



T.C.  
ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI  
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

**UÇAK ÜRETİM YAN SANAYİ KURULUŞLARINDA  
KİMYASAL MARUZİYETLERİN VE RİSKLERİN  
BELİRLENMESİ**

**Mert DEMİRDELEN**

**(İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi)**

**ANKARA-2016**

**T.C.  
ÇALIŞMA VE SOSYAL GÜVENLİK BAKANLIĞI  
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ**

**UÇAK ÜRETİM YAN SANAYİ KURULUŞLARINDA  
KİMYASAL MARUZİYETLERİN VE RİSKLERİN  
BELİRLENMESİ**

**Mert DEMİRDELEN**

**(İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi)**

**Tez Danışmanı  
Bahar TIRYAKI BOĞA**

**ANKARA-2016**

**T.C.**  
**Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı**  
**İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü**

**O N A Y**

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü  
İş Sağlığı ve Güvenliği Uzman Yardımcısı **Mert DEMİRDELEN**'in,  
Bahar TIRYAKI BOĞA danışmanlığında başlığı “**Uçak Üretim Yan Sanayi**  
**Kuruluşlarında Kimyasal Maruziyetlerin ve Risklerin Belirlenmesi**” olarak teslim edilen  
bu tezin savunma sınavı 22/09/2016 tarihinde yapılarak aşağıdaki jüri üyeleri tarafından “**İş**  
**Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi**” olarak kabul edilmiştir.

Dr. Serhat AYRIM  
Müsteşar Yardımcısı  
JÜRİ BAŞKANI

Tarkan ALPAY  
İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdür V.  
ÜYE

İsmail GERİM  
İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdür Yrd.  
ÜYE

Doç. Dr. Pınar BIÇAKÇIOĞLU  
İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdür Yrd. V.  
ÜYE

Yrd. Doç. Dr. Ercüment N. DİZDAR  
Öğretim Üyesi  
ÜYE

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi olması için  
gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

Tarkan ALPAY  
İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdür V.

## TEŐEKKÜR

Tez çalışmamın hazırlık sürecinde ve iş sağlığı güvenliği alanındaki çalışmalarımnda değerli bilgi ve desteklerini esirgemeyen başta Müsteşar Yardımcısı Sayın Serhat AYRIM, Genel Müdürüm Sayın Tarkan ALPAY ve eski Genel Müdürüm Sayın Kasım ZER olmak üzere, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdür Yardımcıları Sayın İsmail GERİM, Sayın Sedat YENİDÜNYA, Sayın Doç. Dr. Pınar BIAKIOğLU, eski Genel Müdür Yardımcısı Sayın H. Nurdan Rana GÜVEN, tez danışmanım İSG Uzmanı Sayın Bahar BOğA'ya ve kıymetli yardım ve değerlendirmeleri için Sayın Dr. Ercüment N. DİZDAR'a iten teőekkürlerimi sunarım.

Ayrıca saha çalışmalarında teknik yardımlarını ve desteğini esirgemeyen İSG Uzman Yardımcısı Murat BADİK'e ve manevi desteklerinden dolayı tüm çalışma arkadaşlarıma teőekkürü bir borç bilirim.

## ÖZET

Mert DEMİRDELEN

### Uçak Üretim Yan Sanayi Kuruluşlarında Kimyasal Maruziyetlerin ve Risklerin Belirlenmesi

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü

#### İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi

Ankara, 2016

Havacılık sanayi yapısı itibariyle ileri teknoloji gerektiren ve yüksek katma değerli bir sektördür. Çıktıları ve oluşturduğu bilgi birikimi, bir ekonomideki onlarca farklı iş kolunu ilgilendirmekte ve etkilemektedir. Ana üretici firmaların hem ilk yatırım maliyetlerini hem de sektörel risklerini bölüşen yan sanayi kuruluşlarının sanayi için önemi büyüktür. Birçoğu son beş yıl içerisinde faaliyete başlayan ve sayıları her geçen yıl artan kuruluşların, iş güvenliği yönünden mercek altına tutulması, önleyici faaliyetlerin belirlenmesi ve sektörün büyüme aşamasında bilinçlendirilmesi açısından önemli bir fırsattır. Bu hususta, özellikle bu alanda öncü olan bazı yerli firmalar olmak üzere, dünyanın önde gelen uçak üreticilerine yan sanayi üretimi yapan kuruluşlarda iş sağlığı ve güvenliği risklerinin belirlenmesi amacıyla çalışma yürütülmüştür. Bu çalışmada uluslararası standartlara göre sınıflandırılmış riskler belirlenmiş, aynı zamanda işyerlerinde uygulanan üretim işlemlerinin her birinde uygun talimatlara göre yürütülen kimyasal ölçümleri ile kimyasal maruziyetler belirlenmiştir. Çalışma sonunda her üretim işlemi için ayrı ayrı tehlikeler, bu tehlikelere bağlı riskler ve alınabilecek önlemler detaylı olarak sunulmuştur. Gerçekleştirilen analiz sonuçlarına göre talaşlı imalat işleminde karbondioksit, yüzey işleme – yüzey kaplama işleminde asit ve ağır metal, tahribatsız muayene ve boyama işlemlerinde ise aromatik hidrokarbon maruziyetleri tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** havacılık sanayi, kimyasal maruziyeti, uçucu aromatik hidrokarbonlar, ağır metal

## **ABSTRACT**

**Mert DEMİRDELEN**

**Determination of Chemical Exposures and Risks on Aircraft Manufacturing Subsidiary Industry**

**Ministry of the Labor and Social Security, Directorate General of Occupational Health and Safety**

**Thesis for Occupational Health and Safety Expertise**

**Ankara, 2016**

Aviation industry is a sector that requires high-end technology and has high added value as its structure. Its outputs and constituted accumulation of knowledge interest and affect dozens of different branches of industry. Subsidiary industry that both share main manufacturers' initial investment costs and market risks has great importance for the industry. Putting these organizations, which most of them are founded in last five years under scope from the point of occupational health and safety is important opportunity in terms of determining preventing actions and raising awareness of sector members when they are growing. In this respect, this study have been carried out for determining occupational health and safety risks for subsidiary firms that manufacture for world's leading companies particularly pioneer local companies. In this study, risks, which have been classified with respect to the international standards, have been determined and meanwhile chemical exposures have been measured for each process according to proper directions. In the end of the study, hazards, risks that caused by mentioned hazards and precautions have been presented for each process. According to the results of the analysis, carbon dioxide exposure on machining, acids and heavy metals exposure on surface treatment – surface coating, volatile aromatic hydrocarbon exposure on non-destructive testing and painting processes have been determined.

**Keywords:** aerospace industry, chemical exposure, volatile organic compounds, heavy metals

# İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
TABLoların LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	viii
RESİMLERİN LİSTESİ .....	ix
GRAFİKLERİN LİSTESİ .....	xi
SİMGE VE KISALTMALAR .....	xii
1. GİRİŞ .....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	3
2.1 UÇAK ÜRETİMİNİN GENEL YAPISI.....	3
2.2 DÜNYA UÇAK ÜRETİMİNDE SEKTÖREL KÜMELENMELER.....	5
2.2.1 Sivil Havacılık Endüstrisinde Kümelenme Örnekleri .....	5
2.2.2 Montreal Havacılık Sektörü Kümelenmesi .....	5
2.2.3 Florida Havacılık Sektörü Kümelenmesi .....	5
2.3 DÜNYA UÇAK ÜRETİMİNDE ANA OYUNCULAR .....	6
2.4 TÜRK UÇAK ÜRETİMİNİN GENEL YAPISI.....	8
2.4.1 Türkiye’de Sivil Uçak Üretimi .....	12
2.4.2 Türk Sivil Havacılık Sektör Kümelenmeleri .....	13
2.5 YERLİ ÜRETİCİLERDE KÜMELENME VE YAN SANAYİ KULLANIMI .....	14
2.6 BOYAMA İŞLEMİ.....	15
2.6.1 Boyahane Kısım ve Ekipmanlar .....	15
2.6.2 Boyanan Ekipmanlar .....	18

2.7 TAHRİBATSIZ MUAYENE.....	19
2.7.1 Sıvı Emdirme (Penetrant Sıvısı) ile Muayene.....	20
2.8 TALAŞLI İMALAT İŞLEMİ .....	21
2.8.1 CNC (Bilgisayar Yardımı İle Sayısal Kontrol) Tezgahları .....	23
2.9 YÜZEY İŞLEME – YÜZEY KAPLAMA İŞLEMİ .....	25
2.9.1 Yağ Alma İşlemi.....	26
2.9.2 Anodize ve Alodine Kaplama İşlemi .....	28
2.10 RİSK ETMENLERİ .....	30
2.10.1 Kimyasal Etmenler .....	30
2.10.2 Fiziksel Etmenler.....	33
2.10.3 Ergonomik Etmenler .....	35
2.10.4 Yangın ve Patlama.....	35
2.10.5 Mekanik Etmenler .....	36
2.11 UÇAK ÜRETİMİNDE İSG LİTERATÜRÜ .....	36
2.12 MEVZUAT .....	40
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER .....	41
3.1 KULLANILAN METOTLAR .....	42
3.1.1 İşyeri Ortam Havasından Ağır Metal Numunesi Alma.....	43
3.1.2 İşyeri Ortam Havasında Ağır Metal Analizi .....	44
3.1.3 İşyeri Ortam Havasından Uçucu Aromatik Hidrokarbon Numunesi Alma .....	45
3.1.4 İşyeri Ortam Havasında Uçucu Aromatik Hidrokarbon Analizi.....	46
3.1.5 İşyeri Ortam Havasında Detektör Tüp ile Anlık Kimyasal Gaz Ölçümü Yapma ..	47
3.1.6 Örneklem Pompalarının Kalibrasyonu .....	49
3.2 İŞYERLERİNİN SEÇİMİ.....	49
4. BULGULAR.....	51



4.1 ÖLÇÜM YAPILAN İŞYERLERİ .....	51
4.2 KİMYASAL ÖLÇÜMLER.....	54
4.2.1 Talaşlı İmalat İşleminde Kimyasal Ölçümleri.....	54
4.2.2 Yüzey İşleme – Yüzey Kaplama İşleminde Kimyasal Ölçümleri.....	56
4.2.3 Tahribatsız Muayene İşleminde Kimyasal Ölçümleri.....	60
4.2.4 Boyama İşleminde Kimyasal Ölçümleri .....	63
4.3 ÖLÇÜMLERİN İSTATİSTİKSEL SINANMASI.....	65
4.4 TESPİT EDİLEN RİSKLER.....	71
4.4.1 Fiziksel Risk Etmenlerine İlişkin Tespitler .....	71
4.4.2 Kimyasal Risk Etmenlerine İlişkin Tespitler .....	75
4.4.3 Mekanik Risk Etmenlerine İlişkin Tespitler.....	78
4.4.4 Ergonomik Risk Etmenlerine İlişkin Tespitler.....	80
4.4.5 Yangın ve Patlama Kaynaklı Risk Etmenlerine İlişkin Tespitler.....	81
5. TARTIŞMA .....	85
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	89
KAYNAKLAR .....	93
ÖZGEÇMİŞ .....	99
EKLER.....	101
EK.1 Tespit Edilen Tehlikeler.....	103
EK.2 ANOVA Tabloları.....	113
EK.3 Uçak Üretim Yan Sanayi Kuruluşları için Kontrol Listesi .....	116
EK.4 Yüzey İşleme – Yüzey Kaplama İyi Uygulama Örneği.....	129

## TABLolarIN LİSTESİ

<b>Tablo</b>	<b>Sayfa</b>
Tablo 2.1. Metal yüzey işlemleri tehlikeleri.....	34
Tablo 2.2. Temizleme kimyasallarının sağlık etkileri.....	36
Tablo 2.3. Çalışma kapsamındaki ulusal mevzuat.....	40
Tablo 3.1. Kimyasal konsantrasyonu tayin metotları.....	42
Tablo 3.2. TSE EN 689 Çizelge A1 Bir Vardiya Başına En Az Numune Sayısı .....	49
Tablo 4.1. Ölçüm yapılan işyerleri.....	52
Tablo 4.2. İşlemlere göre yapılan ölçümler.....	53
Tablo 4.3. Ağır metal maruziyet sınır değerleri.....	53
Tablo 4.4. Uçucu aromatik hidrokarbon maruziyet sınır değerleri.....	53
Tablo 4.5. Talaşlı imalat işleminde yapılan ölçümlerin sonuçları.....	54
Tablo 4.6. Yüzey işleme – yüzey kaplama işleminde yapılan ölçümlerin sonuçları.....	56
Tablo 4.7. Tahribatsız muayene işleminde yapılan ölçümlerin sonuçları.....	60
Tablo 4.8. Boyama işleminde yapılan ölçümlerin sonuçları.....	63
Tablo 4.9. Fiziksel etmenler.....	78
Tablo 4.10. Kimyasal etmenler.....	81
Tablo 4.11. Mekanik etmenler.....	83
Tablo 4.12. Ergonomik etmenler.....	85
Tablo 4.9. Yangın ve patlama etmenleri.....	86

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Sivil uçak üretim katmanları.....	7
Şekil 2.2. Penetrant uygulanması.....	21
Şekil 2.3. Üç temel talaşlı imalat yöntemi.....	22
Şekil 3.1. İş akış şeması.....	41

## RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Yaş boya kabini.....	16
Resim 2.2. Boya sırası bekleyen uçak parçaları.....	18
Resim 2.3. Boyanan kompozit helikopter parçaları.....	18
Resim 2.4. Yatay ve dikey CNC torna tezgahları.....	23
Resim 2.5. CNC freze tezgahları.....	24
Resim 2.6. Diğer CNC tezgahları.....	25
Resim 3.1. Ağır metal numune alma pompası ve filtre başlığı.....	44
Resim 3.2. Ağır metal numune hazırlanması.....	45
Resim 3.3. Ağır metal numune analizi.....	45
Resim 3.4. Uçucu aromatik hidrokarbon numune alma pompası ve filtre başlığı.....	46
Resim 3.5. Gaz kromatografisi cihazı.....	46
Resim 3.6. Ölçüm pompası ve tüpü.....	48
Resim 3.7. DryCal dijital debi ölçer.....	49
Resim 4.1. Tesviye tezgahı.....	72
Resim 4.2. CNC tezgahı parçalarına müdahale eden çalışan.....	72
Resim 4.3. Tahribatsız muayene işlemi.....	74
Resim 4.4. Sulu havalandırma sistemli boya kabini.....	74
Resim 4.5. Bor yağı ile soğutma.....	75
Resim 4.6. Alodine kaplamada daldırma yapan çalışan.....	76
Resim 4.7. Boya hazırlama bölümü.....	77
Resim 4.8. Daldırma işlemi yapan çalışan.....	79
Resim 4.9. Çalışma ortamında bulunan hortumlar.....	79

Resim 4.10. Geçiş alanı.....	80
Resim 4.11. Parça kontrol makinaları.....	80
Resim 4.12. Muayene işlemi gerçekleştiren alışanlar.....	81
Resim 4.13. Kimyasal madde depolama alanı.....	82
Resim 4.14. Kimyasal madde dolapları.....	82
Resim 4.15. Elektrik panoları ve kontrol uniteleri.....	83

## GRAFİKLERİN LİSTESİ

Grafik	Sayfa
Grafik 4.1. Talaşlı imalat ağır metal maruziyet değerleri.....	55
Grafik 4.2. Yüzey işleme – yüzey kaplama ağır metal maruziyet değerleri.....	59
Grafik 4.3. Yüzey işleme – yüzey kaplama uçucu aromatik hidrokarbon maruziyet değerleri.....	59
Grafik 4.4. Tahribatsız muayene uçucu aromatik hidrokarbon maruziyet değerleri.....	61
Grafik 4.5. Tahribatsız muayene uçucu aromatik hidrokarbon maruziyet değerleri.....	62
Grafik 4.6. Tahribatsız muayene uçucu aromatik hidrokarbon maruziyet değerleri.....	64
Grafik 4.7. Boyama uçucu aromatik hidrokarbon maruziyet değerleri.....	64

## SİMGE VE KISALTMALAR

ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists (Amerikan Endüstriyel Hijyenistler Konferansı)
A.O	Anonim Ortaklığı
ASTM	American Society for Testing and Materials (Amerikan Test ve Malzeme Derneği)
atm	Standart Atmosfer
B <sub>b</sub>	Kör Numune sorbent tüpün arka bölümündeki madde miktarı
B <sub>f</sub>	Kör Numune sorbent tüpün ön bölümündeki madde miktarı
C <sub>hm1</sub>	Numune çözeltilisindeki kurşun derişimi, mg/L
C <sub>hm2</sub>	Kullanılmamış (kör) filtrenin yakılmasıyla elde edilen çözeltideki ağır metal derişimi mg/L
CNC	Computer Numerical Control (Bilgisayarlı Sayısal Kontrol)
dB	Desibel
DE	Düzeltilme Faktörü
DHMI	Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü
DryCal	Dijital Debi Ölçer
EN	European Norm (Avrupa Standardı)
ESBAŞ	Ege Serbest Bölgesi ve İşleticisi A.Ş
ESO	Eskişehir Sanayi Odası
F	Seyreltme faktörü
Hz	Hertz
İG	İş Güvenliği

İSGÜM	İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü Başkanlığı
ISO	International Organization for Standardization (Uluslararası Sosyal Güvenlik Teşkilatı)
ISSA	International Social Security Association (Uluslararası Sosyal Güvenlik Birliği)
KKD	Kişisel Koruyucu Donanım
KOAH	Kronik obstrüktif akciğer hastalığı
KOBİ	Küçük ve Orta Büyüklükteki İşletmeler
KOSGEB	Küçük ve Orta Ölçekli İşletmeleri Geliştirme ve Destekleme İdaresi
KTS	Karpal Tünel Sendromu
NASA	National Aeronautics and Space Administration (Amerika Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)
NDT	Non Destructive Testing (Tahribatsız Muayene)
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health (Amerika Ulusal İş Güvenliği ve Sağlığı Enstitüsü)
OEM	Original equipment manufacturer (Orijinal ürün üreticisi)
OSB	Organize Sanayi Bölgesi)
OSHA	Occupational Safety and Health Administration (Amerika İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi)
OSSA	Ostim Savunma ve Havacılık Kümelenmesi Derneği
OSTİM	Ortadoğu Sanayi ve Ticaret Merkezi
PCE	Perkloro Etilen
PEL	Permissible exposure limit (İzin Verilen Maruziyet Sınırı)
pH	Power of Hydrogen (Hidrojen Gücü)
REL	Recommended Exposure Limit (Önerilen Maruziyet Sınırı)



STOL	Short Takeoff and Landing (Kısa Mesafe Kalkış ve İniş)
STEL	Short-term Exposure Limit (Kısa Süreli Maruziyet Sınırı)
TCE	Trikloro Etilen
T.E.D.B	Tespit Edilen Değer Bulunamadı
TEI	TUSAS-Motor Sanayii A.Ş
TLV	Threshold Limit Value (Eşik Sınır Değeri)
TS	Türk Standardı
TWA	Time-Weighted Average (Zaman Ağırlıklı Ortalama)
UV	Mor Ötesi

## 1. GİRİŞ

Sivil havacılık sektörünün ekonomi ile ilişkisi ve ekonomik kalkınma üzerindeki katalizör etkisi artık yaygın bir şekilde kabul görmektedir. Hava ulaşımına harcanan her 100 doların ekonomi için 325 dolar değerinde bir fayda ürettiği; hava ulaşımındaki 100 ilave işin, ekonomi genelinde 610 yeni iş ortaya çıkmasını sağladığı hesaplanmıştır [1]. Nitekim, dünya havacılık sektörü 3.6 trilyon dolar gelir oluştururken, doğrudan ve dolaylı olarak, 32 milyon kişiye de iş imkânı vermektedir [2].

Havacılık sanayii geniş istihdam, ileri teknoloji ve yüksek katma değer üretmekte ve diğer sektörlerin gelişmesinde yükseltici etki oluşturmaktadır. Bu sebeplerden dolayı uçak teknolojisi, gelişmiş ülkeler için bir liderlik ölçütü olarak kabul edilmektedir. Ülkenin ileri teknolojik seviyeye ulaştığının göstergesidir. Sektöre uçak üretimi perspektifinden bakıldığında ise durumun daha da etkileyici olduğunu görmekteyiz. Bir uçağın üretiminde çok sayıda (ortalama 1 milyon) parçanın kullanılması, sektörün tüm ekonomi çapında etki üretmesi anlamına gelmektedir. Bu bağlamda, Türkiye'nin yakın bir gelecekte dünyanın en büyük 10 ekonomisi içerisinde girmek için havacılık endüstrisini itici endüstri olarak seçmesi ve kalkınmasında lokomotif görevi icra edecek havacılık sanayii oluşturması, Türk sanayisinin ileri teknoloji ve yüksek katma değerli bir yapıya dönüşmesinde etkili bir rol oynayacaktır.

Tüm dünyada uygulanan şekliyle uçak üretimi, yüksek maliyeti ve ileri teknoloji gerekliliği yüzünden risklerin ve ilk yatırım maliyetlerinin dağıtılması amacıyla uçağın bazı parçalarının yan sanayi firmaları marifetiyle üretilmesini kapsamaktadır. Kuruldukları bölgelerde kümelenme şeklinde organize olan bu firmalar teknik yeterliliklerine göre ana üretici firmalar tarafından sipariş almaktadırlar. Ülkemizde de benzer şekilde savunma ve havacılık kümelenmeleri bulunmakta ve bu kümelenmelerde bulunan firmalar yurtiçinde ve yurtdışında yerleşik firmalara hizmet vermektedirler. Havacılık alanında hizmet veren bu yan sanayi kuruluşlarında ham alüminyum malzemedan talaşlı imalat, yüzey işleme – yüzey kaplama, tahribatsız muayene ve boyama işleri yürütülmektedir. Her biri iş sağlığı ve güvenliği yönünden ayrı ayrı önemli tehlikeler barındıran bu işlemler, daha önce sektör özelinde bir bütün olarak değerlendirilmemiştir. Bu çalışma ile ilgili işlemlerde çalışanların maruz kaldıkları iş sağlığı ve güvenliği riskleri tespit edilmiş olup, bahsi geçen dört farklı işlem için

kimyasal maruziyetler saha çalışması ile belirlenerek bir bütün halinde sunulmuştur.

Çalışmanın ikinci bölümünde uçak üretiminin genel yapısından başlanarak dünyada ve Türkiye’de uçak üretiminin bugünkü durumu hakkında genel bilgiler verilmiş olup üçüncü bölümde çalışmada kullanılan araç ve yöntemler ile ilgili açıklamalar yapılmıştır. Dördüncü bölümünde 7 farklı işyerinde gerçekleştirilen kimyasal ölçüm sonuçları paylaşılmıştır Ayrıca bu alanda hizmet veren kuruluşlardaki iş sağlığı ve güvenliği riskleri fiziksel, kimyasal, ergonomik, mekanik, yangın ve patlama alanları özelinde tespit edilmiş, yapılan saha çalışması gözlemleri ve alınabilecek önlemler detaylı olarak bu bölümde belirtilmiştir. Beşinci bölümde elde edilen ölçüm değerleri ve gözlemlenen bulgular yerel ve uluslararası sınır değerleriyle karşılaştırılarak yorumlanmış, daha önce yapılan çalışmalarda belirlenen sonuçlarla beraber tartışılmıştır. Altıncı bölümde ise çalışma kapsamında toplanan tüm veri ve değerlendirmelere göre, çalışma kapsamında hizmet veren kuruluşlara yönelik yapısal önerilerde bulunulmuştur.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1 UÇAK ÜRETİMİNİN GENEL YAPISI

Sivil uçak endüstrisi büyük finansal maliyetler ve riskler taşımaya rağmen, devletler tarafından desteklenmektedir. Bunun sebebi onun stratejik askeri ve ekonomik öneme sahip olmasıdır. Ticari uçak üretimi, ticari ve askeri operasyonlar arasındaki sıçramalardan dolayı askeri manada stratejiktir. Teknolojik yenilik endüstrinin bir tarafından diğerine sıçramaktadır. Tüm ticari uçak üreticileri, aynı zamanda büyük askeri yüklenicilerdir. Endüstrinin bu iki ucu örtüşen bir taşeron ve tedarikçi havuzunu paylaşırlar. Rekabetçi bir uçak endüstrisi, askeri üstünlüğe katkı sağlamaktadır [1].

Sivil uçak endüstrisi, havayolu ve uzay sektörlerini kapsar. Ekonomik konjoktüre aşırı derecede hassas olan bir endüstridir. Üreticinin yeni ürününün yatırım maliyetini karşılayamama ihtimali yüksektir. Uçak talebi konjoktüre bağlı olduğu için ürünün ilk teslimatının yapılacağı birkaç yıl sonrasında pazarın nasıl olacağını tahmin etmek çok güçtür. Üretim sürecinde pazar daha da değişecektir. Buna ek olarak, büyük miktarda yatırıma rağmen teknolojik istikrarsızlıklar üreticinin vaat edilen büyüklük ve aralıkta, vaat edilen maliyette ve vaat edilen güvenlik performansına sahip bir modeli geliştirmesini engelleyebilir. Örneğin, öngörülemeyen yapısal yorgunluk ilk ticari jet olan British Comet'ın başarısızlığına yol açmıştır [3]. Kanadalı bir uçak firması tarafından geliştirilen MD-11, öngörülen spesifikasyonları karşılamada başarısız kalmıştır [4].

Aynı zamanda da çok maliyetli bir endüstri olan sektörde; yeni bir ticari jet geliştirmek, yaklaşık 4 ila 6 milyar dolarlık bir Ar-Ge harcaması gerektirmektedir. Yeni bir uçak geliştirmek büyük sermaye maliyetleri gerektirmesinin yanında, gelirlerin yavaş bir şekilde ve önemli bir gecikmeyle ortaya çıktığı bir süreçtir. Yeni bir uçağı geliştirmek, test etmek ve sertifikalandırmak 4 ila 5 yıl almaktadır [5].

Uçaklar 400-600 birimlik bir başlangıç üretim grubunun ortalama beklenen maliyeti bazında fiyatlandırılır. İlk birimler zararına satılır. Bir tahmine göre yeni bir uçak yaklaşık 70. birime kadar eksi nakit akısına yol açmaktadır [6]. Sektörde fiyatlandırma limitleri de söz konusudur. 1979 Gümrük Tarifeleri ve Ticaret Genel Anlaşması çerçevesinde uçaklar kısa dönem

marjinal maliyetin altında satılabilir, ancak uzun dönem marjinal maliyetin altında satılamaz [7].

Sivil havacılık endüstrisinin özellikleri;

- Endüstrinin hava ve yer hizmetleri birbirinden farklı alanlardır. Yüksek emniyet ve düzenleme standartları vardır.
- Üretim süreçleri ve girdilerde farklılıklar vardır.
- Farklı piyasalarda faktör maliyetlerindeki farklılıklar sebebiyle birim ürün maliyetlerinde istikrarsızlık vardır.
- Katı emniyet düzenlemeleri uygulanır.
- Farklı havayolları arasında stratejik işbirliği oluşturulur.
- Ekonomik ve siyasi gelişmelere karşı hassastır.
- Devletin finansal desteği söz konusudur.
- Her zaman yüksek teknoloji ekipmanı ve sistemlerini kullanır.
- Sıkı devlet kontrolleri ve düzenlemeleri vardır.
- Bağımsız ulusal hava sahası doktrini vardır.
- Teknik ve lojistik konularda çok taraflı işbirlikleri kurulmasına uygundur.
- Artan ekonomik küreselleşme endüstriyi teşvik eder.
- Çin, Hindistan ve Türkiye gibi gelişmekte olan piyasalarda hızlı talep artışı vardır.
- Çevreyi korumak amacıyla ve havayolu şirketlerinin en büyük işletme maliyetini (yaklaşık %50) oluşturan petrolün fiyatındaki yükselmelere karşı tedbir amacıyla yeni uçaklara büyük yatırım yapılmaktadır.

şeklinde özetlenebilir [4,8,9].

Uçak endüstrisi ortalama 1 milyon parçanın kullanıldığı bir ürünü planlayan ve üreten bir endüstridir. Bu kadar geniş kapsamlı bir endüstride üreticiler kaçınılmaz bir şekilde birçok metal, plaka, motor, yazılım, plastik gibi tedarikçilere ihtiyaç duyarlar. Örneğin lastik farklı firmalardan, ileri teknoloji ihtiyaçları Amerika ve uzak doğru menşeli firmalardan, motor diğer yan sanayi firmalarından tedarik edilmektedir. Sektör verimlilik, etkinlik ve güvenlik gibi gereksinimlerini, genellikle tedarikçileri ile yaptığı uzun dönemli stratejik ortaklıklarla karşılamaktadır. Uçak üreticilerinin Ar-Ge, üretim ve pilot eğitimleri ve satış gibi faaliyetlerini ise kendilerinin gerçekleştirdiği görülmektedir. Satışlarının %80'den fazlasını havayolu şirketlerine yapmaktadırlar. Üretilen uçakların kalan %20'si ise uçak kiralama

şirketlerine satılmaktadır [10].

Sivil uçak üretimi sektörünün değer zincirinde yer alan 300 havayolu şirketi taşımacılık, uçuş trafiği planı, pazarlama ve diğer müşteri hizmetleri ile ilgilenmektedir. Uçak kiralama şirketleri özel yatırımcılardan topladıkları parayı uçak satın almak için kullanırken, havayolu firmalarına da sabit kira oranları ile hizmet sunmaktadır. Havalimanları ise hizmet için altyapı ve tesis sağlamaktadır. Havalimanları hizmet verdikleri müşterilerine ve havayolu şirketlerine sundukları olanaklarla yatlar üzerinde de oldukça etkilidirler [10].

## **2.2 DÜNYA UÇAK ÜRETİMİNDE SEKTÖREL KÜMELENMELER**

Çok kapsamlı bir endüstri olan uçak üretimi endüstrisi, çok sayıda firma arasında stratejik işbirliği gerektirdiğinden, sektörde kümelenme tarzı yapılanmalar çok yaygındır. Kümelenme organizasyonu sayesinde firmalar Ar-Ge faaliyetlerini, inovasyonu ve girişimciliği teşvik etmek, aktörler arası işbirliği ağları kurmak, üyeleri arasında kültürel, mesleki, teknik, ticari, ekonomik, hukuki ve idari konularda işbirliği, dayanışma ve bilgi alışverişi sağlamak, ortak menfaatlerini korumak, ihtiyaç duydukları makine-teçhizat hammadde temini gibi konularda yardımcı olmak, pazar bulmalarını kolaylaştırmak gibi avantajlara sahip olmaktadır [8].

### **2.2.1 Sivil Havacılık Endüstrisinde Kümelenme Örnekleri**

Aşağıda dünya genelinde havacılık sektörüne yönelik kümelenme örnekleri verilmiştir. Bu örneklerde de görüldüğü gibi ABD sektörün öncülüğünü yapan lider ülkelerin başında gelmektedir [10].

### **2.2.2 Montreal Havacılık Sektörü Kümelenmesi**

Montreal bütün bir uçağın tasarlanabildiği dünyadaki birkaç şehirden biridir. Montreal'in havacılık kümelenmesi firmaları, akademi ve araştırma enstitüsünü bir araya getirmektedir [11].

### **2.2.3 Florida Havacılık Sektörü Kümelenmesi**

Florida havacılık ve uzay sektörlerinde Amerika'nın ikinci büyük eyaletidir. Yaklaşık 2 000 şirket, 84.000 civarında endüstri profesyoneli istihdam etmektedir. Kümelenme üç farklı bölgede yer almakta olup; Kuzey Florida'da askeri uçuş tesisleri, büyük savunma sanayi sektörü yüklenicileri, OEM'ler ve lojistik oyuncuları yer alırken; Orta Florida'da uzay endüstrisi ile ilgili oyuncular, savunma elektroniği ve navigasyonu- iletişim sistemleri üreticileri yer almaktadır. Güney Florida ise, hava taşımacılığı için bir merkez işlevi görmektedir. Ayrıca, itki sistemleri ve uçak montajında da uzmanlaşan firmaların yer aldığı bölgedir [12].

### **2.3 DÜNYA UÇAK ÜRETİMİNDE ANA OYUNCULAR**

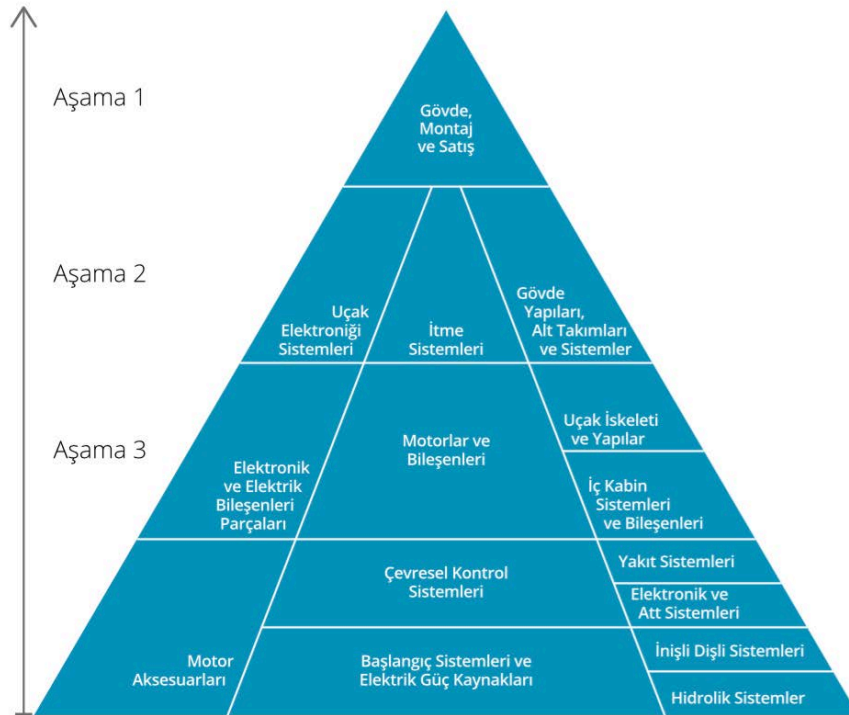
Ülkeler arasında her yıl milyonlarca yolcunun ve milyarlarca dolar değerinde malın çok hızlı bir şekilde naklini sağlayan sivil havacılık sektörü, halen devlet müdahaleleri ve ikili anlaşmalar yoluyla en fazla kısıtlanan sektörlerden biri durumundadır. Bunun en önemli sebebi ise; uluslararası sivil havacılık sektörünün stratejik bir sektör olmasıdır.

Bu büyük önemine rağmen, sivil havacılık endüstrisinde ekonomik konsantrasyon çok yüksektir; başka bir deyişle her sektörde (büyük sivil uçaklar, bölgesel uçaklar, iş jetleri, helikopterler, vs.) rekabet eden az sayıda firma vardır. Bunun önemli bir nedeni, uçak tasarlamak ve üretmek için gereksinim duyulan sermaye taahhütlerinin yüksekliğinin yol açtığı endüstriye giriş engelleridir. Bunun yanı sıra, sektör yüksek sabit maliyetlerinden dolayı da yüksek giriş engellerine sahiptir. Özellikle yüksek teknolojik uçak üretim sektöründe araştırma ve geliştirme harcamaları ile müşteri sadakati ve marka tercihleri, pazara yeni giriş yapacak firmalar için yüksek bir giriş engeli oluşturmaktadır. Fakat belirtmek gerekir ki, rakip sayısının azlığı, rekabetin zayıf olduğu anlamına kesinlikle gelmemektedir. Bu az sayıda rakip arasındaki rekabet çok güçlüdür [13].

Bir firmanın teknolojik seviyesi yükseldikçe rakiplerine küçük bir oranda rekabet üstünlük sağlarken, ürünlerinin yatlarının yükselmesine de neden olmaktadır. Bir üretim programının başarısız olması finansal kayıp getirmesi yönünden risk taşımaktadır [8].

Günümüzde de bu endüstrinin dikey entegrasyona uygun olarak hiyerarşik katmanlar şeklinde organize olduğunu gözlemlemekteyiz. Piramidin tepesinde büyük gibi uçak iskeleti montajcıları (ana yükleniciler ya da OEMler) bulunur. Bu şirketler uçakları ve helikopterleri tasarlarlar, pazar araştırması yaparlar ve alt- montaj malzemelerini 2. katmandan sipariş ederler. Bu 2. seviyede motor sistemleri imalatçıları vardır. Amerikan ve Fransız uçak elektroniği üreticileri de bu 2. katmanda yer alır. 2. katman ayrıca iniş takımı, motor yeri ve hidrolik sistemleri gibi aksamı ve iskelet yapıları imalatçıları da içerir. İniş takımı imalatçıları bu kategoride yer alır. Elektronik aksamın, hidrolik sistemlerin ve uçak gövdesinin kısımlarının üreticilerinin yer aldığı katman 3'de, her segmenti domine eden bir avuç firmanın yer aldığı, küresel seviyede çok konsantre bir üreticiler grubudur. Aşağıda bulunan Şekil 2.1. bu üç katman arasındaki ilişkiyi özetler [14].

Bu piramide bir diğer firma grubu eklenebilir. Havacılık kümelenmeleri daima yüzlerce 2. ve 3. katman şirketleri, bazen de 1. katman şirketleri tarafından monte edilen parçaları ve aksamı teklif eden küçük ve orta ölçekli imalatçıları içerir. Bu firmalar sıklıkla gelirlerinin çoğunu havacılık endüstrisinden alsalar bile, ürünlerini ve hizmetlerini çok sayıdaki diğer endüstri şirketlerine de sunarlar [14].



**Şekil 2.1. Sivil uçak üretim katmanları [14]**



Çoğu büyük havacılık kümelenmesi, parça ve aksam tedarikçisi yüzlerce 4. katman küçük ve orta ölçekli firma tarafından kuşatılan bir veya birkaç OEM'den oluşur. Havacılık kümelerinde bilgi akışı teknoloji bazlıdır ve OEM'ler ile diğer tedarikçileri birbirine bağlayan tedarik zinciri yönetimi üzerine odaklanır [14].

Patentler ve lisanslama, ölçüm metotları olarak yararsızdır; bu şirketler genelde bilimsel yayınlar yapmazlar ve süreçleri sıklıkla patentlerden çok gizlilik yoluyla muhafaza edilir. Tedarik zinciri yönetimi bu endüstride bilgi akışı vasıtasıdır. Bu zincir temel olarak uluslararasıdır. Tedarik zinciri yönetimi teknik spesifikasyonlar, ilgili mühendislik, stratejik mühendislik ittifakları, kalite kontrolü, ürün ortak-geliştirme, tedarikçilerin sertifikasyonu, teslim zamanı, risk-paylaşma, maliyet-paylaşma, üretim hacimleri ve yatları gibi boyutları içerir [15].

Havacılığın esas yüklenicileri hem aksam OEM'leriyle ve hem de tedarikçilerle ürün, süreç ve maliyet bilgilerini mübadele eden bir tedarik zinciri işbirliğine girmişlerdir. Firmalar arası takımlar ve tedarikçileri hedefleyen OEM eğitim programları, bilgiyi bir organizasyondan diğerine, sınırlar ötesine ve bölgeler ötesine transfer etme yönünde başlıca mekanizmalardır. Sektörde rekabetçiliği pekiştiren güç ise devlettir. Devlet uçak üreticilerini araştırma, tasarım ve üretimde desteklemekte ve tartışmalı ve eleştirilen bir konu olsa da, bir şekilde sübvansiyon almaktadır. İki dev uçak şirketi olan Boeing ve Airbus birbirlerini devletten sübvansiyon almakla suçlamaktadır. Brüksel Boeing'i ABD'den yaklaşık 24 milyar dolar devlet yardımı almakla suçlarken, ABD de AB'nin Airbus'a 15 milyar dolar yardımda bulunduğunu söylemektedir. Bunun yanı sıra devlet uçakları taşımacılıkta ve askeri amaçlı kullanmaktadır. Koyduğu kurallarla da gürültü seviyesini kontrol etmektedir [15].

Sivil havacılık sektörünün en büyük oyuncusu, Amerikan firması Boeing'dir. En büyük rakibi bir Avrupa konsorsiyumu olan Airbus'tır. Dünya'nın en büyük küçük jet üreticisi ve üçüncü büyük oyuncu Kanada'daki Bombardier'dir. Brezilya'daki Embraer ise dünyadaki en büyük dördüncü sivil uçak üreticisi konumundadır [16].

## **2.4 TÜRK UÇAK ÜRETİMİNİN GENEL YAPISI**

Türkiye'de ilk sivil havacılık çalışmaları 1912 yılında, bugünkü Atatürk Havalimanının

hemen yakınındaki Sefaköy’de, tesis olarak iki hangar ve küçük bir meydanda başlamıştır. 1925 yılında daha sonra Türk Hava Kurumu adını alacak olan Türk Tayyare Cemiyeti’nin kurulması ile Türk havacılığının kurumsal temelleri atılmıştır. Türkiye Cumhuriyeti’nin 10. yılında Milli Savunma Bakanlığına bağlı olarak Havayolları Devlet İdare İşletmesi kurulmuştur. Bu işletme Türkiye’de sivil havayolu işletmeleri kurmak, bu yollarla taşıma yapmak üzere devlet tarafından yetkilendirilmiştir. Bu kurum bugün var olan Türk Hava Yolları A.O.’nun da ilk yapı taşlarını oluşturmuştur [17].

Bu dönemde özel teşebbüsler de başlamış ve Nuri Demirağ, 1935 yılında, İstanbul Beşiktaş’ta Uçak fabrikasını, Sivas Divriği’de Uçak ve Motor fabrikası ile Gök Okulunu, İstanbul Yeşilköy’de Havaalanı ve Gök Okulunu kurmuştur. 1940’lı yılların ortalarında Türkiye; devlet ve özel sektör olarak Avrupa’nın 4. büyük hava endüstrisine sahip olmuştur. Kayseri ve Etimesgut/ Ankara fabrikalarında Türk Hava Kurumu uçak ve motor imal ederken, Nuri Demirağ ilk Türk tipi yolcu uçağını yapmıştır. Nu/D-38 tipi madeni yolcu uçağı 1938 yılında Avrupa A Klası yolcu uçakları kategorisinde 1. seçilmiştir [18-20].

Türkiye’de sivil havacılığın asıl gelişimi 2. Dünya Savaşı’ndan sonra başlamıştır. Bu dönemde hem uçakların modernleştirilmesine hem de yeni havalimanlarının yapımına ağırlık verilmiştir. 1949 yılında, Bayındırlık Bakanlığı’na bağlı Hava Meydanları Bürosu kurulmuştur. 1956 yılında çıkarılan bir yasa ile Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMI) kurularak havalimanlarının işletilmesi ve uçuş güvenliğinin sağlanması bu kuruluşa bırakılmıştır [18-20].

1950’li yılların başında Türk Sivil Havacılığında yaşanan gelişim hamlelerinin birdenbire durakladığı görülmüştür. 1954 yılında, uluslararası havacılık kurallarına uyum sağlanması ve Türkiye’de sivil havacılık faaliyetlerinin düzenlenmesi ve denetlenmesi amacıyla Sivil Havacılık Dairesi Başkanlığı kurulmuştur. 1956 yılında yeniden yapılanan Türk Hava Yolları ülkenin tek ticari taşıyıcısı olarak faaliyetlerini sürdürmeye devam etmiştir [19].

1948-1952 yılları arasında A.B.D. hükümetinin, Marshall Planı adı altında, Türkiye’ye uyguladığı ekonomik yardım çerçevesinde uçak ve motor vermesi THK’nın uçak ve motor fabrikalarının üretim faaliyetlerini sekteye uğratmıştır. Motor fabrikası 1955 yılında traktör üretimine geçerek bugünkü Türk Traktör Fabrikası haline getirilmiştir. Uçak fabrikasında ise

1959 yılında üretim durdurularak 1965 yılına kadar bakım ve tamir işlerine devam edilmiş, 1964'den sonra traktör üretimine başlanmıştır [19].

1958-1983 yılları arasında Türk Sivil havacılığı incelendiğinde ülkede F-27, Viscount, DC-9, DC-10, B707, B727 tipi uçaklardan oluşan bir filoya sahip, ulusal ve uluslararası hatlarda ülkenin tek havayolu taşıyıcısı olan THY hizmet sunmaktaydı. Bu sektörde hem THY hem de yabancı havayolu işletmelerine yer ve ikram hizmeti vermek amacıyla 1958 yılında, devlet tarafından Hava Hizmetleri A.Ş. ve özel teşebbüs tarafından aynı yıl Çelebi Hava Servisi A.Ş. kurulmuştur. Havaş yer hizmetleri sektöründe faaliyet gösterirken, şirketin ikram bölümü 1987 yılında USAŞ adı altında ayrılarak özelleştirilmiştir [19].

Özellikle 1980'lerin 2. yarısından itibaren belirgin bir gelişme gözlemlenmektedir. 1983 yılında yürürlüğe giren 2920 sayılı Türk Sivil Havacılık Kanunu ile özel sektöre de havaalanı ve havayolu işletmeciliği haklarının verilmesiyle, sivil havacılık sektöründe gelişim belirgin bir şekilde hızlanmıştır. Bu dönemde THY'nin bir modernizasyon ve standardizasyon programı çerçevesinde filosunu geliştirmeye başladığı, hizmet standartlarını yükseltme çabasına girdiği ve yurtiçi hatlardan ziyade ekonomik açıdan avantajlı dış hatlara yönelmekte olduğu görülmektedir [18-20].

Aynı dönemde özel sektör havayollarının sayılarında, filo kapasitelerinde ve sektörden aldıkları payda önemli artışlar gözlenmiştir. Ancak, işletme sermayesi sıkıntısı, nispeten yaşlı uçaklarla operasyon yapma dezavantajı, bakım- onarım ve diğer alt yapı imkânlarının yetersizliği, faaliyetlerinin her kademesinde kalifiye personel temininde karşılaşılan güçlükler, sektörün yeteri kadar desteklenmemesi gibi sorunlarla karşılaşan özel havayollarının bir kısmı iflas ederek sektördeki faaliyetlerine son vermişlerdir [18-20].

Havaalanı yatırımlarının 80'li yılların sonunda ve 90'lı yılların başında yeni konvansiyonel havaalanı yapımından daha ziyade mevcutların standartlarının geliştirilmesi üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu arada hava trafik kontrol, haberleşme, seyrüsefer hizmetleri, yer hizmetleri ve benzeri hizmetlerin kalite ve güvenilirliğini arttırmaya yönelik yatırımlar sürdürülmüştür. 1980'lerin sonunda muhtelif yörelere mahalli idarelerin de katkılarıyla STOL (Short Distance Take-off and Landing) tipte küçük havaalanları yapılmaya başlatılmış ve askeri havaalanlarının sivil hava ulaşımına da açılması için Genel Kurmay Başkanlığı ile

Ulaştırma Bakanlığı arasında 19 Kasım 1986 tarihinde bir protokol imzalanmıştır.

DHMİ Genel Müdürlüğü tarafından uygulamaya konulan havaalanları ve terminal tesislerinin Yap-İşlet-Devret (YİD) modeli kapsamında yaptırılması ve işletilmesi ile kiralama yöntemini uygulayarak özel hukuk tüzel kişilerine devretme şekli de, havaalanlarının ve terminal tesislerinin gelişimi açısından önemli bir itici güç olmaktadır. 2003 yılından itibaren Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı tarafından özellikle iç hat uçuşlarını artırmak amacıyla geliştirilen politikalar sonucu, iç hatlarda çok merkezli çapraz uçuşların başlatılmasıyla birlikte uçuş ve yolcu sayılarında önemli düzeyde artış sağlanmıştır [19].

Türkiye’de 2002 yılında toplam 532 531 olan havayolu trafiği, 2011 yılına kadar %150 büyüyerek 1.331.835’a ulaşmıştır; yolcu trafiği ise 117 milyonu aşmıştır. Son 8 yıl içinde yıllık ortalama büyüme; uçak trafiği için %19, yolcu trafiği için %30’dur. 2011 yılında toplam uçak trafiğinin 581 271’si (%43,64 pay ile) iç hat uçuşlardan, 460 218’i (%34,56 pay ile) dış hat uçuşlardan ve 290 346’ı de (%21,80 pay ile) üstgeçişlerden (over flight) oluşmaktadır [20].

2011 yılında dış hat yolcu trafiği 59 018 milyon ile toplam yolcu trafiğine oranla %50,29 paya sahip iken iç hat yolcu trafiği 58 329 milyon ile %49,71 paya sahiptir. 2002’de iç hat yolcu trafiğinin payı %25,84’ten önemli derecede artarak 2011 yılında %49,71’e ulaşmıştır [20].

1984 yılında Ankara’da kurulan uçak üretim tesisi, 1 600’ü mühendis toplam 4 000 personel ile askeri ve sivil uçak-helikopter, insansız hava araçları ve uydu tasarım, montaj, modernizasyon, aviyonik entegrasyon ve parça/komponent dâhil geliştirme, üretim ve entegre lojistik destek faaliyetlerinde önemli bir konumda yer almaktadır. Özgün geliştirme projelerinin yanı sıra, başta dünyanın önde gelen havacılık firmalarıyla, bir kısmında tek kaynak olmak üzere askeri-sivil ortak üretim projeleri içinde bulunmaktadır.

Motor ve ilgili aksamı konusunda da 1985 yılında Eskişehir’de yerleşik olarak kurulan uçak motoru üretim fabrikası, parça ve modül üretimi, motor montaj ve test, bakım onarım ve revizyon, servisler ve motor tasarım ve geliştirme alanlarında faaliyet göstermektedir [21].

#### 2.4.1 Türkiye’de Sivil Uçak Üretimi

Havacılık endüstrisindeki hızlı gelişmelere paralel olarak, hava araçlarının ve ekipmanlarının imalatı, bakımı, onarımı, modifikasyonu ve sistem entegrasyonu konularında çok büyük ilerlemeler kaydedilmiştir. Havayolu şirketlerinin işletme giderlerinin %10 civarında bir kısmını bakım giderlerinin oluşturduğu bilinmektedir. 1990 yılı başlarında 20 milyar dolar olan havacılık bakım onarım hizmet pazarının, 2015 yılında 70 milyar dolara ulaşacağı ön görülmektedir. Bu pazarın her yıl yaklaşık %5 büyümeye devam edeceği tahmin edilmektedir. Dünyada bakım pazarı dağılımı; Orta ve Güney Amerika %7, Afrika ve Orta Doğu %10, Asya %17, Avrupa %21 ve Kuzey Amerika’da %45 olarak gerçekleşmektedir. Dünya bakım pazarının %36’sının Türkiye’ye yaklaşık 3,5 saat uçuş mesafesinde yaklaşık yılda 15-18 milyar dolarlık bir pazar, Türkiye’nin uçak bakım, onarım ve yenileme hizmetleri konusunda bölgesel bir güç olmasının önemini artırmaktadır. 2025 yılına kadar küresel havayolu trafiğinin yıllık ortalama %6 oranında artacağı, dünyadaki ve bölgemizdeki uçak sayısındaki artışa paralel olarak bakım, onarım ve hava aracı imalatı pazarı da bu oranda büyüyeceği beklenmektedir [22].

Son yıllarda coğrafi konumu ve düşük maliyetleri, Türkiye’yi dünyadaki en çok tercih edilen uçak bakım ve onarım merkezi haline getirmiştir. Türkiye bölgede en ileri gelen uçak bakım ve onarım merkezlerinden biri olmayı hedeflemektedir. Türkiye’nin en büyük üstünlüğü, işçiliğin Avrupa’dan %30 daha ucuz olması, ayrıca lokasyon olarak Rusya’ya, Kafkaslara ve Orta Doğu’ya yakın olmasıdır. Sektördeki ana oyuncular tarafından 2006 yılında kurulan hangar işletme firması, Atatürk havalimanında yönetimi tümüyle Türk teknikerlerinden oluşan iki hangarı bulunmaktadır. 3.000 nitelikli çalışanı ile Avrupa, Orta Doğu, Kuzey Afrika, Türkiye ve Bağımsız Devletler Topluluğu’na hizmet etmek üzere İstanbul’da faaliyet göstermektedir [22].

Türk havacılık endüstrisi, uçak sistemlerini üreterek birbirine entegre etmektedir. Bunun yanında eğitim ve danışmanlık hizmetleri de vermektedir. Verdiği temel hizmetler üretim ve tasarım, programlama, metal ve diğer parçaların üretimi, elektrik devrelerinin oluşturulması ile bakım ve onarım hizmetlerini kapsamaktadır [22].

## **2.4.2 Türk Sivil Havacılık Sektörel Kümelenmeleri**

Türk sivil havacılık sektörüne yönelik gelişmiş kümelenmeler bulunmamakla birlikte, kümelenmelerin nüvesini oluşturan faaliyetler bazı bölgelerde gerçekleştirilmektedir [1].

### **2.4.2.1 Eskişehir Havacılık ve Savunma Kümelenmesi**

Eskişehir, Cumhuriyet'in kurulmasından itibaren, 1926'da uçak fabrikasının burada kurulmasıyla başlayan havacılık ve savunma sanayiinin olduğu ve geliştiği bir bölge olma konumunu, geliştirerek sürdürmektedir. Özel (ulusal ve uluslararası) sektörün 1986'da başlayan havacılık yatırımları bu süreci desteklemektedir. Yine aynı yıl kurulan Eskişehir Havacılık Okulu, bu gelişimin bir diğer ayağını oluşturmaktadır [1].

Kuruluş çalışmaları Eskişehir Sanayi Odası (ESO) tarafından 2007'de başlatılan Eskişehir Havacılık Kümesi, 2011 Mart ayında kuruldu. Yakınında eski bir havaalanının da bulunduğu 5 milyon metrekarelik bir alanda kurulan bu bölgede, kentteki havacılık sektöründeki ana ve yan sanayi firmaların bir arada üretim yapmaları amaçlanmaktadır [1].

### **2.4.2.2 İzmir Havacılık ve Uzay Kümelenmesi**

Ege Serbest Bölgesi ve İşleticisi A.Ş. (ESBAŞ) ve Ege Ekonomiyi Geliştirme Vakfı (EGEV) öncülüğünde 2007 yılında başlayan İzmir Havacılık ve Uzay Kümelenmesi girişiminin temel amacı İzmir'i havacılık sektörünün küresel tedarikçisi yapacak şekilde havacılık endüstrisinin dünya çapındaki kuruluşlarının ulusal kuruluşlarla işbirliği yapabilecekleri bir platformun oluşturulması şeklinde belirlenmiştir [1].

### **2.4.2.3 OSTİM Savunma ve Havacılık Yan Sanayi Kümelenmesi**

Ankara'daki OSTİM Organize Sanayi Bölgesi içerisinde savunma ve havacılık sektörüne mal ya da hizmet üreten KOBİ'ler tarafından 01 Temmuz 2008 tarihinde kurulmuştur. Küme, Ostim Organize Sanayi Bölgesi ve civarında savunma sanayinde faaliyet gösteren KOBİ'lerden oluşmaktadır. Küme üyesi firmalarda, cirosunun önemli bir bölümünün savunma sanayiinden gelmesi kriterleri aranmaktadır. Savunma Sanayi Müsteşarlığı,

Ekonomi Bakanlığı, Ankara Sanayi Odası, SASAD, OSTİM, KOSGEB, TTGV, TÜBİTAK, ODEM, Metutech ve THK Üniversitesi gibi destekleyici kuruluşları ile her geçen gün daha da güçlenen OSSA, Savunma Sanayinin yerileştirilmesine yönelik çalışmaları desteklemek ve Türk Savunma Sanayinin uluslararası pazardaki rekabet gücünü arttırmak adına üyesi olan 158 nitelikli KOBİ ve 7.475'den fazla personel kapasitesi ile var gücüyle faaliyetlerine devam etmektedir [23].

## **2.5 YERLİ ÜRETİCİLERDE KÜMELENME VE YAN SANAYİ KULLANIMI**

Bugün itibariyle yerli üreticilerde yararlanılan temel dış kaynak kullanım alanları aşağıda özetlenmiştir [24];

- Metalik Detay Parça İmalatı (Yardımcı Sanayinin ISO 9001 ya da AS9100 gibi akredite bir kuruluştan sertifikalandırılmış bir kalite sistemine sahip olması beklenir)
- Montaj ve İmalat Takımları (Yardımcı Sanayinin ISO 9001 ya da AS9100 gibi akredite bir kuruluştan sertifikalandırılmış bir kalite sistemine sahip olması beklenir)
- Alt Montaj (Yardımcı Sanayinin ISO 9001 yada AS9100 gibi akredite bir kuruluştan sertifikalandırılmış bir kalite sistemine sahip olmasının yanı sıra alt montaj için gerekli özel işlemlerin sertifikalandırılmış, eğitimlerin de tamamlanmış olması beklenir)
- Kompozit Detay Parça (Yardımcı Sanayinin ISO 9001 yada AS9100 gibi akredite bir kuruluştan sertifikalandırılmış bir kalite sisteme sahip olmasının yanı sıra Kompozit İmalatı için gerekli özel işlemlerin sertifikalandırılmış, eğitimlerin de tamamlanmış olması beklenir)
- Kablo Donanımı (Yardımcı Sanayinin ISO 9001 yada AS9100 gibi akredite bir kuruluştan sertifikalandırılmış bir kalite sistemine sahip olmasının yanı sıra Kablo donanım imalatı için gerekli özel işlemlerin sertifikalandırılmış, eğitimlerin de tamamlanmış olması beklenir)
- Kimyasal Yüzey İşlemleri (Yardımcı Sanayinin ISO 9001 yada AS9100 gibi akredite bir kuruluştan sertifikalandırılmış bir kalite sistemine sahip olmasının yanı sıra Kimyasal yüzey işlemleri için gerekli özel işlemlerin sertifikalandırılmış, eğitimlerin de tamamlanmış olması beklenir)
- Yapısal Tasarım ve Analiz Hizmetleri

Bugün itibariyle Türkiye yardımcı sanayi hava araçlarında ihtiyaç duyulacak bütün talaşlı imalat işlerini gerçekleştirecek kabiliyet ve kapasiteye sahiptir. İstatistiksel olarak açıklamak gerekirse; 2011 sonuçlarına göre, yerli üreticilerde, talaşlı imalat, takım imalat, alt montaj, kablo donanımı ve yüzey kaplama işlemleri gibi alanlarda maliyet ve verimlilik avantajı sağlayarak 1 280 000 saatlik işi yardımcı sanayi marifeti ile gerçekleştirmiştir. Buna ilaveten kompozit imalat, sac levha şekillendirme ve alt montaj işlerinde de 2011'den itibaren sertifikasyon çalışmalarına başlanmıştır [24].

Detay parça imalatını gerçekleştiren firmanın zaman içinde yüzey temizleme, koruma, kaplama varsa ısıl işlem, tahribatsız muayene ve astar boya işlemlerini yapmaya ya da tedarik zincirini kullanarak ana yüklenici onaylı kaynaklarda yaptırmaya muktedir olması beklenir. Devamında üretimini gerçekleştirdiği parçalara ait ham malzemeyi de tedarik edecek bir altyapı ve organizasyona sahip olması istenir [24].

Alt montaj imalatına geçecek bir yardımcı sanayinin öncelikle imalatını gerçekleştirdiği detay parçalarda %100 kaliteyi sağlamış ve zaman içinde imalatını gerçekleştirdiği parçaların kalite muayenelerini yapabilme kabiliyetini geliştirmiş olması beklenir. Savunma ve havacılık sektörlerinde sanayileşme ve sanayi kabiliyetlerini Yardımcı Sanayide geliştirmek için öncelikle istekli firmalara sektör gerekleri konusunda bilgi vermek ve gerekli eğitimlerinin sağlanması gerekmektedir. Ana Sanayiler ilave yatırım ve işgücü istihdamı yapmaksızın Yardımcı Sanayinin kapasite ve kabiliyetlerini kullanım hacmini arttırarak birlikte büyümeyi hedeflemektedir [24].

## **2.6 BOYAMA İŞLEMİ**

### **2.6.1 Boyahane Kısım ve Ekipmanlar**

Boyahane boyamanın yapıldığı kapalı ortamdır. Çalışma ortamı için, işin gereği boya, vernik, tiner, zımpara gibi malzemelerin kokusu ve atıkları ile yüklüdür. İş ayakta yapıldığından oldukça zahmetlidir ve dikkat gerektirir [25].

Bir boyahanede, spreyci odası, boya hazırlama odası, zımpara bölümü, astar bölümü ve son kat boyama bölümü vardır ve yüzeyleri hazırlama, astarlama, dolgu işlemleri, boyama ve kurutma



sırasıyla yapılır. Boyahanenin kısımlarının kendine has ekipmanları mevcuttur [25].

### 2.6.1.1 Boya Kabini

Boya kabinleri farklı büyüklüklerde olabilen, boya veya verniğin püskürtüldüğü kabinlerdir. Saç veya paslanmaz çelikten üretilmiş olup, Küçük ve orta büyüklükte parçaları boyanır. İki yönlü havalandırma sisteminin bağlı olduğu kabinin iç yüzeyi sökülebilen filtre perde ile kaplıdır. Daha çok boya fabrikalarının, kalite kontrol laboratuvarlarında üretilen boyaların uygulama şartlarının denendiği ve test panellerinin boyandığı kabinlerdir. Resim 2.1.'de örnek bir yağ boya kabini gösterilmiştir. Bu spreycabinlerinde boyaların uygulama standartları da belirlenir ve ürün uygulama bilgileri olarak ambalajlandıkları kutulara yazılır [25].



Resim 2.1. Yağ boya kabini [25]

### 2.6.1.2 Renk Karıştırma ve Boya Hazırlama

Boyanın uygulamaya hazır hale getirildiği bölümdür. Uygulanacak olan zemine ve boya çeşidine göre boya hazırlama bölümleri kısmen özelleşir. Örneğin bir oto boya atölyesinde otomobil markalarının ve modellerinin çokluğu, sık sık değişmesi nedeniyle hazır kutu

renkleri ile boyama yapmak yerine, ana renkleri (komponentleri) kullanarak binlerce rengin yapılabildiği karıştırıcı sistemler tercih edilmektedir. Renklerin hazırlanması için geliştirilen ve her renk tonunu elde etmeye yarayan makinelerdir. Renk ile ilgili formüller otomobil markalarına göre diskete işlenmiştir ve bilgisayar yardımıyla istenilen otomobil boyasının formülü bulunur. Boya kartelâlarından da renk belirlenebilir. Makine çalıştırılarak boyaların karıştırılması sağlanır [25].

### **2.6.1.3 Boya Fırını**

Boya fırını boya uygulamak için iyi havalandırması olan tozsuz ortamın sağlandığı kapalı bir kabindir. Boya kabinlerinin temel özelliği, bir fan vasıtasıyla dışarıdan alınan havanın ısıtma ünitesinden geçerek termostat üzerinde ayarlanan sıcaklığa göre, üst taraftan kabinin içine girmesi ve kabinin tavanından havanın aşağıya inmesidir. Alt taraftan bir fan vasıtasıyla emilen hava ise dışarı atılır. Dışarıdan alınan hava bir ön filtreden geçerek kaba tozlarını burada bırakır. Kabinin içine girerken tavanda bulunan filtrelerde de kalan tozlar yutulur ve kabinin içine temiz hava gelir. Boya uygulanırken boya tozları ile kirlenen hava kabininin altından çıkarken burada bulunan filtrelerde boya tozlarını tutar ve temiz hava dışarı atılır. Bu üç çeşit filtrenin (ön filtre, tavan filtresi, taban filtresi) kirlendiği zaman değiştirilmezse kabin içine yeterli hava giremez veya kabin içine giren hava dışarı çıkamaz. Dolayısıyla boyanın üzerine yapışarak tozlanmaya sebep olur [25].

Isıtma işlemi brülör vasıtasıyla yapılır. Elektronik kumanda panosundan istenilen sıcaklık ve kuruma zamanı ayarlanır. Çeşitli ölçülerde ve tipte boya kabinleri mevcuttur. Bazı boya kabinlerinde çift kabin bulunur; Birinci kabinde boya uygulanır aradaki kapı açılarak ikinci kabinde kurutma işlemi yapılır [25].

### **2.6.2 Boyanan Ekipmanlar**

Havacılık sektöründe bu çalışma kapsamında boyama uygulamasının yapıldığı parçalar, uçak gövdesini oluşturan iskelet, eklem parçaları, şeritler veya rudder, flap gibi hareketli parçalar olmaktadır. Resim 2.2.'de boyanmak üzere hazırlanmış uçak parçaları görülmektedir.



**Resim 2.2. Boya sırası bekleyen uçak parçaları**

Ayrıca Resim 2.3.'te gösterilmiş olan kompozit helikopter parçaları da işletmelerde bulunan boya fırınlarında boyama işlemi görmektedirler.



**Resim 2.3. Boyanan kompozit helikopter parçaları**

## **2.7 TAHRİBATSIZ MUAYENE**

Bir malzemenin yapısal bütünlüğünün bozulmasının nedeni, süreksizlik olarak tanımlanır. Tabakalaşmalar, çatlaklar, dövme katlanmaları, dikişler, yabancı madde kalıntıları ve gözenekler bunların başlıcalarıdır. Malzemede bulunan süreksizliklerin belirlenmesi, parçanın

ömrü ve işlevi için önemlidir. Tahribatsız muayene maksimum güvenirliliği sağlamak için üretimin değişik safhalarında ürünün herhangi bir hasara yol açmadan test edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Arızalı parçaları üretim ve servis aşamalarında mümkün olan en erken safhada keşfetmek gerekir. Bu yaklaşımla en düşük maliyetle en yüksek güvenirliliğin temin edilmesi için üretim ve servis aşamalarında test prosedürlerinin oluşturulması gerekmektedir. Tahribatsız muayene yöntemlerinin gelişen teknolojiye önemi büyüktür [26].

Tahribatsız Muayene (Non Destructive Testing - NDT) yöntemleri, en basit tanımıyla, malzemenin yapısal bütünlüğüne zarar vermeden yapılan test ve kontrollerdir. Parçanın yapısına zarar vermeden yapılan muayene türleridir. İncelenecek parçayı tahrip etmeden, gerek yüzeyde, gerekse içyapıda ki süreksizliklerin belirlenmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır. İmalat esnasında, imalat sonrasında, ürünün kullanımı esnasında ve araştırma geliştirme faaliyetlerinde test amaçlı kullanılmaktadır. Bütün bu kullanım alanları sayesinde tahribatsız muayene yöntemleri sürekli gelişmekte olan vazgeçilmez bir kontrol aracıdır [27].

Tahribatsız muayene ile parçanın bir benzeri değil, kendisi muayene olur. Böylece daha güvenilir sonuçlar elde edilir ve tahribatlı muayenedeki numune alma problemi ve alınan numunenin bütün kütleyi ne derece temsil ettiği tereddütü ortadan kalkar. Parçanın farklı özelliklerine ve bölgelerine hassas birçok tahribatsız muayene aynı anda veya sırasıyla uygulanabilir [28].

Tahribatsız muayenede özellikle hata bulunduktan sonra bu hatanın tiplerinin belirlenmesi için referans standartlar geliştirilmiş ve tanım olayları daha gerçeğe yaklaştırılmıştır. Kırılma mekaniği kavramlarına göre dizayn için tahribatsız muayenelerle bulunabilecek hata limitlerini en düşük seviyeye çekebilecek yöntemler bulunmaktadır. Bulunan hatalar için kabul ret kriterleri oluşturulmaya çalışılır [28].

Tahribatsız muayene yöntemleri çeşitli fiziksel prensiplerle, farklı şekillerde uygulanır. Seçilecek yöntem, incelenen malzemenin cinsine ve aranan hata türüne göre belirlenir. Her bir yöntemin diğerine göre üstün tarafları olup, genellikle birbirlerinin tamamlayıcısı durumundadırlar [28].

Tahribatsız muayenede uygulanan yöntemler sırasıyla şu şekilde sıralanabilir:

1. Görsel yöntemler ile muayene
2. Sıvı emdirme (penetrant sıvısı) ile muayene
3. Manyetik parçacık ile muayene
4. Girdap akımları (eddy akımı) ile muayene
5. Ultrasonik muayene
6. Radyografik (röntgen) ışınları ile muayene [28]

### **2.7.1 Sıvı Emdirme (Penetrant Sıvısı) ile Muayene**

Penetrant (sıvı girinim) kontrolü, özel sıvılar yardımıyla malzeme yüzeyindeki devamlılık içerisinde, kesintileri saptamak için kullanılan tahribatsız muayene yöntemlerinden biridir. Bu yöntem salt bir yüzey hataları belirleme yöntemi olup, görülemeyen hataların çıplak gözle tanınmasına olanak verir. Ancak yöntemin kullanılabilmesi iki ön şarta bağlıdır [28].

1- Hata yüzeyden başlamalı ve hatanın ağzı penetrant sıvının nüfuz etmesine olanak verecek şekilde açık olmalıdır. Hatanın içinin dolu olması (pislik, boya vb.) veya yüzey kaplama işlemleri uygulanmış (örneğin galvanizleme vb.) parçalar hakkında bilgi almak olası değildir.

2- Muayene edilecek parçanın malzemesinin kullanılacak muayene sıvısına dayanıklı, yani korozif bir hasarın söz konusu olmaması gerekir.

Bu iki ön şartın yanı sıra muayene edilecek malzemenin poroz olması da kısmen muayeneyi sınırlayıcı niteliktedir. Sıvı penetrant yöntemi tipik yüzey hataları olarak sayılabilecek çatlakların, porların, birleşme hatalarının, katmerlerin veya katlanmaların belirlenmesine uygundur. Ancak sıvı penetrant yöntemi özellikle manyetik olmayan ostenitik çeliklerin, alüminyum alaşımlarının ve titanyum malzemelerin kontrolünde özel anlam taşır [28].



**Şekil 2.2. Penetrant uygulanması [28]**

Sıvı Penetrant Yöntemi, aşırı derecede gözenekler içermeyen her metalik malzeme (alüminyum, magnezyum, titanyum, demir, bakır, pirinç, bronz vb.) ve metalik olmayan malzemelere (seramik, cam, plastik vb.) uygulanarak Şekil 2.2’de örnek gösterilen çok küçük kılcal çatlakları açığa çıkarmak için kullanılır. Penetrant sıvı yöntemi ile sadece yüzeye açık süreksizlikler belirlenebilir. Bu sebeple penetrant süreksizliğe nüfus etmek zorundadır. Kontrol işlemi çeşitli aşamalardan oluşmaktadır ve bu aşamaların dikkatle uygulanması gerekmektedir [28].

## 2.8 TALAŞLI İMALAT İŞLEMİ

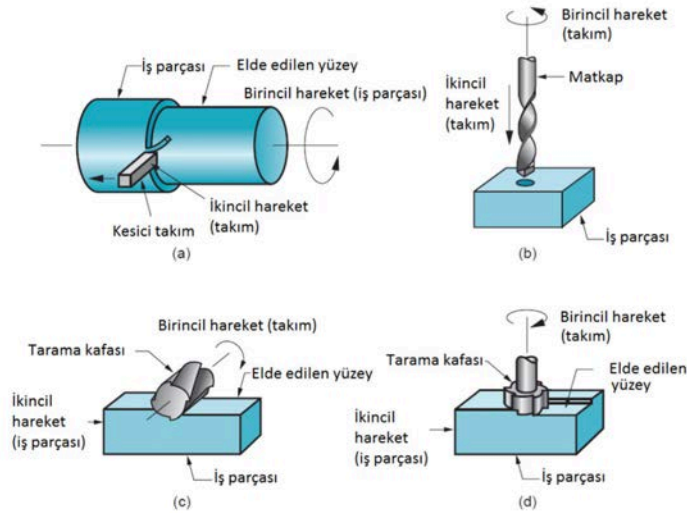
Talaş kaldırma yöntemleri, nihai parça geometrisini elde etmek için bir başlangıç iş parçası üzerinden fazla malzemenin kaldırılması operasyonlarını içeren şekillendirme grubudur. Bu grubun en önemli dalı, istenen geometriyi elde etmek için malzemenin mekanik olarak kesilmesinde kesici takımların kullanıldığı geleneksel talaşlı imalattır. Üç temel geleneksel talaşlı imalat yöntemi vardır. Bunlar; tornalama, matkap ile delik delme ve frezelemedir [29].

Talaşlı imalat, istenilen parça şeklini elde etmek için iş parçası üzerinden kesici takım vasıtasıyla istenilmeyen malzeme kısmının uzaklaştırıldığı bir imalat yöntemidir. Talaşlı imalatta etkin olan kesme işlemi, talaş oluşturmak için iş parçasında kayma deformasyonunu gerektirir. Böylece talaş kaldırılırken yeni yüzey ortaya çıkar. Talaşlı imalat metal şekillendirmede sıklıkla kullanılır. Yöntem aşağıdaki şekilde tasvir edilmektedir [29].

Talaşlı imalat birçok farklı operasyonlardan meydana gelir. Temel özelliği, kesici takım kullanarak iş parçası üzerinden talaş kaldırılmasıdır. Bu operasyonu gerçekleştirmek için takım ile iş parçası arasında izafi bir hareket oluşturmak gerekir. Bu izafi hareket birçok talaşlı imalat yönteminde kesme hızı olarak adlandırılan birincil hareket ve ilerleme olarak

adlandırılan ikincil hareketle sağlanır. Bu iki hareketle ve kesici takımın şekliyle istenilen parça geometrisi oluşturulur [29].

Şekil 2.3.'de gösterilen tornalama, delik delme ve frezeleme üç genel talaşlı imalat yöntemidir. Tornalama yönteminde, silindirik şekil oluşturmak için tek kesme kenarlı kesici takımla dönmekte olan iş parçası üzerinden talaş kaldırılır. Tornalamada birincil hareket dönmekte olan iş parçası tarafından, ikincil hareket ise iş parçasının dönme eksenine paralel doğrultuda yavaşça hareket eden kesici takım tarafından sağlanır. Matkap ile delik delme yöntemi yuvarlak kesitli bir delik oluşturmak için kullanılır. Bu operasyon genellikle iki kesme kenarlı dönmekte olan kesici takım ile sağlanır. Kesici takım, dönme eksenine doğrultusunda, iş parçasına doğru hareket ettirilerek dairesel kesitli bir delik oluşturulur. Frezeleme yönteminde, birden çok kesici kenarı bulunan dönmekte olan takım, iş parçası üzerinde hareket ettirilerek, düzlem oluşturur. İlerleme hareketinin doğrultusu kesici takımın dönme eksenine diktir. Birincil hareket olan kesme hızı dönmekte olan tarama kafası ile sağlanır. Frezelemenin iki temel çeşidi vardır. Bunlar; yüzey frezeleme ve yanal frezelemedir [29].



**Şekil 2.3. Üç temel talaşlı imalat yöntemi: (a) tornalama, (b) matkap ile delik delme ve iki farklı frezeleme yöntemi: (c) yanal frezeleme ve (d) yüzey frezeleme [29]**

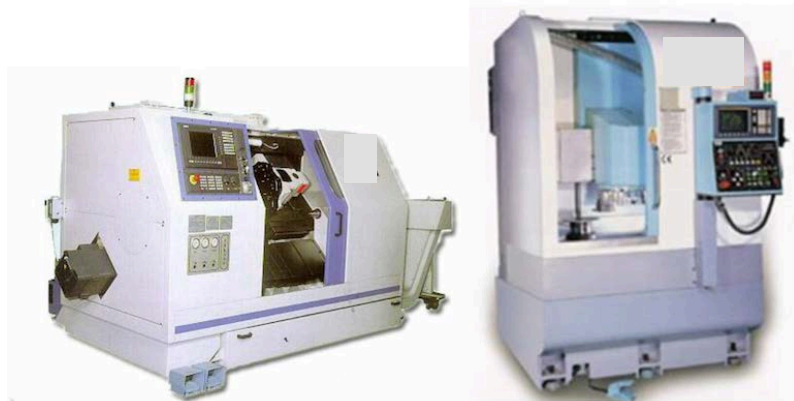
## 2.8.1 CNC (Bilgisayar Yardımı İle Sayısal Kontrol) Tezgahları

Bir CNC tezgah denince; o tezgahın çalıştırılmasının, durdurulmasının, takım hareketlerinin, takımların değiştirilmesinin, eksen hareketlerinin ve buna benzer tezgahın çalışması ile ilgili bütün işlerin manuel (el ile) değil de bilgisayarda ki bir kontrol ünitesi sayesinde otomatik olarak kontrol edildiği tezgah ifade edilir. Kontrol ünitesinde ki programda tezgahların hareketlerini kontrol etmek için harfler ve sayılardan oluşan komutlar kullanılır (G ve M kodları) [29].

### 2.8.1.1 CNC Tezgah Çeşitleri

#### 2.8.1.1.1 CNC Torna tezgahı

Bilgisayar desteği ile çalışan torna tezgahları CNC torna tezgahı diye adlandırılmaktadır. Cnc torna tezgahlarında temelde 2 eksen bulunmaktadır. Çapta ilerlemeyi sağlayan eksen “X eksen” ve boyda ilerlemeyi sağlayan eksene “Z eksen” denir. CNC torna tezgahları yatay ve dikey olarak imal edilirler. Aynanın dönme eksenine yere paralel ise “Yatay CNC Torna”, yere dik ise “Dik CNC Torna” tezgahı denir. Yatay ve Dik CNC Torna tezgahları Resim 2.4.’de gösterilmiştir [29].



**Resim 2.4. Yatay ve dikey CNC torna tezgahları [29]**



### 2.8.1.1.2 CNC Freze Tezgahı

Temel X,Y,Z eksen hareketleri ile prizmatik parçaların üretiminde kullanılan, bilgisayar desteği ile çalışan tezgahlardır. CNC freze tezgahları dikey ve yatay olacak şekilde iki türdür. Dikey freze tezgahlarında iş parçasının bağlı olduğu tezgah tablası X ekseninde boyuna, Y ekseninde enine ve kesici takımın bağlı olduğu iş mili Z ekseninde dikine hareket eder. Yatay CNC freze tezgahlarında iş parçasının bağlı olduğu tezgah tablası X ekseninde boyuna, kesici takımın bağlı olduğu iş mili Y ekseninde yukarı-aşağı ve Z ekseninde ileri-geri hareket eder. Dik CNC freze tezgahlarına “Dik işleme merkezi” ve Yatay CNC freze tezgahlarına “Yatay işleme merkezi” denir. Bu tezgahlar aşağıdaki Resim 2.5.’te gösterilmiştir [29].



Dik İşleme Merkezi

Yatay İşleme Merkezi

**Resim 2.5. CNC freze tezgahları [29]**

### 2.8.1.1.3 Diğer CNC Tezgaları

CNC sisteminin uygulandığı, sanayide kullanılan diğer tel erozyon, dalma erozyon, düzelem yüzey taşlama, silindirik taşlama, lazer kesim ve abkant tezgahlar aşağıda bulunan Resim 2.6.’da gösterilmiştir [29].



Cnc Tel Erozyon Tezgahı



Cnc Dalma Erozyon Tezgahı



Cnc Düzlem Yüze (sath) Taşlama Tezgahı



Cnc Silindirik Taşlama Tezgahı



Cnc Lazer Kesim Tezgahı



Cnc Abkant Tezgahı

**Resim 2.6. Diğer CNC tezgahları [29]**

## 2.9 YÜZEY İŞLEME – YÜZEY KAPLAMA İŞLEMİ

### 2.9.1 Yağ Alma İşlemi

Yağ alma işlemi yüzey işlem uygulamasının ilk ve en önemli safhasıdır. Metal yüzeyinde, depolama esnasında hava ile reaksiyonu kesmesi için kullanılan yağlar bulunur. Bu yağların görevi havadaki oksijenle teması kesip metalin paslanmasını engellemektir. Aynı yağlar, fosfatlama ve kromatlama işleminin yapılmasını imkansız hale getirir. Bu yüzden malzeme yağ, kir ve pastan arındırılmış bir hale getirilmelidir [30].

Metal işleme ve boya sektöründe yağ, sacların korozyondan korunmasını ve işleme esnasında kaydırıcılık sağlayarak metalin kolay işlenmesini sağlar. Hemen hemen her türlü metalin üzerinde az veya çok miktarda yağ bulunur. Genelde mineral yağ şeklinde olmasına rağmen hayvansal yağlar da bulunabilir [30].

Elektrostatik toz veya yağ boya yapılacak parçalar üzerinde yağ olmamalıdır. Metal yüzeyinden yağ tamamen temizlenemez ise yüzey işlem uygulamaları başarılı bir şekilde uygulanamaz. Ayrıca metal üzerindeki yağ, toz boyada 200°C'lik fırınlarda pişerken genişler ve dışarı çıkar ve gözenekler halinde boyanın üstüne çıkar. Boyanın sararması, renk farklılıkları ve yapışma problemleri yağlı metalden kaynaklanabilir [30].

Yağ alma işlemi hem kimyasal hem de uygulama yönünden farklılıklar gösterebilir. Asidik, alkali ve nötr yağ alma kimyasalları kullanılabilir. Püskürtme, daldırma, ultrasonik ve elle silme gibi yöntemler başlıca uygulama çeşitleridir. Hangi yöntem ve hangi kimyasalın kullanılacağı metalin özelliğine ve işletme şartlarına göre belirlenebilir. Demir fosfatlama, çinko fosfat kaplama, mangan fosfat ve kromat kaplama banyoları öncesi kullanımları uygundur. Bir parçanın üzerinde yağ kalıp kalmadığı en kolay durulama banyosunda anlaşılır. Durulanmış parçanın üzerinde su tanecikleri belirgin olarak kalıyorsa metalin yağı tamamen alınmamış demektir [30].

### **2.9.1.1 Alkali Yağ Alma**

Alkali yağ alma kimyasalları püskürtme, daldırma ve ultrasonik olarak sıcak ortamda kullanılır. Alüminyum, zamak, bakır, pirinç, demir ve çelik temizliğinde tercih edilebilir. Demir ve çelik için uygun olmasına rağmen alüminyum ve pirinç gibi metallerin kararmadan yağ alma işlemi gerçekleştirilmesi için uygun kimyasalların seçilmesi gerekir [30].

Alkali yağ almalar genelde 50-95°C arasında kullanılabilir. Düşük sıcaklıklarda reaksiyon hızı düştüğü için tam temizlik olmayabilir. Bu sebeple sıcaklık yağ alma için önemli bir parametredir. Daldırma alkali yağ alma banyolarında süre 5-10 dakika arındadır. Süre metalin cinsine ve üzerindeki yağın miktarına göre değişir. Banyo konsantrasyonu %3-10 arındadır. Alüminyum kromat, mangan fosfat kaplama, demir fosfat ve çinko fosfatlama banyolarında ön işlem olarak kullanımı uygundur. Kimyasal konsantrasyonu belli aralıklarla ölçülüp uygun toplam alkalitede kalması için eklemeler yapılmalıdır [30].

Sprey alkali yağ alma banyolarında, daldırma yağ alma banyolarına göre fazladan basınç vardır. 1,4-2,0 atm arasında olan bu basınç temizleme efektini üst seviyeye çeker. Sıcaklık 50-65°C gibi daha uygun seviyededir. Metalin temizlik süresi de daldırma sistemlere göre daha

düşüktür. Yaklaşık 3 dakikada metal tamamen temizlenmiş olacaktır [30].

Ultrasonik yağ alma banyoları genelde orta alkali yağ alma kimyasalları ile çalışır. Ses titreşimleri sayesinde metal temizliği üst seviyeye çıkar. Konsantrasyon %2-5 arasında olabilir. Süre 3-7 dakika arasındadır ve metalin üzerindeki yağ miktarına göre değişkenlik gösterebilir. Alkali yağ alma banyolarında önemli parametreler konsantrasyon, süre, sıcaklık ve toplam alkalitedir. İşletmede kullanılan suyun sertlik derecesi de yağ alma işlemini etkileyen faktörlerden biridir. Şartlar uygun olmasına rağmen yağ alma işlemi tam anlamıyla yapılamıyorsa, aşırı yağlı parçalarda yağ alma katkıları kullanılarak banyonun yağ alma gücü artırılabilir [31].

### **2.9.1.2 Asidik Yağ Alma**

Asidik yağ alma kimyasalları genelde hem yağ alma hem de pas ve tufal temizleme gerektiren parçalar için kullanılır. Metalin üzerindeki pas ve bazen de tufal temizlendiği için tercih edilebilir. Alüminyum, demir, çelik parçalar için kullanımı uygundur [31].

Asidik yağ alma banyoları soğuk çalışabildiği gibi sıcak çalışırsa yağ ve pas alma hızı artacaktır. İçeriğinde yüzey aktif malzemeler, emülgatörler, inhibitör ve asitler ( fosforik, sülfürik, hidroklorik, hidroflorik, nitrik asit vb.) bulunabilir. Kimyasallar asidik yapıda olduğu için banyo ekipmanları paslanmaz veya polipropilenden olmalıdır. Ortam sıcaklığında çalışması ve pas alması banyonun artı yönü olmasına rağmen, yüksek konsantrasyonda kullanımı dezavantajdır. Alüminyum kromat, mangan fosfat kaplama, demir fosfat ve çinko fosfatlama banyolarında ön işlem olarak kullanılabilir [31].

Metalin parça üzerindeki pas ve yağ miktarına göre %5 ila %50'lik konsantrasyonlarda çalışır. İşlem süresi banyo konsantrasyonu düştükçe artacaktır. Sıcaklık gerekmesede sıcaklık reaksiyon hızını arttıracığı için tercih edilebilir. Asidik yağ alma banyolarında dikkat edilmesi gereken parametreler toplam asit, konsantrasyon ve süredir. Banyo konsantrasyonu düştükçe işlem hızı azalacak ve ekleme yapılması gerekecektir. Özellikle demir ve çelik parçalarda aşındırma yapması kimyasal içindeki inhibitör yardımı ile engellenebilir. Asit inhibitörü yardımı ile metalin üzerindeki pas ve tufal alındıktan sonra kimyasal hızı azalacak, aşındırma en aza inecektir. Bu sayede banyo ömrü de uzayacaktır. Alüminyum malzemedede ise bir miktar

aşındırma olması istendiğinden asit inhibitörü olmasına gerek yoktur [31].

### **2.9.1.3 Nötral Yağ Alma**

Nötr yağ alma kimyasalları genelde spreyci demir fosfatlama hatlarında yağ alma efektini arttırmak için kullanılır. Demir fosfat kaplama banyolarında pH 4-6 aralığında olduğu için nötr yağ alma banyo pH'ını etkilemez. Bu nedenle yağ alma ve demir fosfat aynı banyoda kullanılabilir. Çinko fosfatlama banyolarında ise nötr yağ alma kullanılmaz. Ayrıca nötr yağ almalar, alkali veya asidik yağ alma banyolarına katkı olarak da kullanılabilir [31].

Nötr yağ alma kimyasalları, fosfat kaplama banyolarında düşük konsantrasyonda kullanımı, yüksek sıcaklık istememesi ve yüksek yağ alma verimi nedeni ile tercih edilir. %0,2 - 1 lik banyo kurulum konsantrasyonu yağ alma için yeterli olacaktır. Demir fosfatlama banyolarındaki 50 - 55°C lik sıcaklık yeterlidir. Alkali yağ alma ve asidik yağ alma banyolarının konsantrasyonları ölçülebilmesine rağmen nötr yağ alma, demir fosfat ile birlikte kullanıldığı için ölçülemez. Nötr yağ almanın en büyük avantajı da tesiste alkali yağ alma banyosuna gerek duyulmamasıdır. Bu sayede tesis Demir fosfat + Nötr yağ alma olarak aynı banyoda kullanılır ve uzun bir tesise gerek kalmaz [31].

### **2.9.2 Anodize ve Alodine Kaplama İşlemi**

Bir metal parçası içinde daima bir elektrik potansiyeli mevcuttur. Korozyon oluşumunun önlenmesi için, korozyona maruz kalan yüzeylerin temiz ve kuru tutulması veya metal yüzey üzerinde korozyon önleyici koruyucu kaplama oluşturulması gerekir. Uçak malzemelerinin olumsuz çevresel etkilerden korunması amacıyla kaplama yapılması, korozyonla mücadelede en önemli bakım unsurunu oluşturmaktadır. Uçağın iç bölgesindeki parçaların korozyona karşı korunabilmesi, yapılan bakım uygulamalarının periyodik olarak yapılmasına bağlıdır [32].

Koruyucu kaplama ile korozyonu önlemek için; metal yüzey üzerine metal kaplama, alodine, anodine, astar, korozyon önleyici sıvılar kullanılması ve metal yüzeylerin boyanması gibi işlemler uygulanabilir [32].

### **2.9.2.1 Anodize (Eloksal Kaplama) İşlemi**

Anodize işlemi, alüminyum alaşımlarının yüzeylerini alüminyum oksit oluşturarak dayanıklı hâle getirmek için uygulanan elektrokimyasal bir yöntemdir. Anodize işlemi sonunda oksitler metalin yüzeyine yapışır ve metal parçanın yüzeyi 0,001-0,010 inç kalınlığında alüminyum oksitle kaplanmış olur. Renk altın sarısıdır. Tercih edilen kalınlık 0,005 inç'tir. Bu işlem korozyona karşı dayanıklı bir yüzey ve mükemmel bir boya zemini sağlar [32].

Anodize işlemi için kromik asitle dolu çelik bir tank (katot), kromik asitli bir elektrolit, açma/kapama düğmeli 40 volt doğru akım kaynağı ve anodize işlemi yapılacak alüminyum parçası (anot) gereklidir [32].

Alüminyum alaşımlı parça kromik aside daldırılır ve anahtar açılarak gerilim uygulanır. Elektron akışı alüminyum alaşımının yüzeyindeki oksitlerin yumuşamasını sağlar. Daha sonra parça tanktan çıkarılır ve renkli boya ile karıştırılmış sıcak suya daldırılır. Renkli boya, yumuşamış oksitler tarafından emilir. Parça daha sonra kurumaya bırakılır. Anotlanmış parçalar, hidrolik ve yakıt sistemlerindeki birleştirme parçalarında sık olarak kullanılır. Ayrıca uçağın bazı dış parçalarına da anodize işlemi uygulanmıştır. Anodize işlemi, metal yüzeyler üzerindeki oksitler ile kromik asit arasındaki elektrokimyasal bir işlemdir. Negatiften pozitif elektron akışı, oksitlerin yumuşamasını ve alüminyum parça üzerine yapışmasını sağlar. Parça daha sonra ılık bir suya daldırılır [32].

### **2.9.2.2 Alodine Kaplama İşlemi**

Alodine, alüminyum alaşımının korozyona karşı direncini ve boyanın yapışma kalitesini arttıran kimyasal bir işlemdir. Özel bir donanım gerektirmez. Alodine işlemi yapılmadan önce alüminyum alaşımlı parçalar asitli veya alkali metal temizleyiciler ile temizlenmeli daha sonrada temiz su ile durulanmalıdır. Bu işlemlerden geçen metalin yüzeyine alodine işleminde kullanılacak kimyasallar, daldırma, püskürtme veya fırçalama metotlarıyla uygulanmalıdır. Böylece metal levha üzerine ince ve sert bir kaplama yapılmış olur. Bu kaplama bakır alaşımlarla yüzeyde açık mavimsi, yeşil veya zeytin yeşili renk alacaktır [32].

Alodine edilmiş parçalar temiz, ılık veya soğuk su ile durulanmalıdır. Son olarak parçalar

oksijen giderici banyoda bırakılır. Oksijen giderici banyo, kaplamanın korozyon oluşumuna karşı direncini artırır. Alodine yapılmış parçalar, kuruma sonrasında hafif asidik özellik kazanır [32].

## 2.10 RİSK ETMENLERİ

### 2.10.1 Kimyasal Etmenler

Sağlık ve güvenlik açısından tehlikeli kimyasalların sınıflandırılmasında temel kriter etkilenme seviyesi ve çevreye etkidir. Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik, Tehlikeli kimyasal Maddeleri patlayıcı, oksitleyici, çok kolay alevlenir, kolay alevlenir, alevlenir, toksik, çok toksik, zararlı, aşındırıcı, tahriş edici, alerjik, kanserojen, mutajen, üreme için toksik ve çevre için tehlikeli özelliklerden bir veya birkaçına sahip maddeler olarak tanımlar [33].

Metal yüzey işlemlerinde genel olarak uygulanan işlemler ve tehlike Tablo 2.1.'de gösterilmiştir.

**Tablo 2.1. Metal yüzey işlemleri tehlikeleri [33]**

<b>Yüzey İşlemi</b>	<b>Tehlike</b>
<b>Elektrolitik parlatma</b>	Kostik ve korozif yanıklar, tahriş
<b>Elektro-kaplama</b>	Krom ve nikel maruziyetine bağlı kanser riski, siyanitler, kostik ve korozif kimyasallara bağlı yanıklar ve tahriş, elektrik çarpması, ıslak çalışmaya bağlı kayma ve düşme tehlikeleri, toz patlamaları, ergonomik tehlikeler
<b>Galvanizasyon</b>	Yanık tehlikesi, kostik ve korozif kimyasallara bağlı yanıklar ve tahriş, metal dumanı ateşi, kurşun maruziyeti
<b>Isıl işlem</b>	Yanık tehlikesi, kostik ve korozif kimyasallara bağlı yanıklar ve tahriş, hidrojene bağlı patlama riski, karbon monoksit maruziyeti, siyanit maruziyeti, yangın riski
<b>Metal kaplama</b>	Yanık tehlikesi, toz patlaması riski, asetilen, çinko-metal dumanı ateşi

<b>Yüzey İşlemi</b>	<b>Tehlike</b>
<b>Fosfatlama</b>	Kostik ve korozif kimyasallara bağlı yanıklar ve tahriş
<b>Plastik kaplama</b>	Kimyasal duyarlandırııcılara maruziyet
<b>Astarlama</b>	Toksik, yanıcı, duyarlandırııcı, kanserojen(krom) çeşitli kimyasallara maruziyet

Toksik metal dumanlarına metal sektöründe tipik olarak rastlanır. Bu risk faktörüne bağlı olarak gelişen sağlık etkilerinin kaynaklarına sektörde kullanım sıklığı göz önünde bulundurularak örnekler verilmiştir [34].

Krom kullanımı ve maruziyet kaynakları şu şekilde sıralanabilir,

- Krom ve bileşikleri başlıca metalürji ve kimya sanayinde kullanılır.
- Paslanmaz çelik üretimi ve kaynakçılığı,
- Alaşımların üretimi,
- Metal kaplamacılığı,
- Pigment üretimi,
- Demir kromattan kromat üretimi,

Krom metalinin sağlık etkileri alerjik dermatit, konjunktivit, burun kanaması, sinüzit, larenjit, iştahsızlık, bulantı, göğüste sıkıntı hissi ve dispneden başlayıp akciğer ödemeine kadar giden alt solunum yolları bulguları, cilt ve mükoz membranlar, göz ve solunum yollarında tahriş ve korozyodur [34].

Krom ülserleri derin, yuvarlak, keskin kenarlı ülserlerdir. Genellikle tırnak köklerinde, parmakların birleşim yerlerinde, parmaklar arasında, el sırtında ve ön kolda bulunurlar. Genellikle ağrısız ve temizdirler. İyileşmeleri uzun sürer ve sekel bırakırlar. Astım, KOAH ve akciğer kanseri [34].

Alüminyum kullanımı ve maruziyet kaynakları boksit arıtma, primer alüminyum üretimi, metalürji sanayi, kaynakçılık, sentetik zımpara üretimi, patlayıcı ve havai fişek üretimi önemli



maruziyet alanlarıdır. Alüminyum öğütme, cilalama işlemleri sırasında, cam, seramik, lastik üretiminde de maruziyet söz konusudur [34].

Alüminyum maruziyetinin akciğer üzerine pek çok etkisi vardır. Bunlar Potroom astımı, kronik bronşit, pnömokonyoz, akut trakeobronşit, pnömoni ve akciğer ödemidir. Alüminyum pnömokonyozu alüminyum oksit ve silikonun birlikte işlendiği alüminyum zımpara sektöründe görülen ilerleyici bir hastalıktır. Alüminyum oksit, serbest silika ve demir içeren yoğun dumanın solunmasına bağlıdır. Alüminyum akciğer ve mesane kanserine de neden olur. Alüminyum döküm çalışanlarında zihinsel fonksiyon bozukluğu, unutkanlık, koordinasyon zorluğu, bildirilmiştir. Potroom astımı; Potroom ortamındaki güçlü solunum iritanlarının (hidrojen florit, kükürt dioksit, vanadyum floritler) tetiklediği bir bronş aşırı duyarlılık reaksiyonudur. Öksürük, nefes darlığı, göğüste sıkıntı hissi, hırıltılı solunum gibi semptomlar vardır ve genellikle ortaya çıkması maruziyetten 4-12 saat sonrasına kadar gecikir. Maruziyet sonlanınca olguların çoğunda semptomlar geriler [34].

Boyama ve kaplama, yağ giderme ve endüstriyel temizleme ile diğer metal işlerinde organik solventlere mesleki maruziyet görülebilir. Birkaç grup solvent vardır, ancak bunların sağlık üzerindeki etkileri temel olarak merkezi sinir sistemine ilişkin olur. Solventlerden kaynaklanan kronik beyin hasarı aşağıdaki Tablo 2.2’de gösterilen belirtilerle kendini gösterir [34]:

**Tablo 2.2. Temizleme kimyasallarının sağlık etkileri [34]**

<b>Gaz Tipi</b>	<b>Kaynağı</b>	<b>Sağlık Etkisi</b>
<b>Aldehitler</b>	Yapıştırıcılar ve pigmentlerle metal kaplama. Yağdan arındırma için kullanılan solventler.	Gözler ve solunum yolu için irritandır.
<b>Diizosiyanat</b>	Metal kaplamada kullanılan poliüretan boya.	Göz, burun ve boğaz için irritan. Çok düşük maruziyet seviyelerinde dahi, astım veya diğer alerjik semptomlara yol ačan duyarlılıklara neden olma potansiyeli fazladır.
<b>Fosgen</b>	Üzerinde artık yağ giderici solvent kalmış metal. (Fosgen, solvent ile kaynak/gaz kesimi radyasyonunun tepkimesi sonucu oluşur.)	Göz, burun ve boğaz için irritan.
<b>Fosfin</b>	Pas inhibitörleri ile kaplı metal.	Göz, burun ve boğaz için irritan. Böbreklere ve diğer organlara hasar verebilir.
<b>Solvent (Toluen, ksilen vb)</b>	Boyalarda, yapıştırıcılar, reçineler	Göz, burun ve boğaz irritasyonu, prenarkootik sendrom merkezi sinir sistemine zarar verebilir.

### **2.10.2 Fiziksel Etmenler**

Fiziksel risk etmenleri; 1) Gürültü, 2) Titreşim, 3) Termal Konfor (Sıcaklık, Nem, Hava Akımı), 4) Aydınlatma 5) Toz olarak sayılabilir.

Gürültü, genel olarak istenmeyen, canlılar üzerinde olumsuz etki yapan ve rahatsız eden düzensiz titreşimlerin meydana getirdiği yüksek seslere gürültü denir. Çalışanlar üzerinde fizyolojik ve psikolojik etkiler bırakan ve iş verimini olumsuz yönde etkileyen sesler "endüstriyel gürültü" olarak tanımlanır [35].

Gürültü şiddeti birimi desibel (dB) dir. Frekans ölçü birimi Hertz (Hz) dir. dB(A) gürültünün işitme duyusu üzerine olan olumsuz etkisini değerlendirmek için kullanılır. 0 dB duyma(işitme) eşiği olarak, 140 dB ağrı(sancı) eşiği olarak tanımlanır. Günlük konuşma şiddeti 60-65 dB arasındadır. Genç ve sağlıklı bir insan kulağı, frekansı 20 Hz ile 20 000 Hz arasındaki seslere duyarlıdır [35].

Titreşim, araç, gereç ve makinelerin çalışırken oluşturdukları vibrasyon ve salınım

hareketleridir. Çalışmakta olan ve iyi dengelenmemiş araç ve gereçler genellikle titreşimi oluştururlar. Vibrasyon mekanik bir enerjinin vücuda iletilmesidir. İletim ve etkilenme miktarı vibrasyonun zamana bağlı olarak frekansına ve şiddetine bağlıdır [35].

Tüm vücudun veya el ve kolların titreşime maruziyeti sonucunda oluşan etki:

- Titreşimin şiddetine,
- Frekansına,
- Maruziyet süresine,
- Maruz kalan bölgeye,
- Titreşimin yönüne bağlıdır [36].

Titreşim şiddetinin birimi  $m/s^2$ , frekans birimi Hertz'dir. Titreşimin şiddeti vibrasyon detektörü ile ölçülür [36].

Termal konfor, genel olarak bir işyerinde çalışanların büyük çoğunluğunun sıcaklık, nem, hava akımı gibi iklim koşulları açısından gerek bedensel, gerekse zihinsel faaliyetlerini sürdürürken belli bir rahatlık içinde bulunmalarını ifade eder. Çalışanların %80'inin kendini ısı bakımından rahat hissettiği aralığa termal konfor bölgesi denir.

İnsanın duyuşsal ve algısal verileri kapsamında, aydınlatma ile görsel algılama önemli bir yer tutmaktadır. Bütün algılamaların % 80 ile %90'ı görme ile gerçekleşmektedir. Bu nedenle çalışanların optimal aydınlatma koşullarında çalışması onların göz sağlığı ve görme yeteneğini koruması açısından önemlidir [37].

Aydınlatma şiddetinin birimi lüks'tür. 1 metrekarelik bir alana düşen ışık akışı 1 lümen ise aydınlatma şiddetine 1 lüks denir. Aydınlatma türleri aşağıdaki gibidir:

- Gün ışığı ile aydınlatma
- Yapay aydınlatma
  - Tekdüze ve genel aydınlatma
  - Lokal ışık kaynağı ile takviye

Toz, çapı 0,1–5,0 mikron büyüklüğünde tozlar solunabilir toz olarak adlandırılıp akciğerlere

kadar ulaşabilmektedir. Tesviye işleminde ortam havasına karışan tozlar kesilmesi, taşlanması sonucu açığa çıkmaktadır. Malzemeler genel olarak alüminyum veya nikel mamuldür. Uygulanan işlemlerden sonra açığa çıkan tozlarda, bu metaller bulunmakta olup solunmaları halinde metal dumanı ateşi adı verilen grip benzeri, kendiliğinden iyileşen maruziyetten 8-12 saat sonra başlayıp ateş, üşüme, öksürük, ağızda metalik tat gibi belirtiler gösteren bir çeşit hastalığa neden olmaktadır. Silika partiküllerine maruz kalınması sonucu silikozis ortaya çıkması da mümkündür. Ayrıca özellikle nikelin alerjik kontak dermatitlere de yol açtığı bilinmektedir [38].

### **2.10.3 Ergonomik Etmenler**

Metal yüzey işleme – kaplama, boyama, düzeltme ve tahribatsız muayene işlemlerinde tekrarlayan hareketler, elle taşıma, aşırı güç gerektiren yükleri itme, çekme veya sürüklenme, uzun süre doğal olmayan postürlerde durarak çalışma sık görülebilen, karpal tünel sendromu (KTS), bel ağrıları ve kas-iskelet sistemi rahatsızlıklarına yol açabilecek başlıca işlerdir [39].

KTS parmaklarda uyuşma ile kendisini göstermeye başlar. Ellerin doğal olmayan pozisyonlarda kalması, sıkı kavrama, tekrarlayan el hareketleri ve titreşim bu hastalığa yol açan önemli faktörlerdir. Hastalığı önlemek için tekrarlayan hareketlerden kaçınılmalı, uygun şekilde molalar verilmeli, kavrayış gevşetilmeli, çalışanın bileğini doğal pozisyonda tutacak şekilde iş ortamı yeniden düzenlenmelidir. Hastalığın ortaya çıkması halinde el bilek ateli kullanılması bileğin nötr pozisyonda tutulmasını sağladığından faydalı olacaktır. Ayrıca, ellerin sıcak tutulması gerekmektedir [39].

### **2.10.4 Yangın ve Patlama**

Kullanılan kimyasalların uygun koşullarda depolanmaması ve kullanımı sırasında alev alabilme özelliği olan kimyasallar nedeniyle yangın ve patlama riski artmaktadır. Yüzey işlemleri, boyama ve tahribatsız muayene gibi işleminde solventlerin ve aşındırıcı reaktiflerin kullanımı sırasında elektrikli ekipman kullanımı gibi tutuşturucuların olması, kimyasal reaksiyonlar, statik elektrik gibi etkenler patlama ve yangın olasılığını dikkate almayı gerektirmektedir [40].

Patlamanın olması için ise üç unsurun bir araya gelmesi gerekir. Bunlar patlama üçgenini oluşturan oksijen, yanıcı madde ve ateşleme kaynağıdır. 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 parlayıcı maddelerin şiddetle tutuşmasına neden olur [40].

İşyerinde parlayıcı ve patlayıcı maddelerin tehlikeli konsantrasyonlara ulaşması ve kimyasal olarak kararsız maddelerin tehlikeli miktarlarda bulunması önlenmelidir. Eğer bu, yapılan iş için imkan dahilinde değilse, işyerinde yangın veya patlamaya sebep olabilecek tutuşturucu kaynakların bulunması önlenir. Kimyasal olarak kararsız madde ve karışımların zararlı etki göstermesine sebep olabilecek şartlar ortadan kaldırılmalıdır. Bu da mümkün değilse parlayıcı ve/veya patlayıcı maddelerden kaynaklanan yangın veya patlama halinde veya kimyasal olarak kararsız madde ve karışımlarının zararlı fiziksel etkilerinden çalışanların zarar görmesini önlemek veya en aza indirmek için gerekli önlemler alınır [40].

#### **2.10.5 Mekanik Etmenler**

Uçak parçası imalatı işinde uzuv sıkışması, kesilmesi; parça fırlaması, düşmesi; yükün, çarpması, kayma, kimyasal tank ve banyolara düşme, kablo ve hortumlara dolanma görülebilecek mekanik tehlike kaynaklı olaylardır. Bunları önlemek için makine koruyucuları yapılmalı, çalışanlara eğitim verilmeli, çalışanların yetki ve izinleri olmayan alanlara girmesi engellenmelidir [41].

### **2.11 UÇAK ÜRETİMDE İSG LİTERATÜRÜ**

Radican ve arkadaşları tarafından 2006 yılında yapılan çalışmada uçak yapımında görevli çalışanların trikloroetilen ve diğer hidrokarbon maruziyetleri ve son evre böbrek hastalığına (SEBH) yakalanmalarıyla arasındaki bağlantıyı ortaya koyan bir çalışma yapılmıştır [42]. On altı farklı hidrokarbonun etkileri, sağlık kayıtları ile incelenmiştir. 1973-2000 yılları arasındaki dönemde trikloroetilen, 1,1,1-trikloroetans maruziyeti yaşayan çalışanların, yaşamayanlara göre SEBH görülme sıklığının iki kat arttığı gözlemlenmiştir [42]. Çalışmada sonuç olarak belirli hidrokarbonların SEBH riski yarattığı ifade edilmiştir.

Shi-Nian Uang ve arkadaşları uçak boyama ve boya temizleme işleminde çalışanların organik çözücülere maruziyetine ilişkin yaptıkları çalışma Tayvan'da seçilen üç ayrı firmada yürütülmüştür [43]. Boya çıkartma işleminde metil klorür kişisel maruziyeti zeminde yapılan çalışmalarda 42,01 ppm, zeminden yüksekte yapılan çalışmalarda ise 20,41 ppm olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar bazı kimyasalların bertarafı için kurulacak havalandırma sistemlerinin, çalışma bölgesine uygun olarak yapılması gerektiğini göstermiştir [43]. Bu çalışmada ayrıca ilgili firmalarda yapılan ölçümlerde boyama işleminde OSHA tarafından belirlenen maruziyet sınır değerlerinin üzerinde organik çözücü maruziyetine rastlanmadığı belirlenmiştir.

Boyama işleminde çalışanların organik çözücülere olan maruziyetleriyle ilişkin bir diğer çalışmada Hyunhee Park ve arkadaşları imalat sektöründe, boyama işleminde çalışan kişiler üzerinde çalışma yürütmüşlerdir [44]. Malzemeye su geçirmezlik özelliği kazandıran üç işlemde (poliüretan, asfalt ve çimento harcı) ve üç boyama işleminde (epoksi, yağ bazlı ve su bazlı) kişisel maruziyet ölçümleri yapılmıştır. En yüksek maruziyet endeksi su geçirmezlik özelliği kazandıran işlemlerde iç mekanda yapılan poliüretan astarı (10,77) ve dış mekanda yapılan poliüretan astarı (2,42) olarak belirlenmiştir [44]. Boyama işlemi için iç mekanda yapılan epoksi astarı işlemi (5,61) en yüksek maruziyet endeksine sahiptir. Ölçüm yapılan toplam 12 işlemin 7'sinde (%58,3) maruziyet sınır değerinin aşıldığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak bu çalışmada, imalat sektöründe çalışanların kanserojen ve kısırlığa neden olacak organik bileşenler dahil pek çok organik çözücü kimyasala maruz kaldığı belirlenmiştir [44]. Bu duruma karşı kişisel koruyucu donanım ve iş pratiğinde uygulanacak önlemler çözüm önerisi olarak sunulmuştur.

Uçak parçalarının dış etkenlere karşı daha dayanıklı hale getirilmek için, şekil verilmiş parçalar üzerine uygulanan boya işlemi de bu alanda görev yapan çalışanlar için önemli bir maruziyet kaynağıdır [45]. Hong Liu ve arkadaşlarının çalışması, Çin'de boyama işlerinde çalışanların benzen maruziyeti üzerinde durulmuştur. 1956 – 2005 yıllarını kapsayan bu çalışmada, ortalama benzen maruziyetlerinin ortalamasının 1956 – 1978 yılları için 215 mg/m<sup>3</sup>, 1979 – 1989 yılları için 82 mg/ m<sup>3</sup>, 1990 – 2001 için 31 mg/ m<sup>3</sup> ve 2001 – 2005 için 6 mg/ m<sup>3</sup> olduğu taranan sağlık raporları ve yayınlanan diğer makalelerden alınan verilerle hesaplanmıştır [45]. Kullanılan boya türü ile benzen maruziyet arasında bir bağlantı bulunmamakla beraber, zayıf havalandırma koşullarının benzen maruziyeti ile doğrudan

ilişkili olduğu belirtilmiştir.

Gary N. Carlton ve arkadaşlarının ABD Hava Kuvvetlerinde poliüretan spreyle uçak boyamakla görevli çalışanlarının 1,6-hegzametilen diizosiyanat (HDI) maruziyetlerini belirlemişlerdir [46]. Çalışanların solunum bölgesinde alınan örneklerin analiz edilmesi sonucu, bu işlemde görevli çalışanların HDI monomerine maruziyetleri sınır değerin altında çıkarken, HDI oligomerine maruziyetleri sınır değerin yaklaşık iki katı değerinde olduğu belirlenmiştir. Boyama işleminin, hava akımına karşı boyanın solunum bölgesine sürüklendiği şekilde yapılması, boya yapan diğer çalışanların birbirlerine doğru boya yapmaları ve haddinden fazla basınçlı spreyle tabancası kullanımı gibi kötü çalışma koşullarının bu maruziyete neden olduğu belirlenmiştir [46]. İfade edilen yanlış uygulamaların düzeltilmesi ile maruziyetin daha alt seviyeye çekileceği değerlendirilmiştir.

ABD’de yapılan savaş uçağı boyama işleminde çalışanların altı değerlikli krom ve izosiyanat maruziyetlerinin incelendiği James Bennett ve arkadaşlarının çalışmasında, iş alanı olarak uçak hangarları seçilmiştir [47]. Çapraz hava akımlı havalandırma sistemlerinin kimyasal maruziyetlere etkisinin incelendiği çalışmada 12 örnekte 7’sinin altı değerlikli krom için 10mg/m<sup>3</sup>’lük maruziyet sınır değerinin aşıldığı belirlenmiştir. 15 ölçümden 6’sının izosiyanatlar için maruziyet sınır değerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir [47]. Çalışmada havalandırma yapılırken, hava akışı sağlayan sistemin akış hızının egzoz sisteminden daha yüksek olmasıyla oluşan yeniden dolaşım ve türbülans etkisinin maruziyet değerlerini arttırdığı ifade edilmiştir.

Montaj hattında çalışanların ergonomik problemleri ile ilgili Rabindra Nath Sen ve arkadaşları Malezya’da yaptıkları çalışmada istasyonlarda oturulan sandalyelerin rahatsızlığı, istasyonların uzanma mesafesinden uzak oluşu, iş stresinin yüksekliği ve çalışılan istasyonların sıkça değiştirilmesinin rahatsızlıklara neden olduğu belirlenmiştir [48]. Bu problemlere karşın sandalyelerin revize edilmesinin, bir çalışanın en fazla iki farklı istasyonda görev yapmasının, kötü koku yayan ve aşırı gürültüye neden olan sebeplerin minimize edilmesinin yukarıda belirtilen sorunların şikayetlerini %90 oranında azalttığı belirlenmiştir.

Uçak üretiminde, çerçeve, iskelet ve diğer aksamaların hazırlanmasında önemli yer tutan bilgisayar kontrollü metal kesim ve şekil verme işleminde çalışanların yaşadıkları

rahatsızlıklar Muthukumar ve arkadaşlarının çalışmasına konu olmuştur [49]. Bu çalışmada yaşanan rahatsızlıkların sıklığı, şiddeti ve etkileşimi incelenmiştir. İncelenen rahatsızlıklar cihazların kontrolleri, ekranları özelinde ele alınmıştır. Elde edilen sonuçlara göre cihazları kullanan operatörlerden %20,5'i bir veya iki kez rahatsızlık rapor etmiştir, %25,4'ü haftada üç veya dört kez rahatsızlık yaşarken, %37,7'si günlük olarak rahatsızlık yaşadıklarını belirtmişlerdir. Çalışanların %16,4'ü ise günde birden fazla kez rahatsızlık yaşadıklarını ifade etmiştir [49]. Belirtilen rahatsızlıklar alt sırt, üst sırt, boyun, omuz ve bacakları kapsarken, rapor edilen en sık rahatsızlıklar omuz ve kol bölgesinde yoğunlaştığı çalışmada belirtilmiştir. Kontrol aksamlarının ve ekranların yerlerinin, bu rahatsızlıklarla doğrudan ilişkili olduğu belirlenmiştir.

Metal kesim ve şekillendirmesi yapılan işyerlerinde, soğutucu sıvıların çalışanlar üzerinde yarattığı etkileri incelemek üzere Gilbert ve arkadaşları Kanada'daki atölyeleri incelemiştir [50]. İlgili atölyelerde çalışanların solunumun yolu problemlerinin, soğutucu sıvılarında biriken mikroorganizmaların yol açıp açmadığının incelendiği bu çalışmada incelenen sıvı ve sıvı buharı örneklerinde limit değerlerin altında mikroorganizmaya rastlanmıştır [50]. Bu bağlamda soğutucu sıvılarının, solunum yolu enfeksiyonlarına neden olan mikroorganizmaların taşınmasında bir rol oynamadığı gösterilmiştir.

Metal işleme işinde çalışanların solunum yolu semptomları ve rahatsızlıkları ile ilgili çalışmada Jaakkola ve arkadaşları soğutucu yağ buharının bu rahatsızlıklarla olan ilişkisini araştırmıştır [51]. 64 firmadan 726 mavi yakalı ve 84 beyaz yakalı erkek çalışan ile ilgili kesit verisi üzerinden yürütülen çalışmada, metal işlerinde kullanılan sıvılara maruz kalan çalışanların öksürük, solunum yetmezliği ve astım gibi belirtilere karşı ofis çalışanlarına kıyasla büyük ölçüde risk altında olduğu belirlenmiştir [51]. 15 yıldan uzun süre metal işleme işinde çalışanların öksürük ve kronik bronşit rahatsızlıklarını yaşama oranlarının arttığı ifade edilmiştir. İşyeri ortamlarının iyileştirilmesi ve ulusal maruziyet sınır değerlerinin düşürülmesinin bu sorunları azaltacağı yönünde değerlendirme yapılmıştır.

## **2.12 MEVZUAT**

Çalışmaya konu sektörle ilgili doğrudan bir mevzuat bulunmasa da, bu yapılan işlerde iş kazalarına veya meslek hastalıklarına sebep olabilecek ve yukarıda belirtilen etmenlere



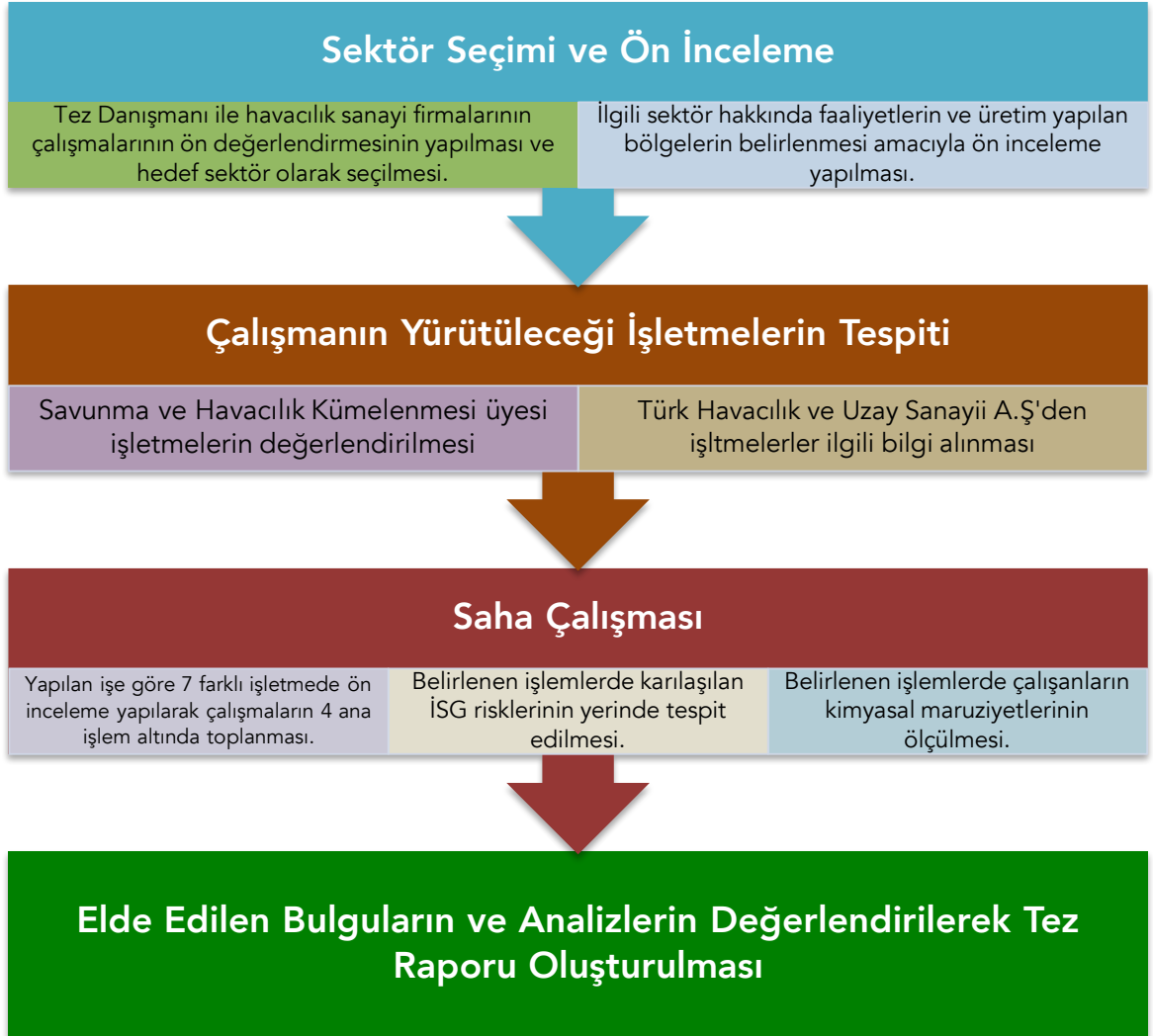
yönelik düzenlemeler bulunmaktadır. Bu düzenlemeler aşağıdaki Tablo 2.3.'te belirtilmiştir.

**Tablo 2.3 Çalışma kapsamındaki ulusal mevzuat**

<b>Türü</b>	<b>Adı</b>	<b>Resmi Gazete Tarih ve Sayısı</b>
<b>Kanun</b>	6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu	20.06.2012 28339
<b>Yönetmelik</b>	Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik	12.08.2013 28733
	Kanserojen Veya Mutajen Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik	06.08.2013 28730
	Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik	28.07.2013 28721
	Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik	22.08.2013 28743
	İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği	25.04.2013 28628
	İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik	17.07.2013 28710
	Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik	02.07.2013 28695
	Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik	15.05.2013 28648
	İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği	29.12.2012 28512

### 3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

Havacılık sektöründe üretim faaliyetlerinin, iş sağlığı ve güvenliği açısından karşılaşılan mesleki risklerin tespit edilmesi amacıyla incelenmesi, bu risklere karşı alınabilecek önlemlerin belirlenmesi, bu faaliyetlere yönelik kapsamlı ve rehber niteliği taşıyacak bir kontrol listesinin oluşturulması ve bir iş yerinde üretim faaliyetleri esnasında çalışanların kimyasal maruziyetlerinin ölçüm ve analiz metotlarıyla belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmanın gelişmekte olan havacılık sanayinde, çalışanları tehdit edebilecek etmenlerin ve davranışların bu sektöre özel olarak değerlendirilip tek bir başlık altında toplanması hedeflenmiştir. Bu sayede sektörel bir farkındalığın oluşturulması ve bu alanda faaliyet gösteren ve göstermeye başlayacak firmalara proaktif yaklaşımla en baştan güvenli çalışma ortamları oluşturmaları yönünden katkı ve rehberlik sağlaması beklenmektedir. Tezin hazırlanması sırasında yürütülen faaliyetler Şekil 3.1’de iş akış şemasında belirtilmiştir.



Şekil 3.1 İş akış şeması

### 3.1 KULLANILAN METOTLAR

İşyeri ortam havasında bulunan kimyasalların tespiti amacıyla, ilgili işyerlerinde ağır metal, uçucu aromatik hidrokarbon numune alımı ve analizi ile anlık gaz derişimini ölçen tüpler kullanılarak karbondioksit, karbonmonoksit, formik asit, sülfür dioksit, azot oksitler, n-hekzan, etil asetat gibi çeşitli kimyasalların ölçümü yapılmıştır. Saha çalışması için seçilen numune alma yöntemi ve analizlerde kullanılan cihaz ve yöntemler İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü Başkanlığı'nda (İSGÜM) belirlenen prosedür ve standartlara göre uygulanmıştır. Numune alımı ve analizi yapılan kimyasalların tespitinde yararlanılan talimat ve standartlar Tablo 3.1.'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.1. Kimyasal tayin metotları**

	<b>Kimyasal Madde</b>	<b>Numune Alma Talimatı</b>	<b>Analiz Talimatı</b>	<b>Uluslararası Standart</b>
<b>Ağır Metaller</b>	Alüminyum (Al)	DT.16 Ağır Metal Numune Alma Talimatı	DT.21 Alüminyum ve Alüminyum Bileşiklerinin Tayini Deney Talimatı	NIOSH 7013
	Bakır (Cu)		DT.22 Bakır ve Bakır Bileşiklerinin Tayini Deney Talimatı	NIOSH 7029
	Demir (Fe)		DT.21 Demir ve Demir Bileşiklerinin Tayini Deney Talimatı	OSHA-ID 121
	Kadmiyum (Cd)		DT.06 Kadmiyum ve Kadmiyum Bileşiklerinin Tayini Deney Talimatı	NIOSH 7048
	Krom (Cr)		DT.25 Krom ve Krom Bileşiklerinin Tayini Deney Talimatı	NIOSH 7024
	Nikel (Ni)		DT.27 Nikel ve Nikel Bileşiklerinin Tayini Deney Talimatı	OSHA-ID 121
	Mangan (Mn)		DT.26 Mangan ve Mangan Bileşiklerinin Tayini Deney Talimatı	OSHA-ID 121

	<b>Kimyasal Madde</b>	<b>Numune Alma Talimatı</b>	<b>Analiz Talimatı</b>	<b>Uluslararası Standart</b>
<b>Uçucu Aromatik Hidrokarbonlar</b>	(m-p-o) Ksilen	DT.12 Aromatik Hidrokarbonların Miktar Tayini Numune Alma Deney Talimatı	DT.01 Aromatik Hidrokarbonların Miktar Tayini Deney Talimatı	NIOSH 1501
	Benzen			
	Tolüen			
	Etil Benzen			
<b>Anlık Gazlar</b>	Etil Asetat	DT.71 Detektör Tüple Anlık Gaz Ölçümü Deney Talimatı	DT.71 Detektör Tüple Anlık Gaz Ölçümü Deney Talimatı	ASTM D 4490
	Formik Asit			
	Kükürt Dioksit			
	Azot Oksitler			
	Karbonmonoksit			
	Karbondioksit			
	n-hekzan			
NIOSH: Ulusal İş Güvenliği ve Sağlığı Enstitüsü OSHA: İş Güvenliği ve Sağlığı İdaresi ASTM: Amerikan Test ve Malzeme Derneği				

### 3.1.1 İşyeri Ortam Havasından Ağır Metal Numunesi Alma

Ağır metal maruziyetini tespit etmek amacıyla, Tablo 3.1.'de listelenen ağır metaller için belirlenmiş talimatlara göre CT.24 Cihaz Kullanım Talimatı çerçevesinde bu hava örneklem pompası ve bu pompalara bağlı 0,8µm gözenek büyüklüğüne sahip 37mm çapında MCE

filtreler üzerine ağır metal numuneleri alınmıştır. Cihazlar cihaz kullanım talimatında belirlenen şekilde kalibre edilmiştir. Buna göre 2,0 L/dk akış hızına ayarlanan pompalarla ilgili ağır metal numunesi alma prosedürüne uygun olarak 2 veya 4 saat süreyle örnekleme yapılmıştır. Aynı yerlerden kör numune alımına dikkat edilmiştir ve filtreler pompalardan çıkarılarak özel kasetlerde laboratuvar ortamına taşınmış ve analizleri yapılmıştır [52]. Kişisel örnekleme pompaları, kullanılan başlık ve filtreler Resim 3.1.'te gösterilmiştir.



**Resim 3.1. Ağır metal numune alma pompası ve filtre başlığı**

### **3.1.2 İşyeri Ortam Havasında Ağır Metal Analizi**

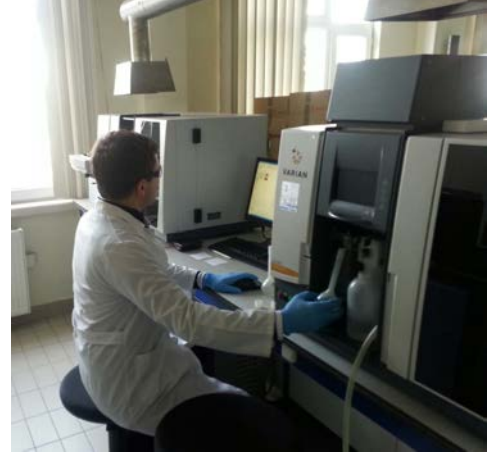
Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrisinde yapılacak olan analizlerde, analiz edilecek numunenin yapısındaki tüm organik maddeler yıkılarak inorganik hale getirilir. Bunun için MCE filtrelere toplanmış olan parçacık haldeki ağır metal belirli derişimdeki nitrik asit çözeltisiyle sıvı faza geçirilir ve mikrodalga fırında yakılarak numuneler analiz için hazır hale getirilir. Bu işleme numunelerin çözülmesi adı verilir. Bu çalışmada mikrodalga ile hızlandırılmış reaksiyon yöntemi kullanılmıştır. Mikrodalga fırına yerleştirilmiş ve kurşun için ayarlanan yakma programı uygulanarak politetrafloroetilen kaplarda basınç altında nitrik asit ile yakılarak numuneler analize uygun hale getirilmiş ve Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi cihazında analiz edilerek ağır metal konsantrasyonları tespit edilmiştir. Numunede bulunan ağır metal konsantrasyonu aşağı verilen (1) numaralı formül vasıtasıyla hesaplanır ;

$$C = \frac{(C_{hm1} - C_{hm2}) \cdot V_1 F}{V}, \frac{mg}{m^3} \quad (1)$$

Numuneyi analize hazırlama işlemi, Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi cihazı ve numune analizi Resim 3.2. ve 3.3.'de gösterilmiştir.



**Resim 3.2. Ağır metal numune hazırlanması**



**Resim 3.3. Ağır metal numune analizi**

### **3.1.3 İşyeri Ortam Havasından Uçucu Aromatik Hidrokarbon Numunesi Alma**

Uçucu aromatik hidrokarbon maruziyetini tespit etmek amacıyla, Tablo 3.1.'de listelenen uçucu aromatik hidrokarbonlar için belirlenmiş talimatlara göre CT.24 Cihaz Kullanım Talimatı çerçevesinde bu hava örneklem pompası ve bu pompalara bağlı 7 cm uzunluğunda, 2 mm'lik ürethan köpük tıpasıyla iki bölüme ayrılmış bölümlerinde Hindistan cevizi kabuğundan mamül aktif kömür – aktif karbon içeren (önde 100 mg, arkada 50 mg) cam tüp filtreler içerisine uçucu aromatik hidrokarbon numunesi alınmıştır. Cihazlar, cihaz kullanım talimatında belirlenen şekilde kalibre edilmiştir. Buna göre 0,1 L/dk akış hızına ayarlanan pompalarla ilgili uçucu aromatik hidrokarbon numunesi alma prosedürüne uygun olarak sabit ve sürekli yapılan işler için 2 saat (1 saatlik iki ayrı numune almak koşuluyla) ve kısa süreli işler (ortalama 15 dk veya günde 1 saat aralıklarla 4 seferden fazla yapılmayan işler) için 15 dk süreyle örnekleme yapılmıştır. Aynı yerlerden kör numune alımına dikkat edilmiştir ve filtreler pompalardan çıkarıldıktan sonra uçları kapatılarak laboratuvar ortamına taşınmış ve analizleri yapılmıştır [53]. Kişisel örnekleme pompaları ve kullanılan filtreler Şekil 3.4.'te

gösterilmiştir.



**Resim 3.4. Uçucu aromatik hidrokarbon numune alma pompası ve filtre başlığı**

### 3.1.4 İşyeri Ortam Havaında Uçucu Aromatik Hidrokarbon Analizi

DT.01 Aromatik Hidrokarbonların Miktar Tayini Deney Talimatı çerçevesinde bilinen hacimde hava numunesi, aktif karbonlar ile doldurulmuş cam veya metal boru içerisinde geçirilir. Organik buharlar aktif karbonlar üzerine adsorplanır. Toplanan buharlar uygun bir çözücü kullanılarak desorbe edilir ve bir alev iyonlaşma detektörü veya başka uygun detektör ile donatılmış gaz kromatografisi ile analiz edilir. Resim 3.5.'te İSGÜM laboratuvarında bulunan gaz kromatografisi gösterilmiştir.



**Resim 3.5. Gaz kromatografisi cihazı**

Bu işlem için, deney talimatına uygun olarak, işyeri ortamından alınan sorbent tüplerin alt ve

üst kısımları cam kesici ile kesilir. Tüplerin üst (fazla miktarda aktif karbon içeren bölüm) ve alt kısımlarındaki aktif karbonlar farklı desorpsiyon viallerine ( 4 ml' lik) konulur. Ön sorbent tüp içinde yer alan, beyaz camyünü, ön sorbent tüp vialine konulur. Viallerin üzerine tanımlayıcı bilgi ( sorbent tüpü numarası vb.) yazılır. Her bir vial üzerine 1 ml kimyasal çözücü eklenir. Kimyasalların uçuculuk özelliğini göz önünde bulundurarak, viallerin üzerini hızlı bir şekilde kapatılır. Desorpsiyonu sağlamak için hazırlanan vialler 30 dakika süresince çalkalayıcıda ortalama hızda çalkalanır. Desorpsiyon viali ile aynı adlandırılmış analiz viallerine (2 ml' lik), pasteur pipet kullanarak numune alınır. Analiz için vialler otomatik örnekleyici tablasına yerleştirilir. Numunede bulunan ilgili kimyasalın konsantrasyonu aşağı verilen (2) ve (3) numaralı formüller vasıtasıyla hesaplanır [54] ;

$$C = \frac{(W_f + W_b - B_f - B_b)}{V}, \frac{mg}{m^3} \quad (2)$$

$$C_{gerçek} = C / DE \quad (3)$$

### 3.1.5 İşyeri Ortam Havasında Detektör Tüp ile Anlık Kimyasal Gaz Ölçümü

Tablo 3.1.'de listelenen kimyasalların, iş yeri ortamında anlık olarak ölçülmesi DT.71 Detektör Tüple Anlık Gaz Ölçümü Deney talimatına göre, yerinde ve ilgili kimyasalın maruziyet anlık olarak tespiti yolu ile yapılır. Kullanılan detektör tüp, içerisinden hava numunesi geçirildiğinde renk değiştirecek bir kimyasal reaktif ihtiva eden bir cam tüptür. Oluşan renk değişimi bölgesinin belirlenen ölçeğe göre uzunluğu, hava içerisinde bulunan kimyasal maddenin belirlenmesinde kullanılır. Tayin edilecek her kimyasal için bu kimyasalla tepkime verecek bir reaktif barındıran ayrı bir detektör tüp bulunmaktadır. Bu ölçüm için kullanılan detektör tüpün yerleştirildiği pompa, kısa süreli ölçümler (1-10 dk) kullanılan, mekanik, elle kullanılan, 100 ml kapasiteli hava çekiç pompasıdır.

Bu prosedürde göz önünde bulundurulacak hususlar şu şekildedir:

- Ölçüm sırasında renk değişimi en az 2 dakika sabit kalmalı ve açıkça görünür olmalıdır.
- Tüp üzerinden okunan derişim değeri, tüp % ölçekli ise ppm mertebesine çevrilerek ölçüm formuna işlenmelidir.
- Okunan değer sıcaklık, nem ve basınç düzeltilmesi yapılarak (eğer varsa tüpün türüne



göre) hesaplanmalıdır.

Resim 3.6’da işyeri havasından, anlık kimyasal gazların kişisel maruziyet değerlerini ölçmede kullanılan Kitagawa marka elle çekiş pompası ve ölçüm tüpü gösterilmiştir.



**Resim 3.6. Ölçüm pompası ve tüpü**

Anlık kimyasal gaz sonuçlarının yerel mevzuat ve uluslararası standartlar ile karşılaştırılabilir olması için ölçüm sayısının TS EN 689 “İşyeri Havası-Solunuma Maruz Kalınan Kimyasal Maddelerin Sınır Değerler ile Karşılaştırılması ve Ölçme Stratejisinin Değerlendirilmesi için Kılavuz” EK A Numune Alma Süresinin Fonksiyonu Olarak En Az Numune Sayısı Çizelge A.1 Numune Alma Süresi ile İlgili Bir Vardiya Başına En az Numune Sayısına göre TWA ve STEL maruziyet değerini temsil edecek sayıda ölçüm yapılması gerekmektedir. Bu durumda Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelikte ve OSHA, NIOSH vb. kaynaklarda belirtilen sınır değerleri ile ölçülen sonuçlar karşılaştırılabilir. TS EN 689 standardına göre alınması gereken numune sayısı Tablo 3.2.’de gösterilmiştir. Alınması gereken numune sayısı itibariyle, maliyeti açısından bu çalışmada bu standardın gerektirdiği ölçüm sayıları tamamlanmamış olup, incelenen kimyasal hakkında “tespit edildi” veya “tespit edilemedi” doğrultusunda değerlendirme yapılmıştır.

**Tablo 3.2. TSE EN 689 Çizelge A1 Bir Vardiya Başına En Az Numune Sayısı**

<b>Numune Alma Süresi</b>	<b>Her Bir Vardiya için En Az Numune Sayısı</b>
<b>10 saniye</b>	30
<b>1 dakika</b>	20
<b>5 dakika</b>	12
<b>15 dakika</b>	4
<b>30 dakika</b>	3
<b>1 saat</b>	2
<b>&gt;2saat</b>	1

### **3.1.6 Örneklem Pompalarının Kalibrasyonu**

İşletmede yapılacak ölçüme göre, uygulanan talimatlar uyarınca ölçüm öncesi ve sonrası hava örneklem pompaları İSGÜM’de bulunan Resim 3.7.’de gösterilmiş dijital debi ölçer cihazı ile hacimsel akış hızları ağır metal örnekleme için 2 lt/dk, uçucu aromatik hidrokarbon örnekleme için 0,1 lt/dk olarak ayarlandığı doğrulanmaktadır.



**Resim 3.7. Dijital debi ölçer**

## **3.2 İŞYERLERİNİN SEÇİMİ**

Çalışma kapsamında yapılacak inceleme ve ölçümler için havacılık sektörüne yönelik çalışan 7 adet yardımcı sanayi işletmesine gidilmiştir. İlgili sektörde faaliyet gösteren işletmelerin

listesi OSTİM Savunma ve Havacılık Kümelenmesi'nin ve Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş'nin genel ağ sayfalarından elde edilmiştir. Bu işletmeler üzerinde yapılan ön değerlendirmeler ve doğrudan bilgi edinme sonucu, bu sektörde yapılan işler dört ana başlık altında ele alınmıştır. Bunlar;

- Talaşlı İmalat
- Yüzey İşlem, Yüzey Kaplama
- Tahribatsız Muayene
- Boyama

işlemleridir.

Ankara ilinde, Başkent Organize Sanayi Bölgesi, Sincan Ankara Sanayi Odası 1. Organize Sanayi Bölgesi ve OSTİM Organize Sanayi Bölgesi'nde, belirlenen işlemlerin yoğun olarak yapıldığı tespit edilen firmalarda ön inceleme ve kimyasal maruziyet ölçümleri yapılmış, sektörel riskler yerinde tespit edilmiş ve çözüm önerileri oluşturulmuştur.

## 4. BULGULAR

Bu çalışma kapsamında seçilen havacılık sektörüne yönelik yedi yardımcı sanayi işletmesine gidilerek, ilgili işyerlerinin İş Güvenliği Uzmanları ve üretim sorumluları eşliğinde ön incelemelerde bulunulmuştur. Akabinde, temel üretim süreçleri olan talaşlı imalat, yüzey işleme - yüzey kaplama, tahribatsız muayene ve boyama işlemlerinde çalışanlardan kişisel kimyasal maruziyetlerinin belirlenmesi amacıyla ilgili İSGÜM deney talimatlarına ve uluslararası standartlara uygun ağır metal, uçucu aromatik hidrokarbon numuneleri alınmış ve işlemlerde kullanılan kimyasalların, malzeme güvenlik bilgi dokümanları incelenerek çalışma ortamında bulunabileceği değerlendirilen kimyasal gazlar anlık olarak ölçülmüştür. Ağır metal ve uçucu aromatik hidrokarbon numuneleri İSGÜM laboratuvarlarında, ilgili deneylerde yetkilendirilmiş personel tarafından analiz edilerek kişisel maruziyetler belirlenmiştir. Her bir işlem için alınan numunelerin ve ölçümlerin sonuçları tablo ve grafiklerle belirtilmiştir.

Çalışma yapılan sektördeki risklerin belirlenmesi amacıyla işletmelerde görev yapan kalite ve üretim sorumluları, İG uzmanları ve mavi yaka çalışanlar ile birebir görüşülmüş, işletmelerin iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili kaynakları incelenmiştir. Tehlike ortaya çıkartan, çalışan sağlığını ve güvenliğini tehdit eden durumlar ve davranışların fotoğraflanabilmesi ve fotoğrafların çalışmada kullanılabilmesi için iki işletmeden gerekli izinler alınmıştır. Çalışmada ziyaret edilen işletmelerin savunma sanayine yönelik üretim yapmaları nedeniyle gizlilik yönünden sakıncalar belirttiklerinden beş adet işletmeden görüntü alınması mümkün olmamıştır. Bu işletmelerin yerinde incelenmesi, gerçekleştirilen ölçümler ve yapılan literatür taraması sonucu sektörün iş sağlığı ve güvenliği riskleri belirlenmiş ve kontrol listesi oluşturulmuştur.

### 4.1 ÖLÇÜM YAPILAN İŞYERLERİ

Belirlenen dört ana işlemde birinin veya birden fazlasının en fazla uygulandığı yedi adet iş yeri seçilmiştir. Seçilen işletmeler, OSTİM Savunma ve Havacılık Kümelenmesi ve yerli üretim yapan büyük firmaların yardımcı sanayi firma listesi üzerinden iletişime geçilen ve belirtilen işlemlerde en fazla çalışanın bulunduğu işletmelerdir. İşletmelerin çalışan sayısı, uygulanan işlemler ve hangi bölgede buldukları Tablo 4.1.'de belirtilmiştir.

**Tablo 4.1. Ölçüm yapılan işyerleri**

<b>İşletme</b>	<b>Yapılan işler</b>	<b>Çalışan sayısı</b>	<b>Bölge</b>	<b>İş Yeri Hekimi / İş Güvenliği Uzmanı</b>
<b>A</b>	Yüzey işleme – yüzey kaplama Tahribatsız muayene Boyama	25	Kazan	Hizmet Alımı
<b>B</b>	Kompozit malzeme Boyama	75	Başkent Organize Sanayi Bölgesi	Hizmet Alımı
<b>C</b>	Talaşlı imalat	147	1. Organize Sanayi Bölgesi	Hizmet Alımı
<b>D</b>	Yüzey işleme – yüzey kaplama Tahribatsız muayene Boyama	52	OSTİM Organize Sanayi Bölgesi	Hizmet Alımı
<b>E</b>	Yüzey işleme – yüzey kaplama Boyama	21	OSTİM Organize Sanayi Bölgesi	Hizmet Alımı
<b>F</b>	Talaşlı imalat Yüzey temizliği	80	Başkent Organize Sanayi Bölgesi	Hizmet Alımı
<b>G</b>	Yüzey işleme – yüzey kaplama Tahribatsız muayene Boyama	18	OSTİM Organize Sanayi Bölgesi	Hizmet Alımı

Dört ayrı işlemde, yapılan işin özelliğine göre numune alma ve ölçüm işlemi gerçekleştirilmiştir. Tablo 4.2.'de işlemlerde yapılan ölçümler belirtilmektedir.

**Tablo 4.2. İşlemlere göre yapılan ölçümler**

<b>İşlem</b>	<b>Kişisel maruziyet ölçümü</b>		
	<b>Ağır metal</b>	<b>Uçucu aromatik hidrokarbon</b>	<b>Anlık kimyasal gaz</b>
Talaşlı imalat	+	+	+
Yüzey işleme – yüzey kaplama	+	+	+
Tahribatsız muayene	-	+	+
Boyama	-	+	+

Tablo 4.5., 4.6., 4.7. ve 4.8.'de ölçüm yapılan bölümlerde yapılan işyeri kişisel maruziyet değerleri gösterilmiş ve sınır değerlerin üzerinde tespit edilen değerler altı çizili olarak belirtilmiştir.

Bu çalışmada kişisel maruziyetleri ölçülen ağır metaller demir (Fe), alüminyum (Al), nikel (Ni), krom (Cr) için yerel mevzuatta maruziyet sınır değeri bulunmadığı için TWA maruziyet sınır değerleri olarak uluslararası referans-geçerliliği bulunan kuruluşlar olan NIOSH, OSHA ve ACGIH kuruluşlarının belirlediği sınır değerler esas alınmıştır. İlgili ağır metaller için belirlenmiş sınır değerler Tablo 4.3.'te gösterilmiştir.

**Tablo 4.3. Ağır metal maruziyet sınır değerleri**

Sınır değerler (mg/m <sup>3</sup> )					
Referans	Ni	Fe	Al	Cr	Cd
OSHA, PEL, TWA	1	10	5	0,5	0,0025
NIOSH, REL, TWA	0,015	5	5	0,5	-
ACGIH, TLV, TWA	0,1	5	5	0,5	-

Uçucu aromatik hidrokarbon bileşikleri için yerel mevzuat ve OSHA tarafından belirlenen sınır değerler esas alınarak değerlendirme yapılmıştır. Bu sınır değerler aşağıdaki bulunan Tablo 4.4.'te gösterilmektedir.

**Tablo 4.4. Uçucu aromatik hidrokarbon maruziyet sınır değerleri**

Sınır değerler (mg/m <sup>3</sup> )				
Referans	Benzen	Toluen	Etil benzen	Ksilen
Kim. Mad. Çal. Sağ. Güv. Ted. Hk. Yönetmelik, ESD TWA	-	192	442	221
Kanserojen ve Mutajen Mad. Çal. Alınacak Sağ. Güv. Ted. Hk. Yönetmelik, TWA	3,25	-	-	-
OSHA	3,2	200	435	435

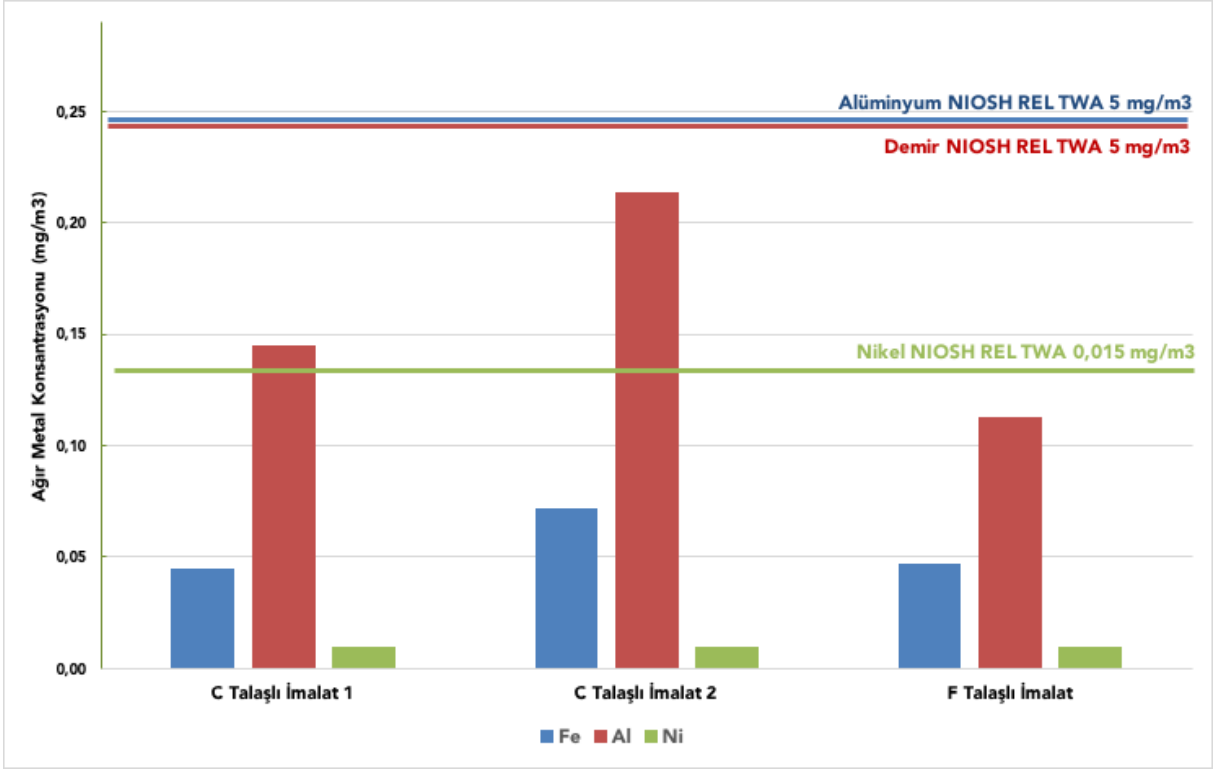
## 4.2 KİMYASAL ÖLÇÜMLER

### 4.2.1 Talaşlı İmalat İşleminde Kimyasal Ölçümleri

Talaşlı imalat işleminde C ve F firmalarında ağır metal, anlık kimyasal gaz ve uçucu aromatik hidrokarbon ölçümleri yapılmış olup Tablo 4.5.'te analiz sonuçları belirtilmiştir. Grafik 4.1.'de sonuçlar sütun grafiği biçiminde sunulmuştur.

**Tablo 4.5. Talaşlı imalat işleminde yapılan ölçümlerin sonuçları**

İşletme	Bölüm	Ölçüm	Sonuç	
C	Talaşlı imalat 1	Ağır metal (mg/m <sup>3</sup> )	Fe	0,045
			Al	0,145
			Ni	0,001
		Anlık kimyasal gaz	CO	-
			CO <sub>2</sub>	+
			NO <sub>x</sub>	-
		Uçucu aromatik hidrokarbon (mg/m <sup>3</sup> )	Benzen	T.E.D.B
			Tolüen	T.E.D.B
			Etil benzen	T.E.D.B
			(m-p-o) Ksilen	T.E.D.B
	Talaşlı imalat 2	Ağır metal (mg/m <sup>3</sup> )	Fe	0,072
			Al	0,214
			Ni	0,001
		Anlık kimyasal gaz	CO	-
CO <sub>2</sub>			+	
NO <sub>x</sub>			-	
F	Talaşlı imalat	Ağır metal (mg/m <sup>3</sup> )	Fe	0,047
			Al	0,113
			Ni	0,002
	Anlık kimyasal gaz	CO	-	
		CO <sub>2</sub>	-	
		NO <sub>x</sub>	-	



**Grafik 4.1. Talaşlı imalat ağır metal maruziyet değerleri**



#### 4.2.2 Yüzey İşleme – Yüzey Kaplama İşleminde Kimyasal Ölçümleri

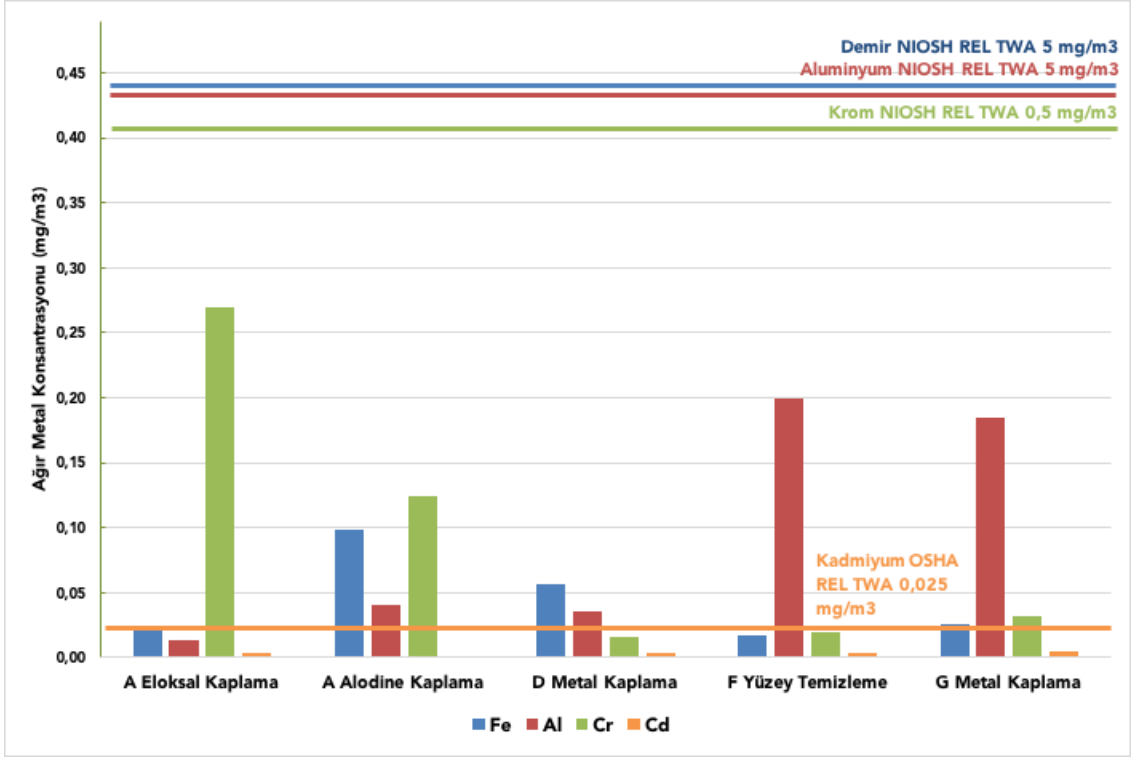
Yüzey işleme – yüzey kaplama işleminde A, D, E, F ve G firmalarında ağır metal, anlık kimyasal gaz ve uçucu aromatik hidrokarbon ölçümleri yapılmış olup Tablo 4.6.'da analiz sonuçları belirtilmiştir. Grafik 4.2. ve 4.3'te sonuçlar sütun grafiği biçiminde sunulmuştur.

**Tablo 4.6. Yüzey işleme – yüzey kaplama işleminde yapılan ölçümlerin sonuçları**

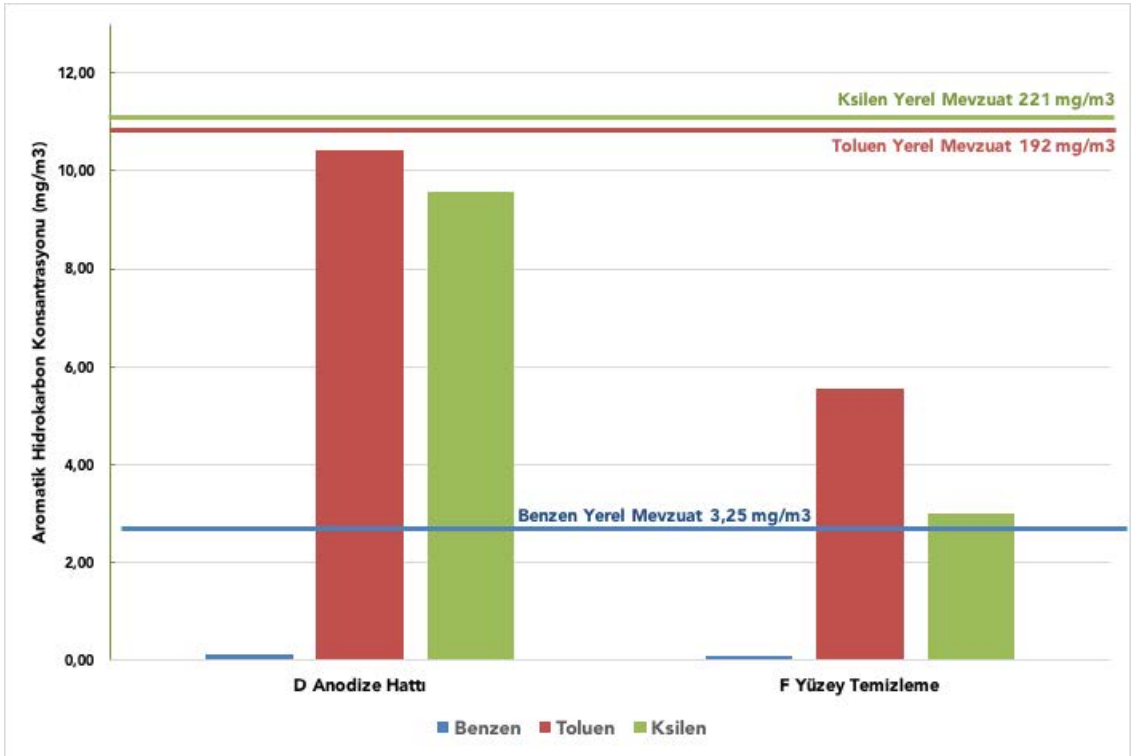
İşletme	Bölüm	Ölçüm	Sonuç	
A	Yüzey işleme Yüzey kaplama Eloksal kaplama hattı	Anlık kimyasal gaz	CO	-
			CO <sub>2</sub>	-
			NO <sub>x</sub>	-
			Formik asit	+
			Etil asetat	-
			SO <sub>2</sub>	+
			n-hekzan	-
	Ağır metal (mg/m <sup>3</sup> )	Fe	0,023	
		Al	0,013	
		Cr	0,034	
		Cd	0,0003	
	Yüzey işleme Yüzey kaplama Alodine kaplama hattı	Anlık kimyasal gaz	CO	-
			CO <sub>2</sub>	-
			NO <sub>x</sub>	-
			Formik asit	+
			Etil asetat	-
			SO <sub>2</sub>	+
			n-hekzan	-
Ağır metal (mg/m <sup>3</sup> )	Fe	0,098		
	Al	0,041		
	Cr	0,024		
	Cd	0,0001		

İşletme	Bölüm	Ölçüm		Sonuç
D	Yüzey işleme – Yüzey kaplama  Metal kaplama hattı	Ağır metal (mg/m <sup>3</sup> )	Fe	0,056
			Al	0,035
			Cd	0,0006
			Cr	0,0010
		Anlık kimyasal gaz	CO	-
			CO <sub>2</sub>	+
			NO <sub>x</sub>	-
			Formik asit	+
	Yüzey işleme Yüzey kaplama  Anodize hattı	Uçucu aromatik hidrokarbon (mg/m <sup>3</sup> )	Etil asetat	-
			SO <sub>2</sub>	+
			n-hekzan	-
			Benzen	0,12
			Tolüen	10,43
			Etil benzen	T.E.D.B
(m-p-o) Ksilen	9,56			
E	Yüzey işleme – Yüzey kaplama  Alodine kaplama hattı	Anlık kimyasal gaz	CO	-
			CO <sub>2</sub>	-
			NO <sub>x</sub>	-
			Formik asit	-
			Etil asetat	-
			SO <sub>2</sub>	-
			n-hekzan	-
F	Yüzey işleme Yüzey kaplama  Yüzey temizleme	Ağır metal (mg/m <sup>3</sup> )	Fe	0,0169
			Al	0,2000
			Cr	0,0010
			Cd	0,00011

İşletme	Bölüm	Ölçüm		Sonuç
		Uçucu aromatik hidrokarbon (mg/m <sup>3</sup> )	Benzen	0,11
			Tolüen	5,54
			Etil benzen	T.E.D.B
			(m-p-o) Ksilen	3
G	Yüzey işleme Yüzey kaplama Metal kaplama hattı	Ağır metal (mg/m <sup>3</sup> )	Fe	0,0261
			Al	0,1842
			Cr	0,0032
			Cd	0,0005
	Yüzey işleme Yüzey kaplama Anodize hattı	Anlık kimyasal gaz	CO	-
			CO <sub>2</sub>	+
			NO <sub>x</sub>	-
			Formik asit	+
			Etil asetat	-
			SO <sub>2</sub>	+
		n-hekzan	-	



**Grafik 4.2. Yüzey işleme – yüzey kaplama ağır metal maruziyet değerleri**



**Grafik 4.3. Yüzey işleme – yüzey kaplama uçucu aromatik hidrokarbon maruziyet değerleri**

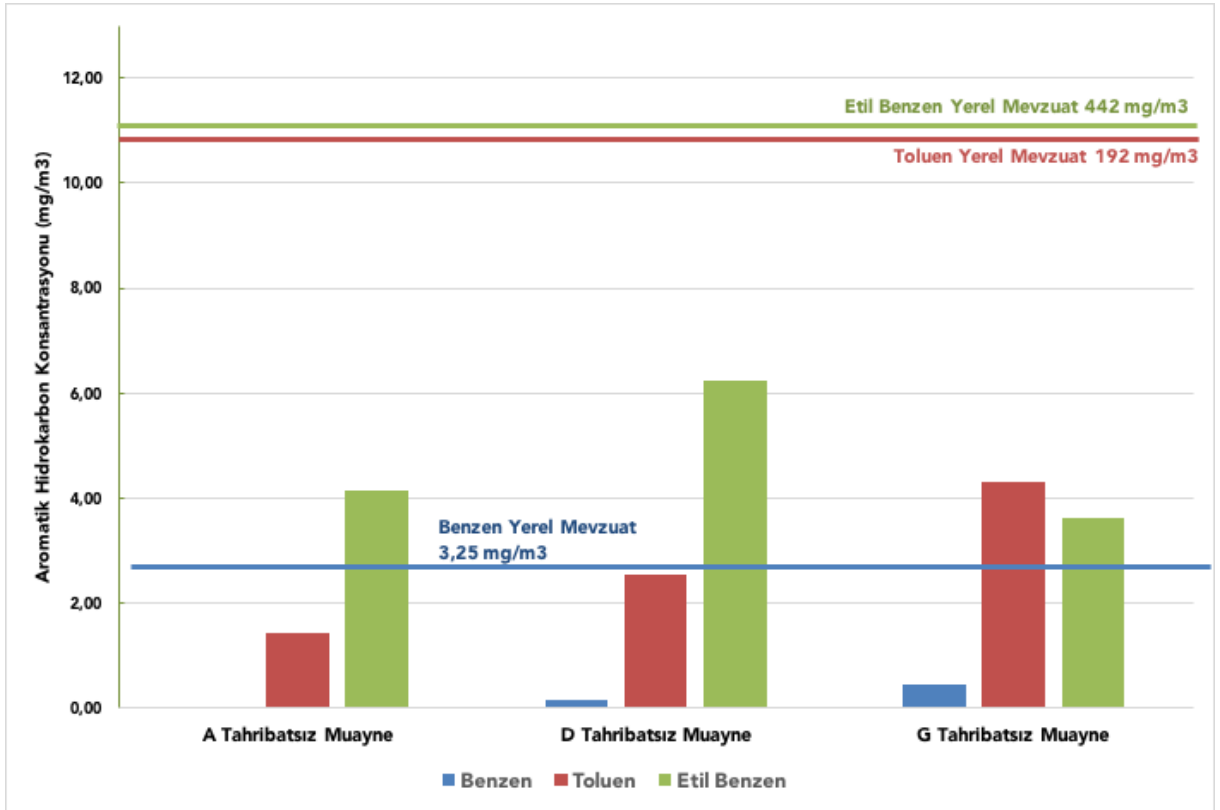
### 4.2.3 Tahribatsız Muayene İşleminde Kimyasal Ölçümleri

Tahribatsız muayene işleminde A, D ve G firmalarında anlık kimyasal gaz ve uçucu aromatik hidrokarbon ölçümleri yapılmış olup Tablo 4.7.'de analiz sonuçları belirtilmiştir. Grafik 4.4. ve 4.5'te sonuçlar sütun grafiği biçiminde sunulmuştur.

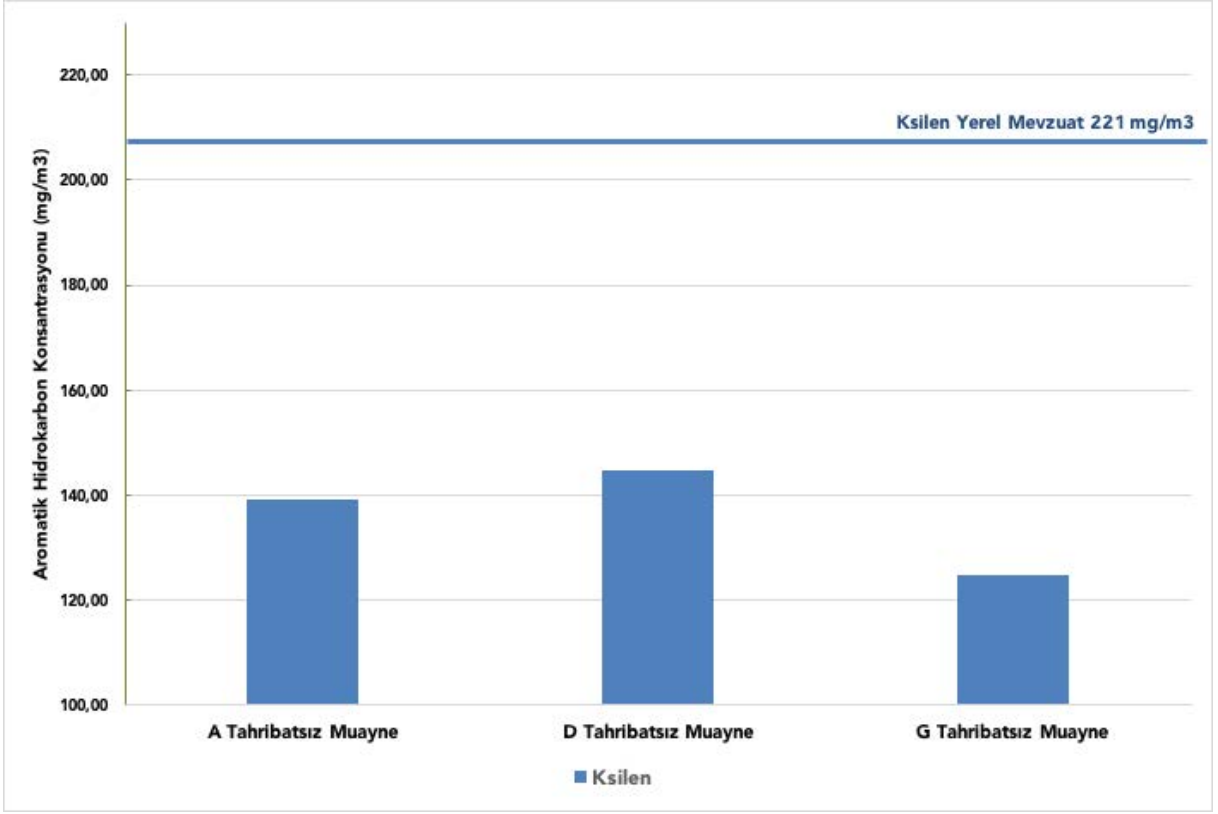
**Tablo 4.7. Tahribatsız muayene işleminde yapılan ölçümlerin sonuçları**

İşletme	Bölüm	Ölçüm	Sonuç	
A	Tahribatsız muayene	Uçucu aromatik hidrokarbon (mg/m <sup>3</sup> )	Benzen	0,034
			Tolüen	1,42
			Etil benzen	4,14
			(m-p-o) Ksilen	136,29
		Anlık kimyasal gaz	CO	-
			CO <sub>2</sub>	-
			NO <sub>x</sub>	-
			Formik asit	-
			Etil asetat	-
			SO <sub>2</sub>	-
			n-hekzan	-
D	Tahribatsız muayene	Uçucu aromatik hidrokarbon (mg/m <sup>3</sup> )	Benzen	0,173
			Tolüen	2,54
			Etil benzen	6,24
			(m-p-o) Ksilen	144,64
		Anlık kimyasal gaz	CO	-
			CO <sub>2</sub>	-
			NO <sub>x</sub>	-
			Formik asit	-
			Etil asetat	-
			SO <sub>2</sub>	-
			n-hekzan	-

G	Tahribatsız Muayene	Uçucu aromatik hidrokarbon (mg/m <sup>3</sup> )	Benzen	0,456
			Tolüen	4,31
			Etil benzen	3,64
			(m-p-o) Ksilen	124,64
		Anlık kimyasal gaz	CO	-
			CO <sub>2</sub>	-
			NO <sub>x</sub>	-
			Formik asit	-
			Etil asetat	-
			SO <sub>2</sub>	-
			n-hekzan	-



**Grafik 4.4. Tahribatsız muayene uçucu aromatik hidrokarbon maruziyet değerleri (benzen, tolüen, etil benzen)**



**Grafik 4.5. Tahribatsız muayene uçucu aromatik hidrokarbon maruziyet değerleri (ksilen)**

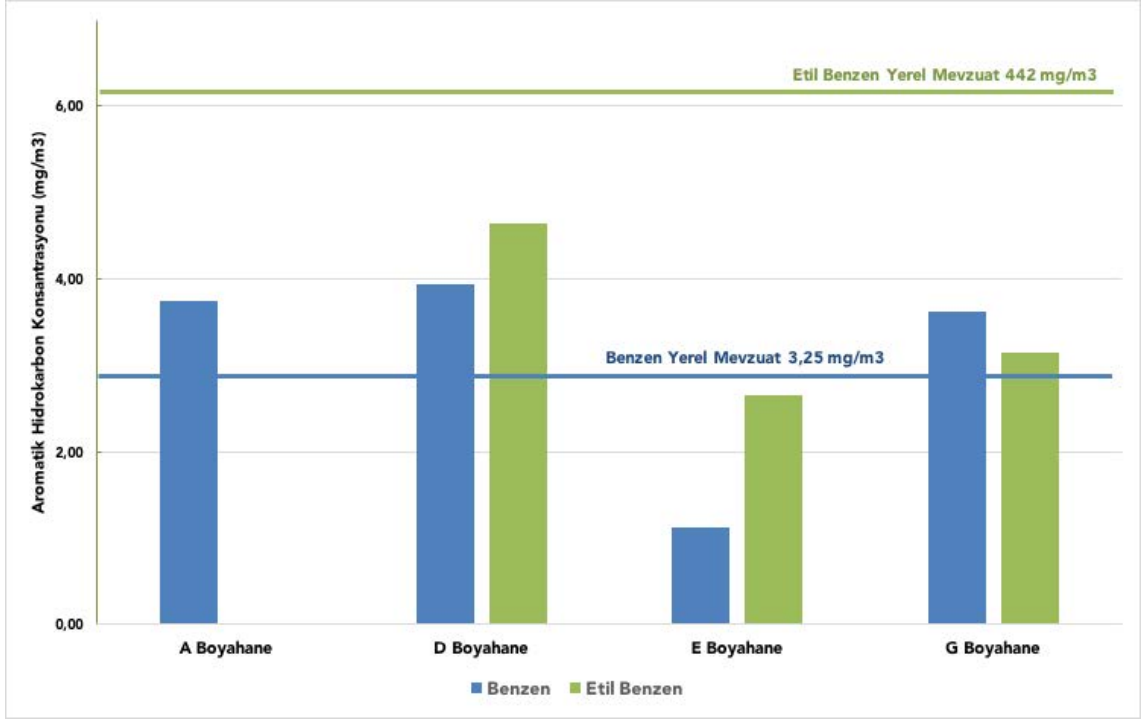
#### 4.2.4 Boyama İşleminde Kimyasal Ölçümleri

Boyama işleminde A, B, D, E ve G firmalarında uçucu aromatik hidrokarbon ölçümleri yapılmış olup Tablo 4.7.'de analiz sonuçları belirtilmiştir. Grafik 4.6. ve 4.7.'de sonuçlar sütun grafiği biçiminde sunulmuştur.

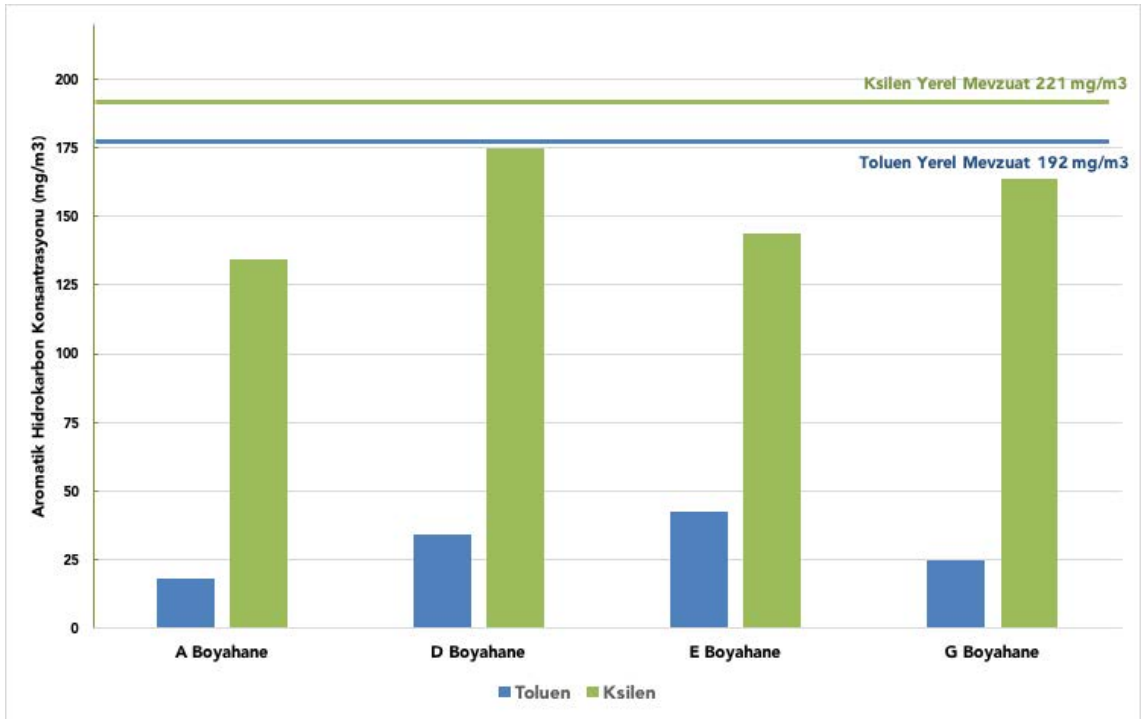
**Tablo 4.8 Boyama işleminde yapılan ölçümlerin sonuçları**

İşletme	Bölüm	Ölçüm	Sonuç	
A	Boyama	Uçucu aromatik hidrokarbon (mg/m <sup>3</sup> )	Benzen	<b><u>3,75</u></b>
			Tolüen	18,19
			Etil benzen	T.E.D.B
			(m-p-o) Ksilen	134,13
B	Boyama	Uçucu aromatik hidrokarbon (mg/m <sup>3</sup> )	Benzen	T.E.D.B
			Tolüen	T.E.D.B
			Etil benzen	T.E.D.B
			(m-p-o) Ksilen	T.E.D.B
D	Boyama	Uçucu aromatik hidrokarbon (mg/m <sup>3</sup> )	Benzen	<b><u>3,94</u></b>
			Tolüen	34,23
			Etil benzen	4,65
			(m-p-o) Ksilen	174,42
E	Boyama	Uçucu aromatik hidrokarbon (mg/m <sup>3</sup> )	Benzen	1,13
			Tolüen	42,53
			Etil benzen	2,65
			(m-p-o) Ksilen	143,53
G	Boyama	Uçucu aromatik hidrokarbon (mg/m <sup>3</sup> )	Benzen	<b><u>3,62</u></b>
			Tolüen	24,63
			Etil benzen	3,15
			(m-p-o) Ksilen	163,53





**Grafik 4.6. Boyama uçucu aromatik hidrokarbon maruziyet değerleri (benzen, etil benzen)**



**Grafik 4.7. Boyama uçucu aromatik hidrokarbon maruziyet değerleri (tolüen, ksilen)**

Havacılık sektörüne hizmet veren kuruluşlarda üretimin başlangıç noktası olan, uçak bağlantı noktalarında, iskeletinde, ana kirişinde kullanılan özel alüminyum alaşımlarının [56] şekillendirilmesi ve düzeltilmesini içeren bilgisayar destekli talaşlı imalat ve tesviye vb. işlemlerinde yapılan iş yeri havasında alüminyum, demir ve nikel ağır metal ölçümlerinde, bu elementlere maruziyetin referans sınır değerlerin oldukça altında çıktığı görülmüştür. Tablo 4.5.'te görüldüğü üzere alüminyum derişimi 0,113-0,214 mg/m<sup>3</sup> aralığında belirlenmiştir, en yüksek alüminyum maruziyetine C firmasının talaşlı imalat 1 bölümünde rastlanmıştır. Diğer kimyasallar olan demir 0,045-0,072 mg/m<sup>3</sup>, nikel ise 0,001-0,002 mg/m<sup>3</sup> mertebesinde ölçülmüştür. Bu elementler için TWA maruziyeti sınır değerleri NIOSH için sırasıyla 5 ve 0,015 mg/m<sup>3</sup> olduğu göz önünde bulundurulduğunda bu işlemde sınır değerlerin önemli ölçüde altında olsa da maruziyetin var olduğu söylenebilmektedir. Düşük çıkan demir ve nikel maruziyetleri sebebi olarak yapılan işin hassasiyeti ve parçaların uçak gövde parçası olması sebebiyle, kullanılan bilgisayar destekli CNC tezgahlarının parça kesimi sırasında, parçaların fiziksel ve kimyasal özelliklerini kaybetmemelerini sağlamak üzere gerekli soğutma ve atık parça uzaklaştırma işlemlerini yapabilecek nitelikte teknolojik makinalar olması söylenebilir. Bu sistemlerdeki, kapalı sistem çalışma, kesme ve delme işleminin gerçekleştiği noktada var olan hava çekişinin yeterli olması maruziyetin sınır değerlerin altında çıkmasında önemli faktörlerdir. İlgili işlemde kullanılan soğutma kimyasalı olan ve çeşitli hidrokarbonlardan oluşan bor yağının incelenen malzeme güvenlik bilgi formundan alınan bilgilere paralel olarak aromatik hidrokarbon maruziyete neden olmadığı da yapılan ölçümle görülmüştür, bu ölçüm sonucunda işçilerde benzen, tolüen, etil benzen veya ksilen maruziyetine rastlanmamıştır. Bulgularda değinilen, talaşlı imalat yapılan ortamlarda günlük çıktıyı arttırmak amacıyla tezgahların sık bir şekilde yerleştirilmesi ve soğutucu ürünlerin oluşturduğu havasız ortam anlık gaz ölçüm sonuçlarına yansımış ve ölçüm yapılan üç yerin ikisinde karbondioksit derişimi normalden yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Alüminyum alaşım malzemelerin, korozyonu geciktirmek, dayanırlıklarını arttırmak ve boyama işlemine hazırlamak için uygulanan Alodine, Eloksal (anodize) ve diğer metallerle kaplanması yüzey işleme ve yüzey kaplama başlığında değerlendirilmiş olup bu işlemde demir, alüminyum, krom ve kadmiyum ağır metallerinin işyeri havasından numuneleri alınıp derişimleri hesaplanmıştır. Tablo 4.6.'da görüldüğü üzere bu işlemde referans sınır değeri 0,5

mg/m<sup>3</sup> olan krom elementine A firmasının eloksal kaplama hattında 0,27 ve 0,124 mg/m<sup>3</sup> mertebesinde maruziyet tespit edilmiştir. Referans sınır değere yakın bu konsantrasyonun kaplamada kullanılan altı değerlikli krom sebebiyle yaşandığı ve uzun vadede çalışanların sağlığını tehdit edici sonuçlar doğurabileceği değerlendirilmiştir. Bunun yanı sıra F ve G işletmelerinde 0,2 ve 0,18 mg/m<sup>3</sup> alüminyum konsantrasyonu tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, yetersiz havalandırma ve çalışanların kaplama işleminde, banyolara parçaları elle daldırmalarının sebep olabileceği değerlendirilmiştir. Yetersiz havalandırmanın sebep olduğu düşünülen bir diğer etmen ise ortamda tespit edilen karbondioksit, formik asit ve sülfür dioksit kimyasallarıdır. Ölçüm alınan beş noktanın ikisinde yüksek miktarda karbondioksit konsantrasyonu tespit edilirken, aşındırma ve kaplama işleminde yoğun olarak kullanılan asitlerin maruziyeti beş noktadan dördünde yüksek formik asit ve sülfür dioksit kimyasalları tespit edilmiştir. Ayrıca, çalışanların yüzey temizliğini solvent maddeler kullanarak elle yaptıkları D ve F işyerlerinde alınan aromatik hidrokarbon numunelerinden referans sınır değerlerin oldukça altında sonuçlar elde edilmiştir.

İşlem gören parçalara uygunluk incelenmesi yapılan tahribatsız muayene işlemi gözle görülmeyen çatlakların ve deformasyonların UV altında ışımaya yapan penetrant kimyasallar sayesinde görülmesi prensibine dayalıdır. Bu işlem sırasında yapılan işyeri havasında aromatik hidrokarbon konsantrasyonu tespitinde çalışanların referans sınır değeri 192 mg/m<sup>3</sup> olan ksilen bileşiğine A, D ve G işletmelerinde sırasıyla 136,29, 144,64, 124,64 mg/m<sup>3</sup> konsantrasyonlarında maruz kaldığı tespit edilmiştir. Penetrant kimyasalların yüzeyden temizlemede kullanılan çözücülerin ksilen içermesi bu maruziyetin ana sebebi olarak gösterilebilir. KKD veya havalandırma gibi önlemlerden önce, çalışmalarda kullanılan materyallerin çalışan sağlığını etkilemeyecek kimyasallarla ikame edilmesi bu maruziyeti gidermede başvurulacak ilk önlem olarak değerlendirilmiştir. Bu işlem sırasında karbonmonoksit, karbondioksit, azot oksit, formik asit, etil asetat, sülfür dioksit, n-hekzan tespitine yönelik yapılan anlık kimyasal gaz konsantrasyonu ölçümünde bu kimyasallara rastlanmamıştır.

Boyama işlemi, üretilen uçak parçalarının yan sanayi hizmeti verilen firmalara gönderilmeden önce uygulanan son işlem olmaktadır. Kuruluşlarda yapılan inceleme ve görüşmelerden,

kullanılan boyaların hizmet verilen firmalarca belirlendiği ve kalite standartları gereği her işlem için özel olarak belirlenen boyalardan farklı boya kullanılmadığı tespit edilmiştir. Boyaların malzeme güvenlik bilgi formları incelenmiş olup, kurşun ihtiva etmedikleri görülmüştür, bu nedenle ilgili işlemde sadece aromatik hidrokarbon tayini yapılmıştır. Yapılan ölçümler sonucu numune alınan beş noktadan üçünde Kanserojen veya Mutajen Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik uyarınca belirlenen sınır değerlerin üzerinde  $3,62 - 3,94 \text{ mg/m}^3$  mertebesinde benzen maruziyeti olduğu saptanmıştır. Ayrıca ksilen maruziyeti de iki noktada sınır değere oldukça yakın konsantrasyonda bulunmuştur. Bu solvent maddelerin kaynağı boya içerisinde inceltici olarak kullanımlarıdır. Tahribatsız muayene işleminde belirtildiği gibi öncelikle bu maddelerin ikamesi için gerekli araştırma ve çalışmaların yapılması gerekmektedir. Bunu takiben boyahanelerin havalandırma sistemlerinin etkinlikleri gözden geçirilmelidir. Ayrıca KKD kullanımı açısından hem boyama hem de tahribatsız muayene işlemlerinde, çalışanların sadece maske kullandıkları görülmüş olup, kimyasalların cilde nüfuz etmesini ve ilgili işlemlerde çalışmadıkları sürelerde üzerlerinde bulunan kıyafetlere bulaşarak maruziyete neden olmasını engellemek için tüm vücudu kaplayan tulumlar giymeleri gerektiği tespit edilmiştir. Benzen maruziyetinin lösemi ve non-hodgkin lenfoma hastalıkları ile güçlü ilişkili olduğu [57] göz önünde bulundurulduğunda önlem alınması gereken öncelikli konu olduğu tespit edilmiştir.

### **4.3 ÖLÇÜMLERİN İSTATİSTİKSEL SINANMASI**

Elde edilen ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı t testi ve varyans analizi (ANOVA) ile sınıanmıştır.

Benzen, tolüen ve ksilen aromatik hidrokarbonlarının ölçümleri yüzey işleme – yüzey kaplama, tahribatsız muayene ve boyama işlemleri için ortak olarak yapılmıştır. Bu ölçümlerden elde edilen analiz sonuçlarının ortalamalarının istatistiki olarak birbirlerinden farklı olduğunu göstermek amacıyla bu verilerin üç gruptan oluşması nedeniyle ANOVA analizi uygulanmıştır.

Yüzey işleme – yüzey kaplama işlemi için iki, tahribatsız muayene işlemi için üç, boyama

işlemi için dört adet benzen maruziyet değeri bulunmaktadır. Sınanan hipotez;

$H_0$ : Benzen maruziyet değerlerinin ortalamaları birbirine eşittir

$H_1$ : En az bir benzen maruziyet değeri diğerlerinden farklıdır

şeklinde oluşturulmuştur.

Yüzey işleme – yüzey kaplama, tahribatsız muayene ve boyama işleri için benzen maruziyet değerlerinin ortalaması sırasıyla 0,115, 0,221, 3,110 standart sapmaları ise 0,007, 0,215, 1,327 olarak hesaplanmıştır. Bu analiz için F değeri 10,67 olarak hesaplanırken, p değeri 0,0106 olmuştur. Bu durumda 0,05 güven aralığında bu  $H_0$  hipotezi reddedilebilmektedir. Sonuç olarak, üç ayrı işlemde yapılan benzen maruziyet değerlerinin ortalaması istatistiki olarak birbirlerinden farklıdır. Boyama işleminde benzen maruziyeti diğer iki işlemde yüksek olduğu bu bağlamda ifade edilebilir. ANOVA analizinin çıktısı EK.2’de bulunmaktadır.

Yüzey işleme – yüzey kaplama işlemi için iki, tahribatsız muayene işlemi için üç, boyama işlemi için dört adet tolüen maruziyet değeri bulunmaktadır. Sınanan hipotez;

$H_0$ : Tolüen maruziyet değerlerinin ortalamaları birbirine eşittir

$H_1$ : En az bir tolüen maruziyet değeri diğerlerinden farklıdır

şeklinde oluşturulmuştur.

Yüzey işleme – yüzey kaplama, tahribatsız muayene ve boyama işleri için tolüen maruziyet değerlerinin ortalaması sırasıyla 7,985, 2,757, 29,895 standart sapmaları ise 3,358, 1,457, 10,695 olarak hesaplanmıştır. Bu analiz için F değeri 11,91 olarak hesaplanırken, p değeri 0,0081 olmuştur. Bu durumda 0,05 güven aralığında bu  $H_0$  hipotezi reddedilebilmektedir. Sonuç olarak, üç ayrı işlemde yapılan tolüen maruziyet değerlerinin ortalaması istatistiki olarak birbirlerinden farklıdır. Boyama işleminde tolüen maruziyeti diğer iki işlemde yüksek olduğu bu bağlamda ifade edilebilir. ANOVA analizinin çıktısı EK.2’de bulunmaktadır.

Yüzey işleme – yüzey kaplama işlemi için iki, tahribatsız muayene işlemi için üç, boyama işlemi için dört adet ksilen maruziyet değeri bulunmaktadır. Sınanan hipotez;

H<sub>0</sub>: Ksilen maruziyet değerlerinin ortalamaları birbirine eşittir

H<sub>1</sub>: En az bir ksilen maruziyet değeri diğerlerinden farklıdır

şeklinde oluşturulmuştur.

Yüzey işleme – yüzey kaplama, tahribatsız muayene ve boyama işleri için ksilen maruziyet değerlerinin ortalaması sırasıyla 6,280, 135,190, 153,902 standart sapmaları ise 4,639, 10,045, 18,368 olarak hesaplanmıştır. Bu analiz için F değeri 75,07 olarak hesaplanırken, p değeri 0,0001 olmuştur. Bu durumda 0,05 güven aralığında bu H<sub>0</sub> hipotezi reddedilebilmektedir. Sonuç olarak, üç ayrı işlemde yapılan ksilen maruziyet değerlerinin ortalaması istatistiki olarak birbirlerinden farklıdır. Boyama işleminde ksilen maruziyeti diğer iki işlemde yüksek olduğu bu bağlamda ifade edilebilir. ANOVA analizinin çıktısı EK.2’te bulunmaktadır.

Aromatik hidrokarbon maruziyet değerleri tüm parametreler için istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmüştür. Elde edilen değerler, rastlantısal eş varyanslı değerler olmamakla beraber ölçüm yapılan işlemler için karşılaştırılabilir değerlerdir. Yapılan işin özellikleri, havalandırma gibi ortam şartları ve kullanılan kimyasallar ölçüm sonuçlarındaki farklılaşmanın sebepleri olarak gösterilebilir.

Talaşlı imalat ve yüzey işleme – yüzey kaplama işlemlerinde ortak olarak demir ve alüminyum maruziyet değerleri elde edilmiştir. Bu iki ağır metal için maruziyet değerleri, iki ayrı işlemde elde edilen iki gruptan oluşan bir veri seti olduğu için ortalamalarının birbirlerinden istatistiki olarak farklı olup olmadıkları bağımsız ortalamalı t testi yapılarak belirlenmiştir.

Yüzey işleme – yüzey kaplama işlemi için beş, talaşlı imalat işlemi için üç, adet demir maruziyet değeri bulunmaktadır. Bu değerler için sınan hipotez;

H<sub>0</sub>: Demir maruziyet değerlerinin ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık yoktur

H<sub>1</sub>: Demir maruziyet değerlerinin ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık vardır

şeklinde oluşturulmuştur.

t testi sonucunda, bu değerler için t değeri 0,51, p değeri 0,63 olarak hesaplanmıştır. 0,05 güven aralığı içerisinde  $H_0$  hipotezi reddedilemez. Bu iki işlem için alınan demir numunelerinden hesaplanan maruziyet değerleri arasında istatistiksel bir fark bulunmamaktadır. Dolayısıyla bu ortalamalar birbirleriyle kıyaslanabilir değildir.

Yüzey işleme – yüzey kaplama işlemi için beş, talaşlı imalat işlemi için üç, adet demir maruziyet değeri bulunmaktadır. Bu değerler için sınan hipotez;

$H_0$ : Demir maruziyet değerlerinin ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık yoktur

$H_1$ : Demir maruziyet değerlerinin ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık vardır

şeklinde oluşturulmuştur.

t testi sonucunda, bu değerler için t değeri 0,51, p değeri 0,63 olarak hesaplanmıştır. 0,05 güven aralığı içerisinde  $H_0$  hipotezi reddedilemez. Bu iki işlem için alınan demir numunelerinden hesaplanan maruziyet değerleri arasında istatistiksel bir fark bulunmamaktadır. Dolayısıyla bu ortalamalar birbirleriyle kıyaslanabilir değildir.

Yüzey işleme – yüzey kaplama işlemi için beş, talaşlı imalat işlemi için üç, adet alüminyum maruziyet değeri bulunmaktadır. Bu değerler için sınan hipotez;

$H_0$ : Alüminyum maruziyet değerlerinin ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık yoktur

$H_1$ : Alüminyum maruziyet değerlerinin ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık vardır

şeklinde oluşturulmuştur.

t testi sonucunda, bu değerler için t değeri 1,08, p değeri 0,32 olarak hesaplanmıştır. 0,05 güven aralığı içerisinde  $H_0$  hipotezi reddedilemez. Bu iki işlem için alınan alüminyum numunelerinden hesaplanan maruziyet değerleri arasında istatistiksel bir fark bulunmamaktadır. Dolayısıyla bu ortalamalar birbirleriyle kıyaslanabilir değildir.

Maruziyet sınır değerlerinin oldukça altında belirlenen demir ve alüminyum maruziyet değerlerinin t testi sonuçları, bu ağır metallerin ilgili işlemlerde yapılan ölçümlerinde yapılan

işin özelliklerinin ölçümleri etkileyecek bir farklılık yaratmadığı anlaşılmıştır.

#### **4.4 TESPİT EDİLEN TEHLİKELER**

Çalışmada incelenen firmalar, iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili konularda İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü tarafından yetkilendirilmiş ortak sağlık ve güvenlik biriminden hizmet almaktadırlar. İlgili firmalarda kısmi zamanlı işyeri hekimi ve iş güvenliği uzmanı çalışmaktadır. Tüm işletmelerde risk değerlendirmesi çalışmasının yapılmış olduğu görülmüştür. Ayrıca acil durum planları mevcuttur. Bu çalışmada işletmedeki risk tespitleri fiziksel, kimyasal, mekanik, ergonomik riskler, yangın ve patlama riskleri şeklinde Uluslararası Sosyal Güvenlik Teşkilatı (International Social Security Association-ISSA) risk değerlendirmesi rehberine uygun olarak sınıflandırılmıştır. Tespit edilen tehlike, risk ve bunlara binaen getirilen çözüm önerileri EK.1’de sıralı olarak sunulmuştur.

##### **4.4.1 Fiziksel Risk Etmenlerine İlişkin Tespitler**

Çalışmanın yürütüldüğü işletmelerde, tespit edilen fiziksel riskler her işlem için ayrı ayrı sınıflandırılmıştır. Göz önünde bulundurulan fiziksel faktörler;

- Gürültü
- Titreşim
- Aydınlatma
- Termal Konfor

olarak belirtilmektedir.

##### **4.4.1.1 Talaşlı İmalat İşlemi**

Üretim alanları içerisinde, bilgisayar kontrollü (CNC) talaşlı imalat ve tesviye işlemlerinde birbirlerine çok yakın konumlandırılmış tezgahların yüksek seviyede gürültüye neden olduğu tespit edilmiştir. Alanı daha verimli kullanmak amacıyla bu şekilde konumlandırılmış tezgahlar, uzun süreli maruziyete neden olmaktadır. İşitme kaybına neden olma ihtimali taşımaktadır. Çalışanlar için bu işleme özel gerekli uyarıların ve talimatların görünür ve dikkat çekici şekilde konumlandırıldığı, buna rağmen koruyucu gözlük ve kulaklık gibi kişisel



koruyucu donanımların kullanımında gerekli ihtimamın gösterilmediği görülmüştür. Şekil 4.8.'de tesviye tezgahında görevli bir çalışanın, çalışma alanı görülmektedir.



**Resim 4.1. Tesviye tezgahı**

Çalışma alanında aydınlatmanın yetersiz olduğu belirlenmiştir. Özellikle CNC tezgahlarında kesici uç değişimi, kesilecek parça konması, çapakların elle temizlenmesi gibi işlerde tezgahları müdahale eden çalışanın, tezgahın kesim odasını aydınlatan bir mekanizma bulunmamaktadır. Bununla beraber Şekil 4.9'da gösterilen bu işlemde görevli çalışanların başlarına takabilecekleri yapay ışık kaynakları kullanmadıkları tespit edilmiştir.



**Resim 4.2. CNC tezgahı parçalarına müdahale eden çalışan**

Talaşlı imalatta fiziksel risk oluşturduğu gözlemlenen diğer bir etmen ise işyeri ortamında termal konforu etkileyen, CNC tezgahlarında kesilen metal bloklarını soğutmak üzere kullanılan bor yağının yoğun kullanımınıdır. Ortamda yeterli havalandırmanın sağlanmaması ve belirli bir alanda sık ve çok miktarda CNC tezgahının bulunmasıyla beraber ortam sıcaklığı ve nem düzeyi, çalışanı rahatsız edecek şekilde yükselmesine ve ortamda hissedilir miktarda bor yağı kokusu hakim olmasına neden olmaktadır.

Ayrıca Şekil 4.8.'de görülen açık tezgahta uygulama yapılan tesviye işleminde, düzeltilmesi gerçekleştirilen parçalardan ve kullanılan zımparadan kaynaklı tozların maruziyetine neden olabilecek bir zemin oluşturmaktadır. İncelemenin yapıldığı anda tezgahın üzerindeki havalandırmaların çalışmadığı görülmüştür. KKD kullanımında da gerekli özenin gösterilmediği tespit edilmiştir.

#### **4.4.1.2 Yüzey İşleme – Yüzey Kaplama**

Yüzey işleme ve yüzey kaplama işlemlerinin ağırlıklı olarak aşındırma ve kaplama banyolarında yapıldığı gözlemlenmiştir. Özellikle OSTİM OSB bölgesinde bu işlemi uygulayan firmalarda çalışılan ortamların fiziksel şartlarının yetersizliği çalışanların termal konforunu olumsuz yönde etkilemektedir. Alçak tavanlı, sadece aralarından geçmeye izin verecek kadar sıkça yerleştirilen aşındırma ve kaplama banyolarında buharlaşma sonucu oluşan nem ve kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan ısı bu sorunun temel kaynakları olduğu görülmüştür.

#### **4.4.1.3 Tahribatsız Muayene**

Tahribatsız muayene işlemi, işlemin doğası gereği kontrol edilen parçanın özel kimyasallar ve UV ışık ile aydınlatılması ve çevre ortamın karanlık olması gerekliliği, aydınlatma yönünden yetersiz olduğu gözlenmiştir. Çalışanların çatlak muayenesinde kullanılan güçlü UV ışık kaynaklarına uzun süre maruz kaldığı ve bu işlem sırasında koruyucu ve engelleyici bir gözlük kullanmadıkları tespit edilmiştir. Ayrıca Şekil 4.10'da gösterilen bu işlemin uygulandığı alanın diğer işlem alanları ile yakın olması, tezgah çevresinin, çatlak muayenesini daha etkin yapılabilmesi için daha karanlık tutulması ile diğer işlemlerin yürütüldüğü alanlarda aydınlatmanın yetersiz olmasına neden olduğu görülmüştür.



**Resim 4.3. Tahribatsız muayene işlemi**

#### **4.4.1.4 Boyama**

Boyama işlemi esnasında Şekil 4.11’de görülen boya kabinlerde gürültü varlığı tespit edilmiştir. Havalandırma amacıyla kabinlerde su devir daimi yapılan, yukarıdan gelen basınçlı havanın artık boya parçacıklarını zeminin altında akan suya yönlendirdiği sistemin oluşturduğu ve boya tabancasının neden olduğu ses, kapalı kabin içerisinde gürültü seviyesini yükseltmektedir. Aynı zamanda su vasıtasıyla yapılan soğutmanın, kabin içerisindeki sıcaklığı düşürdüğü belirlenmiştir.



**Resim 4.4. Sulu havalandırma sistemli boya kabini**

## 4.4.2 Kimyasal Risk Etmenlerine İlişkin Tespitler

Uygulanan işlemlerde çalışanların, çalışmalarda kullanılan veya açığa çıkan kimyasalları solumaları, sıçrama, yutma gibi nedenlerle temas etmeleri, ayrıca kullanılan kimyasalların saklama koşullarına uygun düzenlenmemiş olmaları ve açıklayıcı dokümanların eksik olması kimyasal neden olduğu görülmüştür.

### 4.4.2.1 Talaşlı İmalat

Talaşlı imalatta, CNC tezgahı, torna, freze, testere ve matkap işlemlerinin tümünde işlem gören metali soğutmak ve çıkan metal parçalarını uzaklaştırmak amacıyla bor yağı kullanılmaktadır. Fiziksel risk faktörlerinde bahsi geçen çalışma şartlarında bu ürünün kullanımında kimyasal risklerin de olduğu gözlemlenmiştir. İçerisinde yüksek miktarda hidrokarbon karışımları bulunan bor yağının [55] solunum yoluyla maruziyetinin bulunduğu tespit edilmiştir. Şekil 4.12.'de bor yağının soğutma işleminde kullanımını gösteren görsel bulunmaktadır. %5-6 oranında suyla karıştırılan bu ürün, karışımda beyaz renk oluşturmaktadır. Bu bölümde yapılan anlık gaz ölçümlerinde tüm cihazların beraber çalışması, sıkışık düzenlenmiş çalışma ortamı ve yetersiz havalandırma gibi nedenlerde ortamda yüksek miktarda CO<sub>2</sub> derişimi tespit edilmiştir. Ayrıca referans sınır değerlerin altında olsa da tespit edilen alüminyum derişimi önemli seviyededir.



Resim 4.5. Bor yağı ile soğutma

#### 4.4.2 Yüzey İşleme – Yüzey Kaplama

Yüzey işleme – kaplama işleminin gerçekleştirildiği banyolarda çalışanların daldırma işlemlerini elle yaptıkları gözlemlenmiştir. Bu uygulamanın ilk işlemi olan sıcak alkali yağ alma işleminde, malzeme üzerinde biriken ve kaplama öncesi giderilmesi gereken yağ birikintilerinin bazik solüsyonla kimyasal reaksiyona girmesi esnasında sıcaklığı 45-50 °C'ye çıkması, bu işlem esnasında çalışanın kimyasal buharına maruz kalmasına neden olmaktadır. Ayrıca Şekil 4.13'de görülen el ile daldırma esnasında KKD kullanılmadığı durumlarda kimyasal maddeyi soluma ve kimyasalın sıçraması ile cilde temas etmesi söz konusu olabilir. Ek olarak yine kaplama banyolarında kullanılan kimyasalların saklanması ve işaretlenmesi konusunda gerekli önlemlerin alınmadığı ve kimyasallara ait Türkçe malzeme güvenlik bilgi formlarının çalışanların ulaşabilecekleri bir yerde tutulmadığı tespit edilmiştir. Banyoların fiziksel açıdan yetersiz ortamlarda sık olarak konumlandırılması ve gerekli havalandırma koşullarının sağlanmamasıyla beraber bu banyolarda yüzey temizleme, alodine, eloksal ve diğer ağır metallerle kaplama işlemleri sürekli devam etmesi ortam şartları kullanılan kimyasalların maruziyet oluşturmaya sebep olmaktadır. Yapılan ölçümler de bu işlemde formik asit ve kükürt dioksit kimyasallarının varlığını göstermektedir. Dikkat çekici bir diğer husus ise OSHA'ya göre maruziyet sınır değeri 0,0025 mg/m<sup>3</sup> olan kadmiyum metalinin derişiminin bu işlemde 0,0005-0,0010 mg/m<sup>3</sup> olduğu belirlenmiş olmasıdır.



**Resim 4.6. Alodine kaplamada daldırma yapan çalışan**

#### 4.4.2.3 Tahribatsız Muayene

Tahribatsız muayene tezgahlarında lokal havalandırmanın bulunmaması önemli bir maruziyet sebebi olarak gözlemlenmiştir. Eldiven, maske ve gözlük gibi KKD kullanımını bireysel olarak gerekli önlemlerin alındığını göstermektedir. Kullanılan penetrant kimyasallarının kapalı alanda ve malzeme güvenlik bilgi formları bulunacak şekilde depolandığı belirlenmiştir.

#### 4.4.2.4 Boyama

Boyama işlemlerinin yukarıdan verilen havanın yüzeye tutunmayan boya parçacıklarını zemine doğru yönlendirdiği ve devir daim yapan suya aktararak yeniden boyama yapılan alana çıkmasının engellendiği kabinlerde yapıldığı görülmüştür. Bu tür sistemlerin kullanılması çalışanın kullanılan boyaya maruziyetini engelleyen bir faktör olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca işletmelerde kullanılan boyaların hizmet verilen Boeing, Airbus ve TAI gibi firmalarca standartları çerçevesinde belirlenmiş, kurşun ihtiva etmeyen boyalar olduğu tespit edilmiştir. Boyama işlemi özelinde karşılaşılan en dikkat çekici uygunsuzluk Şekil 4.14.'de görülen boya hazırlama birimlerinde gözlenen düzensizlik ve bu alanlarda havalandırma koşullarının yetersiz olması olarak gözlemlenmiştir.



**Resim 4.7. Boya hazırlama bölümü**

Ayrıca atık kimyasallar, amacı dışında kullanılmasını önleyecek uygun koşullarda değil, ağız açık bir şekilde bidonların içerisinde bekletildiği gözlenmiştir. Bidonların üzerinde içeriğine

ilişkin hiçbir bilgi bulunmadığı tespit edilmiştir.

#### **4.4.3 Mekanik Risk Etmenlerine İlişkin Tespitler**

Mekanik risk etmenleri çalışmada gözlemlenen dört bölüm için ortak olarak değerlendirilmiştir. Sektörde faaliyet gösteren ve çalışma kapsamında incelenen firmalarda en dikkat çeken mekanik risk etmenlerin düzensiz ve sıkışık çalışma ortamları ve kullanılan cihazlarda koruyucu aparatların eksikliği olduğu belirlenmiştir. Çalışma ortamında, kullanılan bor yağı, kaplama kimyasalları veya tahribatsız muayene kimyasallarının yere damlamasından kaynaklanan zemindeki ıslaklıklar, temizlenmediğinde kayma ve düşmeye bağlı yaralanma ihtimalini artırmaktadır. Çalışanların bu duruma karşı önlem niteliğinde sayılabilecek kauçuk tabanlı ayakkabılar giymedikleri gözlenmiştir.

Talaşlı imalat işleminde CNC tezgahlarının, parça fırlamasından, metal çapaklarının neden olacağı yaralanmalara karşı kapaklı ve korumalı kesme kabinlerinin kullanıldığı gözlemlense de tesviye, freze ve matkap biri insan kontrollü işlemlerde koruyucu aparatların daha rahat çalışma gerekçesiyle kaldırıldıkları gözlemlenmiştir.

Yüzey işleme – yüzey kaplama ve tahribatsız muayene işlemlerinde çalışma ortamının düzeninden kaynaklı riskler mevcuttur. Öncelikle Şekil 4.15'te görülen kaplama ve aşındırma banyolarının tümünün üzerleri açık olduğu ve çalışanlarının düşmelerine karşı bir önlem alınmadığı belirlenmiştir. Buna ek olarak daldırma işlemi yapan çalışanların üzerinde durdukları yükseltici platformların birbirlerine sabitlenmeden ve ayaklarına kaymayı önleyici kauçuk veya plastik malzeme konulmadan yerleştirildikleri gözlemlenmiştir.



**Resim 4.8. Daldırma işlemi yapan çalışan**

Düşmeye bağlı yaşanabilecek yaralanmalara sebep olabilecek başka bir faktörün Şekil 4.16'da görülen gelişigüzel dağılmış kablolar, boya ve kimyasal püskürtmekte kullanılan tabancalara bağlı hortumlar olduğu belirlenmiştir.



**Resim 4.9. Çalışma ortamında bulunan hortumlar**

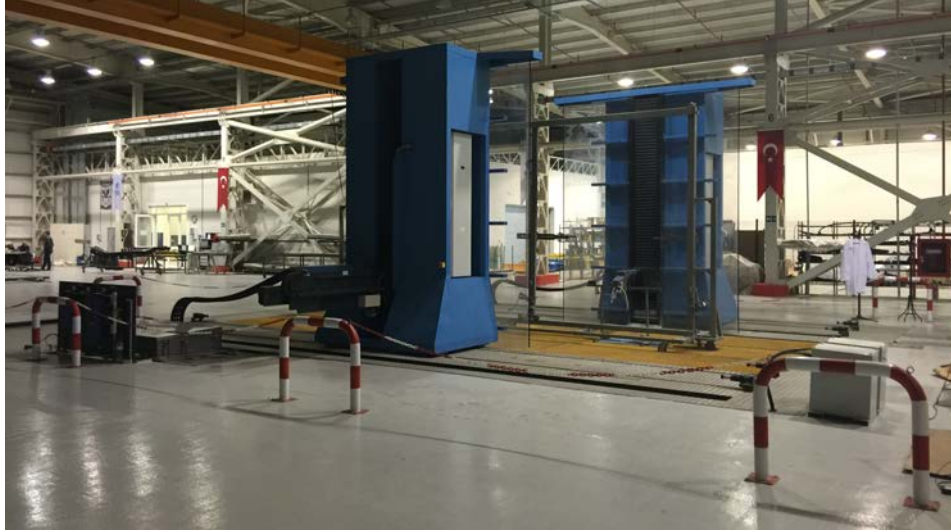
İşletmelerde, Şekil 4.17'de görüldüğü gibi bölümler arası geçiş koridorları alçak ve sıkışık olarak konumlandırılmıştır. Dikkatsizlik ve KKD kullanılmaması sonucu bu bölümlerde geçiş esnasında çalışanların başlarını çarpma veya düşme riskleri vardır. Alçak veya dar geçiş alanlarında bu durumu belirten uyarı levhalarının bulunmadığı gözlemlenmiştir.





**Resim 4.10. Geçiş alanı**

Üretilen parçaların fiziki incelemelerinin yapıldığı bilgisayar kontrollü makina kullanan işletmelerde bu makinaların çalışmaları esnasında sebep olabilecekleri çarpma ve yaralanma risklerine karşı çalışanların ve işletmede kullanılan forklift vb. taşıma araçlarının yaklaşmasını engelleyecek Şekil 4.18’de görülen koruma önlemlerinin alındığı görülmüştür.



**Resim 4.11. Parça kontrol makinaları**

#### **4.4.4 Ergonomik Risk Etmenlerine İlişkin Tespitler**

Tahribatsız muayene işleminde kullanılan tezgahların kas-iskelet sistemini zorlayıcı pozisyonlarda çalışmalarına neden olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.19’da görülen alçak

tezgahlarda çalışanlar uzun süreli eğilerek çalışmak zorunda kalmaktadırlar. Çalışanların sırt ve boyun ağrısı şikayetleri olduğu gözlemlenmiştir.



**Resim 4.12. Muayene işlemini gerçekleştiren çalışanlar**

Resim 4.6’da gösterilmiş olan daldırma işleminin çalışanlar tarafından yapılması önemli bir ergonomik risk etmeni olarak gözlemlenmiştir. Üzerlerine kaplanacak metal parçaları yerleştirilen çoklu kanca şeklinde ağır aparatlar, kaplamanın türüne göre belirli süreler boyunca çalışan tarafından daldırma havuzlarında tutulmaktadır. Dar alanlarda çalışmalarda veya kaplama banyoların bulunduğu bölümlerde yapılan herhangi bir çalışma sırasında, mekanik aksamlara çarparak çeşitli yaralanmalar meydana gelmektedir. Baş çarpmaları sonucu yaralanmaları engellemek üzere içi plastik kaplı şapka tedarik edildiği ancak çalışanların takmaya özen göstermediği gözlenmiştir.

Talaşlı imalat işleminde CNC tezgahlarında çalışanların, kesim bölümlerine parça yerleştirme, geri alma, makinaların çevresinde gözlem pencerelerine uzanma faaliyetlerinde uzanmaya çalışırken özellikle kısa boylu çalışanların hatalı duruş nedeniyle kas iskelet sistemlerini zorlayacak hareketler yaptıkları tespit edilmiştir.

#### **4.4.5 Yangın ve Patlama Kaynaklı Risk Etmenlerine İlişkin Tespitler**

Çalışmalarda boya, aşındırıcı, soğutucu ve çözücü gibi yanıcı ve oksitleyici maddeler kullanılmaktadır. Bu kimyasal maddelerin bazı işletmelerde kapalı ve havalandırılmış odalarda tutuldukları tespit edilmiştir. Depoların kapısında Şekil 4.20. ve 4.21.’de görüldüğü

üzere gerekli uyarı işaretleri ve talimat dokümanlarının yerleştirilmiştir. Depoların çalışma esnasında kapıları kapalı tutulmaktadır.



**Resim 4.13. Kimyasal madde depolama odası**



**Resim 4.14. Kimyasal madde dolapları**

Tüm işletmelerde çalışma alanlarında, kapalı bölümlerde sigara içmek kesinlikle yasaklanmıştır. Fakat yangın söndürücü tüpler görünür ve kolay ulaşılabilir bölümlerde bulunmasına özen gösterilmediği tespit edilmiştir.

Elektrik kontağı sonucu parlamaya, patlamaya ve yangına sebebiyet verecek durumlar işletmelerde sıkça karşılaşılmıştır. Topraklama ekipmanlarının gerekli koşulları sağlamadığı

bu konuda gerekli önlemlerin alınmadığı görülmüştür. Elektrik panoları, kimyasal işlem yapılan bölümlere Şekil 4.22’de görüldüğü üzere oldukça yakın konumlandırılmıştır.



**Resim 4.15. Elektrik panoları ve kontrol üniteleri**

Herhangi bir acil durumda kullanılmak üzere bulunması gereken acil çıkış kapıları ve acil çıkış yolları işletmelerin fiziksel şartlarıyla doğrudan ilişkilidir. Başkent OSB’de kurulu bulunan ve 5 yıldan az süredir faaliyette bulunan işletmelerde acil çıkış kapıları ve acil durum eylem planlarına gerekli özen gösterilmiş ve yaşanacak acil bir durumda çalışanların ulaşabilecekleri acil durum düğmelerinin yerleştirildiği gözlemlenmiştir. Buna karşın OSTİM OSB’de faaliyet gösteren firmalarda acil çıkış kapıları bulunmamakla beraber, herhangi bir acil durumda çalışanların, ortamı kolayca terk edebilecekleri fiziksel şartlar sağlanmamıştır.



## 5. TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında OSTİM Savunma ve Havacılık Kümelenmesi dahilinde yerel ve uluslararası uçak üretici firmalar için yan sanayi üretimi yapan firmalarda, talaşlı imalat, yüzey işleme - yüzey kaplama, tahribatsız muayene ve boyama olmak üzere dört ana işlem özelinde risklerin tespit edilmesi ve kimyasal maruziyetlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ulusal ve uluslararası standartlara göre oluşturulan talimatlara göre uçak parçası üretimi yapan seçilmiş iş yerlerinde ağır metal maruziyeti, uçucu aromatik hidrokarbon maruziyeti ve anlık olarak işyerlerinde ölçülen diğer kimyasallara olan maruziyetler belirlenmiştir.

D. Morano ve ark. A.B.D'de 1940'dan itibaren uçak imalatı işinde görevli çalışanların kimyasal maruziyetlerini değerlendirmek için çalışma yapmışlardır [58]. Bu çalışmada veriler uzun dönemli çalışanlarla yapılan görüşmelerle, uçak yapan firmalara yapılan ziyaretlerle, kapsamlı çevre değerlendirme raporlarının gözden geçirilmesiyle ve daha önceki çalışmalarda toplanan veriler kullanılarak oluşturulmuştur. Yaptıkları çalışmada havadan alınan numunelere göre krom içeren bileşiklerden kromik asit maruziyetin  $0,001 \text{ mg/m}^3$ , kromat maruziyetinin  $0,1 \text{ mg/m}^3$  olduğu tespit edilmiştir [58]. Bu çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiştir. Metal işleme işinde incelenen kadmiyum maruziyetinin ise  $0,02 \text{ mg/m}^3$  olduğu görülmüştür. Bu çalışmada, tezde de belirtilen kimyasal maruziyet etmenleri göz önünde bulundurulmuştur. Metal kesim işinde kullanılan soğutucu ve kayganlaştırıcı sıvıların önemli bir kimyasal maruziyet kaynağı olabileceği belirtilmiş fakat veri eksikliği sebebiyle sayısal değer verilmemiştir.

P. Lapuma ve ark. [59] A.B.D hava kuvvetleri uçak boyama tesislerinde yaptığı uçucu aromatik hidrokarbon maruziyeti özelinde olan çalışmada bu maruziyetin etmeninin elimine edilmesi için yapılan çalışmalar tartışılmıştır. 10 yıllık bir zamanı kapsayan çalışmalarında uçucu aromatik hidrokarbonlara karşı alınacak ilk önlemin solvent ve temizleyici kimyasallarda benzen, tolüen ve ksilen gibi bileşikleri en aza indirecek şekilde yenilemeler yapılması gerektiği belirtilmiştir. Bu önlemin uygulanması ile daha önce sınır değerlerin 1000 kat kadar üzerinde çıkan kimyasal maruziyetinin, limitlerin altına çekildiği belirtilmiştir [59]. Buna ek olarak KKD kullanımı ve boyama işinin yapıldığı bölümlerde hava sirkülasyonunun

dođru dzenlenmesinin de maruziyeti dūřurdūđu deđerlendirilmiřtir. Bu çalıřmada da görülen solvent kaynaklı aromatik hidrokarbon maruziyetine karřı alınması önerilen tedbirlerin, A.B.D hava kuvvetlerinde olduđu gibi maruziyet deđerlerini belirgin oranda dūřureceđi beklenmektedir.

Misty J. Hein ve ark. gerçekleştirdiği çalışmada ise çalışanların benzen, tolüen ve ksilen maruziyetlerine yönelik bir model oluşturulmuştur [60]. Bu modelin oluşturulması için işyerlerinde gerçekleştirilmiş iş hijyeni ölçüm sonuçlarının derlenmesiyle elde edilen veri tabanından faydalanılmıştır. Bu veri tabanında ölçüm sonuçlarının yanı sıra alınan yapılan iş, işlem, maruziyet kaynağı, havalandırma tipi, ortam sıcaklığı, maruziyet kaynağına olan uzaklık gibi bilgiler de bulunmaktadır [60]. Tüm bu bilgiler işında oluşturulan modelde örneğin spre y boyama işinde, yetersiz havalandırma şartlarında kapalı bir ortamda, maruziyet kaynağına 1,8 m mesafeden daha yakın, oda sıcaklığının üzerinde bir ortamda, ayda ortalama 380 l üzerinde kimyasal kullanan bir çalışanın 8 saatlik kişisel maruziyet ölçüm değerinin 2ppm'in üzerinde olacağı hesaplanmaktadır. Modelden elde edilen sonuç, bu çalışmada incelenen iş yerlerinde belirtilen şartlarda çalışanlar için ölçülen sonuçlarla rtuşmektedir. Tolüen için aynı koşullarda modelden elde edilen sonuç 50ppm'in üzerinde kalırken, bu çalışmada boyama işleminde çalışanlar için elde edilen 29.9ppm ortalamasının üzerindedir. Çalışmada incelenen iş yerlerinde kullanılan çözücü ve inceltici kimyasalların tolüen muhteiyatının genel koşullardan daha iyi olduğu söylenebilir.

Mohd Hafiz Zani ve ark. alışmalarında yaptıkları bilgisayar destekli CNC tezgahları için yaptıkları ergonomik etmenler ile ilgili değerlendirmede bu cihazların tasarlandıkları coğrafyalar itibariyle Avrupa ve A.B.D'de yaşayan insanların antropometrik özelliklerine göre tasarlandıkları belirtilmiştir. Çalışmanın gerçekleştirildiği ülke olan Malezya'da, bu durumun çalışanların çalışma esnasında duruş bozukluğu sonucu kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına sebep olduğu tespit edilmiştir [61]. Bu durumun antropometrik özellikleri makinaların üretildikleri ülkelerde yaşayan kişilerin antropometrik özelliklerinden farklı olduğu ülkelerde çalışan sağlığı açısından önemli bir risk faktörü oluşturduğu değerlendirilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında yapılan incelemelerde de benzer gözlemler yapılmıştır.

Viera ve Kumar CNC operatörlerinin alt sırt rahatsızlıkları (ASR) ile ilgili yaptıkları çalışma [62] bu alanda görev yapan çalışanların belirtilen rahatsızlıkları sıklıkla yaşadıklarını göstermiştir. Kayıt edilen yıl bazında ASR şikayetlerinin %5,4'ünün ve iş kaynaklı ASR şikayetlerinin %36'nın CNC operatörlerinde görüldüğü saptanmıştır [62]. Bir CNC çalışanın ortalama kaldırdığı yük miktarının 35kg olduğunun belirtildiği çalışmada, bu yük kaldırma işleminin sıklığı ve süresinin ASR şikayetleri ile doğrusal bağlantılı olduğu tespit edilmiştir. CNC cihazlarında görevli çalışanların çalışma şartlarında yapılacak, eğitim, kaldırılacak yüklerde net limitlerin belirlenmesi ve asimetrik yüklerin kaldırılmaması, kaldırıcı robot ekipmanların kullanılması gibi iyileştirmelerin bu sorunların azaltılmasında rol oynayabileceği belirtilmektedir. Özellikle uçak gövde iskeleti gibi talaşlı imalat işleminde imal edilen büyük parçaların CNC cihazlarına yerleştirilmesi ve cihazlardan çıkartılması esnasında çalışanların sırt, bel veya diğer eklemlerini sakatlama riskleri yapılan işyeri incelemelerinde tespit edilmiştir. Makalede bahsi geçen önlemlerin, uçak parçası üretimi faaliyetinde bulunan işyerlerinde de uygulanması gerekmektedir.





## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, aralarında bir çok ulusal ve uluslararası firmaya uçak parçası imalatı yapan yan sanayi kuruluşlarındaki İSG riskleri tespiti amacıyla incelemelerde bulunulmuş, ayrıca kimyasal maruziyetlerin belirlenmesi için ölçüm ve analizler yapılmıştır. İşletmelerin çoğunun, maruziyetler ile ilgili bir bilgi sahibi olmadığı gözlenmiştir. Bu işletmelere ağır metal, aromatik hidrokarbon ve diğer kimyasalların maruziyetlerinin ortaya çıkarabileceği olumsuzluklar hakkında bilgi verilmiştir.

### 6.1 SONUÇLAR

Tez çalışması sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- İşletmelerin tamamında iş güvenliği uzmanı ve iş yeri hekimi hizmet alımı sağlanmıştır. Tüm işletmelerde risk değerlendirmesi yapıldığı görülmüştür. Fakat işletmelerin çoğunda çalışanlar iş güvenliği uzmanının düzenli aralıklarla gelmediğini belirtmişlerdir.
- Kimyasal maruziyet değerlerinin belirlenmesi amacıyla sadece bir iş yerinde daha önce asit ölçümü yapılmıştır. Hiçbir işletmede aromatik hidrokarbon ve ağır metal maruziyetlerinin tespitine karşı iş hijyeni ölçümü yapılmamıştır.
- İşletmelerin büyük bölümünde üretim teknolojilerinin oldukça eski olduğu ve ortam fiziki koşul ve donanımlarının iyi olmadığı görülmüştür. Ölçüm yapılan işyerlerinde çoğunlukla çalışanlarda, aromatik hidrokarbon, asit ve ağır metal tehlikeleri konusunda bilinçsizlik ve bilgisizlik gözlemlenmiş olup uygun kişisel koruyucu donanıma sahip olsalar bile bunları düzenli kullanmadıkları gözlenmiştir.
- Boyama işlemi yapılan işletmelerin %60'ında tespit edilen benzen maruziyet değerleri ulusal mevzuatta belirtilen  $3,25 \text{ mg/m}^3$ 'lük sınır değerinin üzerindedir.
- Ksilen maruziyet değerleri boyama işlemi yapılan işletmelerin %80'inde, tahribatsız muayene yapan işletmelerinse tamamında ulusal mevzuatta belirtilen  $221 \text{ mg/m}^3$ 'lük sınır değerinin yarısından yüksek olduğu belirlenmiştir.
- Yüzey işleme – yüzey kaplama işlemi yürüten hatların %71'inde anlık asit maruziyeti varlığı tespit edilmiştir.

- Talaşlı imalat yapılan alanların %66'sında çalışma ortamının hava kalitesinin havalandırmalar ile yeterince sağlanmadığını gösteren yüksek ölçüde karbondioksit seviyesi tespit edilmiştir.
- Üretim aşamalarında kullanılan kaplama, penetrant kimyasallarının ve boyaların hizmet alan firmalarca belirlendiği ve sağlığa zararlı kurşun, MEK, TCE, PCE gibi kimyasallar içermeyen ürünlerin tercih edildiği görülmüştür. Bunların haricinde kaplamada kullanılan asit ve baz, boya inceltici, penetrant kimyasalı temizleyici veya talaşlı imalatta soğutucu ve kayganlaştırıcı ürünlerinde standart bulunmamaktadır.
- İncelemeler sırasında işletmelerin çoğunda yemek arası dahil dinlenme saatlerinin çalışma ortamında gerçekleştirildiği görülmüştür. Bu durum maruziyet süresini uzatacak olup, çalışanlar açısından önemli bir sağlık riski doğurmaktadır.
- Bu çalışma sonucunda havacılık sanayine üretim yapan firmalar için tüm iş sağlığı ve güvenliği risklerini kapsayan bir kontrol listesi hazırlanmıştır. (EK.3)

## 6.2 ÖNERİLER

Mevcut maruziyetlerin en aza indirilmesi ve işletmelerde tespit edilen diğer risklerin bertaraf edilmesi için önleyici mühendislik ve yönetsel önlemlerinin alınması gerekmektedir. Bu yaklaşımda en temel basamak tehlikenin kaynağında yok edilmesidir. Ardından ise daha az tehlikeli bir ürün/malzeme ile ikame, daha sonra mühendislik yenilikleri ile kapalı ve makine yardımcı üretime geçilmesi, uyarı ve yönergeler ve en sonunda ise kişisel koruyucu donanım kullanımı uygulamaları gerçekleştirilmelidir. Çalışma sonucu önerilen önlemler şu şekilde özetlenebilir:

- Yüzey işleme – yüzey kaplama işleminde kullanılan asit ve baz ürünlerine maruziyetin azaltılması için kapalı sistem kimyasal banyolar kurulmalıdır.
- Boyama ve tahribatsız muayene işleminde kullanılan boya inceltici, penetrant kimyasalı temizleyici kimyasallarının benzen ve ksilen içeriği bakımından daha az zararlı olanlarla ikame edilmelidir.
- İşletmelerde boyama uygulamaları yeterli havalandırmaya sahip boya kabinlerinde yapılsa da boya hazırlama bölümlerinde maruziyeti azaltacak bir tedbir bulunmamaktadır.

Kabinlerde bulunan havalandırma tertibatının, hazırlık bölümleri için de uygulanmalıdır.

- Boya uygulama işleminde kullanılan tulum, eldiven, maske gibi KKD'ler boya hazırlama işleminde de kullanılmalıdır.
- Yüzey işleme – yüzey kaplama işleminde kaplanacak parçaların kimyasal banyolara çalışanlar tarafından daldırılması, kimyasal maruziyete ve ergonomik rahatsızlıklara yol açtığı için bu işlem uygun teknolojik üretim yöntemleri kullanılarak uygulanmalıdır.
- Eski teknolojik sistemlerin gerek işlemlerin iyileştirilmesi gerekse maruziyetlerin azaltılması için yeni teknoloji ile değiştirilmesi gerekmektedir. Özellikle yüzey işleme – yüzey kaplama işleminde EK.4'te sunulmuş olan otomatik sistemler kurulmalıdır.
- Talaşlı imalatta kullanılan soğutucu ve kayganlaştırıcı sıvıların aşırı kullanımının önüne geçmek için çalışanlar bu konuda eğitim almalı ve CNC cihazlarının periyodik bakımları aksatılmadan yaptırılmalıdır.
- Tahribatsız muayene işleminin, işletmelerdeki diğer alanlardaki aydınlatmayı olumsuz yönde etkilememesi için müstakil ve kapalı bölümlerde yapılmalıdır.
- Tahribatsız muayene işleminde UV ışık kaynakları, çalışanın doğrudan görme alanı içerisinde bulunmamalıdır. Sadede muayene edilen parçayı aydınlatacak şekilde bir kapak veya koruyucu altına yerleştirilmelidir. İlave önlem olarak bu işlemde çalışanlar UV filtreli koruyucu gözlük kullanmalıdır.
- Çalışma alanlarında hava kalitesinin sürekli olarak kontrol edilmesi amacıyla karbondioksit ve karbonmonoksit detektörlerinin bulundurulması, baş dönmesi, dikkat dağınıklığı gibi iş kazalarına sebep olacak etmenleri ve zehirlenme riskini bertaraf edecektir.
- Atık kimyasallar imha veya nakil edilmeden önce etiketli, üzeri kapanabilir kaplarda muhafaza edilmeli, her kimyasal için ayrı bir muhafaza kabı bulundurulmalıdır. Atık kimyasalların depolanması ve taşınması ile görevli çalışanların bu konuda eğitim almış olması büyük önem taşımaktadır.
- Boyama ve tahribatsız muayene işlemlerini yürüten işletmelerin aromatik hidrokarbon ölçümlerini, bu kimyasallara olan maruziyet değerlerinin düşürülmesine yönelik alınan önlemlerin verimliliğini gözlemlemek ve maruziyet değerlerini kontrol altında tutmak amacıyla daha sık yaptırmalıdır.



## KAYNAKLAR

- [1] İstanbul Ticaret Odası *Türkiye'de Sivil Yerli Uçak Üretiminin Stratejik Analizi*, İstanbul, 2013
- [2] Esposito, E, Strategic Alliances and Internationalisation in the Aircraft Manufacturing Industry, *Technological Forecasting Social Change*, 71; 443-468, 2004
- [3] Case Study, Washington Üniversitesi,  
<http://faculty.washington.edu/nsniadec/ME354/W10/comet.pdf> (Erişim Tarihi: 07.09.2015)
- [4] MD11 History/Development <http://md-eleven.net/MD11-History-Developement> (Erişim Tarihi: 09.09.2015)
- [5] “Civil Aerospace Sector – Sector Profile”, TechnoFunc,  
<http://www.technofunc.com/index.php/domain-knowledge-2/aerospace-industry/item/civil-aerospace-sector> (Erişim Tarihi: 09.09.2015)
- [6] Tyson, L, Who's Bashing Whom?: Trade Conflict in High-technology Industries. *Washington, DC: Institute for International Economics*, 105; 56-58, 1993
- [7] Differential And More Favourable Treatment Reciprocity And Fuller Participation Of Developing Countries [https://www.wto.org/english/docs\\_e/legal\\_e/enabling\\_e.pdf](https://www.wto.org/english/docs_e/legal_e/enabling_e.pdf) (Erişim Tarihi: 12.10.2015)
- [8] Karsten, K, Nicholas, F, Peasley, M, Fuchigami, S, *Aerospace Sector Analysis* <http://documentslide.com/documents/aerospace-sector-analysis-group-members-kelly-karsten-nicholas-frank-maren.html> (Erişim Tarihi: 10.09.2015)
- [9] ICAO, *Economic Contribution of Civil Aviation Ripples of prosperity* <http://www.icao.int/sustainability/Documents/EconContribution.pdf> (Erişim Tarihi: 21.11.2015)
- [10] Lacher, S, Roth, F, Graber, C, *Business Report: Global Aircraft Manufacturing Industry Seminar paper*, 2004 (Erişim Tarihi: 24.11.2015)
- [11] Montréal International *Profile of the Aerospace industry* [http://www.montrealinternational.com/en/wp-content/uploads/sites/2/2013/10/Profile-of-the-Aerospace-Industry-in-Greater-Montreal\\_Single.pdf](http://www.montrealinternational.com/en/wp-content/uploads/sites/2/2013/10/Profile-of-the-Aerospace-Industry-in-Greater-Montreal_Single.pdf) (Erişim Tarihi: 09.11.2015)

- [12] Harrington, J, *The Economic Impact of Aerospace in Florida*, 2011  
<http://www.cefa.fsu.edu/content/download/110545/1027484/file/Final%20Space%20Florida%20Report%203-14-11.pdf> (Erişim Tarihi: 14.09.2015)
- [13] Snider, C, J. W. Williams, Barriers to Entry in the Airline Industry: A Multidimensional Regression-Discontinuity Analysis of AIR-21. *Review of Economics and Statistics* Sayı:97.5, Sayfa: 1002-022, 2005
- [14] Stephen F. De Angelis *Vertically Integrated Supply Chains*  
<http://www.enterrasolutions.com/2012/07/vertically-integrated-supply-chains.html> (Erişim Tarihi: 14.09.2015)
- [15] alışkan,  An Analysis of the Airbus-Boeing Dispute From the Perspective of the WTO Process *Ege Academic Review*, 10.4; 13-15, 2010
- [16] GAMA, *2014 General Aviation Statistical Databook 2015 Industry Outlook*  
[http://www.gama.aero/files/GAMA\\_2014\\_Databook\\_LRes%20-%20LowRes.pdf](http://www.gama.aero/files/GAMA_2014_Databook_LRes%20-%20LowRes.pdf) (Erişim Tarihi: 13.01.2016)
- [17] Baykal, O, “Türkiye’de uçak üretimi faaliyetlerinin tarihçesi”,  
<http://airkule.com/> (Erişim Tarihi: 01.02.2016)
- [18] Türk Ticari Havacılık Tarihi, D Yayınları, İstanbul, 2009
- [19] Gökğöz, G, Türkiye’de Sivil Havacılığın Serüveni, Dokuz Eylül Üniversitesi, 2009
- [20] Türk Sivil Havacılık Sisteminin Yapısal Analizi, Anadolu Üniversitesi, 2008
- [21] TAI Genel Tanıtım <https://www.tai.com.tr/tr/download/472>  
(Erişim Tarihi: 21.01.2016)
- [22] Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri*
- [23] OSTİM Savunma ve Havacılık Kümelenmesi  
<http://www.ostimsavunma.org/tr/content/kume-hakkında/281> (Erişim Tarihi: 01.02.2016)
- [24] Köksal, A., TAI Sanayileşme ve Kümelenme *Savunma Sanayii Gündemi Dergisi* 2; 2012
- [25] T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, *Boyama Ekipmanları ve Teknikleri*, Kimya Teknolojisi, 2013, Ankara
- [26] Hellier Charles J, *Handbook of Nondestructive Evaluation*, McGraw Hill, 2001

- [27] Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi, *Uçaklarda Tahribatsız Muayeneler*: 12-56, 2006
- [28] Armatlı M, *Uçak Bakımında Tahribatsız Kontrol Yöntemleri* 32-56; 2001
- [29] Aktaş, S, CNC Eğitimi Ders Notları, Kocaeli Üniversitesi (Erişim Tarihi: 16.09.2015)
- [30] Yüzey İşlemleri <http://www.ilve.com.tr/yeni/yislem.asp?d=TRK>  
(Erişim Tarihi: 16.09.2015)
- [31] Yağ Alma Neden Uygulanır <http://dogkim.com/yuzey-islem-yag-alma-neden-uygulanir.html> (Erişim Tarihi: 17.09.2015)
- [32] Uçaklarda Korozyon Önleme İşlemleri <http://hezarfendergi.com/ucaklarda-korozyon-onleme-islemleri/> (Erişim Tarihi: 16.09.2015)
- [33] Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik, 12.08.2013, 28733, T.C Resmi Gazete
- [34] KOBİ'ler için İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Rehberi – Metal Sektörü, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, 2013
- [35] Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik, 28.07.2013, 28721, T.C Resmi Gazete
- [36] Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik, 22.08.2013, 28743, T.C Resmi Gazete
- [37] Kürkcü, E, Çakar, İ, Zeyrek, S, İşyerlerinde Aydınlatma, İSGÜM, 2012
- [38] Tozla Mücadele Yönetmeliği, 05.11.2013, 28812, T.C Resmi Gazete
- [39] İSGİP, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İSGGM, *Çalışma Yaşamında Sağlık Gözetimi Rehberi*
- [40] İSGÜM, *Kapalı Alanlardaki Çalışmalarda İş Sağlığı ve Güvenliği* 2012
- [41] T.C Milli Eğitim Bakanlığı, *Mesleki Gelişim, İş Güvenliği ve İşçi Sağlığı*, 2014
- [42] Radican, L, A Retrospective Occupational Cohort Study Of End-Stage Renal Disease In Aircraft Workers Exposed To Trichloroethylene And Other Hydrocarbons. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 48; 1-12, 2004



- [43] Uang, S, Exposure Assessment Of Organic Solvents For Aircraft Paint Stripping And Spraying Workers. *Science of The Total Environment*, 356.1-3; 38-44, 2006
- [44] Park, H, Park, H, Jang, J, Exposure Characteristics of Construction Painters to Organic Solvents. *Safety And Health At Work*, 7(1); 63-71, 2015
- [45] Liu, H, Liang, Y, Bowes, S, Xu, H, Zhou, Y, Armstrong, Benzene Exposure in Industries Using or Manufacturing Paint in China—A Literature Review, 1956–2005. *Journal Of Occupational And Environmental Hygiene*, 6(11); 659-670, 2009
- [46] Carlton, G, England E, Exposures to 1,6-Hexamethylene Diisocyanate During Polyurethane Spray Painting in the U.S. Air Force. *Applied Occupational And Environmental Hygiene*, 15(9); 705-712, 2000
- [47] Bennett, J, Marlow, D, Nourian, F, Breay, J, Hammond, D, Hexavalent chromium and isocyanate exposures during military aircraft painting under crossflow ventilation. *Journal Of Occupational And Environmental Hygiene*, 13(5); 356-371, 2006
- [48] Nath Sen, R, Yeow, P, Ergonomic Study on the Manual Component Insertion Lines for Occupational Health and Safety Improvements. *International Journal of Occupational Safety And Ergonomics*, 9(1); 57-74, 2003
- [49] Muthukumar, K, Sankaranarayanan, K, Ganguli, A, Analysis of Frequency, Intensity, and Interference of Discomfort in Computerized Numeric Control Machine Operations. *Human Factors And Ergonomics In Manufacturing & Service Industries*, 24(2); 131-138, 2014
- [50] Gilbert, Y, Veillette, M, Mériaux, A, Lavoie, J, Cormier, Y, Duchaine, C, Metalworking Fluid-Related Aerosols in Machining Plants. *Journal of Occupational And Environmental Hygiene*, 7(5); 280-289, 2010
- [51] Jaakkola, M, Suuronen, K, Luukkonen, R, Järvelä, M, Tuomi, T, Alanko, K, Respiratory symptoms and conditions related to occupational exposures in machine shops. *Scandinavian Journal Of Work, Environment & Health*, 35(1); 64-73, 2009
- [52] DT.16 Ağır Metal Numune Alma Talimatı, İSGÜM, 18.05.2015
- [53] DT.12 Aromatik Hidrokarbonların Miktar Tayini Numune Alma Deney Talimatı, İSGÜM, 24.07.2015
- [54] DT.01 Aromatik Hidrokarbonların Miktar Tayini Deney Talimatı, İSGÜM 24.07.2015
- [55] OVM Petrol Ofisi A.Ş, Güvenlik Bilgi Formu: Bor Yağı, Rev. 17.06.2011
- [56] Güler, Kerem A, Uçak Yapımında Kullanılan Malzemeler Ve Özelliklerinin İncelenmesi, *Bitirme Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Kimya-Metalurji Fakültesi Metalurji Ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 2003

- [57] Keskin, Ö, Aksoy, S, Meslek İlişkili Kanserler, *Hacettepe Tıp Dergisi*, 42; 173-179, 2011
- [58] Marano, Donald E, John D. Boice, Jon P. Fryzek, Jodi A. Morrison, Christopher J. Sadler, and Joseph K. Mclaughlin, Exposure Assessment for a Large Epidemiological Study of Aircraft Manufacturing Workers. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 15.8; 644-56, 2000
- [59] Lapuma, T, W. Emmett Bolch, The Impact of Recirculating Industrial Air on Aircraft Painting Operations. *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 14.10; 682-90, 1999
- [60] Hein, Misty J, Issues When Modeling Benzene, Toluene, And Xylene Exposures Using A Literature Database. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 5.1; 36-47, 2007
- [61] Zani, M, Halim, I, Muhammad S, An Overview of Ergonomics Problems Related to CNC Machining Operations., *Advanced Engineering Forum AEF*, 10; 137-42, 2013
- [62] Vieira, E, Kumar, S, Occupational risks factors identified and interventions suggested by welders and computer numeric control workers to control low back disorders in two steel companies. *International Journal Of Industrial Ergonomics*, 37(6); 553-561, 2007



## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

SOYADI, Adı : DEMİRDELEN, Mert  
Doğum Tarihi ve Yeri : 05.06.1988, Keçiören  
Telefon : 0 (312) 257 16 34  
E-Posta : mert.demirdelen@csgb.gov.tr



### Eğitim

Derece	Okul	Mezuniyet Tarihi
Doktora	Ankara Üniversitesi, Kimya Bölümü	Devam
Y. Lisans	Hacettepe Üniversitesi, İktisat Bölümü	2015
Lisans	İ. D. Bilkent Üniversitesi, Kimya Bölümü	2011
Lise	Mamak Cumhuriyet Anadolu Lisesi	2006

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2012- (Halen)	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı	İş Sağlığı ve Güvenliği Uzm. Yrd.
2011-2012	TOBB ETÜ	Araştırma Asistanı

### Yabancı Dil

İngilizce (YDS-2014: 96,25)

### Yayımlar

-

### Mesleki İlgi Alanları

Ağır metal analizi, tehlikeli kimyasalların ithalatı ve ihracatı düzenlemeleri

### Hobiler

Spor, sivil havacılık, maket ve model yapımı, seyahat



## **EKLER**

EK.1 Tespit Edilen Tehlike, Risk ve Önlemler

EK.2 ANOVA Tabloları

EK.3 Havacılığa Yönelik Üretim Faaliyetleri için Kontrol Listesi

EK.4 İyi Uygulama Örneği



**EK.1**  
**Fiziksel Etmenler**

<b>Fiziksel Tehlikeler</b>	<b>Riskler</b>	<b>Alınacak Önlemler</b>
<p>1) Çok sık aralıklarla yerleştirilen bilgisayar kontrollü CNC tezgahlarının aynı anda uzun süreli çalışması</p> <p>2) Pres makinalarının belirli aralıklarla yüksek seviyede gürültü oluşturacak şekilde çalışması</p> <p>3) Boyama işleminde su devir daim sistemi bulunan kabinlerde boya tabancası ile yapılan uygulamalarda gürültü maruziyeti</p> <p>4) Çalışanların gürültü maruziyetine karşı KKD kullanımına özen göstermemeleri</p>	<p>1) Gürültüye sürekli maruziyet kulakta sürekli çınlama, vızıldama ve uğuldama meydana getirebilir. Önlem alınmazsa kalıcı işitme kaybına neden olabilir.</p> <p>2) Gürültü, organizmada vejetatif düzenin bozulmasına, dikkat, konsantrasyon ve reaksiyon gücünün azalmasına, yorgunluğa, uykusuzluğa, baş ağrısına, dolaşım bozukluklarına neden olarak verimi olumsuz yönde etkiler. Özellikle dikkat isteyen el ve gözetleme işlerinde, çabukluk isteyen işlerde verim azalır.</p> <p>3) Gürültüye maruz kalmak, çalışanlar arası iletişimin aksamasına, uyarı sinyallerinin, acil durum ikazlarının duyulmaması sebebiyle kazalar, yaralanmalar ve ölümlere neden olabilir.</p>	<p>1) Öncelikli olarak ikame yöntemi ile eski teknoloji makine ve ekipmanlar varsa bunlar daha az gürültü yayan yenileriyle değiştirilmelidir.</p> <p>2) Gürültü kaynağı makinalar arasına konulacak gürültü perdeleme, kapatma, gürültü emici örtüler ve benzeri yöntemlerle; yapı elemanları yoluyla iletilen gürültü ise yalıtım, sönümleme ve benzeri yöntemlerle azaltılmalıdır.</p> <p>3) Gürültü kaynağı CNC tezgahlarının tamamının aynı anda çalıştırılmaması veya ek çalışma alanları sağlanarak birim alandaki gürültü kaynağı cihazların azaltılması</p> <p>4) Gürültünün bu önlemlerle kontrol altına alınmadığı yerlerde ise işveren tarafından çalışanlara KKD verilmeli, kişilerin kulaklık ve hatta diğer KKD kullanımını konularındaki isteksizliklerinin nedenleri araştırılmalı.</p>



Fiziksel Tehlikeler	Riskler	Alınacak Önlemler
<p>5) Çalışanların talaşlı imalat ve boyama işlemlerinde sesli iletişim kurmalarının ve sesle uyarıcı işaretlerin duyulmasının zor olması</p> <p>6) CNC tezgahlarının iç kabinlerinde, çalışanın kesici uç değişimi, parça alınıp, konulması işlemleri yapılırken gerekli aydınlatma koşullarının sağlanmaması</p> <p>7) Tahribatsız muayene işleminde UV ve ışığa duyarlı kimyasalların yaydığı parlak ışığa uzun süre maruz kalmak</p> <p>8) Çevresi karanlık olması gereken tahribatsız muayene işleminin diğer bölümlere yakın konumlandırılması</p>	<p>4) Aydınlatmanın yetersiz olması sonucu çalışanın sorumlu olduğu, çalıştığı alandaki tehlikeli durumları fark edememesi, önlem alması gereken veya bertaraf etmesi gereken durumları es geçmesi.</p> <p>5) Uzun süre yeterli aydınlatılmamış ortamda çalışma sonucu görsel yorgunluk ve dikkat eksikliği sonucu iş kazalarının yaşanması.</p> <p>6) Uzun süre UV ışığına maruz kalmanın kornea ve göz merceğine zarar vermesi.</p>	<p>5) Rotasyonlu çalışma yaptırılarak gürültüye maruziyet azaltılmaya çalışılmalıdır.</p> <p>6) Aydınlatma konusunda yetersiz cihazlar için çalışanlara, işlem yapacakları anlarda kullanmak üzere portatif veya başa takılabilen suni ışık kaynağı verilmesi.</p> <p>7) UV ışığa maruz kalan çalışanlara UV filtreli ve yanlarından ışık sızdırmayan KKD verilmesi.</p> <p>8) Çevresinin karanlık olması gereken işlerin, diğer işlerin yapıldığı ortamlardan ayrı ve kapalı alan içerisinde tutulması.</p>

Fiziksel Tehlikeler	Riskler	Alınacak Önlemler
<p>9) OSTİM OSB bölgesinde yerleşik işletmelerde, binaların mimarı şartları nedeniyle gün ışığından faydalanılamaması</p> <p>10) CNC tezgahlarında kullanılan bor yağının, eksik havalandırma nedeniyle çalışma ortamı sıcaklığını ve nemini yükseltmesi</p> <p>11) Baskın bor yağı kokusunun çalışma ortamına hakim olması</p> <p>12) Açık tezgahta uygulanan tesviye işleminde çapak alımı yapılan veya düzeltilen alüminyum parçaların havaya dağılması</p>	<p>7) İşyeri ortamında sıcaklık ve nemin yükselmesinin ile çalışanlarda dikkat eksikliğine sebep olması ve kazalara yol açacak hataların artması.</p> <p>8) Ortamda yoğun hidrokarbon içerikli malzeme kokusunun baş dönmesi gibi çalışma performansını düşürücü etkileri.</p> <p>9) Çalışanların metal tozuna maruz kalması.</p>	<p>10) Çalışma ortamının sıcaklık ve nem miktarının buna yönelik cihazlar ile sürekli ölçümü.</p> <p>11) İklimlendirici ve havalandırıcı sistemlerin çalışma ortamına entegre edilmesi ve bakımlarının düzenli olarak yapılması.</p>

## Kimyasal Etmenler

Kimyasal Tehlikeler	Riskler	Alınacak Önlemler
<ol style="list-style-type: none"><li>1) Talaşlı imalat CNC tezgahlarında hidrokarbon içerikli bor yağı maddesinin yoğun olarak kullanılması</li><li>2) Kaplama ve boya aşamaları öncesi uygulanan yağ alma işleminde yüksek ısı oluşturan kimyasal reaksiyon oluşumu</li><li>3) Aşındırıcı kimyasalların bulunduğu banyolara el ile malzeme daldırma işlemi yapılması</li><li>4) Kaplama kimyasallarının bulunduğu banyolara el ile malzeme daldırma işlemi yapılması</li><li>5) Kimyasal saklama dolaplarında gerekli uyarı işaretlerinin bulunmaması</li><li>6) Yönetmelik'e uygun hazırlanmış Türkçe Malzeme Güvenlik Bilgi Dokümanlarının genellikle bulunmaması</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Uzun süre solunan hidrokarbon içerikli malzemenin solunumu sonucu solunum yollarını irite etmesi ve deri teması sonucu ciltte tahrişe neden olması.</li><li>2) Yüksek ısı üreten metal reaksiyonlarının kimyasal buharı ve ağır metal buharı üreterek maruziyete sebep olması.</li><li>3) El ile yapılan daldırma işleminde aşındırıcı ve kaplayıcı kimyasalların cilde teması sonucu tahriş ve alerji oluşması.</li><li>4) Beraber saklanmaması gereken kimyasalların aynı ortamda tutulması sonucu zehirlenmeye neden olması.</li><li>5) Kimyasallara temas ve soluma durumunda ilk yardım yöntemlerinin bilinmemesi sonucu müdahalede bulunamamak.</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Uçucu özelliği daha az olan soğutucu malzemeler kullanılması, bu mümkün değilse prosesin izin verdiği ölçüde su + soğutucu malzeme karışımında su miktarının yükseltilmesi.</li><li>2) Reaksiyon banyolarının üzerinde aspiratör tarzı havalandırma sistemlerinin kurulması.</li><li>3) Yağ alma ve kaplama banyolarına parçaların çalışanlar tarafından değil, bu işe uygun makinalar tarafından yapılması.</li><li>4) Kimyasallar risk ve güvenlik bilgilerini içeren etiketli kutularda muhafaza edilmelidir.</li><li>5) Yönetmelik'e uygun hazırlanmış Türkçe malzeme güvenlik bilgi formlarının kolay ulaşılabilecek yerlerde tutulması.</li></ol>

Kimyasal Tehlikeler	Riskler	Alınacak Önlemler
<p>7) Sık konumlandırılan ve yetersiz havalandırma sağlanmayan alodine ve eloksal kaplama banyolarında kullanılan kimyasallar</p> <p>8) Boya hazırlama birimlerinin düzensiz olması ve gerekli havalandırmanın sağlanması</p> <p>9) Atık kimyasal bidonlarının açık bir şekilde konumlandırılması ve içeriklerini belli edecek etiketlerin bulunmaması</p> <p>10) Tehlikeli kimyasallarla çalışırken uygun solunum maskesi, göz koruyucusu, eldiven kullanımına dikkat edilmemesi</p>	<p>6) Kaplama banyoları çevresinde ağır metal ve asit maruziyeti yaşanması.</p> <p>7) Boya hazırlama işleminde düzensiz çalışma alanının kimyasallarla temasa neden olacak kazalara yol açması ve yetersiz havalandırmanın aromatik hidrokarbon maruziyetine zemin hazırlaması.</p> <p>8) Atık kimyasalların dökülme ve buharlaşma sonucu kimyasal maruziyetine yol açması.</p>	<p>6) Yeterli havalandırma sağlamak gibi toplu korunma önlemi alınmalıdır. Boya hazırlama vb. tezgahların düzeni çalışanlar tarafından sağlandığı kontrol edilmelidir.</p> <p>7) Atık kimyasalların düzenlemelere uygun şekilde etiketlenmesi sağlanmalı, uyarıcı etiketler yerleştirilmelidir. Atık kimyasalların idaresi konusunda çalışanlara gerekli eğitim verilmelidir.</p> <p>8) Kaynağında yok etmeye yönelik tedbirlerin alınmasına müteakip ek önlemlerden KKD kullanımı konusunda çalışanların bilgilendirilmesi ve kontrol edilmelidir.</p> <p>9) Kimyasallar ile ilgili acil durumlar için göz ve vücut duşları bulundurulmalı, düzenli bakımları yapılmalıdır.</p>

## Mekanik Etmenler

Mekanik Tehlikeler	Riskler	Alınacak Önlemler
<p>1) Düzensiz ve sıkışık çalışma ortamları ve kullanılan cihazlarda koruyucu aparatların eksikliği</p> <p>2) Çalışma ortamında, kullanılan bor yağ, kaplama kimyasalları, tahribatsız muayene kimyasallarının veya boyaların yere damlamasından kaynaklanan zemindeki ıslaklıklar</p> <p>3) Tesviye, freze ve matkap gibi insan kontrollü işlemlerde çapak fırlaması vb. karşı koruyucuların kaldırılması</p> <p>4) Kaplama ve aşındırma banyolarının tümünün üzerleri açık olması</p> <p>5) Daldırma işlemi yapan çalışanların üzerinde durdukları yükseltici platformların sabitlenmemesi</p>	<p>1) Kullanılan pres makinaları veya tesviye cihazlarına uzuv sıkışması, ezilmesi iş kazalarına neden olması.</p> <p>2) Çalışanların kayarak veya takılarak çarpma veya düşmesi sonucunda yaralanması gibi ölümcül olabilecek kazaların yaşanması.</p> <p>3) İşyeri içerisinde bölümler arası geçişlerde alçak ve sıkışık geçiş bölgelerinde çarpma ve takılma sonucu yaralanmaları.</p>	<p>1) Makine ve çalışma ekipmanlarının kullanım talimatları üzerinde bulundurulmalı, çalışanların bu talimatlara göre çalıştıkları kontrol edilmelidir.</p> <p>2) Koruyucusu bulunan makine ve çalışma ekipmanlarının koruyucusu devre dışı bırakılarak kullanımı engellenmelidir.</p> <p>3) Makina ve çalışma ekipmanlarının koruyucularının yerlerinde ve sağlam olarak bulunmaları sağlanmalıdır.</p> <p>4) Makine ve çalışma ekipmanlarını acil durumlarda durdurulabilecek acil durum düğmelerinin, çalışanın ulaşabileceği konumda, görünür ve çalışır vaziyette olması sağlanmalıdır.</p>

Mekanik Tehlikeler	Riskler	Alınacak Önlemler
<p>6) Gelişigüzel dağılmış kablolar, boya ve kimyasal püskürtmekte kullanılan tabancalara bağlı hortumlar</p> <p>7) Bölümler arası geçiş koridorları alçak ve sıkışık olarak konumlandırılması</p> <p>8) Alçak veya dar geçiş alanlarında bu durumu belirten uyarı levhalarının bulunmaması</p> <p>9) Çalışma ortamı zemininde eşik veya benzeri seviye değişikliklerinin olması</p> <p>10) Kesici ve delici el aletlerinin açıkta bulundurulması</p>	<p>4) Makinelere çapak sıçraması nedeni ile yaralanmalara, kesiklere neden olması.</p> <p>5) Dengesiz platformlar ve üzeri açık aşındırma ve kaplama banyolarının, kimyasal tanklarına düşme riski açığa çıkartması.</p>	<p>5) Makine ve çalışma ekipmanlarının periyodik bakım ve kontrolleri yaptırılmalı ve bu işlemlerin kaydı tutulmalıdır.</p> <p>6) Makine ve çalışma ekipmanının özelliğine uygun KKD kullanımı sağlanmalıdır.</p> <p>7) Dağınıklık oluşturan kablo ve hortumlar vakit kaybetmeden ortamdan kaldırılmalıdır.</p> <p>8) Zeminde bulunan eşik ve benzeri seviye değişiklikleri dikkat çekecek şekilde işaretlenmelidir.</p> <p>9) Zemine bulaşan ve çalışanların kaymasına neden olabilecek maddeler vakit kaybetmeden temizlenmelidir.</p> <p>10) Çalışma esnasında sürekli ıslanabilen zeminlerde görünür boyutlarda uyarıcı levhalar konulmalıdır .</p> <p>11) Çalışanlara kaymayı önleyici ayakkabı temin edilmelidir.</p>

## Ergonomik Etmenler

Ergonomik Tehlikeler	Riskler	Alınacak Önlemler
<ol style="list-style-type: none"><li>1) Tahribatsız muayene işleminde kullanılan tezgahların alçak olarak konumlandırılması</li><li>2) Kaplama işleminde, kaplanacak malzemelerin el ile daldırılması</li><li>3) Kaplama ve aşındırma banyolarının sık konumlandırılması</li><li>4) Uzun süre ayakta çalışılması</li><li>5) Çalışma alanlarının ayarlanabilir ve düzenlenebilir olmaması</li><li>6) CNC makinalarında çalışanların vücut yapılarının bu cihazlara uygun olmaması</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Çalışmalarda, çalışanların kas-iskelet yapısının zorlanması sonucu kas- iskelet sisteminde rahatsızlıkların meydana gelmesi.</li><li>2) Dar alanlarda çarpma, takılma gibi nedenlerle yaralanmaların yaşanması.</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Belirli bir duruşta, eklemleri zorlayan işlerin uzun süre aynı çalışan tarafından yapılmaması, rotasyonlu yapılmalıdır..</li><li>2) Kullanılan tezgah, masa vb. üzerinde çalışılan mekanizmaların yüksekliklerinin insan ergonomisine uygun düzenlenmelidir.</li><li>3) İskelet kas sistemini zorlayacak işlerin makinalar veya robot kollar yardımı ile yapılması sağlanmalıdır.</li><li>4) Dar, alçak ve sınırlandırılmış alanlarda çalışmalarda baş yaralanmalarını önlemek için uygun baş koruyucunun kullanımı sağlanmalıdır.</li><li>5) Çalışanlara uygun dinlenme alanları sağlanmalıdır.</li></ol>

## Yangın ve Patlama Etmenleri

Yangın ve Patlama Tehlikeleri	Riskler	Alınacak Önlemler
<ol style="list-style-type: none"><li>1) Çalışmalarda boya, aşındırıcı, soğutucu ve çözücü gibi yanıcı ve oksitleyici maddeler kullanılması</li><li>2) Yangın söndürücü tüpler görünür ve kolay ulaşılabilir bölümlerde bulunmasına özen gösterilmemesi</li><li>3) Elektrik kontağı sonucu parlamaya, patlamaya ve yangına sebebiyet verecek durumlar</li><li>4) Topraklama ekipmanlarının gerekli koşulları sağlamadığı bu konuda gerekli önlemlerin alınmaması</li><li>5) Elektrik panolarının kimyasal işlem yapılan bölümlere oldukça yakın konumlandırılması</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Patlayıcı ve parlayıcı maddelerin çalışma alanlarında belirli bir konsantrasyona ulaşarak yangın ve patlamaya yol açması.</li><li>2) Elektrik kontağı ve statik elektriğin tutuşmayı başlatması.</li><li>3) Yangın durumunda müdahale edilememesi.</li></ol>	<ol style="list-style-type: none"><li>1) Elektrikli ekipman, statik elektrik, elektrik panoları gibi tutuşma kaynakları ile patlayıcı kimyasallar aynı yerde bulundurulmamalıdır.</li><li>2) Kullanılan ekipmanlar yanmaz özellikli olmalıdır.</li><li>3) Kimyasallar uygun depolama koşullarında, etiketli şekilde depolanmalıdır.</li><li>4) Yangın söndürücü tüpler kolay ulaşılabilir ve görünür yerlerde tutulmalı, bakımları düzenli olarak yapılmalı ve kullanımları ile ilgili çalışanlara eğitim verilmelidir.</li><li>5) Kimyasal depolama ünitelerinde, kimyasalların yoğun olarak kullanıldığı alanlarda, bu kimyasalların konsantrasyonlarının yanıcı ve patlayıcı seviyeye ulaşmasını önleyici havalandırma sistemi kurulmalıdır.</li></ol>



Yangın ve Patlama Tehlikeleri	Riskler	Alınacak Önlemler
<p>6) Acil bir durumda çalışanların ulaşabilecekleri acil durum düğmelerinin bulunmaması</p> <p>7) Acil çıkış kapıları bulunmaması</p> <p>8) İşletmenin fiziksel şartlarının, acil durumda tahliye engeli teşkil edecek şekilde düzenlenmesi</p> <p>9) Duman detektörü gibi yangın uyarıcı ve algılama sistemlerinin olmaması</p>	<p>6) Yangın ve patlama durumunda işyerinde farklı bölümlerdeki çalışanların uyarılamaması.</p> <p>7) Acil durum anında işyerinin hızlıca tahliye edilememesi.</p> <p>8) Önlenebilecek veya büyümeden kontrol altına alınabilecek yangınlara zamanında müdahale edilememesi.</p>	<p>6) Yangın ve acil durum alarm düğmeleri çalışır durumda ve çalışanların kolay ulaşabilecekleri yerlerde olmalıdır.</p> <p>7) Acil çıkış kapıları işaretlenmeli, acil çıkış kapıları dışarıya doğru açılmalı ve işyerlerinde yeterli sayıda olmalıdır. Bölümlerin kapıları acil durumlarda kolay çıkılmasını sağlayacak şekilde dışarıya doğru açılır şekilde yapılmalıdır.</p> <p>8) Çalışma alanlarının tüm bölümlerine oksijen, karbonmonoksit ve duman detektörleri yerleştirilmeli ve bakımları düzenli olarak yapılmalıdır.</p> <p>9) Yangın, patlama ve diğer acil durumlara karşı düzenli olarak tatbikatlar yapılmalıdır.</p>

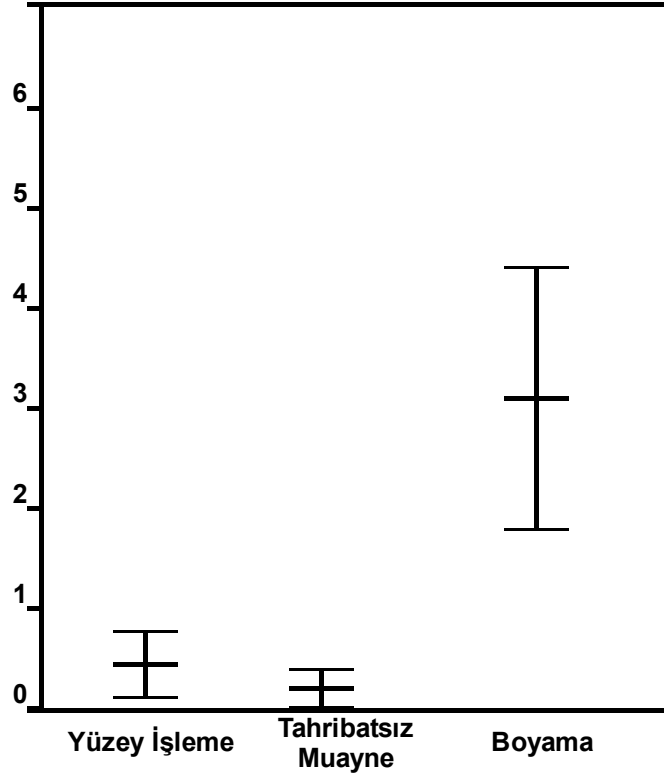
## EK.2

# ANOVA

### Benzen Ölçümleri

	Yüzey İşleme	Tahribatsız Muayne	Boyama
1	0.12	0.034	3.75
2	0.11	0.173	3.94
3		0.456	1.13
4			3.62
n	2	3	4
$\bar{X}$	0.115	0.221	3.110
s	0.007	0.215	1.327
$\bar{X}_{ave}$	1.481		

source	df	SS	MS	F	P-value
treatments	2	19.109	9.555	10.6725	0.0106
error	6	5.372	0.895		
total	8	24.481			

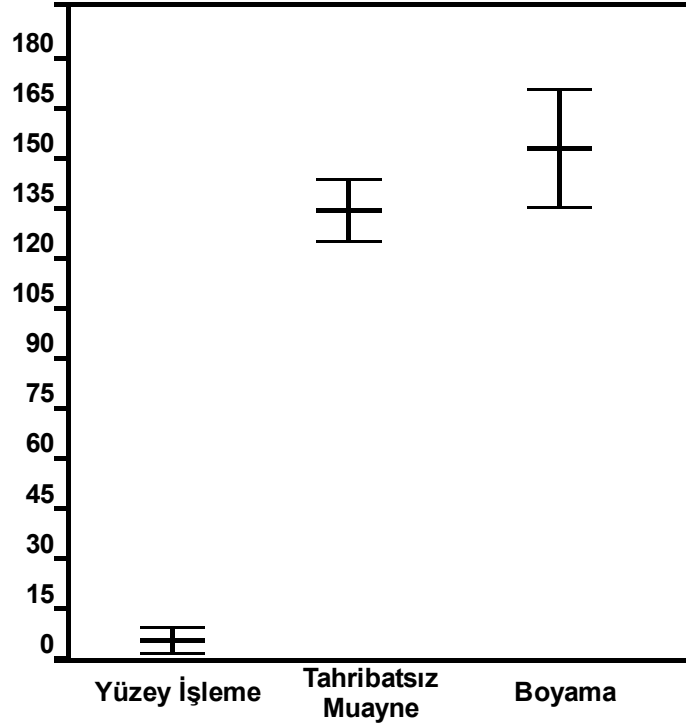


# ANOVA

Ksilen

	Yüzey İşleme	Tahribatsız Muayne	Boyama
1	9.56	136.29	134.13
2	3	144.64	174.42
3		124.64	143.53
4			163.53
n	2	3	4
$\bar{X}$	6.280	135.190	153.902
s	4.639	10.045	18.368
$\bar{X}_{ave}$	114.860		

source	df	SS	MS	F	P-value
treatments	2	30916.427	15458.213	75.0685	0.0001
error	6	1235.529	205.921		
total	8	32151.956			

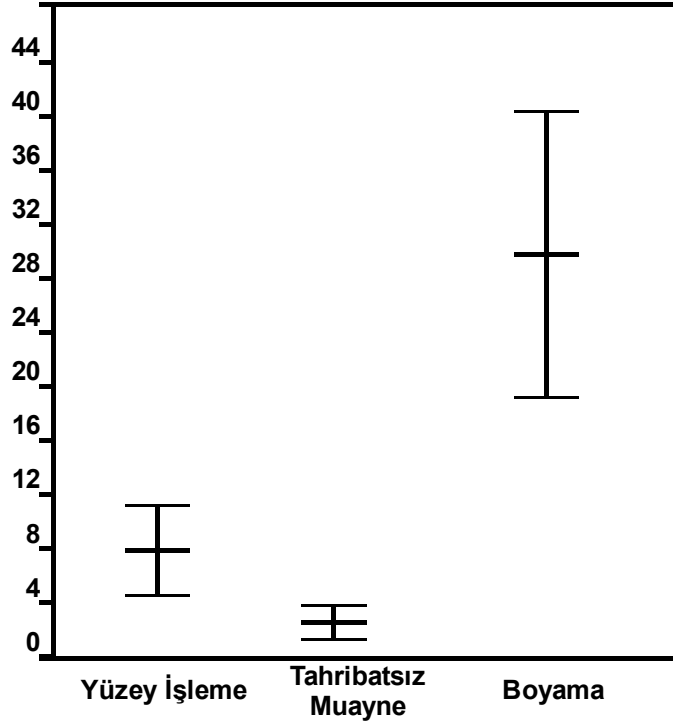


# ANOVA

## Toluen Ölçümleri

	Yüzey İşleme	Tahribatsız Muayne	Boyama
1	10.43	1.42	18.19
2	5.54	2.54	34.23
3		4.31	42.53
4			24.63
n	2	3	4
$\bar{X}$	7.985	2.757	29.895
s	3.458	1.457	10.695
$\bar{X}_{ave}$	15.980		

source	df	SS	MS	F	P-value
treatments	2	1426.919	713.459	11.9120	0.0081
error	6	359.365	59.894		
total	8	1786.284			





**UÇAK ÜRETİM YAN SANAYİ  
KURULUŞLARI İÇİN  
KONTROL LİSTESİ**

<b>Fiziksel Etmenler</b>					
<b>KONTROL LİSTESİ</b>	<b>EVET</b> ✓	<b>HAYIR</b> x	<b>ALINMASI GEREKEN ÖNLEM</b>	<b>SORUMLU KİŞİ</b>	<b>TAMAMLANMA TARİHİ</b>
Çalışma ortamındaki gürültü düzeyi, uyarı, ikaz ve tehlike sinyallerini bastıracak düzeyde değildir.					
CNC tezgahlarında, torna tesviye işlemlerinde ve kabin içi boyama işleminde çalışanlar kulak koruyucusu kullanmaktadır.					
Kişisel kulak koruyucu donanım görünür ve rahatça ulaşılabilir bir noktada bulunmaktadır.					
Gürültülü ortama girecek çalışanların kulak koruyucusu takmadan ilgili ortama girmelerine izin verilmemektedir.					
Aynı ortamda bulunan gürültü kaynaklarının arasında ses perdesi yerleştirilmiştir.					
Gürültünün direkt yayılımı bariyerlerle engellenmiştir.					
Makine titreşimi, havalandırma gibi gürültü kaynaklarına gürültüyü azaltacak yöntemler uygulanmıştır (Titreşim emici, susturucu).					
Çalışma ortamı gün ışığından en fazla faydalanmayı sağlayacak şekilde düzenlenmiştir.					

<b>Fiziksel Etmenler</b>					
<b>KONTROL LİSTESİ</b>	<b>EVET</b> ✓	<b>HAYIR</b> x	<b>ALINMASI GEREKEN ÖNLEM</b>	<b>SORUMLU KİŞİ</b>	<b>TAMAMLANMA TARİHİ</b>
Gün ışığının yetmediği durumlarda suni ışık kaynakları bulunmaktadır.					
CNC operatörleri için başa takılabilen suni aydınlatma ekipmanları sağlanmıştır.					
Suni ışık kaynakları gölge ve yansıma oluşturmayacak şekilde konumlandırılmıştır.					
Tahribatsız muayene işleminde kullanılan UV ışık kaynakları direkt görülebilir şekilde konumlandırılmamıştır.					
Tahribatsız muayene işlemi yapılan bölgede yapılan karartma diğer bölgelerdeki aydınlatmayı azalmamaktadır.					
Geçiş yolları uygun biçimde aydınlatılmıştır.					
Aydınlatma sistemlerinin güç kaybı yaşadığı durumlarda yedek güç kaynakları veya yedek aydınlatma sistemleri sağlanmıştır.					
Soğutucu sıvı buharını bertaraf etmek üzere havalandırma sistemleri oluşturulmuştur.					
İşyeri ortam sıcaklığını düzenlemek üzere iklimlendirme sistemleri kurulmuştur.					

<b>Kimyasal Etmenler</b>					
<b>KONTROL LİSTESİ</b>	<b>EVET</b> ✓	<b>HAYIR</b> x	<b>ALINMASI GEREKEN ÖNLEM</b>	<b>SORUMLU KİŞİ</b>	<b>TAMAMLANMA TARİHİ</b>
Kullanılan kimyasal maddelerin Türkçe malzeme güvenlik bilgi formları kimyasalların depolandığı ve kullanıldığı alanlarda çalışanların kolaylıkla ulaşabilecekleri bir konumda bulunmaktadır.					
Kimyasallar etiketli olarak muhafaza edilmektedir.					
Kimyasalların depolandığı alanlarda havalandırma sistemi mevcuttur.					
Boya hazırlama bölümlerinde yeterli havalandırma koşulları sağlanmaktadır.					
Boya hazırlama bölümlerinde kullanılan boya ve inceltici kimyasallar kullanımdan sonra tezgahta bırakılmamaktadır.					
Boya kabinlerinin havalandırma sistemleri çalıştırılmadan boyama işlemi yapılmasına izin verilmemektedir.					
Boyama işleminde çalışanlar için eldiven, tulum, gözlük, maske gibi kişisel koruyucu donanımlar sağlanmaktadır.					
Yüzey işleme – yüzey kaplama işlemlerinde temizleme ve kaplama işlemleri makineler vasıtasıyla yapılmaktadır.					



<b>Kimyasal Etmenler</b>					
<b>KONTROL LİSTESİ</b>	<b>EVET</b> ✓	<b>HAYIR</b> x	<b>ALINMASI GEREKEN ÖNLEM</b>	<b>SORUMLU KİŞİ</b>	<b>TAMAMLANMA TARİHİ</b>
Yüzey işleme – yüzey kaplama işlemlerinde kimyasal banyoları kullanılmadığı anlarda kapalı tutulmaktadır.					
Yüzey işleme – yüzey kaplama işleminde banyoların işlem gördüğü anlarda çalışanların temasını engelleyecek koruyucu bariyerler mevcuttur.					
Aşındırıcı, temizleyici ve kaplayıcı kimyasalların kullanıldığı alanlarda havalandırma mevcuttur.					
Tehlikeli kimyasal maddeler daha az tehlikeli olanlarıyla ikame edilmektedir.					
Çalışanlara kimyasallarla çalışma, tehlikeleri ve taşınmaları konusunda eğitim verilmiştir.					
Atık kimyasallar uygun şekilde depolanmakta ve imha edilmektedir.					
Kimyasal madde maruziyetlerini belirlemek üzere düzenli aralıklarla iş hijyeni ölçümleri yaptırılmaktadır.					
Asitleri bazlardan ve korozyif maddeleri hem organik, hem de alev alabilen maddelerden ayrı tutulmaktadır.					

<b>Kimyasal Etmenler</b>					
<b>KONTROL LİSTESİ</b>	<b>EVET</b> ✓	<b>HAYIR</b> x	<b>ALINMASI GEREKEN ÖNLEM</b>	<b>SORUMLU KİŞİ</b>	<b>TAMAMLANMA TARİHİ</b>
Raflardan düşme tehlikesini en aza indirmek için korozif maddeleri tabana yakın yerlerde depolanmıştır.					
Korosif maddeleri metal raflarda kesinlikle saklanmamaktadır.					
Kimyasal maddeler tehlike sınıflarına uygun olarak depolanmıştır. Alfabetik depolama yapılmamıştır.					
Depolama raflarının üzerine izin verilebilecek en fazla depolama miktarları açıkça görülecek şekilde yazılmıştır.					
Depo zemini kaymaz ve kolay temizlenebilir malzemeden yapılmıştır.					
Boy ve göz duşu bulunmaktadır.					
İlkyardım malzeme kiti bulunmaktadır.					

<b>Mekanik Etmenler</b>					
<b>KONTROL LİSTESİ</b>	<b>EVET</b> ✓	<b>HAYIR</b> x	<b>ALINMASI GEREKEN ÖNLEM</b>	<b>SORUMLU KİŞİ</b>	<b>TAMAMLANMA TARİHİ</b>
Makine ve iş ekipmanlarının koruyucuları mevcuttur ve hasarsızdır.					
Makine ve iş ekipmanlarının koruyucuları olmadan çalıştırılmamaktadır.					
Hasarlı makine ve iş ekipmanlarının kullanımı engellenmektedir.					
Makine ve iş ekipmanlarının acil durdurma düğmeleri çalışanların uzanabileceği konumda ve çalışır durumdadır.					
Makine ve iş ekipmanlarının periyodik bakımları yapılmaktadır.					
Makinelerin etrafında çalışma için yeterli alan mevcuttur.					
Makine ve iş ekipmanlarının kullanımı ile ilgili çalışanlara eğitim verilmektedir.					
Makine ve iş ekipmanları ile çalışırken uygun kişisel koruyucu donanım (gözlük, eldiven, kulak koruyucu) kullanılmaktadır.					

## Mekanik Etmenler

KONTROL LİSTESİ	EVET ✓	HAYIR x	ALINMASI GEREKEN ÖNLEM	SORUMLU KİŞİ	TAMAMLANMA TARİHİ
Makine ve iş ekipmanlarının güç kaynağından bağlantısı kesilmeden bakım değiştirilmemektedir.					
Makine ve iş ekipmanlarının Türkçe kullanma kılavuzları mevcuttur.					
Makine ve iş ekipmanları kullanma kılavuzlarına uygun şekilde kullanılmaktadır.					
Tüm makine ve ekipmanlarda gerekli uyarı işaretleri bulunmaktadır.					
Makine ve iş ekipmanlarını yetkisiz kişilerin kullanması engellenmektedir.					
İş yerinde tüm alanlarda zemini kaymayı önleyici uygun malzeme ile kaplanmıştır ve düzenli olarak kontrol edilmektedir.					
İş yerinde tüm alanlarda yere dökülen ve kayıp düşmeye neden olacak tüm sıvılar uyarucu levhalarla çevrelenip düzenli olarak temizlenmektedir.					
Zeminde çökme, erime vb. deformasyonlar bulunmamaktadır.					

<b>Mekanik Etmenler</b>					
<b>KONTROL LİSTESİ</b>	<b>EVET</b> ✓	<b>HAYIR</b> x	<b>ALINMASI GEREKEN ÖNLEM</b>	<b>SORUMLU KİŞİ</b>	<b>TAMAMLANMA TARİHİ</b>
Zeminde kaldırılması mümkün bulunmayan pürüzler ve engebeler dikkat çekecek şekilde işaretlenmiştir.					
Zeminde takılmaya neden olabilecek kablolar ve hortumlar bulunmamaktadır.					
Zeminde bulunan eşik ve benzeri seviye değişiklikleri dikkat çekecek şekilde işaretlenmiştir.					
Merdiven ve platformlarda kaymaya neden olabilecek ıslaklıklar bulunmamaktadır.					
Merdiven ve platformlarda takılmaya neden olabilecek kullanılmayan malzemeler derhal kaldırılmaktadır.					
Çalışanların kayma ve düşmeyi önleyecek uygun iş ayakkabıları kullanmaları sağlanmıştır.					

## Ergonomik Etmenler

KONTROL LİSTESİ	<b>EVET</b> ✓	<b>HAYIR</b> x	ALINMASI GEREKEN ÖNLEM	SORUMLU KİŞİ	TAMAMLANMA TARİHİ
Çalışanlar fiziki yapılarına uygun işlerde görevlendirilmektedir.					
Uzun süreli aynı pozisyonda çalışma yapılmamaktadır.					
Eğilerek, bükülerek, omuz hizasının üzerinde bir alana uzanarak kas iskelet sistemini zorlayacak pozisyonlarda çalışılmamaktadır.					
Kullanılan tezgah ve cihazlar çalışanların antropometrik özelliklerine uygun olarak seçilmektedir.					
Ağır yükler çalışanlar tarafından kaldırılıp taşınmamaktadır.					
Sandalye, tezgah ve kontrol elemanlarının yükseklikleri ayarlanabilir özelliktedir.					
CNC tezgahları ve yüzey işlem banyoları sık pozisyonda konumlandırılmamıştır.					
Geçiş yollarının yükseklikleri yeterli uzunluktadır.					
Dar ve alçak alanlarda çalışanlar baş koruyucu donanımlar kullanmaktadır.					

<b>Yangın ve Patlama Etmenleri</b>					
<b>KONTROL LİSTESİ</b>	<b>EVET</b> ✓	<b>HAYIR</b> x	<b>ALINMASI GEREKEN ÖNLEM</b>	<b>SORUMLU KİŞİ</b>	<b>TAMAMLANMA TARİHİ</b>
Alev alabilen maddeleri tüm ateşleme kaynaklarından (açık alevler, sıcak yüzeyler, direkt güneş ışığı, kıvılcım) uzak tutulmaktadır.					
Alev alabilen maddeleri özellikle oksitleyiciler ve toksikler gibi tehlike sınıflarından ayrı depolanmaktadır.					
Alev alabilen gazları oksitleyici gazlardan, uygun ve onaylı bir yanmaz bölme ile ya da arada en az 6 metrelik bir mesafe olacak şekilde ayrı tutulmaktadır.					
Alev alabilen sıvı maddeleri onaylanmış güvenli konteynir veya dolaplar içinde saklanmaktadır.					
Malzemenin alt alev alma limitini aşan buharlarının oluşumu ya da buharlarla havanın karışarak kendi kendine yanma olasılığını düşürmek üzere depolama alanlarını serin tutulmaktadır.					
Normal depolama koşullarında buhar birikimini önlemek üzere yeterli havalandırma saklanmaktadır.					

<b>Yangın ve Patlama Etmenleri</b>					
<b>KONTROL LİSTESİ</b>	<b>EVET</b> ✓	<b>HAYIR</b> x	<b>ALINMASI GEREKEN ÖNLEM</b>	<b>SORUMLU KİŞİ</b>	<b>TAMAMLANMA TARİHİ</b>
Kimyasal maddenin tehlikesine uygun olacak şekilde bir yangın söndürücüyü hazır durumda bekletilmekte ve bunu kullanacak olan her kimse gerekli eğitimi almış olmaktadır.					
Soğuk depolama gerektiren alev alabilen sıvıları kıvılcım veya statik elektrikten korumak için güvenli yanıcı malzeme buzdolabı veya derin dondurucuda muhafaza edilmektedir.					
"Sigara İçilmez" işaretleri alev alabilen maddelerin depolandığı alanlarda gözle fark edilir bir yere asılmıştır.					
Patlayıcı kimyasallar tüm ateşleme kaynaklarından uzak tutulmaktadır.					
Patlayıcı maddeleri kullanan görevlilerin güvenli depolama metotları, kimyasalların tehlikeleri gibi konularda eğitilmiştir.					
Elektrikli ekipman, statik elektrik gibi ateşleme kaynakları ile patlayıcı kimyasallar aynı yerde bulundurulmamaktadır.					
Yangın söndürücüler kolay ulaşılabilir ve önünde ulaşılmasını engelleyecek malzemeler bulunmamaktadır.					



<b>Yangın ve Patlama Etmenleri</b>					
<b>KONTROL LİSTESİ</b>	<b>EVET</b> ✓	<b>HAYIR</b> x	<b>ALINMASI GEREKEN ÖNLEM</b>	<b>SORUMLU KİŞİ</b>	<b>TAMAMLANMA TARİHİ</b>
Yangın ve patlama konularında mücadelede çalışanlara eğitimler verilmektedir ve tatbikatlar yaptırılmaktadır.					
Yangın ve patlama tehlikesinin erken fark edilmesini sağlayacak yangın ve gaz dedektörleri gibi algılama sistemleri bulunmaktadır ve çalışır durumdadır.					
Yangın alarm düğmeleri çalışır durumdadır ve kolaylıkla ulaşılabilecek yerlerde dir.					
Acil çıkış kapıları iş yeri kapasitesine uygun sayıdadır.					
Acil çıkış kapıları işyeri genelinden görülebilecek işaretlerle belirtilmiştir.					
Acil çıkış yolları ve kapıları doğrudan dışarıya veya güvenli bir alana açılmaktadır ve çıkışı önleyecek hiçbir engel bulunmamaktadır.					
Yangın ve patlama konularında mücadelede çalışanlara eğitimler verilmektedir ve tatbikatlar yaptırılmaktadır.					

**Yüzey İşlem – Yüzey Kaplama İşleminde İyi Uygulama Örneği**

**EK.4**

