boroskop vasıtasıyla yapıldığı taktirde sağ ve adet sol taraftan birer veya bölgenin tam ortasından bir adet panel açılarak frame'ler arasında bulunan boşluklar vasıtasıyla kontrollerin yapılabilirliği, bakım süresi ve maliyeti üzerine olan etkileri görülecektir. Uçak bakım konseptinde boroskop kullanımının yaygınlaşması ile bakım tecrübelerine dayalı olarak uçak üzerinde yeni boşluklar açılıp panellere zarar vermeden kontrollerin yapılması sağlanacaktır. Yakın gelecekte görsel izleme ve diğer bakım uygulamalarının yapay zeka kullanarak otonom sistemler ile yapılması uçak bakımı konseptinde yerini alması beklenmektedir.

### **2.1.1. Senaryo-1**

Bu senaryoda uzunluğu 56 metre, kanat açıklığı 45 metre, gövde çapı 8.40 metre ve kuyruk yüksekliği 15 metre olan bir askeri kargo uçağı ele alınmıştır. Bu uçağın; her 2 ve 4 yılda bir üs seviyesi, 6 ve 12 yılda bir ise depo seviyesi bakımları yapılmasının zorunlu olduğu varsayılmıştır ve uçağın üs seviyesi ve depo seviyesi bakım periyotları, bu bakımlarda uygulanacak iş kartları sayıları ve uçağın bakımda kalma süreleri Tablo 2'de verilmiştir.

*Tablo 2: Üs ve Depo Seviyesi Bakım Konsepti Özellikleri*

	Üs Seviyesi Bakım		Depo Seviyesi Bakım	
Bakım Periyodu (yıl)	2	4	6	12
İş Kartları Sayısı	83	133	180	216
Uçağın Bakımda Kalma Süresi (hafta)	4	6	10	20

Tablo 2'de belirtilen üs bakımlarının iş kartlarının %80'i göz kontrolü, göz kontrolü olan işlerin işçilik saatlerinin %90'lık kısmı ise kapak/panel söküm-takımı olarak değerlendirilmiştir. Depo seviyesi bakımlarının %60'ı göz kontrolü,

göz kontrolü bakımların işçilik saatlerinin %90'lık kısmı kapak/panel söküm-takımı olarak değerlendirilmiştir.

2 yıllık bakımda bulunan bir iş kartını ele alındığında, bu iş kartında yapılması gerekli olan işlemler aşağıdaki verilmiştir:

İş kartı için gerekli yer destek ekipmanlarının hazırlanması; özel tool veya kaldırma ekipmanı ile kanat altı bölgesine ulaşmak için bakım sehparlarının gerekli olan bölgeye çekilmesi,

Sağ kanattaki flaplardan aileronlara doğru sıralanmış kanat altındaki 19 adet panelin macunlarının kazınması, panellerin yerinden çıkartılması için vidaların (yaklaşık 60 adet) sökülmesi ve son olarak söz konusu panellerin etiketlenerek tekrar takılmasına kadar geçecek sürede depolanacağı güvenli alana taşınması,

Sökülen bölümlerin gözle kontrolü; kavitasyon kontrolü, bölgede elektrik kablosu varsa kırılma veya bozulma tespiti ve düzeltici işlemlerin uygulanması,

Gerekli olan sarf malzemelerin hazırlanması,

Sökülen kapaklara zarar verildiyse, düzeltici işlemlerin uygulanması, kapakların tekrardan yerine takılması ve son olarak macunlama işleminin yapılması,

Macun kuruma süresi geçtikten sonra tekrar bölgenin göz kontrolünün gerçekleştirilmesi.

Yukarı açıklanan iş kartı için direk işçilik olarak 2x12 A/S (AdamxSaat) harcandığı, buna ek olarak söküm/takım işlemleri esnasında meydana gelen hasarlar için de 2 adet panelde kompozit tamiri yapıldığı ve 4500 Euro değerinde macun, temizleyici ve çözücü gibi kimyasal malzeme ile vida kullanıldığı varsayılmıştır.

Bu kapsamda; en iyi senaryoyu ile düzeltici hiçbir işleme gerek olmadığı durumda 24 A/S işçilik ve 4500 Euro değerinde malzeme harcandığı tespit edilmiştir.

### **2.1.2. Senaryo-2**

Bu senaryoda, senaryo 1'de belirtilen bakım işleminin boroskop vasıtasıyla yapıldığı, bu işlem için uçak üreticisi firma tarafından kapak ve paneller arası kamera geçişleri için boşluk ve kontrolünün yapılması gereken kısımların problemsiz durumdaki görüntülerini içeren bir doküman yayımladığını varsayılmıştır. Ayrıca, boroskopun sertifikalı personel tarafından kullanıldığı ve kullanıcının boroskop kullanımı için gerekli eğitimleri aldığı varsayılmış,

boroskop fiyatı ve kullanıcının aldığı eğitim ve sertifika maliyetleri hesaba katılmamıştır.

Dokümanda belirtilen işlem basamakları aşağıda verilmiştir:

Sağ kanatta bulunan 19 kapağın tam ortası olan 10. kapağın sökülmesi,

Göz kontrolü için kullanılacak üretici şablonlarının her bir kapak için hazırlanması,

Yüksek çözünürlüklü 360 derece hareket ettirilebilen kameranın kanala yerleştirilmesi,

Göz kontrolü sonucu çıkan problemlerin giderilmesi,

Sökülen 10. kapağın yerine takılması, macun ve diğer işlemlerin gerçekleştirilmesi.

Yukarıdaki iş kartı için direkt işçilik olarak 5 A/S harcandığı, buna ek olarak sadece 1 kapak söküldüğü için hasar oluşmamış ve 1050 Euro değerinde macun-temizleyici-çözücü gibi kimyasal malzeme ve vida kullanıldığı varsayılmıştır. Planlamaya göre sadece 1 kapak açılmış ve 1. Senaryodaki gibi hiçbir problem ile karşılaşılmadan kontrol noktalarından gerekli kontroller yapılmıştır.

### **3. SONUÇ**

Havacılık sektörü; küresel ekonomi ve güvenlik üzerinde yolcu taşımacılığı, askeri havacılık ve lojistik işlemleri ile en önemli sektörlerin başında gelmektedir. Hava araçlarının faaliyetlerinin devamlılığının sağlanması ise sektörün ekonomik, kültürel ve güvenlik açısından önemi dikkate alındığında askeri ve sivil hava araçlarında bakımı sürekli yenilenen, gelişen canlı bir kavram olarak uçuş güvenliğinin ve ekonomisinin en önemli parçası haline gelmiştir. Askeri ve sivil havacılığın maliyet kalemlerinin büyük bir kısmını ise bakım işlemleri oluşturmaktadır. Bu maliyetleri azaltmak için bakım konsept ve yöntemlerini gelişen teknolojiyi de kullanarak emniyetten taviz vermeden yenilemek gerekmektedir. Bu çalışmada, askeri uçak bakımından boroskop kullanımının ekonomik ve bakım süresi üzerine etkileri senaryolar vasıtasıyla incelenmiştir. Oluşturulan ilk senaryo konvansiyonel bakım yöntemi ile yapılan bir bakım işlemini ve olası oluşabilecek problemleri içermektedir. İkinci senaryoda ise yüksek çözünürlüklü ve 360 derece görüntü alabilen boroskop ile aynı işlemler yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda; askeri uçak bakımında boroskop kullanımının bakım süresi üzerinde yaklaşık %75 ve bakım maliyeti üzerinde %70 iyileştirme sağladığı gözlemlenmiştir.

Uçak bakımında boroskop kullanımı ile uçakların bakım süreleri kısalaacağı ve sürekli uçuşa hazır olma süresi artacağından uçuş maliyetlerinin



de azalacağı öngörülmektedir. Bu duruma ek olarak uçak üzerindeki fiziksel işlemler de azaldığından insan faktörüne dayalı arıza/kaza-kırım ihtimali azalacağı da değerlendirilmektedir. Yakın gelecekte, uçak bakımında görüntü işleme ve yapay zeka sayesinde uçak üzerindeki fiziksel işlemlerin azaltılması ve bakımlarda yapılması gereken göz kontrolü görevlerinin görüntü işleme-yapay zeka algoritması-yüksek çözünürlüklü kameralardan oluşan sistemler tarafından yapılması beklenmektedir.

Bu bildiride belirtilen konular, yazarların şahsına ait olup Milli Savunma Bakanlığı ve Türk Silahlı Kuvvetleri resmi görüşlerini yansıtmamaktadır.

### **Teşekkür**

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde sağladıkları destek ve değerli tavsiyelerinden dolayı 2'nci Hava Bakım Fabrika Müdürlüğü yönetimine teşekkür ederiz.

### **KAYNAKÇA**

- International Air Transport Association (2019a), Annual Review 2019, <https://www.iata.org/contentassets/c81222d96c9a4e0bb4ff6ced0126f0bb/iata-annual-review-2019.pdf>, [15.07.2021 tarihinde erişilmiştir].
- International Air Transport Association, (2019b), World Air Transport Statistics 2019, <https://www.iata.org/en/publications/store/world-air-transport-statistics/>, [15.10.2021 tarihinde erişilmiştir].
- International Air Transport Association, (2021), Annual Review 2021, <https://www.iata.org/contentassets/c81222d96c9a4e0bb4ff6ced0126f0bb/iata-annual-review-2021.pdf>, [15.07.2021 tarihinde erişilmiştir].
- Federal Aviation Administration (2019), FAA Aerospace Forecast 2019-2039, [https://www.faa.gov/data\\_research/aviation/aerospace\\_forecasts/media/FY2019-39\\_FAA\\_Aerospace\\_Forecast.pdf](https://www.faa.gov/data_research/aviation/aerospace_forecasts/media/FY2019-39_FAA_Aerospace_Forecast.pdf), [15.07.2021 tarihinde erişilmiştir].
- Commentary, A. M. C. E. (2018), An Exclusive Benchmark Analysis (FY2017 data) by IATA's Maintenance Cost Task Force, <https://www.iata.org/contentassets/bf8ca67c8bcd4358b3d004b0d6d0916f/mctf-fy2017-report-public.pdf>, [15.07.2021 tarihinde erişilmiştir].
- Kelley, Leon (2018), "Understanding Maintenance Caused Accidents" International Society of Air Safety Investigators, San Diego, CA August 2017.
- Boeing, (2007), Effect of Reducing Maintenance Errors, [https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr\\_2\\_07/article\\_03\\_2.html](https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_2_07/article_03_2.html), [15.07.2021 tarihinde erişilmiştir].

- Dupont, Gordon, The Dirty Dozen Errors in Maintenance, [https://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance\\_hf/library/documents/media/mx\\_faa\\_\(formerly\\_hfskyway\)/human\\_factors\\_issues/meeting\\_11/meeting11\\_7.0.pdf](https://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance_hf/library/documents/media/mx_faa_(formerly_hfskyway)/human_factors_issues/meeting_11/meeting11_7.0.pdf), [15.07.2021 tarihinde erişilmiştir].
- International Civil Aviation Organization, (1993), Circular 240-AN/144 Human Factors Digest No7 - Investigation of Human Factors in Accidents and Incidents, <https://skybrary.aero/bookshelf/books/2037.pdf>, [15.07.2021 tarihinde erişilmiştir].
- Verhagen, Wim & Boer, Lennaert. (2018), "Predictive Maintenance for Aircraft Components using Proportional Hazard Models", Journal of Industrial Information Integration, Vol.12, pp.23-30.
- JK Series 7" Professional Video Borescope Camera 3600, (2019), <http://ometop.com.tw/web/Home/ProductDetail?key=561190696857&productId=27108>, [12.10.2020 tarihinde erişilmiştir].
- Vividia VC-28 Industrial Videoscope Joystick 360 Articulating Borescope with Detachable 2.8mm Diameter Insertion Tube, (2019), [https://www.oasisscientific.com/store/p431/Vividia\\_VC-28\\_Industrial\\_Videoscope\\_Joystick\\_360\\_Articulating\\_Borescope\\_with\\_Detachable\\_2.8mm\\_Diameter\\_Insertion\\_Tube\\_.html](https://www.oasisscientific.com/store/p431/Vividia_VC-28_Industrial_Videoscope_Joystick_360_Articulating_Borescope_with_Detachable_2.8mm_Diameter_Insertion_Tube_.html), [12.10.2020 tarihinde erişilmiştir].
- X-Led Pro Digital Borescope with 2.4mm Articulating Tip, (2019), <https://www.fiberscope.net/borescope-digital-x-led.html>, [12.10.2020 tarihinde erişilmiştir].



# TEKNOLOJİ YOL HARİTASINDAKİ TEKNOLOJİK KAZANIMLARIN REKABET ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Arda Peker, Haydar Can Coşkun, Kevser Sinem Şimşek Türeli

## ABSTRACT

Innovative companies achieve value-added outputs by commercializing their research and development results and thus make a difference in the industry. These Innovative developments make technological achievements more valuable and increase the competitive environment between institutions. A company gains an advantage over its competitors in its industry by acquiring a feature and developing a product that allows it to perform better. In this study, the Analytical Hierarchy Process (AHP) method in the defense industry defines how the company will add value to the final product in terms of accurate planning of technological achievements and gaining competitive advantage. Thus, with this method, the relative order of importance such as important/very important/critical can be determined among the alternatives and the most suitable alternative to the criteria can be selected.

**Key Words:** Analytical Hierarchy Process, Technology Roadmap, Technology Intelligence, Competitive Advantage.

## ÖZET

Teknolojik gelişmeleri yakından takip ederek ürünlerine entegre eden, inovatif çözümleriyle teknolojiye yön veren ve kritik teknolojilere sahip olan bir şirket olabilmek, sürdürülebilir finansal başarı açısından çok önemlidir. Yenilikçi şirketler, araştırma ve geliştirme sonuçlarını ticarileştirerek sektörde fark yaratmakta ve katma değerli çıktılar oluşturmaktadır. Bu durum teknolojik kazanımları her zamankinden daha değerli kılarken, kurumlar arasında da her geçen gün daha rekabetçi bir ortam oluşmasına neden olmaktadır. Bir şirketin rakiplerinden daha iyi performans göstermesine olanak sağlayan bir nitelik veya özellik kazanması ya da bunu mümkün kılan bir ürün geliştirmesi ile o şirketin sektöründe rekabet avantajı elde ettiğini söyleyebiliriz. Mevcut veya potansiyel rekabet ortamında önde olma yeteneği, kurumların pazarda kendini doğru konumlandırabilmesine olanak sağlamaktadır. Bu çalışmada savunma sanayii özelinde, teknolojik kazanımların doğru planlanabilmesi için, rekabet avantajı açısından son ürüne katacağı değer Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) kullanılarak tanımlanmıştır. AHP, karşılaştırmayı yapacak olan alan

uzmanlarının; tecrübelerini, tercihlerini ve öngörülerini kullanarak nicel ya da nitel, birbirinden bağımsız değişkenlerin basitleştirilerek değerlendirilmesini sağlayan çok kriterli bir karar verme yöntemidir. Bu yöntemde karar süreçleri; hiyerarşik bir yapının meydana getirilmesi, kriterlerin göreceli önem derecelerini gösteren ikili karşılaştırma matrislerinin hesaplanması ve matriste yer alan her bir değerın tutarlılık oranının kontrol edilmesi olmak üzere üç ana aşamadan meydana gelmektedir. Bu sayede alternatifler arasında önemli / çok önemli / kritik gibi göreceli bir önem sırasının oluşturulması ve kriterlere en uygun alternatifin seçilmesi mümkün olmaktadır.

**Anahtar Kelime:** Analitik Hiyerarşi Prosesi, Teknoloji Yol Haritası, Teknoloji İzleme, Rekabet Avantajı.

## 1. GİRİŞ

Tarihsel gelişim süreci içerisinde ilk olarak tarım alanında başlayan rekabet gücü anlayışı, 18. yy'nin sonları ve 19. yy'nin başlarında yaşanan sanayi devrimi ile birlikte sanayi alanına kaymıştır. Günümüze gelindiğinde ise, artan küreselleşme ve teknolojik yenilik hareketleri ülkeler arasındaki sınırları ortadan kaldırarak gerek firma ve endüstri gerekse de ülke bazındaki rekabeti hiç olmadığı kadar artırmıştır (E. Erdem, 2014). Rekabet gücünün teknolojik gelişme düzeyi ile açıklanabileceğini savunan Posner'e göre, rekabet üstünlüğünün belirleyicisi teknolojik yeniliktir (Posner, 1961). Yüksek teknoloji ihtiva eden sektörlerde faaliyet gösteren firmalar; stratejik önem taşıyan teknolojileri belirleyebilmek, bu teknolojilerin kazanımını sağlamak ve teknolojiyi takip edebilmek için Teknoloji Yol Haritası kullanırlar.

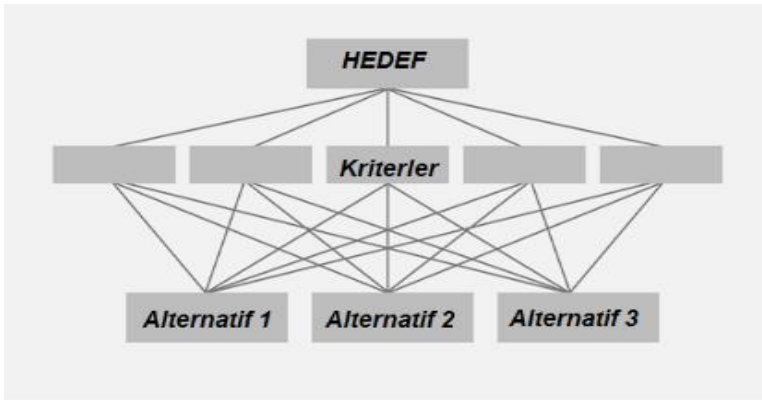
Teknoloji Yol Haritası 1970 yılında Motorola tarafından geliştirilen (R. E. Albright, 2003); (S. Lee, 2005) stratejik ve uzun dönemli planlamayı ön görmek ve takip etmek için endüstride yaygın olarak kullanılan esnek bir tekniktir (Phall, 2004). Teknolojik yol haritasının birçok biçimi vardır, ancak ana fikir pazarlar, ürünler ve teknoloji (mevcut ve potansiyel) arasındaki bağlantıların oluşturulmasıdır (D. Cetindamar, 2016). Bu teknikten yarar sağlayabilmek, Teknoloji Yol Haritasını sürekli güncellemek suretiyle canlı tutmakla mümkündür. Teknoloji Yol Haritaları, belirli bir geleceğin planlaması veya geleceğe yönelik öngörü çalışmaları amacıyla kurgulanabileceği gibi, günümüz çalışmalarına yön veren bir planlama aracı olarak da kullanılmaktadır (A. Temiz, 2017). Teknolojinin hızlı gelişmesiyle birlikte, teknoloji planlamasının rolü giderek daha önemli hale geldiğinden, bu tekniklerin ve metodolojilerin uygun şekilde kullanılması, şirketlerin verimliliğinin artırılmasına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır.

Teknoloji planlaması için; Delphi Metodu, Senaryo Analizi, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Kalite Fonksiyonu Dağıtımı (QFD) gibi teknikler ve metodolojiler kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, Havacılık Sektöründeki alan uzmanları tarafından belirlenen parametreler üzerine alınacak bilgilerle, teknolojik kazanımın rekabete etkisi değerlendirilerek, bu teknolojinin etki derecesine göre sınıflandırılması (temel, anahtar/kritik, ileri, yeni gelişen vb.) konusunda Analitik Hiyerarşi Prosesi çalışması gerçekleştirilmiştir.

## **2. ANALİTİK HİYERARŞİ PROJESİ (AHP)**

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), ilk olarak 1968 yılında Myers ve Alpert ikilisi tarafından ortaya atılmış ve 1977'de Profesör Thomas Lorie Saaty tarafından bir model olarak geliştirilerek karar verme problemlerinin çözümünde kullanılabilir hale getirilmiştir (Yaralıoğlu, 2001). AHP yöntemi, birbirinden bağımsız olan faktörlerin içinde buldukları hiyerarşik yapıda değerlendirilmesi amacıyla kullanılır (Min, 1994). Bu yapının basit bir örneği Şekil 1'de verilmiştir. Bu yöntemde, karar süreçleri arasındaki ilişki tek yönlüdür ve üç ana aşamadan meydana gelir (Y. Wind, 1980). İlk aşamada problemin çözümü için hiyerarşik bir yapı meydana getirilmesi gerekmektedir (S-H. An, 2007). Hiyerarşik yapı oluşturulduktan sonra kriterlerin göreceli önem derecelerini gösteren ikili karşılaştırma matrisi hesaplanır (Cao, 2008). Göreceli önemleri hesaplamak için Saaty'nin özvektör yöntemi kullanılır (M.S. Garcia-Cascales, 2009). Daha sonra matriste yer alan değerlerin tutarlı olup olmadıkları, tutarlılık oranı (CR) ile kontrol edilerek (Y. Chou, 2008), oran kabul edilebilir düzeyde ise alternatiflerin öncelik sıralamasına geçilir. Bu sayede en yüksek değeri elde eden alternatif seçilebilmektedir.



*Şekil 1: Analitik Hiyerarşi Prosesi Süreci*

### 3. UYGULAMA

Uygulama aşamasında karar sürecini etkileyen kriterlerin Savunma Sanayii özelinde belirlenebilmesi ve bir kriter havuzu oluşturulabilmesi için, literatür taraması ve mevcut kullanılan Teknoloji Yol Haritasında kriter analizleri gerçekleştirilmiştir.

Bu kriter havuzundaki faktörler; probleme, sektöre ve firmaya uygunluğuna göre değerlendirilerek ve uzman kişilerin görüşlerine başvurularak odak liste oluşturulmuş, hiyerarşik yapı kurulmuştur.

Hedef ve kriterler belirlendikten sonra, kriterlerin kendi aralarındaki önem derecelerinin belirlenmesi için, Havacılık Sektöründeki büyük ölçekli bir şirkete ait Pazarlama, Strateji, Pazar Analizi ve Teknoloji Yönetim uzmanlarının görüşlerine başvurulmuş ve ikili karşılaştırma karar matrisleri değerlendirilmiştir. Bu aşamada matrislerin değerlendirilmesinde Saaty tarafından önerilen özvektör yöntemi önem skalası (1-9) kullanılmıştır. Saaty'nin özvektör yöntemine ait tanımlar ve değerler Tablo 1'de açıklanmıştır (L.Saaty, 1990).

Tablo 1: Saaty'nin Özvektör Yöntemi Tanımları

Değer	Tanım	Açıklama
1	Eşit önemli	Her iki faktörün eşit öneme sahip olması durumu
3	Orta derecede önemli	Birinci faktörün ikinci faktörden önemli olması durumu
5	Kuvvetli derecede önemli	Birinci faktörün ikinci faktörden çok önemli olması durumu
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Birinci faktörün ikinci faktöre nazaran çok güçlü bir öneme sahip olması durumu
9	Kesin önemli	Birinci faktörün ikinci faktöre nazaran mutlak üstün bir öneme sahip olması durumu
2,4,6,8	Ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere, iki ardışık yargı arasındaki değerler

İkili karşılaştırma karar matrislerinin oluşturulması AHP'nin en önemli aşamasıdır. İkili karşılaştırma karar matrislerinden elde edilen bilgilere göre AHP'deki yargılar bir "Tüm Öncelikler Matrisine" dönüştürülür. Karşılaştırma matrisinin tutarlılığını kontrol etmek için bir tutarlılık indeksi (CI) ve buna bağlı olarak tutarlılık oranı (CR) oluşturulur.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad \dots(3) \quad CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad \dots(3)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad CR = \frac{CI}{RI}$$

CI: Tutarlılık indeksi, n: karşılaştırılan öge sayısı,  $\lambda_{\max}$ : Tüm öncelikler matrisinin her bir elemanı, öncelikler vektörü elamanlarına bölünerek, elde edilen yeni matris elemanlarının ortalaması, CR: Tutarlılık oranı, RI: Rastgelelik İndeksidir. Rastgelelik İndeksi karşılaştırılan öge sayısına göre değişim gösterir. Podvezko'ya ait bu değerler Tablo 2'de verilmiştir (Podvezko, 2009).

Tablo 2:Rastgelelik İndeksi

n	3	4	5	6	7	8	9
RI	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45
n	10	11	12	13	14	15	
RI	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59	

Tüm ikili karşılaştırmalar için tutarlılık oranının hesaplanması gerekmektedir. Bunun için ikili karşılaştırma matrislerinin özdeğer ve özvektörlerinden yararlanılır. CI değerinin  $\leq 0,1$  olması, karşılaştırma matrisinin kabul edilebilir bir tutarlılığa sahip olduğu anlamına gelir; aksi takdirde kararın revize edilmesi gerekir (L.Saaty, 1990).

Tüm işlem adımları gerçekleştirildiğinde, matrise soktuğumuz tüm alternatifler için toplamları 1,00 edecek bir öncelik puanı elde ederiz. Bu da bizim alternatiflerimiz arasında önemli/ çok önemli/ kritik gibi göreceli bir önem sırası oluşturmamıza ve kriterlerimize uygun, en yüksek puanlı alternatifi seçmemizi sağlar.

### 3.1. Kriterlerin Belirlenmesi

Teknoloji Yol Haritasındaki teknolojik kazanımların rekabet etkisinin araştırılması için Teknoloji Yönetimi Uzmanları ile rekabet etkisi yaratacak kriterler belirlenmiş, kriter listesi aşağıda verilmiştir.



### 3.1.1 Kriterler Listesi

Potansiyel Rakipler Tehdidi	Tedarikçilerin Pazarlık Gücü	İkame Mal Tehdidi
Müşterilerin Pazarlık Gücü	Mevcut Rakipler Arasındaki Rekabetin Şiddeti	Yatırımın Hızlı Dönüşü
Teknolojinin Şirkete Uyumu	Hükümet Politikaları	Destekleyici Endüstriler
Her Sektöre Uygulanabilirlik	Ülke Kültürünün Getirdiği Ek Komplikasyonlar	Esnek Üretim Sistemlerine Sahip olmak
Hammaddenin Bulunabilirliği	Stratejik Beceri Geliştirme Gücü	İthal İkamesi Potansiyeli
Birden fazla platform için kullanılabilirlik	Teknoloji Hazırlık Seviyesi	Yenilik
Pazar Payı	İlgili Teknoloji Alanında Fikri Hak Sahipliği	Çift Amaçlı (Askeri ve Sivil) Kullanım
İhraç Lisansı ve Kısıtlayıcı Uluslararası Düzenlemelere Tabi oluşu	İş Birliği Yapılabilecek Kuruluşların olması	Beşerî Kaynaklar (işgücü, nitelikli personel)
Altyapı		

Kaynak: (Porter, 2008), (M. Güler), (Porter, *The Competitive Advantage of Nations*, 1990), TUSAŞ Teknoloji Yol Haritası

### 3.1.2 Kriterler Grupları

Teknoloji Yol Haritasındaki teknolojik kazanımların rekabet etkisinin araştırılması için Teknoloji Yönetimi Uzmanları ile belirlenen kriterler, 6 ana kriter ve 25 alt kriter grubu altında toplanmıştır. Oluşturulan kriter grupları ana kriterler Şekil 2’de alt kriter Şekil 3, Şekil 4, Şekil 5, Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8’de olmak üzere aşağıda verilmiştir.

ANA KRİTERLER	
1	Rakipler ve Destekler
2	Üretim Faktörleri
3	Teknoloji Faktörleri
4	Dış Faktörler
5	Tedarik Faktörleri
6	Finansal Faktörler

Şekil 2: Ana Kriterler

## Teknoloji Yol Haritasındaki Teknolojik Kazanımların Rekabet Etkisinin Araştırılması



Şekil 3: Rakipler ve Destekler Alt Kriterler



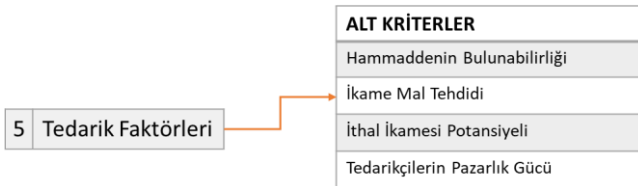
Şekil 4: Üretim Faktörleri Alt Kriterler



Şekil 5: Teknoloji Faktörleri Alt Kriterler



Şekil 6: Dış Faktörler Alt Kriterler



Şekil 7: Tedarik Faktörleri Alt Kriterler



Şekil 8: Finansal Faktörler Alt Kriterler

### 3.1.3. Test Çalışması

Teknoloji Yönetimi Uzmanları ile belirlenen kriterler daha sonra bir test formatına getirilerek, Havacılık Sektöründeki büyük ölçekli bir şirkete ait ürün gruplarında bulunan Pazarlama, Strateji, Pazar Analizi bölümleri ve Teknoloji Yönetim Müdürlüğüne ait tüm şeflikler ile paylaşılmış, oluşturulan ikili karşılaştırma matrislerinde hangi kriterin diğerinden ne kadar üstün olduğunu belirlemek amacıyla “Saaty’nin Özvektör Yöntemi Tanımları” kullanılarak seçimler gerçekleştirilmiştir.

İkili karşılaştırma esnasında test uygulanan gruplardan gelen farklı sonuçların Medyan1 'ına bakılarak karşılaştırma işlemi bu sonuca göre uygulanmıştır. Örnek Test şablonu Şekil 9’da gösterilmiştir.



Şekil 9: Uygulanan Test Şablonu

Şekilde görüleceği üzere Kriter 2'nin Kriter 1'e oranla «kuvvetli derecede önemli» olduğu düşünülüyorsa Kriter 2 tarafındaki 5'in işaretlenmesi gerekmektedir.

## 4. ANALİZ

Değerlendirme sonuçları “SuperDecisions” programı kullanılarak bir hiyerarşik düzen haline getirilip, analiz işlemleri bu program ile tamamlanmıştır.

### 4.1. Ana Kriter Analizi

Bu bölümde 6 ana kriter karşılaştırılmış ve karşılaştırmanın tutarlılık indeksi (CI) = 0,01574 olarak hesaplanmış olup, değer  $\leq 0,1$  olduğu için karşılaştırma matrisinin kabul edilebilir bir tutarlılığa sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan analiz sonucunda 6 kriter arasındaki değer ağırlık durumu Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3: Ana Kriter Ağırlık Oranları

1	Teknoloji Faktörleri	0,40953
2	Üretim Faktörleri	0,27913
3	Tedarik Faktörleri	0,14623
4	Finansal Faktörler	0,08677
5	Dış Faktörler	0,04788
6	Rakipler ve Destekler	0,03046

#### 4.2. Alt Kriter Analizi

Bu bölümde 25 alt kriter karşılaştırılmıştır.

##### 4.2.1. Rakipler ve Destekler Alt Kriter Analizi

Bu bölümde 4 alt kriter karşılaştırılmış ve karşılaştırmanın tutarlılık indeksi (CI) = 0,01811 olarak hesaplanmış olup, değer  $\leq 0,1$  olduğu için karşılaştırma matrisinin kabul edilebilir bir tutarlılığa sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan analiz sonucunda 4 kriter arasındaki değer ağırlık durumu Tablo 4'te gösterilmiştir.

Tablo 4: Rakipler ve Destekler Ağırlık Oranları

1	Mevcut Rakipler Arasındaki Rekabetin Şiddeti	0,49184
2	Potansiyel Rakipler Tehdidi	0,30557
3	Destekleyici Endüstriler	0,12479
4	İş Birliği Yapılabilecek Kuruluşların olması	0,07780

##### 4.2.2. Üretim Faktörleri Alt Kriter Analizi

Bu bölümde 6 alt kriter karşılaştırılmış ve karşılaştırmanın tutarlılık indeksi (CI) = 0,02038 olarak hesaplanmış olup, değer  $\leq 0,1$  olduğu için karşılaştırma matrisinin kabul edilebilir bir tutarlılığa sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan analiz sonucunda 6 kriter arasındaki değer ağırlık durumu Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5: Üretim Faktörleri Alt Kriter Ağırlık Oranları

1	Altyapı	0,37869
2	Beşerî Kaynaklar (işgücü, nitelikli personel)	0,22820
3	Her Sektöre Uygulanabilirlik	0,13512
4	Birden fazla platform için kullanılabilirlik	0,13289
5	Esnek Üretim Sistemlerine Sahip olmak	0,06938
6	Stratejik Beceri Geliştirme Gücü	0,05573

#### 4.2.3. Teknoloji Faktörleri Alt Kriter Analizi

Bu bölümde 5 alt kriter karşılaştırılmış ve karşılaştırmanın tutarlılık indeksi (CI) = 0,02521 olarak hesaplanmış olup, değer  $\leq 0,1$  olduğu için karşılaştırma matrisinin kabul edilebilir bir tutarlılığa sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan analiz sonucunda 5 kriter arasındaki değer ağırlık durumu Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6: Teknoloji Faktörleri Alt Kriter Ağırlık Oranları

1	İlgili Teknoloji Alanında Fikri Hak Sahipliği	0,54932
2	Teknolojinin Şirkete Uyumu	0,19278
3	Teknoloji Hazırlık Seviyesi (THS)	0,11812
4	Yenilik	0,08088
5	Çift Amaçlı (Askeri ve Sivil) Kullanım	0,05890

#### 4.2.4. Dış Faktörler Alt Kriter Analizi:

Bu bölümde 3 alt kriter karşılaştırılmış ve karşılaştırmanın tutarlılık indeksi (CI) = 0,01759 olarak hesaplanmış olup, değer  $\leq 0,1$  olduğu için karşılaştırma matrisinin kabul edilebilir bir tutarlılığa sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan analiz sonucunda 3 kriter arasındaki değer ağırlık durumu Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7: Dış Faktörler Alt Kriter Ağırlık Oranları

1	İhraç Lisansı ve Kısıtlayıcı Uluslararası Düzenlemelere Tabi oluşu	0,55842
2	Ülke Kültürünün Getirdiği Ek Komplikasyonlar	0,31962
3	Hükümet Politikaları	0,12196

#### 4.2.5. Tedarik Faktörleri Alt Kriter Analizi:

Bu bölümde 4 alt kriter karşılaştırılmış ve karşılaştırmanın tutarlılık indeksi (CI) = 0,04544 olarak hesaplanmış olup, değer  $\leq 0,1$  olduğu için karşılaştırma matrisinin kabul edilebilir bir tutarlılığa sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan analiz sonucunda 4 kriter arasındaki değer ağırlık durumu Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 8: Tedarik Faktörleri Alt Kriter Ağırlık Oranları

1	İthal İkamesi Potansiyeli	0,58253
2	Hammaddenin Bulunabilirliği	0,27461
3	İkame Mal Tehdidi	0,09709
4	Tedarikçilerin Pazarlık Gücü	0,04577

#### 4.2.6. Finansal Faktörler Alt Kriter Analizi:

Bu bölümde 3 alt kriter karşılaştırılmış ve karşılaştırmanın tutarlılık indeksi (CI) = 0,02795 olarak hesaplanmış olup, değer  $\leq 0,1$  olduğu için karşılaştırma matrisinin kabul edilebilir bir tutarlılığa sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Yapılan analiz sonucunda 3 kriter arasındaki değer ağırlık durumu Tablo 9'da gösterilmiştir.

Tablo 9: Finansal Faktörler Alt Kriter Ağırlık Oranları

1	Pazar Payı	0,57690
2	Yatırımın Hızlı Dönüşü	0,34200
3	Müşterilerin Pazarlık Gücü	0,08110

### 5. SONUÇ

Bu çalışma ile Savunma Sanayi özelinde teknoloji kazanımının rekabet etkisi açısından son ürüne (platforma) katacağı değer üzerine, AHP yöntemi kullanılarak bir metodolojinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Havacılık Sektöründeki farklı alan uzmanları ile gerçekleştirilen anket çalışması ile önem derecesine göre puanlanan kriterler, karşılaştırma matrislerinde değerlendirilerek, alternatiflerimiz arasında göreceli bir önem sırası oluşturmamız sağlanmış, bu sayede bir teknolojik kazanım için kriterlerimize en uygun alternatifi seçmemize yardımcı olan bir sistem oluşturulmuştur. AHP yöntemi kullanılarak 6 ana kriter ve 25 alt kriter grubu altında toplanan teknolojiler "SuperDecision" programında değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ana başlıkların sıralaması Tablo 3'te de verilmiştir.

Gerçekleştirilen analize göre En önemli üç ana kriter “Teknoloji Faktörleri”, “Üretim Faktörleri” ve “Tedarik Faktörleri” olarak sıralanmıştır. Her ana başlık için en yüksek değere sahip kriter Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10: Ana Başlıklar için En Yüksek Değere Sahip Kriterler

Rakipler ve Destekler	Mevcut Rakipler Arasındaki Rekabetin Şiddeti
Finansal Faktörler	Pazar Payı
Tedarik Faktörleri	İthal İkamesi Potansiyeli
Üretim Faktörleri	Altyapı
Teknoloji Faktörleri	İlgili Teknoloji Alanında Fikri Hak Sahipliği
Dış Faktörler	İhraç Lisansı ve Kısıtlayıcı Uluslararası Düzenlemelere Tabi oluşu

Küresel ölçekte rekabet gücüne sahip olmanın en temel koşulu; özellikle Savunma Sanayiinde, yüksek teknoloji üretebilmek ve bu üretimi kısıtlayıcı düzenlemelere tabi olmadan gerçekleştirebilmekten geçmektedir. Bu çerçevede bakıldığında değerlendiriciler tarafından elde edilen sonucun yani; “Teknoloji Faktörleri”, “Üretim Faktörleri” ve bu iki ana alanı destekleyen “Tedarik Faktörleri”nin diğer kriterlerden daha önemli görülmüş olmasının, yapılan öngörü ile paralel olduğunu söylemek mümkündür. Yine alt kriterler özelinde de sonuçlar değerlendirildiğinde değerlendiriciler tarafından en önemli görülen başlıkların teknoloji sahipliği ve üretimde karşımıza çıkabilecek riskler üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Programdan elde edilen sonuçlar ve Teknoloji Yol Haritasındaki mevcut konular bazında geçmiş tecrübeler göz önünde bulundurulduğunda elde edilen metodolojinin tutarlı olduğu değerlendirilmiştir. Bu sayede mevcut yol haritasındaki teknolojik kazanımlar için AHP yöntemi kullanılarak önemli/çok önemli/kritik gibi göreceli bir önem sırasının oluşturulması ve kriterlere en uygun alternatifin seçilebilmesinin mümkün olacağı sonucuna varılmıştır.

## KAYNAKÇA

- A.Temiz. (2017). Havacılık ve Uzay Sanayinde Teknoloji Yol Haritası ve Kazanım Planı Hazırlama Yöntemi: TUSAŞ Örneği.
- Cao, D. (2008). Modifying Inconsistent Comparison Matrix in Analytic Hierarchy Process: A Heuristic Approach. In Decision Support Systems (pp. 944-953).
- D. Cetindamar, R. P. (2016). Technology Management Activities and Tools.

- E. Erdem, A. K. (2014). Teknolojik Değişim ve Rekabet Gücü İlişkisi: Türkiye Üzerine Bir Uygulama. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*.
- L.Saaty. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 9-26.
- M. Güler, İ. G. (n.d.). Üretim Süreçlerinde Kullanılan Teknoloji İçin Seçim Kriterleri ve Süreçlerin Yeniden Yapılandırılmasında Simülasyon Uygulanması. 2010: Ege Akademik Bakış.
- M.S. Garcia-Cascales, M. L. (2009). Selection Of A Cleaning System For Engine Maintenance Based On The Analytic Hierarchy Process. *Computers & Industrial Engineering*, 1442-1451.
- Min, H. (1994). Location Analysis of International Consolidation Terminal Using the AHP. *Journal of Business Logistics*, 25-44.
- Phall, R. F. (2004). Technology roadmapping-A planning framework for evolution and revolution. *Technological Forecasting and Social Change*, 5-26.
- Podvezko, V. (2009). Application of AHP technique. *Journal of Business Economics and Management*, 181-189.
- Porter, M. E. (1990). *The Competitive Advantage of Nations*. Free Press.
- Porter, M. E. (2008). *The Five Competitive Forces That Shape Strategy*.
- Posner, M. V. (1961). International Trade and Technical Change. *Oxford Economic Papers*, 323-341.
- R. E. Albright, T. K. (2003). A roadmapping in the Research. *Technology Management*, 31-40.
- S. Lee, Y. P. (2005). Customization of technology roadmaps according to roadmapping purposes: overall process and detailed modules. In *Technological Forecasting and Social Change* (pp. 567-583).
- S-H. An, G.-H. K. (2007). A Case-Based Reasoning Cost Estimating Model Using Experience By Analytic Hierarchy Process. In *Building And Environment* (pp. 2573-2579).
- Y. Chou, Y.-Y. H. (2008). Human Resources For Science And Technology: Analyzing Competitiveness Using The Analytic Hierarchy Process. *Technology in Society*, 141-153.
- Y. Wind, T. S. (1980). Marketing Applications of The Analytic Hierarchy Process. In *Management Science* (pp. 641-658).
- Yaralıoğlu, K. (2001). Performans Değerlendirmede Analitik Hiyerarşi Prosesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 129-142.





# HAVA ARACI BAKIM KURULUŞLARINDA ÖRGÜT KÜLTÜRÜ İÇİNDE OLUMLU EMNİYET KÜLTÜRÜNÜN ÖNEMİ VE UYGULAMA TEKNİKLERİ

*Alper EROL*

## **GİRİŞ**

Teknolojik dönüşümün çok hızlı ve akıl almaz bir şekilde gerçekleştiği havacılık sektöründe günümüzde insanlı platformlar yerlerini artan bir ivmeyle insansız hava araçlarına bırakmaktadırlar. Amerikan savunma bakanlığında görev yapan bir yetkilinin yaptığı açıklamada 2030 yılında sahip oldukları uçar platformların yaklaşık %70'nin insansız olacağını belirtti. Havacılık sektörü teknik ve teknik olduğu kadar da karmaşık bir hizmetler bütünüdür (Küçükönel ve Korul, 2002:68). Ülkeler arasındaki silahlanma yarışının askeri amaçlı hava araçlarında meydana gelen gelişmeyi hızlandırmasıyla beraber, sivil amaçlı uçak üreten ticari firmalar arasına yeni firmaların ve/veya ülkelerin üretici olarak pazara girmek için mücadele vermesi nedeniyle tasarım ve test işlemleri için ihtiyaç duyulan sürelerle ulaşamadığını meydana gelen kazalarda görülmektedir. Boeing gibi dünyanın en büyük ticari hava aracı üreticisinin yeni geliştirdiği iki adet 737-MAX-8 uçağının yazılım hatası sonucu yakın zamanda birbiri ardına düştüğü bu durumu açığa çıkarmıştır. Yeni sistemlerin tamamının tasarımında baskın ve etkin olan yüksek seviyeli teknolojiler, bu sistemlerin performans özellikleri, kaza olasılıkları ve kaza kırım sahaları hakkında önceden fikir yürütülmesini ve tahminlerin yapılabilmesini zorlaştırmaktadır (Başak ve Gülen, 2008:56).

Uçar platformların geliştirilmesi için oluşturulan yüksek bütçelerin ve gösterilen üstün mühendislik, tasarım ve pazarlama çabalarının aynı uçar platformların bakım ve idamesinin gerçekleştirilmesi için gereken işlemlerde bakım personeline daha az zarar veren bakım yöntemlerin seçilmesi, çalışana dost tasarımların gerçekleştirilmesi ve zararsız kimyasalların kullanılmasında gösterilmediği değerlendirilmektedir.

Sadece üretici firmaların değil uçağın bakım ve idamesinin gerçekleştiren firmalarının ise ulaşılması zor ekonomik hedefler doğrultusunda belirlenen yoğun faaliyet süreçleri sonucunda çalışanları teknik emirler doğrultusunda çalışma disiplinini terk etmeye zorlamaktadır.

Bunların yanında örgütsel kültürün bileşenleri arasında emniyet kültürüne yer verilmemesi veya verilmiş gibi davranılması eklendiğinde bakım süreçlerini gerçekleştiren personelin beklenen niteliklerden ve profesyonellikten uzak

çalışmalarını yönetim kademesinin ise bu gerekliliklere sahip olmadığı gibi yönetimleri altında bulduklarını çalışanlarından emniyet disiplini altında çalışmalarını teşvik edildiğini hatta zorlandığını bilinmektedir.

Havacılık yazınında meydana gelen yer kazalarının tekrarlanmaması için örgütsel kültürde mutlaka olumlu emniyet kültürüne yer verilmesi gerektiği yaygın olarak kabul görmüştür. Emniyet kültürü, örgüt kültürünü meydana getiren önemli bileşenlerinden biridir. Sharon Clarke'ın benzer nitelendirmesine göre emniyet kültürü, özellikle sağlık ve güvenlik sorunlarına ilişkin değer ve inançların yansıttığı örgüt kültürünün bir alt oluşumudur (Demirbilek, 2005).

## 2. ÖRGÜT KÜLTÜRÜ

Uçak bakım işletmelerinde emniyet kültürünün yerini örgüt kültürünün bileşenlerinden biri olarak görmenin örgütsel hedeflerin belirlenmesinde önemli olacağı değerlendirilmektedir. Zira emniyet kültürünü benimseyemeyen örgütler yapılan iç değerlendirmelerde kendilerini yeter veya başarılı olarak görseler de yerel ya da küresel anlamda rekabet edebilmenin yanında başarı olarak gördükleri değerlerin oldukça yetersiz olduğu gerçeğiyle karşı karşıya kalacaklardır. Bu nedenle örgüt kültürünü anlamının emniyet kültürünü incelemenin öncesinde zorunlu olarak görülmektedir.

Her bireyin kendine özgün bir kişiliği olduğu gibi, her örgütün de kendine has onu diğer örgütlerden ayıran bir kişiliği mevcuttur. Örgütün farklı karakteristik ve yapıları bu kültürü belirgin kılar ve onu diğerlerinden ayırır. Bu karakteristikler doğrudan ya da dolaylı olarak kültürün bir parçası olan örgütün üretkenliğini ve örgüt içinde çalışanların moralini etkiler. (Köse Tetik ve Ercan,2001:228) Örgüt kültürü kavramı, kurum kültürü, şirket kültürü ya da işletme kültürü ile eşanlamlıdır. Örgüt kültürü konusunda araştırma yapan farklı yazarlar da örgüt kültürünü farklı yönlerden ele almalar ve farklı tanımlar yapmışlardır. Sözelimi Stephan P. Roddins örgüt kültürünün ne olduğunu tanımlayamam fakat gördüğüm zaman ne olduğunu anlarım demektedir.(Özkalp,1999:438) Aktaran (Köse Tetik ve Ercan,2001:228)

Örgüt kültürü, farklı disiplinlerden kavramlar, perspektifler, modeller ve yöntemler alıp kullanan, birden fazla bilim dalıyla ilgili olan bir araştırma alanıdır. Bu bağlamda farklı disiplinlerin ortak konusu olan örgüt kültürü kavramının tanımı da çeşitlidir (Can, Aşan ve Aydın, 2006:476). Aşağıda bu konuda yapılan tanımların bazıları sıralanmıştır: “Burada işler nasıl yapılır?” sorusunu temsil etmektedir (Cameron ve Quinn,2006: 16; Lumpkin, 2014: 3). Bu tanım, işletmenin çalışma biçiminden ücret biçimine, çalışanlar arasındaki ilişkilerden, iş görenlerine karşı olan tavırlarına kadar birçok olguyu içermektedir (Martin, 2002: 58). Deal ve Kennedy (2000) örgütsel kültürü; örgütte yapılan her şeyin yapılış biçimi olarak tanımlayıp, örgüt kültürünün özünü değerlerin meydana

getirdiğini belirtir. Koşut bir tanımlamayla; örgüt kültürü; genel olarak belirlenmiş (kanıksanmış) değerler setidir. Örgüt, çalışanlarına hangi davranışların kabul edilir, hangilerinin kabul edilemez olduğunu öğretir (Moorhead ve Griffin, 1989: 7; Alvesson, 2002: 3). Bu bağlamda örgüt kültürü, örgüt içindeki kişileri yönlendiren kolektif normların bir seti olarak düşünülebilir (Derin, 2008: 126). Örgüt kültürü; örgüt üyelerinin paylaştığı değerler, inançlar ve temel varsayımlar bütünüdür (Prajogo ve McDermott, 2011: 712; Gibson, Ivancevich veDonnelly, 1982: 5; Eren, 2001:136). Bu paylaşılan inanç ve beklentiler, ürün ve hizmetleri, iletişim ve diğer sözlü ifadeleri, davranış ve duyguları oluşturur (Hellriegel,Slocum ve Woodman,1986: 532; McDermott ve Stock, 1998: 52; Reigle, 2003: 24). Örgüt kültürünün, örgütü diğer örgütlerden ayırt eden üyeler tarafından paylaşılan anlamlar sistemini ifade ettiği konusunda bir fikir birliği olduğu görülmektedir (Robbins, 2001: 512; Jerome, 2013: 72; Florentina ve Maxim,2012: 371; Prajogo ve McDermott, 2011: 712; Gordon, 1992: 30). (Aktaran Gün, G., Derin, N. 2017)

İşyerinde güvenli davranışların geliştirilebilmesi için sözlü talimatlar, eğitim ve uyarı işaretleri gibi araç ve aktiviteler kullanılmalı, ramak kala olaylar bildirilmeli, raporlama kültürü yaygınlaştırılmalı ve bu kültürün oluşturulabilmesinin sürekli bir çaba ve özveri gerektiren uzun dönemli bir strateji olduğu unutulmamalıdır. Örgütler, gerçekçi ve ulaşılabilir amaçlar belirlemeli, buna karşılık güvenlik performansı ile ilgili bir ölçme ve değerlendirme metoduna da sahip olmalıdır. Sadece meydana gelen kazaların değil, ramak kala olayların bile kayıt altına alınması gerekliliği tüm çalışanlara net bir şekilde açıklanmalıdır (Demirbilek, 2005).

Farklı tanımların birleştiği noktalar şöyle sıralanabilir;

Örgüt kültürü, örgüt üyelerinin paylaştığı değerlerdir,

Örgüt kültürü, örgütteki iş yapma ve yürütme biçimidir,

Örgüt kültürü örgütlere kişilik kazandırarak bir örgütü diğerinden ayırır,

Örgüt kültürü baskın ve paylaşılan değerlerden oluşan, çalışanlara sembolik anlamlara yansıyan, örgüt içinde anlatılan hikâyeler, inançlar ve sloganlardan oluşan bir yapıdır.

Örgüt kültürü örgütsel başarıya doğrudan etkiler,

Üst yönetim ve liderlerin örgüt kültürü üzerinde önemli etkileri vardır.

Tüm bu tanım ve açıklamaların ortak özelliklerine baktığımızda; örgüt içinde bireyler tarafından paylaşılan değerler mevcuttur. “Örgüt kültürünü oluşturan değerler olduğu gibi kabul edilir” ve “örgüt içinde paylaşılan değerler çalışanlar için sembolik anlamlar taşırlar” önermeleri karşımıza çıkacaktır. Yani başka bir ifadeyle; çalışanlar neyin iyi neyin kötü, hangi davranışların istenen

veya istenmeyen olduğuna ilişkin ortak değerleri paylaşırlar. Bu değerler bir “kurallar kitabında” yazılı olmayıp çalışanların kendi geliştirdikleri fikir ve inançlardan oluşur. Örgüt kültürü, örgütün temel özelliklerini yansıtır ve biz bu özelliğinden dolayı ona örgütün DNA’sı diyebiliriz(Demir ve Öztürk,2011).

## 2.1 Örgüt Kültürünün Özellikleri

Çeşitli düşünürlerin üzerinde fikir birliği oluşturdukları örgütsel kültürün özellikleri şu şekilde özetlenebilir. (Köse ve diğerleri, 2001);

Örgüt kültürü öğrenilmiş ya da sonradan kazanılmış bir olgudur.

Örgütsel kültür grup üyeleri arasında paylaşılır olmalıdır.

Örgüt kültürü yazılı bir metin halinde değildir. Örgüt üyelerinin düşünce yapılarında, bilinç ve belleklerinde inanç ve değerler olarak yer alır.

Örgüt kültürü düzenli bir şekilde tekrarlanan ya da ortaya çıkarılan davranışsal kalıplar şeklindedir.

## 2.2 Örgüt Kültürü ve Örgütsel Öğrenme

Bilim insanları arasında örgütsel öğrenmenin, bireysel ya da grup düzeyinde gerçekleşen bir süreç olup olmadığı konusunda uzlaşa sağlanamamasına rağmen, kültürel perspektiften ele alındığında örgütsel öğrenme, bireysel öğrenme ile kolektif öğrenme arasındaki boşluğu dolduran bir köprü olarak görülmektedir. (Alas ve Vadi,2003).

Bir işletmeyi çalışanlarından ayrı ve bağımsız düşünmek olası değildir. Her işletmenin kendine ait belirgin özellikleri, olaylara yaklaşımları bulunmaktadır. Tüm bu olgular örgüt kültürünün bir parçasını oluşturmaktadır. İşletme, çalışanlarıyla ne kadar bütünleşir ve onlara işletme amaçlarını benimsetip kendi amaçlarıyla da uyumlu hale getirirse çalışanını kaybetme riskini de azaltır. Örgüt kültürüne bağlı olarak işletme içindeki fiziki ve sosyal ortam ne kadar uygunsa, ortak amaçlar belirlenmiş ve herkes bu yönde güdülenmiş ve gerçek bir örgütsel bağlılık elde edilmiş olacaktır.

Yazında adalet kültürü tesis edilirken, hata ve ihlallerin bildirilmesini sağlamak, ayrımını yapmak ve bunları sınıflandırmak kadar, kök nedenlerinin tespit edilmesine de önem atfedilmektedir. Bu kapsamda tartışmaların genel olarak örgütsel davranış temelinde ele alındığı görülmekte, hem hata hem de ihlal davranışlarının yönetilmesinin gerekli olduğu üzerinde durulmaktadır (Reason, 1997:61-82; Wiegmann ve Shappell, 2003:56-70; Rasmussen, 1983; English ve Branaghan, 2012:199-200; Hudson, 2001a: Wells ve Rodrigues, 2004:159-163; Shorrock ve Kirwan, 2002; Isaac vd., 2002; Wiegmann ve Shappell, 2001b:341-350; Stanton ve Salmon, 2009; Salmon vd., 2010; Hudson vd., 1998; Cole, 2007; CAA, 2002). Marx (2009:116) suçlama veya suçlu

bulunma korkusunun örgütte/sectörde gerçekleşen hataların üstünün örtülmesine neden olduğunu, raporlamanın gerçekleşmediği böylesi koşullarda örgütsel öğrenmenin mümkün olamayacağını ifade etmektedir.

Argyris ve Shön'e (1978) göre örgütsel öğrenme, hataların belirlenmesi ve düzeltilmesi sürecidir. Sosyal bilimler alan yazınında iki tür örgütsel öğrenme vardır. Bunlar, tek döngülü öğrenme ve çift döngülü öğrenmedir. Tek döngülü öğrenmede öğrenme hata gerçekleştikten sonra, hatanın belirlenmesi ve düzeltilmesinden ibarettir. Eğer hatanın belirlenmesi ve düzeltilmesi örgütün mevcut politikalarını devam ettirmesine ve mevcut amaçlarına ulaşmasına olanak veriyorsa bu hata düzeltme işlemi tek döngülü öğrenmedir. Çift döngülü öğrenmede ise örgüt bir hatanın hem nasıl düzeltildiğini hem de böyle bir durumun yeniden oluşmaması için ne gibi düzenlemelerin, değişikliklerin yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Mevcut hedeflerin ve izleklerin (prosedürlerin) tekrar incelenmesi söz konusudur (Dikmen, 1999:59).

Yazında emniyet kültürünün en önemli halkasının raporlama kültürü olduğu belirtilmektedir. Etkili bir raporlama kültürü ise ancak karşılıklı güvenin inşa edildiği adil bir ortamda sağlanabilecektir. Tereddütlere ve korkulara dayalı adil kültür nedeniyle gelişemeyen raporlama alışkanlıkları sonucu boşluğu doldurulamayacak iletişim aksaklıklarını da beraberinde getirecektir. Bileşenlerinden yoksun veya etkisizleştirilmiş olumlu emniyet kültürünün bulunduğu bir örgütte örgüt kültürü hayati eksiklikleri nedeniyle çalışanlarına yabancı bir kavram olarak kalacak ve emniyet kültürü yerine bana bir şey olmaz kültürü egemen olacaktır.

### **3. OLUMLU EMNİYET KÜLTÜRÜ**

Havacılık emniyeti kısacası hava aracı faaliyetleri ile doğrudan ya da dolaylı olarak ilgisi olan emniyet risklerinin kabul edilebilir seviyelerde gerçekleşmesi durumudur. Havacılıkta "emniyet" ve "güvenlik" kavramlarının basında ve akademisyenler arasında karıştırıldığı görülmektedir. "Havacılık emniyeti" kısaca, sivil havacılık faaliyetleri kapsamında tüm potansiyel riskleri tanımlamak ve bunları kabul edilebilir seviyelere indirebilmek amacıyla yapılan faaliyetleri kapsamaktadır. Bu faaliyetler; insanların, sivil havacılık sistemindeki altyapının ve hava araçlarının emniyetini sağlamaya çalışır. Diğer yandan "havacılık güvenliği"; insanların, sivil havacılık sistemindeki alt yapının ve hava araçlarının sabotaj ve terörist saldırılar gibi suç unsuru taşıyan ve kasıtlı olarak yaratılacak risklere karşı korunması ile ilgili faaliyetleri kapsamaktadır. Güvenlik kasıtlı risklerin emniyet ise kasıtsız risklerin kabul edilebilir seviyelerde gerçekleşmesi anlamına gelmektedir (Gerede, 2006:36).

Havacılıkta emniyet kavramı iki başlık altında incelenmektedir. Bunlar uçuş emniyet ve yer emniyet. Uçağın uçuş anında, kalkış ve iniş anında

meydana gelen olayları kapsayan emniyet önlemleri uçuş emniyet altında incelenirken diğer durumların yani yer operasyonları sırasında meydana gelen tüm kazalar, olaylar ve bunlara karşı alınması gereken önlemler yer emniyet kapsamında incelenmektedir. Bu çalışmada emniyet kültürüne dair yapılan tüm değerlendirmeler yer emniyetini kapsayacak şekilde ele alınmıştır.

Emniyetle ilgili gelişmeler sürecine bakıldığında başlangıçta emniyetin, herkesin kendi kişisel sorunu olduğunun düşünüldüğü görülmektedir. Fakat 1980'lerde emniyet konusu, üzerinde ciddiyetle durulan bir konu haline geldi ve organizasyon yapısında sistemli bir biçimde ele alınmaya başlandı. Bu kapsamda ilk olarak geliştirilmiş Emniyet Yönetimi Prensipleri (ESM) oluşturuldu. Kuzey denizinde 1988 yılında meydana gelen Piper Alpha kazasından sonra ise Emniyet Yönetim Sistemi geliştirildi (SMS). Bu sistemin uygulanmasında kazanılan tecrübeler ve ortaya çıkan yeni ihtiyaçlarla sağlık, emniyet ve çevre yönetimi sistemi oluşturuldu (HSE-MS). Günümüzdeki yeni evre ise, tüm geçmişi bir yana bıraktıracak, çok daha kapsamlı bir yapı olan emniyet kültürü dönemidir (Hudson, 2001).Aktaran (Terzi & Gazioğlu, 2014).

Emniyet kültürü kavramı ilk kez, Ukrayna'da 1986 yılında meydana gelen Çernobil nükleer santrali kazasından sonra Uluslararası Atom Enerji Kurumu'nun (UAEK)'nun kazaya ilişkin raporunda yer almıştır (Cox & Flin, 1998). Bu kazadan sonra Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu (UAEK) yayınladığı raporda kurumun emniyet kültürünün zayıflığından söz etmiş ve bunu kazanın nedenlerinden biri olarak göstermiştir. Bu rapordan sonra emniyet kültürü, iş kazalarının önlenmesinde üzerinde önemle durulan bir kavram olarak yer edinmiş fakat detaylı bir şekilde tanımlanmamış ve ölçülebilirliği üzerine araştırmalar yapılmamıştır. 1991 yılında ise UAEK emniyet kültürünü; bir organizasyonun sağlık ve emniyet yeterliliği ve tarzı ile birey ve grup değerlerinin, tutumların, algıların, yetkinliklerin ve bağlılığı belirleyen davranış örüntülerinin bir ürünü olarak tanımlamıştır (Aytaç, 2011).

Emniyet Kültürü, hemen hemen herkesin kullandığı fakat çok az kişinin tam anlamı üzerinde veya nasıl ölçülebileceği hakkında fikir birliğine varabildiği bir terimdir. Sosyal bilimler yazını, özellikle bir faydası olmayan bol miktarda tanım sunar fakat hepsi bir araya getirildiğinde emniyet kültürü öğeleri iki alt kısma bölünebilir. İlk kısım, bir organizasyonun emniyet uğraşısına ilişkin çok sık konuşulmayan kanıları, tutumları ve değerleri içerir. İkinci kısım ise daha somuttur ve organizasyonun sahip olduğu ve daha güvenli hale gelmek için kullandığı yapıları, uygulamaları, kontrolleri ve politikaları kapsamaktadır (Reason ve Hobbs, 2001). Emniyet kültürü kesin ve açık olarak belirtilmiş genel bir tanımda; bir organizasyonun her düzeyinde, her bir üyesi tarafından paylaşılan, emniyet konularına ilişkin kalıcı değerler ve tutumlar kümesidir (Weigman ve diğ., 2002).(Aktaran ÖNEN 2017,s.28)

Reason (1997) emniyet kültürünü organizasyonun emniyet ve sağlık programlarını desteklemek için bireylerin ve grupların davranışlarının, tutumlarının, yetkinliklerinin ve değerlerinin bir ürünü olarak tanımlamıştır. Terzi ve Gazioğlu pozitif emniyet kültürünün görüldüğü ve emniyet kültürünün eksik olduğu işletmeleri aşağıdaki şekilde tanımlamışlardır:

Emniyet kültürünün zayıf olduğu yerlerde insanlar emniyetin her şeyden önce geldiğini söylerler fakat uygulamada bunun tersi görülür.

Bu tip işletmelerde geçmiş tecrübelerden dersler çıkarılmaz, çalışanlar kazaları her an olabilecek doğal olaylar olarak görürler, emniyeti sağlamak için birilerinin bir yerlerde çalıştığını düşünürler. Bu tip yerlerdeki yönetici ve amirlerin de olaylara bakış açısı pek farklı değildir.

Olumlu emniyet kültürü olan işletmelerde ise tüm çalışanlar emniyetle ilgili konularda kendi görevlerini tam anlamıyla bilirler ve tüm çalışanların da bu konuda oldukça hassas olduklarını bilirler.

Emniyetle ilgili konular işletmenin her kademesinde düzenli olarak tartışılır. Çok net tanımlanmış emniyet stratejileri mevcuttur ve çalışanlar cezalandırılma korkusu olmadan emniyetle ilgili her türlü sorun ve aksaklığı rapor ederler (Terzi ve Gazioğlu, 2014: 33).

Aktay (2011: 16) işletmelerde emniyet kültürünün, iş güvenliği yönetim sisteminin kalitesi, iş sağlığı ve güvenliği konusundaki girişimlerin başarısı ya da başarısızlığı, çalışanların kurallara ve izleklere uyup uymadığı, çalışanların risk almaya hazırlıklı olup olmadıkları ve işyerinde yapılan üretim ile iş güvenliği arasındaki denge gibi unsurlar üzerinde direkt etkisi olduğunu belirtmiştir.

Turner'a göre (1991) etkin bir emniyet kültürünü teşvik etmek için gerekli olan bazı özellikler vardır.

Bunlar sırasıyla:

Üst yönetimin samimi ve görünür bağlılık ve liderliği gerekmektedir.

Bir emniyet kültürünün değiştirilmesi sürekli çaba ve ilgi gerektiren uzun dönemli bir stratejidir.

Mümkün olduğunca iyimserlik duygusu taşıma ve yüksek beklentili bir politika beyanı istemektedir.

İşyerinde bütün seviyelerde sağlık ve güvenliği "sahiplik" duygusunun yaygınlaşması (nüfuz etmesi) gerekmektedir. Bu da, çalışanların katılımını, uygun eğitim ve iletişimi gerektirir.

Örgütlerin, gerçekçi ve ulaşılabilir amaçlar belirlemesi ve buna karşılık gelen bir güvenlik performansı ölçümüne sahip olması gereklidir.



Kabul görmüş standartlara yönelik davranış tutarlılığı, çalışanları dinleme yeteneğiyle başarılabilir. Ayrıca, iyi güvenlik davranışı (olumlu davranışlar) bir istihdam koşulu olmalıdır ve performans değerlendirmelerde göz önüne alınmalıdır.

Bütün kazalar ve ramak kala olaylar detaylı bir şekilde araştırılmalıdır.

Yönetim, sağlık ve güvenlik sistemlerinin gözden geçirilmesi ve performans değerlendirme için uygun güncel bilgileri sağlamalıdır (Turner, 1991'den aktaran Fung ve diğerleri, 2005: 505).

Reason tek bir kapsamlı tanımlama yerine bir emniyet kültürünün daha önemli özelliklerinden bazılarını vurgulamayı tercih etmiş olup bu nitelikler listesi açıkça gösterir ki bir emniyet kültürü biri birine kenetlenen birçok parçaya sahiptir. Bu kapsamda emniyet kültürünün alt bileşenleri; bilgilenen kültür, raporlama kültürü, esnek kültür, öğrenen kültür ve adil kültür olarak belirlenmiştir (Reason ve Hobbs, 2001).

### 3.1 Raporlama kültürü

Raporlama kültürü işletmenin bir raporlama sisteminin olup olmaması değil, çalışanların herhangi bir cezai müeyyideye maruz kalma endişesi taşımadan yaşanan ya da yaşanabilecek kaza, ramak kala, tehlike ve riskleri yöneticilerle rahatça paylaşımları ve raporlayabilmeleri anlamına gelmektedir (CANSO, 2008: 4). Raporlama kültürü örgütün suç ve cezayı nasıl ele aldığına bağlıdır. Eğer amaç suç ve suçluyu bulmak ise emniyeti arttırmaya katkı sağlayacak raporlamalar yapılmayacaktır (Terzi ve Gazioğlu, 2014: 34). Bu durum adalet kültürü kapsamındaki değer ve inançların raporlamaya engel olduğuna işaret etmektedir. Görüldüğü üzere raporlama kültürü ile adalet kültürü arasında çok yakın bir ilişki bulunmaktadır. Çalışanların raporlama neticesinde cezai yaptırımlara maruz kalabilecekleri ya da kazaya neden olan gerçek sebebin bulunması yerine, suçlanabilecekleri bir çalışma ortamında raporlama yapmalarını mümkün görülmemektedir.

Adil kültürde çalışanlar kendi hatalarını raporladıklarında suçlanmazlar. Böylece örgüt yapılan hatalardan öğrenme imkânına kavuşabilir. Örgüt için ideal olan insanların kendi hatalarını raporlamasıdır. Ancak genellikle çalışanlar raporlamada bulunmaz. Bunun sebebi raporlamanın belirsizlik nedeniyle riskli olabilmesidir. Çalışanların kafasında belirsizliğe neden olan sorular şunlardır (Dekker, 2007: 41):

Şef, yönetici veya örgüt raporlamayı tam olarak nasıl değerlendirecektir?

Raporlayanın hakları ve yükümlülükleri nelerdir?

Raporlanan bilgi örgüt içinde mi kalacaktır? Yoksa medya, savcı gibi üçüncü taraflar da raporun içeriğine ulaşabilecek midir?

Birçok insanın raporlama yapmamasının nedeni dürüst olmamaları değildir. Raporlamamalarının asıl sebebi raporlamanın sonuçlarından korkmaları veya raporda buldukları konuyla ilgili yönetimin herhangi bir şey yapmayacağına olan inancıdır. Örneğin, Sydney Dekker'a bir havayolunun kaptan pilotu pilot mahallindeki emniyetsiz olayları gönüllü olarak raporlamadığından bahsetmiştir. Rapor yazılmadığından ilgili otoriteler de olay hakkında bilgilendirilmemektedir. Sydney Dekker neden olayları raporlamadığını sorduğunda kaptan pilot kendisine şu cevabı vermiştir: “Çünkü başım belaya girebilir. Havayolu bana paylaştığım bilgilerin savcılarla veya diğer üçüncü taraflarla paylaşılmayacağı konusunda güvence vermiyor. Bu nedenle onlara bu konuda güvenmiyorum”. Çalışanları raporlamaya ikna edebilmek için örgüt öncelikle raporlamayla ilgili izlekleri ve kuralları, çalışanların haklarını ve yükümlülüklerini ve raporlama sonucunda çalışanlara sağlanacak koruma seviyesini net olarak ortaya koymalıdır (Dekker, 2007: 17 ve 41).

Aviation Safety Reporting System (ASRS), Aviation Safety Airways Program (ASAP), Canadian Aviation Safety Reporting System (CASRS) (Barach ve Small, 2000:760), British Airways Safety Information System (BASIS), Aeronautical Events Reports Organizer (AERO), Aviation Quality Database (AQD), AVSiS, First Launch Safety Report System (SRS), INDICATE Safety Program (GAIN, 2003: 13-19) raporlama sistemlerine örnek olarak verilebilir. Raporlama sistemleri, korku kültürünün bertaraf edilmesinde, hata veya ihlallerin korkusuzca rapor edilmesinde yarar sağlamaktadır.

### **3.2 Adil (Adalet) kültürü**

Adalet kültürünün bulunduğu örgütlerde, yöneticilerin suçlamak ve cezalandırmak yerine olayı tüm yönleriyle dikkatlice araştırarak daha fazla şey öğrenebileceklerini, bilgilenebileceklerini ve bu sayede emniyeti artırabileceklerini bildiklerini, buna inandıklarını, böyle bir yaklaşıma değer verdiklerini belirtmiştir. Reason'ın özellikle vurguladığı bir diğer husus da adalet kültürünün benimsendiği örgütlerde güvene dayalı ilişki bulunduğu, böylece emniyetin artırılması için gerekli verilerin çalışanlar tarafından rapor edilmesinin teşvik edildiği ve hatta ödüllendirildiğidir (Reason, 1997:205-207) Aktaran Bükçe, 2015.

Adil kültürün (güven kültürü olarak da adlandırılabilir) oluşturulması sosyal olarak emniyet kültürünün inşa edilebilmesi için ilk önemli adımdır. Cezalandırıcı bir kültürde hiçbir çalışan kendi hatasını itiraf etmeyecektir. Raporlama kültürünün ön şartı güvendir. Ancak unutulmamalıdır ki suçlamanın hiç olmadığı bir kültür de uygulanabilir değildir; çünkü bazı emniyetsiz davranışlar, sayıları az da olsa, gerçekten kusurludur ve ciddi yaptırımlar gerektirir. İhmalkâr davranışlar az sayıda da olsa tüm sistemin emniyetini

tehlikeye düşürme potansiyeline sahiptir. Eğer bu kişiler cezalandırılmazlarsa yönetim güvenilirliğini kaybeder. Ancak, eğer yönetim bu az sayıdaki ihmalkâr davranış ile çok sayıda yapılan kabahatsiz hatalar arasında ayırım yapmazsa da güvenilirliğini kaybeder. Adil kültür, kabul edilebilir ve kabul edilemez davranışlar arasında ayırımın açık olarak kabul edilmesine ve anlaşılmasına dayanmaktadır. Fakat böyle bir ayırım nasıl yapılabilir? (Reason ve Hobbs, 2003:148).

Bu sorunun cevabı olarak ilk akla gelen yöntem, hatalar ve ihlaller arasında ayırım yapmaktır. Hatalar genellikle kasıtlı değilken ihlallerin çoğunda kasıt unsuru vardır. Bu bakış açısına göre eğer emniyetsiz davranışta emniyet işletim izleğine uymamak söz konusuysa bu tip eylemler kabahatli olarak değerlendirilir. Ancak bu ayırımı yapmak her zaman kolay değildir (Reason ve Hobbs, 2003:149). Bir örgütte adil kültürü inşa etmenin temel nedeni örgütte adil kültüre sahip olunmamasının emniyet ve adalet açısından olumsuz sonuçlar doğurmasıdır. Yapılan araştırmalara göre adil kültüre sahip olmayan örgütlerde çalışanların morali, örgüte bağlılığı, iş tatmini ve rolleri dışında iş yapma istekliliği düşük bulunmuştur (Dekker, 2007: 25). Bir örgütte adil kültüre sahip olmasının yararları şunlardır (Dekker, 2007: 26)

Yönetimin operasyonların emniyetini izleyebilmesi için adil kültürün varlığı şarttır. Ayrıca, yönetimin çalışanların yeteneklerinin bilincinde olması veya sorunlarla etkin bir şekilde baş edebilmesi adil kültürün varlığına bağlıdır.

Adil kültür sayesinde çalışanlar işlerini daha kaliteli bir şekilde yapabilir ve zayıf noktaları, hataları ve başarısızlıkları raporlayarak emniyetin geliştirilmesi konusunda kendilerini daha güçlenmiş hissederler.

Adil kültürün varlığı örgütün ürünlerini ve hizmetlerini tüketenler için de yararlıdır. Adil kültürün olmaması durumunda örgütler yalnızca dokümantasyona odaklanarak emniyetle ilgili zayıflıkları saklama eğiliminde olacaktır. Uzun dönemli emniyet yatırımları yerine yasal ve medya etkisini azaltmak için kısa dönemli önlemler almaya yöneleceklerdir.

Örneğin sağlık hizmetlerinde adalet kültürünün emniyeti nasıl etkilediğinin anılan temelde sorgulandığı bir araştırmada, 24 hastanede 2 yıl süren bir program dâhilinde emniyet kültürünün planlanması, uygulanması ve değerlemesi süreçlerinin izlendiği görülmektedir. Araştırma sonucunda, örgütte iyi tasarlanmış ve doğru uygulanan bir raporlama sistemine sahip olursa dahi, emniyet hakkında değerlerin ve görünür yönetim uygulamaların desteği sağlanamadıkça, çalışanların cezalandırılma ve suçlanma endişelerinin giderilmesinin mümkün olmadığı ortaya konulmuştur (Battles vd., 2006). Bununla birlikte, Dekker adalet kültürünün “emniyet olaylarından ders çıkarıp örgüt olarak öğrenmek” ile “bu olayların sonuçlarının sorumluluğunu almak” arasında kurulan bir denge noktası anlamına geldiğini ifade etmektedir. Bu nedenle, tüm

adalet kültürü tanımlarının “kabul edilebilir” ve “kabul edilemez” çalışan davranışlarını ayıracak net bir çizgiyi tartıştığını belirtmektedir (Dekker, 2009).

Emniyet kültürünün boyutları üzerine yoğunlaşmış örgütlerde emniyet kültürü için bir ölçek geliştiren başka bir çalışmada (VonThaden ve Hoppes, 2005) da ceza korkusunun raporlamayı engellemesi, en önemli adalet kültürü sorunu olarak gösterilmektedir. Buna bağlı olarak, adalet kültürünün suçlamaya odaklanmak yerine hatalardan öğrenmeye odaklanmayı gerektirdiği vurgulanmaktadır. Nitekim Sumwalt, hata ve ihlallerin ayrımında örgüt özelinde çözümler aranması gerektiğini savunmaktadır (Sumwalt, 2007).

Sonuç olarak yazına göre, örgütlerde adalet kültürü kapsamındaki sorunlar için sistematik çözümlerin özgün tartışmalar sonucunda geliştirilmesi gerekmektedir. Dekker (2009), hata ile ihlâl davranışlarının arasındaki hattın nasıl çizileceğini örgüt seviyesinde ayrıca tartışmakta ve adalet kültürünün cezasız disiplin anlamına gelmediğini vurgulamaktadır. Suçlama kültürü gibi hiç suçlama olmamasının da disiplin sistemini işlevsiz hale getireceğini söylemektedir. Dekker’ın üzerinde durduğu konu, böyle bir güvencenin ancak yasal/hukuksal güvence ile mümkün olduğudur. Bu bakış açısına göre Dekker’ın tanımladığı sorunları şöyle özetleyebiliriz (Dekker, 2011: 123-125):

Örgütlerde, meslek gruplarında ve ulusal seviyede ayrı ayrı hata ve ihlallerin ayrımını yapacak kişilerin ya da kurumların belirlenmemiş olması,

Etik kurulların görevleri arasında hataların ve ihlallerin ayrımının bulunmaması,

Disiplinin, gönüllü raporlama gibi zorunlu ihtiyaçları karşılayacak şekilde ifadelerin bulunduğu yazılı bir yönetmeliğe dayalı olmaması,

Kaza ya da kırım halinde soruşturma yürütmesi gereken savcılar ile birlikte çalışma yönteminin geliştirilmemiş olması.

Adil kültürün oluşturulabilmesi için atılacak ilk adım emniyetsiz olayların örgütsel gelişimin doğal bir parçası olduğunun kabul edilmesidir.

Adil kültürün oluşturulabilmesi için yapılabilecekler şunlardır (Dekker,2007:184):

Emniyetsiz bir olay yönetim ve çalışanlar tarafından bir başarısızlık veya kriz olarak değerlendirilmemelidir. Yaşanan olay bir ders olarak ve toplu bir öğrenme fırsatı olarak kabul edilmelidir.

Olay gerçekleşikten sonra finansal ve mesleki ceza uygulanmamalıdır. Bu cezalar olayların utanç verici olduğu algısını yaratarak emniyet bilgisinin paylaşımını sekteye uğratar ve güvenin azalmasına sebep olur.

Olaylardan sonra örgüt stres yönetim programları uygulayarak olayların normal olduğu ve örgütün gelişmesine katkıda bulunduğu mesajı verilmelidir.

Adil kültürün temelleri henüz mesleki eğitim sırasında verilmeye başlanmalıdır. Adil kültürün geliştirilmesi için eğitim alanlara olayları raporlamanın önemi öğretilmelidir.

Kısaca çalışanların emniyet ile ilgili konularda bilgi verme konusunda teşvik edildiği, karşılıklı güven ortamının oluşturulduğu, kabul edilebilir ve kabul edilemez davranışlar arasındaki çizginin net olarak belirlendiği, hatalardan kaynaklanan emniyetsiz davranışlar neticesinde cezalandırılma korkusunun yaşanmadığı kültüre adalet kültürü denilmektedir (CANSO, 2008: 4). GAIN Working Group E (2004). İşletmede hâkim olan adalet kültürü sayesinde raporlamaların artacağını, karşılıklı güvenin tesis edilebileceğini ve emniyet ve operasyon yönetiminin daha etkili olacağını belirtmektedir (GAIN Working Group E, 2004: 13).

### **3.3.Esneklik Kültürü**

Esnekliğin bir tanımı, hızlı hareket etmek, ortaya çıkan fırsatlardan hızlı olarak yararlanmak, risklerden ise sakınmaktır. Bu bağlamda esneklik, değişime hızlı cevap vermek ve rekabetten geri kalmamak anlamına gelir. Esneklik örgütler özelinde değerlendirildiğinde, belli bir amaca ulaşabilmek için değişiklik yapmak, beklenmeyen değişikliklere sürekli olarak cevap vermek ve değişimin öngörülemeyen sonuçlarına uyum sağlayabilmek olarak tanımlanabilir (Nemli, 1998: 79).

İşletmenin, yüksek tempolu çalışma koşullarında ya da karşılaşmış olduğu tehlikeler karşısında kendini yeniden yapılandırabilmesi, değişen durumlara ve yeniliklere ayak uydurabilmesi (CANSO,2008: 4) ve değişimlere karşı direnç derecesi esneklik kültürü olarak tanımlanmaktadır. Esneklik kültürü ile işletmede görevli her bir çalışan süreçler ve davranışlar ile ilgili olarak kendini sorguya çekebilir ve bu sayede her düzeyde kendi kendini düzeltme imkânı oluşur (Joint Planning and Development Office [JPDO], 2008: 9). Reason (1997: 218) değişikliğe uyum sağlamakta zorlanan ve direnen işletmelerin esneklik kültürünün eksik olduğunu belirtmektedir.(Aktaran, Karakavuz,2015s.153)

Örgütsel esneklik, değişen durumlara etkili bir şekilde uyum sağlama kültürüne sahip olma anlamına gelmektedir. Yüksek emniyet düzeyini gerektiren örgütler (hava trafik kontrol ve hava kuvvetleri) incelendiğinde bu örgütlerin karşılaştıkları operasyon güçlükleri iki yönlüdür (Reason,1997:214)

Karmaşık ve zorlu teknolojileri yöneterek örgütü zor duruma düşürecek hatta yok olmasına sebep olabilecek büyük başarısızlıklardan kaçınmak ve

Aynı zamanda, yoğun talep karşısında üretim kapasitesini sürdürebilmektir.

Yüksek emniyetli örgütlerin özellikleri şunlardır; bu örgütler büyük, içsel olarak dinamik ve yoğun olarak etkileşimlidir; her biri kayda değer bir zaman baskısı altında karmaşık ve titiz görevleri gerçekleştirir ve faaliyetlerini çok düşük bir hata oranıyla yerine getirirler. Örgütsel yapıları yüksek derecede bürokratik ve hiyerarşik olup; bu örgütler yüksek oranda test edilmiş standart işletme izleklerine dayanarak iş yapar. Ayrıca bu örgütlerin çalışanları bu izleklerin kullanımına ilişkin olarak yoğun bir şekilde eğitilmiştir. Normal durumlarda çalışanların tek yapması gereken şey bu izlekleri yerine getirmektir. Ancak esnek kültüre sahip örgütlerde iş temposu arttığında bürokratik ve hiyerarşik yapı değişmektedir. Karar verme yetkisi bir süreliğine üst düzey yöneticilerden işi yapan teknik beceriye sahip çalışanlara geçmektedir. İş temposu normale döndüğünde ise eski yapıya geri dönmektedir (Reason,1997:215).

### **3.4. Öğrenme Kültürü**

Bir örgütte öğrenme kültürünün oluşmasının ön şartı raporlama kültürünün gelişmesidir. Eğer olaylar ve ramak kala olaylar etkili bir şekilde toplanamaz ve analiz edilmezse emniyetle ilgili bilgiler gün yüzüne çıkmaz ve örgüt çevresindeki risklerden haberdar olamaz. Ancak unutulmamalıdır ki bu şartlar yerine getirilse bile örgütün kendisi için en uygun öğrenme yöntemini benimsemesi şarttır (Reason ve Hobbs, 2003:153).

Örgütsel eylemler gerçekleştirildiklerinde gerçek sonuçlar ile arzu edilen sonuçlar arasında uyum olup olmadığı denetlenmelidir. Eğer uyumsuzluk söz konusuysa eylemlerde veya eylemler ile ilgili temel varsayımlarda düzeltmeler yapılması gerekmektedir. Tek döngülü öğrenmede yalnızca eylemler incelenir. Bu tip öğrenmede örgütte bir hata yapıldığında eylemleri gerçekleştiren personelin anormal davranışları araştırılarak bu tip eylemler arzulan sonuca ulaşmayı engelleyen nedenler olarak görülür. Bu öğrenme süreci hatayı yapan personelin suçlanmasıyla, utandırılmasıyla, yeniden eğitilmesiyle ve konu ile ilgili başka bir izlek yazılmasıyla son bulur. Çift döngülü öğrenmede ise sadece hataya neden olan eylemler değil bu eylemlere neden olan örgütsel varsayımlar da göz önünde bulundurulur. Bu tip öğrenmede örgütün politikalarının, uygulamalarının, yapılarının ve emniyet tedbirlerinin arzulan sonuçlara ulaşmayı ne şekilde ve neden engelledikleri ortaya konur (Reason ve Hobbs,2003:154).

### **3.5.Bilinen Kültür**

Bilinen kültürün oluşturulabilmesi için güçlü bir raporlama kültürüne ihtiyaç vardır (CANSO,2008:5). Emniyet kültürünün dört ana bileşeni, adil kültür, raporlama kültürü, öğrenme kültürü ve esnek kültür birbirleriyle etkileşimde bulunarak bilinen kültürü meydana getirir. Reason'a göre bilinen kültür ile

emniyet kültürü birbirlerinin yerine kullanılabilen kavramlardır (Reason,1997:196). Bir bütün olarak sistemin emniyetini belirleyen insani, teknik, örgütsel ve çevresel faktörler hakkında sistemi işleten ve yönetenler güncel bilgilere sahip olmalıdır. Yönetim, insanların faaliyet alanlarındaki tehlike ve riskleri anlayacakları şekilde bir kültür oluşturur. Personele, emniyetli çalışmaları için, gerekli bilgi, beceri ve iş tecrübesi kazandırarak, emniyetle ilgili tehditleri tespit etmeleri ve bunları aşmak için yapılması gerekenleri belirlemelerini teşvik eder.

Bilinen kültürün oluşturulabilmesi için çalışanların kendi ve çalışma arkadaşlarının hatalarını raporlamaya istekli olduğu bir güven atmosferi yaratılması şarttır. Bu sayede sistemin emniyetini tehlikeye atan durumlar gün yüzüne çıkarılabilir. Geçmiş olaylardan elde edilen ve analiz edilen bilgiler sonucunda emniyetli ve emniyetsiz operasyonlar arasındaki çizgi ortaya net bir şekilde konabilir. Bazı emniyetsiz eylemler sayıları az da olsa disiplin cezası gerektirecektir. Etkili bir raporlama kültürünün kurulabilmesi için adil kültürün varlığı zorunludur (Reason ve Hobbs, 2003:145).

Organizasyon, kendi emniyet bilgi sisteminden gelen bilgilerle doğru sonuçlara varabilecek şekilde gelişmiş olmalı ve bunu uyguluyor olmalıdır. Raporlar, eğer organizasyon bunlardan bir şeyler öğreniyorsa etkilidir. Öğrenme, yapılacak olan emniyet değerlendirmeleri sonucunda ortaya çıkacak ve organizasyondaki örgütsel istek sayesinde bunların uyumu sağlanacak veya geliştirilecektir.

Bilinen kültür şu özelliklere sahiptir; üst yönetimin desteği, açık iletişim, adil çevre, örgütün tüm seviyelerinden katılım, bütün örgütün öğrenmesi, etkili karar verme süreci, eylemler/uygulamalar ve raporlamadır (Eurocontrol, 2008: 13).

#### **4. HAVA ARACI BAKIM PERSONELİNİN KARŞILAŞTIĞI TEHLİKELER**

Beşinci nesil askeri uçakların uçuşuna devam ettiği günümüzde altıncı nesil uçakların tasarım ve geliştirme süreçleri birkaç ülke tarafından devam etmektedir. Öte yandan birçok ülkeyle birlikte ülkemizde de insansız hava araçları da hızlı bir gelişim sürecini gerçekleştirmekteler. Her yeni tasarlanan veya üretilen hava aracıyla birlikte yeni teknolojiler, yeni kompozit ve metal bileşenleri ve kimyasallar havacılık camiasına dâhil olmaktadır. Özellikle beşinci nesil uçaklarda artan kompozit yapıda kullanılan yeni nesil teknolojiler, sistemlerin bakım, arıza giderme ve sistemlerin çalışmasında kullanılan kimyasallar, mevcut tehlikelerin farklı formlarda karşımıza çıkmasına neden olmaktadır. Her yeni tehlike kaynağı beraberinde yeni riskleri de getirmektedir. Bu tehlikelere bağlı risklerin analiz edilmesi ve korunma yöntemlerine dair çözümlerin belirlenmesinin yanında yüksek olumlu emniyet kültürüne sahip

personeli istihdam edebilmek hava aracı bakım örgütleri tarafından gerçekleştirilen bakım süreçlerinde elde edilen ürün kalitesinin istenilen standartlarda olmasına önemli katkıları olacaktır.

Uçak bakım faaliyetleri, 26.12.2012 tarih ve 28509 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren “İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği”ne bakıldığında 33.16.01 numaralı “Hava Taşıtlarının ve Uzay Araçlarının Bakım ve Onarımı” altılı faaliyet kodu altında ve tehlikeli sınıfta yer almaktadır.

Tehlike grupları üzerine Chang ve Wang tarafından yapılan çalışmalarında uçak bakımı yapan çalışanların çevreden dolayı etkilendiği tehlikeleri; zehirli kimyasallar ve buharlar, kayma-düşme-çarpma, gürültü, aydınlatma, iklimsel değişiklikler, hareket-titreşim olarak sıralamışlardır. Araştırmada onbeş yıl üzeri deneyime sahip bakım personeli ve yöneticilerden bu tehlikeleri 1-5 arasında sayılarla derecelendirmeleri istenilmiştir. Ankete verilen cevaplar sonucunda tehlikelerin oranları, % 24 ile zehirli kimyasallar ve buharlar, % 21 ile kayma-düşme-çarpma, % 18 ile aydınlatma, % 15 ile gürültü, % 11 ile iklimsel değişiklikler ve % 11 ile hareket-titreşim şeklinde gerçekleşmiştir (Chang & Wang, 2010). Yapılan araştırmanın sivil havacılıkta karşılaşılan tehlikelere yönelik olduğu bilinmektedir. Askeri hava aracı bakım örgütlerinde gerçekleştirilen böyle bir araştırma da sonuçların farklı olacağı, sadece asker sivil ayrımı değil, hava aracının türüne göre de sonuçlarda önemli değişiklikler olacağı değerlendirilmektedir. Ancak tehlikelerin cinsinde bir değişme olmayacağı sadece oranların dolayısıyla sıralamasının değişeceği düşünülmektedir. Hava aracı bakım çalışmasının maruz kaldığı tehlikeler, fiziksel, kimyasal, elektrik, yangın ve patlayıcılar ve ergonomik tehlikeler başlıkları altında incelenecektir.

#### **4.1. Fiziksel Tehlikeler**

Fiziksel tehlikeler çalışma sahalarında bulunan şartlara özgü oluşan faktörlerden kaynaklı tehlikelerdir. Çalışılan sektöre hatta sektörün içinde bulunan farklı çalışma alanlarına göre tehlikeler değiştiği gibi değişmeyen tehlikelerin risk oranlarında önemli farklılıklar görülebilir. Havacılık sektöründe çalışma sahalarının genel olarak uçuş hatları ve periyodik bakım hangarları olarak ikiye ayrılmaktadır. Her iki çalışma sahası için gürültünün önemli bir tehlike olduğu bilinmektedir. Ancak uçuş hatları için bu tehlikeye bağlı meydana gelen riskin sonuçları çok ağır olurken periyodik bakım hangarlarında ise riskin uçuş hatlarına göre daha hafif kaldığı görülmektedir. Çalışma sahalarında rastlanan iş kazalarının birçoğunun temel sebebinde fiziksel tehlikeler yatmaktadır. En çok görülen iş kazalarından biri, düşme biçiminde gerçekleşenlerdir (% 26,1). Düşme sonucu olan kazalar bütün kazaların neredeyse üçte biridir (Şimşek, 2014).



#### **4.1.1. Gürültü**

Endüstride istenmeyen ses, gelişigüzel bir yapısı olan arzu edilmeyen, rahatsız edici ses olarak da tanımlanabilir. Her ne kadar jet sesi özgürlüğün sesi olarak ta ifade edilse de hava aracı bakım personeli için korunma sağlanmadığı takdirde ebedi sessizliğin sesi olarak ta tanımlanabilir. Özellikle jet motorlu hava araçlarının üretmiş olduğu seslerin seviyesi bakım personeline olan etkileri açısından en önde gelmektedir ve tam anlamıyla korunma sağlanması şu anki tekniklerle imkânsızdır. Bu nedenle bazı örgütlerde konuyla ilgili risk seviyesinin azaltılmasına dair idari önlemlerin alındığı görülmektedir. Yüksek ve devamlı gürültünün insana olan etkilerinin sadece duyma organına zarar vermesiyle kalmadığı, bunun yanında birçok önemli sağlık sorunlarını da beraberinde getirdiği, bu etkilerin üzerinde durmanın önemli olduğu değerlendirilmektedir. Gürültün insan bedeni ve ruh bilimsel olarak etkileri incelendiğinde;

##### **4.1.1.1. Gürültünün Fiziksel Etkileri**

Gürültünün işitme duyusunda oluşturduğu olumsuz etkilerdir. Geçici ve kalıcı olarak iki bölümde incelenebilir. Geçici etkilerin en çok karşılaşılanı geçici işitme eşiği kayması ve duyma yorulması olarak bilinen işitme duyarlılığındaki geçici kayıptır. Etkilenmenin çok fazla olduğu ve işitme sisteminin eski özelliklerine kavuşmada tekrar gürültüden etkilendiği durumlarda ise işitme kaybı kalıcı olmaktadır.

##### **4.1.1.2. Gürültünün Fizyolojik Etkileri**

Gürültünün insan vücudunda neden olduğu fizyolojik etkilerdir. Ani bir gürültüye maruz kaldığımızda beliren bu etkiler; kas gerilmeleri, stres, kan basıncında artış, kalp atışlarının ve kan dolaşımının değişmesi, göz bebeği büyümesi, solunum hızlanması, dolaşım bozuklukları ve ani refleksler olarak görülmektedir.

##### **4.1.1.3. Gürültünün Psikolojik Etkileri**

Gürültünün psikolojik etkilerini sürekli maruz kalma sonucunda görülmekte olup bunlar; sinir bozukluğu, korku, rahatsızlık, tedirginlik, yorgunluk ve zihinsel etkilerde yavaşlama olarak gözlemlenmektedir.

##### **4.1.1.4. Gürültünün Performans Üzerine Etkileri**

Gürültünün iş verimini azaltması ve işitilen seslerin anlaşılması gibi görülen etkileridir. Konuşmanın algılanabilmesi ve anlaşılabilmesi türünden fonksiyonların engellenmesi, büyük ölçüde arka plan gürültüsünün düzeyi ile ilgilidir. Gürültünün iş verimliliği ve üretkenlik ile ilgili etkileri konusunda yapılan çalışmalar karmaşık işlerin yapıldığı ortamın sessiz, basit işlerin yapıldığı ortamların ise biraz gürültülü olması gerektirdiğini göstermiştir. Özetle ortamda

belli bir iş ya da fonksiyon için belirlenen arka plan gürültüsünün fazla olması durumunda iş verimliliği düşmektedir (Keleş, 2015).

Gürültüye ilişkin yönetmelikte belirtilen en düşük maruziyet eylem değeri 80 dB(A), en yüksek maruziyet eylem değeri 85 dB(A) ve maruziyet sınır değeri ise 87 dB(A)'dir. (Resmi Gazete, 2013).

Özellikle dördüncü ve beşinci nesil askeri jet uçaklarda maruz kalınan gürültü düzeyi 150 db dolayındadır. Uçuş hatlarında yapılan bakım çalışmalarında aynı anda çalışan birden fazla uçakla birlikte uçuş hatlarının da pistlere yakın olması nedeniyle özellikle kalkışlarda ve eğitim esnasında yapılan manevralarda oluşan yüksek ses düzeyi personelde sonu sağırılığa kadar varan kalıcı hasarlara neden olmaktadır. Kulak koruyucularının personel tarafından doğru kullanılmaması hatta hiç kullanılmaması gürültünün etkilerini daha da kalıcı hale getirmektedir.

Uçuş hatlarında gerçekleştirilen çalışmalarda mutlaka kulak içi kulak tıkacı ve kulak üstü kör kulaklık birlikte kullanılmalıdır.

#### **4.1.2. Yüksekte Çalışma**

Seviye farkı bulunan ve düşme sonucu yaralanma ihtimalinin oluşabileceği her türlü alanda yapılan çalışma; yüksekte çalışma olarak kabul edilir. Büyük gövdeli uçaklarda düşme sonucu oluşacak yaralanmalar ve hatta ölümlerin oranı küçük gövdeli uçaklar ve jet uçaklarına göre daha fazla olduğu meydana gelen kazaların sonuçlarından anlaşılmaktadır. Uçuş hatlarında yapılan günlük bakım faaliyeti işlemlerinde uçağın üst yüzeyinin kontrolü işlemi tehlikeliyken, soğuk ve yağışlı iklim şartlarında hava aracı yüzeyinin kayganlaşması nedeniyle risk daha da artmaktadır. Özellikle kar yağışı sonucu uçak üzerinde yapılan kar küreme işlemlerinde dikey veya yatay yaşam hatları olmadan kesinlikle işlem gerçekleştirilmemelidir. Öte yandan özellikle jet uçaklarında gerçekleştirilen uçağın kanopisinin temizlenmesi, paraşütünün takılması ve dikey stabilize üzerinde gerçekleşen arıza giderme işlemleri gibi işlemler uçuş hatlarında yüksekte çalışma adına yapılan tehlikeli işlemler olarak örnek gösterilebilir. Özellikle kanopinin temizlenmesi işlemi sırasında emniyetli çalışma kuralları ihlal edilmesi nedeniyle meydana gelen birçok kaza sonucunda çalışanlarda önemli yaralanmalar meydana gelmiştir. Uçağın yıkanması işleminde de uçak üzeri işlemler gerçekleştirilirken mutlaka yatay ve dikey yaşam hatları kullanılmalıdır.

#### **4.1.3. Sehpahalarla Çalışma**

Hava aracı üzerinde yapılacak bakım ve arıza giderme işlemleri nedeniyle istenilen yerlerde çalışılmasını olanaklı kılan yüksekliği ayarlanabilir seyyar iş platformları kullanılmaktadır. Bu tip hareketli sehpahaların indirilmesi ve kaldırılması sırasında uzantı kolundaki mekanik aksam arasına el, kol

sıkışmaları nedeniyle uzuv kayıpları ile sonuçlanabilecek ağır yaralanma riski mevcuttur (Nazlıoğlu, 2014). Yapılan çalışmalarda sehpaalara ait korkuluklar çıkartılmadan işlemeler gerçekleştirilmeli ve olası kaymaları onlemek için sehpaaların ayakla basılan yüzeyleri kaymaz kaplama yüzeyleri ile kaplanmalıdır.

Ykseltilebilen seyyar iş platformlarının yapısal olarak sağlam olduğunu ve bütün işlevlerinin düzgün ve güvenli bir şekilde çalıştığını doğrulamak için, alıştırma şartları ve kullanım sıklığını da dikkate alarak, ilgili teknik kitap ve yönergelere uygun, bakımlarının periyodik olarak yapılması gerekmektedir (Ağaoğulları, 2013).

#### **4.1.4. Düşme, Kayma, Takılma ve arpma**

Malzemelerin bulunması gereken yerde doğru bir şekilde kullanılmaması ve bakımlarının yapılmaması çalışanlar için düşme neticesinde yaralanmalara maruz kalabilmektedirler. Kaldırma araçlarının fazla yüklenmesi, merdivenlerin çalışılacak yere göre uygun konumlandırılmaması, koruyucu bariyerlerin olmaması, yere sabitlenmeden çalışılması, merdivenlerin yer sabitleyicilerinin hasarlı olması veya yerden kaymasını engelleyecek düzeneğin yıpranmış, eskimiş olması çalışanlar için düşme ve ağır yaralanma gibi birçok riskleri de beraberinde getirmektedir. Iř yerlerinde çalışanların güvenliği öncelikle; güvenli bariyerler ve korkuluklar, düşmeyi önleyici platformlar, kapaklar, çalışma merdivenleri, güvenlik ağları ya da hava yastıkları gibi birçok farklı koruma tedbirleri ile sağlanır. Bu tür koruma tedbirlerinin düşme riskini tamamen yok edemediği, uygulanmasının mümkün olmadığı, daha büyük tehlike doğurabileceği, geçici olarak kaldırılmasının gerektiği durumlarda; yapılan işlerin niteliğine göre bağlantı noktaları ya da yaşam hatları oluşturularak tam vücut kemer sistemleri ya da benzeri güvenlik sistemlerinin kullanılması sağlanır (Nazlıoğlu, 2014). Bahsedilen bu güvenlik önlemleri ile Uçak Bakım hangarlarında çalışma güvenliği sağlanabilmektedir. Uçağın aerodinamik yapısı gereği bulunan keskin ve sivri bölgeler meydana gelecek kayma, düşme ve uçak yüzeyine çarpma kazalarının yaralanma etkisini arttırıcı bir role sahiptir. Özellikle uçuş hatlarında çalışan uçak bakım personeli tarafından koruyucu kask kullanılarak çarpmalarda en çok yaralanan baş bölgesi için önlem alınabilir. Ayrıca kaymaya dirençli ayakkabıların kullanımı sağlanarak özellikle yağ, hidrolik sıvısı ve yakıt damlamaları sonucu yer kaplamaları yüzeyinde oluşan tehlikeli durumun etkileri azaltılabilir. Son olarak personelin kullanımına sunulan elbiselerin üzerlerine göre olması sağlanarak bol elbiselerin kullanımının engellenmesiyle takılma nedeniyle oluşabilecek kazalar azaltılabilir.

#### **4.1.5. Hava Alığı ve Jet İtki Tehlikesi**

Jet motorları Newton'un 3. Hareket yasası olan etki tepki yasasına göre geliştirilmişlerdir. Yasa, "Her kuvvete karşılık, her zaman eşit ve ters bir tepki kuvveti vardır veya iki cismin birbirine uyguladığı kuvvetler her zaman eşit ve zıt yönelimlidirler" şeklinde açıklanmaktadır (Wikipedia, 2016). Jet motorları çalışırken motorun ilk dönü hareketini almasıyla birlikte ön hava alığı kısmından hava emilimi başlar ve kompresör kısmında sıkıştırılan, yanma odalarında yakıtla birlikte yakılması sonucu elde edilen enerji ile birlikte türbinlerin dönmesi sonucu hareket elde edilmesiyle hava aracının ihtiyaç duyduğu itki kuvveti üretilir.

Özellikle askeri jet uçaklarının ihtiyacı olan ses üstü hızlara ulaşabilmesi için sahip oldukları motorlar oldukça güçlü olarak geliştirilmişlerdir. Dördüncü nesil uçaklarda üretilen güç 30.000lb'ye yaklaşırken beşinci nesil uçaklarda 40.000lb'ye ulaşmıştır. F-16 uçağının motora giden hava akışını düzenleyen hava alığının gövde altında, yere yakın olması ve motorunun üretmiş olduğu 29.000lb'lik yüksek itme gücü nedeniyle oluşan çekme (emme) kuvveti oldukça yüksektir. Bu nedenle uçağın çalışma esnasında hava alığının ön tarafından yaklaşıması 25 feet'lik (7.6m) mesafe içinde tehlikeli bulunmuştur. Tehlikeli sahanın içine girilmesi durumunda hava alığında oluşan çekme kuvveti nedeniyle bakım personeli hava alığı tarafından emilmesi sonucu yüksek ölüm riski ile sonuçlanabilen iş kazaları meydana gelebilecektir. Hava alığının yabancı cisimleri emmesi sonucunda ise yüksek maliyetli motor arızaları meydana gelebilir. Bu nedenle özellikle jet motorlara sahip hava araçlarında çalışma sahaları düzeni çok önemli olduğu bilinmektedir.

Jet motorların üretmiş olduğu yüksek itki gücü hava aracının türüne göre değişiklik göstererek egzoz bölgesinden 60 feet (18m) ile 1600 feet (488m) arası bir mesafede oldukça etkili olmaktadır. Hava aracı çalışması sırasında kuyruk ve egzoz bölgesinde gerçekleştirilen kontrollerde ve yerde hava aracının yaptığı manevralarda egzoz etki alanına dikkat edilmelidir.

#### **4.1.6. Aydınlatma**

Uçak bakım çalışma sahalarında karşılaşılan sorunlardan biri de yetersiz aydınlatmadır. Chang ve Whang'ın yapmış oldukları çalışmada çalışanlar aydınlatma oranını %18 olarak belirlemişlerdir. Hava aracı bakım sahalarında aydınlatma yönünden en uygun alanlar uçak sığınakları ve bakım hangarlarıdır. Uçuş hatlarında bulunan uçak havuzları ve açık penler ise aydınlatmanın yetersiz kaldığı alanlar olarak bilinir. Sabit aydınlatma direklerinin yanında, seyyar jeneratörlü aydınlatma cihazları ile açık sahalarda aydınlatma işlemleri sağlanmaktadır. Bu sahalarda üstten aydınlatma yapıldığından dolayı uçağın alt kısımlarında karanlık bölgeler oluşmakta, çalışma güvenliğini tehlikeye

düşürmektedir. Büyük gövdeli uçaklarda ise kabin içinde yakıt tanklarında ve diğer kapalı alanlarda yapılan çalışmalarda aydınlatmanın önemi daha da artmaktadır. Özellikle yakıt tanklarında yapılan çalışmalarda özel amaçla üretilen aydınlatma donanımları kullanılmalıdır.

#### **4.1.7. İklim Şartları**

Uçuş hatları iklim şartlarının çalışanlar tarafından en çok hissedildiği sahalardır. Atölyeler ve hangarlar iklimlendirme tertibatları sayesinde soğuk ve sıcak havalarda çalışmak için daha elverişli bölgelerdir. Günümüzde hava araçlarının her hava şartında uçabilir olması bakım personelininde her hava şartında hava aracını uçuşa hazır hale getirmesi anlamına gelmektedir. Güney bölgelerimizde bulunan bölgelerde yaz mevsiminde 50° sıcaklığa ulaşan hava şartları kışın ise kuzey ve özellikle iç bölgelerde (-)25° dereceye kadar düşmektedir. Bu çalışma ısılarının insan bedeni üzerinde ciddi etkileri bulunduğu değerlendirilir. İklim şartlarından en az etkilenmenin yolu uygun ve ergonomik çalışma elbiselerinin geliştirilmesiyle sağlanabilecektir.

#### **4.1.8. Radar, Anten ve Radyasyon Tehlikesi**

Uçaklardaki en önemli radyasyon kaynağı uçağın burun kompartımanında bulunan radarıdır.

Başta haberleşme olmak üzere dost düşman tanıma, elektronik savunma ve karşı taarruz işlemlerinde kullanılan antenlerde radyasyon kaynağı olarak tanımlanmaktadır. Uçağın yerde çalışması sırasında olası bir pilot kontrolü ile radarın yerde devreye girmemesi için teknik olarak kısıtlayıcı önlemler alındıysa da bunların devre dışı kalabileceği veya pilotun istemeden de olsa radarı devreye alabileceği asla unutulmamalıdır. Uçağın bakım, arıza sonrası veya uçuş öncesi ve uçuş sonrası yapılan kontrollerinde sinyal yayan antenlerden mutlaka teknik emirlerde belirtilen mesafeler içinde uzak durulmalıdır. Bunun mümkün olmaması durumunda ise yapılacak kontrol işlemi en kısa zamanda tamamlanarak anten etrafından uzaklaşılmalıdır.

Uçağa veya parçalarına yapılan özel bakımlardan biri de tahribatsız çatlak kontrolüdür. Tahribatsız muayene kontrolünün amacı uçağın ana gövdesinde, yük altında bulunan parçalarda ve motorda meydana gelebilecek çatlağın önceden tespit edilerek kaza-kırım oluşmadan gerekli müdahalenin yapılmasını sağlamaktır. X ray cihazı çalışırken yeterli güvenlik alanlarının kullanılması, çevre güvenliği için uyarı işaret ve levhaların kullanılması, çalışmalar süresince düzenli radyasyon ölçümlerinin yapılması, ışınlanmanın sadece gereken sürelerde yapılması, kapalı ışınlama odası duvarlarının yeterli korumada veya ışınlama anında güvenli mesafede bulunulması önlemlerinin alınmasıyla bakım esnasında oluşabilecek riskin etkileri en aza indirilmelidir.

#### **4.1.9. Yüksek Basınçlı Gazlar**

Acil iniş takımlarının açılmasında, hidrolik sisteminin basıncının yükseltilmesinde, motora ilk dönü hareketini veren Jet Fuel Starter (JFS) sisteminin çalışmasında, uçağın iniş takımlarındaki ana dikmelerinde ve lastiklerinde yüksek basınçlı gazlar kullanılmaktadır. Gazı tehlikeli kılan yönü ise yüksek basınç altında sistemlere veriliyor olmasıdır. Yaklaşık 3000 psi ile sistemlere verilen nitrojen gazı ikmalde esnasında çok dikkatli olunmalıdır. Tüp üzerindeki regülatörler ve boru sistemindeki yağlar ve indirgen maddeler özellikle temizlenmelidir. Çünkü basınçlı oksitleyicilerin yağ veya gresle etkileşmesi patlamalara neden olabilir. (Kendir, 2013)

#### **4.1.10. Yoğun Çalışma Temposu**

Havacılıkta zaman en kısıtlı olarak sunulan imkânlardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Gerek askeri amaçlı gerekse ticari amaçlı hava araçlarının servise verilmesi sürecinde en önemli ortak özellikleri, yerde gerçekleştirilen çalışmaların en kısa sürede tamamlanması üzerine tasarlanmış olmalıdır. Hava araçlarının faaliyet sürelerinin en aza indirilmesi ve her an göreve hazır halde bulundurulması çoğu kere kısıtlı zaman, kısıtlı teknik imkânlar ve hatta kısıtlı personel şartları altında gerçekleşmektedir. Böylesi durumlar olumlu emniyet kültürüne sahip, mesleğinde bilgili, tecrübeli ve soğukkanlı kalmayı başarabilen çalışanlar ve yöneticiler sayesinde aşılabilecektir.

### **4.2. Kimyasal Tehlikeler**

Hava araçlarının sistemlerinin çalışmasında, bakım ve arıza giderme işlemlerinde yetmişten fazla kimyasalın kullanıldığı bilinmektedir. Kimyasallar kullanıldıkları alanlara göre katı, sıvı ve gaz formunda olmak üzere üç başlık altında gruplandırılmıştır. Birçok kimyasal endüstride farklı alanlarda kullanıldığı gibi bazı kimyasallar ise sadece hava aracında kullanılmak üzere özel üretilmiştir. Her ne amaçla kullanılırsa kullanılsın, birçoğunun ortak özelliği insan sağlığı için zararlı, kanserojen hatta mutajen olmasıdır.

#### **4.2.1. Katı Kimyasallar**

Katı kimyasallar grubunda incelenen tozların boyutları 5 ve 0,5 mikron arası olanların akciğerlerimiz için tehlike oluşturmaktadır. Bu tozlar akciğerlerde bulunan alveollerde birikerek atılamazlar ve kanser başta olmak üzere birçok ölümcül hastalığa neden olmaktadır(Kara, 2015). Beş mikrondan küçük parçacıkların (PM 2,5) akciğerlerin yanında kalbi, gözü ve zihin sağlığını da etkilediği bilinmektedir. Yeni yapılan araştırmalara göre beş mikrondan küçük parçacıklar aynı zamanda kemiklerde erimeye neden olduğu bulunmuştur.

Uçakta kullanılan katı kimyasalları incelediğimizde;

#### **4.2.1.1. Kompozit, Karbon ve Benzeri Yapılar**

Yeni nesil hava araçlarının üretiminde özellikle de gövde parçalarının üretiminde alüminyum yerini daha hafif ve daha dayanıklı olan kompozit malzemeye bırakmaktadır. Üretilen hava araçlarında kullanılan malzemelerin yüzde elli beşe yakını kompozit malzemelerden oluşmaktadır. Gövde kaplamasında kullanılan kompozitlerin yekpare olması, yapılan müdahalelerde özel önlemler alınmasına neden olmaktadır. Bu işlem kompozit yapımında kullanılan karbon fiber tozların müdahale esnasında bakım hangarında çalışan diğer çalışanların etkilenmesini önlemek için uçağın işlem yapılan bölümü hangar sahasından yalıtılarak gerçekleştirilmelidir. Karbon tozları inorganik tozlar grubuna girer ve fibrojenik özellikleri vardır. Özellikle talaş kaldırma işleminde yapılan müdahalelerde mutlaka önlem alınmalıdır aksi halde bu tozlar çalışanlarda Asbestosis hastalığına neden olmaktadır. (Kara, 2015)

##### **4.2.1.1.1. Grafit Epoksi**

Dördüncü nesil uçaklarda ana uçuş kumanda yüzeylerinde kullanılan yapısal bir malzemedir. Genelde bal peteği ile oluşturulan yapının kaplanmasında kullanılır. Yüzeyde meydana gelebilecek delinme, çatlama veya kırılma gibi nedenlerle havaya karışabilen grafit tozları çok tehlikeli olup solunum yollarında kansere neden olacağı bilinmektedir. Bu nedenle kumanda yüzeylerinde oluşabilecek boya kalkmalarında veya çizilmelerde mutlaka ilgili ihtisasa bilgi verilerek olay yerinden uzaklaşılmalıdır(Erol,2017).

##### **4.2.1.1.2. Asbest**

Hava aracının balatalarında ve ısıya karşı korunma istenen bölgelerde ve sabit parçalar arasında kullanılan sızdırmazlık elemanlarının yapısında asbest ve türevlerinin olduğu bilinmektedir. Asbestte inorganik tozlar grubuna girer ve kanserojen etkiye sahiptir. Özellikle uçağın uçuştan dönüşü ve park işlemi sırasında yoğun olarak frenleme yaptığından dolayı balata bölgesine gereğinden çok yaklaşılmaması, lastik değişiminde ise gerekli koruyucu tedbirler alınarak işlemin gerçekleştirilmesi gerekmektedir(Erol,2017).

##### **4.2.1.1.3. Macun ve Yapıştırıcılar**

Tank tipi metal yakıt depolarının sızdırmazlığı başta olmak üzere uçağın birçok iç yüzeylerinde macunlar ve yapıştırıcılar kullanılmaktadır. Bu tür kimyasalların cilde teması ile birlikte cilt üzerinde tahrişler meydana gelmektedir. Kimyasalların uçak üzerinde uygulaması sırasında koruyucu donanımlar mutlaka kullanılmalıdır.

#### **4.2.2. Sıvı Kimyasallar**

Hava aracının birçok sisteminin görevini yerine getirmesinde sıvılardan faydalanılmaktadır. Özellikle yüksek güç gereken hidrolik sistemde kullanılan hidrolik sıvısı, motorun soğutulması başta olmak üzere farklı amaçlarla ve farklı sistemlerde kullanılan motor yağı ve uçağın yakıtı uçak üzerinde en yaygın olarak kullanılan sıvılara örnekler olarak verilebilir. Ayrıca uçağın periyodik bakımlarında, arıza giderme işlemleri başta olmak üzere yapılan özel bakımlarda, tahribatsız kontrollerde, yıkama işlemlerinde ve birçok alanda kimyasal sıvılardan faydalanılmaktadır.

##### **4.2.2.1. Organik Çözücüler**

Hava aracına yapılan bakım işlemlerinde ve arıza giderme işlemlerinde birbiri üzerine çalışan parçaların yağ veya gresten arındırılması aşamasında kullanılırlar. Uçak bakım çalışma sahalarında en çok kullanılan çözücü kimyasal solvent ve türevleridir. Solventlerin cilt ve solunum yolları üzerinde kanserojen bazı türlerinde ise mutajen (Biyolojide canlı organizmaların DNA veya RNA gibi hücresel bilgi ve yönetim zincirlerinin moleküler yapısını değiştirerek söz konusu organizmanın doğal olarak beklenen seviyenin çok üzerinde mutasyona uğramasına sebep olan fiziksel veya kimyasal etmenlerdir.) belirtiler gösterdiği bilinmektedir. Solventlerin cilde, göze temas etmesi ve solunmasından mutlaka kaçınılmalıdır. Uçak bakım hangarlarında yapılan büyük çaplı bakımlarda ve arıza giderme işlemlerinde parçaların kontrolü için yapılan temizleme, lastik atölyesinde jantın ve iç kısmında bulunan rulmanların temizlenmesi, yer destek teçhizatlarında yapılan bakım işlemleri solventin yoğun miktarlarda kullanıldığı alanlardır (Erol, 2017).

##### **4.2.2.2. Motor Yağı**

Hava araçlarında yakıttan sonra en çok kullanılan sıvı kimyasallardandır. Motorda ve çeşitli sistemlerin soğutulmasında ve yağlanmasında kullanılmaktadır. Motor bakım atölyelerinde yapılan planlı bakımlarda veya arıza giderme işlemlerinde yağ sıçraması sıkça karşılaşılan kazalardan biridir. Uçağa yapılan ikmal işlemlerinde gerekli önlemler alınarak işlemler gerçekleştirilmelidir.

##### **4.2.2.3. Hidrolik Sıvısı**

Hava araçlarında ana ve yardımcı kumanda yüzeyleri, iniş takımlarında ve hava aracının tipine göre farklılık gösteren çeşitli sistemlerde kullanılmaktadır. Hidrolik sıvısı ikmal, sistemlerin test ve kontrollerinde temasa açık hale gelmektedir. Bu durumda koruyucu önlemler alınarak sıçrama ve çeşitli nedenlerden dolayı cilde ve göze temasından kaçınılmalıdır.



#### 4.2.2.4. Hidrazin

Hidrazin hava aracının güç ünitesi belirli durumlarda devreden çıktığında hayati öneme sahip sistemlere takat sağlayan acil güç ünitesi EPU (Emergency Power Unit)'da kullanılan bir yakıttır. Yaklaşık yüz yıldır endüstride bilinmekte ve kullanılmaktadır. Hidrazin yüksek düzeyde kanserojen, korozif ve kokusuz bir sıvıdır. Hava aracı üzerinde tehlike iki şekilde ortaya çıkmaktadır. Depodan kaçak olması veya sistemin devreye girmesiyle egzozdan atıkların açığa çıkması şeklinde. Depodan kaçak yapması durumunda hidrazin kaçaklarının tespit edilebilmesi için amonyak ilave edildiğinden dolayı amonyak kokusu ortaya çıkar ve kaçak oluşan alanda bulunan gözlem noktasında renk değişimi görülür. Diğer durumda ise sistem havada devreye girebileceği gibi yerde de girebilir ve sistem çalışma göstergesinde değişim gözlenir. Her iki durumda da hava aracı yanından uzaklaşılmalı ve özel timler çağrılarak gerekli müdahalelerin yapılması sağlanmalıdır. Hidrazin kimyasalının her türlü ikmal ve temizleme işlemlerinde özel ekipmanlar giyilerek gerçekleştirilmektedir. (Erol, 2017)

#### 4.2.2.5. Yakıt ve Yakıt Tankı Çalışmaları

Hava araçlarında genel olarak kullanılan yakıt türü JP-8'dir. JP-8 korozif etkileri azaltılmış ve çok hızlı buharlaşabilen patlayıcı bir yakıttır. Jet yakıtı bulunduğu ve yutulduğunda zehirli olabilmekte, göz ve deri ile temasında tahrişe neden olabilmektedir. Jet yakıtının ana bileşeni olan benzen kanserojen olarak bilinmekte ve bu nedenle güvenlik standartları gereği bakıma alınan uçakta öncelikle yakıtın boşaltılması gerekmektedir (Wieher, 2014). Yakıt tankı çalışmalarında, istenilen oksijen seviyesi % 19,5 civarlarındadır. Oksijen maskesinin kullanılacağı durumlarda bu oran % 15' e kadar kabul edilebilir. %19,5'lik standart oksijen oranı sağlansa da teknisyenlerin, maske, gözlük, tulum ve eldivensiz çalışmalarına müsaade edilmez. Yakıt tanklarındaki bakım – onarımlar, genel olarak sızdırmazlık kontrolü veya bu durumun meydana gelmesi halinde yapılan çalışmaları kapsar.

Yakıt tanklarının tabanlarında veya çeperlerinde sızdırmazlık, bostik denilen saelent özellikli bir kimyasal ile sağlanır. Bu malzemenin zamanla aşınması veya deforme olması durumunda, yakıt kaçakları meydana gelir. Yakıt tankı çalışmalarının temel amacı, olası yakıt kaçaklarını tespit etmek ve sızdırmazlığını yitirmiş bölgelere gerekli onarım işleminin uygulanmasıdır (Nezer, 2016).

#### 4.2.2.6. Sıvı Oksijen

Pilotun özellikle yüksek irtifalarda ihtiyaç duyduğu oksijenin uçak üzerinde depolanması sıvı olarak yapılmaktadır. Bir birim sıvı oksijen 869 kat genişler

gaz haline dönüşmekte, bu sayede uzun uçuş sürelerince pilota istenen miktarda oksijen akışı sağlanabilmektedir. Sıvı oksijen uçuş hatlarında bulunan sıvı oksijen ikmal istasyonlarında basınçlı kaplara ikmal edilmesi sonrası hava aracına takılır. Sıvı oksijenin ısısı (-)183°dir. Bu düşük ısıdaki oksijen insan cildine veya gözüne temasında çok ağır sağlık sorunlarına sebebiyet verebilir. Ayrıca ortamda bulunan yağ ve hidrolik benzeri kimyasallar ile temas edilmesi sonucu patlamalar meydana gelebilir.

#### **4.2.2.7. Korozyon Önleyiciler**

Hava araçlarının en önemli yapısal tehditlerinden birisi de korozyondur. Bu nedenle bakım sonrasında korozyon tehlikesine açık olan bölgeler parçalar korozyon önleyici sıvılar ile kaplanarak montajlanırlar. Korozyon önleyicilerin gözlere teması tahrişe neden olurken, cilde teması da kuruma ve çatlamalara neden olabilir. Bu kimyasal cilt tarafından emilip merkezi sinir sisteminde sorunlara neden olabilir. Çok fazla solunması, solunum sisteminde tahrişe, mide bulantısı, baş dönmesi veya baş ağrılarına Fazla maruziyetlerde ise, ürünün buharı kendini kaybetmeye, nefes darlığına, bilinç kaybına ve maruz kalma miktarı ve süresine bağlı olarak diğer etkilere neden olabilir. (MSDS Güvenlik Bilgi Formu, 2008)

#### **4.2.3. Gazlar ve Buharlar**

Uçağın çalışmasında açığa çıkan egzoz gazıyla birlikte akaryakıtla çalışan motorlara sahip yer destek cihazları ile uçak sığınaklarında yapılan korunmasız çalışmalarda solunum sistemi ciddi sağlık sorunlarıyla karşı karşıya kalmaktadır. Ayrıca kullanılan kimyasalların birçoğunun organik çözücü grubunda olması nedeniyle solunum sisteminin yanında sinir sisteminin de geri dönüşü olmayan ağır tahribatlar aldığı bilinmektedir. Gazlarla yapılan çalışmaların etkileri anlık (akut) görülmediğinden dolayı kişisel önlem almada yeterli özen gösterilmediği ve bu nedenle uzun vade sonunda meslek hastalıkları ile sonuçlandığı bilinmektedir.

##### **4.2.3.1. Kaynak Gazı**

Kaynak işlemi yapısal atölyeleri tarafından uygulanmaktadır. Burada uçak gövdesinde kullanılan başta alüminyum olmak üzere birçok farklı metalin kaynakları yapılmaktadır. Kaynak işlemi sırasında oluşan ark; kaynak işlemine tabi tutulan malzemenin ısınmasına (örneğin, oluşan ısı 3000 – 4000 C'tir.) ve hatta yanmasına neden olmaktadır. Kaynak yapım sırasında bu etmenlerin de etkisiyle oluşan kimyasalların, özellikle solunum yollarına zararı büyüktür. Duman ve gazların miktarı ve bileşimi, kaynak yapılacak metalin bileşimine doldurulan malzemenin bileşimine, akım seviyesine ve ark süresine bağlıdır. Bu

duman ve gazlara fazla miktarda maruz kalmak genelde mide bulantısı, baş ağrısı, baş dönmesi ve metal dumanı ateşi (metal fume fever) denen hastalığa neden olur. Zehirli maddelerin bulunması halinde çok ciddi başka etkiler de görülür (Tan, 2008).

#### **4.2.3.2. Lehim Buharı**

Lehimleme işlemi, avionik atölyelere ait birimlerde sıkça uygulanan bir işlemdir. Lehimleme dolgu malzemesi olarak farklı uygulamalar için çeşitli alaşımlar kullanılır. Örneğin elektronik devre montajında 63% kalay ve 37% kurşun, ötektik alaşımı (ya da performansı ötektik olana çok yakın 60/40) tercih edilir. Kalayın vücudumuza Akut etkileri ise; Göz ve cilt tahrişleri, Baş ağrısı, Karın ağrısı, Bulantı ve baş dönmesi, Şiddetli terleme, Nefes darlığı, İdrara çıkma problemleri, Kronik etkileri ise; Depresyon, Karaciğer hasarları, Bağışıklık sistemlerinin yetersizliği, Kromozomsal zedelenme, Kırmızı kan hücrelerinin eksikliği, Beyin zedelenmesi (asabiyet, uyku bozukluğu, unutkanlık ve baş ağrılarının neden olur) şeklinde görülmektedir. (İzmiralternatif)

#### **4.2.3.3. Halon**

Uçak yangın söndürme sisteminde kullanılır. Uçağın gövdesi yara aldığı anda sistem devreye girer ve halon gazı havadan ağır olduğu için hava ile yakıt arasına girerek yakıtın alev almasını önler. Halon ozon tabakasını incelten gazlardan olduğu için kullanımı kontrollü sağlanmaktadır.

Halon'un bilinen zararları, tanımlanamamış rahatsızlıklar, mide bulantısı, baş ağrısı veya zayıflık gibi ya da geçici merkezi sinir sistemi depresyonu sebebiyle; baş dönmesi, baş ağrısı, birbirine karıştırma, koordinasyon bozukluğu ve bilinç kaybı. Daha yüksek(%13'den büyük)maruz kalmalarda şu etkiler gözlenebilir; kalbin elektiriki aktivitesinde nabızla beraber geçici değişiklik, çarpıntı ve düzenli olmayan dolaşım, daha önceden var olan merkezi sinir sistemi hastalığı veya kardiyovasküler sistemle alakalı hasta bireylerin duyarlılığı bu toksisiteye karşı aşırı maruz kalmada arttığı gözlenmiştir (MSDS, Halon 1301 Dupont, 2002).

#### **4.2.3.4. Damlacıklı Egzoz Gazı**

Motorun ilk çalışması anında egzozdan çıkan gazların yanında yüksek miktarda yanmamış damlacıklı yakıt açığa çıkmaktadır. Ayrıca hava aracının ialve bir takat olmadan çalışmasını sağlayan JFS jet fuel starter sistemi ve arıza giderme ve test işlemlerinde kullanılan yer destek cihazlarından çevreye yayılan egzoz gazı da hava aracı bakım teknisyenleri için ilave bir tehlike kaynağıdır.

### **4.3. Elektrik Tehlikeleri**

Yüksek akımla beslenen uçak parçalarının elektriksel bağlantıları yapılırken alınmayan önlemler, elektrik çarpmaları sonucu ağır yaralanma ve ölümlerle sonuçlanan iş kazalarına sebebiyet verebilir. Böyle bir durumla karşılaşmamak için, uçak bakım – onarımlarında, statik elektriklenmeye karşı çok ciddi ve etkili önlemler alınmaktadır. (Nezer, 2016).

### **4.4. Yangın ve Patlayıcılar**

Kullanılan kimyasalların uygun koşullarda depolanmaması ve kullanımı sırasında alev alabilme özelliği olan kimyasallar nedeniyle yangın ve patlama riski artmaktadır. Metil alkol, aseton ve solvent'lerin kaynama dereceleri düşük olduğundan dolayı çok hızlı buharlaşmaktadırlar.

Bu kimyasalların kullanımı sırasında elektrikli ekipman kullanımı gibi tutuşturucular, kimyasal reaksiyonlar, statik elektrik gibi etkenler patlama ve yangın olasılığını dikkate almayı gerektirmektedir (Nazlıoğlu, 2014). Kapalı alan olan yakıt tankı çalışmalarında jet yakıtı tehlikeli kabul edilen patlayıcı bir sıvıdır.

Havada normalde % 20,8 oranında oksijen vardır ve bu yanma için yeterli bir miktardır. Bununla beraber oksijenin havada oranının artması maddenin yanma ve patlama ihtimalini artırır. Oksijence zengin ortam (% 22'den fazla) giysi ve saç gibi patlayıcı maddelerin şiddetle tutuşmasına neden olur. (Nazlıoğlu, 2014)

Patlama tehlikesinin en yüksek olduğu çalışma sahalarından bir diğeri de "Mühimmat Monte İstasyonları"dır. Mühimmat monte işleminin yapılmasında, taşınması ve hava aracına takılması sırasında statik elektrik tehlikesine çok dikkat edilmeli ve teknik emirler mutlaka uygulanmalıdır. Askeri hava araçlarında acil bir durum meydana geldiğinde pilotun kurtarılması sağlayan sandalye ve kanopi fırlatma sistemleri de patlayıcılar içermektedir. Bu nedenle gerek patlayıcılara yapılan kontrollerde, gerekse sistemlerin genel kontrollerinde güvenlik uyarılarına çok dikkat edilmelidir.

### **4.5. Ergonomik Tehlikeler**

Zayıf ergonomik düzene sahip işyerlerinde çalışmalar; çalışanları çeşitli risklere maruz bıraktığından dolayı endüstri işletmelerinde, mesleki kas ve iskelet sistemi hastalıkları yaygın olarak rastlanan bir sağlık sorunudur. Kas ve iskelet sistemi rahatsızlıkları iş verimliliğinde azalmaların, iş günü kayıplarının, yorulmaların ve sakatlanmaların temel sebeplerinin başında gelmektedir. (Nazlıoğlu, 2014) Doğal olmayan duruşlar kas ve eklemlere baskı yaparak vücudun fiziksel limitlerini zorlar. Bu nedenle çalışanlarda kas iskelet sistemi rahatsızlıkları görülme ihtimali artmaktadır.

#### **4.5.1. Hava aracı dış bölgelerinde çalışma**

Uçağın üzerinde veya altında yapılan çalışmalarda dengede durmak zor olduğundan dolayı dizleri bükerek çalışmak yerine, dizleri yere veya gövde üzerine koyarak çalışmak tercih edilmektedir. Özellikle kuvvet isteyen işlemlerde dize binen yük daha da artmakta ve dizin hasarlanmasına neden olmaktadır. Uçağın üzerinden gövde kapakları sökülerek iç bölgelere yapılan müdahalelerde en sık rastlanan sorun sıkışma ve ezilmelerdir. Çalışılan alanlar çok dar mecralar olduğundan dolayı yapılan müdahaleler görmeden el yordamıyla yapılmakta ve bu durumda istenmeyen kazalara neden olmaktadır.

#### **4.5.2. Hava aracı iç bölgelerinde çalışma**

Hava aracının kabin içinde, yakıt tanklarında ve diğer alanlarında yapılan bakım, kontrol veya arıza giderme işlemlerinde vücudu yoran ters veya zorlu hareketler yapılmaktadır. Bu durum sonunda istenmeyen ağırlar ve küçük çaplı ezilmeler oluşmaktadır. İniş takımları, hava alığı, egzoz bölgesi ve motor kompartımanı bölgeleri de vücut postürüne uygun olmayan zorlu çalışma sahalarıdır.

#### **4.5.3. Kaldırma**

Hava aracı üzerinden elektronik cihazların, ana lastiklerin, iniş takımları gibi ağır mekanik parçalar ile birlikte yer destek cihazları olmadan uçak üzerine takılan her türlü mühimmat veya podların takılması ve sökülmesi ve elle taşınması işlemlerinde kaldırma hareketi uygulanmaktadır. Elle yapılan taşıma işlemlerinde 23kg'ı aşan her türlü malzeme gerekli teçhizatlar ile gerçekleştirilirken altında kalan yükler için elle kaldırma ile ilgili güvenlik tedbirleri mutlaka uygulanmalıdır.

### **UÇAK BAKIM ÇALIŞMA SAHALARINDAKİ TEHLİKELERİN ÇALIŞANLAR ÜZERİNE OLAN ETKİSİ**

Araştırmanın bu bölümünde hava aracı bakım sahalarında meydana gelen tehlikelerin çalışanlar üzerinde yapmış olduğu etkiyi inceleyen önemli bir çalışma değerlendirilecektir. Amerikan savunma bakanlığına bağlı dört kuvvetin sahip olduğu havacılık birimlerinde 2011 ve 2017 yılları arasında meydana gelen kazalardan 8670 iş günü kaybı olduğunu ortaya çıkarmıştır. Yapılan çalışmada meydana gelen kazalar en çok baş, sırt ve elleri etkilediği ortaya çıkmıştır. Ortaya konulan veriler havacılıkta ihmal edilen yer emniyetinin aslında çalışanlar sağlığı üzerine nasıl etkileri olduğunun açık bir göstergesi. Öte yandan ticari kuruluşlar dahi bu bilgileri çok kısıtlı veya üzeri örtülü olarak paylaşıyorlarken askeri bir kurumun açıkça paylaşması da emniyet kültürünün gelişimi ve kamu adına faaliyet gösteren kurumun yönetim şeffaflığı adına önemli olduğu değerlendirilmektedir.

*Hava Aracı Bakım Kuruluşlarında Örgüt Kültürü İçinde Olumlu Emniyet Kültürünün Önemi ve Uygulama Teknikleri*

*Tablo-1 ABD Askeri Havacılığında 2011-2017 yılları arasında meydana gelen yer kazalar sonucunda etkilenen organ veya uzuv, yaralı sayısı ve kayıp gün sayıları*

ETKİLENEN ORGAN	YARALI SAYISI	KAYIP GÜN	ETKİLENEN ORGAN	YARALI SAYISI	KAYIP GÜN
Alerji	9	16	Yüz	27	111
Diş	2	3	Kol	26	284
Dirsek	20	316	Bilek	26	350
EI	128	729	Kasık	6	28
Bilek	84	1088	Ayak	44	425
Baş	280	946	Solunum sistemi	5	12
Çene	1	4	Boyun	22	93
Omuz	49	668	Dalak	1	38
Sırt	186	962	Popo	5	34
Kalça	3	22	Fıtık	11	274
Bacak	26	384	Diz	73	843
Yanık	3	9	Susuzluk	6	9
Soğuk Isırığı	3	15	Çıban	4	32
Şok	3	30	Ruh bilimsel	2	3
Bilinmeyen	2	3			

Bu tablo sadece üzerinde belirtmiş olduğu rakamları göstermemektedir. Aslında bu tablo incelendiğinde raporlama kültürünün çalışanlar tarafından çok iyi algılandığını ve etkili bir adalet kültürü sayesinde çalışanların “bana bir şey olur mu?” sorusunu sormadan yönetime olan güven sonucu kazaları raporladıkları görülmektedir. Ayrıca tablo incelendiğinde raporlama kurumda bulunan sisteminin de çok etkili olarak çalıştığı detaylardan anlaşılmaktadır.

## **HAVA ARACI BAKIM ÖRGÜTÜ ÇALIŞANLARINDA OLUMLU EMNİYET KÜLTÜRÜNÜ OLUŞTURMAYA DAİR YÖNTEMLER**

Günümüzde binlerce hava aracı gökyüzünde beklenen görevini yerine getiriyorsa kuşkusuz bunun arkasında gece, gündüz ve her türlü iklim şartında yukarıda değindiğimiz ölümcül tehlikeler içinde görevlerini yerine getiren hava aracı bakım çalışanları olduğu ve onları korunmanın en önemli adımlarından birinin örgüt kültüründe olumlu emniyet kültürüne gereken önemi vermek olduğu değerlendirilmektedir. Olumlu emniyet kültürüne sahip ve belirlediği ilkeler çerçevesinde uygulama hassasiyeti sergileyen bir yönetim anlayışı ve bu çerçeveler içinde çalışma etiği gereklerini kavramış bir çalışan topluluğu ile örgüt, amaca yönelik belirlediği hedeflere ulaşabilir. Çalışmanın bu bölümünde örgüt yönetiminde alınacak önlemler ve hayata geçirilecek yöntemlerle örgüt yönetimi içinde olumlu emniyet kültürünün gelişimine dair ilerlemelerin olacağı değerlendirilmektedir.

### **Risk Yönetim Hiyerarşisinin Sürekli Geliştirilerek Uygulanması**

Havacılık çok hızlı gelişen ve geliştirilen teknolojilerinin birçoğunun ilk defa hava araçları üzerinde uygulandığı bir sektör olarak bilinmektedir. Hatta her yeni hava aracında yeni teknolojilere rastlanılmakta ve bu sistemler veya geliştirilen cihaz veya gövde elemanları diğer kullanımda olan hava araçlarına da uygulanarak hava araçlarının en önemli özelliklerinden biri olan güncel teknolojileri uygulanmasının sürekliliği sağlanmaktadır. Bu nedenlerden dolayı hava araçları günümüzdeki en güvenilir taşıtlar olarak bilinmektedir. Ancak havacılıktaki bu gelişim hızının hava aracı bakım çalışanları üzerine olumlu katkıları olduğu gibi olumsuz yanlarıyla da yansımaktadır. Yeni geliştirilen sistemlerin bakım ve arıza giderme işlemlerinde nasıl sonuçlar doğuracağı zamanla yapılan çalışmalar sonucu ortaya çıkacağından, bu durum riskin paydaşlarından birinin de hava aracı bakım çalışanları olmasına neden olmaktadır.

Bu nedenlerden ötürü örgüt yönetiminin risk yönetim hiyerarşisini gelişen teknolojilerin etkisi altında takibi ve uygulama süreçlerine göre sürekli güncel tutulmasını sağlamalı ve bunu emniyet kültürü kapsamında çalışma sahalarına yansıtılmasında gereken özeni göstermelidir. Risk yönetim hiyerarşisinin uygulanması yöntemi örgütün olumlu emniyet kültürü ilkelerine sahip olup olmadığının gözle görülebileceği bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Çalışma sahalarında yapılan incelemelerde toplu korunma yöntemleri adına alınan önlemlerden risk yönetiminde en son seçenek olarak tercih edilen kişisel koruyucu donanımların kullanımını dahi gözlemlenebilir.

Havacılık sektöründe risk yönetimi hiyerarşisi kapsamında yapılan çalışmalarda çalışma alanları uçuş hatları, bakım hangarları, özel amaçlı hangarlar (boyama, yıkama, tahribatsız kontrol) ve atölyeler olarak ayrılmıştır.

Çalışma alanlarının genel özelliği bakımından incelediğimizde hangarların çok geniş ve hacimli alanlar olması, uçuş hatlarının açık alanlar olması gibi nedenlerle toplu korunma yöntemleri ve diğer yöntemlerin uygulanmasında istenilen etkinlik sağlanamamaktadır. Risk yönetim hiyerarşisi yöntemleri atölye ortamlarında daha etkili olarak uygulanabilmektedir. Bu nedenlerden dolayı hava aracı bakım sahalarında risk yönetim hiyerarşisine göre kişisel koruyucu donanımların (KKD) kullanımı önem kazanmaktadır. Yapılan inceleme ve gözlemlerde toplum kültüründe emniyet kültürün yer bulamaması, örgüt kültüründe ise olumlu emniyet kültürü adına zafiyetler yaşanması nedeniyle kişisel koruyucu donanımların kullanımının böylesine önemli olduğu bakım sahalarında KKD kullanımında önemli sorunlar görülmüştür.

Bunun üzerine gözlemlere, gerek sivil gerekse askeri personelle yapılan mülakatlara, konuyla ilgili kaynaklardan yararlanarak kişisel koruyucu donanım kullanmamanın altında yatan nedenlerini üç kategoride toplayan KKD Kullanmamanın Etmenleri Matrisi oluşturulmuştur.

Tablo.2. Kişisel Koruyucu Donanım Kullanmamanın Etmenleri Matrisi

Bağlamsal Etkiler Sosyo-kültürel, çevresel, ekonomik ve yönetim etmenlerine bağlı etkiler.	a	İletişim, medya ve çalışma ortamı.
	b	Din/kültür/cinsiyet temelli, sosyo-ekonomik nedenler.
	c	Toplum kültüründe emniyet kültürüne verilen önem.
	d	Devletin iş sağlığı ve güvenliğine yaklaşımı.
	e	Örgüt kültüründe olumlu emniyet kültürünün yeri ve önemi.
	f	Yönetimin tutumu ve konuya göstermiş olduğu ilgi. Olumlu emniyet kültürüne sahip olan veya olmayan yöneticiler.
	g	Çalışanların olumlu emniyet kültürüne sahip olma bilinirliği ve istekliliği.
	h	Bana bir şey olmaz kültürü.
Bireysel ve Grup Kaynaklı Etkiler KKD'lerle ilişkin bireysel algılardan kaynaklı etkiler ile sosyal ortamın ya da arkadaş ortamının etkileri.	a	Kişisel Koruyucu Donanımlara dair bilgi ve farkındalıklar.
	b	KKD'lerin işlevliliğine ve sağlığı koruduğuna dair inanış ve yaklaşımlar.
	c	Yönetim kademesi veya iş sağlığı ve güvenliği yetkililerine duyulan güven ve bunlara dair yaşanan kişisel deneyimler.
	d	Kişinin ve meslektaşlarının kişisel koruyucu donanım kullanımında dair deneyimleri.
	e	Kişinin olumlu emniyet kültürüne sahip olup olmadığı ve etrafına göstermiş olduğu duyarlılığı.
	f	Olumlu emniyet kültürüne sahip olmayan çalışma arkadaşları veya alt kademe yönetici baskısı.
	g	Algılanan ya da sezilen risk/fayda oranı.
Kişisel koruyucu donanımlar ve özgü hususlar Doğrudan kişisel koruyucu donanımlarla ilgili etkiler.	a	KKD'lerin gerçek çalışma şartları kullanımında yaşanan ergonomik sıkıntılar.
	b	KKD'lerin çalışma süresi kullanımında belirtilen sürelere dikkat edilmemesi.
	c	KKD'lerin düşük kaliteli ve ergonomik olmaması.
	d	Uygun işte uygun kkd kullanılmaması.
	e	KKD'lerin kullanım talimatlarına uygun kullanılmaması.



### **Olumlu emniyet kültürü eğitim yönetimi**

Kültürel değişimlerin gerçekleşmesinde özellikle toplum kültürü hafızasında bulunmayan bir kültürün oluşturulmasında eğitimin rolünün önemli olduğu değerlendirilmektedir. Bu nedenle havacılık sektöründe çalışanların olumlu emniyet kültürüne sahip olması için havacılık eğitimine başlanan ilk zamanlardan itibaren emniyet bilincinin de öğrencilerde oluşturulması önemlidir.

Bu nedenle bir eğitim modeli geliştirilmiş ve havacılığı tercih eden öğrencilerin bu eğitim modelinin temel alınarak ve zamanla da geliştirilerek çalışma hayatı boyunca sürekli eğitime tabi tutulması hedeflenmiştir. Bu sayede havacılık alanındaki hızla gelişen teknolojiyle beraber sürekli güncellenen mesleki bilgilerinin yanında emniyet bilgileri de önce bilince sonra kültüre evrimleşmesinin gerçekleşeceği hedeflenmektedir.

Burada ki süreçte önemli bazı noktaların belirtilmesinde fayda görülmektedir;

Verilecek olan eğitimler belirlenen veya etkili olduğu düşünülen en yüksek sürede verilmeli, (zamandan tasarruf edilirken belirlenen amaçlardan uzaklaşılması gerçekleşmemeli)

Verilecek eğitimlerin içeriği sürekli gözden geçirilerek güncellenmeli, bu çalışmalar konu üzerinde uzman kişilere danışılarak gerçekleştirilmeli,

Eğitimler mümkün olduğunca konu üzerinde uzman kişilerce verilmeli,

Yönetimin eğitime bakış açısı çok önemli, bu konuya gereken önem yönetim kademelerince gösterilmediği takdirde, eğitimi alanlarda konuyla ilgili soru işaretleri oluşacak ve ikilemde kalacaklardır,

Eğitim sonunda ölçme ve değerlendirme işlemi uygulanacaksa eğitilenler kurumun personeli dahi olsa kurallardan asla taviz verilmemelidir,

Eğitilenlere eğitimin gerekliliği kavratılmalı, aksi durumda eğitilen eğitimin fazla ve gereksiz bir zaman kaybı olduğu düşüncesine sahip olacaktır,

Eğitim için fiziki ortamlar sağlanmalı aksi halde eğitilende eğitime önem verilmediği kanısı oluşacaktır.

Bir havacının olumlu emniyet kültürüne sahip olabilmesi için planlanan eğitimler;

Havacılık liselerinde

Havacılık meslek yüksekokullarında

Çalışma yaşamı boyunca, şeklinde 3 evrede incelenecektir.

### **Sivil Havacılık Liselerinde Verilmesi Planlanan Eğitimler**

Liselerde havacılığa yeni adım atmış öğrencilerin mesleğe dair bilgilerini öğrenmenin yanında havacılıkta çalışma güvenliğinin de önemli olduğu vurgulanmalı ancak buradaki eğitimler genel havacılık bilgilerinin öğrenildiği ve ihtisaslaşmanın tam anlamıyla gerçekleşmediği dönemde daha çok temel bilgilerde kalmalıdır. Yapılan incelemelerde ders müfredatında havacılık kanunları ve insan faktörleri derslerinin olduğu görülmüş ve aşağıda belirlenen konuların bu başlık altından ayrı olarak daha geniş kapsamlı verilmesi ve öğrencilerde havacılıkta emniyet kültürünün çok önemli bir faktör olduğu belirtilmelidir.

*Temel İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimi*

*Uçak Bakımında İş sağlığı ve Güvenliği (genel)*

*Çalışma Hayatında Değerler ve İş Etiği*

### **Havacılık Meslek Yüksekokullarında Verilmesi Planlanan Eğitimler**

Meslek yüksekokullarında öğrenim gören öğrencilerin tamamı havacılık liselerinden mezun olmamaktadırlar. Dolayısıyla burada verilecek dersler havacılık liselerinde verilen eğitimleri kapsayacak şekilde daha geniş kapsamlı ve fazla ders saatinde verilmelidir. Bu sayede daha önce lisede bu dersleri alan öğrencilerin konu hakkında bilinci ve farkındalığı korunarak artacaktır. Havacılığa yeni adım atmış öğrencilerle liseyi havacılık lisesinde tamamlayan öğrencilerin karşılıklı etkileşimi sağlanarak bu gelişime ayak uydurmasının sağlanması etkili bir ders içeriği ile sağlanabilir. Bu dersler;

*Uçak Bakım Çalışma Sahalarında İş Sağlığı ve Güvenliği*

*Uçak Bakım Sahalarında Çalışma Etiği ve Uygulamaları*

*Emniyet Kültürü ve Alınan Dersler, olarak belirlenmiştir.*

Yapılan incelemelerde ders programlarında genelde insan faktörleri dersinin olduğu görülmekle beraber seçmeli ders olarak bazı yüksekokullarda iş sağlığı ve güvenliği ile havacılıkta insan faktörleri derslerinin olduğu tespit edilmiştir. Yukarıda belirlenen dersler halen verilmekte olan derslere birleştirilerek daha geniş kapsamlı bir eğitim olanağı sağlanacağı düşünülmektedir. Burada önemli olan nokta belirtilen derslerin seçmeli olarak değil zorunlu olarak verilmesidir. Bu dersler öneminden dolayı ve bana bir şey olmaz ki kültürüne sahip bir öğrenci tarafından seçilmeme ihtimalinin oldukça fazla olacağı düşünülmelidir.

### **Çalışma Yaşamı Boyunca Verilmesi Planlanan Eğitimler**

Havacılar için eğitim çalışma yaşamı sürecinde devam eden önemli bir gelişim etkenidir. Gerek havacılık teknolojisinde çok hızlı yaşanan gelişmeler nedeniyle verilen mesleki gelişim eğitimleri ve gerekse çalışma yaşamının diğer

İhtiyaçları üzerine ve kariyer gelişim planı dâhilinde alınması gereken eğitimler çalışma dönemleri içinde önemli bir yer tutar. Burada olumlu emniyet kültürüne katkıda bulunacak eğitimlerden bahsedilecektir.

Uçak Bakım Çalışma Sahalarında İş Sağlığı ve Güvenliği

Güvenlik bilgi formu eğitimi

Güvenli doğru el aletleri ve avadanlık kullanımı eğitimi

Kişisel koruyucu donanım eğitimi

Uçak Bakım Sahalarında Çalışma Etiği ve uygulamaları

Olumlu Emniyet Kültürü ve Alınan Dersler

Burada verilmesi planlanan eğitimlerin tekrarlılığı çalışma sahalarına göre belirlenebilir, önemli olan noktanın temel eğitimi almış olan çalışanların bu mesleki gelişim eğitimlerini mutlaka alması ve sürekliliğinin sağlanması. Aksi bir durumda yoğun meslek yaşamında çalışanlar arasındaki yanlış etkileşimler oluşturulması arzu edilen olumlu emniyet kültürüne önemli zararlar verebilir. Bana bir şey olmaz kültürü meslek yaşantısında uzun yıllar görev yapmış olan çalışanların, meslek hayatına yeni başlayan çalışanlar üzerine olumsuz etkileri olarak görülmektedir. Yönetim kademesi olumlu emniyet kültürü konusunda istekliliğini öncelikle eğitim konusundaki ısrarcı tutumuyla göstermelidir.

### **Raporlama Kültürünün Teşvik Edilmesi ve Geliştirilmesi**

Önen (2017), çalışmasında bir kurumda emniyet kültürünün oluşması için adil kültürün doğru bir şekilde uygulanması gerektiğini belirtmektedir. Adil kültürün doğru bir şekilde uygulanmaması durumunda çalışanlar çok az raporlama yapar, örgütün bilgi kaynakları kurur, emniyetsiz eylemler artar, kurumun itibarı zarar görür, yasal düzenlemelere uyumda başarısızlık artar, kurum risklerin farkında olmaz ve ciddi olay ya da kazalar meydana gelebilir Aktaran (Ustaömer ve Şengür,2019:102).

Ramak kala olaylar bildirilmeli, raporlama kültürü yaygınlaştırılmalı ve bu kültürün oluşturulabilmesinin sürekli bir çaba ve özveri gerektiren uzun dönemli bir strateji olduğu unutulmamalıdır. Örgütler, gerçekçi ve ulaşılabilir amaçlar belirlemeli, buna karşılık güvenlik performansı ile ilgili bir ölçme ve değerlendirme metoduna da sahip olmalıdır. Sadece meydana gelen kazaların değil, ramak kala olayların bile kayıt altına alınması gerekliliği tüm çalışanlara net bir şekilde açıklanmalıdır (Demirbilek, 2005).

Başarılı bir raporlama sisteminde şu özellikler bulunmalıdır (O'leary ve Chappell, 1996: 12):

Kimliğin saklanması. Bunun nasıl sağlanacağı örgütün kültürüne bağlıdır. Bazı çalışanlar yazdıkları raporlarda isimlerinin gizli kalmasını tercih ederler. Bu durum raporla ilgili daha çok bilgiye gereksinim duyulduğunda bir olumsuzluk

yaratmaktadır. Bazı örgütlerde ise raporu yazanın ismi yalnızca birkaç kişi tarafından bilinmektedir.

**Koruma.** Başarılı raporlama sistemlerini uygulayan örgütlerde genellikle üst yönetim, raporlayanı disiplin cezalarına karşı korumada kısmi güvence vermektedir. Bu güvencenin ön şartı genellikle raporlamanın olay gerçekleşikten sonra belirli bir zaman içinde yapılmasıdır. Bazı davranışlar suç teşkil ettiklerinden tam bir korumanın verilmesi olası değildir.

**İşlevlerin ayrılması.** Başarılı raporlama programları, raporları toplayan ve analiz eden birimler ile disiplin izleklerini işleten birimleri ayırmaktadır.

**Geri bildirim.** Eğer rapor gönderen çalışanlara geri bildirim verilmezse çalışanlar gönderdikleri raporların değerlendirilmediğini düşünerek rapor göndermeyi bırakabilir. Raporlayanlara hızlı, yararlı, ulaşılabilir ve anlaşılır geri bildirim verilmesi gereklidir.

**Raporlamanın kolay yapılması.** Örgütler başlangıçta raporlama programlarında cevaplayanlardan yaşadıkları olaylardaki hata tiplerini veya çevre koşullarını dikkate alarak çoktan seçmeli formları doldurmalarını talep etmişlerdir. Ancak, çalışanlardan gelen geri bildirim göstermiştir ki raporlayanlar daha açık ve kendilerini daha az sınırlandıran formları tercih etmektedirler. Bu tip formlarda raporlayanlar başlarına gelen olayı daha ayrıntılı aktarabilmekte ve kendi algılarını ve yargılarını ifade edebilmektedirler. Bu formları doldurmak daha uzun zaman alsa da raporlayanlar tarafından hatanın tekrar yapılmamasına yönelik fikirlerini ifade edebildikleri için tercih edilmektedir.

Sağlıklı raporlamanın yapılamamasının iki önemli neden vardır. Bunlar

Yönetim kademesinin olumlu emniyet kültürüne olan bakışı,

Raporlama amaçlı kullanılan araçların kullanılabilir olmaması

Yönetim kademesinde beklenen emniyet kültürü davranış gereklerine dair daha önceleri bilgi verildiğinden raporlama araçları üzerine yaşanan gelişmeler değerlendirilecektir. Araçların güvensiz ve veri girişlerin hantal yapıda olması çalışanların raporlamaya gereken ilgiyi göstermemelerine neden olmaktadır. Şöyle ki raporlama araçlarının elle doldurulabilir formlardan yapılması veya kurum içi kullanılan yazılımlardan gerçekleştirilmesi özellikle sahalarda görev yapan çalışanlar için çekince veya isteksizlik sebebi olduğu tespit edilmiştir. Amerikan Hava Kuvvetlerine bağlı Emniyet Merkezi bu sorunu çözebilecek bir çalışma gerçekleştirdiği görülmüştür. Bu çalışmada üretilen bir cep telefonu uygulaması sayesinde gizliliğe dikkat edilerek çalışanların ihtiyaç duyduğu an bulunduğu ortamda raporlama yapabilmelerini sağlamaktadır. Bu uygulama sayesinde meydana gelen olaya ait anlık fotoğraf veya video kaydı da

gerçekleştirildiği takdirde raporlama aşamasının çok önemli bir gelişme kaydedeceği değerlendirilmektedir.

### **Bilinçlendirme Çalışmaları ve Özendirme Faaliyetleri**

Olumlu Emniyet kültürünün oluşturulmasının en etkili yönteminin eğitim olduğu ancak eğitimle birlikte kazanılan kültürel alışkanlıkların kalıcılığı ve devamlılığı çok önemli olduğu değerlendirilmektedir. Bunu sağlamak amacıyla personelin eğitimle kazanmış olduğu bilgilerini sürekli olarak taze tutulması, kaza riskinin yüksek olduğu ve daha dikkatli çalışma gerektiren işleri gerçekleştirmeden önce uyarılması, olumlu emniyet kültürünün çalışma sahalarında güvenli davranışların geliştirilebilmesi için sözlü talimatlar, eğitim ve uyarı işaretleri gibi araç, aktiviteler ve bunların sergilenebileceği, iletişim amaçlı kullanılabilceği poster, pano ve afişlerin tasarlanmasının önemli olduğu değerlendirilir. Tasarlanacak bu bilgilendirme araçları ile verilmek istenen mesajların veya yapılması istenen davranışların uyarıları sürekli olarak çalışana görsel iletişim yoluyla anlık olarak verilir. Bilinçlendirme çalışmaları ve özendirme faaliyetleri olumlu emniyet kültürünün gelişmesine yönelik verilen eğitimlerinin pekiştirilmesi ve bilginin bilince, bilincinde kültüre evrilmesinde önemli araçlar olduğu değerlendirilir.

### **Denetim, Kontrol, Ödül ve Ceza Faaliyetleri**

Yüksek emniyet standartlarına sahip örgütlerin en önemli özelliklerinden bir tanesi yalnızca bu tip raporları memnuniyetle karşılamak değil aynı zamanda raporlayanı takdir etmek hatta ödüllendirmektir (Reason ve Hobbs,2003:151).

Denetleme ve kontrol faaliyetleri gerçekleştirilirken olumlu emniyet kültürünün en önemli öğelerinden biri olan adil kültürün çok etkin ve tarafsız olarak uygulanması kalite birimlerinin önde gelen sorumluluğu olduğu değerlendirilir. Örgüt yönetimi adilliği, şeffaf yönetim elemanları ile sağlayabilecektir. Bu kapsamda örgüt hata ve ihlal ayrımında kullanılan kırmızıçizgileri net olarak belirlemeli ve bu konunun önemini çalışanlarına hissettirmelidir. Çalışan bir olay meydana geldiğinde bu olay kalite birimleri tarafından tespit edilirken veya kendisi tarafından raporlanırken olayın hata mı, ihlal mi olduğunun farkında olmalıdır.

Kalite birimlerince yapılan denetlemeler zamanlı ve zamansız olarak ikiye ayrılır. Bu denetlemelerde elde edilen bulguların yanında en önemli denetleme personeli çalışanın kendisidir. Çalışanların raporlama sürecine katkı sağlamları teşvik edilmeli hatta yapılan katkılara göre adil olarak derecelendirme sonucunda ödüllendirilmelidir. Ödüllendirme veya takdir edilme belirlenen bir sıraya veya yöneticilere yakınlığa göre değil nedenleri tüm çalışanlara şeffaf olarak açıklanarak elde edilen kazanımlar kıyaslanarak yapılmalıdır. Yapılan

ödüllendirme diğer çalışanlar arsında asla bir şüpheye veya adaletsizlik düşüncesine yer vermemelidir.

Denetlemelerde ödüllendirmenin olduğu kadar cezalandırmanın da yeri olmalıdır. Yapılan gözlemlerde en önemli sorunlardan birinin belirlenen hata ihlal ayırımına ait kırmızıçizgiye gereken önemin verilmemesi ve bunun neticesinde yapılan ihlallerin hata olarak değerlendirilmesi ve her defasında affedilmesi veya çok nadir de olsa uyarma veya kınama gibi tekrarlamalardan kaynaklı çok etkili olmayan cezaların verilmesiyle sonuçlanmasıdır. Bir diğer sorunda kalite personelinin yaptığı denetlemelerin sonucunda elde edilen verilerin işleme konulmamasıdır. Bu durumda kalite ekipleri çalışanlar tarafından etkisiz olarak nitelenmekte ve yaptıkları görev önemsizleştirilmektedir. Bu durumda hem kalite uzmanları nasılsa yaptığım değerlendirmeler bir sonuca varmıyor diyerek hem de çalışanlar nede olsa yapılan denetimlerden olumsuz bir yansıma olmuyor diyerek denetim fonksiyonunu görev yapamaz duruma getireceklerdir.

Denetim ve kontrol faaliyetlerinde ödül ve ceza önemli araçlardır, doğru ve etkili kullanıldığında gerek emniyet kültürü, gerekse çalışma etiği araçlarının örgütçe belirlenen çerçevede uygulanmasını sağlayacaktır.

#### **4. SONUÇ**

Havacılık sektörünün sahip olduğu hava araçlarının içerdiği yüksek teknoloji oranı geçmiş yıllara göre her zamankinden daha fazla artmaktadır. Bu durum yüksek teknoloji içeren sistemlerin bakım ve idamesini yapacak olan insan niteliğinin de bu gelişmeler beraberinde artması gerektiği anlamına gelmektedir. Günümüzde eğitim sistemleri bu nitelikte eğitim verebiliyor mu? Edindiğim tecrübeler ışığında gördüğüm manzara gelişen teknoloji sonucunda istenen insan niteliğinin bu ihtiyacı karşılamadığı veya karşılamakta zorlanacağıdır. 2003 yılında Birleşik Arap Emirliklerinden gelen uçak bakım personeline eğitim verirken göstermiş oldukları isteksizlik karşısında onlara, bu işi çok iyi öğrenmeleri gerektiğini aksi halde uçaklarla baş başa kaldıklarında bu işi yapamayacaklarını öğütlüyorduk. Öğrencinin bir tanesi çok net cevap verdi, zaten biz yapmıyoruz ki! Fransa'dan gelen ekipler var onlar yapıyorlar. Gelecek yıllarda bu manzara ile karşılaşsak hiç şaşırılmamalıyız.

Bu durumun yaşanmaması için atılması gereken adım yüksek nitelikli insan yetiştirmek, böyle bir eğitim sistemine sahip değilseniz seçtiğiniz personelinizi güçlü bir örgüt kültüründe yoğurmak olmalıdır. Havacılık örgütlerinin başarılı olmasının altın kuralı profesyonel çalışanlara sahip olmasından geçer. Bir işletmede profesyonel çalışanların varlığı o işletmede emniyet kültürüne verilen önemle ilişkilendirilmektedir. Olumlu emniyet kültürünün ilk kabul görmesi gerektiği mevki ise o işletmenin yönetim kademesi

olmalıdır, yönetim kademesi tarafından benimsenmeyen olumlu emniyet kültürü etkisiz kalacaktır. Olumlu emniyet kültürünün bir havacılık işletmesinde sağlıklı olarak hayata geçebilmesi için mutlaka yönetim ve çalışan kademesinin arasında sağlıklı bir iletişim ve güven bağının kuruması gerektiği değerlendirilir. Bu da ancak olumlu emniyet kültürünün en önemli iki ögesi olan raporlama kültürü ve adil kültürün örgüt kültürü içinde yer alması ve güvenle uygulanabilir olması ile sağlanabilir. Uçak bakım örgütlerine temin edilen personelin istenilen niteliklere sahip olsun veya olmasın etkili bir eğitim sistemi ile birlikte çalışmada önerilen başlıkların hayata geçirilmesi ve burada bulunan birçok eğitiminde her yıl yinelenerek aktarılmasıyla olumlu emniyet kültürünün örgüt kültürü içinde arzu edilen yeri alacağı değerlendirilir.

Havacılıkta insanlı uçuşların ömrünü tamamladığı ve yerlerine yapay zekâyla uçuşlar gerçekleştiren otonom insansız hava araçlarının aldığı 2020'li yıllardan 2030'lu yılların başına geldiğimizde bu evrimin birçok platformda tamamlanacağı şimdiden görülmektedir. Bu süre zarfında o sistemlerin bakım ve idamesini gerçekleştiren çalışanların her konuda hazır olmasının en önemli basamağının eğitim ve hedefin ise olumlu emniyet kültürüne sahip profesyonel çalışanlar olması gerekliliği her zamankinden önemlidir.

## KAYNAKÇA

- Ağaoğulları, S. (2013), Türkiye'de ve Avrupa'da Kaldırma Makinelerinin Periyodik Kontrolleri.
- Alas, R. and Vadi, M. (2003). The impact of organizational culture on organizational learning at six Estonian Hospitals. *Trames*, 7(2), 83,98.
- Aytaç, S. (2011), İş Kazalarını Önlemede Güvenlik Kültürünün Önemi. *Türk Metal Sendikası Dergisi*, 147, 30-38.
- CANSO(2008), Safety Culture Definition and Enhancement Process. <https://www.canso.org/sites/default/files/Safety%20Culture%20Definition%20and%20Enhancement%20Process.pdf>
- Cameron, K. S., & Quinn, R. E. (2006). *Diagnosing and Changing Organizational Culture*, San Fransico: Revised Edition.
- Can, H., Aşan, Ö., & Aydın, M. E. (2006). *Örgütsel Davranış*, İstanbul: Arkan Basım Yayım Dağıtım.s.476
- Chang, Y., & Wang, Y. (2010), Significant Human Factors In Aircraft Maintenance Technicians. *Safety Science* 48, 54-62.
- Dekker, J. (2007). *Just Culture: Balancing Safety and Accountability*, Surrey: Ashgate.
- Demir C., Öztürk U. C., *Örgüt Kültürünün Örgütsel Bağlılık Üzerine Etkisi ve Bir Uygulama*, Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt:26, Sayı:1, Yıl:2011, ss.17-41.

- Demirbilek, T. (2005), İş Güvenliği Kültürü, Legal Yayınları, İzmir.
- Dikmen, Ç. (1999). "Organizasyonel Öğrenme ve Öğrenen Organizasyonlar", İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi, C, 10, No: 34, 1999.
- Erol, A. (2017), Türk Hava Kuvvetleri Uçak Bakım Çalışma Sahalarında Tehlikelerin Azaltılması ve Çalışanlarda Pozitif Emniyet Kültürünün Oluşturulmasına Dair Öneriler. UHAT 2017
- Gerede, E. (2006). "Havacılık Emniyeti ve Havacılık Güvenliği Kavramları Arasındaki İlişki ve Farkların Belirlenmesine Yönelik Bir Araştırma", İşletme İktisadi Enstitüsü Dergisi Yönetim, 17 (54), 26-37
- Gizir, S. (2008). Örgütsel Değişim Sürecinde Örgüt Kültürü ve Örgütsel Öğrenme Mersin Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt 4, Sayı 2, Aralık 2008, ss. 182-196.
- Gün, G., Derin, N., (2017). Örgüt Kültürü Tiplerinin Kariyer Yönetim Uygulamalarına Etkisi: Otel İşletmelerinde Araştırma, Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi Yıl:9 S:25
- JPDO, (2008). Safety Culture Improvement Resource Guide, JPDO Paper
- Kara, A. (2015). Mesleki Solunum Sistemi Hastalıkları. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Yayınları.
- Karakavuz, H. (2015), Yer Hizmeti İşletmelerinde Uygulanan İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönetim Sistemleri Başarı Faktörlerinin ve Uygulamadaki Sorunların Belirlenmesine Yönelik Bir Araştırma s.153
- Kendir, D. (2013), Basıncılı Gaz Tüpleri ile Güvenli Çalışma İş Müfettişi Yardımcılığı Etüdü. Ankara: Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Teftiş Kurulu Başkanlığı.
- Keleş, P. (2015). Meslek Hastalıkları. Erzurum: Atatürk Üniversitesi Yayınları.
- Köse, S., Tetik, S., Ercan, C. (2001), "Örgüt Kültürünü Oluşturan Faktörler," Yönetim ve Ekonomi Dergisi, Cilt:7, Sayı :1, ss.219-242
- Önen, V. (2017), Havacılık Endüstrisinde Adil Kültür Üzerine Kavramsal Bir Çalışma, USBD Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi, 5(1), 30-52.
- MSDS. (2002), Halon 1301 Dupont. KANADA: DUPONT.
- MSDS. (2008), Korozyon Önleyici MSDS Güvenlik Bilgi Formu. ABD: LPS Laboratories.
- Nazlıoğlu, A. (2014), Havaalanı Bakım Onarım Hangarında Tehlike Kaynaklarının Belirlenmesi ve Kontrol Listesi Hazırlanması. İş sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi/Araştırma, Ankara. Ankara: Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü.
- Nemli,E.(1998). Rekabet Avantajı Kazanmada Örgütsel Esnekliğin Önemi, Amme İdaresi Dergisi, 31(3), 75-86.
- Esnekliğin Önemi, Amme İdaresi Dergisi, 31(3), 75-86.
- Nezer, O. (2016), Uçak Bakım – Onarımlarında İSG Temel Eğitimleri Ve Saha Uygulamalarının Planlanması. İstanbul Gedik Üniversitesi



- Reason, J. ve Hobbs,A. (2003). Managing Maintenance Error: A Practical Guide. Surrey: Ashgate.
- Reason,J. (1997). Managing The Risks Of Organizational Accidents, Aldershot:Ashgate.
- Şimşek, G. A. (2014). Çalışma Yaşamında Sağlık Güvenlik. Ankara: Fişek Enstitüsü Çalışan Çocuklar Bilim ve Eylem Merkezi Vakfı Yayını.
- Tan, O. (2008), Kaynak İşlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Terzi, H., & Gaziöglu, C. (2014), Pozitif Emniyet Kültürü Temel Öğelerini Esas Alan Kazasay Olayları (Near Miss) Raporlama Sistemi. Denizcilik Fakültesi Dergisi, 23-58.
- Ustaömer, T. & Şengür, F. (2020). Havacılıkta Emniyet Kültürü: Reason'ın Emniyet Kültürü Modelinin İncelenmesi / Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 2020 8(1) 95-104

# HAVACILIKTA PERÇİNLEME İŞLEMİ VE UYGULAMASI

*Dr. Harun KOÇAK*

## ABSTRACT

In aircraft manufacturing, riveting is the most used method for joining laminated parts. In this study, the procedures applied for the riveting process were mentioned and an example application was made. Al 2117 alloy rivets were used in the application. By paying attention to the procedures to be applied for the riveting process, a hole was drilled with a suitable drill for the llama-shaped parts. Afterwards, the rivet tip was crushed in different sizes with a rivet gun and their diameters were measured. After the procedure, images were taken with a microscope and the deformation of the rivet tip was examined. Rivet crushing was done gradually. Before the process, the rivet tip comes out of the plate by 5.87 mm and the rivet diameter is 4 mm. When the rivet length was 3.67 mm after crushing, the diameter became 4.36 mm. when the rivet length was 2.81 mm, the rivet diameter became 5.27 mm. In the last stage, when the rivet length reached 2.01 mm, the rivet diameter became 6.47 mm. The rivet diameter increased by an average of 61% when the rivet length was 0.5d by completing the crushing process.

**Key Words:** Riveting, rivet shaping, length-diameter change.

## ÖZET

Hava aracı imalatında, lamine parçaların birleştirilmesi için en çok kullanılan yöntem perçinlemedir. Bu çalışmada, perçinleme işlemi için uygulanan prosedürlerden bahsedildi ve örnek bir uygulama yapıldı. Uygulamada Al 2117 alaşımı perçin kullanılmıştır. Perçinleme işlemi için uygulanması gereken prosedürlere dikkat edilerek lama şeklindeki parçalara uygun matkapla delik delindi. Sonrasında perçin tabancası ile perçin ucu farklı boylarda ezilerek çapları ölçüldü. İşlem sonrası mikroskopla görüntü alınarak perçinde meydana gelen deformasyon incelendi. Perçin ezme işlemi kademeli olarak yapılmıştır. İşlem öncesinde perçin ucu plakadan 5,87 mm çıkmakta ve perçin çapı 4 mm'dir. Ezme işlemi uygulanarak perçin boyu 3,67 mm olduğunda çap 4,36 mm, 2,81 mm olduğunda perçin çapı 5,27mm ve son aşamada perçin boyu 2,01 mm'ye ulaştığında ise perçin çapı 6,47 mm olmuştur. Peçine uygulanan ezme işlemi tamamlanarak perçin boyu 0,5d olduğunda perçin çapı ortalama %61 artmıştır.

**Anahtar Kelime:** Perçinleme, perçin şekillendirme, boy-çap değişimi.

## GİRİŞ

Hava araçları hem yer hem hava koşullarında çalıştıkları için oldukça değişken dinamik etkilere maruz kalmaktadır. Bununla birlikte yer ve hava koşullarında fiziksel şartların çok farklı olması hava aracı imalatında kullanılan malzeme ve ekipman seçimini etkilemektedir. Hava aracı imalatında lamine parçalar yaygın olarak kullanılmaktadır (Aman ve diğerleri, 2013). Hem iç kısımlarda kullanılan lamine parçaların hem de dış kaplamada kullanılan kompozit malzemelerin iskelet yapıya monte edilmesinde en çok tercih edilen bağlantı elemanları perçinlerdir (Wiltek, 2006). Perçinleme işlemi sayesinde iki parça birleştirilerek sökülemeyen bağlantı elde edilir. Özellikle dış kaplamaların monte edilmesinde kullanılan perçinli bağlantılar airodinamik yapıyı etkilemektedir. Bu nedenle hava aracı imalatında perçinleme işleminin kalitesine oldukça dikkat edilmelidir. Perçinleme işlemi proje standartlarına ve ilgili prosedürlere göre yapılmalıdır. Projenin teknik resmi incelenerek kullanılacak perçin tipi ve perçin yerleşimi belirlendikten sonra perçin deliklerinin uygun çapta delinmesi gerekir. Perçinleme yapılırken sırasıyla: perçin yerlerini markalama, deliklerini delme, havşa açma, delik çapaklarını alma, parça yüzeylerini temizleme, parçaları sealantlama(macunlanması) ve geçici olarak sabitleme işlemleri yapılır. Bu işlemlerden sonra perçin tabancasıyla perçin ucu ezilerek işlem tamamlanmış olur.

### Perçin çeşitleri

Hava aracı imalatında kullanım yerlerine göre birçok farklı perçin tipi tercih edilmektedir. Perçin tipi seçimini, bölgesel olarak hava aracının maruz kaldığı çevresel şartlar etkilemektedir. Örneğin hava aracının iniş ve kalkışı esnasında kanat bölgesinde esneme meydana geldiği için o bölgede esneme nedeniyle deforme olmadan yapının şeklini koruyabilecek birleştirme işlemi yapılmış olmalıdır. Bu nedenle dolu gövdeli perçinler dış yapıda çok kullanılır. Anacak iç yapıda tek yönlü olarak perçinleme işlemi yapılması gereken kör noktalarda kör perçinler (blind rivets) tercih edilir. Bağlantıda sıkma kuvvetinin öneli olduğu bölgelerde ise vidalı perçinler kullanılmaktadır. Bazı vidalı perçinleri uygularken işlem esnasında lamine parçalar bir araya getirilmekte ve vidayı sıktıkça baskı kuvveti artmakta belirli bir sınıra geldiğinde vida kopmaktadır. Bu sayede lamine parçalar üzerinde istenildiği kadar baskı kuvveti oluşturularak birleştirme işlemi yapılır. Şekil 1 de perçin tipleri verilmiştir.

## Havacılıkta Perçinleme İşlemi ve Uygulaması



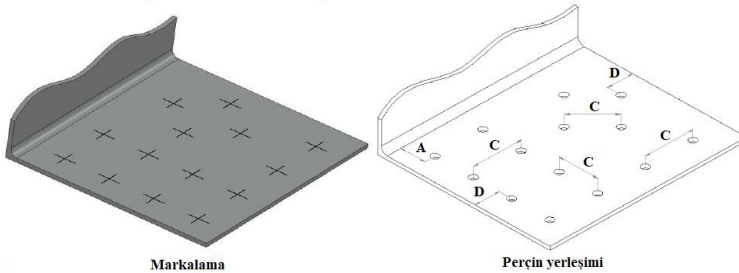
Şekil 1. Perçin çeşitleri (Quora, 2021)

### Perçinleme işlemi

Perçinleme işlemi proje standartlarına ve ilgili prosedürlere göre yapılmalıdır. Aşağıda perçinleme işlemiyle ilgili bazı prosedürlere bahsedilmiştir.

### Perçin yerleşimi ve markalama

Perçin delik merkezleri, teknik resimde verildiği gibi parça üzerinde işaretlenmelidir. Bu işleme markalama adı verilir. Markalama işlemi yapılırken perçin aralıkları (rivet spacing) ve kenar uzaklığı (edge distance) ölçülerine dikkat edilmelidir. Yapım resminde her perçinin mesafesi verilmeyebilir. Bu durumda ilgili projenin uygulama standardında yer alan tablolardan ölçü değerleri alınmalıdır. Şekil 2 ve Tablo 1 de perçin yerleşimiyle ilgili bazı bilgiler verilmiştir.



Şekil 2. Perçin yerleşimi

Tablo 1. Perçin çapına göre perçin yerleşim mesafeleri

Rivet Dia. (mm)	Rivet Spacing (mm)			Edge Distance (D) (mm)		
	A	B	C	Steel, Monel & Alloy Steel	Other Materials	
					Gage<6.4	Gage≥6.4
1.6	2.5	3.50	9	4.40	3.6	
2.4	3.4	5	13	6.20	5.4	5.2
3.2	5	6.50	17.5	8	7.2	7
4	5.7	8	21.5	9.8	9	8.6
4.8	6.5	9.50	25	11.2	10.40	10
5.6	7.25	11	29.5	13	12.20	11.8
6.4	8	12.9	34	14.8	14	13.6
8	9.50	16.2	42	18.6	17.8	16.8
9.5	11.25	14.15	50	21.8	21	20

A : Köşe radüsü başlangıcı ile perçin merkezi arasındaki mesafe

B : Üstteki parçanın kenarı ile alt parçadaki perçin merkezi arasındaki mesafe

C : Aynı plaka üzerindeki perçinler arasındaki mesafe

D : Parça kenarı ile perçin merkezi arasındaki mesafe

### Delik delme

Perçin delikleri, projelerin ilgili standartlarında yer alan değerlere uygun olmalıdır. Delik delme işleminde aşağıda belirtilenlere dikkat edilmelidir. Delik delmede kullanılan ekipmanlar Şekil 3 te verilmiştir.

- Delik merkezleri daha önce markalama işleminde kalemle belirlenmiş olmalıdır.

- Perçin çapına göre uygun çaplı matkap seçilmelidir.

- Matkap ucunun kaymaması için delik merkezi zımba ile hafifçe işaretlenebilir.

- Matkap ucu parça yüzeyine dik olacak şekilde delinmelidir. Dikliği sağlamak için drill blocklar kullanılmalıdır.

- Delme esnasında plakaların oynamalarını engellemek için tutturucu perçin kullanılmalıdır. Aksi takdirde delik oval veya kaçık şekilde olabilir.

- Kullanılan matkap ucu keskin olmalıdır.

- Oluşan çapaklar temizlenmeli fakat delik ağzında pah veya radüs oluşmamalıdır.

- Delme işleminde parça bir kalıp içerisine yerleştirilir ve kalıp üzerinde bulunan deliklerden kılavuzlama yapılır. Böylece daha az hatayla delme yapılmış olur.

### Havacılıkta Perçinleme İşlemi ve Uygulaması



Şekil 3. Delik delmede kullanılan ekipmanlar (Aircraft tool supply company, 2021)

Tablo 2. Perçin çapına göre minimum ve maksimum delik ölçüsü

Perçin Çapı		Delik Çapı(mm)		Matkap Çapı
Inches	mm	Min	Max	mm
1/16	1,59	1,70	1,80	1,70
3/32	2,38	2,45	2,59	2,49
1/8	3,17	3,264	3,38	3,264
5/32	3,97	4,09	4,22	4,09
3/16	4,76	4,915	5,05	4,915
7/32	5,56	5,79	5,92	5,79
1/4	6,35	6,35	6,65	6,35
5/16	7,94	8,20	8,36	8,20
3/8	9,52	9,80	9,96	9,80

### Çapak alma ve çapak alma işlemi

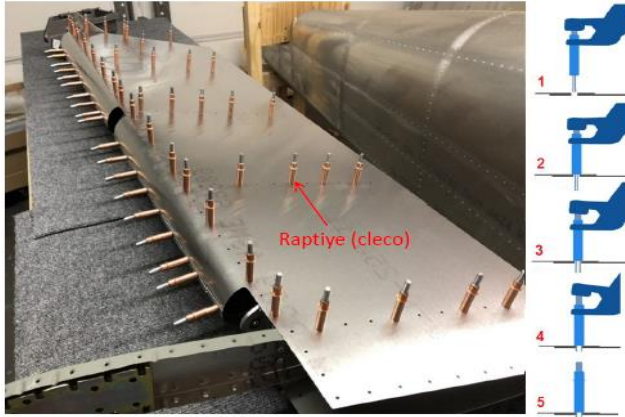
Delik delme işlemi sonrasında delik kenarlarında çapak oluşmaktadır. Oluşan çapaklar birleştirilen parçalar arasında boşluk kalmasına neden olabilir. Bu nedenle delme işleminde sonra çapak alma işlemi yapılır. Delik delme ve çapak alma işlemi otomatik olarak robotlarla yapılabildiği gibi bazı projelerde elle de yapılmaktadır (Şekil 4). Çapak alma işlemi sonrasında delik kenarında pah ve radüs oluşmamalıdır. Birleştirme işleminde kullanılacak perçin havşa başlı ise deliğe havşa matkabi ile havşa oluşturulur (Şekil 4). Bu işlemde havşa derinliğine dikkat edilmelidir.



Şekil 4. Çapak alma işlemi ve havşa açma işlemi (Youtube, 2014a)

### Geçici olarak sabitleme

Birleştirilen parçalar perçinleme işlemi öncesinde geçici olarak sabitlenmelidir. Bu işlemde raptiyeler (cleco) kullanılır (Şekil 5). Bu sayede lamine parça ile monte edildiği iskelet yapı arasında boşluk kalmadan uygun bir montaj elde edilir.

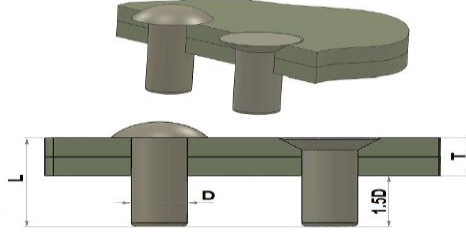


Şekil 5. Geçici sabitleme (slingsi.rueker (2019)

### Perçin ölçüleri

Perçinleme işleminde kullanılacak perçinin çapı (D), parça kalınlığı (T) ve perçin boyu (L) arasında oransal değerler söz konusudur (Şekil 6). Perçin boyu seçilirken genellikle birleştirilen parçaların kalınlığı ile perçinin dışa çıkma miktarına bakılır. Perçin ucu parçadan 1,5D kadar dışa çıkmasına izin verilir. Bu ölçü projeye ve kullanılan perçin malzemesine göre değişebilir. Perçinleme işleminde dışa çıkma miktarı doğru olarak seçilmezse perçin ucunun deformasyonu sonrasında işlem kalitesi istenildiği gibi olmayabilir. Bu ölçü uzun

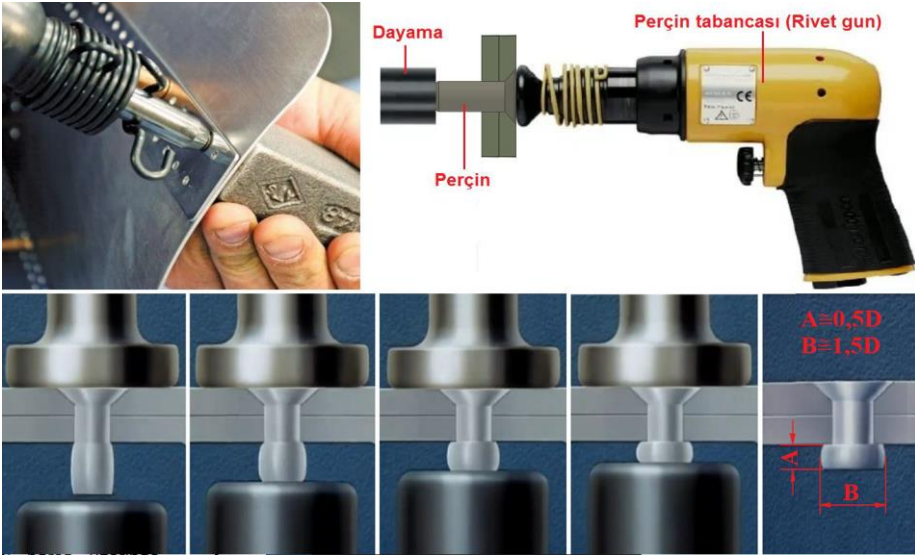
olduğunda fazla deformasyon sonucunda perçin ucunda yarıklar meydana gelebilir



Şekil 6. Perçin ölçüleri

### Perçinleme

Havacılık uygulamalarında perçinleme işlemi genellikle pnömatrik perçin tabancaları ile yapılır (Şekil 7). İşlem esnasında dayama bir parça kullanılarak perçin tabancasıyla perçin ucu ezilerek deforme edilir. Deformasyon sonrasında perçin ucunun dışa çıkma miktarı yaklaşık olarak  $0,5D$  olurken perçin çapı artarak  $1,5D$  olur.



Şekil 7. Perçinleme işlemi (Youtube, 2014a; Youtube, 2014b)

### DENEYSEL ÇALIŞMA

Deneyisel çalışmada,  $5/32$  (3,97mm) çapında Al 2117 alaşımı perçin kullanılmıştır (Şekil 8). Perçinleme işlemi için uygulanması gereken



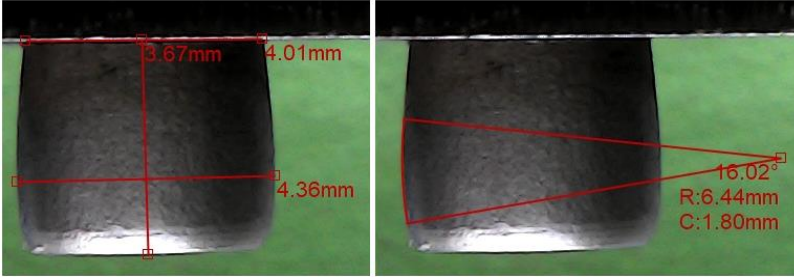
prosedürlere dikkat edilerek lama şeklindeki parçalara 4,09 mm çapta matkap kullanılarak delik delindi ve havşa açma işlemi yapıldı. Delme işlemi sonrasında çapak alma işlemi yapıldı. Sonrasında perçin tabancası ile perçin ucu farklı boylarda ezilerek çapları ölçüldü. İşlem sonrası mikroskopla görüntü alınarak perçinde oluşan deformasyona bağlı olarak boy ve çap değişimleri incelendi.



Şekil 8. Deneysel çalışmada kullanılan perçin

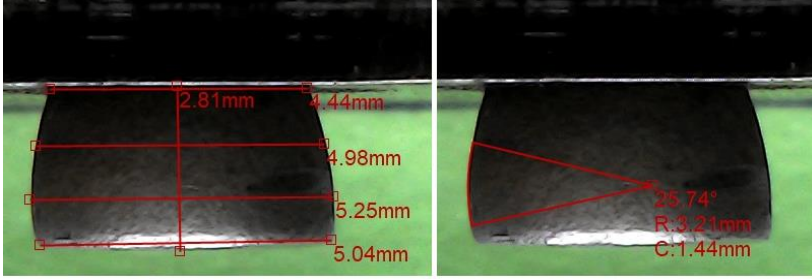
## BULGULAR

Deneysel çalışmalarda deformasyonla birlikte perçin boyuna bağlı olarak perçin çapı değişimi ve perçinde oluşan fıçılama radüsü incelenmiştir. Başlangıçta perçin çapı 3,97 mm ve perçin ucunun dışa çıkma miktarı 5,87 mm'dir. Deformasyon işlemi 3 aşamada yapılmıştır. 1. Aşamada perçin boyu 3,67 mm olduğunda perçin çapı 4,36 mm olmuştur (Şekil 9). Perçinde oluşan fıçılama radüsünün 6,44 mm olduğu görülmüştür.



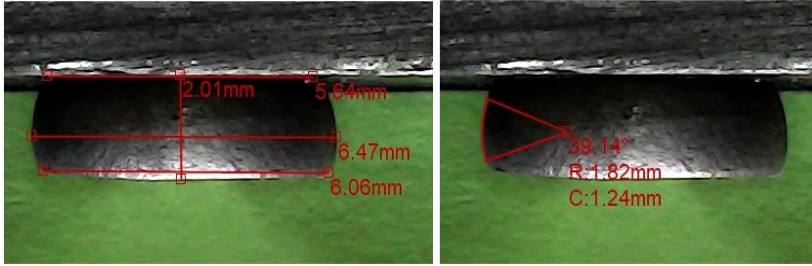
Şekil 9. 1. Deformasyon sonrası değişim

İkinci aşamada, perçin boyu 2,81mm'ye ulaşmaya kadar perçin tabancasıyla ezme işlemine devam edilmiştir. Bu aşamadaki deformasyon sonrasında perçin ucu incelendiğinde perçin çapının 5,25 mm'ye çıktığı gözlenmiştir (Şekil 10). Fıçılama çapı azalarak 3,21 mm olmuştur.



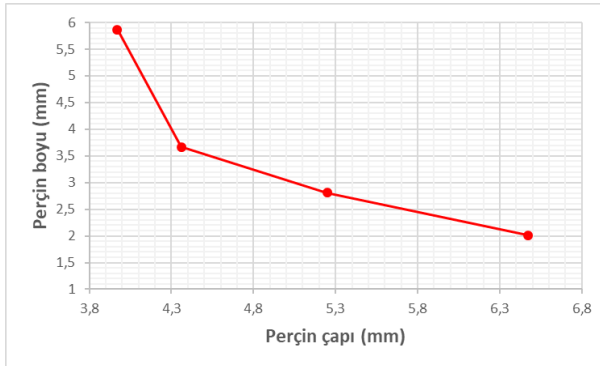
Şekil 10. 2. Deformasyon sonrası değişim

Üçüncü aşamada perçinleme işlemi tamamlanmıştır. Son aşamada deformasyon işlemi tamamlandığında perçin boyu 2,01 mm olmuştur. Perçin çapı artarak 6,74 mm ve fıçılama çapı 1,82 mm olmuştur (Şekil 11).



Şekil 11. 3. Deformasyon sonrası değişim

İşlem sonrasında tespit edilen çap-boy değişimleri grafik haline getirilerek incelenmiştir (Şekil 12). Peçine uygulanan ezme işlemi tamamlanarak perçin boyu 0,5d olduğunda perçin çapı ortalama %61 arttığı belirlenmiştir.



Şekil 12. Perçin ucunda meydana gelen çap-boy değişimi

### 3. SONUÇ

Bu çalışmada, perçinleme işlemi için uygulanan prosedürlerden bahsedildi ve örnek bir uygulama yapıldı. Ezme işlemi uygulanarak perçin boyu 3,67 mm olduğunda çap 4,36 mm, 2,81 mm olduğunda perçin çapı 5,27mm ve son aşamada perçin boyu 2,01 mm'ye ulaştığında ise perçin çapı 6,47 mm olmuştur. Peçine uygulanan ezme işlemi tamamlanarak perçin boyu 0,5d olduğunda perçin çapı ortalama %61 artmıştır.

### KAYNAKÇA

- Aman, F., Cheraghi, S. H., Krishnan, K. K., & Lankarani, H. (2013). Study of the impact of riveting sequence, rivet pitch, and gap between sheets on the quality of riveted lap joints using finite element method. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 67(1), 545-562.
- Witek, L. (2006). Numerical simulation of riveting process using blind rivet. *Aviation*, 10(2), 7-12.
- Quora (2021), What are rivets and their different types, <https://www.quora.com/What-are-rivets-and-their-different-types> [ 21.10.21 tarihinde erişilmiştir.]
- Aircraft tool supply company (2021), Rivet gun, <https://aircraft-tool.com/shop/detail.aspx?id=ATS-3X>, [7.12.2002 tarihinde erişilmiştir.]
- Youtube (2014a), How It Works: Aircraft Flush Riveting, <https://www.youtube.com/watch?v=IDbTUt3OG9s>, [7.12.2002 tarihinde erişilmiştir.]
- slingtsi.rueker (2019), Rudder Tip fitting & riveting the skin, <https://slingtsi.rueker.com/2019/04/05/rudder-tip-fitting-riveting-the-skin/>, [7.12.2002 tarihinde erişilmiştir.]
- Youtube (2014b), Solid Rivet Kit, <https://www.youtube.com/watch?v=sTmuFxEN1Mk>, [7.12.2002 tarihinde erişilmiştir.]

# ALÜMİNYUM BRONZLARININ DÖKÜM YÖNTEMİNE BAĞLI OLARAK MEKANİK VE MİKROYAPISAL ÖZELLİKLERİNİN DEĞİŞİMİ

*Aleattin KULAKLI, Talip ÇİTRAK, Serdar TOZKOPARAN,  
Aydın Barış ŞİMŞİR, Edanur KASAP*

## ABSTRACT

Aluminum bronzes have a wide application area especially in defense and aviation industries. Since these alloys are expected to be used for a considerable period of time especially under impact or load, impact resistance, mechanical strength and toughness offered by them must be satisfying. Heat treatment is applied to these alloys in order to increase these mechanical properties for using them for a longer time without the deterioration of the performance. In this study, microstructural properties of a nickel aluminum bronze produced by centrifugal casting and continuous casting were investigated in as-cast and heat-treated conditions. Contributions of the casting method and the heat treatment to the impact resistance, mechanical properties and microstructural properties of the aluminum bronze were investigated.

**Key Words:** Centrifugal casting, Continuous casting, Heat treatment, Aluminum bronze.

## ÖZET

Alüminyum bronzları özellikle savunma ve havacılık sanayinde önemli kullanım yeri bulmaktadır. Bu alaşımların özellikle darbe veya yük altında daha uzun süre kullanılabilmesi için darbe dayanımlarının, mukavemet ve tokluk özelliklerinin yüksek olması beklenmektedir. Bu mekanik özelliklerin artırılabilmesi ve alaşımların daha uzun süre aynı performansla kullanılabilmesi için alaşımlara ısıtma işlemi de uygulanmaktadır. Bu çalışmada savurma döküm ve sürekli döküm yöntemiyle üretilmiş nikel esaslı alüminyum bronzlarının döküm ve ısıtma işlemi konumunda mikro yapı özellikleri incelenmiştir. Döküm yönteminin ve ısıtma işleminin alüminyum bronzunun darbe dayanımına, mekanik özelliklere ve mikro yapı özelliklerine katkısı araştırılmıştır.

**Anahtar Kelime:** Savurma döküm, Sürekli döküm, Isıtma işlemi, Alüminyum bronz.

## 1. GİRİŞ

Alüminyum bronzları yaygın olarak kullanılan demir dışı mühendislik malzemesidir. Alüminyum bronzları, birincil alaşım elementi olarak % 5-12 Al içerir. Demir, nikel ve manganez ilaveleri bu alaşımın ticari olarak kullanılmasını sağlamaktadır [1]. Nikelli alüminyum bronzu döküm alaşımları, yüksek mukavemet, yüksek darbe özellikleri ve iyi korozyon direncinin gerekli olduğu alanlarda giderek artan oranlarda kullanılmaktadır [2]. Nikel ilavesi, alaşımın mükemmel süneklik, tokluk ve korozyon direncini azaltmaksızın alaşımın mukavemetini artırır. Bu alaşımların başlıca kullanım alanları; valf yatağı, piston uçları, deniz motoru milleri, supap kılavuzları ve uçak bileşenleridir [3].

Alaşımların tipik döküm mikroyapısında açık renkli alanlar, bakırca zengin katı çözelti veya  $\alpha$  fazı, bazı karanlık bölgeler kalıntı  $\beta$  fazı ve intermetalik  $\kappa$  fazları görülmektedir. Büyük dendritik çökelti  $\kappa_i$ , boyutları 5-10  $\mu\text{m}$  aralığındaki daha küçük dendritik çökelti  $\kappa_{ii}$  ve  $\alpha$  içerisinde çapı 1  $\mu\text{m}$ 'den daha küçük ince dağılmış partiküller  $\kappa_{iv}$  fazıdır. Lamelli intermetalik faz ise  $\kappa_{iii}$ 'tür [4].

Alüminyum bronzlarına ısıl işlem yapılmasının başlıca sebepleri; iç stresleri hafifletmek, sünekliği artırmak, çekme mukavemeti ve sertliği ayarlamak, korozyon dayanımını ve aşınma dayanımını geliştirmektir. Uygulamaya bağlı olarak, alaşımda farklı sertlik ve mikroyapı seviyeleri elde etmek için alaşım tavlama, çözeltiye alma veya yaşlandırma gibi çeşitli ısıl işlemlerden geçirilir [5,6]. Bu çalışmada iki farklı döküm yöntemiyle üretilmiş UNS C95520 (AMS 4881) alüminyum bronzunun döküm sonrası mikroyapıları incelenmiş ve faz analizleri yapılmıştır. Alaşımların sertlik ve mekanik değerlerinin iyileştirilmesi amacıyla döküm işleminden sonra çözeltiye alma, su verme ve yaşlandırma ısıl işlemleri uygulanmıştır. Her iki döküm alaşımına ısıl işlem sonrası sertlik, çekme deneyi ve çentik darbe testleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

## 2. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışmada üretim şartları kontrol edilerek ve 78Cu – 11Al – 5.1Ni – 4.8Fe (%ağ.) kimyasal bileşimi hedeflenerek hem sürekli döküm hem de savurma döküm yöntemi ile UNS C95520 (AMS 4881) koduyla gösterilen nikelli alüminyum bronzunun dökümü gerçekleştirilmiştir. Çok sayıda çalışma sonucunda UNS C95520 (AMS 4881) havacılık standartlarına uygun uçakların iniş takımlarında kullanılan alaşımın iki farklı döküm koşulunda üretim şartları belirlenmiştir. Döküm sonrası HITACHI Inspire the next marka spektral analiz cihazı ile kimyasal bileşim değerleri belirlenmiştir (Tablo 1). Ayrıca Vickers mikro sertlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Tablo 3). Savurma kalıbından

çıkarılan ringin ve sürekli dökümden elde edilen silindir şeklindeki malzemenin tornalama işlemi ile yüzey kısımları işlenmiştir. Tornalanmış örnekler, UNS C95520 (AMS 4881) standardında belirtilen ısıl işlem sıcaklık ve sürelerine bağlı kalınarak 871°C – 927°C aralığında 2 saat boyunca çözeltiye alınmış ve ardından su verilmiştir. Su verilmiş alaşımlar 496°C – 538°C aralığında 3 saat boyunca yaşlandırılmıştır.

*Tablo 1. Döküm alüminyum bronzlarının kimyasal bileşimi (% ağı.)*

Döküm Yöntemi	Cu	Fe	Ni	Al	Mn
Sürekli Döküm	79,5	4,16	5,04	10,56	0,617
Savurma Döküm	79,7	4,14	4,91	10,58	0,64

Metalografik inceleme için dökülmüş ve yaşlandırılmış numunelerin yüzeyleri 120, 320, 600, 1000, 2500 ve 4000 mesh SiC esaslı zımparalar kullanılarak mekanik olarak işlenmiş olup 3 ve 1  $\mu\text{m}$ ' luk elmas pasta ile parlatılmıştır. Malzemeler kimyasal olarak dağlandıktan sonra aydınlık alan kontrastlama ile ışık mikroskopunda (Nikon Eclipse MA100) karakterize edilmiş ve faz analizleri yapılmıştır.

Çoklu üretim sonucu elde edilen malzemelerin kimyasal bileşim değerlerinin, sertlik değerlerinin ve mekanik özelliklerinin ortalaması alınarak değerlendirilmiştir. Malzemelerin Future-Tech FM800e markalı bir cihaz kullanılarak Vickers mikro sertlik değerleri ölçülmüştür. ASTM E8 /E8M standardına göre çekme testleri yapılmıştır. Bununla birlikte 10\*10\*55mm ölçülerinde numuneler hazırlanarak TS EN ISO 148-1 standardına göre malzemelerin çentik darbe dayanımları test edilmiştir.

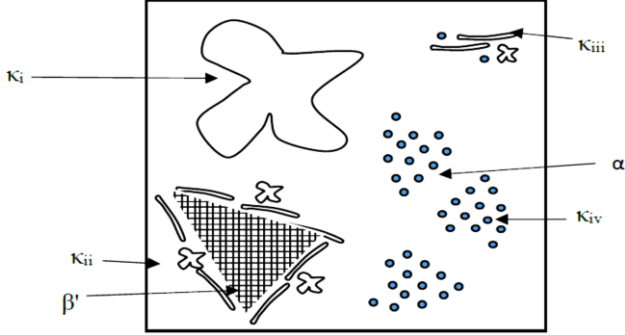
### **3. SONUÇLAR & İNCELEME:**

#### **3.1. Mikro Yapı İncelemeleri ve Faz Analizi:**

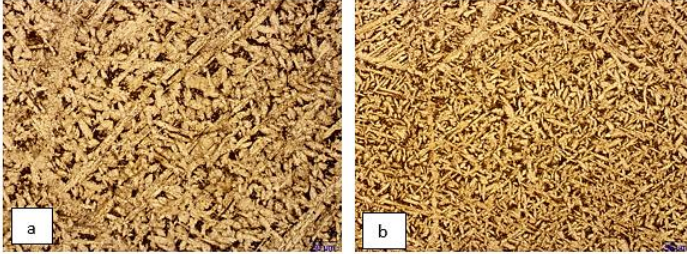
Sürekli döküm ve savurma döküm yöntemiyle üretilmiş alaşımların mikro yapı fotoğrafı, Şekil 1'de verilen döküm mikro yapısı, nikel içeren bir alüminyum bronzunun pek çok çalışmada tarif edilen tipik mikro yapısını temsil etmektedir. Bu alaşımların mikro yapısı bakırca zengin alfa ( $\alpha$ ) karışık kristal fazı, martenzitik beta ( $\beta$ ) fazı ve bazı intermetalik kappa ( $\kappa$ ) fazları (büyük çökeltiler  $\kappa_1$ , ince  $\kappa_{III}$ , siyah yuvarlak  $\kappa_{IV}$ ) Şekil 1' de verilen şemanın yardımıyla tanımlanmıştır. Dökülmüş konumdaki alaşımların kesitinden mikro ölçekte dağlama yapılmış, numunelerin fotoğrafları sırasıyla Şekil 2. ve Şekil 3' te

verilmiştir Savurma döküm konumunda yapının sürekli döküme göre daha ince bir yapıda olduğu mikro yapı görsellerinden anlaşılmaktadır.

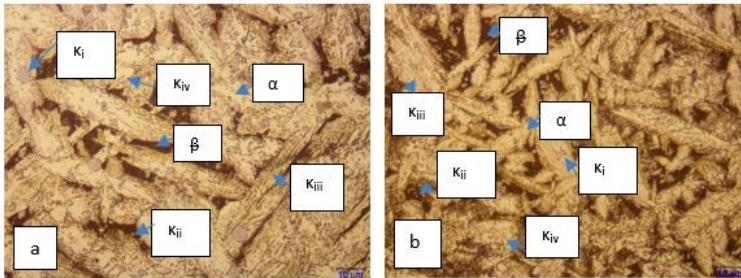
Şekil 1. Döküm alüminyum bronzundaki çeşitli fazların şematik gösterimleri



Şekil 2. Sürekli döküm ve savurma döküm yöntemiyle üretilmiş alüminyum bronzunun döküm durumundaki mikro yapısı a) Sürekli döküm – büyütme: 100x, b) Savurma Döküm – büyütme: 100x



Şekil 3. Sürekli döküm ve savurma döküm yöntemiyle üretilmiş alüminyum bronzunun döküm durumundaki mikro yapısı a) Sürekli döküm – büyütme: 500x, b) Savurma döküm – büyütme: 500x



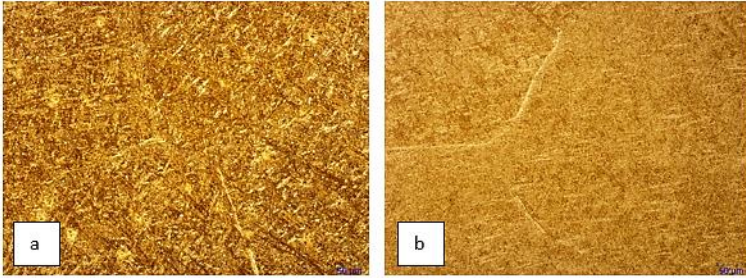


Tablo 2. Döküm konumunda alaşım içerisindeki faz oranları

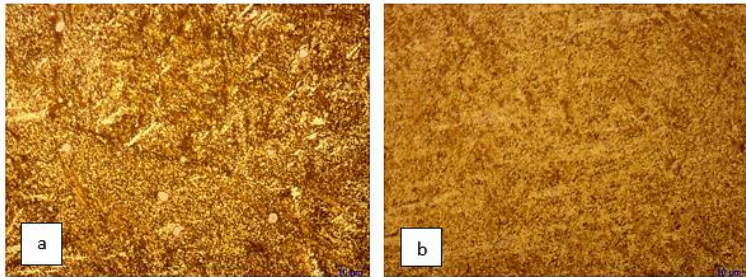
	Sürekli Döküm	Savurma Döküm
Faz	% Alan	% Alan
Beta	8,8	15,94
Kappa	54,58	57,23
Alfa	36,62	26,83

Isıl işlem sürecinde soğutma hızına ve ardından yapılan ısıl işleme bağlı olarak  $\beta$  fazı, mukavemeti artıran ve sünekliliği azaltan çok sert ve kırılğan olan kararsız  $\beta$ l fazına martenzitik dönüşüm geçirebilir [3]. Çözeltiye alınmış ve yaşlandırılmış numunelerde malzemenin sertliğini sağlayan yapıların  $K_{IV}$  ile martenzitik  $\beta$  fazı, tane sınırlarına yakın  $K_{II}$  fazı ile beyaz  $\alpha$  taneleri olduğu literatürden bilinmektedir [5]. Yaşlandırılmış durumda alaşımların mikro yapı fotoğrafları sırasıyla Şekil 4 ve Şekil 5' te verilmiştir.

Şekil 4. Sürekli döküm ve savurma döküm yöntemiyle üretilmiş alüminyum bronzunun çözeltiye alınmış ve yaşlandırılmış durumda mikro yapısı a) Sürekli Döküm – büyütme: 100x, b) Savurma Döküm – büyütme: 100x



Şekil 5. Sürekli döküm ve savurma döküm yöntemiyle üretilmiş alüminyum bronzunun çözeltiye alınmış ve yaşlandırılmış konumda mikro yapısı a) Sürekli döküm – büyütme: 500x, b) Savurma döküm – büyütme: 500x





### 3.2. Mekanik Özellikler:

Döküm durumundaki numunelerin sertlik ölçümleri Tablo 3'te ve döküm sonrası ısıtılmış numunelerin çekme test sonuçları ve sertlik değerleri Tablo 4'te verilmiştir. Savurma döküm yöntemiyle üretilmiş alaşımın çekme mukavemeti ve sertlik değeri daha yüksek, akma mukavemeti ve % uzama değeri ise daha düşük ölçülmüştür. Alaşımlara uygulanan ısıtılmış işlemin, sertlik değerini yaklaşık %90 artırdığı görülmektedir. Bununla birlikte hem döküm durumunda hem de ısıtılmış durumda savurma döküm yöntemiyle üretilen alaşımın sertliği daha yüksek ölçülmüştür (Tablo 3 – Tablo 4). Nikel esaslı alüminyum bronzlarında özellikle beta ve kapa fazlarının sertliğe olumlu etkisinin olduğu bilinmektedir. Döküm konumunda yapılan faz analizi sonuçları bu bilgiyi doğrulamaktadır (Tablo 2). Savurma dökümünden alınan numunelerin % beta ve % kapa faz miktarları daha yüksek ölçülmüştür. Isıtılmış durumda faz analizinin daha doğru yapılabilmesi için SEM ve EDS incelemelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Gelecek çalışmalarda alaşımların SEM incelemeleri de yapılarak faz bileşenleri ayrıntılı belirlenecektir.

Tablo 3. Döküm alüminyum bronzlarının sertlik değerleri

Döküm Yöntemi	Sertlik (HV-1000 gf)
Sürekli Döküm	220
Savurma Döküm	242

Tablo 4. Isıtılmış alüminyum bronzlarının mekanik özellikleri

	Çekme Mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )	Akma Mukavemeti (N/mm <sup>2</sup> )	Uzama (%)	Sertlik (HV-1000 gf)
Sürekli Döküm	894,66	748,01	5,34	309
Savurma Döküm	912	718,5	3,8	328

### 3.3. Darbe Dayanımı:

Isıtılmış alüminyum alaşımların çentik darbe dayanımları Tablo 5'te verilmiştir. Savurma döküm sonrası ısıtılmış numunelerde darbe dayanımı daha yüksek ölçülmüştür. Savurma döküm yöntemi ile üretilmiş alaşımda % uzama değerinin aksine darbe dayanımının daha yüksek ölçülmesinin nedenlerinden biri olarak, ısıtılmış işlem sonrası elde edilen faz yapısının, özellikle yumuşak kapa fazlarından daha yüksek miktarda içerdiği söylenebilir.

Tablo 5. Isıl işlem uygulanmış alüminyum bronzlarının darbe dayanımı

Döküm Yöntemi	Soğurulan Enerji (Joule KV8)
Sürekli Döküm	8,83
Savurma Döküm	11

#### 4. SONUÇLAR

1.Alaşımarda döküm konumunda  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $K_i$ ,  $K_{ii}$ ,  $K_{iii}$ ,  $K_{iv}$  yapıları bulunmaktadır.

2.Savurma döküm konumunda yapının sürekli döküme göre daha ince olduğu gözlemlenmiştir.

3.Savurma döküm yöntemiyle üretilmiş ve ısıl işlem uygulanmış alüminyum bronzunun çekme mukavemeti, sertlik değeri ve darbe dayanımının daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

4.Havacılık sektöründe kullanılmak üzere elde edilecek malzeme ölçüsüne bağlı olarak savurma döküm veya sürekli döküm yöntemi ile yüksek mekanik özelliklere sahip alüminyum bronzları üretilebilir.

#### KAYNAKÇA

- Yuanyuan Li, T. L. NGAI, Grain refinement and microstructural effects on mechanical and tribological behaviours of Ti and B modified aluminium bronze, Second Department of Mechanical Engineering, South China University of Technology, Guangzhou, People's Republic of China, Journal of Materials Science 31 (1996) 5333-5338.
- E. A. Culpán, G Rose, Microstructural characterization of cast nickel aluminium bronze, Admiralty Underwater Weapons Establishment, Portland, Dorset, UK, Journal of Materials Science 13 (1978) 1647-1657.
- Peter Slama, Jaromír Dlouhý, Michal Köver, Influence of heat treatment on the microstructure and mechanical properties of aluminium bronze, Comtes FHT a.s., Prumyslova 995, 334 41 Dobruany, Czech Republic, ISSN 1580-2949 MTAEC9, 48(4)599(2014).
- A. Jahanafrooz, F. Hasan, G. W. Lorimer, and N. Ridley, Microstructural Development in Complex Nickel-Aluminum Bronzes, Metallurgical Transactions A, Volume 14A, October 1983-1951.
- Muhammad Kamran Yaseen, Muhammad Mansoor, Haider Ali Ansari, Sajawal Hussain and Saheed Khan, Effect of heat treatment on tribological characteristics of CuAl10Ni5Fe4 nickel aluminum bronze, Institute of Industrial Control Systems, P.O. Box 1398, Rawalpindi, Pakistan, Key Engineering Materials, ISSN: 1662-9795, Vol. 778, pp 61-67.
- H. Meigh, Cast and Wrought Aluminum Bronzes Properties, Processes and Structure, Copper Development Association, 2002, Hanover, USA.



# NANO PARÇACIK KATKILI EPOKSİ BAZLI YAPIŞTIRICILARIN HAVACILIK UYGULAMALARINDA KULANILMASI İÇİN MEKANİK VE TERMAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

*Yasin ÖZDEMİR, Necati ATABERK ve Mürsel EKREM*

## ABSTRACT

Nowadays, various ways are being tried to reduce the energy consumption of industrial systems. One of the most important methods of saving fuel is to reduce the weight of these systems. The use of adhesives, which is a lighter form of connection, instead of traditional connection methods such as bolts, rivets and welding used to join system elements, has made the systems lighter. Considering the situation explained, in this study, the shear strength tests of their single-sided lap joints (TTBB) of the epoxy-based graphene nanoparticle added adhesives were carried out to determine the mechanical properties of these adhesives and to determine the TGA and DTA tests of the produced adhesive samples was performed to determine the thermal properties.

**Key Words:** Epoxy, Graphene, Adhesive.

## ÖZET

Günümüzde endüstriyel sistemlerinin ihtiyacı olan enerji tüketimini azaltmak için çeşitli yollar denenmektedir. Yakıtta tasarruf sağlamanın en önemli yöntemlerinden bir tanesi de bu sistemlerin ağırlığını azaltmaktır. Sistem elemanlarını birleştirmek için kullanılan cıvata, perçin ve kaynak gibi geleneksel bağlantı yöntemlerinin yerine daha hafif bir bağlantı şekli olan yapıştırıcıların kullanımı, sistemleri daha hafif hale getirmiştir. Açıklanan durum göz önüne alınarak bu çalışmada, epoksi bazlı grafen nano parçacık katkı üretilen yapıştırıcıların tek taraflı bindirmeli bağlantılarının (TTBB) kayma dayanımı testleri yapılarak üretilen bu yapıştırıcıların mekanik özelliklerinin belirlenmesi ve üretilen yapıştırıcı numunelerin TGA ve DTA testlerinin yapılarak ısıl özelliklerinin belirlenmesi üzerinde çalışılmıştır.

**Anahtar Kelime:** Epoksi, Grafen, Yapıştırıcı.

## 1. GİRİŞ

1900'lü yıllardan bu yana bitkisel esaslı yapıştırıcılar, kâğıt gibi gözenekli yüzeye sahip malzemelerin yapıştırılmasında kullanılırken, yaklaşık 50 yıl öncesine kadar hayvansal esaslı yapıştırıcılar, daha çok kullanılmaktaydı. Örneğin kasein yapıştırıcılar, I. Dünya Savaşı'nda ahşap uçak kontrüksiyonları için kullanılmış, ancak bu tip yapıştırıcıların neme karşı düşük mukavemet ve dirence sahip oldukları görülmüştür. Doğal ürünlerdeki gibi sınırlamaları olmayan ve metal malzemeleri metal olmayan gözeneksiz malzemelere bağlayabilen sentetik reçinelerin gelişmesinden dolayı, son zamanlarda endüstriyel alanlarda yapıştırıcıların kullanımında ivmeli artış meydana gelmiştir. Tarihte üretilen ilk sentetik reçine, kereste parçalarının birbirlerine yapıştırılmasında kullanılan fenol formaldehittir. II. Dünya Savaşı sırasında savaş uçaklarının gövdelerindeki yapısal metalik malzemelerin birleştirilmesi fenolik reçineler ve epoksi reçinelerin kullanılmasıyla havacılık alanında yapıştırıcılar önemli bir yer edinmiştir. Bu sayede yapılan ar-ge çalışmaları hızlanmış, gün geçtikçe dayanım ve şekil değiştirme kabiliyeti artırılıp ve yorulma dayanımları da iyileştirilerek servis ömürleri uzatılmıştır. Bunun yanında gün geçtikçe titreşim sönmüleme kabiliyeti fazla olan ve daha esnek özelliklere sahip olan daha iyi yapıştırıcılar ve yapışma bağlantıları elde edilmiştir (Şekercioğlu, 2001).

Yapıştırıcılar, yüzeylere sürülüp katılaştırıldığında parçaları birbirine bağlama özelliğine sahiptir. Yapıştırıcılar birkaç farklı şekilde sınıflandırılabilir. Form açısından; tek bileşenli sıvı yapıştırıcılar, çok bileşenli sıvı yapıştırıcılar, film yapıştırıcılar ve köpükler gibi, fiziksel hallerine göre; metal-metal yapıştırıcılar, kâğıt yapıştırıcılar ve ahşap yapıştırıcılar olarak sınıflandırabiliriz. Bu, malzemeye göre sınıflandırmaktır. Epoksi yapıştırıcılar, siyanoakrilit yapıştırıcılar ve polikloropen yapıştırıcılar da kimyasal formlarına göre sınıflandırmaya birkaç örnektir. Yapıştırma şartlarına göre sınıflandırmaya ise çözücü ile katılan yapıştırıcılar, soğuk katılan yapıştırıcılar ve erimiş durumda uygulanan ve soğuyup sertleştiğinde yapışma sağlayan (hot-melt) yapıştırıcılar örnek gösterilebilir (Kinloch, 1987).

Özellikle son 20 yılda nano teknolojideki gelişmeler ile birlikte hafif ve yüksek dayanımlı malzemelerin ortaya çıkması hız kazanmıştır. Bu gelişmelerde özellikle bağlantı güvenilirliği uzun zaman periyotlarında gerekli olan havacılık, uzay, otomotiv, alt yapı sistemleri, deniz endüstrileri, tıp, spor, elektronik paketleme ve inşaat sektörlerinde polimer matrisli kompozit malzemelerin kullanımıyla, bu sektörlerde kullanılan araç ve gereçlerin birçoğunun daha dayanıklı ve hafif olarak üretilmesini sağlamıştır. Bu kompozit

malzeme teknolojisindeki ilerlemeler ve kompozit malzeme üretim teknolojisinin gelişmesiyle beraber yapısal elemanların birleştirilmesi işlemlerinde de daha kullanışlı ve etkili yöntemlerin geliştirilmesi gerektiğini göstermiştir. Bu gereklilikle birlikte özellikle havacılık sektöründe mekanik birleştime yöntemlerinden uzaklaşarak yapıştırma ile birleştime yöntemlerine ilgi önemli ölçüde artış göstermiştir. Bu ilginin artışı, yapıştırma alanında önemli çalışmalar yapılmasını sağlamıştır. Yapılan çalışmaların başlıca amaçları etkili ve başarılı bir yapıştırma yapmak için gerekli olan parametreleri belirlemek ve bu parametrelerin optimum değerlerini bulmak üzerine yapılmıştır. Dolayısıyla bu parametrelerin bulunması ve kullanılabilirliğinin denenmesi için birçok araştırma-geliştirme çalışmaları yapılmaktadır. Mühendislik alanında da bu konu ile ilgili birçok çalışma mevcuttur ve halen kullanılan yapıştırıcı türlerinin geliştirilmesine yönelik olarak çalışmalar yapılmaktadır(Özdemir,2018).

1 ila 100 nanometre boyutundaki parçacıklara nanoparçacık adı verilmektedir(Hewakuruppu ve ark., 2013). Bu parçacıkların üretimi ve uygulama alanlarını inceleyen farklı disiplinlerin oluşturduğu bilim dalına da nanoteknoloji denilmektedir. Nanoparçacıklar, ham malzemeler ile atomik ya da moleküler boyuttaki yapılar arasında bir köprü oluşturmaktadır. Ham malzemelerde, malzeme boyutuna bakılmaksızın fiziksel özellikleri değişmezken nano boyuta inildiğinde boyuta bağlı olarak fiziksel özelliklerde değişiklikler gözlenmektedir. Bu yüzden malzemelerin fiziksel özellikleri, nano boyuta yaklaştıkça ve malzemenin yüzeyindeki atom yüzdesi önemli miktarda arttığı için değişmektedir. Bir mikrometreden daha geniş ham malzemeler için, yüzeydeki atom yüzdesi, malzemedeki atom sayısı ile ilişkisi önemsizdir. Nano boyutta olan malzemeler ise geniş bir yüzey alanına sahip olduğundan dolayı beklenmedik özellikler gösterebilmektedir. Nanoparçacıklar hem kuantum etkisi oluşturabilecek hem de kendi elektronlarını sınırlandırabilecek kadar küçük olduğundan dolayı beklenmedik optik özellikler göstermektedirler.

(Zhai,2008), çelik yapıştırmak için epoksi yapıştırıcının içerisine nano Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ilave ederek epoksi yapıştırıcının mekanik özelliklerini geliştirmeyi hedeflemişlerdir. Çalışmalarında nano Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ile güçlendirilmiş epoksi yapıştırıcı ile saf epoksi yapıştırıcıyı karşılaştırmışlardır. Yüzeyler arası pürüzlülük ve yapıştırma oranının yapıştırma dayanımı üzerine etkilerini çekme deneyleri yapılarak ölçmüşlerdir. Saf epoksi ve nano Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ile güçlendirilmiş epoksi yapıştırıcı sonuçları karşılaştırıldığında yapıştırma dayanımının saf epoksiye göre önemli ölçüde arttığını gözlemlemişlerdir. Yapılan çalışmada en iyi yapıştırma dayanımına sahip yapıştırıcının ağırlıkça %2 nano Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> katkılı epoksi yapıştırıcı olduğu bulunmuştur. Ağırlıkça %2 nano Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> katkılı epoksi

yapıştırıcının çekme dayanımının saf epoksi ile karşılaştırıldığında dört kat daha fazla olduğu yapılan deneyler ile kanıtlanmıştır.

(Grant, 2009), 0.1, 0.25 ve 0.4 mm kalınlıklarda, epoksi yapıştırıcılar ile birleştirilmiş alüminyum parçalarda elde ettikleri sonuçları paylaşmışlardır. Yapıştırıcı kalınlığının artmasıyla elde edilen tokluk artışını, lineer elastik kırılma mekaniği analizi ve deney sonuçları ile uyumlu bulmuşlardır (Kawashita ve ark., 2008). Epoksi yapıştırıcılar ile birleştirilmiş alüminyum parçalarda 0.1, 0.25 ve 0.4 mm yapıştırıcı kalınlıklarında elde ettikleri sonuçları karşılaştırmışlar, çalışmalarında yapıştırıcı kalınlığının artmasıyla elde edilen tokluk artışını, lineer elastik kırılma mekaniği analizi ve deney sonuçları ile uyumlu bulmuşlardır. Benzer bir çalışmada da yapıştırıcı kalınlığının 0.1 mm'den 0.3 mm'ye çıktığında kayma dayanımının lineer olarak azaldığını ve sebep olarak ise kalın yapıştırıcı tabakasında oluşan eğilme gerilmesinin olduğunu ifade etmişlerdir.

(Gültekin, 2016), tek tesirli bindirmeli bağlantılarda dört farklı yöntem kullanarak yapışkana nanopartikül ekleyerek elde edilen nanokompozit yapıştırıcının çekme mukavemetini deneysel olarak belirlemeyi hedeflemişlerdir. Çalışma için, yapıştırılan malzeme olarak Al2024-T3 alüminyum alaşımı, nanoparçacık olarak grafen ve yapışkan olarak DP460 sıvı yapısal epoksi kullanılarak birleştirilmiş tek tesirli yapıştırma bağlantılarını üretmişlerdir. Deneylerden elde edilen hasar yükünü incelediklerinde, nano takviye yöntemlerinin yapıştırma bağlantılarının hasar yükü ve standart sapmanın üzerinde büyük etkisi olduğu literatürde gösterilmesine rağmen, bu çalışmada yapıştırma bağlantılarının hasar yükünü artıran ve standart sapmayı minimize eden yeni bir metod geliştirmişlerdir. Bu geliştirmelerin yapıştırma bağlantılarının güvenilirliğini ve tekrarlanabilirliğini artırdığını belirtmektedirler.

(Scarselli, 2017), havacılık uygulamalarında kullanılan yapıştırıcıların mekanik özelliklerini geliştirmek için çalışmışlardır. Alüminyum alaşımları ile birlikte havacılık sektöründe kompozit malzemeler kullanılmaya başlandığından beri, hava araçlarının birincil yapıları için ana yapıları oluşturan malzemelerde yapıştırıcılara olan ilgi artmıştır. Kompozit matrisler olarak bir kaç polimerin mekanik özelliklerinin artırılması için nano grafit kullanılmasının uygun olduğu belirlenmiştir Bu çalışmada tek taraflı bindirmeli tek yönlü kompozit laminatlar üretilmiştir. İki farklı yaklaşım tarzı ile üretilen numuneler saf epoksi yapıştırıcılı ve nano grafit katkılı epoksi yapıştırıcılı olarak üretilmiş, test edilmiş ve bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Epoksi reçine içinde homojen dağılmış nano grafitin etkileri deneysel olarak tek taraflı bindirmeli bağlantılarında çalışmışlardır. Yapıştırıcının mekanik özelliklerinin sürdürülebilir olarak geliştiği deneysel

olarak çıkan sonuçlar ile ispatlanmıştır. Deney sonuçlarına göre nano grafit eklenmiş epoksinin kayma dayanımının % 18, kopma uzaması %29 ve kırılma kopma gerilmesinin %53 arttığı görülmüştür. Elde edilen sonuçlarla, yapıştırıcı ile bağlanmış yapıların etkilerinin büyük bir potansiyel ile geliştirebileceği nano grafit katkılı yapıştırıcı deneyleri ile gösterilmiş ve önerilmiştir.

### **1.1. MATERYAL VE YÖNTEM**

Tezin bu bölümünde, çalışmada kullanılan malzemelerin özellikleri, alüminyum levhaların yüzeylerinin hazırlanması, nanoparçacık katkılı epoksi esaslı yapıştırıcı üretilmesi, tek taraflı bindirmeli bağlantılarının hazırlanması ve çekme deneyi yapılacak numunelerin üretilmesi incelenmiştir.

Bu çalışmada, Alüminyum 2024-T3 alaşımdan oluşan levhalar kullanılarak yapılan tek taraflı bindirme bağlantılarının ve çekme numunelerinin mekanik ve termal özellikleri incelenmiştir. İlk önce saf epoksi reçinenin mekanik özelliklerini belirlemek için testler yapılmıştır. Yapıştırma dayanımını arttırmak için yapıştırıcı reçine içerisine değişik oranlarda nano parçacıklar ilave edilmiştir. Öncelikli olarak Tablo 1' de görülen değişik oranlardaki nanoparçacık eklenmiş epoksi esaslı yapıştırıcılar üretilmiş ve Al 2024-T3 levhalarının yapıştırma işlemi yapılmıştır. Sonra yapıştırılma işlemi yapılan Al 2024-T3 numunelerinin çekme deneyi yapılmış ve ayrıca çekme deneyleri sonucunda kopan numunelerden parçalar alınarak SEM, TGA ve DTA testleri yapılmıştır. Nano parçacık ile güçlendirilmiş epoksi reçinelerin mekanik özellikleri saf epoksinin mekanik özellikleriyle karşılaştırılmıştır. Bu analizler sonucunda epoksi esaslı Grafen ve KNT katkılı yapıştırıcıların mekanik özelliklerine göre en yüksek dayanım değerlerinin elde edildiği katkı oranları belirlenmiştir. Bu oranlar, Grafen ve KNT oranlarının artırılarak ve azaltılarak değişik varyasyonlarında deneyerek yapıştırıcının dayanımına olan etkisi gözlemlenmeye çalışılmıştır. Ardından, bulunan en iyi oranlar birlikte epoksi yapıştırıcıya eklenerek yeni epoksi esaslı yapıştırıcı numuneleri üretilmiş ve bu numunelerde aynı yöntemlerle incelenmiştir. Buradan bulunan en iyi değerli epoksi, Grafen ve karbon nanotüp yapıştırıcı numunesine değişik oranlarda bakır nanoparçacıklar eklenmiştir. Üretilen hibrid numunelerin çekme deneyleri yapılarak kopan parçalardan alınan örnek parçaların aynı şekilde SEM, TGA ve DTA testleri yapılmış ve saf epoksi yapıştırıcı ile kıyaslanmıştır. Buradan bulunan en iyi karışım oranlarındaki hibrid yapıştırıcıya değişik oranlarda gümüş nanoparçacık eklenmiştir. Üretilen numunelerde aynı şekilde incelenmiştir ve tezin ilerleyen bölümlerinde yapılan bütün analizler ve bulunan sonuçlar detaylı şekilde sunulmuştur.



Tablo 1’de yapıştırıcı numunelerine verilen isimler sunulmuştur. Numunelere isimler verilirken, üretilen yapıştırıcı içerisindeki nanoparçacıklar ve bunların yüzde ağırlık oranı esas alınmıştır. Burada grafen için Gr ve alüminyum için Al kullanılmıştır. Örneğin 050Gr numunesi ağırlıkça % 0.50 oranında grafen içeren epoksi bazlı yapıştırıcıyı temsil etmektedir.

Tablo 1. Nanoparçacık ile güçlendirilmiş yapıştırıcı numuneleri

Numune İsmi	Gr	Epoksi + Sertleştirici
E	-	100
025Gr	0.25	Diğer
050Gr	0.50	Diğer
075Gr	0.75	Diğer
1Gr	1	Diğer

## 1.1.2. Çalışmada Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri

### 1.1.2.1. Yapıştırıcı

Epoksi reçine, bir İsviçreli kimyager Dr. Pierre Castan tarafından icat edilmiştir ve 1939 yılında patent almıştır. İsviçreli şirket Ciba Geigy 1940'lardan itibaren epoksi üretimini ticari olarak yürütmektedir. Epoksi reçinelerinin, glisidil epoksi ve non-glisidil epoksi reçineleri olmak üzere iki ana kategorisi vardır. Glisidil epoksiler ayrıca glisidil eter, glisidil ester ve glisidil-amin olarak sınıflandırılır (Dunn, 2004).

Epoksi reçineler polimer matrisli kompozitlerde en yaygın kullanılan termoset plastiklerden biridir. Kısa sürede kürleşebilme ve kürleştiğinde ise başka ürünlerle reaksiyona girmeme gibi özelliklere sahiptir. Bu reçineler aynı zamanda kimyasal ve çevresel koşullara karşı iyi bir dirence, yalıtkanlık özelliğine ve iyi derecede yapışma özelliğine sahiptir. Genellikle bisfenol ve epiklorohidrin’in reaksiyonu ile üretilmektedir. Epiklorohidrin’in moleküler ağırlığının artırılıp azaltılmasıyla farklı reçineler elde edilmektedir. Epoksi reçinelerin kürleştirilmesinde genellikle sertleştirici, aktivatör ve katalizör olarak bahsedilen ajanlar kullanılır. Bunlar genelde aminlerden oluşur. Amin nitrojenindeki her bir hidrojen reaktiftir ve kovalent bağlı bir epoksi halkasını açabilecek özelliktedir (Singla ve Chawla, 2010).

Bu çalışmada MGSTM LR285 laminasyon reçinesi ile MGSTM LH285 kürleştiricisi kullanılmıştır. Kullanılan reçine iki fazlı olup %80-90’ı diglisidil eter bisfenol A ve %10-20’si alifatik diglisidil eter karışımından oluşmaktadır. Kürleştiricinin ise %70-90’i sikloalifatik amin ve %10-30’u Polioksil alkil amin

karışımından oluşmaktadır. Üretici firma (HEXION) tarafından oluşturulan kullanım talimatına göre ağırlıkça 100/40 oranında epoksi/kürleştirici karışımı oda koşullarında 2 ila 3 saatlik süre içerisinde kürleşmektedir. Epoksinin Tablo 2'de belirtilen çeşitli özellikleri Hexion firmasından temin edilmiştir.

*Tablo 2: MGS TM LR285 Epoksinin Mekanik Özellikleri*

Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	1.18-1.20
Eğilme mukavemeti (MPa)	110-120
Çekme mukavemeti (MPa)	70-80
Basma mukavemeti (MPa)	120-140
Darbe mukavemeti (J)	45-55
Elastiklik modülü (GPa)	3.0-3.3
Kopma uzaması [%]	5.0-6.5

Bu çalışmadaki tek taraflı bindirmeli bağlantıların yapıştırılması işleminde kullanılan epoksi reçinenin bazı özellikleri yukarıda verildiği gibidir. Yapıştırma işlemi için yapıştırıcı hazırlama süreci ana hatlarıyla şu şekildedir: Öncelikle yapıştırıcı olarak kullanılacak olan epoksi reçine miktarı belirlenerek tartılmıştır. Sonrasında epoksi yapıştırıcıya eklenecek nanoparçacıklar tartılmıştır ve epoksi reçineye eklenmiştir. Üretilen reçine ultrasonik karıştırıcı yardımıyla karıştırılmıştır. Son olarak tartılan reçinenin içerisine 100/40'ı oranında epoksi/kürleştirici tartılarak karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi 5 dakika boyunca mekanik (elle) olarak gerçekleştirilmiştir. Bu işlemden sonra karışım içerisinde oluşan hava kabarcıklarını gidermek amacıyla oda sıcaklığında vakum fırınında bekletilmiştir. Bu işlemden sonra yapıştırma işlemine geçilmiştir.

### **1.1.2.2. Yapıştırılan malzeme (Al 2024-T3)**

Alüminyum 2024 T3, birincil alaşım elementi bakır olan bir alaşım türüdür. Ağırlık taşıma ve yorulma direnci yüksek olan uygulamalarda kullanılmaktadır. Ortalama bir işlenebilirliğe ve yalnızca sürtünme kaynağı ile kaynak yapılabilme özelliğine sahiptir. Düşük korozyon dayanımından dolayı, yorulma direncini azaltmasına rağmen Alüminyum ya da Al-Zn ile kaplanmaktadır (Parker ve ark., 2002). Genelde haddelenerek alüminyum kaplı plaka ve tabakalar haline getirilir (Avallone ve ark., 2006).

Bu çalışmada 1.62 mm kalınlığında alüminyum 2024-T3 levha kullanılmıştır. Bu malzeme yüksek dayanıma, işlenebilme özelliğine ve yüksek yüzey kalitesine sahiptir. Ayrıca bu alaşım yapısal uygulamalarda; uçak sanayii,

otomotiv, askeri ve makine sektörlerinde, yaygın olarak kullanılır. Bu alaşım ve alaşımın özellikleriyle ilgili bilgiler Seykoç Alüminyum firmasından temin edilmiştir.

### **1.1.2.3. Grafen**

21. yüzyılın mucize malzemesi olarak bilinen grafen, tek bir atom kalınlığında iki boyutlu ve her biri karbon atomu olan altıgen yapıların bal peteği şeklinde birbirine bağlanmasıyla oluşmaktadır. Bu altıgen yapılar doğada Van Der Waals çekim kuvvetlerinden dolayı üst üste katmanlar şeklinde bulunur ve bu yapıya da grafit denir.

Elektronik cihazlarda kullanılmak üzere geniş çapta grafen üretimi önemli bir sorundur. Bu tür uygulamalarda makro ölçüde grafen üretimi grafit kristallerinden ve grafen oksitten elde edilmektedir fakat bu yöntemlerle üretilen grafenin elektrik direncinin çok yüksek olduğu yapılan çalışmalarla görülmüştür. Buna bir alternatif olarak kimyasal buhar biriktirme yöntemi kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemle üretilen grafen tabakası ise düşük elektrik direncine sahiptir. Aynı zamanda elastik ve geçirgendir. Grafenin bu özelliklerinden faydalanarak elektronik cihazlarda kullanılmaya başlanmıştır (Kim ve ark., 2009).

Üst düzeyde elektrik iletim özelliğine sahip olan grafen, sensör, pil teknolojisi, hidrojen depolama, transistör, optik gibi pek çok elektrik elektronik uygulamalarında kullanılmasının yanında üstün mekanik özelliklere de sahiptir. Bu çalışmada kullanılan grafen Nanografi firmasından temin edilmiştir.

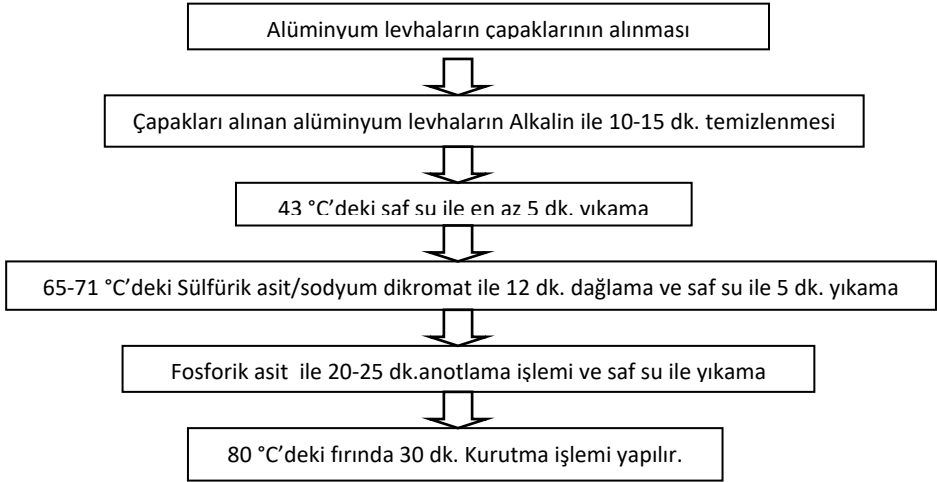
### **1.1.2.4. Yapıştırma Bağlantı Numunelerinin Yüzeylerinin Hazırlanması**

Yüzey hazırlama işleminin amacı yüzeyde pürüzlülük oluşturmak ve yapıştırılacak olan numunenin yüzeyinde üretim sırasında veya herhangi bir nedenle bulunabilen gliserin ve yağ tarzı kir tabakalarının uzaklaştırmasıdır. Aksi takdirde yapışma sırasında yapıştırıcının, yüzeydeki kir tabakasına tutunması halinde kuvvet iletimi azalacak dolayısıyla yapışma dayanımı düşecektir. Aynı zamanda pürüzlü bir yüzey oluşturarak yapıştırıcının yüzeye daha iyi tutunması da sağlanmış olur. Bu işlemler için özellikle havacılık sektöründe kullanılan alüminyum gibi numuneler için ASTM 1002-10 standartlarının aşamaları uygulanmaktadır.

Tek taraflı bindirmeli test numunesi boyutları ASTM D1002-10 standartlarına göre belirlenmiştir. Bu standartlara göre Seykoç Alüminyum firmasından alınan alüminyum levhalar ilk olarak 101.6X25 mm boyutlarında

Bilgisayarlı Sayısal Kontrollü (CNC) Lazer Kesim Tezgâhında kesilmiştir. Kesim aşamasından sonra elde edilen parçaların kenarlarında oluşan kalıntılar, yapışmayı etkileyebileceği ve çalışana zarar verebileceğinden dolayı giderilmiştir. Numunenin kenar kısımlarındaki pürüzler giderildikten sonra havacılık sektöründe en çok kullanılan yüzey hazırlama metodu olan ASTM D2651-01 standardına uygun (sülfürik asit/ sodyum dikromat) solüsyon ile ASTM D3933-98 standardına uygun yüzey temizleme işlemi yapılmıştır (ASTM, 2008; ASTM, 2010). Bu işlemler boyunca ve bittikten sonra yapıştırılacak yüzeylere çözelti suları ve yıkama işlemleri dışında dışarıdan herhangi bir temasta bulunulmamıştır. Yine aynı şekilde fosforik asitle anotlama işlemi sırasında ve sonrasında da yapıştırılacak yüzeylere temas edilmeden hızlı bir şekilde Şekil 1'deki işlem basamakları takip edilmiştir.

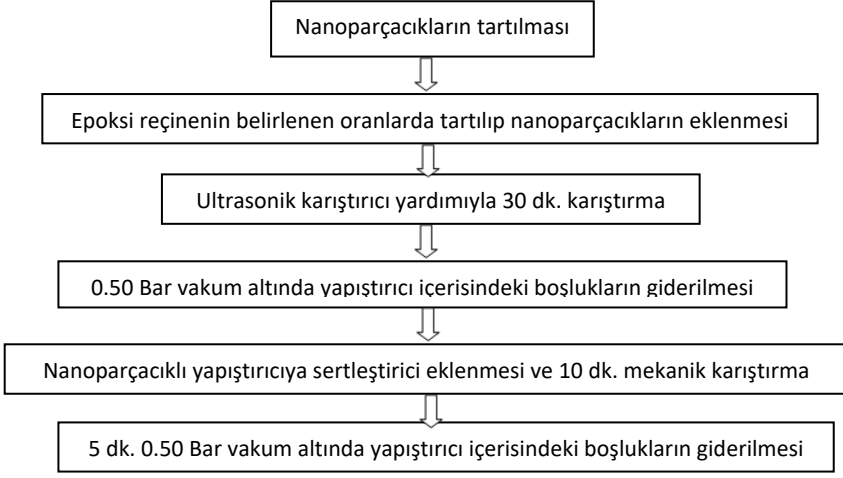
Şekil 1: Yapıştırılacak alüminyum numunesinin hazırlanma işlem basamakları



#### **1.1.2.5. Nano Yapıştırıcının Hazırlanması**

Şekil 2 'de bu çalışmada kullanılan nanoparçacık katkı yapıştırıcıların hazırlanma süreci şematik olarak gösterilmiştir.

Şekil 2: Nanoparçacık katkı yapıştırıcıların hazırlanma işlem basamakları



## 2. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

### 2.1. Yapıştırıcıların TGA ve DTA Sonuçları

TGA (Termogravimetrik analiz) yöntemi ile polimer bazlı numunenin ısı özellikleri analiz edilebilir. TGA testi sırasında bir numunenin kütlesinin, numunenin sıcaklığına ve zamana göre değişimi, kontrollü atmosfer altında ölçülür. TGA testinin en sık kullanım amacı bir numunenin ısı ve oksidatif dengesinin ölçülmesi ve bileşen özelliklerinin karakterize edilmesidir. TGA tekniği ile malzemenin bozunmasına, oksidasyonuna ya da bileşenlerinden uçucu moleküllerin kaybına bağlı olan kütledeki artış ya da azalış değerleri elde edilir. Özellikle polimer bazlı malzemeler için kullanılan önemli bir ısı analiz yöntemidir. Termoplastik, termoset, elastomerik, kompozit, film, elyaf, boya ve kaplama gibi malzemelerin analizi için kullanılır.

Bir DTA cihazı örnek ve referans odacıkları inert veya reaktif gazların dolaşabileceği şekilde dizayn edilir. Bazı sistemlerde düşük veya yüksek basınçta çalışma olanağı da vardır. Diferansiyel termogramın ordinatı watt/saniye veya milikalori/saniye cinsinden verilir.

DTA analizi, sıcaklık artışı ile malzemenin yuttuğu ve verdiği enerjiyi gösterir. DTA grafiğinin sol tarafındaki ilk pikten sonraki düşüşün başladığı noktadaki sıcaklık camı geçiş (T<sub>g</sub>) sıcaklığını göstermektedir. Bu T<sub>g</sub> değerinden sonra malzeme katılığını kaybeder. Sıcaklık arttıkça grafikte bir pik oluşur. Bu pik yukarı doğru ise Endotermik reaksiyon olarak nitelenir ve malzeme hızla erimeye başlayarak enerji yutar. Eğer pik aşağı doğru ise bu reaksiyonda Ekzotermik reaksiyon denir ve malzeme dışarıya enerji

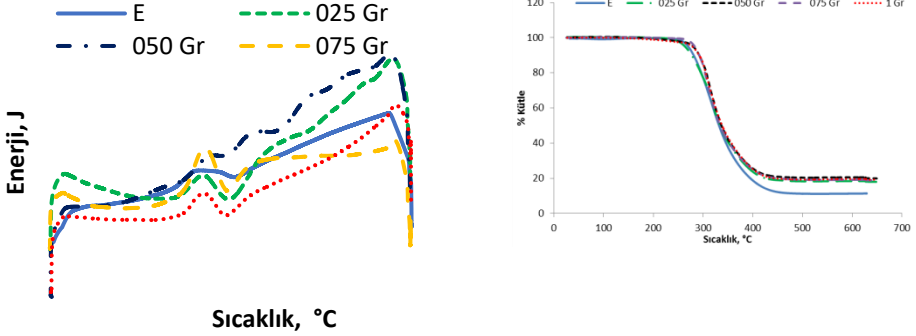
vermektedir. Bahsedilen pikin tepe noktası erime noktası sıcaklığını ( $T_m$ ) göstermektedir. Ayrıca DTA grafiğindeki erimeyi gösteren bu pik bölgesindeki eğri altında kalan alan ölçülerek erime entalpisi hesaplanabilir. Bu çalışmada bu bilgiler göz önüne alınarak DTA grafiklerinin yorumlamaları yapılmıştır.

### **2.1.1. Grafen katkıli epoksi yapıştırıcının TGA ve DTA sonuçları:**

Bu çalışma kapsamında üretilen ağırlıkça değişik oranlarda grafen katkıli epoksi yapıştırıcılar ile saf epoksi yapıştırıcının TGA ve DTA sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar grafik olarak Şekil 3'de sunulmuştur. Tablo 3` de üretilen değişik yüzde oranlarında grafen katkıli epoksi esaslı yapıştırıcı ile saf epoksi yapıştırıcının DTA analiz sonuçları karşılaştırıldığında, saf epoksinin  $T_g$  değeri  $67.1\text{ }^\circ\text{C}$  değerine karşılık 050Gr numunesinin  $T_g$  değeri  $44.5\text{ }^\circ\text{C}$  ve en düşük camsı geçiş sıcaklığı ise  $T_g$  değeri  $38.2\text{ }^\circ\text{C}$  ile 075Gr numunesindedir. Bu değerlerden anlaşıldığı üzere ilk önce katılığını kaybeden yapıştırıcı 075Gr numunesidir. Ayrıca 075Gr için  $T_g$  değerinin düşük olması nano parçacıkların çapraz bağ yoğunluğundaki azalma etkisini göstermektedir.  $T_m$  değerinin saf epoksidede  $276.8\text{ }^\circ\text{C}$ , 025Gr için  $295\text{ }^\circ\text{C}$  olması nano parçacıkların homojene yakın dağılım göstermesi ve bu sebeple polimer zincirlerdeki düzensizliklere girerek termal kararlılığı arttırması olarak değerlendirilmektedir. Artan nano parçacık oranı ile parçacık dağılımı homojenlikten uzaklaşmış, topaklanmalar oluşarak termal kararlılık olumsuz etkilenmiş saf epoksinin  $T_m$  değerine yakın erime sıcaklıkları elde edilmiştir. Şekil 3'de saf epoksinin  $T_m$  sıcaklığı  $276.8\text{ }^\circ\text{C}$  iken, üretilen grafen katkıli epoksi bazlı yapıştırıcı numunelerinden en yüksek  $T_m$  sıcaklık değeri  $295\text{ }^\circ\text{C}$  ile 025Gr numunesinde gözlenirken, en düşük  $T_m$  sıcaklık değeri  $275\text{ }^\circ\text{C}$  ile 075Gr numunesinde gözlenmiştir.

*Tablo 3: Saf epoksi ve grafen katkıli epoksi yapıştırıcıların termal analiz değerleri*

Numune İsmi	% Kütle Kaybındaki Bozunma sıcaklıkları( $^\circ\text{C}$ )			$T_g$ ( $^\circ\text{C}$ )	$T_m$ ( $^\circ\text{C}$ )
	%5	%50	Kütle Kaybının Durduğu		
E	270	332	443.1	67.1	276.8
025Gr	263	333	428.7	44.05	295
050Gr	280	336	428.5	44.5	295.7
075Gr	283	334	430.3	38.2	275
1Gr	278	338	431.4	41.1	280.3



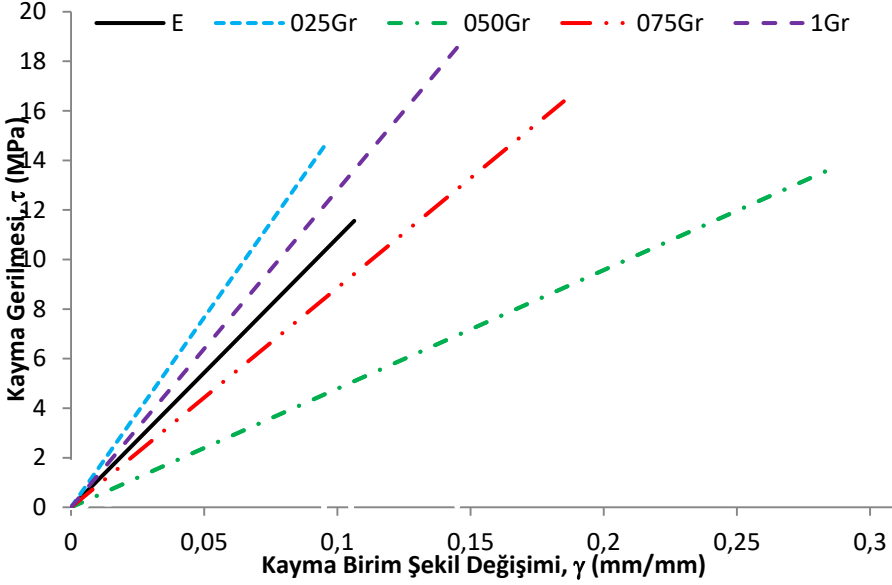
Şekil 3: Grafen katkılı epoksi yapıştırıcının TGA ve DTA eğrileri

Şekil 3' de değişik yüzde oranlarında grafen katkılı epoksi esaslı yapıştırıcı ile saf epoksi yapıştırıcının TGA analiz sonuçları verilmektedir. Sırasıyla %5, %50 kütle kaybı ve tamamen bozunmanın gerçekleştiği sıcaklıklar saf epoksi için 270, 332 ve 443.1°C iken, 075Gr numunesinde 283, 334, 430.3 °C ve 025Gr numunesinde 263, 333, 428.7°C olarak tespit edilmiştir.

### 2.1.2. Grafen Katkılı Epoksi Bazlı Yapıştırıcıların T.T.B.B. Kayma Dayanım Testleri

Alüminyum iki parçanın birleştirilmesi için kullanılan yapıştırıcının mukavemetini arttırmak için yapıştırıcı reçine içerisine ağırlıkça belirlenen oranlarda nano parçacıklar ilave edilmiştir. TTBB kayma dayanımı deneyleri ASTM D1002-10 standartına uygun olarak yapılmıştır ve bu deneylerin yapılması için Shimadzu AGS-X çekme test cihazı ile Trapeziumx yazılımı kullanılmıştır. Tek taraflı bindirmeli bağlantıların ve çekme numunelerinin testleri 1 mm/dk çekme hızında gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada ilk önce epoksi reçine içerisine ağırlıkça %0.25, 0.50, 0.75 ve 1 oranlarında grafen ilave edilerek üretilen tek taraflı bindirmeli yapıştırıcı bağlantıların kayma testleri yapılmıştır ve saf epoksi reçinenin kayma testi sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Buradan elde edilen veriler Şekil 4'te sunulmuştur.



Şekil 4: Grafen katkıli epoksi yapıştırıcının kayma test sonuçları

Şekil incelendiği zaman grafen ilave edilen tüm epoksi yapıştırıcıların kayma dayanımının arttığı görülmektedir. Saf epoksinin kayma dayanımı 10.77 MPa iken, 025Gr numunesinin kayma dayanımı 14.36 MPa olarak bulunmuştur. Grafikte kayma dayanımının en büyük değerinin (18.51 MPa) 1Gr numunesinde olduğu görülmektedir. Ayrıca grafikten kayma birim şekil değişimi incelendiğinde en yüksek artışın 050Gr numunesinde olduğu saptanmıştır. Saf epoksi yapıştırıcının kayma birim şekil değişimi 0.106 mm/mm iken, en yüksek kayma birim şekil değişiminin 050Gr numunesinde 0.285 mm/mm olduğu görülmektedir. Bununla birlikte en düşük kayma birim şekil değişiminin 0.096 mm/mm değeri ile 025Gr numunesinde olduğu grafikten okunmaktadır. 025Gr numunesine ait en büyük kayma birim şekil değişiminin saf epoksiye göre daha küçük olması, grafenin karışım içerisinde homojen olarak dağılması ile epoksinin şekil değiştirebilirliğini azalttığı düşünülmektedir. Üretilen diğer grafen katkıli epoksi yapıştırıcılarının en yüksek kayma birim şekil değişimi oranının saf epoksinin kayma birim şekil değişimi oranından fazla olması ise grafenin karışım içerisinde toplanarak daha fazla şekil değişimine izin vermesi olarak değerlendirilmektedir.

Tablo 4' de saf epoksi ve grafen katkıli epoksi yapıştırıcıların kayma testleri sonucunda elde edilen mekanik özellikleri sunulmuştur.



Tablo 4: Saf epoksi yapıştırıcı ve Grafen katkılı epoksi yapıştırıcıların mekanik özelliklerinin ortalama değerleri

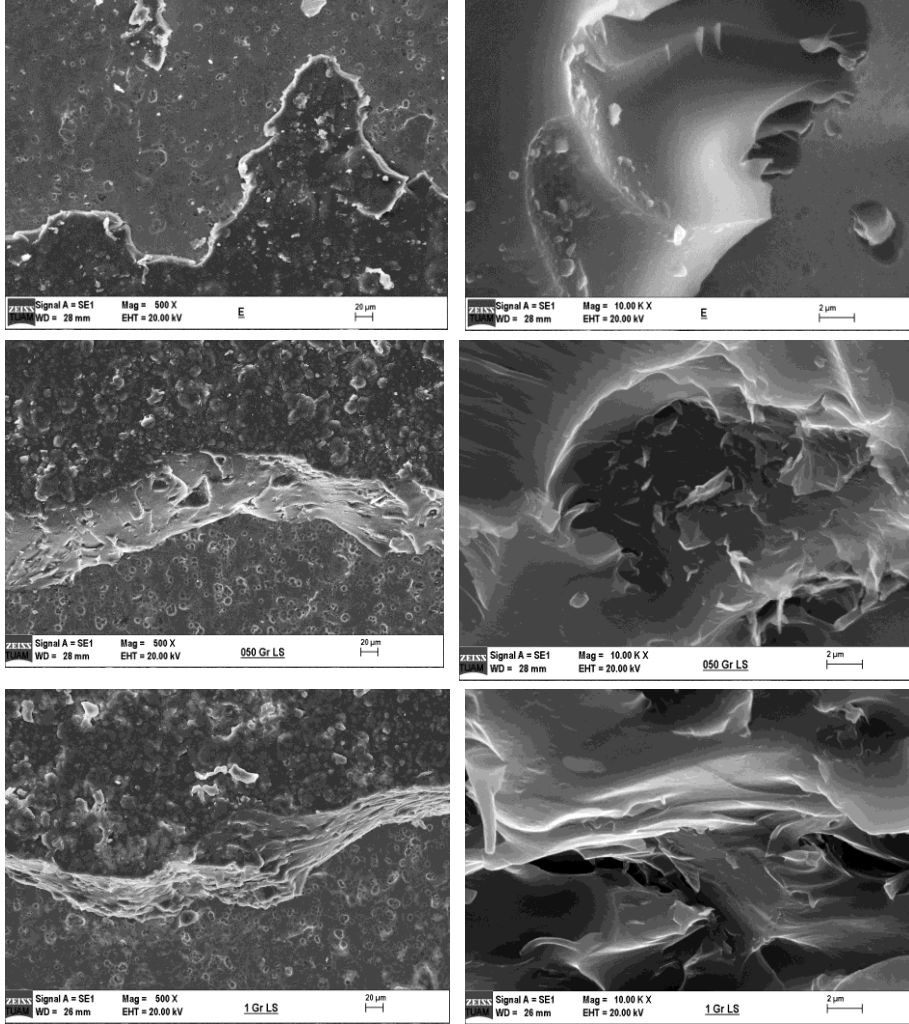
Numuneler	Kayma Dayanımı (MPa)	En Büyük Kayma Birim Şekil Değişimi (mm/mm)	Kayma Modülü (GPa)	Tokluk (kJ/m <sup>3</sup> )
E	11.75 ±2.92	0.2 ±0.18	101.6	0.57
025Gr	13.48 ±1.59	0.081 ±0.020	118.6	0.59
050Gr	12.32 ±1.97	0.15 ±0.11	51.12	2.07
075Gr	12.38 ±4.61	0.137 ±0.063	87.18	1.49
1Gr	17.7 ±2.6	0.148 ±0.048	120.75	1.26

### 3. Kırılma Yüzeyleri SEM Görüntüleri

SEM görüntüleri farklı yakınlaştırma ölçeklerinde alınıp değerlendirilmiştir. Burada kırılmanın sünek yada gevrek karakterli olması ve yapıştırıcı içindeki malzemelerin homojen dağılımı, topaklanma oluşup, oluşmadığı gibi durumlar değerlendirilmiştir.

Saf epoksiye ait Şekil 5'da a ve b SEM görüntüleri ile c, d, e ve f görüntüleri karşılaştırıldığında, saf epoksi yapıştırıcının kırık yüzeyinin düz ve pürüzsüz olduğu, nanoparçacık eklenen yapıştırıcılarda ise kırılmaya sebep olan çatlakların sayısında ve dolayısıyla pürüzlülükte artış olduğu görülmektedir. Bu çatlakların sönmlediği enerjiden dolayı 050Gr numunesinin tokluk değerinin grafen katkılı yapıştırıcılarda en yüksek (2.07 kJ/m<sup>3</sup>) olduğu tespit edilmiştir.

*Nano Parçacık Katkılı Epoksi Bazlı Yapıştırıcıların Havacılık Uygulamalarında Kullanılması İçin Mekanik ve Termal Özelliklerinin İncelenmesi*



*Şekil 5: TTBB kırılma yüzeyleri SEM görüntüleri a) Saf epoksi 500 büyütme b) Saf epoksi 10000 büyütme c) 050Gr 500 büyütme d) 050Gr 10000 büyütme e) 1Gr 500 büyütme f) 1Gr 10000 büyütme*

### 3. SONUÇ

Bu çalışmada, endüstriyel uygulama alanı geniş olan epoksi esaslı yapıştırıcıların mekanik ve termal özelliklerini iyileştirmek için grafen nanoparçacıklar reçineye eklenmiştir.

TGA ve DTA testleri sonucunda saf epoksinin %5, %50 ve tamamen kütle kaybı için bozunma sıcaklıkları 270, 332 ve 443.1 °C olarak tespit edilmiştir. Bu değerlere karşılık üretilen nano parçacık katkılı yapıştırıcı numunelerinden en iyi değerlere sahip numune, %5, %50 ve tamamen kütle kaybı için en yüksek bozunma sıcaklıkları 075 Gr numunesinde 283, 334 ve 430.3 °C değerleriyle bulunmuştur.

Mekanik testler sonucunda saf epoksi yapıştırıcının kayma dayanımı 10.77 MPa olarak bulunmuştur. Saf epoksinin kayma dayanımı ile yapılan testlerin en iyi kayma dayanımına sahip numune, 1 Gr numunesinin 18.51 MPa değeriyle sahip olduğu tespit edilmiştir. Grafenin mekanik özelliklerde düşük katkı oranlarında dayanımı ve şekil değiştirebilirliği arttırdığı, yüksek katkı oranlarında ise reçine içerisinde topaklanarak dayanımı azalttığı görülmüştür. Ayrıca saf epoksinin açısız birim şekil değiştirmesi 0.106 mm/mm iken, 050 Gr numunesinde 0.15 mm/mm bulunmuştur.

Isıl özellikler açısından değerlendirildiğinde saf epoksi yapıştırıcı için kütle kaybının başladığı, tamamen kimyasal bozulmanın gerçekleştiği ve camsı geçiş (Tg) sıcaklıkları sırayla 270 °C , 443.1 °C , ve 67.1 °C dir.

Bu değerler grafen nano parçacık katkılı olarak üretilen yapıştırıcılardan, 050Gr numunesinde camsı geçiş (Tg) sıcaklığı 44.5 °C ve tamamen kimyasal bozulmanın gerçekleştiği sıcaklık 295.7 °C olarak bulunmuştur.

## KAYNAKÇA

- Grant, L., Adams, R. ve da Silva, L. F., 2009, Experimental and numerical analysis of single-lap joints for the automotive industry, International journal of adhesion and adhesives, 29 (4), 405-413.
- Gültekin, K., Akpınar, S., Gürses, A., Eroglu, Z., Cam, S., Akbulut, H., Keskin, Z. ve Özel, A., 2016, The effects of graphene nanostructure reinforcement on the adhesive method and the graphene reinforcement ratio on the failure load in adhesively bonded joints, Composites Part B: Engineering, 98, 362-369.
- Kim, K. S., Zhao, Y., Jang, H., Lee, S. Y., Kim, J. M., Kim, K. S., Ahn, J.-H., Kim, P., Choi, J.-Y. ve Hong, B. H., 2009, Large-scale pattern growth of graphene films for stretchable transparent electrodes, Nature, 457 (7230), 706.
- Kinloch, A., 1987, Adhesion and adhesives: science and technology. 1987, City: London, Chapman and Hall.
- Scarselli, G., Corcione, C., Nicassio, F. ve Maffezzoli, A., 2017, Adhesive joints with improved mechanical properties for aerospace applications, International journal of adhesion and adhesives, 75, 174-180.

*Nano Parçacık Katkılı Epoksi Bazlı Yapıştırıcıların Havacılık Uygulamalarında Kullanılması İçin Mekanik ve Termal Özelliklerinin İncelenmesi*

- Singla, M. ve Chawla, V., 2010, Mechanical properties of epoxy resin–fly ash composite, Journal of minerals and materials characterization and engineering, 9 (03), 199.
- Şekercioğlu, T., 2001, Yapıştırma bağlantılarının dinamik yükler altındaki davranışlarının incelenmesi, Pamukkale Üniversitesi.
- Özdemir, Y., 2018, Nano Parçacık Katkılı Epoksi Esaslı Yapıştırıcıların Mekanik Ve Termal Özelliklerinin Araştırılması, Necmettin Erbakan Üniversitesi.
- Zhai, L., Ling, G. ve Wang, Y., 2008, Effect of nano-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> on adhesion strength of epoxy adhesive and steel, International journal of adhesion and adhesives, 28 (1-2), 23-28.



# HAVACILIKTA AĞIZ ve DİŞ SAĞLIĞININ UÇUŞ EMNİYETİNE ETKİLERİ

*Seçil ÖZKAN ATA*

## **ABSTRACT**

Although the technology of the aircraft has been very advanced since the first flight in 1903, the physiology of the person who flew the aircraft has remained the same. Advances in aircraft systems support human physiology. According to studies, the human factor in aviation accidents is approximately 80%. The physiological and psychological state of the pilot and aircrews are the basis of the human factor. Some of the most important physiological changes occur due to environmental pressure changes. A number of physiological changes that may occur due to pressure changes also affect oral and dental health. If flight crews are well aware of the physiological and psychological problems that flight can cause, they can cope better with these problems. In this study, it is aimed to give information about the oral and dental health problems that can be caused by altitude and the importance of the precautions to be taken to cope with these problems.

**Key Words:** aviation medicine, barodontalgia, aviation dentistry.

## **ÖZET**

1903 tarihli ilk uçuştan günümüze kadar uçak teknolojisi çok gelişmiş olmasına rağmen uçağı uçuran kişinin fizyolojisi hep aynı kalmıştır. Uçak sistemlerindeki gelişmeler insan fizyolojisini destekleyecek yeni teknolojilerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Yapılan çalışmalara göre uçak kazalarındaki insan faktörü %70-80 civarındadır. Pilot ve uçuş ekiplerinin fizyolojik ve psikolojik durumu uçuştaki insan faktörünün temelini oluşturur. Fizyolojik değişikliklerin en önemlilerinden bazıları çevresel basınç değişimi nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Basınç farklılıklarına bağlı olarak ortaya çıkabilen bir takım fizyolojik değişiklikler ağız ve diş sağlığını da etkilemektedir. Pilotlar ve uçuş ekipleri uçuşun neden olabileceği fizyolojik ve psikolojik sorunları ne kadar iyi bilirlerse bu problemlerle o kadar iyi başa çıkabilirler. Bu çalışmada uçuşun neden olabileceği ağız ve diş sağlığı problemlerinden ve bu problemlerle başa çıkmak için alınması gereken tedbirlerin öneminden bahsedilmesi amaçlanmaktadır.

**Anahtar Kelime:** havacılık tıbbı, barodontalji, uçuş diş hekimliği.

## 1. Giriş

Havadan ağır bir taşıtla yerden motor gücüyle havalanarak yapılan 1903 tarihli ilk uçuştan günümüze kadar uçak teknolojisi çok gelişmiş olmasına rağmen uçağı uçuran kişinin fizyolojisi hep aynı kalmıştır. Uçuşun getirdiği çevresel etkenler insan fizyoloji ve psikolojisi üzerinde değişikliklere neden olabilmektedir. Fizyolojik değişikliklerin en önemlilerinden bazıları çevresel basınç değişimi nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Basınç farklılıklarına bağlı olarak ortaya çıkabilen bir takım fizyolojik değişiklikler ağız ve diş sağlığını da etkilemektedir. Pilotlar ve uçuş ekipleri uçuşun neden olabileceği fizyolojik ve psikolojik sorunları ne kadar iyi bilirlerse bu problemlerle o kadar iyi başa çıkabilirler. Bu çalışmada uçuşun neden olabileceği ağız ve diş sağlığı problemlerinden ve bu problemlerle başa çıkmak için alınması gereken tedbirlerin öneminden bahsedilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma kapsamında, pilotların ve uçuş personelinin ağız ve diş sağlığı muayenesi ile tedavisi hakkındaki literatür incelenmiş; koruyucu diş hekimliğine yönelik ilkeler, periyodik muayene, adli diş hekimliği ve belgelemenin önemi ortaya konmuştur.

## 2. Barodontalji

Uçuş personeline, uçak yolcularında, dalgıçlarda, alçak ve yüksek basınç odası operatörlerinde görülen, basınç farkından kaynaklanan, çene bölgesi ve dişlerde meydana gelen ağrıya barodontalji denir. Barodontalji ilk olarak II. Dünya Savaşında uçuş esnasında görülen diş ağrısı olarak adlandırılmıştır. Vücut içindeki maksiller, etmoid ve frontal sinüsler, orta kulak, gastrointestinal sistem vb. gibi yapısal boşluklarda ya da pulpa patolojilerinde, hava boşluğu varlığı söz konusudur. Bu boşluklarda yer alan havanın hacmi, yüksek irtifalarda artarak, tolere edilmesi zor ya da kimi zaman hasar oluşturabilen durumların ortaya çıkmasına yol açar. Bu durum Boyle Kanunu ile açıklanır. Boyle kanununa göre sıcaklık sabit kalmak koşuluyla, gazların hacmi basıncıyla ters orantılıdır. Havada 600-1500m de yükseklikte; suda 10 -25 m derinlikte barodontaljinin oluşabileceği çalışmalarda bildirilmiştir. Barodontaljinin nedeni Kollman tarafından 3 farklı hipotez ile açıklanmıştır:

1. Dolgunun altında hapsolan hava, genişleyerek çevresine baskı yapar ve duyu reseptörlerini uyarmak suretiyle ağrıya yol açar.

2. Kronik pulpa enfeksiyonu basınç değişimi ile ağrıya sebep olur.

3. Barosinusitis diş ağrısını taklit eder.

### 2.1 Barodontalji İnsidansı:

1947 yılında yapılmış bir çalışmada, basınç altında çalışan 5711 kişide barodontalji insidansı %0,8 olarak bulunmuştur. 2004 yılında 560 askeri pilot üzerinde yapılan başka bir çalışmada ise %2,63 olarak bulunmuştur. 2006 yılında Kuveyt ve Suudi Arabistan pilot ve dalgıçları üzerinde yapılan bir

çalışmada ise %33,6'lık yüksek bir oran bulunmuştur. Açıklama olarak da çalışmanın anket tarzında olması ve farklı gruplar üzerinde uygulanması gösterilmiştir. Sipahi ve arkadaşları 2002-2006 yılları arasında Türk Hava Kuvvetleri'ne ait 4 ayrı Ana Jet Üssünde 4 yıl süre ile takip ettikleri 10651 uçuşta barodentaljinin %0,3'lük bir insidans gösterdiğini bildirmişlerdir.

### **3. Uçuş Diş Tabipliği**

Ülkemizde ise 1929 yılında ilk defa bir tabip havacılık tıbbi konusunda eğitim almak üzere yurtdışına gönderilmiştir. 1948 yılına kadar yurtdışında kurs gören uçuş tabipleri 1948 yılından itibaren Eskişehir'de verilmeye başlanan uçuş tabipliği kursunda eğitim almaya başlamıştır. Uçuş tabipliği kurslarından ve sonraki yıllarda açılan uçuş diş tabipliği kurslarından çok sayıda diş tabibi mezun olmuştur. Havacılık tıbbının ülkemizde gelişmeye başladığı 1930'lu yıllardan itibaren diş tabipleri uçuş ekiplerinin muayenelerinin ayrılmaz bir parçası olmuştur. Tedavilerin yanı sıra havacılık kazalarında kimliklendirmede de diş tabipleri çok önemli roller üstlenebilmektedir.

### **4. Tedavi ve Kontrol**

Pilotlar, uçuş ekipleri ve dalgıçlar yılda iki defa periyodik ağız ve diş sağlığı kontrollerini yaptırmalıdır. Mevcut çürük ve dolgular, diş anomalileri, periodontal hastalıklar, ağız hijyeni, temporomandibuler eklem bozuklukları, kullanılan protezlerin uyum ve fonksiyonları, tüm dişlerin vitalitesi değerlendirilmeli, periapikal patolojileri tespit edilmelidir.

Basınç değişimine maruz kalan kişilerin dolgulu dişlerinde ağrı olması durumunda; dolgunun yenilenmesi, çürük yönünden yeniden gözden geçirilmesi, kaide taban maddesi olarak da karıştırma sırasında daha az hava kabarcığı oluşturan otomatik karışan (automix) dolgular kullanılmalıdır. Tedaviler esnasında lokal anestezi kullanıldığı takdirde, personelin en az 24 saat uçuşuna müsaade edilmemelidir.

### **5. Uçuş Personeli için Protetik Tedavi**

Yapılacak hareketli bölümlü ve tam protezlerin retansiyon, stabilite ve destek nitelikleri en ideal şekilde sağlanmalıdır. Bu tür protetik uygulamalar özellikle yüksek akselerasyonlu uçuşlar sırasında personelin maruz kalacağı pozitif ve negatif yer çekimi kuvvetlerinin (+G ve -G) etkisiyle ağızda oynayarak dikkatin dağılmasına neden olabileceği gibi, konuşmayı da bir süre için bozabilir.

### **6. Adli Açidan Uçuş Dişhekimliği**

Hava aracı kazaları sonrasında kimlik tespiti, yanıklar nedeniyle parmak izi tanımlamalarının işe yaramaması ve DNA analizlerinin zaman alması nedeniyle oldukça güçtür. Bu nedenle ulaşılabilen dental kayıtlar, kimlik tespitinde en önemli role sahiptir. Diş dokularının 1600 dereceye varan



sıcaklıklara kadar anatomik özelliklerini belli ölçülerde korudukları tespit edilmiştir. Bu sayede restorasyon varlığı, diş eksiklikleri ve dental ark açılarının analizleri yapılabilmektedir. Bu nedenle, uçuş personelinin yanı sıra, hava yolu seyahatlerinin gün geçtikçe yaygınlaşması dikkate alınacak olunursa, her hastada, tüm muayene bulguları, verilen ilaçlar, yapılmış ve yapılacak tüm tedaviler ve ağzın son durumunun planı, personel adına açılacak özel kartlara titizlikle işlenmeli ve mümkünse düzenli aralıklarla çekilecek panoramik filmlerle kayıt altına alınmalıdır.

## 7. Sonuç

Askeri uçuş personelinin ilk sağlık muayeneleri haricinde sivil ve askeri uçuş personellerinin muayenelerinde diş hekimliği muayenesi yoktur. Diş hekimlerinin periyodik muayenelerde de yer alması ülkemiz uçuş emniyetine katkı sağlayacaktır. Uçuş personelinde diş tedavileri planlanırken, uçuş sırasında oluşabilecek olası ağrıların, protez dislokasyonlarının hayati tehlike yaratabilecek kazalara neden olabileceği unutulmamalıdır.

## KAYNAKÇA

- Aydıntuğ, YS., Bayar, GR., Gülses, A., Şençimen M. (2011), "Uçuş Fizyolojisi ve Diş Hekimliği Aviation Physiology and Dentistry: Review", Türkiye Klinikleri J Dental Sci., Vol. 17, No. 3, pp. 286-90.
- Canger, EM. (2015), "Barodontalji: Az Bilinen Bir Ağrı Durumu", Atatürk Üniv. Diş Hek. Fak. Derg., Vol. 25, pp. 112-117.
- Nakdimon, I., and Zadik, Y. (2019). Barodontalgia Among Aircrew and Divers. Aerospace medicine and human performance, Vol. 90, No. 2, pp. 128-131.
- Kollmann W. (1993). Incidence and possible causes of dental pain during simulated high altitude flights. J Endod. Vol. 19, No: 3. pp. 154.
- Phelan JR. (2008). Otolaryngology in Aerospace Medicine. In Davis JR, Johnson R, Stepanek J, Fogarty JA, eds. Fundamentals of Aerospace Medicine. 4th ed. Lippincott; 380-391.
- Sipahi C, Kar MS, Durmaz C, Dikicier E, Bengi U. (2007). Türk Hava Kuvvetleri uçucu personelinde görülen barodontalji prevalansı. Gülhane Tıp Dergisi. Vol. 49, pp. 1-4.
- Al-Hajri W, Al-Madi E. (2006). Prevalence of barodontalgia among pilots and divers in Saudi Arabia and Kuwait. Saudi Dent J. Vol. 18. pp. 134-140.
- Sadighpour, L., Geramipanah, F., Fazel, A., Allahdadi, M., and Kharazifard, M. J. (2018). Effect of Selected Luting Agents on the Retention of CAD/CAM Zirconia Crowns Under Cyclic Environmental Pressure. Journal of dentistry (Tehran, Iran), Vol. 15, No. 2, pp. 97-105.
- Kielbassa, A. M., and Müller, J. (2018). Hypobaric Conditions and Retention of Dental Crowns Luted with Manually or Automixed Dental Cements. Aerospace medicine and human performance, Vol. 89, No. 5, pp. 446-452.

**GENİŞLETİLMİŞ  
ÖZET BİLDİRİ**



# Havacılıkta Emniyet Yönetim Sisteminin Etkinliğinin Artırılmasında Değişim Yönetimi

*Gülaçtı ŞEN & Erhan BÜTÜN*

## Özet

Havacılık endüstrisinde geçmişten günümüze ön planda olan olgulardan biri emniyet kavramı olmuştur. Havacılığın yapısı gereği mümkün olduğunca emniyetin sağlanması gerekmektedir. Geçmişteki ilk uçak kazaları ve olayları yaşandığında havayolu işletmeleri emniyeti sağlamak adına kendi araştırmalarını yapmakta ve tedbirlerini almaktaydı. Özellikle 1900'lerin başından 1950'li yıllara kadar emniyet çalışmalarının odak noktası da hava araçları gibi teknik etkenlerin soruşturulması ve iyileştirilmesi olmuştur. 1950'li yıllarda teknolojinin gelişimiyle birlikte uçak kazalarının meydana gelme oranında düşüş yaşanmış ve 1970'li yıllarda havacılık, çok daha güvenli bir taşıma şekli haline gelmiştir. Uluslararası uçuşların artması, uluslararası havacılık organizasyonlarının kurulması ve havacılığın gelişimiyle birlikte emniyet yönetiminin bir sistem olarak uygulanması şart olmuştur. Hava taşımacılığında uluslararası faaliyetlerin yürütülmesinden sorumlu ICAO, havalimanı operasyonlarında emniyetin sağlanması ve yürütülmesi çalışmalarında bulunmuştur. Emniyet çalışmalarının odak noktası ise 'makine/insan' şeklinde ve daha çok kişiye odaklanma eğilimi doğrultusunda insan faktörlerini kapsayacak şekilde geliştirilmiştir. 1990'lı yıllarda ise kişilerin içinde bulunduğu organizasyon ortamı ile birlikte değerlendirilmesi gündeme gelmiştir. Organizasyon bir bütün olarak ele alınarak işletme kültürü, politikaları vb. faktörlerin emniyet riski kontrollerinin etkinliği üzerindeki etkisi kabul edilmiş ve dikkate alınmıştır. Ayrıca rutin emniyet verileri toplama ve analizi, organizasyonlar tarafından bilinen emniyet risklerinin izlenmesine ve yeni çıkan emniyet trendlerinin tespit edilmesine imkân vermiştir. Bu gelişmeler, güncel emniyet yönetimi yaklaşımının gelişmesinin yolunu açmıştır. Günümüzde ise geçmişteki tüm emniyet yönetimi çalışmalarını da kapsayacak şekilde devlet ve hizmet sağlayıcıları işbirliği çerçevesinde daha yüksek düzeyde bir emniyet olgunluğu geliştirilmiştir. Devletler ve hizmet sağlayıcıları tarafından Devlet Emniyet Programı (SSP) veya Emniyet Yönetimi Sistemleri (SMS'ler) uygulanmaya başlanmıştır. Emniyetin istikrarlı, yoğunlaşan gelişimi, devletleri ve hizmet sağlayıcılarını, sistemin bileşenleri olan kişiler, süreçler ve teknolojiler

arasındaki etkileşimlere ve arayüzlere ciddi ehemmiyetin verildiği bir noktaya getirmiştir.

Havacılıkta Emniyet Yönetimi Sistemleri (SMS'ler), kabul edilebilir veya tolere edilebilir emniyete ulaşmak için bir kuruluş tarafından emniyet yönetiminin üstlendiği faaliyetleri tanımlayan sistematik bir yaklaşım olarak ele alınmaktadır. Operasyonlardaki emniyet risklerini kontrol etmek için yapılandırılmış bir yönetim yaklaşımı olarak ele alınan SMS, Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu (ICAO) tarafından hazırlanan programlarla sağlanmaktadır. Diğer bir ifadeyle havacılık işletmelerinin SMS programları, ICAO Doc 10004 Global Aviation Safety Plan (GASP), ICAO Annex 19 – Safety Management çalışmaları başta olmak üzere diğer ICAO standartlarına ve tavsiyelerine dayanmaktadır.

Küresel hava taşımacılığı sisteminin artan karmaşıklığı ve uçakların güvenli operasyonunu sağlamak için gerekli olan birbiriyle ilişkili havacılık faaliyetleri göz önüne alındığında, ICAO emniyet performansını iyileştirmek için proaktif bir stratejinin sürekli gelişimini desteklemektedir. Bu doğrultuda ön plana çıkan yaklaşımlardan biri 'değişim yönetimi' dir. Değişim yönetimi kurum kültürünün ve davranışların değişen dünyayla uyumlu hale gelmesini sağlayan, organizasyon başarısını ve sonuçlarını doğru yönlendirmek adına; bireylerin değişimi başarılı bir şekilde benimsemeleri için hazırlanmaları ve desteklemelerine rehber olan sistematik bir yaklaşımdır. Havacılık sektörü de hava trafiği başta olmak üzere faaliyetlerinde sıklıkla hızlı ve sürekli değişikliklerle karşı karşıyadır. Operasyondaki herhangi bir değişiklik ya da işletmenin iç (yönetim değişiklikleri, yeni prosedürler vb.) ve dış (uluslararası mevzuatlar vb.) çevresindeki herhangi bir değişim, yeni tehlikeler ve riskler ortaya çıkarabilir. Mevcut emniyet yönetim sistemi uygulamalarının etkinliğine etki edebilir. Böyle bir durumda SMS uygulamaları değişimin bir yan ürünü olan tehlikelerin sistematik ve proaktif olarak tanımlanmasını ve tehlikelerin sonuçlarına ilişkin emniyet risklerini yönetmek için uygun önlemlerin tanımlanmasını, uygulanmasını ve ardından değerlendirilmesini gerektirir. Buradan hareketle değişim yönetimi, SMS'de proaktif bir tehlike tanımlama faaliyeti olarak kabul edilir.

Değişim yönetimi, SMS çerçevesinin emniyet güvencesi bileşeninin bir unsurudur. Bir havacılık organizasyonu tarafından sağlanan hizmetlerin emniyeti ile ilgili tüm değişikliklere uygulanacak, tehlikelerin ve uygun azaltma stratejilerinin ve önlemlerinin sistematik ve proaktif olarak tanımlanması için resmi bir süreç olarak değişim yönetimi önerilmektedir. Havacılıkta karmaşık organizasyon yapısı ve sektörün sürekli gelişimi, mevcut sistemlerde,

ekipmanlarda, programlar, ürünlerde ve hizmetlerde yapılan değişiklikler ve yeni ekipman veya prosedürlerin tanıtılması nedeniyle kalıcı bir değişim yaşanmaktadır. Değişimi yönetmek amacıyla, operasyonel süreçleri, prosedürleri, ürünleri ve hizmetleri etkileme potansiyeline sahip değişim yönetimi süreci tasarlanmıştır. Amacı, risk yönetiminin herhangi bir altyapı değişikliğine (örn. havaalanı genişletmesi), işletme değişikliğine (örn. daha büyük uçak serisinin uygulanması) veya yönetmelik değişikliğine (örn. Ek-14/SHGM) uygulanmasını sağlamaktır. Resmi bir değişim yönetimi sürecini benimsemek, işletmenin hedeflere ulaşmasında ve riski en aza indirmesinde fırsatları en üst düzeye çıkarmaya yardımcı olabilir. Değişimi yönetmek, değişimin istenen ve istenmeyen sonuçlarını yönetmek için yerleşik süreci takip etmek gerekmektedir. SMS uygulamalarına ilişkin ICAO tarafından önerilen değişim yönetimi 6 adımdan oluşmaktadır. Havacılık sektörü, havalimanları, havayolları, kara taşımacılığı, uçuş hizmetleri, yer hizmetleri, yakıt ikmali, bakım, müşteri hizmetleri, yemek servisi, yönetim ve güvenlik gibi birbirine bağlı operasyonları içeren oldukça karmaşık organizasyonları kapsamaktadır. Bu çalışmada, karmaşık organizasyonda emniyetin sağlanmasında, değişim yönetimi ile havacılıkta emniyet yönetim sisteminin etkinliğinin artırılmasının nasıl mümkün olduğu, ICAO'nun önerdiği değişim yönetiminin 6 adımı üzerinden açıklanmaya çalışılmıştır. Diğer bir ifadeyle, değişim yönetimi ile havacılıkta emniyet yönetim sisteminin etkinliğinin artırılmasının nasıl mümkün olduğu açıklanmaya çalışılmaktadır. Bu doğrultuda nitel araştırma yöntemlerinden durum analizi uygulanarak, havacılıkta Emniyet Yönetim Sistemi derinlemesine incelenmektedir. Ayrıca ICAO'nun havacılık emniyetine ilişkin yayınladığı dökümanlar analiz edilerek, SMS etkinliğinin artırılması için önerilen değişim yönetimi uygulamaları tartışılmakta ve değişim yönetimi çerçevesinde öneriler ortaya konulmaktadır.

Havacılıkta emniyetin sağlanmasında değişim yönetimi ile sistem ve faaliyetlerin kritiği yapılabilir, sistemlerin ve operasyonel ortamların kararlılığı sağlanabilir. Ayrıca geçmiş performans ile karşılaştırılma yapılmasına olanak sağlayarak gelecekteki performans geliştirilebilir. Havacılıkta Emniyet Yönetim Sisteminin (SMS) etkinliğinin artırılması için önerilen değişim yönetimi uygulamaları, sektörde faaliyet gösteren işletmeler tarafından başarılı bir şekilde uygulandığı takdirde hedefine ulaşacaktır. Bir diğer ifadeyle SMS etkinliği artırılabilecektir. Alanında ilk olan bu araştırma, havacılıkta emniyet etkinliğinin artırılmasını ve sektörde faaliyetlerini sürdüren işletmelerde ICAO tarafından önerilen SMS değişim yönetimi uygulamalarının daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayacaktır.

<p><b>AMAÇ ve KAPSAM</b> (Araştırmacının amacı kısa ve net bir şekilde belirtilmelidir.)</p>	<p>: Bu çalışmada, değişim yönetimi ile havacılıkta emniyet yönetim sisteminin etkinliğinin artırılmasının nasıl mümkün olduğu, ICAO'nun önerdiği değişim yönetimi adımları üzerinden açıklanmaya çalışılmaktadır. Diğer bir ifadeyle, değişim yönetimi ile havacılıkta emniyet yönetim sisteminin etkinliğinin artırılmasının nasıl mümkün olduğu açıklanmaya çalışılmaktadır. Bu doğrultuda nitel araştırma yöntemlerinden durum analizi uygulanarak, havacılıkta Emniyet Yönetim Sistemi derinlemesine incelenmektedir. Ayrıca ICAO'nun havacılık emniyetine ilişkin yayınladığı dökümanlar analiz edilerek, SMS etkinliğinin artırılması için önerilen değişim yönetimi uygulamaları tartışılmakta ve değişim yönetimi çerçevesinde öneriler ortaya konulmaktadır.</p>
<p><b>YÖNTEM</b> (Uygulanacak yöntem belirtilmelidir)</p>	<p>: Bu çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden durum analizi uygulanmıştır. Havacılıkta Emniyet Yönetim Sistemi derinlemesine betimlenmiş ve incelenmiştir.</p>
<p><b>BULGULAR</b> (Elde edilen/edilmesi planlanan bulgular kısaca ifade edilmelidir)</p>	<p>: Havacılıkta emniyetin sağlanmasında değişim yönetimi ile sistem ve faaliyetlerin kritiği yapılabilir, sistemlerin ve operasyonel ortamların kararlılığı sağlanabilir. Ayrıca geçmiş performans ile karşılaştırılma yapılmasına olanak sağlayarak gelecekteki performans geliştirilebilir.</p>
<p><b>SONUÇ</b> (Çalışmadan elde edilen / edilecek sonuç ve katkı kısaca belirtilmelidir)</p>	<p>: Havacılıkta Emniyet Yönetim Sisteminin (SMS) etkinliğinin artırılması için önerilen değişim yönetimi uygulamaları, sektörde faaliyet gösteren işletmeler tarafından başarılı bir şekilde uygulandığı takdirde hedefine ulaşacaktır. Alanında ilk olan bu araştırma, havacılıkta emniyet etkinliğinin artırılmasını ve sektörde faaliyetlerini sürdüren işletmelerde ICAO tarafından önerilen SMS değişim yönetimi uygulamalarının daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayacaktır.</p>
<p><b>ANAHTAR KELİMELER</b> (Türkçe ve İngilizce olarak; En az 3 adet)</p>	<p>: Havacılıkta Emniyet, Emniyet Yönetim Sistemi, Değişim Yönetimi, ICAO. Safety in Aviation, Safety Management System, Management of Change, ICAO.</p>

## Havacılıkta Gönüllü Raporlamanın Önemi

Halime ALTUNIŞIK

AMAÇ ve KAPSAM (Araştırmanın amacı kısa ve net bir şekilde belirtilmelidir.)	:Havacılıkta gönüllü raporlama gönüllülük çerçevesinde yapılan bildirimler için kullanılır , operasyon sırasında tehlikeli durumları rapor etmek için, ya da tehdit oluşturacağı düşünülen durumlar kullanılır.
YÖNTEM (Uygulanacak yöntem belirtilmelidir)	:Çalışmaya gönüllülük formunun her birimin kolaylıkla ulaşacağı yerlere konulur , gönüllük formunda isim isteğe bağlı yazılır ki çalışan raporlama sonucunun üzerinde baskı oluşturma kaygısı olmayacağını bilir . Formların kısa aralıklarla kontrolü ve değerlendirmeye alınması.
BULGULAR (Elde edilen/edilmesi planlanan bulgular kısaca ifade edilmelidir)	:Sektörde çalışan her bireyin korkmadan etkin bir gönüllü raporlama sisteminin varlığının olduğunu bilmesi ve çalışanın zincirin bir halkası olduğuna inanarak emniyeti arttırmak ve bu kültürün yaygınlaştırılmasına destek olacağı bilincine varması
SONUÇ (Çalışmadan elde edilen / edilecek sonuç ve katkı kısaca belirtilmelidir)	: Emniyetsiz tehlike arz eden , bunların yanı sıra hiçbir olay olmasa dahi tehdit yarattığını düşündüğünüz durumu ihbar etmek ve önlem alınmasını sağlamak için yine bu form kullanılır, cezalandırıcı olmayan bir adil kültürle çalışanlar hem kendilerini ve çalışma arkadaşlarını korkmadan raporlayarak raporlama kültürünü oluşturarak emniyet kültürünün sağlanması ve sürekliliğine katkıda bulunmak.
ANAHTAR KELİMELE (Türkçe ve İngilizce olarak; En az 3 adet)	:Havacılık emniyeti, emniyet kültürü, ramak kala olaylar, gönüllülük formu





# Orta İrtifa Bir Model Roket İçin Kurtarma Sistemi Tasarımı ve Değerlendirmesi

Emrecan Atılgan & Murat Bakırcı

AMAÇ ve KAPSAM	<p>Roketleri, uçuş verilerini elde etme, yakıt tankı ve motor gibi önemli parçaları kurtarmanın yanı sıra, tekrar kullanma sebebiyle tüm roketi de kurtarma gereksinimi duyulabilir. Bu kapsamda, burun konisi ve tankın bir veya iki ayrı kurtarma sistemi ile ayrılması ve roket parçalarının ayrımı olmaksızın tüm roketin kurtarılması gibi çeşitli teknikler mevcuttur. Her bir yöntemin kendine has önemli avantajları olduğu gibi birbirinden farklı dezavantajları da mevcuttur.</p> <p>Roket donanımını kurtarma nedenleri görevden göreve değişmekle birlikte, bir roket tasarımının ilk aşamasında nelerin kurtarılması gerektiği mutlaka göz önüne alınmalıdır. Örneğin burun konisi roketin diğer bölümlerinden göreceli olarak daha hafiftir ve bu nedenle sadece burun konisinin kurtarılması istendiği durum ile tüm roketin kurtarılması durumları karşılaştırıldığında birbirinden oldukça farklı kurtarma sistemi tasarımları ortaya çıkacaktır. Roket kurtarma için şişirilebilir kurtarma sistemi gibi birden fazla yöntem mevcut olmakla birlikte, bu çalışmada paraşüt kurtarma sistemi ele alınmıştır. Bu kurtarma sistemi türünde, paraşütün açılma süresi ve güvenilirliği, seçilecek sistem için oldukça hayati öneme sahip parametrelerden en önemli ikisidir. Yine bu kurtarma sisteminde, zorla fırlatma ve çıkarma gibi paraşütü açmak için kullanılacak tekniğin görevin türüne ve roketin yapısına uygun olarak belirlenmesi mühim bir gerekliliktir. Öyle ki, kullanılacak tekniğe göre roketin tasarımının tekrar gözden geçirilmesi ve gerekli düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Roket donanımının bir kısmını kurtarmak için paraşütlerin kontrollü bir şekilde açılması da</p>
----------------	--

	<p>oldukça önemlidir. Bunu yerine getirebilmek için ise birden fazla paraşüt kurtarma yöntemi mevcuttur. Dinamik uçuş verisini, uçuşa dair video görüntülerini ve faydalı yükü kurtarmak için burun konisini kurtarmak yeterli olacaktır. Bu ise, motor bloğu gibi roketin ağır bölümlerinin çıkarılması nedeniyle, uçuş verisinin kurtarılmasını kolaylaştırdığı gibi kullanılacak kurtarma sisteminin kütlesini azaltmaya da yarayacaktır.</p>
YÖNTEM	<p>Bu çalışmada pnömatik pistonlar ile çalışan bir paraşüt kurtarma sistemi tasarlanmış ve aviyonik sisteme entegre edilmiştir. Gerekli uçuş şartları sağlandığında roket içerisinde yer alan faydalı yükü roketten dışarıya paraşütle birlikte bırakması sağlanmıştır. Kurtarma sisteminde kullanılan paraşütün detaylı ölçü hesapları yapılarak, kullanılacak görevdeki gereksinimlere uygun malzemeden üretilmiştir.</p>
BULGULAR	<p>Yalnızca burun konisinin kurtarılması, uçuş verilerinin kurtarılmasını kolaylaştırması ve kurtarma sisteminin kütlesini azaltmasına karşın, burun konisinin aerodinamik olarak stabil olmamasına neden olmaktadır.</p>
SONUÇ	<p>Yaklaşık 1,5 km irtifaya ulaşan roketin burun konisinin gövdeden ayrılmasıyla, faydalı yükün kurtarma paraşütü vasıtasıyla 6.16 m/s hız ile yere güvenli olarak iniş yapması sağlanmıştır.</p>
ANAHTAR KELİMELELER	<p>Medium-Altitude Rocket, Recovery System, Parachute, Orta İrtifa Roket, Kurtarma Sistemi, Paraşüt</p>

# Hız İtki Modu Kullanılarak Küçük Bir Mobil Robotun Temel Hareket Testlerinin Yerine Getirilmesi

*Beyza Toptaş & Murat Bakırcı*

AMAÇ ve KAPSAM	<p>Mobil robotlar sahip oldukları yapısal avantajları ve kullanım alanlarındaki hızlı artış nedeniyle gün geçtikçe daha fazla araştırma alanının konusu olmaktadır.</p> <p>Uzay çalışmalarının daha da ivmelendiği bu dönemde gezegensel araştırmalar oldukça popüler olmakla birlikte, mobil robotlar bu araştırmaların olmazsa olmaz unsurlarından birisi haline gelmiştir. Bilhassa mühendislik çalışmalarında</p> <p>sağladıkları kolaylıklar nedeniyle diferansiyel sürürlü robotlar, mobil robotlar içinde en çok tercih edilenlerdir. Çevresel faktörlerin sık sık ve ani değişime uğraması ihtimali hesaba katıldığında, mobil robotların istenen noktaya optimum sürede ulaşması ve karşılaştıkları engellere çarpmamak için diğer robotlarla</p> <p>haberleşmeleri beklenir. Sabit endüstriyel robotların aksine, uygulamaları istenen fonksiyona ve kullanılacakları ortama bağlı olarak, mobil robotlar çok çeşitli</p> <p>sensörlere, yüksek performansa ve daha karmaşık kontrole gereksinim duyarlar. Bu yapıları bilimsel araştırmalarda kullanılmadan önce temel hareket testlerini yapmak, motor ve sensör gibi önemli parçalarını yapısal olarak incelemek oldukça</p> <p>önem arz etmektedir. Robot hakkında basit ancak kritik bilgiler sağlama olasılıkları göz önünde bulundurulduğunda, daha ileri seviye çalışmalara geçmeden önce bu hareket testlerini yapmak çok kullanışlıdır. Bu ise zaman, çaba ve maliyetaçısından oldukça faydalıdır.</p>
	<p>Bu çalışmada, servo motorlar ile tahrik edilen ve tek mikrodenetleyiciye sahip küçük bir mobil robotun hareket testleri hız itki modu kullanılarak</p>

YÖNTEM	<p>gerçekleştirilmiştir. Robot için üç farklı önceden tanımlanmış rota hazırlanmış ve robot hareketinin bu rotalar boyunca tutarlılığı incelenmiştir. Belirlenen rotalar boyunca hareketi gerçekleştirmek için durum-makine algoritma yapısı tercih edilmiştir. Bu testler ile, robotun düzgün ileri hareket, eğrisel hareket ve kendi</p> <p>ekseni etrafında dönüşü gibi basit hareketleri nasıl yorumladığı test edilmiştir.</p>
BULGULAR	<p>Her bir testte robotun önceden tanımlanmış rotaları küçük hatalar ile tamamladığı gözlemlenmiştir.</p>
SONUÇ	<p>Bu laboratuvar testlerinin sonucu olarak, teorik hesaplamalar ile deneysel sonuçlar kıyaslanmış ve hata kaynaklarının nedenleri tartışılmıştır.</p>
ANAHTAR KELİMELELER	<p>Diferansiyel Sürüşlü Mobil Robot, Hız İtki Modu, Hareket Testleri</p> <p>Differential Drive Mobile Robot, Velocity Propulsion Mode, Locomotion Tests</p>

# Nanoakışlı Sistemlerde Uygulanmak Üzere Bir Nümerik Süreklilik Modelinin Geliştirilmesi

Mihriban Akça & Murat Bakırcı

AMAÇ ve KAPSAM	<p>Elektrokinetik akış ve taşınımın modellenmesi en az üç bağlantılı fiziksel modelin aynı anda çözülmesini gerektirir. Bu fiziksel modeller, elektrostatik için Poisson denklemi, akışkan akışı için Navier-Stokes denklemleri ve iyon taşınımı için Nernst-Planck denklemleri. Bu denklemlerin bağlantısı şu şekilde ifade edilebilir: Poisson denklemi elektrik potansiyel dağılımını hacimsel yük yoğunluğu ile ilişkilendirir ki bu aynı zamanda iyon dağılımı ile ilişkilendirmektir. İyon dağılımı Nernst-Planck denklemleri ile sağlanır. Nernst-Planck denklemleri, konvektif akışı elde etmek için akışkan hız bileşenlerine ve elektrogöç akısını elde etmek için ise elektrik alan bilgisine ihtiyaç duyar. Elektrik alan, Poisson denkleminin çözümü ile elde edilirken, akışkan hız bileşenlerini Navier-Stokes denklemleri sağlar. Son olarak,</p> <p>Navier-Stokes denklemlerinin çözümü elektriksel cisim kuvvetinin göz önüne alınmasını gerektirir ki bu ise Poisson ve Nernst-Planck denklemleri ile hesaplanabilir. Elektrokinetik akış ve taşınımını modelleyen şey, kısmi diferansiyel denklemler veren sürekli modellerdir. Birleştirilmiş Poisson, Navier-Stokes ve Nernst-Planck denklemleri, parabolik, eliptik ve hiperbolik denklemleri temsil eden kısmi diferansiyel denklemlerin genel sınıflandırmasının tüm spektrumunu kapsar. En basit geometriler için dahi, tüm bu denklemlerin aynı anda ortak çözümlenmesi oldukça zordur.</p>
	<p>Teorik olarak elde edilen süreklilik modeli, uygun sınır ve başlangıç şartları kullanılarak sonlu eleman yazılımı olan Comsol ile bir nanokanal içindeki</p>

YÖNTEM	<p>elektrokinetik akış için kullanılmıştır. Hesaplama da kullanılacak kanal geometrisi kuadratik üçgen elemanlara bölünmüş ve çözüm hassasiyetini yükseltmek için kanal sınırlarında eleman sayısı artırılmıştır. Ayrıca deneysel verilerle doğru kıyaslama yapabilmek için elde edilen süreklilik modelinin boyutsuz formu kullanılmıştır.</p>
BULGULAR	<p>Simülasyon sonuçları süreklilik modelinin büyük oranda doğru sonuç verdiğini kanıtlamıştır. Boyutsuz formu kullanılan modelin ürettiği sonuçlar deneysel verilerle oldukça iyi şekilde örtüşmüştür.</p>
SONUÇ	<p>Elde edilen süreklilik modelinin, özellikle elektrik çift katman içeren nanoakış problemlerinde kullanılabileceği bir kez daha teyit edilmiştir. Kıyaslama problemleri kullanılarak model yine test edilmiş ve analitik çözümlere %99 civarında benzer sonuçlar üreterek doğruluğunu ispat etmiştir.</p>
ANAHTAR KELİMELELER	<p>Nanoakışlı Sistemler, Elektrokinetik Akış, Süreklilik Modeli, Nümerik Çözüm Nanofluidics Systems, Electrokinetic Flow, Continuum Model, Numerical Solution</p>

# Erimiş Filaman İmalat Yönteminde Artık Filamanların Birleştirilmesi Üzerine Bir Çalışma

*Mehmet Ensar Ateş, Alperen Doğru*

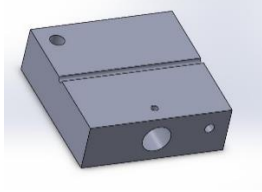
<p><b>AMAÇ ve KAPSAM</b> (Araştırmanın amacı kısa ve net bir şekilde belirtilmelidir.)</p>	<p>Ekleme imalat cihazlarının ucuzlaması ve kullanım kolaylığı bu cihazları ulaşılabilir kılmış ve her geçen gün kullanım alanları ve sayıları artmaktadır. Bireysel kullanımların en yoğun olarak artış gösterdiği yöntem olan FFF yöntemi ve bu yöntemde kullanılan polimer malzemelerin artıkları sorunlar oluşturmaktadır. Geliştirilen ekipman ile makaralarda artık kalan filamanların birleştirilmesi geri dönüşüm ekonomisine katkı sağlayacaktır.</p> <p>Bu çalışmada artık filamanların uç uca eklenerek bir bütün oluşturulması amaçlanmıştır. Yani bir sonraki üretim için filamanların birleştirilerek yeterli büyüklüğe gelmesi sağlanacaktır. İlk aşamada çalışmanın amacını yerine getirme doğrultusunda filamanların kaynaklı birleşimin mümkün kılınması ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Geliştirilen ekipmanın portatif ve ergonomik olması amaçlanmıştır. Literatür araştırmalarında elde edilecek bilgilerden yararlanılarak, üretim süreçlerinde en çok tercih edilen filaman malzemelerinin kaynak parametreleri belirlenmiştir. Plastik filamanların birleştirilmesi amacıyla sıcak eleman kaynağı kullanılmıştır. Kaynak parametrelerinin belirlenmesi sürecinde kaynak edilen filamanlarda testler yapılmıştır. Bu parametrelerde ana öncelik olarak süre ve sıcaklığı ele alınmıştır. Kaynak parametrelerinin değiştirilmesine imkan sağlayacak elektronik aksam sayesinde, farklı filamanların birleştirilmesi de mümkün kılınmıştır. Geliştirilen ekipman ile artık filamanların geri kazanımı sağlanacak, ihtiyaç duyulan filaman gereksinimini azaltacaktır ve üretim süreci maliyetleri düşecektir. Bu sayede artık ürün kalmamış ve tasarruf edilmiş olacaktır. Ayrıca geliştirilen ekipman ile farklı renk filamanların birleştirilmesi sağlanacak ve kullanıcılara farklı tasarım ve dizayn olanakları sunacaktır.</p>
<p><b>YÖNTEM</b> (Uygulanacak yöntem belirtilmelidir.)</p>	<p>Ekipmanın tasarım sürecinden, üretim sürecine kadar geçen süre zarfında yapılacak iş paketleri aşağıdaki gibidir.</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Literatür Taraması</li><li>2. Ekipman mekanik aksam çizimleri</li><li>3. Ekipman elektronik aksam çizimleri</li></ol>



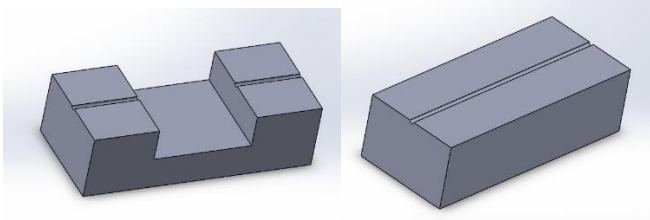
4. Ekipman mekanik aksamaların üretilmesi
5. Ekipman elektronik aksam parçalarının temin edilmesi
6. Ekipman mekanik ve elektronik aksamaların bir araya getirilmesi
7. Filaman kaynak parametrelerinin belirlenmesi
8. Ekipmanın montajı

Literatür taraması ile FFF yönteminde en çok tercih edilen filaman malzemeleri belirlenmiş, bu malzemelerin karakteristik özellikleri araştırılarak sıcak eleman kaynağı ile birleştirilmesi için gerekli parametreler belirlenmiştir.

Ekipman mekanik aksam çizimleri iş paketinde, kaynak ekipmanının tasarımı Solidworks üç boyutlu çizim programı ile yapılmıştır. Parçaların teknik resimleri oluşturulmuştur. Tasarımda, üretim ve montaj kolaylığı ile elektronik aksamaların montaj yerleri dikkate alınmıştır. Elektronik aksamaların, filaman yerleşiminin ve kablo donanımlarının konumlandırılmaları yapılmıştır.



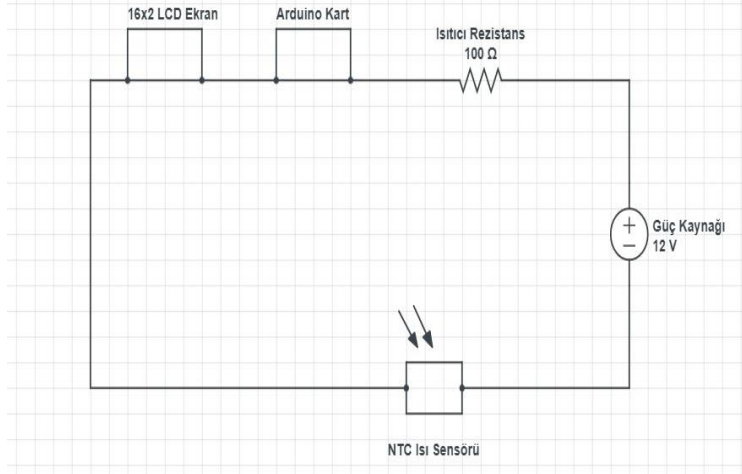
Şekil 1 Isıtıcı Eleman Bloğu Çizimi



Şekil 2 Alt-Üst Tabaka Çizimleri

Ekipmanın elektronik aksam çizimleri iş paketinde, elektronik devre şeması iki boyutta Solidworks yazılımı ile çizilmiştir. Elektronik devre şemasının tasarımında, kaynak edilecek filaman malzemelerinin sıcaklık aralığı dikkate alınmıştır. Birden fazla hammadde çeşidi olduğu için ekipmanın sıcaklığı ayarlanabilir olmalıdır. Sıcaklık değerini ölçecek algılayıcının belirlenmesi, ısıtıcı ucun tespit edilmesi ve ihtiyaç duyulan

en düşük ve en büyük sıcaklık değerini sağlayacak güç kaynağının seçilmesi adımları gerçekleştirilmiştir. Elektronik devre şeması breadboard üzerinde kurulu ve test edilecek ve ardından arduino üzerinde nihai devre kalıcı olarak kurulacaktır.



Şekil 3 Elektronik Devre Basit Çizimi

Ekipman mekanik aksamının üretilmesinde sürecinde, filamanların uç uca getirilerek birleştirileceği, ısıtıcı ucun ve sıcak algılayıcısının yerleştirileceği, ısıtıcı blok üretilcektir. Isıtıcı bloğun üretiminde kullanılacak malzeme olarak ısı iletkenliği iyi olması sebebiyle alüminyum tercih edilmiştir. Alüminyum bloğun üzerinde delik delme ve kılavuz ile diş açma işlemleri sırasıyla yapılacaktır. Kaynak ekipmanının ısıtıcı bloğunun yerleşeceği alt tabaka ile filamanlara yolluk oluşturmayı sağlayacak üst tabakalar paslanmaz çelikten üretilcektir.

Ekipman elektronik aksam parçalarının temin edilmesi iş paketi süresince elektronik devre şemasında belirlenen malzemeler satın alınacaktır. Elektronik devre kontrolü arduino ile yapılacaktır. Elektronik devre elemanları listesi aşağıda yer almaktadır.

#### Breadboard

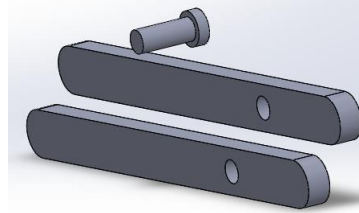
- 1- Arduino (Nano-Uno)
- 2- Isıtıcı Uç (12volt – 40Watt)
- 3- Isı algılayıcı

- 4- Güç kaynağı (12volt – 40Amper)
- 5- LCD ekran (2\*16cm)
- 6- Potansiyometre (100k-500k aralığında)
- 7- Kablolar (20cm Jumper Erkek-Dişi/ Erkek-Erkek/Dişi-Dişi)

Temin edilen elektronik aksamlar öncelikle breadboard üzerinde test edilecektir. Breadboard ile elektronik ekipmanların birbiri ile uyumlu çalışması sağlanacak ve sonrasında arduino sistemi entegre edilecektir.

Ekipman mekanik ve elektronik aksamaların bir araya getirilmesi iş paketinde, mekanik ve elektronik aksamaların montajı yapılacaktır. Mekanik aksamlar üzerine yerleştirilecek elektronik aksamaların uyumu test edilecektir. Isı bloğu üzerine ısıtıcı uç ve sıcaklık algılayıcı yerleştirilecektir. Güç ünitesi, kontrol kartı ve lcd ekranın yerleştirileceği ekipman kontrol paneli FFF cihazı ile üretilecek ve ilgili parçalar üzerine montajlanacaktır.

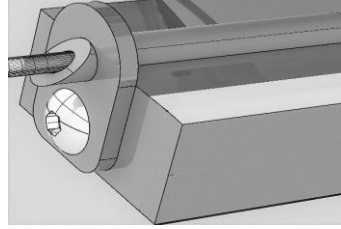
Filaman kaynak parametrelerinin belirlenmesi iş paketinde, kaynak işlemi yapılacak filamanların erime noktaları baz alınarak birleştirme işlemi yapılacaktır. Farklı sıcaklıklarda ve sürelerde kaynak edilen numuneler test edilecektir. Test işleminde numunelerin çekme yönündeki dayanımları karşılaştırılacaktır. Elde edilen veriler karşılaştırılarak, filamanların en iyi kaynak sıcaklığı ve süresi belirlenecektir.



Şekil 4 Portatif Maşa Mekanizması Taslak Çizimi

Ekipmanın montajı iş paketinde, ekipmanın portatif hale getirilmesi amacıyla, maşa mekanizması geliştirilecektir. Ekipman basit bir pense mantığı ile çalışmakta olup iç yüzeyinde hammaddenin çapına uygun oyuk kanallar bulunacaktır. Kapalı bir delik içerisinde birleştirme işlemi yerine, pense prensibi ile açık kalıp şeklinde kaynak işleminin yapılması amaçlanmaktadır. Bu şekilde birbirine kaynak olmuş malzemenin kolay bir şekilde çıkarılıp ruloya sarılabilmesi sağlanacaktır. Ayrıca farklı

çaplardaki filamanların kaynak edilebilmesi için yollukların üretilmesi ve alt-üst tabakalara montajı ile ilgili işlemler yapılacaktır. Bu iş paketinde ekipman nihai son haline getirilecektir.



Şekil 5 Yolluk Bağlantıları

FFF yöntemi ile üretim gerçekleştirilen cihazlarda kullanılan filaman çeşitleri araştırıldığında iki farklı çapta filamanların piyasada yer aldığı görülmüştür. Parça üretiminde en çok tercih edilen filamanların malzemeleri ise PLA, ABS ve Naylon'dur. Bu malzemeler ucuz olması sebebiyle kullanıcılar tarafından kolay erişilebilmektedir. Filaman üreticilerinin ürün bilgi dokümanlarından elde edilen verilere göre sahip oldukları bazı karakteristik özellikler tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1 FFF yönteminde kullanılan bazı filamanların karakteristik özellikleri

Filaman Çeşidi	Camsı Geçiş Sıcaklığı	Erime Sıcaklığı	Çekme Dayanımı
PLA	60 °C	170 – 210 °C	49.5 MPa
ABS	105 °C	205 – 225 °C	39 MPa
Naylon	50 °C	240 – 265 °C	70 MPa

#### BULGULAR

(Elde edilen/edilmesi planlanan bulgular kısaca ifade edilmektedir)

Her plastik, kaynak yapılması gereken bir dizi parametreye sahiptir. Tüm termoplastiklerin etkili kaynak için belirli bir sıcaklık aralığı vardır. Filamanların kaynak edilmelerinde tablo 3 de yer alan erime sıcaklıkları baz alınacaktır. Uygun kaynak sıcaklığının belirlenmesi için erime sıcaklığı dikkate alınarak farklı sıcaklıklarda birleştirilmiş numuneler hazırlanacaktır. Karşılaştırma amacıyla hazırlanan numuneler erime sıcaklıklarının kırkar derece altında birleştirilecektir. Ayrıca numuneler üç ve beş saniye süreli iki farklı parametrede kaynak edilecektir. Tüm bu değişkenler oluşturulduğunda tablo 2 de yer alan, karşılaştırma amacıyla altı farklı parametrede ikişer numune üretilmektedir. Bütün kaynak işlemlerinde proses, ısıtıcı elemanın ayarlanan sıcaklığa gelmesinden sonra filamanların yerleştirilmesi ve sürenin başlatılması

şekilde uygulanacaktır. Numuneler belirlenen parametrelerde üretildikten sonra test düzeneği oluşturulacak ve kaynaksız filamandan elde edilen veriler ile karşılaştırılacaktır. Test düzeneğinde 10cm uzunluğunda filamanlar kaynatılacak ve filamanlar bir ucundan sabitlenmiş bir şekilde ağırlık bağlanarak çekme yüküne maruz bırakılacaktır. 20cm uzunluğunda kaynaksız bir filamandan elde edilen veriler ile karşılaştırılacak ve en yüksek çekme dayanımına sahip numune parametresi kaynak için belirlenecektir.

Tablo 2: Numune parametreleri


Malzeme Türü	Parametre 1	Parametre 2	Parametre 3	Parametre 4	Parametre 5	Parametre 6
PLA	210C 3sn	210C 5sn	170C 3sn	170C 5sn	130C 3sn	130C 5sn
ABS	220C 3sn	220C 5sn	180C 3sn	180C 5sn	140C 3sn	140C 5sn
NYLON	265C 3sn	265C 5sn	225C 3sn	225C 5sn	185C 3sn	185C 5sn

Cihazın sıcaklık ayarlaması, ölçülmesi, filamanların yerleştirilmesi ve çalıştırılması süreçlerini anlatan bir kullanım kılavuzu hazırlanacaktır. Ayrıca farklı filamanların test verileri karşılaştırılarak belirlenen kaynak parametrelerinin yer aldığı bir tablo oluşturulacak ve cihazın kullanım kılavuzu içine yerleştirilecektir.

Kaynak parametrelerinin denenmesi ve karşılaştırılması, optimum kaynak parametrelerinin belirlenmesi süreçlerinde tablo 3'de yer alan bulgular karşılaştırılacaktır.

Tablo 3: Kaynak kontrol parametreleri

Kaynak Sıcaklığı	Yüksek	Orta	Düşük
Görsel	Malzemede kararma	Aynı renk	Renksiz
Kırılganlık	Düşük	Düşük	Yüksek
Koku	Yoğun duman (siyah)	Az duman	Yok

<p><b>SONUÇ</b> (Çalışmada n elde edilen / edilecek sonuç ve katkı kısaca belirtilmelidir)</p>	<p>Projenin literatür taraması iş paketi sonuçlandırılmış ve ekipmanın tasarımı için gerekli bilgiler toparlanmıştır. Bu doğrultuda optimum kaynak parametresinin belirlenmesi için numunelerin hazırlanmasında kullanılacak değişkenler belirlenmiş ve test yöntemi oluşturulmuştur. Ekipmanın fiziksel bileşenlerinin tasarımı ve bu doğrultuda mekanik aksamaların çizimleri yapılmış, bunların üretim aşamasına geçilmiştir. Ayrıca gelinen noktada elektronik aksamaların çizim aşamasına geçilmiş ve belirlenen bazı komponentler sipariş edilmeye başlanmıştır. Filaman eritme ve elektronik kontrol sisteminin geliştirilmesi çalışmaları sürdürülmektedir. İlerleyen zaman dilimlerinde projenin geri kalan iş paketleri sırayla gerçekleştirilecektir.</p> <p>Projenin tamamına bakıldığında uygulanabilir durumda olup hayata geçirilebilir. Ekipmanın tasarımı ergonomi ve kullanım kolaylığı düşünülmüş olup taşınabilir nihai durumda bu göz önüne alınacaktır. Bu ekipman ticari olarak piyasada bulunmadığı için kolaylıkla seri üretime entegre edilebilir ve kullanım alanının yaygınlaşması ve probleme çözüm üretmesi göz önüne alındığında yüksek talep göreceği beklenmektedir. Geri dönüşüm ve atıkların geri kazanımı konusunda yapılacak çalışmalar dünyamızın geleceği için çok önemlidir.</p>  <p>Şekil 6 Ekipmanın Taslak Son Hali</p>
<p><b>ANAHTAR KELİMELER</b> (Türkçe ve İngilizce olarak; En az 3 adet)</p>	<p>Filaman, Eklemeli İmalat, FFF, 3d Yazıcı, Birleştirme</p>

V. Ulusal Havacılık Teknolojisi ve Uygulamaları Kongresi

UHAT – 2021

# BİLDİRİ KİTABI



E-ISBN:978-605-338-352-9

