



T.C.
ÜSKÜDAR ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DÖKÜMHANE MAÇA ÜRETİMİNDE ORTAYA ÇIKAN
KİMYASAL MADDELER VE BU MADDELERİN KONTROLÜ**

Onur ŞAHİN

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Müge Ensari ÖZAY**

İSTANBUL-2020

T.C.
ÜSKÜDAR ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**DÖKÜMHANE MAÇA ÜRETİMİNDE ORTAYA ÇIKAN
KİMYASAL MADDELER VE BU MADDELERİN KONTROLÜ**

Onur ŞAHİN

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Müge Ensari ÖZAY**

İSTANBUL-2020

ÖZET

DÖKÜMHANE MAÇA ÜRETİMİNDE ORTAYA ÇIKAN KİMYASAL MADDELER VE BU MADDELERİN KONTROLÜ

Otomotiv, kamyon ve traktör sanayisinin önemli tedarikçilerinden biri olan döküm sektörü, prosesi gereği çok tehlikeli iş sınıfında yer alan ve bünyesinde bir çok iş sağlığı ve güvenliği riskini barındıran sektörlerden biridir. Döküm parça üretimi için metalin ergitimi, kalıp üretimi, maça yapımı ve döküm parçanın temizlenmesi prosesleri ana prosesler olarak karşımıza çıkar. Ergimiş metal, radyasyon, kalıp üretiminde oluşan toz, döküm parçanın istenmeyen fazlalıkların temizlenmesi için oluşan gürültü dökümhaneler için sayılabilecek en önemli tehlikelerdendir. Kimyasal tehlike olarak ise öne çıkan proses maça üretim prosesidir. Maça yapımı döküm parça üretim prosesinde kimyasal maddelerin en fazla kullanıldığı prosestir.

Maça, en geniş tanımıyla döküm parçanın iç kalıbıdır. Bu kalıplar (maçalar) tek kullanımlıktır ve silis kumu, bağlayıcı (reçine), reaksiyonu hızlandıran katalizör gaz ve maça boyasından oluşur.

Bu tezin öncelikli amacı, maça yapımında kullanılan ve çalışan sağlığını ve güvenliğini tehdit eden kimyasal malzemelerin maça üretimi sırasında TS ISO 16200-1 (*İşyeri Hava Kalitesi-Uçucu Organik Bileşiklerden Numune Alma ve Çözücü Desorpsiyonu/Gaz Kromatografisiyle Analiz-Bölüm 1:Pompa ile Numune Alma*) standartı referans alınarak, akredite bir laboratuvar tarafından kişisel ve ortam maruziyet ölçümleri yöntemi ile çalışanların eşik sınır değerler-zaman ağırlıklı ortalamasının (ESD-ZAO) (TLV-TWA) tespit edilmesidir. Ayrıca kullanılan yöntem ile ortama yayılan dimetiletilamin (DMEA) gazı, bağlayıcı reçine ve izosiyanat buharlarının maça imalatı sırasında operasyonun hangi aşamasında ulusal ve uluslararası limitlerin dışına çıktığının tespit edilerek önlemler geliştirilmesidir.

Bu amaçla Bursa'da faaliyet gösteren bir döküm fabrikasının maça tesislerinde üretimde kullanılan kimyasal maddelerin kişisel maruziyet ve ortam ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Maça üretimi sırasında oluşan uçucu gazlar ve buharlar ölçülmüş ve değerler tespit edilmiştir.

Buna göre DMEA gazı için maça makinesi operatörleri üzerinde ölçülen zaman

ağırlıklı ortalama değerler; 1 nolu maça makinesi operatörü için 0 mg/m³, 2 nolu maça makinesi operatörü için 3.29 mg/m³, 3 nolu maça makinesi operatörü için 5.36 mg/m³, 4 nolu maça makinesi operatörü için 0 mg/m³, 5 nolu maça makinesi operatörü için 2.57 mg/m³, 6 nolu maça makinesi operatörü için 2.16 mg/m³ ve son olarak 7 nolu maça makinesi operatörü için 2.46 mg/m³ olarak tespit edilmiştir.

Makine operatörlerine ek olarak üretime destek veren çalışanlarda da ölçümler yapılmış olup; bakım operatörü için 32.44 mg/m³, tesviye operatörü için 2.46 mg/m³, kalıp montajı ve amin gazı dolum operatörü için 11.11 mg/m³, maça makinası tesviye operatörü için 3.26 mg/m³, forklift operatörü için 0 mg/m³, maça montaj operatörü için 0 mg/m³, maça fırını girişi operatörü için 1.95 mg/m³ ve maça fırını çıkışı operatörü için 0 mg/m³ değerleri llmştir.

Bulgulardan elde edilen veriler maça üretim tesisinin yerleşimi, iş akışı ve çalışma şekli dikkate alınarak değerlendirilmiş ve çalışma alanında ki kimyasal tehlikelerin çalışan sağlığını tehdit etmeyecek şekilde yönetilmesi konusunda önerilerde bulunulmuştur. Ölçümler sonucunda tespit edilen değerlerin, eşik sınır değerlere uygun hale getirilebilmesi için kaynak, ortam ve alıcıda alınması gereken önlemler tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Amin gazı, Dimetiletilamin, Dkm, Kimyasal riskler, Maa,

ABSTRACT

CHEMICAL SUBSTANCES USED IN CORE MAKING IN CAST IRONS AND THE CONTROL OF THESE SUBSTANCES

The casting industry, which is one of the important suppliers of the automotive, truck and tractor industries, is one of the sectors that are in a very dangerous business class due to its process and that contains many occupational health and safety risks. The processes of melting of metal, mold making, core making and cleaning of cast parts for casting parts are the main processes. The noise that occurs in the production of molten metal, radiation, mold, and dust to remove unwanted excesses from the casting parts are among the most important dangers for foundries. The process that stands out as a chemical hazard is the core production process. It is the process that uses the most chemical substances in the core-making cast part production process.

The core, in its broadest definition, is the inner mold of the cast part. These molds (cores) are disposable and consist of silica sand, binder (resin), catalyst gas that accelerates the reaction and core paint.

The primary purpose of this thesis is TS ISO 16200-1 (*Workplace air quality-Sampling and analysis of volatile organic compounds by solvent desorption/gas chromatography - Part 1: Pumped sampling method*), the threshold limit values-time weighted average (TLV-TWA) of the employees is determined by an accredited laboratory by reference to the standard. In addition, the method used is to develop measures by determining at what stage of the operation the dimethylethylamine (DMEA) gas, binder resin and isocyanate vapors emitted outside the national and international limits during core production.

For this purpose, the personal exposure and environment measurements of the chemical substances used in production at the core plants of a casting factory operating in Bursa were carried out. Volatile gases and vapors formed during core production were measured and values were determined.

Accordingly, time-weighted average values measured on core machine operators for DMEA gas; 0 mg/m³ for the core machine operator 1, 3.29 mg/m³ for the core machine operator 2, 5.36 mg/m³ for the core machine operator 3, 0 mg/m³ for the core machine operator 4, for the core machine operator 5 2.57 mg/m³ was determined as 2.16 mg/m³

for the core machine operator 6 and finally 2.46 mg/m³ for the core machine operator 7.

In addition to machine operators, measurements are also made for employees who support production; 32.44 mg/m³ for maintenance operator, 2.46 mg/m³ for leveling operator, 11.11 mg/m³ for mold assembly and amine gas filling operator, 3.26 mg/m³ for core machine leveling operator, 0 mg/m³ for forklift operator, core assembly operator 0 mg/m³ for the core, 1.95 mg/m³ for the core furnace inlet operator and 0 mg/m³ for the core furnace outlet operator.

The data obtained from the findings were evaluated by considering the location of the core production facility, the work flow and the way of working, and suggestions were made to manage the chemical hazards in the work area in a way that does not threaten the employee health. In order to make the values determined as a result of the measurements compatible with the threshold limit values, the measures to be taken in the source, environment and receiver were discussed.

Key Words: Amine gas, Dimethylethylamin, Casting, Chemical risks, Core.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince değerli bilgi ve birikimlerini benimle paylaşan, desteklerini hiç eksik etmeyen çok değerli tez danışmanım Dr. Öğr.Üyesi Müge ENSARİ ÖZAY'a teşekkür ve saygılarımı sunuyorum.

Üsküdar Üniversitesi İş Sağlığı ve Güvenliği Yüksek Lisans Programı değerli Hocalarım Sn.Doç.Dr. Tekin ERGÜZEL'e, Sn.Doç.Dr. Mesut KARAHAN'a, Sn.Dr. Rüştü UÇAN'a, Sn.Dr. Hacer KAYHAN'a, Sn.Dr. Nuri BİNGÖL'e, Sn. Abdurrahman İNCE'ye, , Sn.Dr. Ö.Kaan KARADAĞ'a, Sn. M.Cüneyt GEZEN'e, Sn. Efarı BAHÇEVAN'a, destekleri için teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans eğitimini etkili ve eğlenceli geçirmeme katkı sunan İSG Yüksek Lisans 10. grup sınıf arkadaşlarıma ömür boyu başarılar dilerim.

Tez çalışmamı yaptığım işyerim olan Döktaş Dökümcülük A.Ş. Orhangazi Tesislerine bana bu imkanı sağladığı için teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmamın başından sonuna kadar bana Kimya konusunda engin bilgilerini aktaran çalışma arkadaşım Sn. Arzu ALTUNBULAK'a, araştırma ve ölçümler sırasında yardımlarını esirgemeyen çalışma arkadaşlarım Sn. Mert UĞURLU'ya, Sn. Ertuğrul İRİ'ye, Sn. Ümit ÖNEN'e, Sn. Sedat Can TÜRK'e, Sn. Onur GARİPOĞLU'na ve Sn. Serdar PALA'ya çok teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, güven ve sabırlarıyla yardımcı olan eşime ve tez çalışması sırasında kendisine fazla zaman ayıramadığım kızıma da teşekkürlerimi sunarım.

BEYAN FORMU

Bu çalışmadaki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, kullandığım verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı, yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu, tezimin kaynak gösterilen durumlar dışında zgn olduğunu, tarafımdan üretildiğini ve Üsküdar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kılavuzuna göre yazıldığını beyan ederim.

27/04/2020

Onur şAHİN

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
BEYAN FORMU	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1.GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER	4
2.1.Döküm ve Dökümcülük	4
2.2.Dökümün Tarihsel Gelişimi.....	5
2.3.Dünya’da Döküm Sektörü	6
2.4.Dünya’da ki Döküm Tesisleri.....	8
2.5.Türkiye’de Döküm Sektörü	9
2.6.Döküm Sektörünün Önemi	10
2.7.Metal Döküm Ürünleri ve Döküm Ürünü İçeren Malzemeler	11
2.8.Döküm Yöntemleri	13
2.9.Döküm Yönteminin Diğer İmal Usüllerine Göre Üstünlükleri	14
2.10.Döküm Yönteminin Kısıtları	14
2.11.Döküm Prosesi	15
2.11.1.Ergitme (Melting)	17
2.11.2.Kalıplama (Moulding)	20
2.11.3.Tamamlama (Fettling)	23
2.11.4.Maça Yapımı (Core Making).....	24
2.11.4.1.Maça Üretim Metodları	25
2.11.4.1.1. Furan Yöntemi	26
2.11.4.1.2.Sıcak Kutu (Hot Box) Metodu.....	27
2.11.4.1.3. Pep-Set Metodu.....	28
2.11.4.1.4. CO ₂ ile Sertleştirme Metodu	29
2.11.4.1.5. Fascal Metodu.....	29
2.11.4.1.6.Soğuk Kutu (Cold Box) Metodu.....	29
2.11.4.2. Maça Bağlayıcılar (Reçine sistemi)	32
2.11.4.3.Soğuk Kutu Maça Üretim Elemanları ve Üretim Şekli	34
2.11.4.3.1.Maça Kumu Hazırlama	34

2.11.4.3.2.Maça Üfleme (Maça Presi)	35
2.11.4.3.3.Maça Sertleştirme Kimyasalı Buharlaştırma Makinası	38
2.11.4.4.Maça Yapımında Kullanılan Kimyasal Maddeler ve Tehlikeleri	40
2.11.4.4.1. Silis Kumu	40
2.11.4.4.2. Maça Boyası	42
2.11.4.4.3. Reçineler	42
2.11.4.4.3.1.Bağlayıcı Reçine (Part-1).....	43
2.11.4.4.3.2.Katalizör (Part-2)	43
2.11.4.4.4.Katalizör gazlar (Aminler).....	43
2.12.Dökümhanelerde Sağlık ve Güvenlik Tehlikeleri	46
2.12.1.Ergimiş Metal Tehlikeleri	50
2.12.2.Maça Üretiminde ki Sağlık ve Güvenlik Tehlikeleri.....	50
2.12.2.1.Reçine Tehlikeleri.....	51
2.12.2.1.1.Part 1 Reçine Tehlikeleri	51
2.12.2.1.2.Part 2 Reçine Tehlikeleri	52
2.12.2.2.DMEA Tehlikeleri	54
2.12.2.2.1. Alım yolları.....	54
2.12.2.2.2.Zehirli Etkiler.....	54
2.12.2.2.2.1.Akut Etkiler.....	55
2.12.2.2.2.2.Kronik Etkiler	56
2.12.2.2.2.3.Üreme toksisitesi, Mutajenite, Kanserojenite	56
2.12.2.2.3.Avrupa GHS Sınıflandırması ve Etiketleme.....	57
2.13.Türkiye’de İş Kazaları ve Meslek Hastalıkları	58
2.13.1.Ana Metal Sanayinde İş Kazaları	60
2.13.2.Döküm Sektöründe İş Kazaları.....	61
2.13.3.Döküm Sektöründeki Kaza Sıklık Hızı	64
2.13.4.İşe Bağlı Sağlık Sorunları (Meslek Hastalıkları).....	65
3.GEREÇ VE YÖNTEM.....	68
3.1. Araştırmanın Tipi ve Modeli	68
3.2. Araştırmanın Yeri	70
3.3. Araştırmanın Zamanı	71
3.4.Araştırmanın Evreni ve Örneklemi.....	71
4.BULGULAR.....	74
4.1.Maça Bölümü İş Akışı Bulgusu.....	74
4.2.Maça Bölümünde Ölçüm Yapılan 15 Çalışanın Görev Tanımları	75

4.3.Maça Bölümünde Yapılan Ölçümler, Kullanılan Cihazlar ve Yöntemleri.....	76
4.4.Maça Makina Operatörleri DMEA Ölçümleri.....	77
4.4.1.Bir (1) Nolu Maça Makina Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları	78
4.4.2.İki (2) Nolu Maça Makina Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları	78
4.4.3.Üç (3) Nolu Maça Makina Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları.....	79
4.4.4. Dört (4) Nolu Maça Makina Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları	80
4.4.5.Beş (5) Nolu Maça Makina Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları	80
4.4.6.Altı (6) Nolu Maça Makina Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları	81
4.4.7.Yedi (7) Nolu Maça Makina Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları.....	81
4.5. Bakım Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları.....	82
4.6. Maça Makinesi Tesviye Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları.....	83
4.7. Maça Sandık Bağlama ve Amin Gazı Dolum Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları	83
4.8. Tesviye Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları.....	84
4.9. Forklift Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları	84
4.10. Maça Montaj Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları.....	85
4.11. Maça Fırını Giriş Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları	85
4.12. Maça Fırınının Çıkış Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları	86
4.13. Maça Üretim Tesisinde Yapılan Diğer VOC ve Toz Ölçüm Sonuçları	86
5.TARTIŞMA.....	88
5.1.DMEA Ölçüm Sonuçlarının Ülkelerin Sınır Değerleri İle Karşılaştırılması.....	88
5.2.DMEA Ölçüm Sonuçlarının Literatürde ki Çalışmalar ile Karşılaştırılması.....	93
6.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	98
KAYNAKLAR	100
EKLER	106
Ek 1. Maça Tesisi DMEA gazı ve diğer kimyasallar ölçüm sonuç raporu.....	106
Ek 2. DMEA gazı GC cihazı raporları.....	107
Ek 3. Özgeçmiş.....	109

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 1: Ülkelerin 2018 döküm üretim tonajı	7
Tablo 2: Dünya’da bulunan döküm tesislerinin ülkelere göre dağılımı	8
Tablo 3: Yıllar bazında Türkiye döküm çeşitlerinin üretimi	9
Tablo 4: Ergitme ocak tipleri ve özellikleri	19
Tablo 5: Sıcak kutu maça üretim reçine tipleri ve oranları.....	28
Tablo 6: Maça bağlayıcılarının karşılaştırılması tablosu	33
Tablo 7: Maça boyası hammadde çeşitleri.....	42
Tablo 8: Maça boyası çözünme malzemeleri.....	42
Tablo 9: Soğuk kutu katalizörlerin karşılaştırma tablosu	46
Tablo 10: Dökümhanelerdeki kimyasal maddelerin sağlık tehlikeleri potansiyeli, sağlığa etkileri ve maruz kalma sınırları.....	47
Tablo 11: Part 1 reçinesi bileşenleri.....	52
Tablo 12: Part 2 Reçine zararlılık ifadeleri tablosu	53
Tablo 13: Part 2 Reçine önlem ifadeleri tablosu.....	53
Tablo 14: DMEA gazı zararlılık ve önlem ifadeleri tablosu.....	57
Tablo 15: İş kazası geçirenlerin sektörel dağılımı, 2017	58
Tablo 16: Eko. faaliyet sınıflaması, kayıp işgünü ve iş kazalarının dağılımı 2017	62
Tablo 17: Eko. faaliyet sınıflaması, kayıp işgünü ve iş kazalarının dağılımı 2018.....	63
Tablo 18: Meslek hastalığının türü ve ekonomik faaliyet sınıflamasına göre meslek hastalığına çalışanların dağılımı-2018	67
Tablo 19: Maça bölümünde yapılan ölçümlerin özet tablosu.....	76
Tablo 20: Maça makina operatörleri DMEA ölçüm TWA değerleri.....	82
Tablo 21: Ortam toz ölçüm sonuçları	87
Tablo 22: Kişisel toz ölçüm sonuçları	87
Tablo 23: DMEA gazı için ülkelerin limit değerleri.....	88
Tablo 24: DMEA gazı kullanımı ve tehlikeleri ile ilgili yapılmış çalışmalar.....	93
Tablo 25: Amin ve türevlerinin özellikleri	94
Tablo 26: DMEA Akut toksisite ölçüm sonuçları	95

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1: Yıllara göre dünya döküm üretimi grafiği	6
Şekil 2: Ülkelerin 2018 döküm üretim tonajı grafiği	7
Şekil 3: Yıllar bazında Türkiye döküm üretimi grafiği.....	9
Şekil 4: Yıllar bazında Türkiye döküm sektöründeki kuruluş sayıları	10
Şekil 5: Dünya’da ki döküm parçaların kullanıldığı sektörlerin dağılımı	12
Şekil 6: Döküm yöntemleri	13
Şekil 7: Döküm yöntemlerinin kalıplara göre dağılımı.....	14
Şekil 8: Metal üretim yöntemleri	15
Şekil 9: Metal döküm proses akışı-tipik	16
Şekil 10: Döküm kalıp kesit görünümü	17
Şekil 11: Endüksiyon ocağı kesit görünüşü	18
Şekil 12: Kalıp kumu akış şeması	21
Şekil 13: Kalıpta maçanın kesit görünümü	25
Şekil 14: Kalıpta maçanın görünümü.....	25
Şekil 15: Maça üretim metodları.....	26
Şekil 16: Maça üretim metodları dağılımı	26
Şekil 17: Furan üretim formülü.....	27
Şekil 18: CO ₂ maça üretim formülü.....	29
Şekil 19: Soğuk kutu maça üretim formülü	30
Şekil 20: Tipik soğuk kutu maça üretim iş akışı	31
Şekil 21: Soğuk kutu maça reçetesi reçine içeriği	34
Şekil 22: Soğuk kutu maça mikseri ve kum siloları kesit görünümü.....	35
Şekil 23: Soğuk kutu maça makinası ve kum üfleme sistemi.....	36
Şekil 24: Soğuk kutu maça üfleme sistemi	36
Şekil 25: Soğuk kutu maça üfleme akışı	37
Şekil 26: Soğuk kutu maça sertleştirme sistemi dağılımı	38
Şekil 27: Soğuk kutu maça gaz jeneratörü.....	39
Şekil 28: Amin gazının maçaya verilmesi akış şeması	39
Şekil 29: Bağlayıcılar ile birbirine bağlanmış silis taneleri SEM görüntüsü	41
Şekil 30: Part-1 reçinesi kimyasal yapısı	43

Şekil 31: Part-2 reçinesi kimyasal yapısı	43
Şekil 32: Amin gazı sınıflandırması.....	44
Şekil 33: DMEA (Dimetiletilamin) kimyasal yapısı.....	46
Şekil 34: Sıvıların uçuculuğu ile ilgili karar vermede kullanılacak grafik	51
Şekil 35: DMEA gazı için GHS işaretleri	57
Şekil 36: 2018 yılı MESS üyesi işyerlerinin sektörelere göre kaza dağılımı.....	59
Şekil 37: 2018 yılı MESS meslek hastalığına yakalanan çalışanların tanıları	60
Şekil 38: Ana metal sanayi iş kazaları dağılımı	61
Şekil 39: Metal döküm sanayi iş kazaları dağılımı	61
Şekil 40: 2018 yılı MESS üyesi işyerlerinin sektörelere göre iş kazası kaynaklı kayıp gün dağılımı.....	64
Şekil 41: Amerikan dökümhaneleri ile MESS ana metal sanayi işyerleri kaza sıklık hızı. 65	
Şekil 42: Meslek hastalığına yakalananların sektörel dağılımı.....	65
Şekil 43: Meslek hastalığı kayıtları, Ana Metal Sanayi dağılımı	66
Şekil 44: Meslek hastalığına tutulananların tanılarına göre dağılımı	66
Şekil 45: GC-MS Cihazı DMEA kalibrasyon grafiği	68
Şekil 46: DMEA GC-MS Spektrumda ölçüm sonucundan bir örnek grafik	69
Şekil 47: Soğuk kutu maça üretim iş akışı.....	74
Şekil 48: Solunum bölgesi	76
Şekil 49: Aktif karbon tüpü.....	77
Şekil 50: Gilair plus gaz emiş pompası.....	77
Şekil 51: 1 Nolu maça makinesi DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği.....	78
Şekil 52: 2 Nolu maça makinesi DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği.....	79
Şekil 53: 3 Nolu maça makinesi DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği.....	79
Şekil 54: 4 Nolu maça makinesi DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği.....	80
Şekil 55: 5 Nolu maça makinesi DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği.....	80
Şekil 56: 6 Nolu maça makinesi DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği.....	81
Şekil 57: 7 Nolu maça makinesi DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği.....	81
Şekil 58: Bakım operatörü DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği	82
Şekil 59: Maça makinası önü tesviye operatörü DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği 83	
Şekil 60: Amin dolum operatörü DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği.....	83
Şekil 61: Tesviye operatörü DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği	84
Şekil 62: Forklift operatörü DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği.....	84
Şekil 63: Maça montaj operatörü DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği	85

Şekil 64: Maça fırını giriş operatörü DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği 85

Şekil 65: Maça fırını çıkış operatörü DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği..... 86



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

TWA	Time Weight Avarage (Zaman Ağırlıklı Ortalama)
ZAO	Zaman Ağırlıklı Ortalama
TLV	Time Limit Volue (Eşik Sınır Değer)
DMEA	Dimetiletilamin
TEA	Trietilamin
DMIPA	Dimetilizopropilamin
DMPA	Dimetilpropilamin
DMNPA	Dimetil-N-propilamin
VOC	Volatile Organic Compound (Uçucu Organik Bileşik)
ESD	Esik Sınır Deger
ESD-ZAO	Eşik Sınır Değer-Zaman Ağırlıklı Ortalama
LC 50	Lethal Concentration %50 (Ölümcül Konsantrasyon)
LD 50	Lethal Dose %50 (Ölümcül Doz)
MAK	Müsaade Edilen Azami Konsantrasyon
MSD	Maruziyet Sınır Degeri
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health (Ulusal İş Sağlığı Ve Güvenliği Enstitüsü)
HHE	NIOSH Health Hazard Evaluations (NIOSH Sağlık Tehlikesi Değerlendirmeleri)
OES	Occupational Exposure Standart (Mesleki Maruz Kalma Standardı) Değerlendirme Serisi
OSHA	Occupational Safety and Health Administration (Mesleki Güvenlik ve Sağlık İdaresi)
TS	Türk Standartları
UNDB	Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı
SGK	Sosyal Güvenlik Kurumu
MESS	Metal Sanayicileri Sendikası
MEB	Milli Eğitim Bakanlığı
TÜDÖKSAD	Türk Döküm Sanayicileri Derneği
IOSH	International Occouational Safety and Healty (Uluslararası İş Sağlığı ve Güvenliği)
AFS	American Foundry Society (Amerikan Dökümcüler Derneği)

REL	Maruz kalma sınırı
PEL	Maruz kalma limiti
TSA	Toluen sulfonik asit
BSA	Benzen sulfonik asit
AGW	Mesleki Maruziyet (Almanya)
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists (Endüstriyel Hijyen Amerikan Konferansı)
CNS	Central Nervous System (Merkezi Sinir Sistemi)
CAS	Chemical Abstracts Service (CAS Numarası)
EC	Enzim Com.-Enzim Komisyonu numarası (EC numarası)
EEC	Tehlikeli Maddeler Direktifi (67/548 / EEC)
STOT	Specific Target Organ Toxicity (Hedef Organ Toksisitesi)
GESTIS	Information system on hazardous substances of the German Social Accident Insurance (Alman Sosyal Kaza Sigortasının tehlikeli maddeleri hakkında bilgi sistemi)
IFA	Institute for Occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance (Alman Sosyal Kaza Sigortası İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü)
GC	Gas Chromatography (Gaz Kromatografi)
MS	Mass Spectrometer (Kütle Spektrometre)
H	Hazards (Zararlılık İfadeleri)
P	Precaution (Önlem ifadeleri)
VP	Vapour Pressure (Buhar Basıncı)
MP	Melting Point (Erime Noktası)
BP	Boiling Point (Kaynama Noktası)
MW	Molecular Weight (Molekül Ağırlığı)
RCS	Respirable Crystalline Silica (Solunabilir Kristal Silika)
NACE	Nomenclature des Activités Économiques dans la Communauté Européenne (Tüm Ekonomik Faaliyetlerin Uluslararası Standart Sanayi Sınıflaması (ISIC))
SDS	Safety Data Sheet (Güvenlik Bilgi Formu)
GHS	Globally Harmonized System (Global Uyumlaştırılmış Sistem)

1. GİRİŞ

İnsanlık tarihinin en eski mesleklerinden olan dökümcülük insanların yaşamları için gerekli olan metalden nesnelere üretme yöntemlerinden biridir. Hurda parçaların, sac kırpıntılarının ve pik külçelerinin ergitme, ark veya kupol ocaklarında ergitilip, çeşitli alaşım elamanları ilavesi ile kullanıcının istediği kimyasal analiz elde edildikten sonra kum, seramik veya metal kalıplara ergimiş metal olarak dökülmesi ve içine döküldüğü kalıplara uygun olarak şekillendirilmesidir (Treyger, 2018). Parçanın dışını kalıbın iç şekli belirler. Genel anlamıyla dökümcülük; ‘‘Ergimiş metale şekil verme sanatıdır’’ denilebilir (Aran, 2017). Üretim çeşitleri, boyutları, kalitesi, kullanım alanları ve ürün verdiği sektör çeşitliliği bakımından günümüzde halen imalat sanayisinin temel endüstrilerinden biri konumundadır (Atlı, 2001).

Otomotiv, ağır iş makineleri, enerji, ulaştırma, inşaat gibi alanlar başta olmak üzere birçok imalat sanayisine yaptığı üretim ile ülkemizin gelişiminde ve kalkınmasında büyük payı olan Türk döküm sektörü, üretim değeri bakımından %70’lik ihracat oranı ile ülkemizin cari açığının iyileşmesine büyük oranda katkı sağlamaktadır. Türkiye Metal Döküm Sektörünün 2018 yılında sağladığı 2.3 milyon ton üretimin değeri 5.2 milyar Euro olarak kayda geçmiştir. Bunun 3.7 milyar Euro değerindeki kısmı ihraç edilmektedir. Son beş yılda Ülkemiz döküm sektörünün Dünya döküm üretimi içindeki payı %37 oranında artmıştır. Üretim miktarı bakımından Türkiye, Avrupa’nın üçüncü büyük döküm üreticisi konumundadır (Tüdöksad, 2019).

Döküm parça imalinin en büyük avantajlarından biri; maça ile üretim yapılmasıdır. Maça sayesinde işleme, dövme ve diğer imal usulleri ile oluşturulamayacak iç hacimlerin elde edilebilmesi dökümün en büyük avantajıdır (Tüdöksad, 2019). Yaklaşık 1.500°C’de ergimiş metal ile temas edecek ve kalıp içinde döküm parçanın iç boşluklarını oluşturacak maçanın 1.500°C sıcaklığa ve oluşacak basınca dayanacak özellikte imal edilmesi gerekir (Deore ve ark., 2015). İstenen fiziksel ve kimyasal özellikleri sağlamak içinde maça kumu, bağlayıcı maddeler ile harmanlanarak bir katalizör gaz ile sertleştirilir, parça iç yüzeyinin pürüzsüz olması için boyanır ve dökümde kullanılmak üzere kalıba yerleştirilir (MEB Maça 1, 2011).

Maça üretim süreci, bir dökümhanenin en çok kimyasal madde kullanıldığı süreç olarak karşımıza çıkmaktadır. Silis kumunun kullanıldığı maça üretim prosesi, silikozis

ve diğ er akciğ er hastalıklarının görölme olasılığ ı en yüksek proseslerden biridir (Mirer, 2019). Silis kumunun mikserlerde reçineler (bağ layıcılar) ile harmanlanması ve sertleştirme için katalizör gaz kullanılması, önlemler alınmaz ise ç alışma ortamındaki hijyeni olumsuz yönde etkiler ve ç alışanların konforunu azaltır. Konfor azalmasına paralel olarak ç alışan morali azalmaya baş lar. Morali azalmış ç alışanların da hem iş kazalarına hemde iş e bağı lı sağı lık sorunlarına karşı karşıya kalma ihtimalleri yükselir (Mirer, 2019).

İnsan yaşamında en önemli alanı kaplayan ç alışma süresi boyunca, iş yerlerinde sağı lık ve getirisi olan konforlu yaşam isteğ i “İnsanlık Hakkı”dır. Ç alışmanın ve gelir elde etmenin birincil yaşam ihtiyacı olduğ u ö lkemiz gibi ö lkelerde, her ne kadar bir iş te ç alışmış olmak öncelik ise de, yoğun ç alışma şartlarıyla birlikte, iş stresini ortadan kaldıracak rahat ç alışma ortamları talebi hep süre gelmiştir (Kırcı, 2018).

2018 Aralık ayında İstanbul’da düzenlenen IOSH Expo fuarına konuşmacı olarak katılan Prof. Dr. Fahri Ö zok (2018) ergonominin tanımını “Ç alışanın ç alışma sırasında ö dediğ i bedelin en aza indirilmesi” olarak yapmış ve ergonomik açıdan ç alışma alanının her yönüyle ferah olması gerektiğ ini vurgulamıştır (Ö zok, 2018).

Bu ç alışma kapsamında örnek alan olarak incelenen döküm sektöründe, maça yapımında ş üpheş en önemli proseslerden birisidir. Bir dökümhanenin iş sağı lı ve güvenliğ i politikası ç alışanlarına güvenli ve sağı lık bir ortam sağı lı olmayı amaç edinmeli ve tehlike kaynakları bertaraf edilerek, oluşacak kazalar için önceden önlemler alınmalıdır. İş letme, ç alışanlarına güvenli ve sağı lık bir iş ortamı oluşturmayı ve bu oluşturduğ u sağı lık ortamı sürdürülebilir kılmayı hedeflemeli, bu hedefe ulaşmanın sorumluluğ unun yöneticisi ve ç alışanları ile herkese ait olduğ unu benimsemelidir. Yönetimin vazifesi iş yerinde güvenli ç alışma ortamının sağı lı olması sürekliliğ inin oluşturulmasıdır. Bunlar, daha tasarım aş amasında güvenli alanlar tasarlayarak ç alışanlara eğitim ve talimat vermeyi, sağı lık ve emniyet gözetimleri yaparak uygunsuzluklara önlemler almayı içerir. Yönetim, ç alışanları makine ve ekipmanların kullanımını sırasında karşılaşılabilecekleri tehlike ve zararlardan koruyacak bir iş güvenliğ i programı hazırlamalıdır (Kırcı, 2018).

İş sağı lı ve güvenliğ i biliminin alanı içine giren fiziksel, kimyasal, psikolojik ve diğ er tüm tehlikelerin bulunabildiğ i dökümhanelerde (Yeş ilgöz, 2018) bütün bu tehlikeleri ve prosesleri incelemek yerine ç alışma alanımızı biraz daraltarak sadece maça

yapımında ortaya çıkan tehlikeleri irdelemek ve genellikle dökümhaneler için ara süreç olan ‘‘maça üretimi’’ nde kullanılan kimyasalların ortam ve maruz kalan işçilerde kişisel ölçümlerinin yapılması ile sorunların tespiti ve önerilerin sunulması için Bursa’da faaliyet gösteren bir dökümhanenin maça üretim tesisinde kişisel dimetietilamin (DMEA) ve ortam reçine-katalizör uçucu bileşikleri ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın ana hedefi, döküm fabrikasının maça üretiminde kullanılan kimyasalların yarattığı maruziyet seviyelerini tespit etmek ve bu maruziyeti azaltmak için korunma hiyerarşisini izleyerek önlemler geliştirmektir. Bu bağlamda döküm sektörü, döküm prosesi, maça üretimi, özellikle DMEA olmak üzere kullanılan kimyasallar ve bu kimyasalların yarattığı tehlikeler hakkında bilgiler verilmiştir. Yöntem ve gereç olarak TS EN 16200-1 standartı referans alınarak maça imalatı sırasında ortam ve kişisel maruziyetlerin ölçümü yöntemi kullanılmıştır. Maça yapımında çalışan işçilerin çalıştıkları alanlardaki DMEA, reçine, toz ve diğer kimyasallara maruziyeti kişisel ve ortam maruziyet ölçüm metodu ile ölçülerek DMEA için TWA grafikleri elde edilmiş ve uluslararası standartlar ile kıyaslanmıştır.

Analizlerden ve ölçümlerden elde edilen sonuçlar bölüm yöneticileri ile değerlendirilmiş ve maça üretim prosesinde hem çalışan sağlığını tehdit eden unsurları ortadan kaldırmak hemde süreçlerde iyileştirmeler yapmak için kullanılmıştır.

Ayrıca, analizlerden elde edilen sonuçlar, işveren ve çalışan cephesinde değerlendirilerek tartışılmış ve öneriler geliştirilmeye çalışılmıştır. İşveren cephesinde çalışma alanlarının daha güvenli hale getirilmesi, çalışan cephesinde farkındalığın artırılması, çalışma hayatı boyunca sağlık ve beraberinde konforu getirirken güvenli ortamları tesis edeceği düşünülmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Döküm ve Dökümcülük

Metallere şekil vererek üretim yapmanın çeşitli yolları mevcuttur. Bir makine ile talaş kaldırma, dövme, kaynak, presleme gibi şekil verme yöntemlerinin yanında bir diğer yöntem de döküm ile üretim yapmaktır. Metal döküm; istenilen bir şekli elde etmek için, metal veya alaşımın ergitilmesi ve istenilen şeklin negatifi olan kalıp boşluğuna dökülmesi ve katılaşmasını bekleme işlemidir (Mirer, 2019).

Dökümhane, son kullanıcının özelliklerine göre dökümlerin ergimiş metalden yapıldığı bir alandır. Dökümhane işleri genellikle döküm kalıpları oluşturma, maça yapılması, metalin ergitilmesi, metalin kalıplara dökülmesi ve bitmiş parçanın temizlenmesi yani, yapışan kum ve artık metalin dökümden çıkarılması işlemlerini içerir (OSHA, 2012)

Bir dökümhanenin ortamında çok sayıda potansiyel tehlike mevcuttur. Toza, silikaya, kurşuna, gürültüye, ısı stresine ve gazlara (örneğin azot dioksit, kükürt dioksit ve karbon monoksit) maruz kalmak sayılabilir. Dökümhaneler hem kimyasal hem de fiziksel tehlikeleri içerir (OSHA, 2012). Bu endüstri, materyaller ve süreçler açısından çeşitlilik gösterir ve hastalıklara, yaralanmaya veya ölüme neden olabilecek çok çeşitli tehlikeli maddelere veya işyeri faaliyetlerine sahiptir. Hijyen ve çevre gerekliliklerini karşılamayan kötü çalışma koşullarından kaynaklanan hastalık riskleri çok tehlikelidir. Döküm teknolojisi ve malzemelerinde birçok değişiklik olmasına rağmen, temel işlemler ve bunlarla ilişkili tehlikeler birçok dökümhanede aynı kalmıştır. Bu endüstrilerdeki en yaygın yaralanma ve hastalık nedenlerinden bazıları; silikaya maruz kalma, mineral yünlere ve liflere maruz kalma, sıcak metal ile temas, yangın ve patlama, aşırı sıcaklıklar, iyonlaştırıcı olmayan ve iyonlaştırıcı radyasyon, gürültü ve titreşim, solunabilir ajanlar, kimyasallarla cilt teması olarak sayılabilir. (Mgonja, 2017).

Dökümcülük zor ve meşakkatli bir işdir. Döküm parçalar raf ve vitrin ürünü olmadığı için geniş kitleler tarafından önemsenmezler. Günlük hayatımızın her anında döküm ürünlerini direk yada endirek olarak kullansak da genelde ara ürün olarak anıldığı için dökümcülük göz önünde olmayan bir meslektir. Dökümcülük bir 4D sanayisidir. ‘‘Dirty’’ yani *kirli*, ‘‘Dusty’’ yani *tozlu*, ‘‘Difficult’’ yani *zor* ve ‘‘Dangerous’’ yani *tehlikeli* ifadeleri döküm sektörü için en uygun kelimelerdir (Günay, 2012).

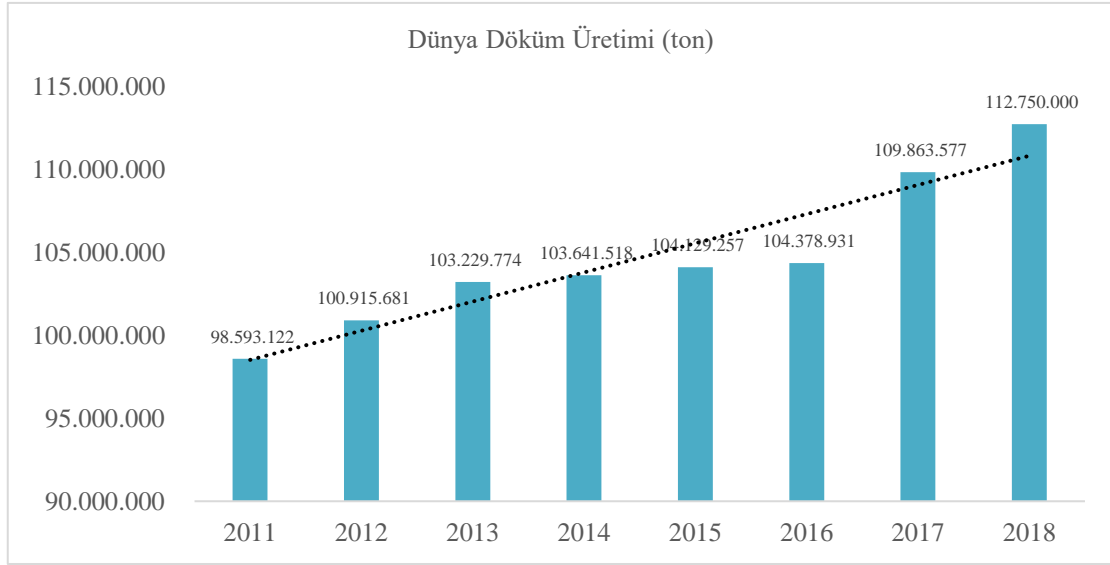
2.2. Dökümün Tarihsel Gelişimi

İnsanların metallerle tanışıp malzeme olarak kullanmalarının M.Ö. 6000'den önceki yıllara kadar uzandığına ait bulgulara dayanan varsayımlar ortaya atılmaktadır. Bu devirlerde, şekillendirilebilme kolaylıklarından dolayı özellikle doğada bulunabilen altın ve gümüş gibi metallerin kullanıldığı; bunlardan sadece yemek kabı, bardak gibi basit eşyaların yapıldığı tahmin edilmektedir. Bununla birlikte, özellikle M.Ö. 6000 yıllarında Mezopotamya'da, bakır karbonat mineralinden, ergitme suretiyle bakır elde edilip kullanıldığına dair önemli ipuçları mevcuttur. Demir döküm yönteminin ise ilk kez M.Ö. 300 yıllarında Çin'de kullanıldığı tahmin edilmektedir. Çin'de M.Ö. 200 ile M.S. 200 yılları arasında Shang Hanedanı döneminde yapılmış olan, 1400°C üzerindeki sıcaklıklara kadar çıkabilen büyük demir maden ocağında, ergimiş demirin kalıplara dökülerek biçimlendirilmesinde başarılı olduğu tahmin edilmektedir. M.Ö. 800-500 yıllarına ait olduğu anlaşılan, Avusturya'nın Noricum adıyla bilinen yöresindeki mezar kalıntılarında bronz ve demir eşyaların bulunması, bu yörenin de bir demir merkezi olduğunu işaret etmektedir (Tüdöksad, 2019).

Yury S. Lerner ve N. R. Posinasetti'nin (2014) American Foundry Society (AFS- Amerikan Döküm Derneği)' de yayınlanan "*Metalcasting Principles and Techniques Preview*" başlıklı çalışmalarında, arkeolojik veriler, döküm işleminin Karadeniz bölgesinde yaklaşık 5.000 yıl önce başladığını ve ardından Mezopotamya ve Orta Doğu'ya yayıldığını gösteriyor. Bakır, döküm yapmak için kullanılan ilk metaldir. Bu dönemde dünyanın birçok yerinde bakır ve diğer düz nesnelere açık kum kalıplara veya taş veya fırınlanmış kilden kesilmiş kalıplara dökülmüştür. Bu kalıplar esasen tek bir parça halindedir. Fakat daha sonraki dönemlerde, daha karmaşık nesnelere atıldığında, kalıp, parçanın çıkarılmasını kolaylaştırmak için iki veya daha fazla parçaya bölünmüştür. Tunç Çağı (M.Ö. 2.000), döküm sürecine daha fazla ayrıntı katmıştır. Belki ilk defa, döküm nesnelere içi boş yuvalar yapmak için göbekler icat edilmiştir. Bu çekirdekler (maçalar) pişmiş topraktan yapılmıştır. Döküm teknolojisi M.Ö. 1.500'lerden itibaren Çinlilerin çalışmalarıyla büyük ölçüde ilerleme sağlamıştır. Arkeolojik kazılar, çok karmaşık kalıpların yapımında çok parçalı kalıpların kullanıldığını ortaya koymuştur. Kalıbı en son ayrıntısına kadar mükemmelleştirmek için çok zaman harcamışlar, böylelikle kalıplardan yapılan dökümde herhangi bir son işlem gerekmemiştir (Lerner ve Posinasetti, 2013).

2.3.Dünya’da Döküm Sektörü

Amerikan Döküm Derneği (AFS) her yıl Aralık ayında, ülkelerin sektör dernek ve kuruluşlarından derlediği bilgilerle ‘*Dünya Döküm Üretimi İstatistikleri*’ yayınlamaktadır. 2018 yılında yayınlanan 52. Rapor (52th Census) göre (Şekil 1) Dünya döküm üretimi 2018 yılında 2016’ya göre yaklaşık %8’lik bir artışla, 104.4 milyon ton’dan yaklaşık 112.8 milyon ton’a yükselmiştir (AFS Modern Casting, 2018).

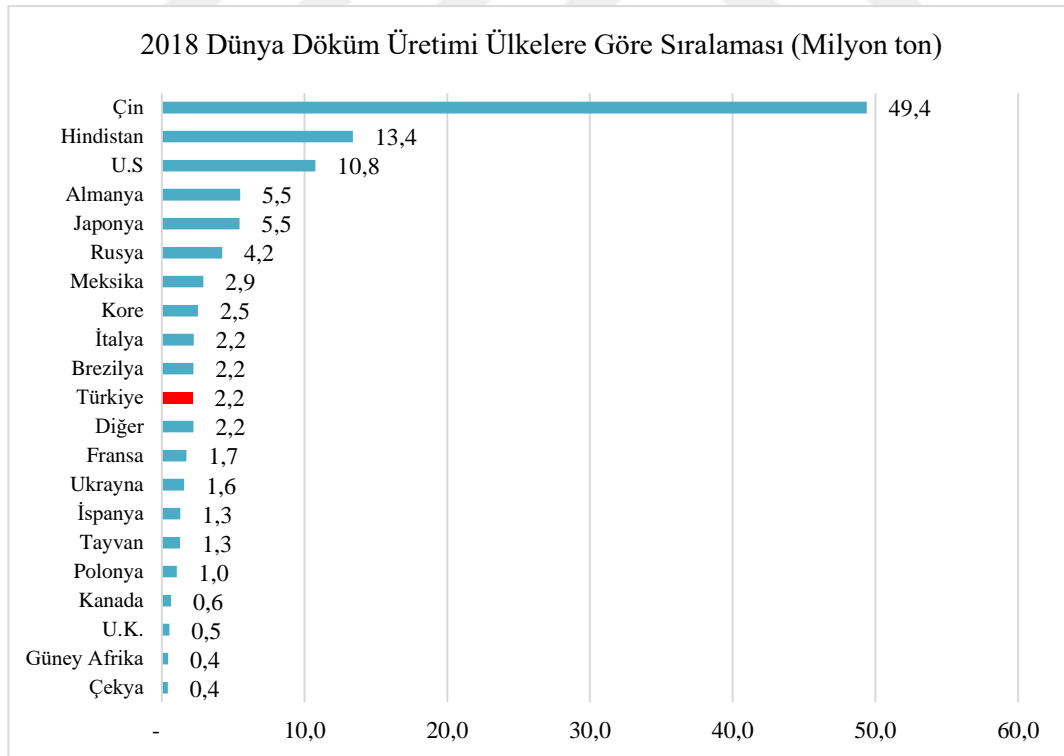


Şekil 1: Yıllara göre Dünya döküm üretimi grafiği (AFS Modern Casting, 2019)

AFS Modern Casting yayınına son iki yılda veri sağlayan 33 ülkenin 25'i, 2017'yi 2016'ya kıyasla yıllık hacimlerde bir genişleme olduğunu bildirmiştir. Tablo 1’de verildiği gibi Rusya, üretimde % 8.3 artışla 2017 yılında en yüksek büyümeye sahip olmuştur. Şekil 2’de görüleceği üzere Çin toplam üretimini iki milyon ton artırarak 49.4 milyon tona çıkarmıştır. Öte yandan ABD, döküm üretim tonajının % 4 oranında arttığını, Hindistan'ın ise % 6.2 oranında artış kaydetmiştir. Toplam demir üretimi arttığı, gri demir üretiminin % 6 büyüdüğü ve sfero demir üretiminin % 3.8 arttığı görülmektedir. Çelik üretimi % 6 artarken, alüminyum üretimi % 6.7 artmıştır. Dünya döküm üretimi sayımında bildirilen veriler, her ülkenin yayın kurumu veya benzer temsilcileri, ayrıca Dünya Döküm Örgütü ve Avrupa Döküm Derneği tarafından sağlanmıştır (AFS Modern Casting, 2018).

Tablo 1: Ülkelerin 2018 döküm üretim tonajı (AFS Modern Casting, 2018)

Ülke	Gri demir	Eğilebilir demir	Çelik	Bakır	Aluminyum	Diğer	Toplam (ton)
Çin	21.150.000	13.750.000	5.550.000	800.000	7.300.000	850.000	49.400.000
Hindistan	9.413.164	1.313.104	1.265.636		1.305.400	591.000	13.888.304
U.S.	4.062.373	3.325.740	1.264.026	209.369	1.679.072	555.214	11.095.794
Almanya	2.421.400	1.587.700	175.800	79.192	1.137.096	80.382	5.481.570
Japonya	2.281.000	1.403.612	161.900	75.401	1.489.700	42.000	5.453.613
Rusya	2.637.500		862.500		725.000		4.225.000
Meksika	892.188	526.897	373.965	217.200	817.911	81.300	2.909.461
Kore	1.019.800	686.500	159.800	25.700	629.400	15.000	2.536.200
İtalya	755.800	425.100	54.100	71.007	856.381	80.708	2.243.096
Brezilya	1.261.107	517.222	186.616	20.811	223.359	6.612	2.215.727
Türkiye	720.000	825.000	170.000	25.000	380.000	35.000	2.155.000
Fransa	574.100	696.300	60.400	17.877	346.899	27.220	1.722.796
Ukrayna	400.000	120.000	580.000	60.000	280.000	120.000	1.560.000
İspanya	365.700	698.100	64.900	15.096	141.810	9.791	1.295.397
Tayvan	605.081	208.293	66.193	30.826	368.286		1.278.679
Polonya	480.000	160.000	50.000	6.100	330.000	10.400	1.036.500
Kanada	330.841		90.091	14.237	211.374		646.543
İngiltere	138.000	196.000	44.700	8.500	136.200	9.990	533.390
G.Afrika	140.000	157.000	93.500	14.000	38.000	500	443.000
Çekya	176.000	55.000	64.000	20.000	101.000	1.000	417.000
Diğer						2.212.930	2.212.930
Toplam	49.824.054	26.651.568	11.102.691	1.710.316	18.496.888	4964483	112.750.000

**Şekil 2: Ülkelerin 2018 döküm üretim tonajı grafiği (AFS Modern Casting, 2018)**

2.4.Dünya’da ki Döküm Tesisleri

AFS’nin 2019 yılında yayınladığı istatistiklere göre Dünya genelinde toplam 45.831 adet döküm üretimi yapan tesis bulunmaktadır. Çin 26.000 tesis ile dünyada ilk sırada yer alırken Çin’i 4.600 tesis ile Hindistan izlemektedir. Tablo 2’de görüldüğü gibi Ülkemiz ise 932 Döküm tesisi ile Dünyada 9.sırada yer almaktadır (AFS Modern Casting, 2019).

Tablo 2: Dünya’da bulunan döküm tesislerinin ülkelere göre dağılımı (AFS, 2019)

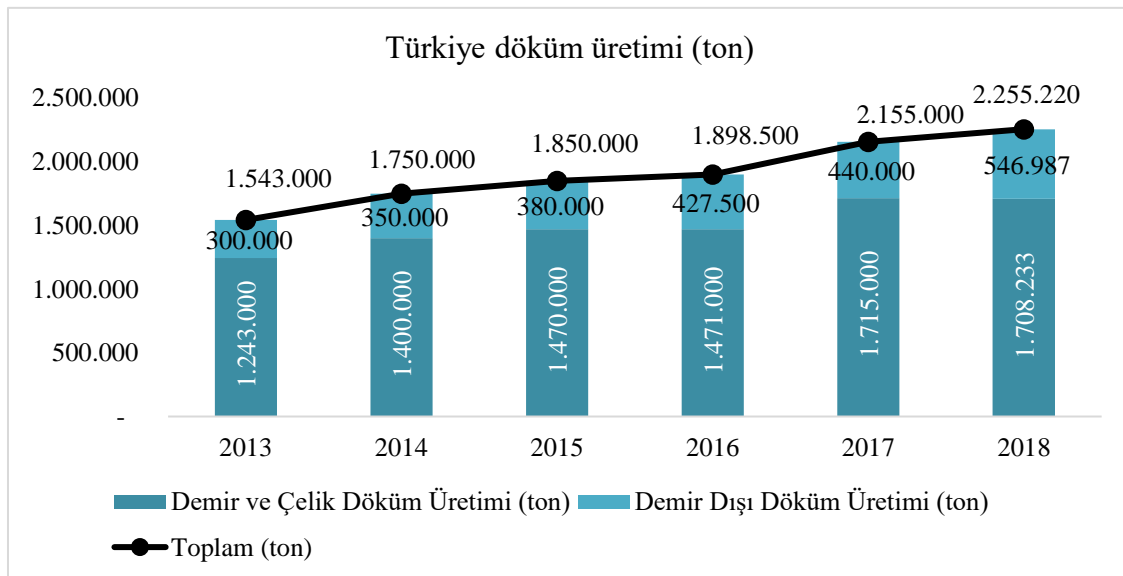
Ülke	Demir dökümhanesi (adet)	Çelik dökümhanesi (adet)	Demir dışı dökümhanesi (adet)	Döküm Tesisi (adet)
China	14.000	4.000	8.000	26.000
India	4000	-	600	4.600
U.S.	617	341	977	1.935
Pakistan	1.595	60	185	1.840
Japan	1612	-	-	1.612
Brazil	452	153	565	1.170
Russia	1140	-	-	1.140
Italy	139	37	862	1.038
Turkey	441	105	386	932
Ukraine	270	280	290	840
Mexico	800	-	-	800
Korea	550	-	100	650
Germany	192	45	337	574
Poland	180	35	240	455
U.K.	216	-	204	420
France	380	-	-	380
Canada	175	-	-	175
South Africa	38	43	86	167
Belarus	135	-	-	135
Spain	46	29	52	127
Hungary	27	7	86	120
Romania	100	-	-	100
Sweden	26	12	61	99
Bulgaria	80	-	18	98
Portugal	23	8	57	88
Austria	20	3	33	56
Switzerland	15	2	39	56
Slovenia	-	-	45	45
Czech Republic	-	-	37	37
Serbia	11	8	17	36
Finland	11	7	14	32
Croatia	26	5	-	31
Denmark	8	-	7	15
Bosnia & Her.	5	2	4	11
Norway	5	-	6	11
Belgium	-	-	6	6
TOPLAM	27.335	5.182	13.314	45.831

2.5.Türkiye’de Döküm Sektörü

Türk döküm sektörü, yaşanan gelişmelere ve rekabete rağmen 2018 yılında 2.25 milyon ton üretim gerçekleştirmiştir (Şekil 3). Bu üretimin mali değeri ise 5.15 milyar Euro olmuştur. Üretimnin büyük bir çoğunluğunu başta Avrupa Birliği ülkeleri olmak üzere dünyanın her yerine ihraç eden Türk döküm sektörünün yarattığı 5.15 milyar euro değerinde ki ihracatın payı ise yaklaşık 1.4 milyon ton döküm ile 3.56 milyar Euro olarak gerçekleşmiştir. Amerikan Dökümcüler Derneği tarafından açıklanan 2017 istatistiklerine göre ise Türk döküm sektörü, tonaj olarak Almanya ve İtalya’yı takiben Avrupa’da 3. sırada, Dünya’da ise önde gelen döküm üreticileri arasında 11. sırada yer almıştır (Tüdöksad, 2018).

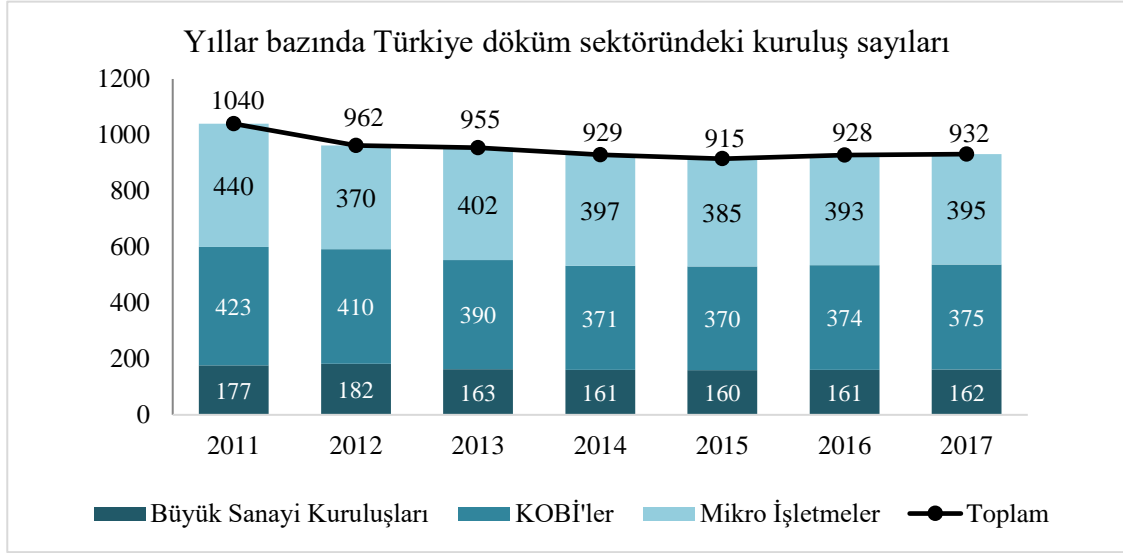
Tablo 3: Yıllar bazında Türkiye döküm çeşitlerinin üretimi (ton) (Tüdöksad, 2018)

Döküm Türü	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Pik döküm	610.000	600.000	675.000	650.000	675.000	720.000	603.000
Sfero döküm	502.000	500.000	600.000	630.000	640.000	810.000	900.000
Temper döküm	8.000	8.000	10.000	15.000	15.000	15.000	13.220
Çelik döküm	140.000	135.000	140.000	150.000	166.000	170.000	192.000
Demir dışı döküm	185.000	300.000	350.000	380.000	427.500	440.000	547.000
Toplam üretim (ton)	1.445.000	1.543.000	1.775.000	1.825.000	1.923.500	2.155.000	2.255.220



Şekil 3: Yıllar bazında Türkiye döküm üretimi grafiği (Tüdöksad, 2018)

Şekil 4’de de gösterildiği gibi coğrafi dağılım itibariyle büyük ve orta ölçekli kuruluşların büyük kısmı İstanbul, Kocaeli, Bursa, Eskişehir, Bilecik, İzmir, Ankara ve Samsun yörelerinde bulunmaktadır. Küçük ölçekli ve mikro işletmeler ise, başta İstanbul, Bursa, Eskişehir, Ankara, Konya ve Gaziantep olmak üzere tüm illerimize dağılmış durumdadır (Tüdöksad, 2018).



Şekil 4: Yıllar bazında Türkiye döküm sektöründeki kuruluş sayıları (Tüdöksad, 2018)

2.6.Döküm Sektörünün Önemi

İçinde bulunduğumuz modern çağa ait ürünler (otomobil, kamyon vb.) metal döküm sektörü olmadan var olamayacağı için; döküm sektörü otomotivden inşaata, madencilikten havacılığa onlarca sektör için, 1 gramdan hafif veya 300 tondan ağır olabilecek geniş bir yelpazede parça üretmektedir. Mutfak ve ev aletlerinden boru ve vanalara; uzay gemilerinden oyuncaklara; rüzgâr türbinlerinden tanklara; mobilyadan aydınlatma ekipmanına; her türlü kara, hava ve deniz ulaşımı araçlarından ağır sanayi makinelerine kadar, günlük hayatımızın içinde yer alan milyonlarca üründe döküm parçası görmek mümkündür (Tüdöksad, 2018).

Üretiminin çeşitleri, boyutları, kalitesi, kullanım alanları ve ürün verdiği sektör çeşitliliği bakımından imalat sanayiinin temel endüstrilerinden biri konumundadır. Bu sebeple döküm, metallere en yüksek katma değer sağlayan üretim metodu olarak ön plana çıkmaktadır. Örneğin yalnızca demir ve çelik dökümü incelediğimizde, döküm parça üretiminin tonaj olarak miktarı toplam demir-çelik üretiminin % 6'sına tekabül etmesine rağmen ürün kıymeti olarak %50'sine ulaşmaktadır. Dolayısıyla güçlü bir döküm

sektörüne sahip olmadan kalkınmanın ve sanayinin sürdürülebilirliğinin sağlanması mümkün değildir (Tüdöksad, 2018).

Ülkeler için stratejik öneme sahip savunma ve ulaşım sanayilerine girdi sağlayan olmazsa olmaz sektörlerden biridir. Söz konusu sektörlerin döküm ihtiyacında dışa bağımlılığı azaltmak amacıyla metal döküm sektörünün ilerlemesi, her dönemde ülke güvenliği ve gelişimine yönelik yatırımlarda stratejik öneme sahip olmuştur. Metallerin sonsuz hayat döngüsüne sahip olduğu düşünüldüğünde dökümün, sürdürülebilir ekosistemler konusunda en ön sırada yer alan imalat sektörlerinden biri olduğu açıktır. UNDB (Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı) sürdürülebilir kalkınma hedefleri ile birebir örtüşecek şekilde, dökümhanelerimiz her yıl tonlarca hurda metali geri dönüştürerek üretimlerini sürdürmektedir. Bunun yanında doğal kaynaklardan elde edilen döküm kumu gibi malzemeler de hem sektör içinde hem de diğer sektörlerde yeniden girdi olarak kullanılacak şekilde geri dönüştürülmektedir (Tüdöksad, 2018).

Döküm sektörünün önemi ve vazgeçilmezliğinin yanında içinde barındırdığı iş sağlığı ve güvenliği problemleride bir o kadar önemli ve göz ardı edilmemesi ve etkili önlemler ile çalışanın sağlığının korunması gereken bir sektördür (Koçhisar, 2010).

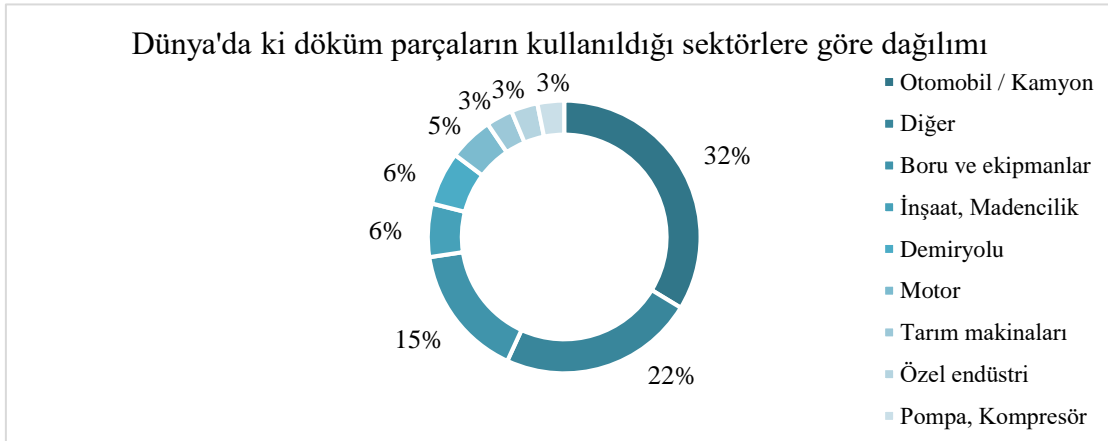
2.7.Metal Döküm Ürünleri ve Döküm Ürünü İçeren Malzemeler

Dökümden imal edilmiş bir çok ürün direk veya dolaylı yollarla son kullanıcılara ulaşmaktadır. Dökümden eşyalarda yelpaze oldukça geniş olup otomotivden makine sanayine beyaz eşya sektöründen takı ve oyuncaklara kadar bir çok eşya dökümden imal edilmiştir. Döküm içeren malzemeler günlük yaşantımızın içinde olup bir çoğu aşağıda verilmiştir:

- Otomobil, kamyon vb. her türlü kara ulaşım araçlarının motor blokları, aktarma organları ve gövdeleri,
- Gemi makine ve aktarma organları, gövde parçaları,
- Uçak jet motorları, füze, tank, silah, bomba parçaları,
- Tren, tramvay gibi her türlü raylı taşımacılık araçları motor blokları ve fren aksamları,
- Her sektörde üretim için kullanılan makine parçaları,
- Her sektörde üretim için kullanılan otomasyon parçaları (robot parçaları),

- Tarım araç ve gereçleri,
- Maden, petrol ve doğal gaz arama teçhizatı,
- Nükleer ve yenilenebilir enerji tesis parçaları, enerji türbinleri,
- Trafo, jenaratör ve elektrik motorları,
- Sağlık ürünleri (Görüntüleme cihazları dâhili parçaları, yapay uzuvlar vb.),
- İnşaat malzemeleri,
- Radyatörler ve ısınma kazanları,
- Su, kanalizasyon, vb. her türlü borular,
- Yangın muslukları, pompa, vana, tapa ve su sayaçları,
- Burç, dirsek, köşebent ve ara bağlantı elemanları,
- Mobilya aksamı,
- Beyaz eşya ve diğer ev eşyaları (Fırın, ocak, kahve makinesi vb. parçaları),
- Monitörler ve cep telefonları,
- Oyuncaklar, takılar, heykeller,
- Belediyelere ait park ve bahçe malzemeleri,
- Rögar ve her türlü yer altı galeri kapakları (Tüdöksad, 2019).

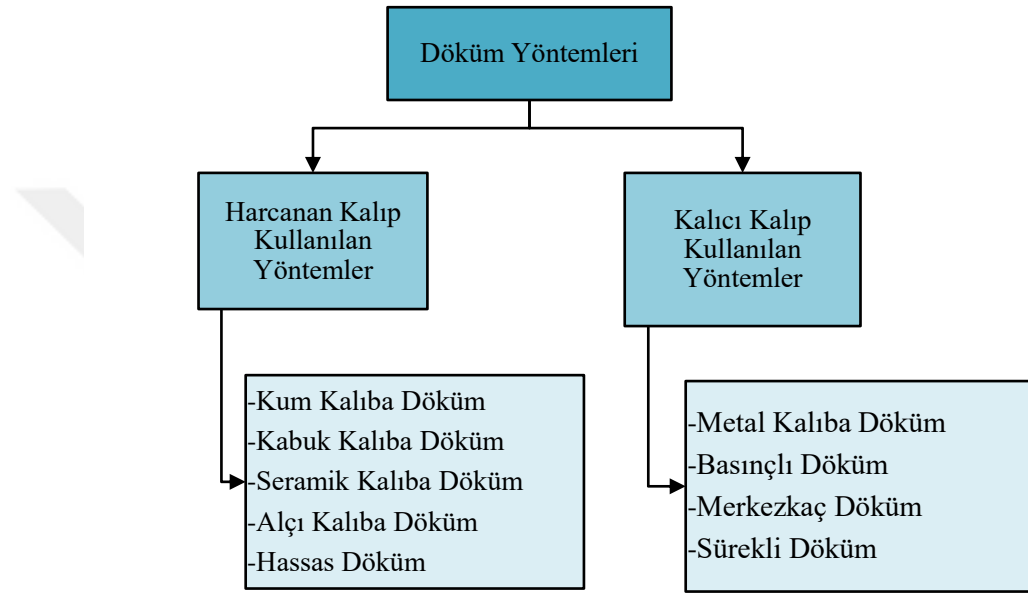
AFS yayınladığı bir bilgiye göre ABD’de 200.000 kişiye iş imkanı sağlayan ve 33 milyar dolarlık bir hacime sahip olan döküm endüstrisi sayesinde güvenli sürüş, uçakların güvenle iniş yapması, evlerimize suyun ulaşması mümkün olmaktadır (AFS Metalcasting, 2019). Amerikan Döküm Derneği Dünya’da kullanılan döküm parçaların kullanıldığı araç ve sektörleri belirtmiş (Şekil 5); buna göre Dünya’da ki her döküm parçanın % 32’si otomobil ve kamyonlarda, % 15’i boru ve ekipmanlarda, % 6’sı inşaat ve madencilik alanlarında kullanıldığını belirtmiştir (AFS Metalcasting, 2019).



Şekil 5: Dünya’da ki döküm parçaların kullanıldığı sektörlerin dağılımı (AFS Metalcasting, 2019)

2.8.Döküm Yöntemleri

Döküm, şekil 6’da verildiği gibi harcanan kalıplar (tek kullanımlık) ve kalıcı kalıplar olmak üzere iki ana yöntemin kullanıldığı bir imalat yöntemidir. Tek kullanımlık kalıp ile yapılan dökümde kendi içinde; kum kalıba döküm, kabuk kalıba döküm, seramik kalıba döküm, alçı kalıba döküm ve hassas döküm olmak üzere beş gruba ayrılır. Kalıcı kalıp yöntemleri ise; metal kalıba döküm, basınçlı döküm, merkezkaç döküm, sürekli döküm olmak üzere dört ana yöntem ayrılır (Öztürk, 2019).

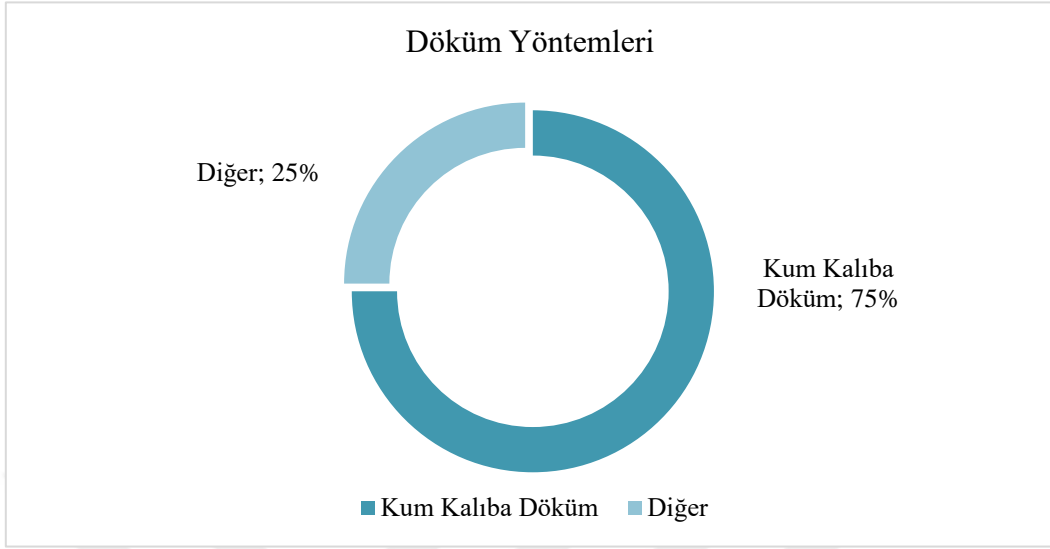


Şekil 6: Döküm yöntemleri (Öztürk, 2017)

Şekil 6’da görülebileceği gibi, çok sayıda döküm yöntemi kullanılabilir. Çoğu, çeşitli ağırlık ve boyutlarda karmaşık geometriyi barındırabilir. Bununla birlikte iç boşluklu veya içi boş bölümleri olan karmaşık şekiller üretebilirliği, döküm işlemleri ile çok büyük parçalar üretebildiği, işlenmesi zor malzemeleri işleyebilme kabiliyetinden dolayı döküm yöntemi en çok tercih edilen metal üretim yöntemidir. Ayrıca diğer yöntemlere göre ekonomiktir. (Scallan, 2003).

Şekil 7’de ki grafikte verildiği gibi kum kalıba döküm, en yaygın metal döküm yöntemidir ve tüm metal dökümlerin yaklaşık %75’ini oluşturur. Kalıp ile kuma bir boşluk oluşturmak, boşluğu ergimiş metalle doldurmak, soğumasını ve katılaşmasını sağlamak ve ardından kumu parçalayarak serbest bırakmaktan ibarettir. Modeller, üretilen dökümün dış şekline sahip tam boyutlu kütlelerdir ve metal, ahşap, piring, alüminyum veya başka bir malzemedan yapılabilir. Bir kalıp için malzeme seçimi, döküm

yapılacak sayıya ve üretme maliyetine bağlıdır. Döküm parçanın içi boş özelliklere sahipse, maçalar kullanılır (U.S. International Trade Commission, 2005).



Şekil 7: Döküm yöntemlerinin kalıplara göre dağılımı (Treyger, 2018)

Döküm yönteminin diğer imalat yöntemlerine göre üstünlükleri olduğu gibi bazı dezavantajları da vardır. Bunlar aşağıda iki başlık halinde listelenmiştir.

2.9.Döküm Yönteminin Diğer İmal Usüllerine Göre Üstünlükleri

Aran ve Scallan'a göre döküm yönteminin diğer imalat usullerine göre beş adet üstünlüğü vardır. Bunlar aşağıda ki gibi sıralanabilir.

- Yöntemin sınırları çok geniş olup, hem çok küçük parçaların, hem de tonlarca ağırlıktaki parçaların üretimine uygun değişik teknikler bulunmaktadır. (Furan gibi)
- Çok karmaşık, içi boş, şekilli parçaların üretimine elverişlidir.
- Hemen hemen tüm metal alaşımlarının dökümü mümkündür.
- Bazı malzemeler ise (dökme demir gibi) sadece döküm yoluyla elde edilebilir.
- Seri üretime uygundur (Aran, 2007; Scallan, 2003).

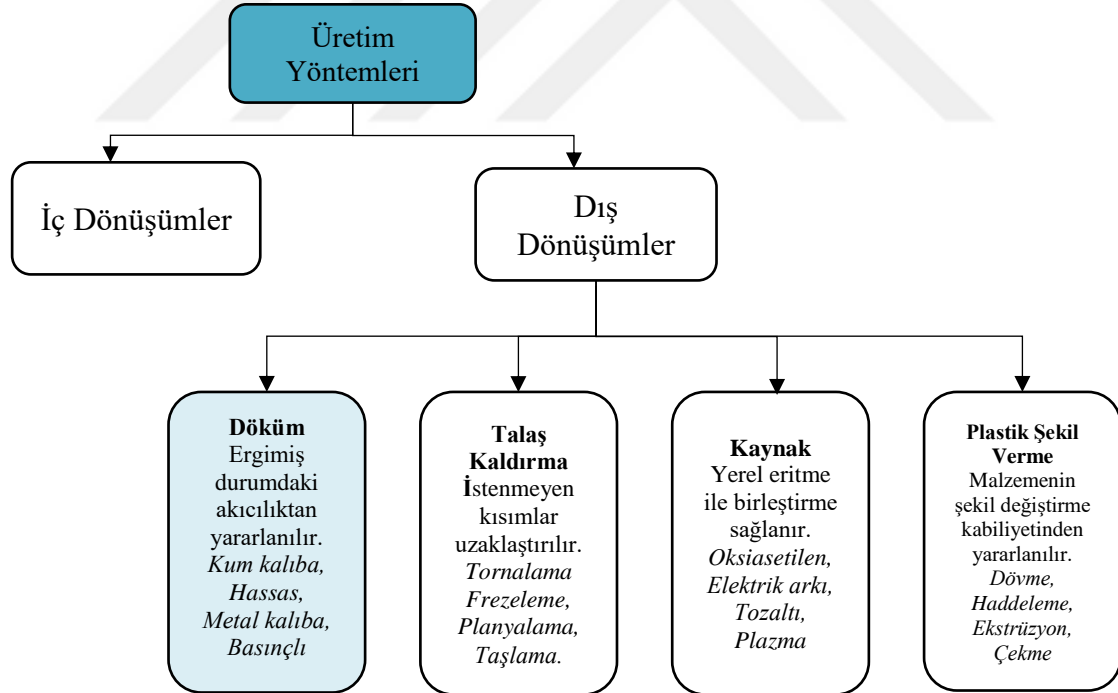
2.10.Döküm Yönteminin Kısıtları

Döküm imalat yönteminin avantajları yanında diğer imalat yöntemlerine göre dezavantajları vardır. Bu dezavantajları aşağıda ki gibi sıralanabilir.

- Az sayıda parça üretimi için ekonomik değildir.
- Aynı malzemenin plastik şekil verme ile yöntemleri ile (dövme gibi) elde edilmiş olanı, dayanım bakımından daha üstündür.
- Hemen hemen tüm metal alaşımlarının dökümü mümkündür. Bazı malzemeler ise (dökme demir gibi) sadece döküm yoluyla elde edilebilir.
- Hassas boyut ve iyi yüzey hassasiyeti yakalamak güçtür.
- Çevre dostu imalat yöntemi değildir. (Doğal kaynak tüketimi, örneğin silis kumu) (Aran, 2007).

2.11. Döküm Prosesi

Döküm tekniği sıvı halde akıcı olan metallerin üretmek istenen parçanın biçiminde bir boşluk içeren kalıplara (yerçekimi yardımıyla veya uygulanan basınç ile) doldurularak katılaştırıldığı bir imalat yöntemidir. Şekil 8’de görüldüğü gibi dış dönüşümler metodu altında bulunan dört imalat yönteminden biridir (Aran, 2017).



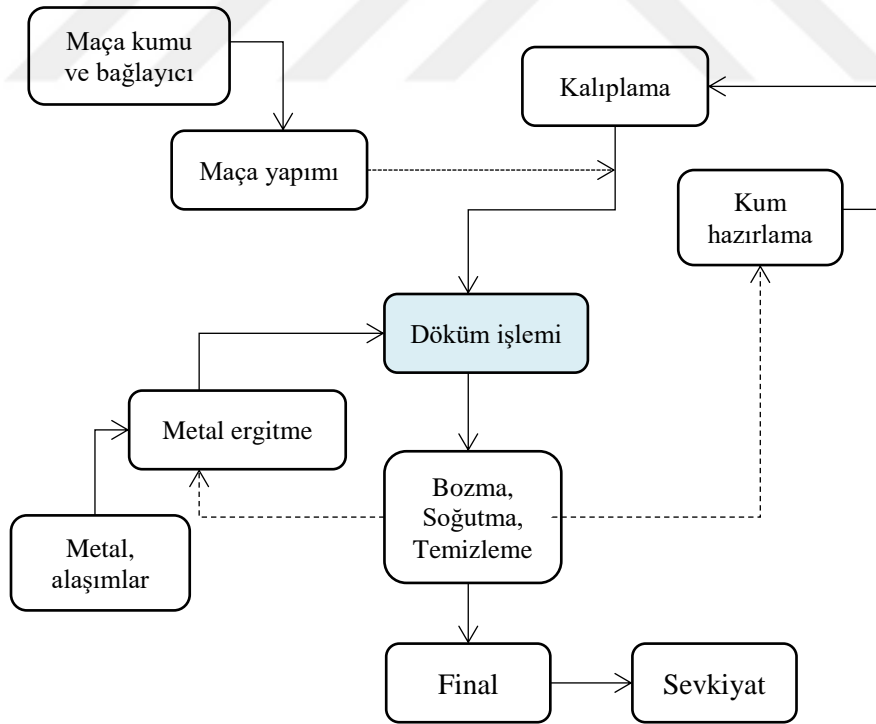
Şekil 8: Metal üretim yöntemleri (Aran, 2017)

Döküm yöntemi ile imal edilecek bir parça için genel olarak metallerin ergitildiği ergitme, döküm parçaların kalıptan çıkarılamayan ters açılı iç boşluklarını oluşturmak için maça, ergimiş metal ve maçanın koyulacağı bir kalıba ve döküm sonrası parçadan

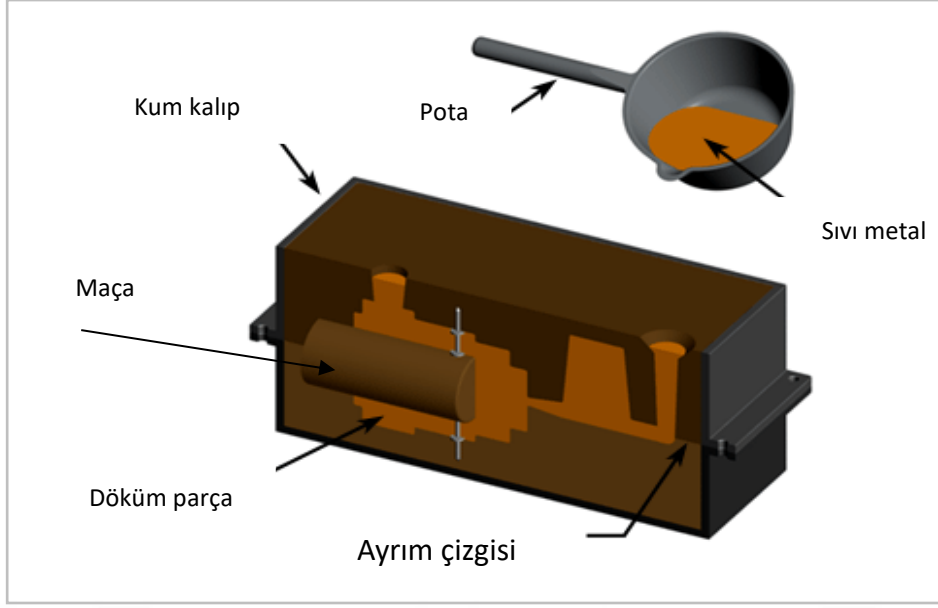
istenmeyen malzemelerin temizleneceği temizleme ya da diğer adıyla tamamlama proseslerine ihtiyaç vardır. Tipik bir döküm prosesi şekil 9’da verildiği gibidir. (Zakaria ve ark., 2005), (Filho ve Riberio, 2006).

Döküm işlemi, genellikle metal olan ergimiş malzemelerin (Şekil 10) kullanılmasını içerir. Ergimiş malzeme daha sonra bitmiş parçanın şeklini alan bir kalıp boşluğuna dökülür. Ergimiş malzeme soğuyarak, kalıpta katılaşmaya kadar ısı kalıptan çıkarılır. Yukarıdakiler nispeten basit bir işlemi tarif etmesine rağmen, döküm genellikle ergimiş metal kullanmanın karmaşık metalurjisine bağlı olarak oldukça karmaşık bir işlemdir. Döküm işlemleri iki geniş kategoriye ayrılabilir. Birincisi harcanabilir kalıp işlemleri, ikincisinde kalıcı kalıp işlemleridir.

Harcanabilir kalıp işlemleriyle, dökümü gidermek için kalıplar imha edilir. Tipik kalıp malzemeleri arasında bir bağlayıcı madde ile karıştırılmış kum, sıva ve seramikler bulunur. Bununla birlikte, kalıcı kalıp işlemleriyle kalıbın kendisi yeniden kullanılır ve bu nedenle dökümün kolayca çıkarılmasını sağlamak için tasarlanmalıdır. Tipik olarak, kalıcı kalıplar, yüksek sıcaklıklarda kuvvetlerini koruyan metallerden yapılır (Scallan, 2003).



Şekil 9: Metal döküm prosesi akışı tipik (Ribeiro & Filho, 2006)



Şekil 10:Döküm kalıp kesit görünümü (Custompartnet, 2019)

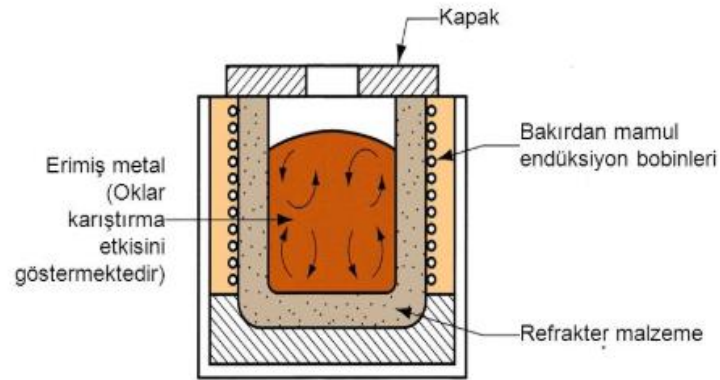
Bu tez kapsamında incelenen dökümhanenin döküm prosesini oluşturan üretim aşamalarının tanımları yapılarak maça üretim prosesi detaylı olarak ele alınmış ve maça üretiminde ortaya çıkan kimyasalların ölçülmesi ile maruziyet tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada incelenen dökümhane harcanan kalıp yöntemi ile kum kalıba sfero ve pik döküm üretimi yapan bir dökümhanedir.

2.11.1.Ergitme (Melting)

Ergitme işlemi, seçilen hurdaların ocağa doldurulması ile başlar ve primerden geçen yüksek frekanslı akım sekonderde yani şarjda çok daha şiddetli bir indüksiyon akımı oluşturur, şarj bu akıma karşı gösterdiği kendi direnciyle ısınır ve ergir. Sıvı banyosu teşekkül eder etmez şiddetli bir karışma (sıvı hareketi) başlar ve katı durumda olan hurdalar sıvı metal tarafından yalanarak ergime hızlanır. Metal (şarj) tamamen ergiyince oluşan cüruf temizlenir. Metal döküm sıcaklığına çıktıktan sonra akım kesilerek ocak kaldırılır ve sıvı metal potaya alınır (Çolak, 2011). Ergitme, döküm parçanın sıvı metal olarak hazırlandığı prosesin başlangıç aşamasıdır. Müşteri isteğine göre hazırlanan ergitilcek malzeme şarj arabaları ile ergitim ocaklarına alınarak yüksek enerji uygulanır. Oluşan manyetik alan ile pik, kırpıntı sac ve hurda döndü malzeme faz değiştirmeye başlar. Ocak yaklaşık 1.600 dereceye ulaştığında malzeme ergimiş olur. Kalıp hazırlandıktan sonra ergimiş metal ocaktan transfer potalarına alınarak dökülmek üzere kalıplara götürülür (Şener, 2005).

Erime iyonlaşarak bir katının sıvı içinde çözünmesi olayıdır. Ergime ise bir maddenin ısıtılması sonucu katı fazdan sıvı faza geçmesi, moleküller arası bağın koparılarak sıvı faza dönüşme olarak tanımlanabilir (Şener, 2005).

Metalürji sektöründe ergitme işlemleri için Tablo 4’de de görüldüğü gibi alaşımın çeşidine göre; katı yakıtlı, sıvı yakıtlı, gaz yakıtlı, elektrik ile ısıtılan ocaklar kullanılmaktadır. Elektrik enerjisinin diğer enerji türlerine kolay çevrilmesi, üretimin kolay olması özellikle de tüketiminde diğer fosil kaynaklı yakıtlar gibi çevreye zarar vermemesi, kontrollü bir düzen olması ve çok çeşitli kaynaklardan elde edilebilmesinden dolayı yaygınca kullanılmaktadır. En yaygın olan yöntem indüksiyonla ısıtma yöntemidir. İndüksiyonla ısıtma, metalik iş parçalarını belirtilen sıcaklık ve sürelerde ısıtmakta kullanılan temassız bir ısıtma yöntemidir. Elektrikle çalışan ocakların en önemlisi indüksiyon ocaklarıdır. Denetim kolaylığı, yüksek verimliliği, madde kayıplarının son derece düşük olması tam otomatik üretime uygunluğu ve çevre kirliliği yaratmaması gibi nedenlerden dolayı indüksiyon ocaklarına eğilimi artırmış ve sayısal açıdan diğer tüm ocakların üzerine çıkarmıştır (Çolak, 2011). Teze konu olan Dökümhanede ergitme metodu olarak indüksiyon ocakları kullanıldığı için indüksiyon ocaklarının çalışma prensibine değinilmiştir.



Şekil 11: Endüksiyon ocağı kesit görünüşü (Özkul, 2019)

Tablo 4: Ergitme ocak tipleri ve özellikleri (Çolak, 2011)

Dökümhane Ergitme Ocakları					
Enerji	Tip		Ocak	Isınma şekli	Başlıca uygulama alanları
Yakıtlı	Şaft		Kupol	Kök. şarj yakıt ile doğrudan temasta sürekli ergitme	Dökme demir, çelik (Konvertör ile dupleks)
	Potasız		Reverber (Hava)	Gaz, sıvı yakıt, katkı yakıt	Demir dışı alaşımlar dökme demir, temper
			Siemens Martin	Gaz, sıvı yakıt	Çelik
			Rotary (döner)	Gaz, sıvı yakıt, pulverize katı yakıt	Demir dışı, dökme demir, temper ve özel. Dupleks bekletme
	Potalı		Pota	Gaz, sıvı veya katı yakıt	Çelik dışında diğer alaşımlar
			Yer tipi, potası çıkartabilen	Gaz, sıvı veya katı yakıt	Çelik dışında diğer alaşımlar
Elektrik	Potasız	Ark	Direkt ark	Şarja ark	Çelik , dökme demir.
			İndirekt ark	Şarj dışında ark	Demir dışı, yüksek alaşımlı çekirdekler ve özel dökme demirler.
	Potalı	Rezistans	Rezistans fırını	Çubuk veya telrezistanslar	Çelik, dökme demir, bakır alaşımları.
	Ergitme kanallı	Endüksiyon	Çekirdeksiz endüksiyon	Yüksek Frekans	Çelik, Ni esaslı
Çekirdekli endüksiyon			Alçak frekans	Dökme demirler, demir dışı alaşımlar, bekletme	

Endüksiyon ocaklarının çalışma prensibi ise şu şekilde verilebilir. Herhangi bir iletken malzeme bir alternatif akım devresinin yanına getirildiğinde, kısmen de olsa ısınabilir. İndüksiyonla ısıtma prensibinde alternatif akımın geçeceği bobin ısıtılacak parçanın etrafını sarmakta, fakat parçaya temas etmemektedir. Bobin içinden geçen alternatif akımın yarattığı manyetik alan içindeki veya yakınındaki metal parçalardan devresini tamamlamaktadır. Akımın yön ve değerindeki değişiklik, manyetik alanda da aynı değişikliği yaratır (Şekil 11). Manyetik alandaki değişiklik, parça içinde bir gerilim doğurur. Bu gerilim, parça içinden büyük değerde fukolt akımı dolaştırır. Parça direncinden geçen bu akım parça içinde ısı yaratır. Isıyı indüksiyon akımı meydana getirdiğinden, bu işleme indüksiyonla ısıtma denir. İçerisinde metal ve alaşımlarının ergitildiği bakır bobinlerin, içerisinden geçen suyla soğutulan yüksek ısıya dayanıklı, refrakter malzemelerden oluşmuş hazneye ocak potası denir (Çolak, 2011).

2.11.2.Kalıplama (Moulding)

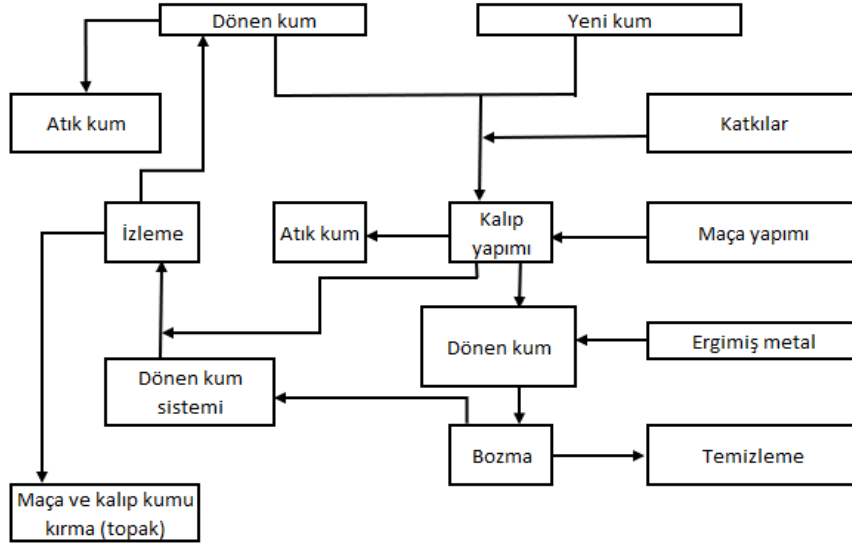
Kalıp, içine bir döküm üretmek üzere erimiş metalin dökülmüş olduğu bir boşluk sağlar. Uygun bir bağlayıcı ile birleştirilen kum, bir modelin etrafına sert bir şekilde sarılır, böylece model çıkarıldığında karşılık gelen şekle sahip bir boşluk kalır. Kumun fiziksel ve kimyasal özellikleri, döküm üretiminde geniş kullanım alanına sahiptir. Kum, belirli şekillerde oluşturulabilir, metalin yüksek sıcaklığından kaynaklanan füzyonu önler ve masterların kaçmasına izin verecek kadar geçirgenliği içerir. Kum kalıbı kırılabilir ve metal dökümden sonra, dökümün çıkarılması için kolayca kırılabilir. Kalıplama işlemi döküm parçayı oluşturmak için gerekli bütün malzemelerin (model, kum, ergimiş metal, maça, filtre vb.) bulunduğu ana üretim prosesidir. Döküm, kalıp için kullanılan malzeme ve ergimiş metalin kalıp içerisine sevk edilme şekline göre sınıflandırılabilir (NIOSH, 1985).

- Kum kalıba döküm
- Kokil (kalıcı veya metal) kalıba döküm
- Basınçlı döküm
- Hassas döküm
- Santrifüj döküm
- Alçı kalıba döküm
- Seramik kalıba döküm
- Dolu kalıba döküm (Ünal, 2019).

Kalıp kumdan imal edilir. Kum olarak genellikle silis kullanılır. Silis çok serttir ve yüksek sıcaklıklara (1.700°C) dayanıklıdır. Şekli yuvarlak, köşeli veya yarı köşeli olabilir. Tutuculuk özelliği yoktur, bir tür akışkan sayılabilir (Ünal, 2019).

Mevcut iki temel döküm kumu türü, bağlayıcı madde olarak kili kullanan yeşil kum (genellikle kalıp kumu olarak adlandırılır) ve kum tanelerini birbirine bağlamak için polimerleri kullanan kimyasal olarak bağlanmış kum vardır. Yeşil kum % 85-95 silika, % 0-12 kil, deniz gibi % 2-10 karbonlu katkı maddeleri ve % 2-5 sudan oluşur. Yeşil kum dökümhaneler tarafından en çok kullanılan kalıplama kumudur. Silika kumu, kil kaplaması kumu birbirine bağlarken yüksek sıcaklıklara dayanan dökme ortamdır. Su plastisite ekler. Karbonlu katkı maddeleri “yanmayı” veya kumun döküm yüzeyine kaymasını önler. Kimyasal olarak bağlanmış kum % 93-99 silika ve % 1-3 kimyasal bağlayıcı içerir. Silika kumu kimyasallarla iyice karıştırılır; bir katalizör kütleyi

sertleştiren ve sertleştiren reaksiyonu başlatır. Döküm endüstrisinde kullanılan çeşitli kimyasal bağlayıcı sistemleri vardır. Kullanılan en yaygın kimyasal bağlayıcı sistemler fenolik üretanlar, epoksi reçineler, furil alkol ve sodyum silikatlardır. Döküm işleminde kalıplama kumları geri dönüştürülür ve birçok kez tekrar kullanılır. Ancak nihayetinde geri dönüştürülmüş kum, döküm işleminde tekrar kullanılamayacağı noktaya düşer. Bu noktada, eski kum, yan ürün olarak döngüden yer değiştirir, yeni kum verilir ve döngü yeniden başlar. Tipik bir dökümhaneden geçen kum akışının şeması Şekil 12'de gösterildiği gibidir (Treyger, 2018).



Şekil 12: Kalıp kumu akış şeması (Treyger)

Kum kalıpları, özellikle büyük dökümler için, çoğunlukla, erimiş metalle temas edecek özel kaplama kumları gerektirir. Yüzey kumları termal genişlemeyi en aza indirmek için özel olarak formüle edilir ve genellikle kalıpcı tarafından elle uygulanır. Kalıp kaplamalar veya yıkamalar, daha iyi döküm yüzeyleri elde etmek için kullanılır. Kaplama, kalıbın kum-metal ara yüzünde kapatılmasıyla yüzeyin refrakter özelliklerini arttırmak için püskürtülerek, fırçalanarak veya sürtünerek uygulanır (Treyger, 2018).

Döküm işleminin emniyetli bir şekilde yapılabilmesi ve elde edilecek iş parçasının arzu edilen nitelikte olması için kalıplama kumunun şu özelliklere sahip olması istenir.

Mukavemet: Kalıp kumu ihtiva ettiği nem miktarına göre yaş, kuru veya cidarları kurutulmuş kısmını alır. Kalıp kumunun yaş, kuru ve sıcak mukavemete sahip olması arzu edilir. Kalıp kumunu 1.500°C'in üzerinde metal basıncı ile büyümemesi, sıcaklığın etkisi ile çatlayıp kırılmaması gerekir.

Plastiklik: Şekil alma ve aldığı şekli koruma kabiliyetidir. Kalıp kumunun plastikliği bünyesinde ki mevcut kil ve su miktarına göre değişir.

Gaz geçirme kabiliyeti: Döküm sırasında meydana gelen gazların kolayca kalıbı terk etmeleri gerekir. Aksi takdirde dökülen parçanın içinde veya yüzeyinde boşluklar meydana gelir.

Isıya dayanıklılık: Kalıbın sıcak metalle teması sırasında çatlamaması ve ergiyip parçaya yapışmaması lazımdır.

Tekrar kullanılabilme: Kolay bir şekilde ergiyip topraklanmaya yol açmamalı ve çatlayıp ufalanmamalıdır.

Ucuz olma: Kalıp hazırlama masraflarının yüksek olmaması için kumun kolay ve ucuz şekilde temin edilebilmesi gerekir (Ünal, 2019).

Kalıp, döküm sırasında metali taşımak için yeterli kuvvete sahip olmalı ve katılaşma sırasında gazların geçmesine izin verecek kadar geçirgen olmalıdır. Katılaşmadan sonra döküm kalıptan çıkarılır ve işlem sırasında tekrar kum kullanılır. Üretimde sürdürülebilirlik daha temiz ve daha verimli üretimlerden kaynaklanmaktadır. Sürdürülebilir üretim; kar, çevresel etki, ürün yaşam döngüsü, operatör bilgisi ve geri dönüştürülebilirliği kapsayan çeşitli konseptleri içerir. Ek olarak, kum döküm işlemi sürdürülebilir bir yöntemdir, bu sayede refrakter kum, nihai dökümden ayrıldıktan sonra işlem sırasında geri dönüştürülür. Kumun geri dönüşümü, işlem maliyetini düşürmek ve kum dökülmesinden kaynaklanan çevre kirliliğini önlemek için yapılır. Bu nedenle, kum dökümü, parçaların iyi özelliklerini verdiği için, küçük ve orta ölçekli parçalar için en popüler ve verimli döküm yöntemlerinden biridir. Kum hazırlama ünitesinde bağlayıcı ve kömür tozu katılan silis kumu, mikserde bir miktar su ile karıştırılarak bantlar ile kalıplama hattına iletilir. Kalıplama presindeki model (pattern) üzerine basınçlı hava ile sürüklenen kalıp kumu sıkıştırılarak modelin şeklini alması sağlanır. Alt model ve üst model olacak şekilde oluşan iki kum kalıp otomatik olarak ilerleyerek maça koyma alanına gelirler. Burada alt modele (eğer döküm parçada maça ihtiyacı var ise) maçalar yerleştirilir. İhtiyaç olan diğer döküm malzemeleride (filtre, soğutucu gibi) kalıba koyulduktan sonra kalıplar (alt ve üst model) kapama ünitesinde birbirine doğru kapatılarak döküm yuvası (havşa) üste gelecek şekilde döküm hattına doğru ilerler. Şekil 9'da görüldüğü gibi kalıp, sıvı metalin doldurulması için hazırdır. Endüksiyon

ocaklarında hazırlanan sıvı metal döküm potaları ile kalıba boşaltılır. Çıkıcılardan sıvı metal çıkıncaya kadar ve havşa tam dolana kadar döküme devam edilir. Dökümü tamamlanan kalıp soğutma tüneline alınarak soğumaya bırakılır. Gerekli soğuma süresi tamamlanınca kalıplar bozma ünitesine ulaşır. Burada alt ve üst kalıp ayrılır ve içinden döküm parça alınarak bir sonraki üniteye transferi gerçekleştirilir. Burada parça üzerindeki yolluk, besleyici gibi fazlalıklar temizlendikten ve parça boyandıktan sonra kalite kontrol aşamalarından geçirilir. Müşterinin kalite standartlarını sağladığı kesinleşen döküm parçalar paketleme bölümüne alınır ve müşteri isteğine göre paketlenerek sevkiyata hazır hale gelir (Sithole ve ark., 2019).

2.11.3.Tamamlama (Fettling)

Dökümcülük sektöründe Tamamlama olarak da bilinen temizleme işlemi döküm parçayı oluşturmak için bir önceki proseslerde kullanılan tüm malzemelerin taşlama makineleri, bilya üfleme gibi yöntemlerle parça üzerinden temizlenmesidir. Yolluk sistemi (sıvı metalin kalıba ilerlediği kanal), ayırım yüzeyi çapağı, besleyiciler, soğutucular, kalminexler, çıkıcılar ve yanmış kumlar parça üzerinden temizlenerek müşteriye sevk edilmek için hazırlanır. Temizleme işlemi kalıptan parçayı ayırmakla başlar. Yolluk sistemi bir vibratörün üzerinde kırılır. Döküm parça kumlardan arındırılmak üzere bilya püskürten bir makinaya alınarak üzerindeki döküm kumu bilyaların yüksek hızda parçaya çarpması ile temizler. Türbinlerin basınçlı hava ile 2 mm çapındaki çelik bilyaları döküm parça üzerine püskürtmesi prensibine dayanır. Çelik bilyalar döküm parçanın bütün girintilerine nüfuz ederek kalıplama ve maça kumunu parçadan ayırırlar. Bilyalar ve artık kum makina altındaki bir bunkerde toplanarak ayrıştırılır. Kumlardan arındırılmış döküm parçaya son şeklini vermek için kalıplama aşamasında eklenmiş olan malzemeler taşlama yöntemiyle parçadan temizlenir. Besleyiciler çekiçle kırılabilir veya kesme taşı ile kesilebilir, ayırım yüzeyi çapağı taşlama taşı ile taşlanarak parçadan atılır (Safe Work Australia, 2013).

Dökümün temizlenmesi, kullanılan metale ve döküm parçanın istenen son işlemine göre değişen birkaç basamak içerir. Yuvarlanan tamburlu makineler yapışmış kumu dökümden çıkarmak için kullanılır. Bir yuvarlanan tamburlu makinede, aşındırıcı bir madde fazla kumu ve küçük kanatçıkları kesmek için kullanılır. Pnömatik veya el aletleri kullanılarak ufalama ve öğütme, besleyicileri, çıkıcıları veya diğer eklentileri dökümden çıkarmak veya yapışan kalıplama ve maça kumu çıkarmak için yapılır. Pnömatik talaş

kırıcılar, kanatçıkları, kireçleri, yanık kumları ve diğer küçük çıkıntıları dökümlerden çıkarmak için kullanılır. Küçük dökümlerde tezgah, zemin standı veya taşlama makineleri kullanılır; çerçevesiz taşıyıcılar, taşınamayacak veya el taşımayacak kadar ağır dökümleri düzeltmek için kullanılır. Daha yüksek erime alaşım metalleri için, genellikle daha fazla temizleme işlemi gerekir (NIOSH, 1985).

Döküm parça temizleme işleminde genellikle aşağıdaki tehlikeler oluşur:

- Ses ve titreşim
- Tozlar ve dumanlar
- Keskin kenarlar
- Aşındırıcılar
- Manuel kullanım
- Taşlama ve kesme makinaları
- Kesme yağları
- X-ışınları ve inceleme için ultraviyole ışık
- Kaynak tehlikeleri
- Dekapaj sırasında asit tehlikeleri
- Isıya maruz kalma,

Olarak sıralanabilir (Safe Work Australia, 2013).

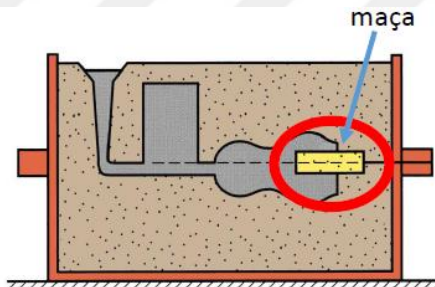
2.11.4.Maça Yapımı (Core Making)

Döküm teknolojisinin dövme, plastik kaynak, konstrüksiyon gibi diğer rakip üretim metodlarına göre en belirgin ve alternatifini bulunamayan özelliği maça kullanarak komplike iç hacimleri kolaylıkla oluşturabilmesidir (Tüdöksad, 1991).

Maça İngilizce anlamı ile 'core' yani çekirdek anlamını taşır. Çekirdek, döküm parçanın iç kısmının boş çıkmasını sağlar. Kalıba yerleştirilen maçalar, bir motor bloğunun su ceketini gibi içi boş bir dökümün iç konfigürasyonunu belirler. Maça, döküm işlemine dayanmalı, ancak aynı zamanda, sökme aşaması sırasında dökümden çıkarılmaya dayanacak kadar güçlü olmamalıdır (Mirer,1989).

Maçalar dökülecek parça içindeki boşluk veya deliklerin çıkarılabilmesi amacıyla kalıp içerisine yerleştirilen (Şekil 13) ve kalıbın diğer yerlerine göre daha fazla sıvı maden ile temas halinde oldukları için daha yüksek mekanik özellik ve daha yüksek sıcaklığa dayanım gösterecek tarzda kum ve bağlayıcı karışımı ile hazırlanan kum kütlelerdir. Silis

kumlarının organik veya inorganik bağlayıcılar ile uygun oranlar dahilinde karıştırılması ve istenilen şeklin maça sandıkları ile verilmesini takiben pişirilme gaz verme ya da zamana bağlı olarak kendiliğinden oluşacak kimyasal reaksiyonlar sonucundaki sertleşme neticesinde elde edilirler. Maçalar geleneksel olarak kumdan yapılır, organik bir bağlayıcı madde eklenir. Bu geleneksel maçaların işlenmesi, eğer yağlar kullanılıyorsa akrolein salgılayan ve nahoş, boğucu bir koku üreten fırın kürünü içerir. Bazı yeni bağlama sistemleri fenol formaldehit, üre formaldehit, furfuril alkol (furan), poliüretanlar ve çeşitli aminler gibi çeşitli sentetik reçineler içerir. Bu reçinelerin sertleşmesi kimyasal reaksiyon veya ısıtma ile sağlanır. Gazlar reaksiyonlar için katalizör olarak kullanılabilir. Sodyum silikatın kumla karıştırılması ve karbondioksitin karma çekirdek içinden geçirilmesi de kullanılır. Sert bir çekirdek oluşturan bu işlemle silika jel ve sodyum karbonat oluşur. Tamamlanan kürlenmiş maçalar dökülmeden önce bir kaplama malzemesi ile püskürtülür. Bu, bir alkol ve grafit kombinasyonunu içerebilir (Karaciğan, 2019), (Kumar ve ark., 2016)



Şekil 13: Kalıpta maçanın kesit görünümü (Öztürk, 2018)

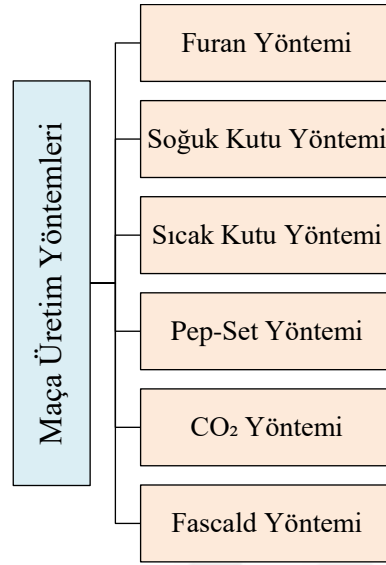


Şekil 14: Kalıpta maçanın görünümü (Foundrymag, 2019)

2.11.4.1. Maça Üretim Metodları

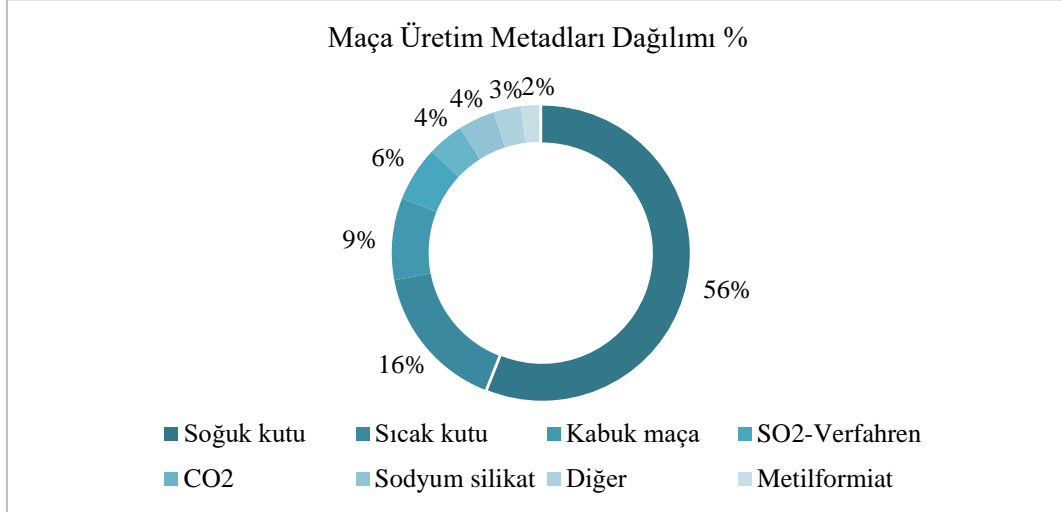
Maça üretimi için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler Şekil 15’de görüldüğü gibi; Furan yöntemi, Soğuk kutu yöntemi, Sıcak kutu yöntemi, CO₂ yöntemi,

Pep-set yöntemi ve son yıllarda gelişmekte olan Fascal yöntemi (Öztürk, 2018).



Şekil 15: Maça üretim metodları (Öztürk, 2018)

Bu yöntemler içinde %56 kullanım oranı ile soğuk kutu üretim metodu (Cold box) birinci sırada yer alırken sıcak kutu yöntemi % 16 ile ikinci sırada, kabuk maça % 6 ile üçüncü sırada ve CO₂ ile maça üretimi % 4 ile dördüncü sırada yer almaktadır (Şekil 16) (Trinowski, 2019).



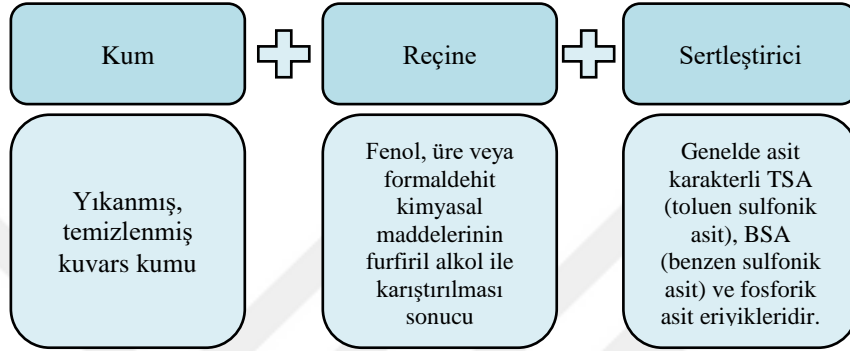
Şekil 16: Maça üretim metodları dağılımı (Huttenes Albertus, 2019)

2.11.4.1.1. Furan Yöntemi

1950'li yıllarda kullanılmaya başlanan ve halen yaygın olarak kullanılan bir prosedir, furfünil alkol, fenol formaldehit ve üre formaldehitin polimerizasyonu ile elde edilen furan reçinelerinin fosforik asit gibi katalizörlerle kürleştirilmesi esasına dayanan maça ve kalıp üretme yöntemidir. Pik, çelik, sfero dökümlerde yaygın olarak kullanılmakla beraber, demir dışı dökümlerde de uygulanabilmektedir. Maça boyutu ve

şekline, hava koşullarına göre 3 dakika ile 2 saat arasında değişen kürleşme zamanına sahiptirler (Ireland ve ark., 2002).

Furan yöntemi, pişirmeksizin kendi kendine sertleşen maça yöntemidir. Bu yöntemde bağlayıcı asit katalizör ile temas ettirildiğinde bir kondensasyon mekanizması oluşarak havada polimerizasyon olur. Sertleşme sırasında polimer reçine filmi, kuru taneleri sararak birbirine bağlar Bu reaksiyon ekzotermiktir. Şekil 17’de görüldüğü gibi karışım üç ana bileşenden oluşur (Maça Bağlayıcıları Tanıtımı, 1991).



Şekil 17: Furan üretim formülü (Öztürk, 2018)

2.11.4.1.2.Sıcak Kutu (Hot Box) Metodu

Hot Box sistemi büyük ölçekli seri üretimlerde, her türlü demir, hafif ve ağır metal dökümlerinde tercih edilmektedir. Burada Cold box’da olduğu gibi, kum, reçine ve sertleştirici uygun bir karıştırıcıda karıştırılıp, hazırlanan kumdan maça yapılır. Ancak Cold box metodundan farklı olarak maçalar 150-250 °C’de ısıtılarak kürleştirilir. Böylece kürleşme süresi diğer sistemlere göre daha kısaldır ve büyük miktarda maça üretmek için daha az süre kullanılmış olur. Bundan başka daha süratli çalışmak için Hot Box maçaları maça sandığının içinde tam olarak kürleşmesi beklenmeden sıyrılabılır. Maçanın dış kısmı sertleşince maça çıkarılıp raflarda kürleşmenin tamamlanması beklenebilir. Elbette bu özellik kullanılan sertleştiriciye bağlı olup, latent serter adı verilen bu grup içinde amonyum tuzları, kuvvetli organik ve inorganik asitler sayılabilir. Tablo 5’de görüleceği üzere sertleştiricinin asidik karakterde olması, alkali madde içermeyen kumların kullanımını zorunlu kılar. Hot Box sisteminde, üre formaldehit-furfuril alkol, fenol formaldehit-furfuril alkol, fenol formaldehit-üre formaldehit karışımları gibi karışıma oldukça geniş bir seçenek tablosu çıkar (NIOSH, 1985).

Tablo 5: Sıcak kutu maça üretim reçine tipleri ve oranları (Tüdöksad, 1997)

Reçine Tipi	Sembolik Yazılım	% FA Miktarı	% N2 Miktarı	% Serbest Formaldehit
Üre Formaldehit - Furfuril Alkol	UF-FA	3-40	7-22	3-10
Fenol Formaldehit - Furfuril Alkol	FF-FA	5-35	0-2	1-10
Fenol Formaldehit - Furfuril Alkol	FF-UF	0	4-20	3-10
Fenol Formaldehit	FF	0	0	0.5-5

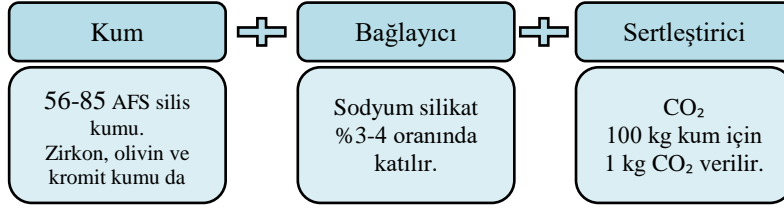
2.11.4.1.3. Pep-Set Metodu

Soğuk kutu yönteminin aynısı olmakla beraber aradaki tek fark sertleştirici, gaz yerine sıvının kullanılmasıdır. Soğuk kutu metodunda sertleştirici olarak DMEA (Dimetiletilamin) ve TEA (Trietilamin) iken bu yöntemde kullanılan sıvı katalizör fenolik üreterdir (Öztürk, 2018).

Üç komponentli havada sertleşen bu proseste, kuma önce fenol formaldehit tipi bir reçine, ardından sıvı amin katalizör ve son olarak poliizosiyanat bağlayıcı katılır. Karışımın çok çabuk sertleşmesi nedeniyle çalışma süresi azdır. Buna karşın sıyırma süresi birçok yöntemle göre daha kısadır. Bu yöntemle üretilen maçaların mukavemeti çok fazladır. Fakat elde edilen maçalar neme karşı çok hassastır. Ayrıca çalışma ortamında biriken zehirli gazlar ortamdaki hızla uzaklaştırılmalıdır. 1971 yılında geliştirilmiş olan bu yöntem soğuk kutu yönteminin devamı veya bir kolu olarak kabul edilmektedir. Kimyasal açıdan soğuk kutu sisteminin aynısıdır. Tek farklılık sertleştirici olarak gaz yerine sıvı kullanılmasıdır. Bu yöntemde de iki bağlayıcı ve sıvı piridinden üretilmiş bir fenolik üreter katalizör kullanılır. Kullanılan kumun tane inceliği 45-120 AFS arasında olabilir. Kumun kilsiz olması esastır. Bağlayıcılar kum ağırlığının %1.0-1.5 oranında ilave edilirler. Birinci kısmı bağlayıcı bir polibenzenik eter fenolik reçine olup ikinci kısım bağlayıcı ise bir poliizosiyanat'tır. Sertleştirici olan sıvı katalizör, bağlayıcı ağırlığına göre değişen miktarlarda kullanılır. Karışım hazırlamak için, furan yönteminde kullanılan tüm karıştırıcılar bu yöntem için uygundur. Genel olarak sürekli karıştırmada, önce fenolik reçine, arkasından katalizör ve en son izosiyanat sırasıyla kuma karıştırılır. Karışımın çok çabuk sertleşmesi nedeniyle kullanılabilme süresi kısadır. Hazırlanan karışımın maça sandığına doldurulmadan önceki en uzun bekletilme süresi ve maça sandığından çıkarma süresi, kullanılan katalizör miktarına bağlı olarak değişir (Maça Bağlayıcıları Tanıtımı, 1991).

2.11.4.1.4. CO₂ ile Sertleştirme Metodu

Gaz sertleştiricili silikat yöntemidir. 19.Yüzyılın ilk yarısında geliştirilen bu yöntemim endüstriyel uygulaması 1950'lerde başlanmıştır Yöntem, sodyum silikat (cam suyu) ile bağlanan kum karışımından CO₂ gazı geçirilerek, gaz silikat reaksiyonu sonucu silisik asit hidrojenli oluşturup, pişirmeye gerek kalmaksızın sertleştirme esasına dayanır (Şekil 18) (Öztürk, 2018).



Şekil 18: CO₂ maça üretim formülü (Öztürk, 2018)

2.11.4.1.5. Fascald Metodu

Seri maça üretiminde kullanılan en yeni yöntemlerden birisidir. Bu yöntem de maça kumu karışımı ani bir reaksiyon sonucu bağ oluşturup sertleşme yeterince tamamlanıncaya kadar maça sandığı içinde tutulur. Maçanın sandıktan çıkarılması için yeterli dayanımı kazanma süresi 1 dakikadır (Öztürk, 2018).

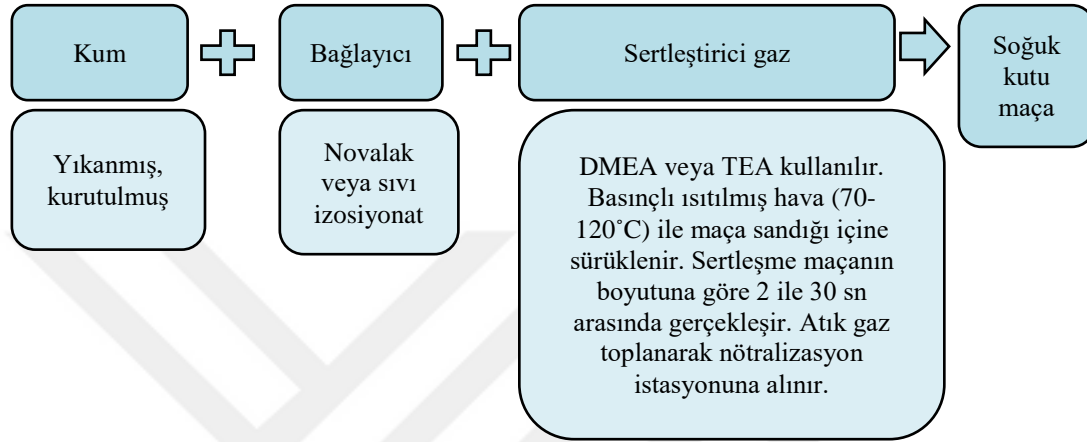
2.11.4.1.6. Soğuk Kutu (Cold Box) Metodu

Fenolik ürethan soğuk kutu işlemi, Ashland tarafından 1968'de icat edilmiş, patentli, dökümhaneler için maça yapım yöntemidir. Bu işlem, maçaların ısıtılmış kalıba ihtiyaç duyulmadan daha hızlı ve daha ekonomik şekilde yapılmasına olanak sağlayan bir yöntem olarak döküm tarihinde ki yerini almıştır. Fenolik ürethan soğuk kutu işlemi, oda sıcaklığında saniyeler içinde sertleşmiş maça üretebilen bir fenolik ürethan bağlayıcı kullanır. Maçalar yüksek mukavemet, yüksek derecede boyutsal doğruluk, iyi aşınma direnci, yüksek yoğunluk, istisnai katlanabilirlik ve düşük gaz oluşumu sergiler. Gri ve sfero, alüminyum, magnezyum, pirinç ve çeliklerin tümü, fenolik ürethan proses maçaları ve kalıpları ile kullanıldığında mükemmel döküm sonuçları elde edilir (ASK Chemicals, 2011).

Mükemmel çekirdek ve kalıpların rutin üretimine ek olarak, fenolik ürethan prosesi, dünya genelinde dökümhanelerin verimliliği artırmalarını, maliyetleri düşürme ve enerji tüketimini azaltmalarını sağlamıştır. Fenolik ürethan işlemi ile dökümhane, düşük

maliyetle yüksek üretim oranları için çok çeşitli ekipman kullanarak çekirdek ve kalıp üretimini oldukça otomatik hale getirebilir (ASK Chemicals, 2011).

Maça kumu iki ayrı bağlayıcı ile karıştırıldıktan sonra gaz katalizör yardımıyla pişirmeksizin sertleştirilir. Boyut hassasiyeti mükemmel, sertleşme hızı yüksektir. Şekil 19’da görüldüğü gibi soğuk kutu yöntemi üç ana bileşenden oluşur (Öztürk, 2018).



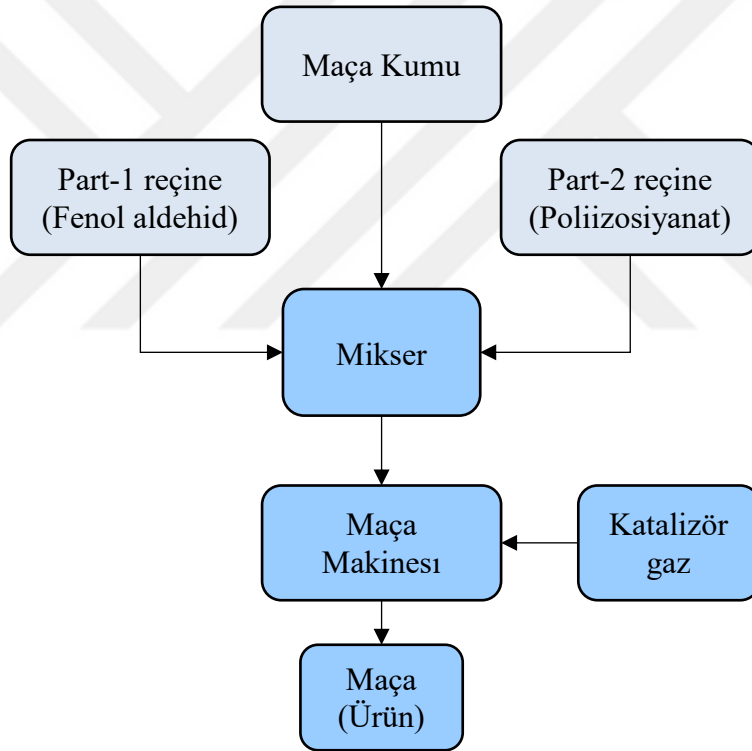
Şekil 19: Soğuk kutu maça üretim formülü (Öztürk, 2018)

Maça ve kalıp imalatı sürecinde yaygın olarak kullanılan bir metodoloji soğuk kutudur. Soğuk kutu, kumun bir birleştirici bileşik ile karıştırıldığı bir işlemdir. Bununla birlikte, bu işlemin özelliği, bağlayıcıyı iyileştirmek için bir katalitik gaz enjekte edilmesidir. Katalizör veya aminin enjeksiyonu, sertleştirme süresini önemli ölçüde kısaltır ve bu, seri üretim uygulamaları için uygun hale getirir (Fiore ve Zanetti, 2002). Bu metotta, kum-reçine karışımı, alkali katalizörler üçlü aminler kullanımı ile sertleştirilir. Reaksiyon katalizör olmadan da devam eder, fakat tamamlanması için saatler ya da günler gereklidir. Prosesin uygulama alanları, bütün döküm çeşitleri ve özellikle gri dökme demir, sfero dökme demir, çelik döküm ve demir dışı ağır metallerdir. Düşük döküm sıcaklıklarında dahi yeterli bozulum sağlayan özel reçine aktivatör kombinasyonları demir dışı hafif metallerde kullanılır (Tüdöksad, 1997).

Bağlayıcıların bileşiğine ve seçilen katalizöre bağlı olarak, maçanın sertleşme süresi değişebilir. Amin seçimi, farklı aminlerin farklı buharlaşma sıcaklıklarına sahip olması nedeniyle çevre sıcaklığına da bağlıdır. Bu yöntemi kullanmanın avantajlarından biri, enerji tüketimini önemli ölçüde azaltan hiçbir ısıtma işleminin gerekli olmamasıdır. Bu yöntem hem maça hem de kalıp imalatına da uygulanabilir ve doku yapısı nedeniyle karmaşık geometrilere izin verir. Bununla birlikte, yöntem, döküm ve soğutma

aşamasında, çalışma ortamı için iyi olmayan benzen ve karbon monoksit gibi tehlikeli gazlar yayar (Dawson ve ark., 2017).

Şekil 20’de verildiği gibi Cold-Box (Soğuk kutu) yönteminde kum iki ayrı bağlayıcı ile karıştırıldıktan sonra gaz katalizörü sayesinde pişirilmeden sertleşir. Bu yöntemde solvent içerisinde çözülmüş sentetik reçine bulunur, aktivatör ise izosiyanat içeren bağlayıcıdır. Sertleştirmek içinse, Trietilamin (TEA), N,N-Dimetiletilamin (DMEA), N,N-Dimetilizopropilamin (DMIA) veya Dimetil-N-propilamin (DMPA) gazlarından biri kullanılır. Basınçlı hava veya azot gazı ile birlikte bu gaz katalizörü sisteme enjekte edilerek 2 ile 30 saniye gibi çok kısa bir zamanda sertleşme gerçekleşir. Bu sertleştirme işlemi, genellikle kapalı bir maça kutusu içinde gerçekleştirilerek fazla amin gazlarının toplanarak ortamın kirlenmesi önlenir (Trinowski, 1999).



Şekil 20: Tipik soğuk kutu maça üretim iş akışı (ASK Chemicals, 2012)

Poliüretan esaslı Cold Box (soğuk kutu) prosesinin geliştirilmesinde ki başlangıç noktasının kaynağı, hot box (sıcak kürleşme) prosesinin kalıp ısıtma işleminde önemli bir dezavantaj oluşturmasıdır. 1970’lerin sonunda cold box sisteminin neme karşı direncinin artırılması ile su bazlı boya ların problemsiz bir şekilde kullanılmasına olanak tanınmıştır. 90’ların başında ise Cold Box sistemindeki yeni gelişmelerle daha önceleri Shell (kabuk maça) veya Hot Box (sıcak kutu) sistemleri ile üretimi yapılan su ceketli maçalar gibi karmaşık parçalar problemsiz bir şekilde cold-box yöntemi ile üretilmeye başlanmıştır.

Ayrıca ilk kez, sfero seri üretiminde kullanılan maçaların döküm sonuçlarında düzgün yüzey alabilmek için boya kullanılmasına gerek kalmamıştır. Seri üretim yapan dökümhanelerin % 56'sında ki maçaların Cold Box prosesi ile üretilmesi bu prosesinin öneminin en önemli göstergesidir (Huttenes Albertus, 2018).

Aromatik solvent bazlı Cold Box sisteminde ise, poliüretan bağlayıcıların döküm endüstrisinde maça yapımı ve kalıplama için getirdiği tüm avantajların yanında döküm sonrasındaki zararlı emisyonlar gibi aromatik solventlerin kaçınılmaz ciddi dezavantajları da eşlik eder. Döküm prosesi sırasında yüksek sıcaklıklarda bulunan bağlayıcı bileşenleri yeni kararlı bileşenler oluşturarak parçalanırlar. Aromatik hidrokarbonlar, parçalanma sonrası oluşan ısı sayesinde termal olarak kararlı yapıdaki benzene, toluene ve xylene oluşur (Huttenes Albertus, 2018). Soğuk kutu maça imalat yöntemi dört değişik gaz ile sertleştirilebilir. Bunlar;

1. Amin sistemi, Amin gazı (DMEA veya TEA)
2. MF sistemi, Metil format
3. SO₂ sistemi , SO₂ gazı
4. Red-set sistemi, Polifenolik Reçine + Asit +Acetal (Gaz)

Dünya'da ve Türkiye'de en çok kullanılan yöntem amin sistemidir (ASK Chemicals, 2011). Tezde incelenen Dökümhanede de amin sistemi ile maça üretimi yapılmaktadır.

2.11.4.2. Maça Bağlayıcılar (Reçine sistemi)

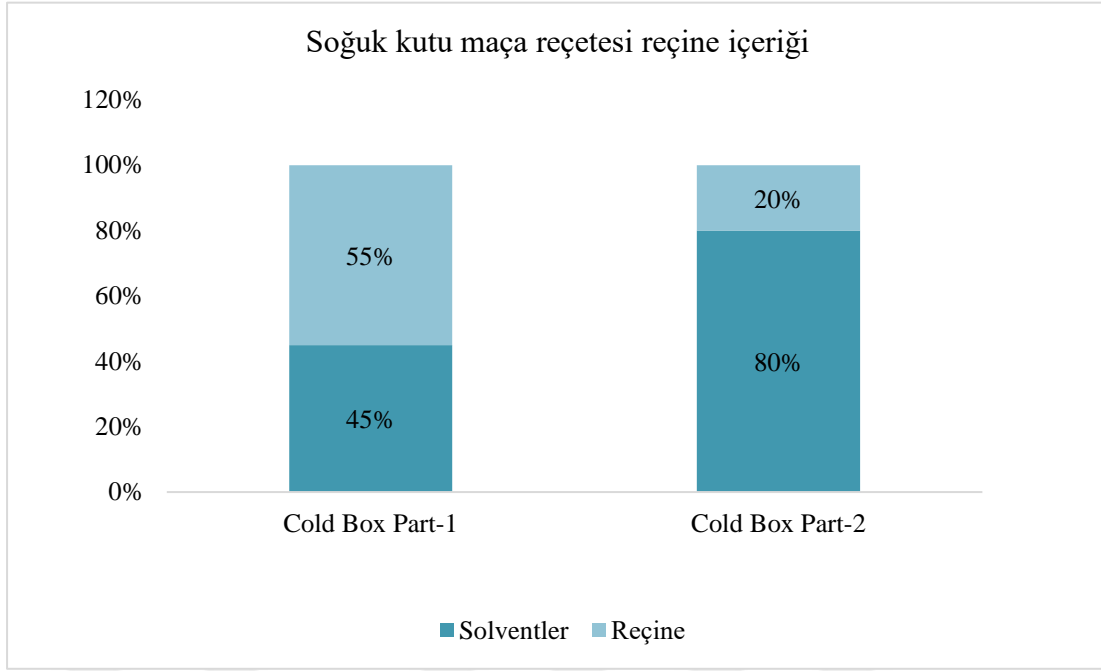
Bağlayıcı olarak organik ve inorganik maddeler kullanılır. Organik olanlar; reçine maça yağları ve tahıl esaslı katkıları (un, nişasta vb.). Nispeten ucuzdurlar ve döküm sonrası kolay dağılırlar. Gaz oluşturmaları bir dezavantajdır. İnorganik olanlar ise; killer sodyum silikat, çimentodur. İnorganik bağlayıcıların avantajı gaz oluşturmamalarıdır, dezavantajı ise döküm sonrası zor dağılmalarıdır (Köksal, 2018). Maça kumlarının birbirine bağlanması için aşağıdaki Tablo 6'dan da anlaşılacağı üzere bir çok yöntem kullanılmaktadır. Soğuk kutu yöntemi kendi içinde 4 değişik gaz ile sertleştirilebilirken Pep-set metodu da aynı şekilde 4 değişik gaz sistemi ile sertleştirilebilir. Diğer metodlarla ilgili bilgiler Tablo 6'da verilmiştir (Walker ve ark., 1969).

Tablo 6: Maça bağlayıcılarının karşılaştırılması tablosu (Foundry Trade Journal, 1994)

Maça İmal Şekli	Bağlayıcı Kimyasal Tipi	Katalizör Kimyasal Tipi	Tipik Katkı Yüzdesi - %	Maça Yapımı İle Döküm Arasındaki En Az Süre	Karışımın Çalışma Süresi	Dökümden Sonra Maçanın Dağılıma Kolaylığı	Maça Kumunun Yeniden Hazırlanma (Reklamasyon) Metodu	Uygulama Alanları
Bezir Yağı	Modifiye edilmiş tasarimsal yağlar ve dekstrin emülsiyonları	Hava Sirkülasyonlu kurutma fırını 190-220C	2-4	1-2 s	8 saat	İyi	Mekanik	M,MK,K,DDL,DDK,C,PC,B,A,N,Y
Havada Sertleşen (Cold-Set) Fenolik Üretan	PF / İsoisyanat	Phenyl- Propyl-Pyridene	1-1,5	Derhal	4-45 dak.	İyi	Termal	M,K,S,DDL,DDK,C,B,N,Y
Soyum Silikat Ester Sistemi	Sodyum Silikat (Cam Suyu)	Organik, Alkali esterler	3-3,5	1-2 saat	5-30 dak.	Sınırdadır	Mekanik	M,MK,S,K,D,DL,DDK,C,P,C,B,N,T
Sıcak Kutu (Hot Box)	UF / PF / FA	Amonyum Klorit/üre	2-2,5	3 saat	3-4 saat	İyi	Termal	M,MK,S,K,D,DL,DDK,B,A
Co2 Sistemi	Sodyum Silikat (Cam Suyu)	CO2, Gaz	2,5-4,0	1 saat	2-3 saat	Sınırdadır	Mekanik	M,MK,S,K,D,DL,DDK,C,P,C,B,N,T
Soğuk Maça (Amin Sistemi)	PF / İsoocyanat	Amine gazı (DMEA, TEA)	1,5-2,0	1 saat	3-4 saat	Çok iyi	Termal	M,S,DDL,DDK,C,B,T
Soğuk Maça (So2 Sistemi)	Fenolik epoksi	SO2 (Gaz)	1,5-1,7	30 d	24 saat	Çok iyi	Termal	M,S,DDL,DDK,B,A,N,Y
Soğuk Maça (Ret-Set Sistemi)	PF / Bileşikler resorsinol	Metil (Gaz) + Sulfonik asit	1,5-2,0	1 saat	12 saat	Çok iyi	Mekanik	M,MK,S,DDL,DDK,C,P,C,B,A,N,Y
Kısaltmalar								
MEKP : Metil etil keton peroksit			OS : Oda Sıcaklığı 20 °C			C : Çelik döküm		
CO2 : Karbon dioksit			PF : Fenol Formaldehit			B : Bakır döküm		
SO2 : Kükürt dioksit			UF : Üre Formaldehit			K : Tek veya kısa üretim		
M : Büyük ebadlı maça ve kalıplar			FA : Furfuril Alkol			DDK : Sfero döküm		
MK : Küçük ebadlı maça ve kalıplar			PTSA: Paratoluen Sulfonik Asit			PC : Paslanmaz çelik		
S : Seri üretim			XSA : Fylene Sulfonik Asit			A : Alüminyum döküm		
DDL : Dökme demir			BSA : Benzen Sulfonik Asit			N : Azot istenmeyen dökümler		
						Y : Çok temiz istenilen dökümler		

Avrupa ülkelerinde maça imalatında (pik, sfero ve demir dışı) kullanılan reçine sistemleri arasında soğuk kutu amin gazı kullanımı ile maça imalatı yöntemi ile maça imalat oranı toplam maça imalat üretimi içindeki payı % 60 civarındadır. Döküm prosesinin değişik safhalarında emisyon salınımları ortaya çıkmaktadır. Organik esaslı reçine kullanımı ile üretilen maçadan döküm prosesi sırasında çevrede çalışan kişileri etkileyen zararlı emisyonların çıktığı Şekil 21’de görülmektedir (ASK Chemicals, 2012).

Soğuk kutu amin prosesinde farklı amin (DMEA, DMIPA, DMNPA) tipleri maça ve kalıp sertleştirilmesinde kullanılmaktadır. Döküm prosesine bakıldığında ve ortaya çıkan emisyonlar incelendiğinde ilk olarak kaynama noktası düşük olan solventlerin salınımlarının olduğu tesbit edilmiştir. Söz konusu maddeler, ham petrolün damıtılması sonucu elde edilen aromatik bazlı solventler ve organik silikatlar olarak bilinir. Bu tip solventler; özellikle viskozite ayarlama ve proses için optimize edilmesi (maça özelliklerini) amacı için kullanılmaktadır (ASK Chemicals, 2012).



Şekil 21: Soğuk kutu maça reçetesi reçine içeriği (ASK Chemicals, 2012)

2.11.4.3. Soğuk Kutu Maça Üretim Elemanları ve Üretim Şekli

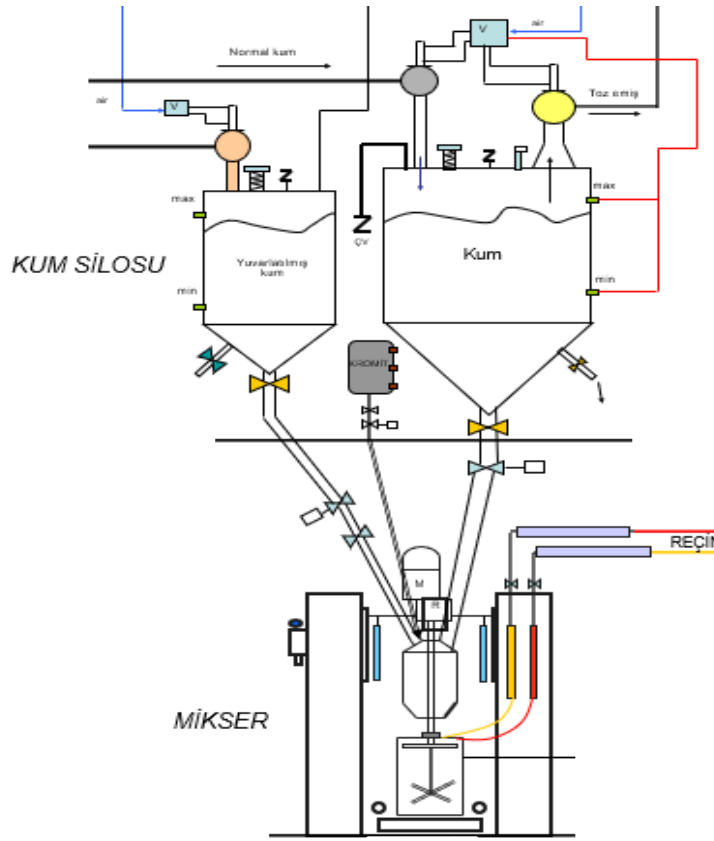
Bu kısımda, incelememize konu olan dökümhanede soğuk kutu metodu kullanıldığı için soğuk kutu metodu ile üretim aşamalarını ve elemanlarını inceleyeceğiz.

Soğuk kutu sistemi ile maça üretm metodunda kumun karıştırılması için bir karıştırıcıya (mikser), maçanın istenen geometrik şekli alabilmesi için bir modele (maça sandığına), hazırlanan kumu maça sandığına üflecek bir maça makinasına ve maçayı sertleştirmek için bir buharlaştırma makinasına (gaz jeneratörü) ihtiyaç vardır. Maçanın geometrik şekli, maça sandığı içindeki sayısı ve büyüklüğüne göre ortalama 30 sn. ile 5 dk. arasında değişen saykıl sürelerinde sürekli maça üretimi yapılabilir (Campbell, 1995).

2.11.4.3.1. Maça Kumu Hazırlama

Silis kumu silodan kendi ağırlığı ile mikser haznesine (Şekil 22) indirilir. Bu sırada tozumaya karşı merkezi sistemden emiş yapılarak kumun içindeki toz filtre edilir. Mikser karıştırıcısı karıştırmaya başlar başlamaz bağlayıcı ve izosiyonat üretilecek maça ağırlığına, istenen maça mukavemetine ve sertliğine göre ortalama % 0.5 ile % 1.0 arasında ilave edilerek karıştırılır. Karıştırma süresi tamamlanınca karışım maça makinasının üfleme haznesine verilir ve bir sonraki çevrim için mikser tekrar kum almaya

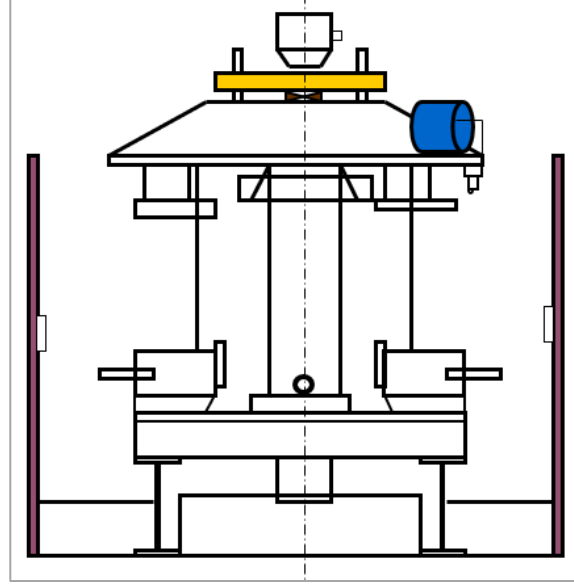
başlar (Tüdöksad, 1997).



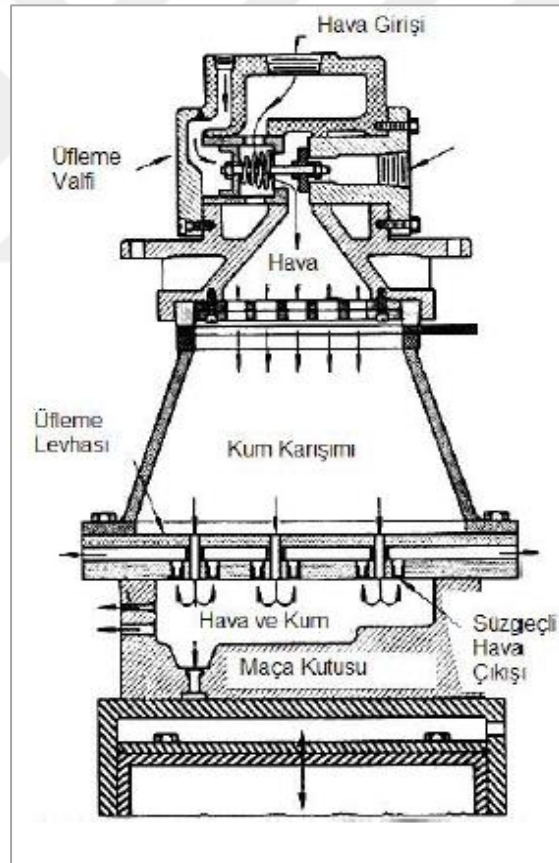
Şekil 22: Soğuk kutu maça mikseri ve kum siloları kesit görünümü

2.11.4.3.2. Maça Üfleme (Maça Presi)

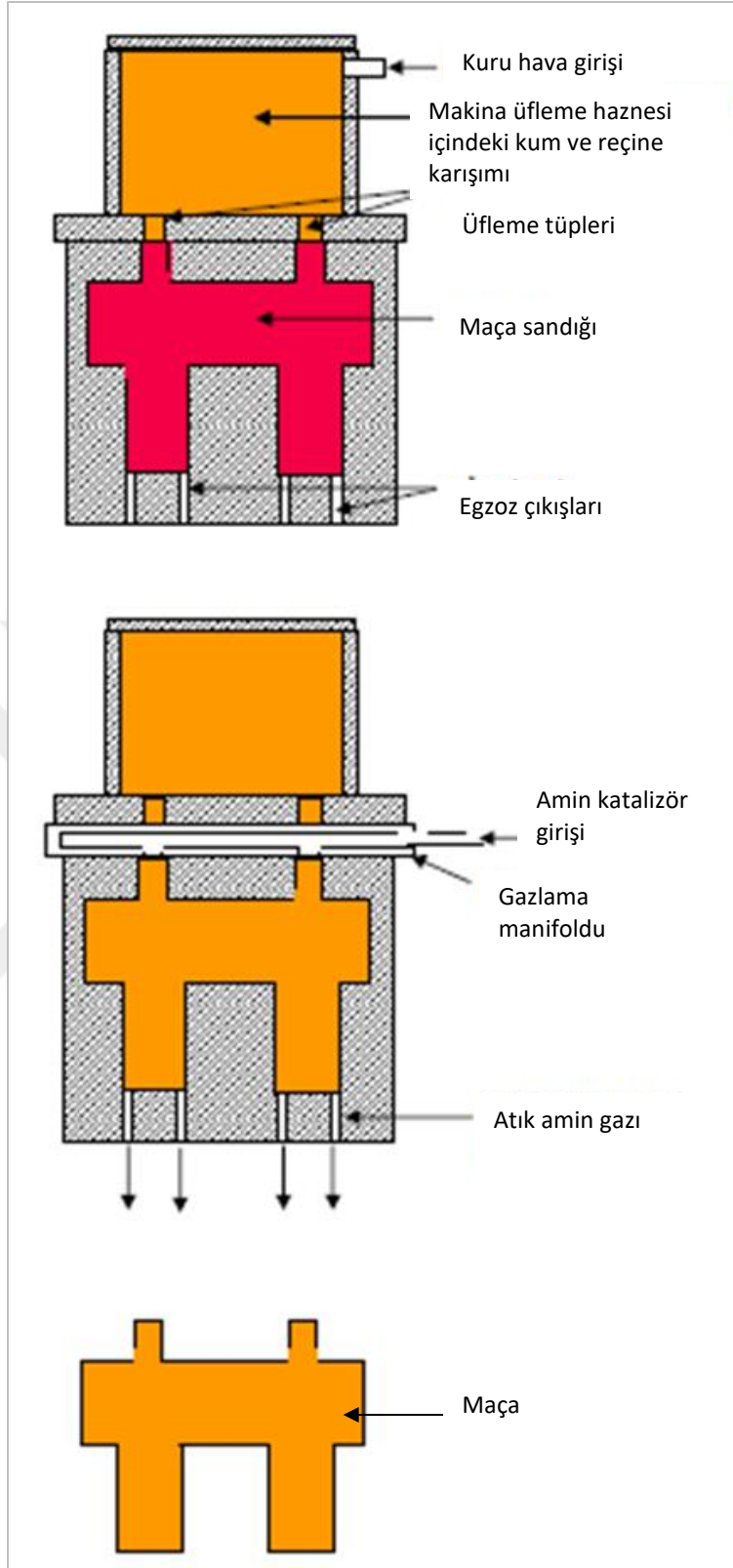
Mikserde hazırlanmış kum maça üfleme makinasının (Şekil 23) kum haznesine verildikten sonra otomatik olarak maça makinası tarafından hava ile maça sandığına (maça modeli, core box) basınçlı hava ile sürüklenir. (Şekil 24) Kum tanecikleri modelin girintilerine doğru sürüklenerek sıkışır. Bu arada basınçlı hava maça sandığındaki tahliye deliklerinden atılır. (Şekil 25) Tahliye delikleri kum taneciklerinin geçişine izin vermeyecek büyüklükte tesis edilir (Narayanan, 2013).



Şekil 23: Soğuk kutu maça makinası ve kum üfleme sistemi (Campbell, 1995)



Şekil 24: Soğuk kutu maça üfleme sistemi (Aran, 2018)



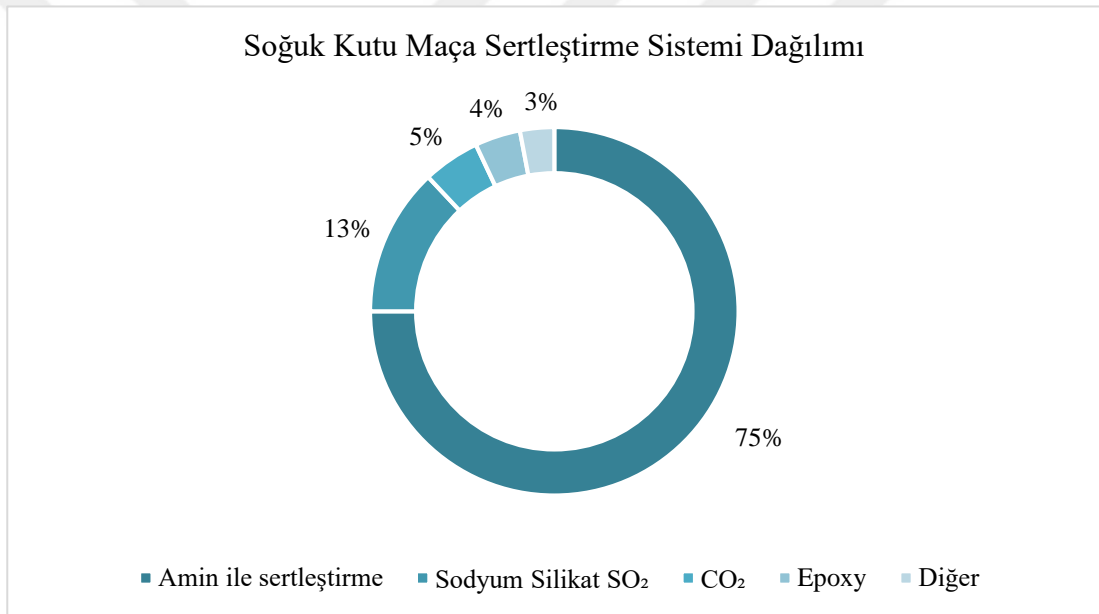
Şekil 25: Soğuk kutu maça üfleme akışı (ASK Chemicals, 2011)

2.11.4.3.3.Maça Sertleştirme Kimyasalı Buharlaştırma Makinası

Soğuk kutu maça üretim yönteminde reçineli maçayı hızlı bir şekilde sertleştirmek için kullanılan 5 tip kürlenme (gazlama) prosesi vardır. Bunlar;

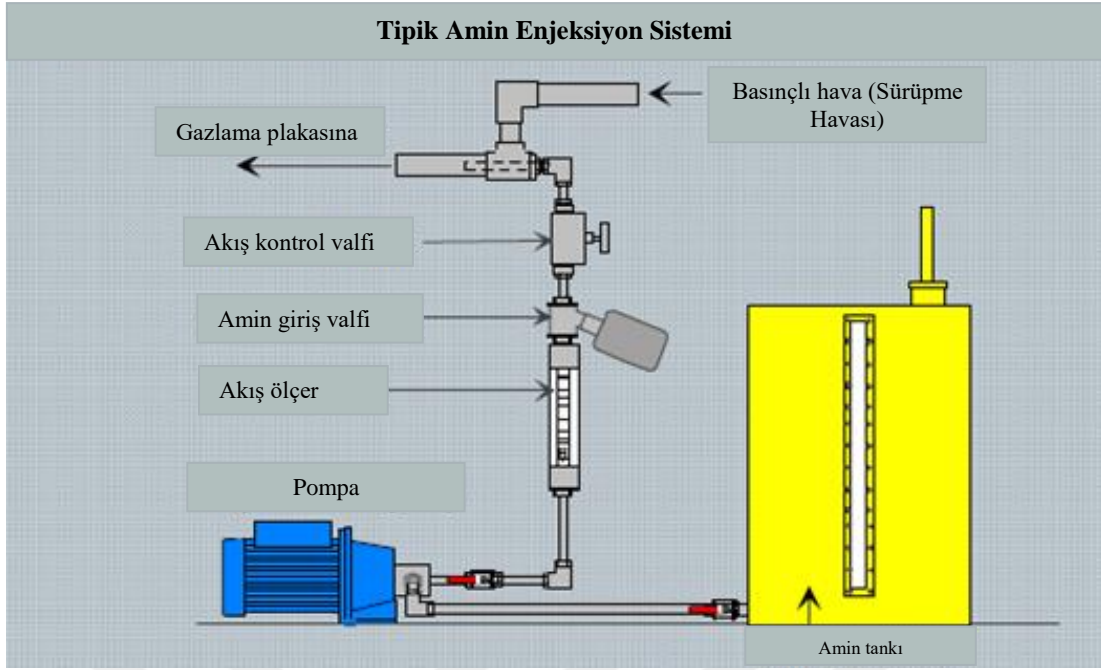
- Amin sistemi,
- Sodyum Silikat/SO₂ sistemi,
- Epoxy SO₂,
- Methylformiate sistemi,
- Resol CO₂ sistemi.

Bu sistemlerden en çok kullanılanı %75 ile amin sistemi iken ikinci sırada %13 ile sodyum silikat sistemi gelmektedir (Şekil 26) (Hansel, 2009).



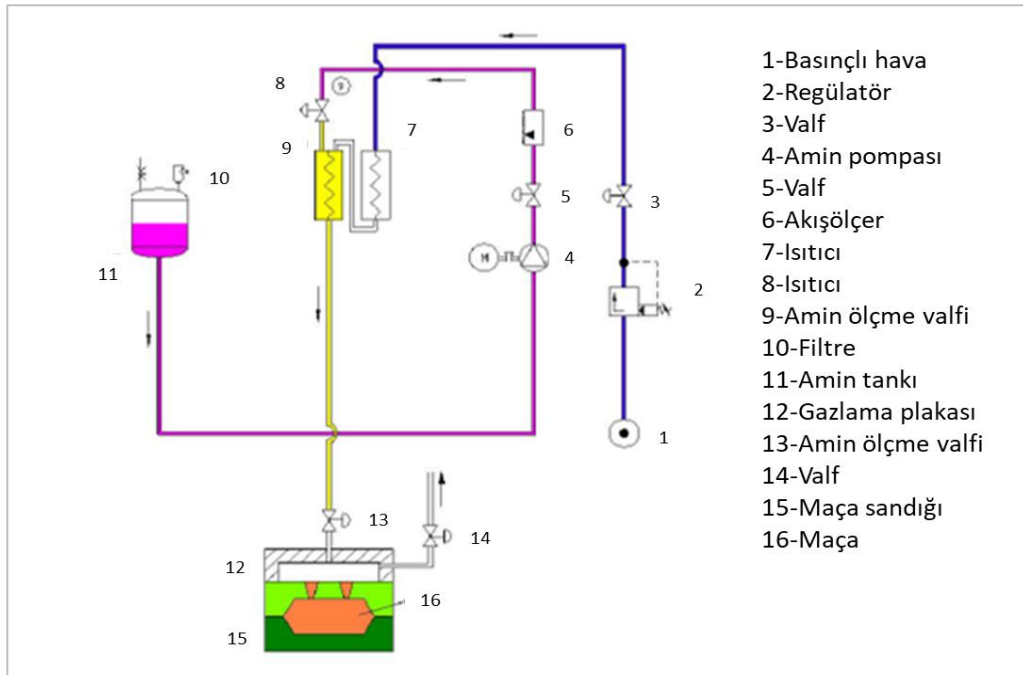
Şekil 26 Soğuk kutu maça sertleştirme sistemi dağılımı (ASK Chemicals, 2011)

Maça üfleme makinası tarafından maça sandığına üflenen kum kütlesi bağlayıcılar ile sertleştirilebilir ancak bu sertleşme prosesinin istenen maça sertliğine ulaşması için en az 24 saat süre gerektiği için hızlı sertleştirmeye ihtiyaç duyulmuş ve çeşitli gazlar ile karışımın sertleştirilmesi yoluna gidilmiştir. Sertleştirici gaz (DMEA, TEA vb.) önce sıvı fazda bir gaz jeneratörüne (Şekil 27 ve 28) yerleştirilir. Maçanın kalıptaki ağırlığına göre seçilen gaz miktarı pompa ile rezistansa iletilir. Burada gaz fazına dönen amin gazı hava ile maça kalıbı içine sürüklenir (Hansel, 2009).



Şekil 27: Soğuk kutu maça gaz jeneratörü (ASK Chemicals, 2011)

Kum taneciklerinin arasından geçen amin gazı bağlayıcı ile reaksiyona girerek saniyeler içinde maçayı sertleştirir. Kalıp içinde ki gaz kalıptaki tahliye deliklerinden toplanarak merkezi sistemin ana hattına bağlanır ve oradan da amin gazı nötralizasyon tesisine verilerek arıtılır (Hansel, 2009).



Şekil 28: Amin gazının maçaya verilmesi akış şeması (Hansel, 2009)

2.11.4.4. Maça Yapımında Kullanılan Kimyasal Maddeler ve Tehlikeleri

Maça yapımı için öncelikle kuma (silis), kum taneciklerini birbirine bağlamak için bir bağlayıcı elemana, eğer bağlanma süresinin kısalması isteniyorsa hızlandırıcı bir maddeye ve yüzey kalitesi için maça boyasına ihtiyaç vardır (Dawson and Lindahl, 2017). Soğuk kutu maça imalatında kullanılan bu kimyasalların içerikleri ve sağlığa olan etkileri aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

2.11.4.4.1. Silis Kumu

Maça yapımında yıkanmış silis kumu kullanılır. Karışım saf silis taneleri ile bağlayıcıdan meydana gelir. (Şekil 29) Kil %1'in altında tutulmaktadır. Silis kumu veya kuvars kumu kuvarsça zengin magmatik, metamorfik kayaların ayrışması sonucu oluşan, tane boyutları 0.05 ile 2 mm arasında değişen kuvars (SiO_2) tanecikleridir. Kuvars kumları beyaz olup, demir oksit içeren kumların rengi pembeden kızıla veya kahverengiye kadar değişir. Silisten oluşan kuvars kumu az miktarda kil, feldspat, demir oksitler ve karbonatlar içerebilirler. Kimyasal formülü SiO_2 ' dir. Kullanım alanları; cam, cam elyaf, izolasyon, gaz beton, döküm, seramik, kimya, silikat, inşaat ve yapı kimyasalları, dolgu, filtrasyon, spor tesisleri, aşındırıcı malzeme, çimento olarak sıralanabilir (Şişecam, 2019).

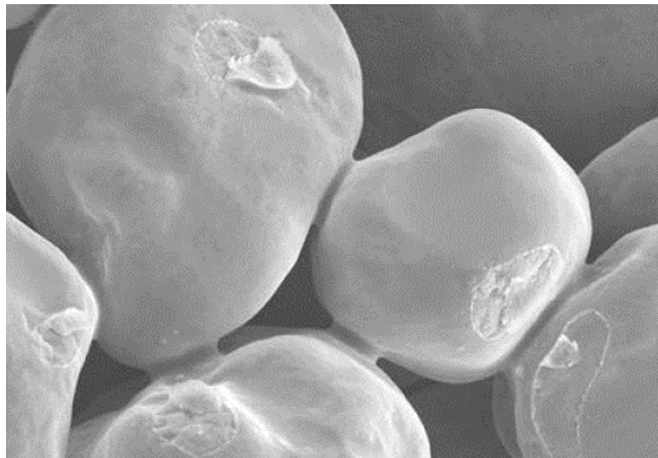
Silis kumuna maruziyetin en belirgin hastalığı silikozisdir. Silikozis, pnömokonyozlar başlığı altında toplanan akciğerin toz hastalıklarından en hızlı seyredip ve fatal olanlarından biridir. Solunabilir büyüklükteki (0.5-5 μm çaplı) silis partiküllerinin inhalasyonu ile oluşan, çoğunlukla radyografiyle saptanabilen bir akciğer hastalığıdır. En tipik görünümü basit silikozis ve progresif masif fibrosistir (klasik silikozis). Diğer radyografik görünümleri silikoproteinosis ya da akut silikozisdir. Klinik olarak da kronik, akselere ve akut olmak üzere üç ayrı formu vardır. Kronik formda akciğer belirtileri, toza maruz kalmanın başlangıcından en erken 15 yıl sonra ortaya çıkar. Akselere silikozisde bu süre 5-15 yıldır. Akut formda ise silikozis birkaç ay içerisinde gelişir ve kristal silikaya aşırı yoğun maruziyet söz konusudur (Akkurt, 2000).

Amerikan Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsünün (NIOSH) verilerine göre en sık görülen meslek hastalıkları listesinin birinci sırasını Mesleki Akciğer Hastalıkları almaktadır. Yine aynı kuruluşun verilerine göre ABD'de 1.2 milyon kişi silikaya maruz

kalmakta, maruz kalan kişilerin yaklaşık %5'inde değişik derecelerde silikozis saptanmaktadır. Ülkemizde yapılan değişik çalışmalarda ise silika maruziyetinin olduğu değişik iş kollarında silikozis görülme sıklığı %6 ile %36.3 arasında saptandığı bildirilmiştir. Silikozise neden olan Silisyum dioksit ya da silika (SiO_2) dünyada en bol bulunan mineraldir. Doğada kristalin (kuvars, kristabolit, tridimit), kriptokristalin (kasedony), amorf (opal) biçimlerde bulunur. Kuvars serbest silis örneğidir, çevrede yaygın olarak bulunur ve bazı kayaların büyük kısmını oluşturur (Akkurt, 2000).

Serbest silikaya mesleki maruziyetin, akciğerlerde silika içeren skar dokusu nodüllerinin oluşumu ile karakterize kronik, engelleyici bir akciğer hastalığı olan silikozu ürettiği uzun yıllardır bilinmektedir. (NIOSH, Foundries). Solunabilir kristalin silika (RCS) tozu, döküm işçilerinin sağlığı için en büyük risklerden biridir. İnce silika tozu, dökümhanelerde kuvars üzerindeki sürtünme, aşınma veya mekanik etki ile üretilir ve esas olarak kristalin silikadan oluşur. RCS tozu üreten başlıca dökümhane işlemleri kalıp ve maça yapımı, dökümlerin temizlenmesi, fırın ve pota tamiri, kum ıslahı ve kum hazırlamadır. Silika tozu ile ilişkili temel sağlık etkisi, akciğerlerin sertleşmesi ve skarlaşması olan silikozdur. Silikoz kronik bir hastalıktır ve semptomların ortaya çıkması genellikle birkaç yıl alır. Nefes darlığı, öksürük ve göğüs ağrısı ile sonuçlanır. Etkileri geri döndürülemez ve kişinin sağlığında dejenerasyona yol açar ve bu da her zaman işçinin erken ölümüne neden olur (Mgonja, 2017).

Taş ocakları, kuvars değirmenleri, kum püskürtme işleri, madenciler, tünel kazıcıları, dökümcüler, cam sanayi, seramik, vitray yapımı, çimento üretimi silikosis riskinin olduğu iş kollarıdır (Akkurt, 2000).

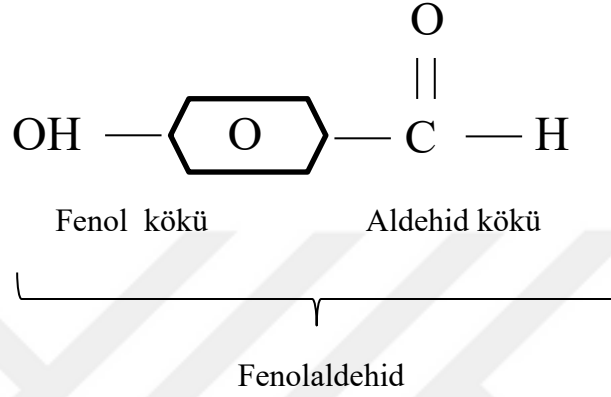


Şekil 29: Bağlayıcılar ile birbirine bağlanmış silis taneleri SEM görüntüsü (ASK Chemicals, 2012)

tehlikelidirler.

2.11.4.4.3.1.Bağlayıcı Reçine (Part-1)

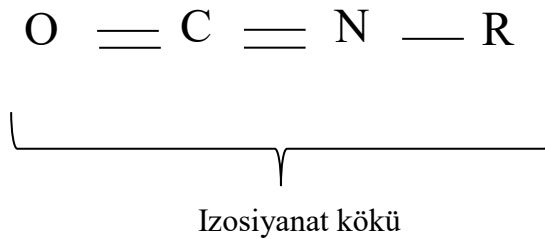
Soğuk kutu maça üretim metodunda silis taneciklerinin arasında bir bağ oluşturmak için kökü aldehid olan yapıya fenol eklenerek fenol aldehid elde edilir. Şekil 30’da ki köke n tane fenol aldehid eklenirse part-1 bağlayıcıyı yani reçineyi oluşturur (ASK Chemical, 2011).



Şekil 30: Part-1 reçinesi kimyasal yapısı (Solomons, 1988)

2.11.4.4.3.2.Katalizör (Part-2)

Soğuk kutu maça üretim metodunda silis taneciklerini part-1 reçinesi ile karıştırma sırasında bağlayıcılığı artırmak ve reaksiyonu hızlandırmak için kökü siyanür olan bir kimyasaldır (Şekil 31). Silis kumu, part-1 ve part-2 reçineleri ile harmanlanarak amin gazı enjekte etmeye hazır hale gelir. Part-2’nin kökü siyanürdür. Karbon atomu (C), azot ile üç bağ kurar. Ancak bir bağı boşa kaldığı için üçüncü bir madde ile çok kolay bağ kurabilir. Bundan dolayı çok tehlikeli bir maddedir (ASK Chemical, 2011).

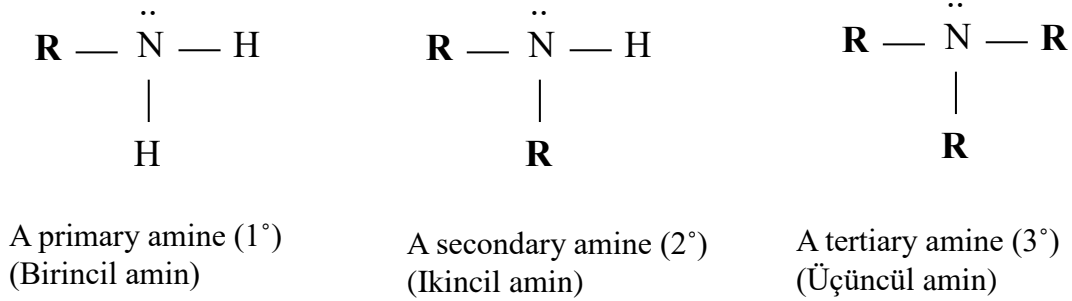


Şekil 31: Part-2 reçinesi kimyasal yapısı (Solomons, 1988)

2.11.4.4.4.Katalizör gazlar (Aminler)

Alkoller ve eterler, suyun organik türevleri olarak kabul edilebileceği gibi, aminler

de organik amonyak türevleri olarak düşünülebilir. Aminler Şekil 32’de görüldüğü gibi, birincil, ikincil veya üçüncül aminler olarak sınıflandırılır. Bu sınıflandırma azot atomuna bağlı organik grupların sayısına dayanmaktadır (Solomons, 1988).



Şekil 32 :Amin gazı sınıflandırması (Solomons, 1988)

Canlı sistemlerde en çok rastlanan 4 element karbon, hidrojen, oksijen ve azottur. Bir ya da daha fazla karbon atomuna bağlı, üç değerlikli azot atomu içeren organik bileşiklere amin denir. Aminler, amonyağın organik türevleri olan zayıf bazlardır. Yapısal olarak aminler amonyağa benzerler fakat bir veya daha fazla hidrojen atomu alkil veya aril gibi organik radikallerle yer değiştirmiştir (Altıntaş, 2013). Aminlerin çoğu, hoş olmayan balık benzeri bir kokuya ve alkalın özelliklere sahiptir (Jang, 2015). Aminler, kauçuk, plastik, boya malzemeleri, tekstil, kozmetik ve metal endüstrilerinde kullanılır (Collins ve ark., 1988).

Trietilamin ve dimetilettilamin gibi çeşitli aminlerin, epoksi, dökümhane ve poliüretan köpük endüstrilerinde çalışan işçilerde glokopiye neden olduğu bildirilmiştir. Bu belirti, korneal ödem ve korneal subepitelyal hücrelerde veziküler sıvı toplanması ile ilişkilidir. Amin buharlarının 30 dakika ile birkaç saat boyunca maruz kalması, görme bulanıklığına, nesnelerin mavi-gri görüntüsüne ve muhtemelen tersinir olan ışıkların etrafındaki hallere neden olur. Görme bozukluğu yerinde kazalara neden olabileceği, iş verimliliğini azaltabileceği ve eve dönüşünde zorluklar yaratabileceği için sıkıntı olarak kabul edilir. Bazı aminler için mesleki maruziyet sınırları belirlenmiştir, ancak kriterler yetersizdir. Atmosferdeki tehlikeli amin seviyelerini düşürmeye çalışırken, insan oküler risklerini önlemek için buhar basıncı gibi uçuculuk faktörleri endüstriyel ortamlarda dikkate alınmalıdır (Jang, 2015).

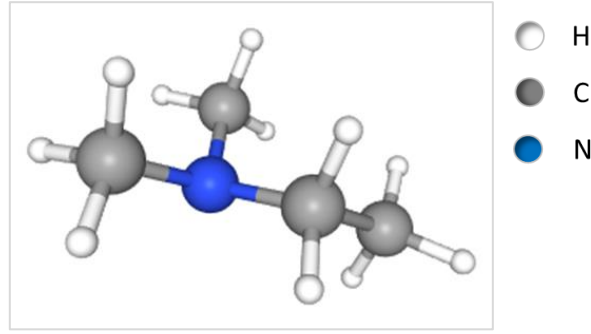
Dimetiletilamin (DMEA): Dimetiletilamin, kalıp çekirdeği imalatında katalizör olarak kullanılan bir alifatik tersiyer amindir (Stihlboml ve ark., 1991). Dimetiletilamin olarak da adlandırılan N, N-Dimetiletilamin, $C_4H_{11}N$ formülüne sahip organik bir bileşiktir. (Şekil 33) Dökümhanelerde çoğunlukla kum çekirdeği üretimi için katalizör olarak kullanılan endüstriyel bir kimyasaldır (Wikipedia, 2019). Dimetiletilamin, amonyak benzeri ile balık benzeri arasında değişebilen güçlü bir kokuya sahip, berrak, renksiz bir sıvı olarak görünür. Buharları gözleri ve mukoza zarlarını tahriş eder. Sudan daha az yoğundur. Buharı havadan ağırdır. Yanma sırasında toksik azot oksitleri üretir. Diğer kimyasalların üretiminde kullanılır (Pubchem, 2019).

Trietilamin (TEA): Trietilamin'de dimetiletilamin gibi soğuk kutu sisteminde katalizör olarak kullanılır. Trietilamin (C_2H_5)₃N formülüne sahip üçüncül ammin grubunda bir maddedir.

Bu amin katalizörler uçucudur ve buharları bir güvenlik tehlikesi oluşturabilir. Endüstride TEA ve DMEA maruziyeti, yüksek TEA, DMEA konsantrasyonlarında göz ve akciğer tahrişinin yanı sıra ışık halkaları görmeye neden olabilir (Niosh, 1985). Soğuk kutu maça üretiminde kullanılan gazların karşılaştırılması Tablo 9'da yapılmıştır. Buna göre reaksiyon oranı en yüksek olan dimetiletilamindir.

Isocure işlemi çekirdek ve kalıplar için kullanılır. Bu, genellikle fenol-formaldehit olan bir reçinenin bir di-izosiyanat ve kum ile karıştırıldığı bir gaz ayarlama sistemidir. Bu, çekirdek kutuya enjekte edilir ve daha sonra çapraz bağlanma, reaksiyon tepkimesine neden olmak için bir amin, genellikle trietilamin veya dimetiletilamin ile gazlanır. Çoğunlukla varillerde satılan aminler, kuvvetli bir amonyak kokusu ile oldukça uçucu sıvılardır. Çok gerçek bir yangın veya patlama riski vardır ve özellikle malzemenin yığın halinde depolandığı yerlerde çok dikkatli olunmalıdır. Bu aminlerin karakteristik etkisi, merkezi görme sistemini etkileyebilecek olmasına rağmen, kasılmalara, felce ve bazen de ölüme neden olabilecekleri merkezi sinir sistemini etkilese de, halo görme ve kornea şişmesine neden olmaktır. Aminin bir kısmı gözler veya ciltle temas ederse, ilk yardım önlemleri en az 15 dakika boyunca bol miktarda su ile yıkamayı ve derhal tıbbi yardım almalıdır. Isocure işleminde, amin azot taşıyıcısındaki bir buhar olarak uygulanır, fazla amin asit kulesinden temizlenir. Maça sandığından sızıntı, yüksek oranda maruz kalmanın temel nedenidir, ancak aminin üretilen çekirdeklerden çıkarılması da önemlidir. Bu malzemeyle çalışırken her zaman büyük özen gösterilmeli ve buharları çalışma alanlarından uzaklaştırmak için uygun egzoz havalandırma ekipmanı kurulmalıdır (Mirer,

1989).



Şekil 33 DMEA (Dimetiletilamin) kimyasal yapısı (Pubchem)

Tablo 9: Soğuk kutu katalizörlerin karşılaştırma tablosu (ASK, 2010)

Kimyasal Özellik	Triethylamin	Dimethylethylamin	Dimethylethyl-isopropylamin	Dimethylethyl-propylamin
Formül	$(C_2H_5)_3N$	$C_2H_5N(CH_3)_2$	$(CH_3)_2CHN(CH_3)_2$	$CH_3CH_2CH_2N(CH_3)_2$
Kaynama Noktası	89 °C	37 °C	65 °C	66 °C
Koku Eşiği	0.40 mg/m ³	0.08 mg/m ³	1.4 mg/m ³	3.2 mg/m ³
AGW (Exposure limit value)	1 ppm 4.2 mg/m ³	20 mg/m ³ (geplant: 2 ppm; 6.1 mg/m ³)	3.6 mg/m ³	Sabit değil
Parlama Noktası	-7 °C	-45.5 °C	-27 °C	Yaklaşık -11 °C
Reaksiyon Oranı (tipik)	Orta	Çok hızlı	Hızlı	Hızlı

2.12.Dökümhanelerde Sağlık ve Güvenlik Tehlikeleri

Dökümhane çalışanları birçok potansiyel sağlık ve güvenlik tehlikesine maruz kalabilir. Bu olası tehlikelerden özellikle maça yapımı sırasında kimyasallardan kaynaklanan sağlık etkileri ve maruz kalma sınırları ile birlikte Tablo 10'da özetlenmiştir. Amonyak dökümde maçanın parçalanma ayrışma ürünü olarak akciğer ve hava yollarında hasara yol açar. NIOSH ve OSHA'ya göre limit standartı 50 ppm olarak belirlenmiştir. Dimetilamin ve Trietilamin ; tahriş, ödem, kimyasal duyarlılaşma ile etki edip göz ve akciğer hasarına yol açmaktadır (Carrol, 1989).

NIOSH'un 1985'de yayınladığı Tablo 10'da DMEA için belirlenmiş bir limit

yoktur ibaresi geçmektedir ancak sonraki yıllarda çeşitli Avrupa ülkelerinde DMEA için limitler belirlenmiştir.

Tablo 10: Dökümhanelerdeki kimyasal maddelerin sağlık tehlikeleri potansiyeli, sağlığa etkileri ve maruz kalma sınırları (NIOSH, 1985)

KİMYASAL MADDE	İŞLEM / KULLANIM	SAĞLIK ETKİLERİ	HEDEF ORGAN	LİMİT STANDARDI
Amonyak	Azot içeren bağlayıcı maçalarının parçalanma ayrışma ürünü	Solunum tahriş edici; gastrit; laringeal ve akciğer ödemi	akciğerler, hava yolları	ACGIH – 25 ppm (18 mg /m ³) NIOSH – 50 ppm (34.8 mg /m ³), 5-min tavan OSHA – 50 ppm (35 mg /m ³)
Benzen	Maça yıkama; çözücü	Lösemi; CNS depresyonu; dermatit	CNS, cilt, kan	ACGIH – 10 ppm (30 mg /m ³) NIOSH – 1 ppm (3.2 mg /m ³), 60-min tavan OSHA – 10 ppm; 25 ppm acceptable tavan; 50 ppm maksimum tavan
Difenilmetan diizosiyanat (MDI)	Üretan bağlayıcılar için bağlayıcı bileşen; ayrışma ürünü	tahriş; mesleki astım	Solunum yolu, gözler	NIOSH – 50 µg/m ³ ; 200 µg/m ³ , 10-min tavan OSHA – 0.02 ppm (0,2 mg /m ³) tavan
Dimetiletılamin (DMEA)	Soğuk kutu bağlayıcı sistemler için katalizör	Cilt tahriş; kornea ödemi; kontakt dermatit	Gözler, akciğerler, cilt	Belirlenmiş bir limit veya standart yok.
Furfuril alkol	Furan reçine bağlayıcıların bileşeni	gözyaşı salgısında; tahriş; alerjiler	Gözler, cilt	ACGIH – 10 ppm (40 mg /m ³) NIOSH – 50 ppm (200 mg /m ³), 10 hr OSHA – 50 ppm (200 mg /m ³)
Silis	Kalıp; maça yapımı; bozma; fırın; pota ve fırın refrakter temizleme odası	Kronik akciğer hastalığı; silikoz	Akciğer	ACGIH – TLV mppcf: $\frac{10 \text{ mg}/3}{\% \text{ Solunabilir Kuvars} + 2}$ NIOSH – Solunabilir serbest silika: 50 µg/m ³ , 10 hr OSHA – Solunabilir kuvars: (in mppcf) $\frac{250}{\% \text{ SiO}_2+5}$ or $\frac{10 \text{ mg}/m^3}{\% \text{ SiO}_2+5}$

Tablo 10: Devamı

KİMYASAL MADDE	İŞLEM / KULLANIM	SAĞLIK ETKİLERİ	HEDEF ORGAN	LİMİT STANDARDI
Formaldehit	Bağlayıcı maddenin malzemelerinin ayrışmasından kaynaklanan kalıplama, dökme ve sallanma alanlarında emisyon	Baş ağrısı; alerjik reaksiyon; akciğer ödemi; göz ve cilt tahrişi; potansiyel kanserojen	Akciğerler, gözler, cilt	ACGIH – 1 ppm (1.5 mg /m ³) (insan için kanserojen potansiyel şüpheli endüstriyel maddeler) NIOSH – mümkün olan en düşük seviyeye düşürmek OSHA – 3 ppm; 5 ppm kabul edilebilir tavan, 30 dk
Hidrojen siyanür	Azot içeren bağlayıcı maddelerin ayrışma ürünü	Dermatit; asfiksi; ölüm; nörolojik değişiklikler	Deri, CNS, kardiyovasküler sistem, karaciğer, böbrek.	ACGIH – 10 ppm (10 mg /m ³) tavan NIOSH – 4.7 ppm (5 mg CN/m ³) 10 dakikalık tavan OSHA – 10 ppm (11 mg /m ³) (cilt)
Trietilamin	Soğuk kutu bağlayıcı sistemindeki katalizör	Tahriş; ödem; kimyasal duyarlılaşma	Gözler, akciğerler	ACGIH - 10 ppm (40 mg /m ³) OSHA - 25 ppm (100 mg/m ³)
Metil alkol	Öğütme sistemleri veya metil alkol içeren maça yıkama ürünlerinin ayrışma ürünü; dökülmesi; sallanma	Narkoz; dermatit; körlük; metabolik asidoz; mukoza zarında tahriş	Cilt, CNC	ACGIH – 200 ppm (260 mg /m ³) NIOSH – 200 ppm, 10 hr; 800 ppm, 15 dakikalık tavan OSHA – 200 ppm (260 mg /m ³)
Fenol	Bağlayıcı bileşenli; bağlama sisteminin ayrışma ürünü	Kulak çınlaması; ciltte pigment değişiklikleri; Cilt kanseri; karaciğer, CNS ve böbrek değişiklikleri	Cilt, karaciğer, CNS, böbrek	ACGIH – 5 ppm (19 mg /m ³) NIOSH – 5.2 ppm (20 mg /m ³), 10hr; 15.6 ppm (60 mg /m ³), 15 dakikalık tavan OSHA – 5 ppm (19 mg /m ³) (cilt)

Döküme yapışan kalıp kumu gidermek için taşlama ve bilya püskürtme işlemleri toz tehlikesi yaratabilir. Darbe veya vurmalı prensipleri ile çalışan aşındırıcı makineleri yüksek gürültü seviyeleri yaratır. Dökümhane çalışanları ergitme ve dökme işlemlerinde oluşan ısıdan etkilenebilir. Ek olarak, erimiş metalin taşınması ve ağır malzemelerin elle taşınması, yanıklara, kas-iskelet sistemi hastalıklarına ve dökümhane çalışanlarının uğradığı yaralanmalara katkıda bulunur (NIOSH, Foundries).

Solunum bozuklukları, özellikle silikoz, dökümhane çalışanlarında en sık rastlanan mesleki sağlık etkileri arasındadır. 1923'lerde, Macklin ve Middleton, incelenen 201 çelik döküm tesisinin % 22.8'inin pulmoner fibrozise sahip olduğunu bulmuştur. 1936'da Merewether, 10 yıllık bir istihdamın ardından, ortalama 40.7 yaşında bir dökümhane işçisinin silikozdan öldüğünü bildirmiştir. 8 yıl çalıştıktan sonra, 16 kuşama işçisi tüberküloz ile komplike olmuş silikozdan ölmüştür. Dökümlerin kuşama işlemi, operatörün dışarıda kalmasına izin veren kapalı bir odada yapılmazsa, işçi soğuk algınlığı ciddi akciğer hastalığı olmadan 1-2 yıldan fazla çalışmaz. Amerika Birleşik Devleti'nde Trasko 1950-1956 döneminde bildirilen 12.763 silikoz vakasını tanımlamıştır. Silikoz tehlikesi bulunan tüm endüstriler arasında, tespit edilen toplam vakaların %16'sı, madencilik endüstrilerinde % 66'ya ve çanak çömlek, tuğla, taş, talk, kil ve cam endüstrilerinde %18'e kıyasla dökümhanelerde meydana gelmiştir. Dökümhane operasyonları ve koşulları bu erken tarihsel çalışmalardan bu yana önemli ölçüde değişmiş olsa da, silikozisin hala meydana geldiğini gösteren birkaç yeni çalışma bulunmaktadır. Dökümhane çalışanlarında fibrotik akciğer hastalığının prevalansı üzerine yapılan son kapsamlı epidemiyolojik çalışmalar eksiktir. Bununla birlikte, NIOSH Sağlık Tehlikesi Değerlendirmeleri (HHE) ve yakın tarihli Mesleki Güvenlik ve Sağlık İdaresi (OSHA) danışma ziyaretlerinden elde edilen veriler, NIOSH'nin önerdiği maruz kalma sınırını (REL) aşan silis seviyelerinin ve OSHA izin verilen maruz kalma limiti (PEL) hem demir hem de demir dışı dökümhanelerde meydana gelir ve dökümhane çalışanları için potansiyel bir silikozis riski yaratır. Döküm işçilerinde akciğer kanseri riskinin arttığı, yapılan araştırmalarda gösterilmiştir. 1931 nüfus sayımı verilerine dayanarak, Sheffield, İngiltere'de bulunan dökümhanelerde meslek ve kanser ölümleri arasındaki ilişki, 14 yaşın üzerindeki yaklaşık 178.600 erkek işçi ve emekli işçi nüfusunda incelenmiştir. Tüm meslekler arasında fırın ve dökümhane çalışanları, akciğer kanserinden en yüksek ölüm oranına sahip olduğu ve akciğer kanseri ölümleri beklenen oranın % 133 üzerinde olduğu tespit edilmiştir (NIOSH, Foundries).

2.12.1.Ergimiş Metal Tehlikeleri

Buhar patlamaları, erimiş metale nem girmesi veya erimiş metali nem içeren malzemelere dökerek meydana gelir. Nem kaynakları şunları içerir: sıvıları tutan konteynerler, (örneğin; teneke kutu), aerosol veya cep telefonu bataryaları, ağır oksitlenmiş veya paslanmış malzemeler veya alet veya ekipmanın yüzeyinde paslanma, refrakter veya araçlar. Makul olarak uygulanabilir olduğu kadar riskleri en aza indirmek için, iş yapan kişi, erimiş metalle temas edebilecek potansiyel nem kaynaklarını tanımlamalı ve temas etmeyi durdurmak için adımlar atmalıdır.

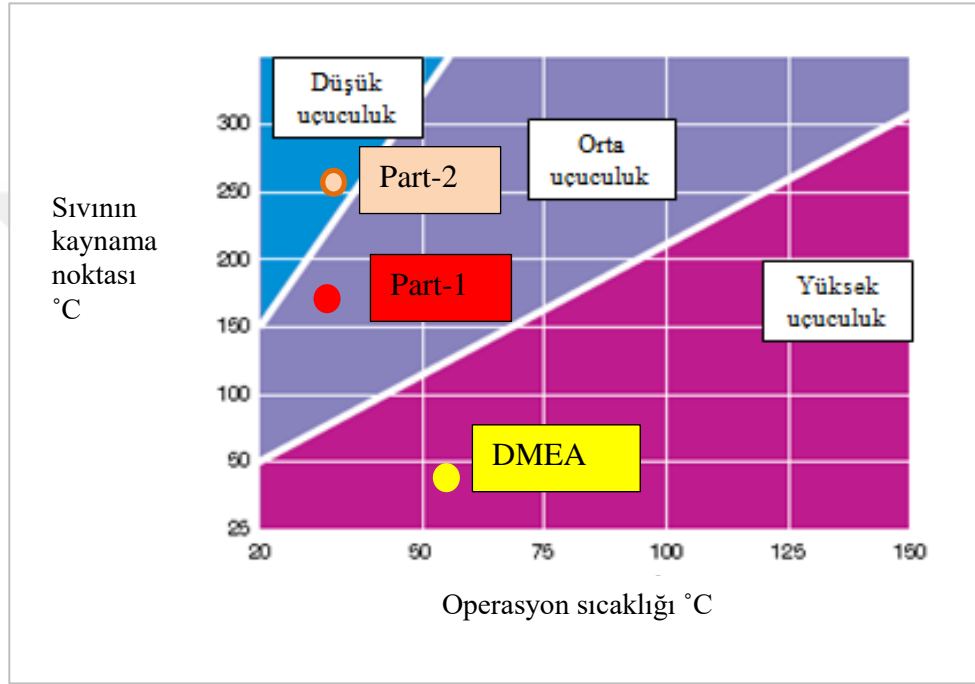
Erimiş metale doğrudan veya yükleyici bir kirletici madde olarak reaktif kimyasal maddeler sokularak erimiş metal içinde gaz basıncı birikmesine neden olarak kimyasal patlamalar meydana gelebilir. Her reaktif madde ilavesi potansiyel olarak patlayıcı değildir, örneğin; bir oksidan madde olarak alüminyum veya ferrosilikon eklenmesi. Patlamalar, yanlışlıkla oksitleyici maddelerin, örneğin; amonyum veya potasyum nitrat veya diğer oksitleyici tuzların, erimiş metal veya alüminyum içeren eriticiler veya potalara karıştırılmasından kaynaklanabilir. Patlama, furan ve asit gibi başka hatalı kimyasal kombinasyonların da bir fırına konması durumunda ortaya çıkabilir.

Bu tehlikelerin risklerini en aza indirmek için şunlar yapılabilir; Erimiş metalle kullanılmaya uygun olmayan ürünlerin açıkça etiketlendiğinden, yanlışlıkla kullanıma karşı emniyete alındığından ve erimiş metal alanların dışında saklandığından emin olmak için depolama sistemlerinin kullanılması, tutuşmayı ve çapraz kontaminasyonu önlemek için boyaları, solventleri ve diğer yanıcı veya yanıcı maddeleri belirtilen alanlarda depolamak, erimiş metale herhangi bir şey eklemeyen önce son adım olarak doğru ürün olduğunu ve bu eriyikte kullanım için güvenli olduğunu onaylayarak. Diğer tehlikeler ise, eriyik metalin taşınması, ocak işletimi ve malzeme ilavesindeki tehlikeler curuf çekme işleminde oluşan tehlikeler olarak sayılabilir (Safe Work Australia, 2013).

2.12.2.Maça Üretiminde ki Sağlık ve Güvenlik Tehlikeleri

Döküm fabrikalarının en yoğun kimyasal madde kullanıldığı proses maça üretim prosesidir. Soğuk kutu maça üretiminde kullanılan bağlayıcılar ve kürleştirme kimyasalları (gazlar) SDS'leri (Güvenlik bilgi formu) incelendiğinde önemli derecede toksik etkilere sahip oldukları görülmektedir. DMEA gazı ortalama 60°C'lik bir ısıtıcıdan

geçirilerek gaz fazına getirildikten sonra maçaya verilmektedir. 37°C kaynama noktasına sahip olduğu için (Huttenes Albertus, Güvenlik formu, 2007) Şekil 34’de ki grafikte bu noktalar işaretlendiğinde yüksek uçuculuk alanında olduğu görülür. Yüksek uçuculuk özelliğine sahip maddeler de hem işletmenin güvenliği için hem de çalışan sağlığı için son derece tehlikeli birer kaynaktırlar. Kum bağlayıcılarda (reçineler) ise yüksek kaynama noktası ($\approx 200^\circ\text{C}$) ve düşük uygulama sıcaklığından dolayı uçuculuk azalmakta ve orta ile düşük seviyede çıkmaktadır (HSE, 2009).



Şekil 34 Sıvıların uçuculuğu ile ilgili karar vermede kullanılacak grafik (HSE, 2009)

2.12.2.1.Reçine Tehlikeleri

Soğuk kutu maça imalatında iki reçine kullanılır. Birincisi bileşiminde hidrokarbonlar (%20-25), fenol (%3-5), formaldehid (%0.2-0.4) olan ve dökümcülükte part-1 olarak adlandırılan bağlayıcı, ikincisi ise bileşiminin büyük çoğunluğu izosiyanat olan katalizör kimyasalıdır. Her iki kimyasalda orta uçuculuk sınıfında olan ve toksik tehlikeler içeren maddelerdir. Temas yoluyla cilt hastalıkları buharlarının solunması ile de solunum yolu rahatsızlıkları yaşandığı yapılan çalışmalar ile belirlenmiştir. (ASK Chemicals)

2.12.2.1.1.Part 1 Reçine Tehlikeleri

Maça yapımında en çok tercih edilen (%60) yöntem olan soğuk kutu üretim sisteminin ana bileşeni part-1 kimyasalıdır. Fenol formaldehit reçinesi olarak da

adlandırılır. Part-1 reçinesinin en tehlikeli ana bileşenleri fenol ve formaldehittir. Formaldehit akut toksisite olarak Tablo 11’de görüleceği üzere H331 (Solunduğunda zehirlidir), H311 (Ciltle temasında zehirlidir) ve H301 (Yutulduğunda zehirlidir) tehlikelerini içerir. Fenol ise formaldehitteki tehlikelere ek olarak H341 (Genetik bozukluklara neden olabileceği kuşkusu var) tehlikesini içermektedir. Part 1 reçnesi ile ilgili diğer bilgiler ve içeriği ile ilgili malzemeler Tablo 11’de verilmiştir. (ASK Chemicals, 2014).

Tablo 11 Part 1 reçnesi bileşenleri (ASK Chemicals)

Kimyasal İsmi	CAS-No. EC-No. Kayıt numarası	Sınıflandırması (EEC/67/548)	Sınıflandırması (1272/2008 SAYILI TÜZÜĞÜ (AT))	Konsantrasyon [%]
Hidrokarbonlar, C9, aromatikler	64742-95-6 918-668-5 01211945585135	R66 R67 Xi; R37 N; R51/53 R10 Xn; R65	Asp. Tox. 1; H304 STOT SE 3; H335, H336 Aquatic Chronic 2; H411 Flam. Liq. 3; H226	≥ 20 - < 25
Phenol	108-95-2 203-632-7 01211947132932	Mut.Cat.3; R68 T; R23/24/25 C; R34 Xn; R48/20/21/22	Muta. 2; H341 Acute Tox. 3; H331 Acute Tox. 3; H311 Acute Tox. 3; H301 STOT RE 2; H373 Skin Corr. 1B; H31	≥3 - < 5
O-cresol	95-48-7 202-423-8	T; R24/25 C; R34	Acute Tox. 3; H311 Acute Tox. 3; H301 Skin Corr. H314	<1
Methanol	67-56-1 200-659-6	F; R11 T; R23/24/25R39/23/24/25	Flam. Liq. 2; H225 Acute Tox. 3; H331 Acute Tox. 3; H311 Acute Tox. 3; H301 STOT SE 1; H370	<0.3
Formaldehyde	50-00-0 200-001-8	Carc.Cat.3; R40 T; R23/24/25 C; R34 R43	Carc. 2; H351 Acute Tox. 3; H331 Acute Tox. 3; H311 Acute Tox. 3; H301 Skin Corr. 1B; H314 Skin Sens. 1; H31	≥0.2 - < 0.4
Hydrogen fluoride	7664-39-3 231-634-8	T+; R26/27/28 C; R35 T+; R26/27/28 C; R35	Acute Tox. 2; H330 Acute Tox. 1; H310 Acute Tox. 2; H300 Skin Corr. 1A; H314	≥ 0.2

2.12.2.1.2.Part 2 Reçine Tehlikeleri

Maça üretiminde bağlayıcı olarak kullanılan reçinenin aktivatörü olan ve içeriğinin %50-%80’i diphenylmethanediisocyanate, isomers ve homologes (polymere)’in oluşturduğu bir kimyasaldır (ASK Chemicals Part2 SDS, 2014). Ana giriş yolu solunum yolu üzerindedir. Deri yoluyla emilim olasılığı da dikkate alınmalıdır. Buhar basıncı normal sıcaklıklarda çok düşüktür (20°C’de buhar doygunluğu konsantrasyonu 0.05

mg/m bw'in altında), bu nedenle yüksek maruziyet esas olarak aerosollere (karakteristik parçacık çapı 0.5-1.5 mikrometre) olur. Ana toksik etkileri; akut olarak gözlerde ve ciltte tahriş, solunum yollarında tahriş ve hassaslaşma olarak sıralanabilir (IFA Gestis Substance Database, 2019). Part 2 ile ilgili konjonktivit ve kaşıntılı cilt kızarıklığının izosiyanatın mesleki kullanımı sırasında doğrudan temastan kaynaklandığı bildirilmiştir. İzosiyanatın dermal toksisitesi çok düşüktür. Solunum yoluyla maruz kalma için, alt solunum yollarındaki tahriş birincil husustur. (IFA Gestis Substance Database, 2019). Reçine katalizörü part-2 uzun dönemde akciğer fonksiyon bozukluğu, alerjik hava yolu hastalıkları, cilt hastalıkları gibi rahatsızlıklara yol açar (IFA Gestis Substance Database, 2019)

Tablo 12: Part 2 Reçine zararlılık ifadeleri tablosu (IFA Gestis, 2019)

H İbaresini	H İbaresinin anlamı
H315	Cilt tahrişine neden olur.
H317	Alerjik cilt reaksiyonlarına neden olabilir.
H319	Ciddi göz tahrişine yol açar.
H332	Solunması halinde zararlıdır.
H335	Solunum yollarında tahrişe neden olabilir.
H351	Kansere yol açma şüphesi var.
H373	Uzun süreli veya tekrarlı maruz kalma sonucu organlarda hasara neden olabilir.

Tablo 13: Part 2 Reçine önlem ifadeleri tablosu (IFA Gestis, 2019)

P İbaresini	P İbaresinin anlamı
P260	Toz / duman / gaz / buğu / buhar / spreyi solumayın.
P280	Koruyucu eldiven / koruyucu kıyafet / göz koruyucu / yüz koruyucu kullanın.
P284	Solunum koruyucu giyin.
P30 +P340	Solunması halinde: Kişiyi temiz havaya çıkarın ve rahat nefes almasını sağlayın.
P342+P311	Solunum semptomları yaşıyorsanız: Bir zehir merkezi veya doktora başvurun.
P305 + P351 + P338	Göz teması halinde: Su ile birkaç dakika dikkatlice durulayın. Varsa ve yapılması kolaysa kontak lensleri çıkarın. Durulamaya devam edin.

2.12.2.2.DMEA Tehlikeleri

IFA'dan alınan DMEA gazı ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir. Buna göre, IFA GESTIS Substance Database de bilgieri bulunan DMEA gazı için aşağıdaki özellikler sıralanmıştır. Etildimetilamin (dimetiletılamin, DMEA olarak da bilinir) için ana alım yolu solunumdur. Bununla birlikte, deriden alım olasılığı da dikkate alınmalıdır (IFA Gestis Substance Database, 2019).

2.12.2.2.1. Alım yolları

Solunum sistemi 3.3 ve 16.5 ppm arasında DMEA konsantrasyonlarına akut olarak maruz kalan gönüllüler üzerinde yapılan testlerde, % 81 ila 94 arasında bir absorpsiyon belirlenmiştir (IFA Gestis Substance Database, 2019).

Ciltten alım: DMEA cilt ve mukoza zarlarından iyi emilebilir. Bununla birlikte, toksikokinetik saha deneyleri, gaz halindeki fazdan alımın önemli bir etkiye sahip olması beklenmediğini göstermiştir. Bu, yakın zamanda gönüllüler üzerinde yapılan bir çalışmada doğrulanmıştır. İnsan cildi boyunca kararlı durum akısı (saatte 0.017 mg/cm²) ve geçirgenlik katsayısı (0.003 cm/s) insan derisi boyunca yüksek konsantrasyonlar (82.5 ila 330 ppm) kullanılmasına rağmen nispeten düşük çıkmıştır. Cildin sıvı/sulu DMEA ile doğrudan teması için emilim katsayıları mevcut değildir. Benzer şekilde yapılandırılmış aminlere benzer şekilde, nispeten yüksek olacaktır (IFA Gestis Substance Database, 2019).

Gastrointestinal sistem yolu ile alım: Maddeye özgü soğurma katsayıları mevcut değildir. Bununla birlikte, trietilamine benzer şekilde, hem hidroklorür hem de sulu çözeltilerden serbest baz için gastrointestinal sistemde tam absorpsiyon kabul edilmelidir (IFA Gestis Substance Database, 2019).

2.12.2.2.2.Zehirli Etkiler

Ana toksik etkileri akut olarak gözlerde, mukoza zarında ve ciltte kimyasal yanıklardan dolayı tahriş, kronik olarak ise görme keskinliğinde geri dönüşümlü bozukluklardır (IFA Gestis Substance Database, 2019).

2.12.2.2.1.Akut Etkiler

DMEA gözlere farklı şekillerde zarar verebilir. Yapılan çalışmalar sonucunda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır. Bu sonuçlar IFA (Institute for Occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance)'nın GESTIS Substance Database'de DMEA'nin SDS'i olarak yayınlanmıştır. Bu yayındaki bilgilere göre;

1. Konjonktiva ve kornea sıvı veya konsantre çözeltilerle doğrudan temas yoluyla ciddi şekilde hasar görür. Tavşanların gözlerine 4 saat boyunca uygulanan 5 ml saf dereceli DMEA, kalıcı ikincil yaralanmalarla (korneaya enjeksiyon ve daha sonra ülserasyon) kimyasal yanıklara neden olmuştur.

2. İnsanların 15 dakika boyunca 26.4 ila 52.8 ppm arasındaki buhar konsantrasyonlarına maruz kalması, gözlerde tahrişe neden olmuş, ancak görsel rahatsızlıklar olmamıştır.

3. 8 saat ve daha düşük konsantrasyonlarda (5-10 ppm) buharlara maruz kalmak göz tahrişine (gözdeki kaşıntı ve gözyaşı döküntüsü), pus gibi görme, görme keskinliğinde azalma ve korneada hafif ödemlere yol açar.

4. 5 ppm'nin altında konsantrasyonlardan daha düşük buhar konsantrasyonları da görsel rahatsızlıklara neden olabilir. (IFA Gestis Substance Database, 2019).

5. Düşük konsantrasyonlar hala ilk olarak korneanın epitel hücrelerine yayılabilir. Muhtemelen uzun süreli maruz kalma sırasında aminlerin birikmesi nedeniyle, ozmotik basınç ilişkilerini değiştirerek ilgili hücrelerin şişmesine veya tahrip olmasına yol açabilirler. Bu, görüşü mavi bir sis ve ışıkların etrafındaki haleler aracılığıyla açıklayabilir. Tavşanların derisi üzerinde yapılan testlerde DMEA kimyasal yanıklara neden olmuştur. Kobaylarda bir maksimizasyon testinde DMEA herhangi bir duyarlılık potansiyeli göstermemiştir. Dermal toksisite sıçanlarda (24 saat $LD_{50} > 2000$ mg/kg bw) ve tavşanlarda ($LD_{50} > 200$ ve 1219 mg/kg bw) gözlendi. Bu nedenle dermal toksisitenin özellikle yüksek olduğu düşünülmemektedir (IFA Gestis Substance Database, 2019).

Solunum güçlüğü, titreme, kızamık gözler, lakrimasyon, burundan sekresyon ve tükürük zehirlenmesi belirtileri olarak bildirilmiştir.

Oral toksisite sadece 606 mg/kg bw olan sıçanlar için bir LD_{50} değeri ile doğrulanır. Trietilamine benzer şekilde, semptomların (burada bildirilmeyen)

muhtemelen esas olarak nörotoksik etkinin sonucu olacağı varsayılmaktadır (IFA Gestis Substance Database, 2019).

2.12.2.2.2.2.Kronik Etkiler

Çalışanların DMEA'ya tekrar tekrar maruz kalmasına ilişkin veri tabanı çok dardır ve esas olarak tespit edilen görme bozuklukları ile sınırlıdır. Görünüşe göre DMEA'ya tekrar tekrar maruz kalan hayvan deneyleri henüz gerçekleştirilmemiştir. Birkaç yıl boyunca ortalama 3.3 ppm'ye (100 ppm'ye kadar maruz kalma zirveleri ile 0.1 ila 11.8 ppm) maruz kalan bir dökümhaneden çalışanlar, pus veya çizgili renkli camlar gördüklerini bildirmiştir (IFA Gestis Substance Database, 2019).

Bir dökümhaneden çalışanlar üzerinde yapılan daha ileri bir çalışmada, pus, gözlerde kaşıntı ve lakrimasyon gibi yüksek görme insidansı, yaklaşık 8 ppm DMEA'ya kısa süreli veya uzun süreli maruz kalmanın bir sonucu olarak bulunmuştur. DMEA'ya maruz kalan bir dökümhanedeki çalışanlar da kontrolden daha yüksek obstrüktif bronşit insidansı göstermiştir (IFA Gestis Substance Database, 2019).

Trietilamin ile yapılan subakut (akut ile kronik arası) hayvan deneyleri, bu zararlı maddenin bir dizi organda (karaciğer, böbrekler, akciğer ve kalp) hasara neden olabileceğini, ancak bu tür etkilerin maruz kalan çalışanlarda gözlenmediğini ortaya koymuştur. Bu nedenle, hayvanlarda organ hasarına neden olabilecek konsantrasyonların insanlar için koku ve tahriş nedeniyle dayanılmaz olduğu varsayılmalıdır. DMEA için de benzer sonuçlar çıkarılabilir (IFA Gestis Substance Database, 2019).

2.12.2.2.2.3.Üreme toksisitesi, Mutajenite, Kanserojenite

Üreme toksisitesi ve mutajenite ile ilgili veri mevcut değildir. Kanserojen etki için ise mevcut veriler risk değerlendirmesi için yetersizdir. Emildikten sonra DMEA organizmaya hızla dağılır. Yerleştirmeye ve muhtemelen konsantrasyona bağlı olarak, ana kısım emilen aminin % 90'ına kadar, dimetilettilamin-N-okside oksidatif / enzimatik olarak biyotransforme edilecektir. Bu, neredeyse tamamen idrarla birlikte atılır (IFA Gestis Substance Database, 2019).

2.12.2.2.3.Avrupa GHS Sınıflandırması ve Etiketleme

DMEA için GHS'ta (Globally Harmonized System) verilen işaretlerin anlamları Şekil 35'de sıraya göre yanıcı madde, toksik etki ve aşındırıcı madde olarak verilmektedir (IFA Gestis Substance Database, 2019).



Şekil 35: DMEA gazı için GHS işaretleri (IFA Gestis)

DMEA gazının zararlılık ve önlem ifadelerinin karşılıkları Tablo 14'de verilmiştir. Buna göre DMEA gazı kolay alevlenir, yutulması halinde zararlı olan ve solunması halinde toksik olan bir kimyasal malzemedir. Bunlara ek olarak ciddi cilt yanıklarına, göz ve solunum yolu hasarına yol açar. (IFA Gestis Substance Database, 2019).

Tablo 14: DMEA gazı zararlılık ve önlem ifadeleri tablosu (IFA Gestis)

H ve P İbaresini	H ve P İbaresinin Anlamı
H225	Kolay alevlenir sıvı ve buhar.
H302	Yutulması halinde zararlıdır.
H331	Solunması halinde toksiktir.
H314	Ciddi cilt yanıklarına ve göz hasarına yol açar.
H335	Solunum yollarında tahrişe neden olabilir.
P210	Isıdan / kıvılcımdan / alevden / sıcak yüzeylerden uzak tutun. Sigara İçmek Yasaktır.
P235	Serin tutun.
P260	Toz / duman / gaz / buğu / buhar / spreyi solumayın.
P280	Koruyucu eldiven / koruyucu kıyafet / göz koruyucu / yüz koruyucu kullanın.
P303 + P361 + P353: CİLT (Veya Saç) İLE TEMASINDA	Bulaşmış tüm giysileri derhal çıkarın / çıkarın. Cildi su veya duş ile durulayın
P305 + P351 + P338: GÖZE TEMAS EDERSE	Su ile birkaç dakika dikkatlice durulayın. Varsa ve yapılması kolaysa kontak lensleri çıkarın. Durulamaya devam edin.
P310	Derhal bir zehir merkezi veya doktora başvurun.
P403 + P233	İyi havalandırılan bir yerde saklayın. Kabı sıkıca kapalı tutun.

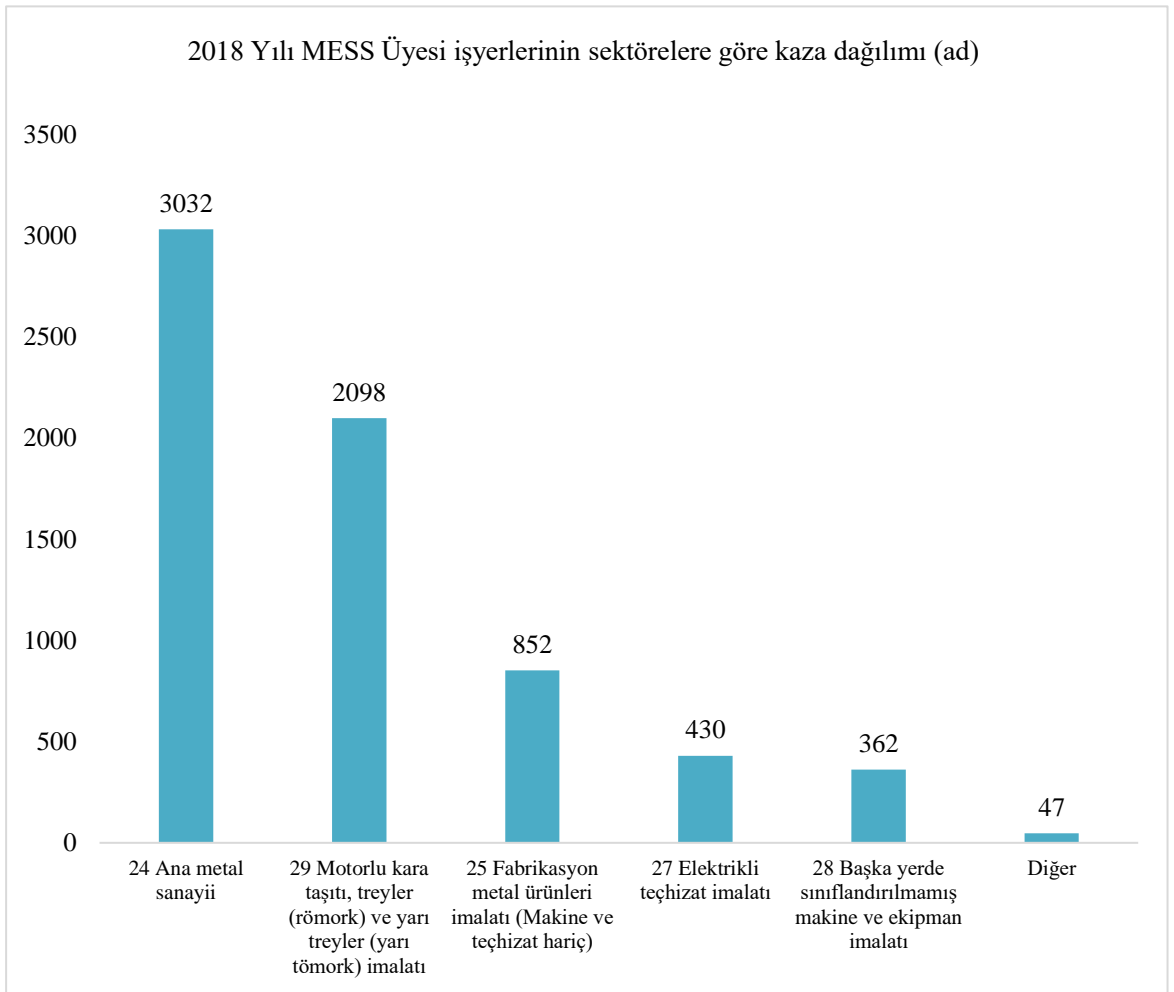
2.13.Türkiye’de İş Kazaları ve Meslek Hastalıkları

SGK’ nun 2017’de yayınladığı sigortalıların iş kazası geçirenlerin tablosuna (Tablo 15) bakıldığında; Ülkemizde tüm sektörlerde toplam 359.653 adet iş kazası meydana geldiği görülmektedir. (Tablo 15’de ilk 20 satırı verilmiştir) Bina inşaatı sektörü 34.952 adet iş kazası ile ilk sırada (% 9.7), makine ve teçhizat hariç fabrikasyon metal ürünleri imalatı sektörü 23.627 adet iş kazası ile ikinci sırada (% 6.6), bina dışı yapıların inşaatı sektörü 20.873 adet iş kazası ile üçüncü sırada (% 5.8) gelmektedir. Ana metal sanayi 15.670 adet iş kazası ile yedinci sırada (% 4.4) yer almaktadır (SGK, 2017).

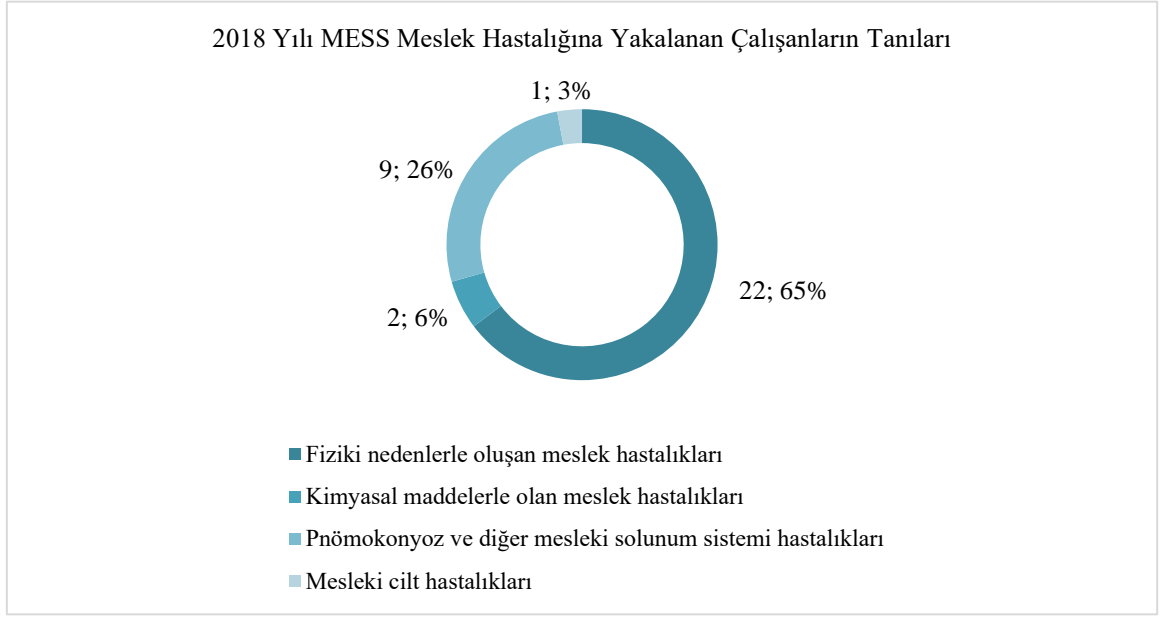
Tablo 15: İş kazası geçirenlerin sektörel dağılımı, 2017 (SGK)

İş kolu NACE Kodu	Faliyeti	2017 Yılı kaza geçiren sigortalı sayısı	Tüm kazalar içindeki oran
41	Bina inşaatı	34.952	9.7%
25	Makine ve teçhizat hariç. fabrikasyon metal ürünleri imalatı	23.627	6.6%
42	Bina dışı yapıların inşaatı	20.873	5.8%
10	Gıda ürünlerinin imalatı	20.270	5.6%
56	Yiyecek ve içecek hizmeti faaliyetleri	16.824	4.7%
13	Tekstil ürünlerinin imalatı	16.520	4.6%
24	Ana metal sanayii	15.670	4.4%
81	Binalar ve çevre düzenlemesi faaliyetleri	15.188	4.2%
23	Diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı	14.183	3.9%
47	Perakende ticaret (Motorlu kara taşıtları ve motosikletler hariç)	12.525	3.5%
29	Motorlu kara taşıtı, treyler (römork)	11.475	3.2%
22	Kauçuk ve plastik ürünlerin imalatı	11.106	3.1%
52	Taşımacılık için depolama ve destekleyici faaliyetler	10.635	3.0%
5	Kömür ve Linyit Çıkartılması	8.468	2.4%
49	Kara taşımacılığı ve boru hattı taşımacılığı	8.353	2.3%
28	Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve ekipman imalatı	8.102	2.3%
55	Konaklama	7.885	2.2%
27	Elektrikli teçhizat imalatı	7.543	2.1%
86	İnsan sağlığı hizmetleri	7.020	2.0%
43	Özel inşaat faaliyetleri	6.977	1.9%

Döküm sektörünü de kapsayan MESS (Metal Sanayicileri Sendikası) tarafından 2019 yılında yayınlanan metal sanayisinde MESS'e üye işyerlerinin 2018 iş kazası ve meslek hastalığı istatistiklerine bakıldığında 6.821 çalışanın iş kazası geçirdiği bu kazaların 3.032 adedinin (Şekil 36) Ana Metal Sanayi iş kollarında meydana geldiği raporlanmıştır. Şekil 37'de ki grafikte meslek hastalığı kayıtlarına bakıldığında ise 34 kişinin de meslek hastalığına yakandığını görülmektedir. Meslek hastalığına yakalanların dağılımı ise; 22 kişi fiziki nedenlerle oluşan meslek hastalıkları, 9 kişi pnömokonyoz ve solunum yolu hastalıkları, 2 kişi kimyasal maddelerle olan meslek hastalıkları ve 1 kişi de mesleki cilt hastalıkları olduğu raporlanmıştır (MESS, 2018).



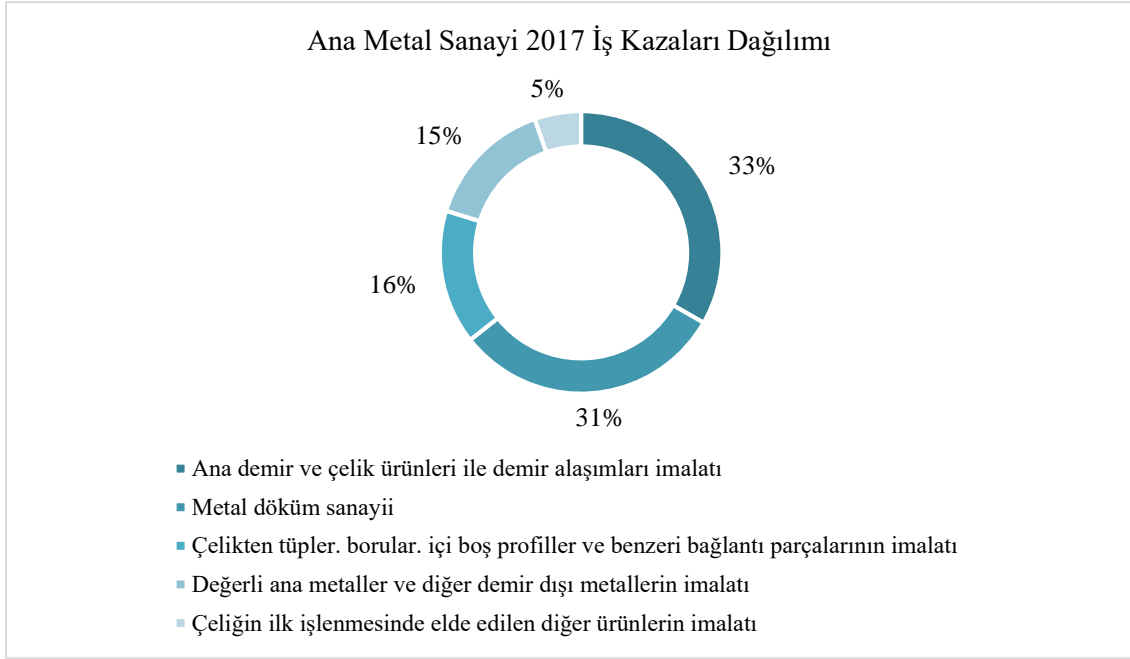
Şekil 36: 2018 yılı MESS üyesi işyerlerinin sektörelere göre kaza dağılımı



Şekil 37: 2018 yılı MESS meslek hastalığına yakalanan çalışanların tanıları

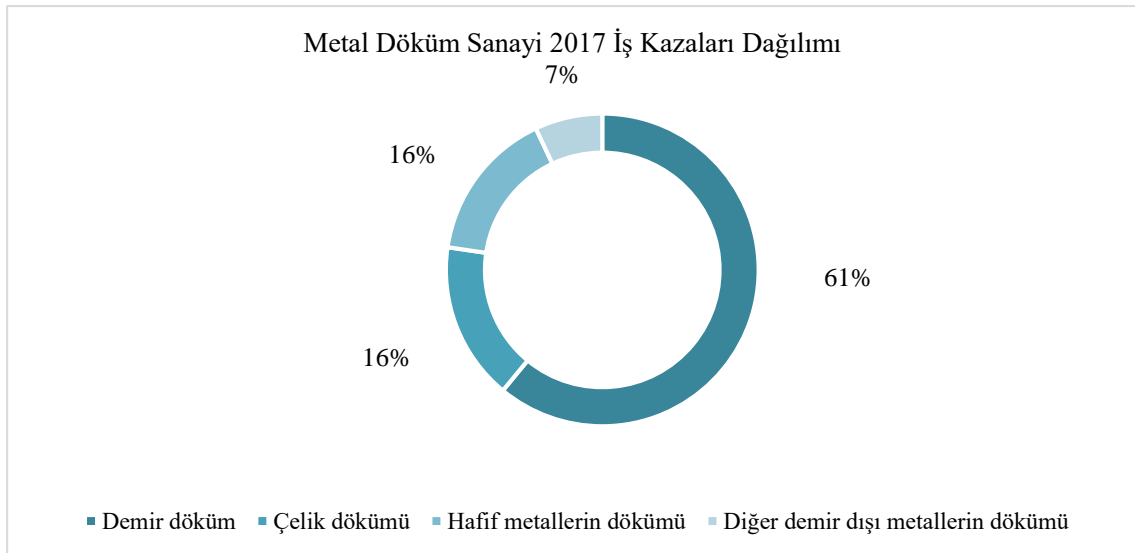
2.13.1. Ana Metal Sanayinde İş Kazaları

SGK' nun 2017'de yayınladığı iş kazası geçirenlerin istatistiklerinde elde edilen grafiğe (Şekil 38) bakıldığında ana metal sanayinde toplam 15.670 adet iş kazası kayda geçmiştir. Bu kazaların % 33'ü (5.218 adet) ana demir ve çelik ürünleri ile demir alaşımları imalatı sektöründe, % 31'i (4.868 adet) metal döküm sanayinde, % 15'i (2.413 adet) çelikten tüpler, borular, içi boş profiller ve benzeri bağlantı parçalarının imalatı sektöründe meydana gelmiştir (SGK, 2017).



2.13.2.Döküm Sektöründe İş Kazaları

Ana metal sanayisindeki 15.670 adet iş kazasının % 33'ü (4868 adet) metal döküm sektöründe meydana gelmiştir. Metal döküm sektöründe ki dağılıma bakıldığında demir döküm sektörü 2968 adet iş kazası ile (% 61) ilk sırada yer almaktadır. (Şekil 39) Diğer döküm fabrikaları sırasıyla, çelik dökümhaneleri 796 adet iş kazası, hafif metallerin dökümü 764 adet iş kazası ve diğer metal dökümhaneleri 340 adet iş kazası ile sıralanmaktadır (SGK, 2017).



Şekil 39: Metal döküm sanayi iş kazaları dağılımı (SGK, 2017)

MESS'e üye işyerlerinin 2017 iş kazası adetleri incelendiğinde (Tablo 16) 2017'de meydana gelen 6.023 iş kazasının %15,22'si (917 iş kazası) 29.10 NACE kodlu Motorlu kara taşıtı treyler (römork) ve yarı treyler (yarı römork) imalatı sektöründe, %15,16'sı (913 iş kazası) 29.32 NACE kodlu motorlu kara taşıtları için parça ve aksesuar imalatı sektöründe, %13,4'ü (810 iş kazası) 24.51 NACE kodlu demir döküm sektöründe, %9,8'i (590 iş kazası) 24.10 NACE kodlu ana demir ve çelik ürünleri ile demir alaşımları imalatı sektöründe ve %6,7'si (401 iş kazası) 24.52 NACE kodlu çelik döküm sektöründe meydana gelmiştir. 2017 yılında demir döküm sektörü en çok iş kazasının yaşandığı üçüncü sektör olarak karşımıza çıkmaktadır (MESS, 2018).

Tablo 16:Ekonomik faaliyet sınıflaması, kayıp işgünü ve iş kazalarının dağılımı 2017

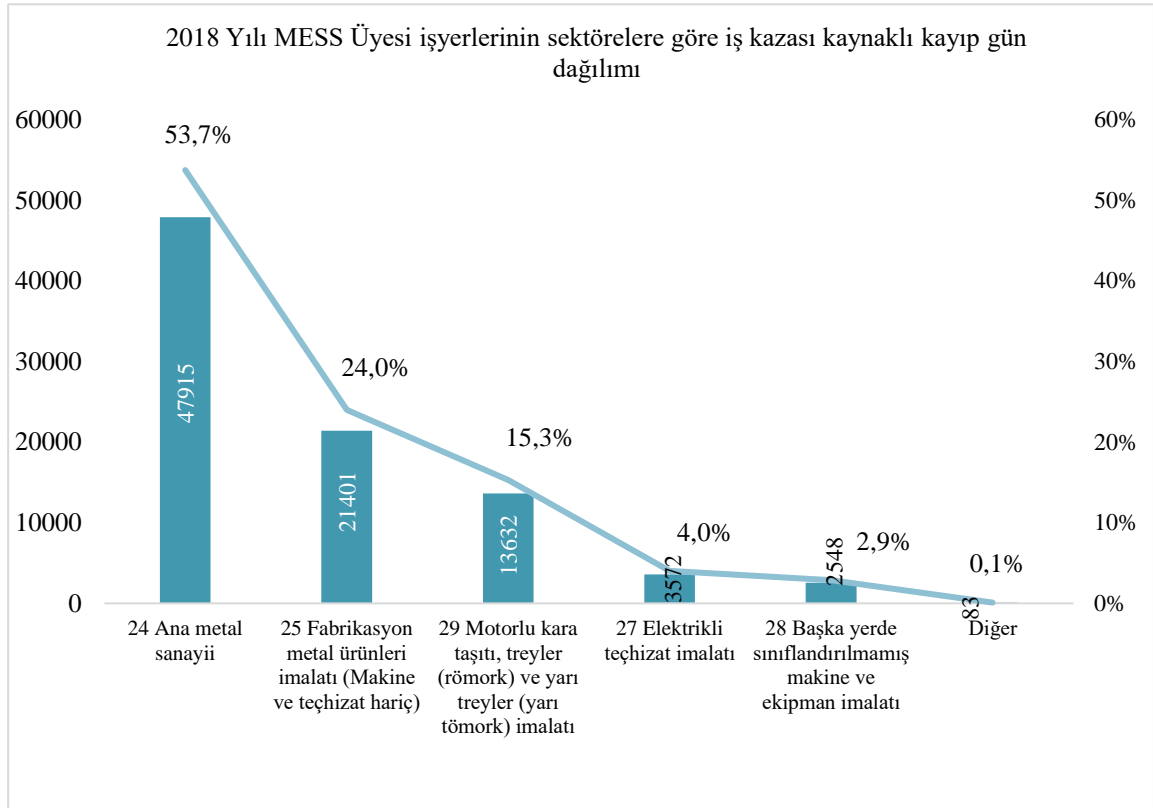
Ekonomik Faaliyet Sınıflaması, Kayıp İşgünü ve İş Kazalarının Dağılımı 2017									
Sıra	4'lü Nace Kodu	0 gün kayıplı kaza sayısı	1 gün kayıplı kaza sayısı	2 gün kayıplı kaza sayısı	3 gün kayıplı kaza sayısı	4 gün kayıplı kaza sayısı	5+ gün kayıplı kaza sayısı	Toplam iş kazası	Oran
1	29,10	476	64	53	37	21	266	917	15,22%
2	29,32	170	92	134	82	66	369	913	15,16%
3	24,51	80	94	61	101	36	438	810	13,4%
4	24,10	95	56	75	49	17	298	590	9,8%
5	24,52	164	36	33	18	15	135	401	6,7%
6	25,62	94	17	43	28	16	165	363	6,0%
7	24,20	36	15	17	14	3	250	335	5,6%
8	24,53	72	23	31	20	21	109	276	4,6%
9	27,51	24	8	14	14	4	93	157	2,6%
10	27,11	36	16	9	9	5	37	112	1,9%
11	29,31	89	5	2	4	2	9	111	1,8%
12	25,21	49	2	9	12	2	34	108	1,8%
13	24,34	38	8	4	2	-	40	92	1,5%
14	25,29	49	5	5	1	2	23	85	1,4%
15	28,11	18	8	6	14	2	36	84	1,4%
16	25,73	18	6	4	2	2	39	71	1,2%
17	28,14	8	8	2	-	2	43	63	1,0%
18	29,99	14	2	1	7	3	33	60	1,0%
19	27,90	5	11	1	6	2	32	57	0,9%
20	25,91	3	5	8	11	-	29	56	0,9%

2018 yılı incelendiğinde ise, 6.820 iş kazasının %16,7'si (1137 iş kazası) 29.32 NACE kodlu motorlu kara taşıtları için parça ve aksesuar imalatı sektöründe, %11.9'u (809 iş kazası) 24.10 NACE kodlu ana demir ve çelik ürünleri ile demir alaşımları imalatı sektöründe, %11,74'si (801 iş kazası) 29.10 NACE kodlu motorlu kara taşıtı treyler (römork) ve yarı treyler (yarı römork) imalatı sektöründe, % 11,3'ü (769 iş kazası) 24.51 NACE kodlu demir döküm sektöründe ve % 7,8'si (534 iş kazası) 24.52 NACE kodlu çelik döküm sektöründe meydana gelmiştir. Demir döküm sektörünün 2018 yılında tüm kazalar içindeki oranı % 11.3 olmuştur (MESS, 2018).

Tablo 17: Ekonomik faaliyet sınıflaması, kayıp işgünü ve iş kazalarının dağılımı 2018

Ekonomik Faaliyet Sınıflaması, Kayıp İşgünü ve İş Kazalarının Dağılımı 2018									
Sıra	4'lü Nace Kodu	0 gün kayıplı kaza sayısı	1 gün kayıplı kaza sayısı	2 gün kayıplı kaza sayısı	3 gün kayıplı kaza sayısı	4 gün kayıplı kaza sayısı	5+ gün kayıplı kaza sayısı	Toplam iş kazası	Oran
1	29,32	323	60	144	102	49	459	1137	16,7%
2	24,10	135	46	73	57	26	472	809	11,9%
3	29,10	500	31	26	19	20	205	801	11,7%
4	24,51	177	66	66	70	45	345	769	11,3%
5	24,52	105	56	64	37	24	248	534	7,8%
6	24,20	83	40	50	41	18	300	532	7,8%
7	25,21	136	15	13	5	8	52	229	3,4%
8	25,62	39	34	19	27	13	84	216	3,2%
9	27,51	57	12	12	23	5	92	201	2,9%
10	28,11	27	15	7	11	7	67	134	2,0%
11	24,53	44	2	9	7	2	59	123	1,8%
12	27,11	40	24	5	4	3	47	123	1,8%
13	29,20	7	-	13	26	6	62	114	1,7%
14	25,73	26	13	5	4	4	55	107	1,6%
15	24,45	2	18	10	10	9	52	101	1,5%
16	24,32	5	5	7	8	7	41	73	1,1%
17	24,34	21	2	7	5	1	28	64	0,9%
18	27,90	16	6	6	1	3	30	62	0,9%
19	25,91	3	5	8	11	-	30	57	0,8%
20	28,15	10	7	3	5	3	25	53	0,8%

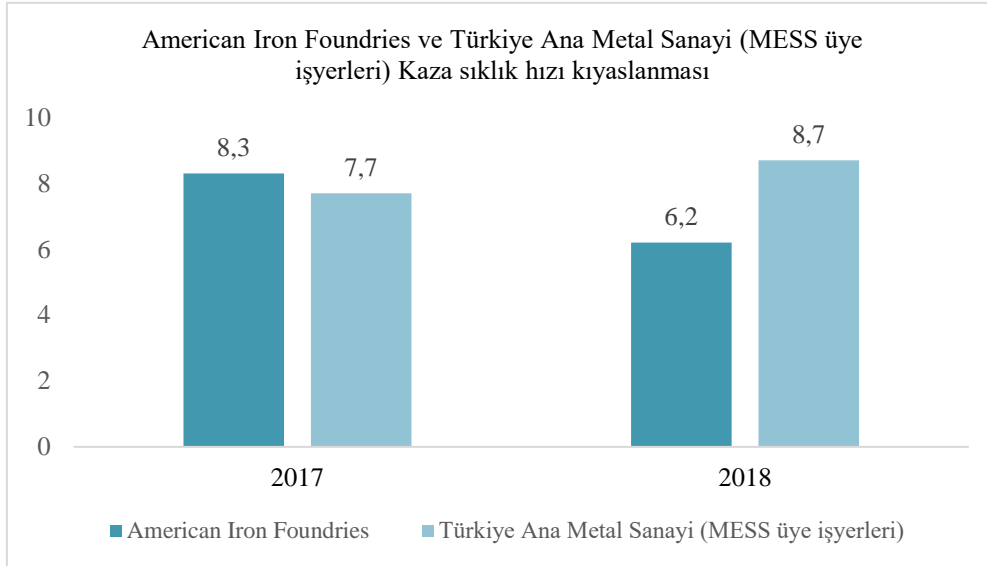
MESS Üye işyerlerinde meydana gelen kazalardan kaybedilen işgünlerine bakacak olursak (Şekil 40) Ana metal sanayi 47.915 adet kayıp gün ile (%53.7) ilk sırada yer almaktadır (MESS, 2018).



Şekil 40: 2018 yılı MESS üyesi işyerlerinin sektörlere göre iş kazası kaynaklı kayıp gün dağılımı (SGK)

2.13.3. Döküm Sektöründeki Kaza Sıklık Hızı

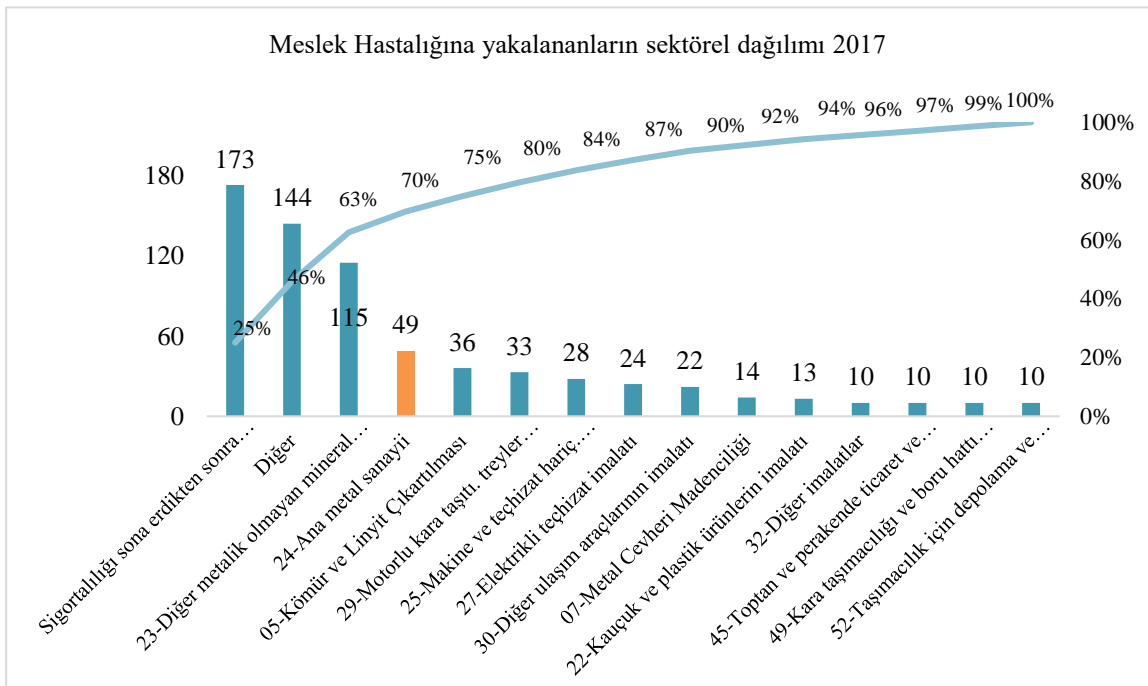
Amerikan dökümhanelerinin 2017 ve 2018 kaza sıklık hızı değerleri ile MESS'e üye ana metal sanayi işyerlerinin kaza sıklık hızını karşılaştırdığımızda 2017'de Amerikan dökümhanelerinde her 200.000 çalışma saatinde 8.3 iş kazası, 2018'de ise 7.7 iş kazası meydana geldiği görülmektedir. MESS üyesi ana metal sanayi işyerlerinde ise 2017'de her 200.000 çalışma saatinde 6.2, 2018'de 8.7 adet iş kazası meydana gelmiştir (Şekil 41) (MESS, 2018).



Şekil 41: Amerikan dökümhaneleri ile MESS Ana Metal Sanayi işyerleri kaza sıklık hızı

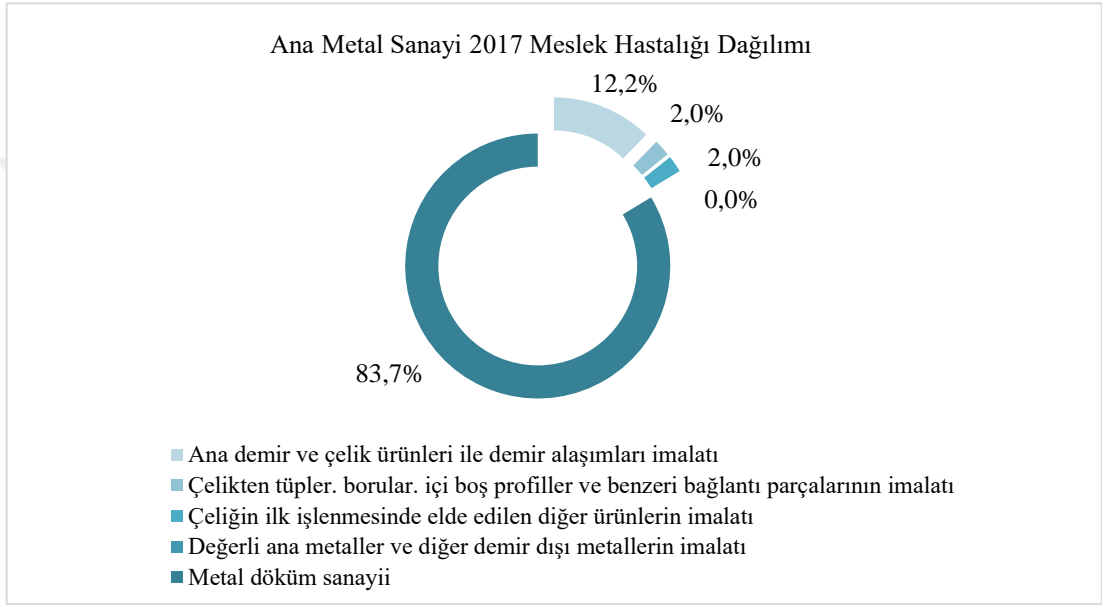
2.13.4.İşe Bağlı Sağlık Sorunları (Meslek Hastalıkları)

2017 yılı SGK verilerine göre ülkemizde 691 adet meslek hastalığı kaydı tutulmuştur. Bu kayıtların 173 adedi çalışanın sigortalılık hali son bulduktan sonra yapılmıştır. Şekil 42’de grafikte de görüldüğü üzere diğer grubunu oluşturan çeşitli mesleklerden sonra üçüncü sırada diğer metalik olmayan mineral ürünler sektörü ve dördüncü sırada da ana metal sanayi gelmektedir (SGK, 2017).

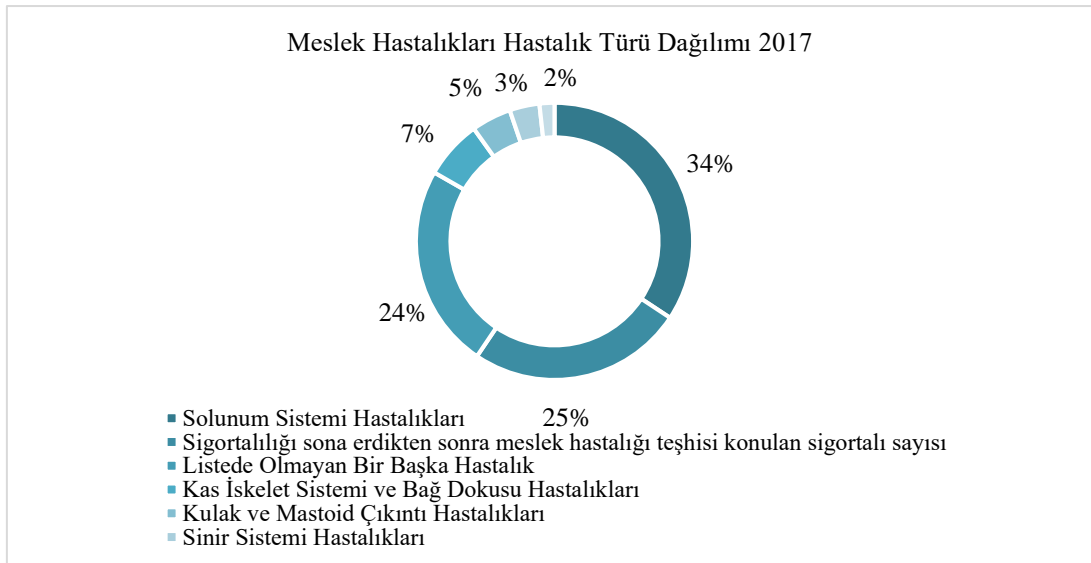


Şekil 42: Meslek hastalığına yakalananların sektörel dağılımı, 2017 (SGK)

Ana metal sanayisini oluşturan beş ayrı sektörün kayıtları incelendiğinde ise meslek hastalığı kayıtları bakımından bu beş sektör içinde döküm sektörü %83,7 lik bir paya sahip olduğu görülmektedir (Şekil 43) (SGK, 2017). Kayda geçen meslek hastalıkları tanılarında ise solunum sistemi hastalıkları %34, sigortalılığı sona erdikten sonra meslek hastalığı teşhisi konulan sigortalı % 25, listede olmayan başka bir hastalık % 24, kas iskelet sistemi hastalıkları %7 olarak sıralanmaktadır. Görüldüğü gibi Ana Metal Sanayisinde teşhis koyulan meslek hastalıkları içinde ilk sırada solunum sistemi hastalıkları yer almaktadır (SGK, 2017).



Şekil 43: Meslek hastalığı kayıtları, Ana Metal Sanayi dağılımı (SGK, 2017)



Şekil 44: Meslek hastalığına tutulanların tanılarına göre dağılımı, 2017 (SGK)

MESS 2018 kayıtlarına göre MESS'e üye işyerlerinde 2018 yılında 34 adet meslek hastalığı kaydı tutulmuş olup 10 adet meslek hastalığı Ana Metal Sanayi iş kolunda olan işyerleri tarafından bildirilmiştir. Bu 10 meslek hastalığının 9 adedi (% 95) solunum yolu hastalıkları ile ilgilidir (MESS, 2018).

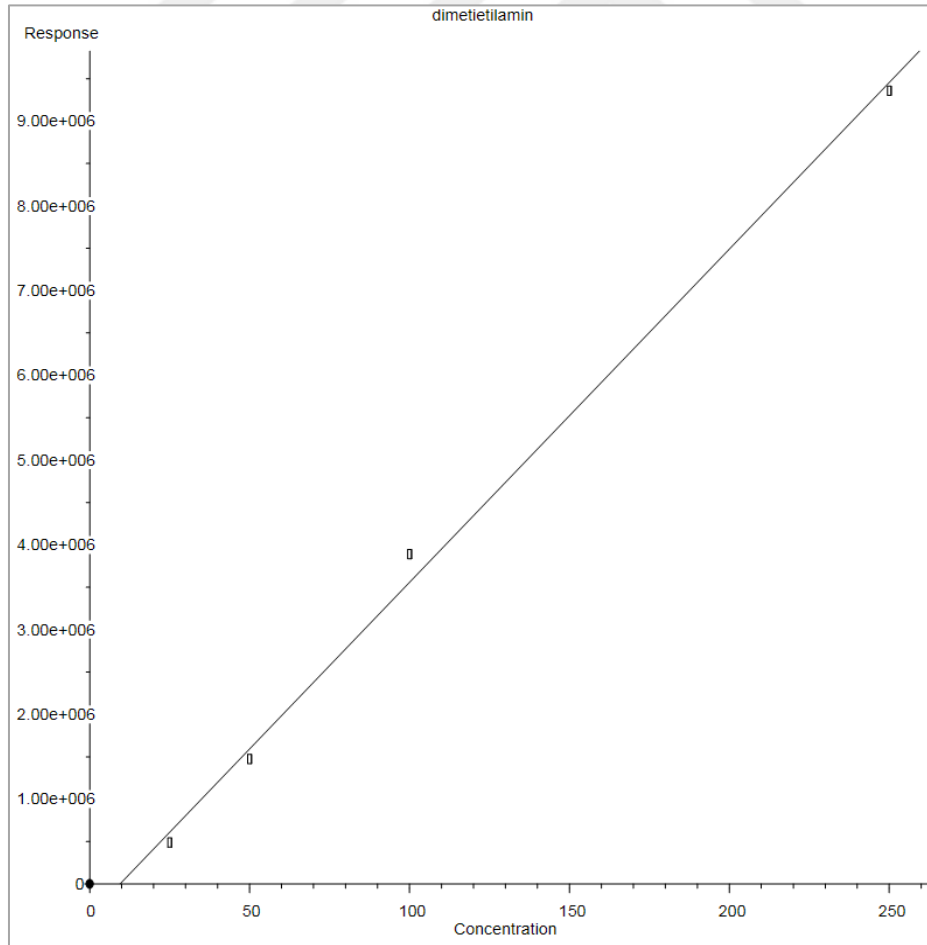
Tablo 18: Meslek hastalığının türü ve ekonomik faaliyet sınıflamasına göre meslek hastalığına yakalanan çalışanların dağılımı-2018 (MESS)

Hastalık Türü	Ana metal sanayii (kişi)	Fabrikasyon metal ürünleri imalatı (kişi)	Elektrikli teçhizat imalatı (kişi)	Motorlu kara taşıtı, treyler (kişi)	Toplam (kişi)
Fiziki etkenlerle olan meslek hastalıkları	1	0	11	10	22
Kimyasal maddelerle olan meslek hastalıkları	0	0	0	2	2
Mesleki cilt hastalıkları	0	1	0	0	1
Pnömozyonlar ve diğer mesleki solunum sistemi hastalıkları	9	0	0	0	9
Toplam	10	1	11	12	34

3. GEREÇ VE YÖNTEM

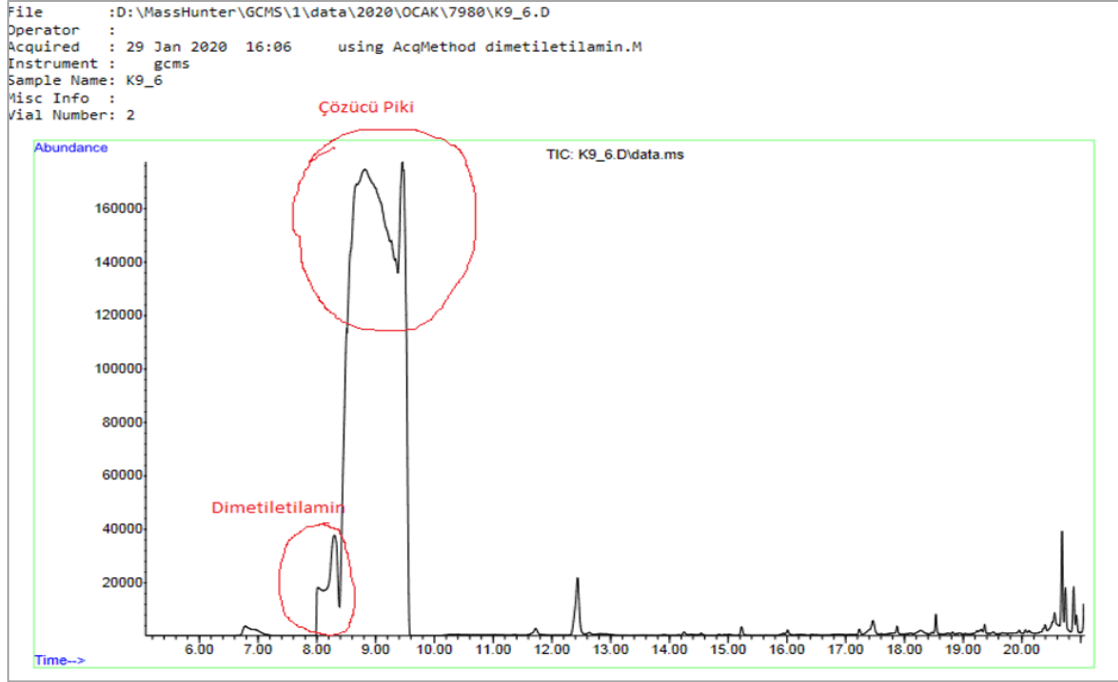
3.1. Araştırmanın Tipi ve Modeli

Gri dökme demir ve sfero döküm parça imalatı yapılan dökümhanenin maça üretim sahasında deneysel ölçümler yapılmak suretiyle 15 maça yapım çalışanından örnekler toplanarak kişisel gaz (VOC) (Volatile Organic Compound-Uçucu Organik Bileşik) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. VOC maruziyeti ölçümlerinde kişinin maruz kaldığı havadan örneklenen VOC numuneleri, analiz metodunun gerektirdiği saklama koşulları gözetilerek laboratuvara sevk edilmiş ve ilgili ön işlem ve tayin prosedürleri dahilinde analiz edilmiştir. Dimetiletilamin (DMEA) için tanımlanmış bir ölçüm metodu olmadığı için 100 ml'lik sıvı Dimetiletilamin (DMEA) Türkak'tan Akreditasyon Sertifikası, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Analiz Yeterlik Belgesi ve İş Hijyeni Ölçüm, Test ve Analizleri Yeterlik Belgesi sahibi akredite laboratuvara götürülerek GC-MS (Gaz Kromatografi-Kütle Spektrometresi) cihazında kalibrasyonu yapılarak ölçülmüştür.



Şekil 45: GC-MS Cihazı DMEA kalibrasyon grafiği

GC-MS Cihazı pikin altında kalan alanın şiddetine göre kalibrasyon eğrisi oluşturur. Belirli konsantrasyonlarda hazırlanan standartlar cihaza okutulur ve cihaz bu konsantrasyonlardaki pikin alanına göre doğrusal bir grafik oluşturur. (Şekil 45) Sonra bu grafik üzerinden bilinmeyen numuneler cihaza okutulur. Bilinmeyen bir numune cihaza verildiğinde cihaz otomatik olarak grafik üzerinden sonucu vermektedir.



Şekil 46: DMEA GC-MS Spektrumda ölçüm sonucundan bir örnek grafik

Şekil 46’da ki GC-MS Spektrumda 9. Kişinin 6. Ölçümünden bir örnek grafik verilmiştir. Ölçümlerin tüm sonuçları eklede ayrıca sunulacaktır. Dimetiletilamin piki yukarıda görülmektedir.

Kişisel VOC Maruziyetinin tespitinde TS ISO 16200-1 metodu referans alınmıştır. Adsorblama prensibi dahilinde gerçekleştirilen ölçümlerde çalışanın solunma bölgesinde konumlandırılan aktif karbon tüplerine bilinen hacimde bir hava örneği metotta belirtilen uygun çekiş aralıkları gözetilerek (0,2 l/dk) çektilmiştir. Uygun koşullarda laboratuvara taşınan örnekler daha sonra metotta belirtildiği şekilde desorbsiyon-çözdürme işlemi uygulanarak GC cihazında okutulmuştur. Tespit edilen sonuçlar, ölçümü gerçekleştirilen personelin çalışma ve maruziyet süreleri dahilinde hesaplanmış zaman ağırlıklı ortalamalar şeklinde raporlanmıştır.

Ölçümlerde seri numaraları (S/N:LP051680-1-2) olan Buck Libra Plus marka hava

örnek pompaları ve seri numaraları (S/N:20140510301-2-3-5) ve (S/N:20140510293) olan Gilian Air Plus hava örnek pompaları kullanılarak deneysel ve nicel bir çalışma yapılmıştır.

3.2. Araştırmanın Yeri

Araştırma bir dökümhanenin maça üretim tesisinde gerçekleştirilmiştir. Dökümhane 300.000 m² alana kurulmuştur. Yaklaşık 100.000 m² kapalı alanda döküm parça üretimi yapmaktadır. Dökümhanenin başlıca üretim birimleri Ergitme, Kalıplama, Maça ve Temizleme üniteleridir. Bunun yanında üretime destek olarak organize edilmiş Kalite, Üretim mühendislik, Mühendislik, Yardımcı işletmeler ve İnsan kaynakları birimleri mevcuttur. Müşterinin döküm parça siparişi alındıktan sonra planlama bölümü tarafından döküm planı hazırlanarak Kalıplama hatlarının hangi günlerde hangi kodlu parçaları dökülecekleri belirlenir. Döküm planına göre ergitme ocaklarında ilgili sıvı metal hazırlanır. Döküm saatinden ortalama 24 saat önce kalıpta kullanılacak maçalar Maça üretim merkezi tarafından üretilerek hazır edilir. Parçanın döküm saati geldiğinde sıvı metal ve maçalar kalıplama hatlarına sevk edilir. Döküm gerçekleştirildikten sonra hat sonundan kumlu parçalar alınarak temizleme bölümüne iletilir. Burada son temizlik işleri yapılır, boyanır ve paketleme birimine gönderilir. Döküm parçalar paketlenerek müşteriye götürülmek üzere araçlara yüklenir.

Dökümhanede yaklaşık 1.500 çalışan istihdam edilmektedir. Bu çalışanların 1300 adedi üretim, bakım ve destek süreçlerinde çalışmaktadır. Ergitme bölümünde 100 çalışan, Kalıplama bölümünde 200 çalışan, Maça bölümünde 150 çalışan, Temizleme bölümünde 450 çalışan, Bakım bölümünde 150 çalışan, Kalite bölümünde 100 çalışan ve destek birimlerin de 150 çalışan istihdam edilmektedir. İdari kadrolarda 200 çalışan yer almaktadır. Toplam mühendis sayısı 70 olup ağırlıklı olarak Malzeme-Metalurji ve Makina Mühendisi istihdam edilmektedir. Tesiste toplam 34 kadın çalışan yer almaktadır.

Çalışanların % 45'i ilk ve ortaokul mezunu, % 48'i Lise mezunu ve %7'si de Önlisans ve lisans mezunudur. Çalışanlar 20 ile 60 yaş arasındadır. Üretimde çalışan işçilerin yaş ortalaması 36'dır.

3.3. Araştırmanın Zamanı

Tez çalışması, tez konusunun belirlenmesi, tez konusunun tez inceleme kuruluna sunulması ve onaylanması, literatür taraması, ölçümler için akredite kuruluşlar ile yapılan çalışmalar, ölçümler ve tez konusunun onayından sonra başlanan tezin yazım aşamalarını içermektedir.

Tez çalışmalarına 2019 yılı Ocak ayında tez konusunun seçilmesi ile başlanmıştır. Tez konusu ile ilgili literatür taraması ve bilgilerin toplanması 2019 Şubat ayından başlayarak 2019 yılı sonuna kadar devam etmiştir. Bu arada DMEA gazı ölçümlerinin yapılabilmesi için laboratuvar ve ölçüm kitleri araştırması yapılmıştır. Uygun laboratuvar bulunması ve kit temini sonrasında 2020 yılının Ocak ayında Maça üretim biriminde DMEA gazının ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm yapılmış tüpler laboratuvara götürülüp tespitleri yapıldıktan sonra 2020 Şubat ayında sonuçlar çıkmış ve akredite laboratuvar tarafından paylaşılmıştır. Ölçüm sonuçları elde edildikten sonra 2020 Şubat ayı sonunda Bulgular, tartışma, sonuç ve öneriler kısımları da yazılarak tez yazımı tamamlanmıştır. Teze 2019 Ocak ayında başlanmış ve 2020 Mart ayında tez tamamlanmıştır. Tez yazımı yaklaşık olarak 14 ay sürmüştür.

3.4. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi

Araştırma Marmara Bölgesinde faaliyet gösteren bir dökümhanede yapılmıştır. Dökümhane otomotiv, kamyon ve traktör sanayisine döküm parça tedariği yapmaktadır. Kamyonlar için motor blok, motor kafası, iş makinaları için aks dingili, aks kovanı, traktörler için aks kovanı, aks dingili, karter vb. döküm parçaları üretmektedir. Dökümhanede soğuk kutu ve sıcak kutu maça üretim teknikleri kullanılmaktadır.

Maça üretimi ve döküm iş akışı kısaca şu şekildedir. Silis kumu, kum geri kazanım tesisinde mekanik yollarla rejenere edildikten sonra basınçlı hava yardımıyla borular ile depolama silolarına iletilir. Buradan pnömatik senderler ile maça üretim makinalarının günlük kullanım silolarına sevk edilir. Sevk edilirken içindeki toz filtre edilir. Günlük kullanım kum silosuna ulaşan silis kumu buradan mikserine alınır ve içine part 1 ve part 2 reçineleri katılarak karıştırılır. Karışım hava yardımıyla maça makinasının kalıp haznesine sürüklenir. Gaz jeneratöründe sıvı fazda bekleyen dimetiletiamin gazı rezistandan geçirilerek buharlaştırılır ve pompa ile kalıp içinde bekleyen kum-reçine

karışımına enjekte edilir. Silis taneleri ile reçinenin bağlanmasını hızlandırarak kısa sürede sertleşmesini sağlar. Kalıbın tahliye deliklerinden dışarı çıkarak atık gaz toplama sistemi ile gaz arıtma ünitesine (scrubber) alınarak yıkanır ve sulu karışım arıtma tesisine gönderilir. Oluşan maça kalıptan alınarak temizlenir, boyanır , kurutulur ve döküme hazır hale getirilir.

Üretimin makina safhasında operatör çeşitli kimyasal buharlara maruz kalır. En ciddi maruziyet dimetiletilamin gazı maruziyetidir. Gaz buharlaştırma makinasına gaz kabı koyulması sırasında deri ve solunum, maçaya amin gazı enjekte etme sırasında solunum maruziyeti ön plana çıkar.

Maça yapım tesisinde 15 çalışanın solunum bölgesine Gillian marka gaz ve toz örnekleme cihazı takılarak 8 saat boyunca çalışanların soluduğu havada ki Dimetiletilamin (DMEA) örnekleri toplanmıştır. Üretimin adımlarında maruz kalınacak amin miktarı farklı olduğu için her yarım saatte bir ölçüm alınmıştır. Bunun için “DTX Company” markalı aktif karbon tüpleri kullanılmıştır. Tüpler vardiya başında (08:00) solunum bölgesindeki kişisel ölçüm cihazına takılmış ve her yarım saatte bir örneklem alınarak kayıt edilmiştir. 8 saatlik çalışma sonunda, vardiya süresince her çalışan için yarım saatte bir değişim olacak şekilde 16 adet ölçüm sonucu elde edilmesi amaçlanmıştır. Ölçümler; 7 maça üretim operatörü, 1 forklift operatörü, 1 maça kurutma fırını operatörü, 1 maça kurutma fırını çıkışı operatörü, 1 maça tesviye operatörü, 1 maça bakım operatörü, 1 maça sandığı bağlama, gaz dolum operatörü, 1 maça montaj operatörü ve 1 maça forklift operatörü üzerinde yapılmıştır.

Ölçümlerde alınan örneklem tüpleri her yarım saatte bir çalışanlardan toplandıktan sonra etiketlenerek özel taşıma kapları ile gün sonunda laboratuvara götürülmüş ve GC-MS cihazında analiz edilmiştir.

Örnekleme alma işlemi yapılmadan önce ölçüm cihazlarının doğrulaması yapılmıştır. Örnekleme tüplerinin her iki ucu kırılmış ve tüpün akış yönü dikkate alınarak ölçüm cihazına yerleştirilmiştir. Ölçüm öncesinde ve sonrasında zaman, sıcaklık, akış hızı ve barometrik basınç değerleri kaydedilmiştir. Örnekleme alma işlemi sonunda örneklem tüplerinin iki ucuda polietilen kapaklar ile kapatılmış ve her örneklem tüpüne tanımlayıcı etiketler ile etiketlenmiş olup örneklem tüpleri normal koşullarda laboratuvara taşınmıştır. Aktif karbon tüpü içerisinde iki farklı bölmede bulunan aktif karbon iki farklı viyale boşaltılmıştır. Viyallere boşaltılan aktif karbonların üzerine 1ml karbondisülfid

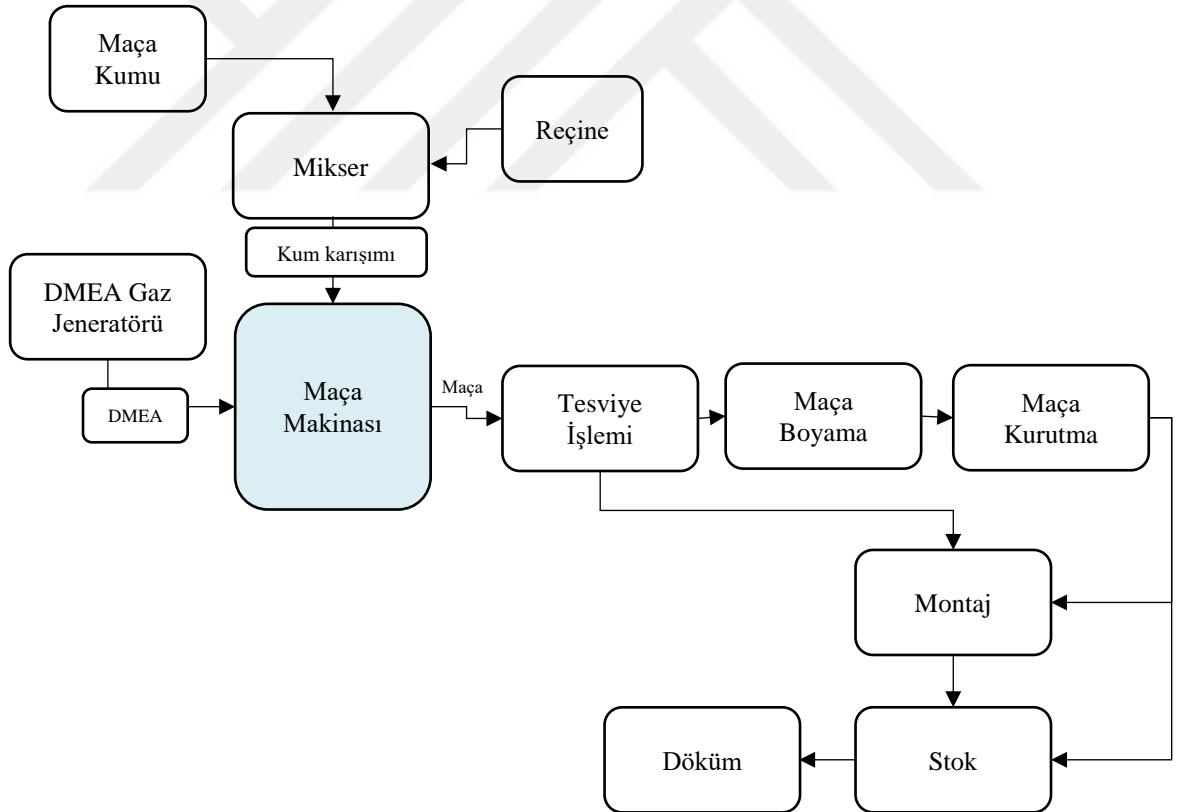
(CS₂) eklenmiştir. Otuz (30) dakika boyunca sürekli çalkalama gerçekleştirilerek desorpsiyon işlemi tamamlanmış ve numuneler analizi gerçekleştirmek üzere GC cihazına beslenmiştir. GC cihazı kalibre edilen değerlere ayarlanarak ve 1 µl haciminde numune şırınga vasıtasıyla sisteme enjekte edilmiş ve analizler gerçekleştirilmiştir.



4. BULGULAR

4.1. Maça Bölümü İş Akışı Bulgusu

Dökümhanenin maça üretim tesisi soğuk kutu üretim metodu ile maça üretimi yapmaktadır. Şekil 47’de maça iş akışı verilmiştir. Çeşitli kapasitelerdeki maça üretim makinalarında maça sandığı olarak adlandırılan kalıplara basınçlı hava ile reçineli kumun üflenerek üretilen maçalar makina önündeki bantlarda tesviyesi (temizliği) yapılmakta ve maça boya tanklarına daldırılarak boyanmaktadır. Boyanmış maçalar kurutulmak üzere doğalgaz yakan sürekli kurutma fırınlarına yerleştirilerek kurutulmaktadır. Fırın çıkışından alınan maçalar paletlere dizilerek döküm hattına sevk edilmek üzere stok sahasına alınmaktadır. Bazı maçalar birbirine monte edilmek zorunda olduğu için tesviye bandı çıkışı ve/veya fırın çıkışından maçalar montaj edilmek üzere montaj sahasına alınır.



Şekil 47: Soğuk kutu maça üretim iş akışı

4.2.Maça Bölümünde Ölçüm Yapılan 15 Çalışanın Görev Tanımları

Maça bölümünde çalışan işçilerden 15 işçide ölçümler yapılmıştır. Ölçüm yapılan maça çalışanların görevleri şu şekildedir.

Maça Makinası Operatörü: Maça makinasını yöneten ve makinada üretilen maçanın sandıktan (kalıptan) alınarak tesviye bandına bırakılmasından sorumludur. Makina yönetimi, kumun mikserde hazırlanması, gaz jeneratörünün kontrolü ve yönetilmesi, kalıpların (maça sandığı) makinaya bağlanması da sorumluluk alanındadır.

Bakım Operatörü: Maça makinaları, gaz jeneratörleri ve kum hazırlama sistemlerinin bakım ve onarımlarının yapılmasından sorumludurlar.

Maça Tesviye Operatörü: Makinada üretilen maçanın boyanmadan önce ayırım yüzeyinde oluşan çapaklarının temizlenmesi işinden sorumludur.

Maça Montaj Operatörü: Makinada üretilen maçaların boyandıktan sonra veya boyanmadan önce kalıp dizaynına göre el veya bir ekipman yardımı ile montaj edilmesi işleminden sorumludur.

Maça Sandık Bağlama ve Amin Gazı Dolum Operatörü: Maça makinalarına bağlanacak üretim sırası gelen maça sandığının (kalıbının) bağlamaya hazırlanmasından (bağlama pimlerini montajı, reçineli kumun temizlenmesi vb.) ve makinalara amin gazının sıvı halde yaklaşık 10 kg'lık kaplarda temininden sorumlu kişidir.

Forklift Operatörü: Maça bölümü içinde gereken transportların sağlanmasından sorumludur.

Maça Fırını Giriş Operatörü: Makinalarda üretilen maçalar boyandıktan sonra kurutulmak üzere doğalgaz ile çalışan kurutma fırınlarına yerleştirilir. Maça fırını girişi operatörü makinadan gelen maçanın boya tankına daldırılması ve fırın ağzına bırakılması işlemini gerçekleştirmektedir.

Fırını Çıkışı Operatörü: Fırın içinde kurutulmuş maçanın fırın çıkışından alınarak banda veya palete bırakılması işlemini yapan kişidir.

4.3.Maça Bölümünde Yapılan Ölçümler, Kullanılan Cihazlar ve Yöntemleri

Dökümhanenin maça üretim tesisinde kişisel ve ortam VOC ölçümleri yapılmış, çalışanların özellikle Dimetiletilamin, fenol, formalhit ve izosiyanat maddelerine maruziyetleri tespit edilmiştir. Maçahane yapılan ölçümler ile ilgili özet Tablo 19'daki gibidir.

Tablo 19: Maça bölümünde yapılan ölçümlerin özet tablosu

Ölçüm şekli	Örneklem adet	Örneklem tipi	Ölçüm parametre	Örnek alma şekli	Ölçüm süresi
Kişisel	7	Maça makina operatörü	DMEA (Dimetiletilamin)	30 dakikada bir ölçüm tüpü ile	8 saat
Kişisel	8	Diğer maça çalışanları	DMEA (Dimetiletilamin)	30 dakikada bir ölçüm tüpü ile	8 saat
Kişisel	2	VOC	Reçine içeriğinde ki uçucular	8 saat TWA	8 saat
Ortam	6	Maça bölümü çalışma ortamı	Toz	8 saat TWA	8 saat
Kişisel	7	Maça bölümü çalışanları	Toz	8 saat TWA	8 saat

Maça üretim tesisinde çalışan 15 işçide aşağıdaki şekilde (Şekil 48) görüldüğü gibi merkezi, kişinin kulaklarını birleştiren çizginin orta noktası olan 30 cm yarıçaplı kürenin, başın ön kısmında kalan yarısını kapsayacak şekilde ölçümler alınmıştır.



Şekil 48: Solunum bölgesi (Kan. ve Mut.Mad. Çal. İSG Yön.)

Şekil 48’de görüldüğü gibi operatöre bağlanan emiş pompasının ucuna aşağıda resmi bulunan aktif karbon tüpü (Şekil 49) monte edilerek çekilen gazın aktif karbon tüpünde toplanması sağlanmıştır. Her yarım saatte bir kez tüp operatörün yakasından alınarak etiketlenmiştir.



Şekil 49: Aktif karbon tüpü



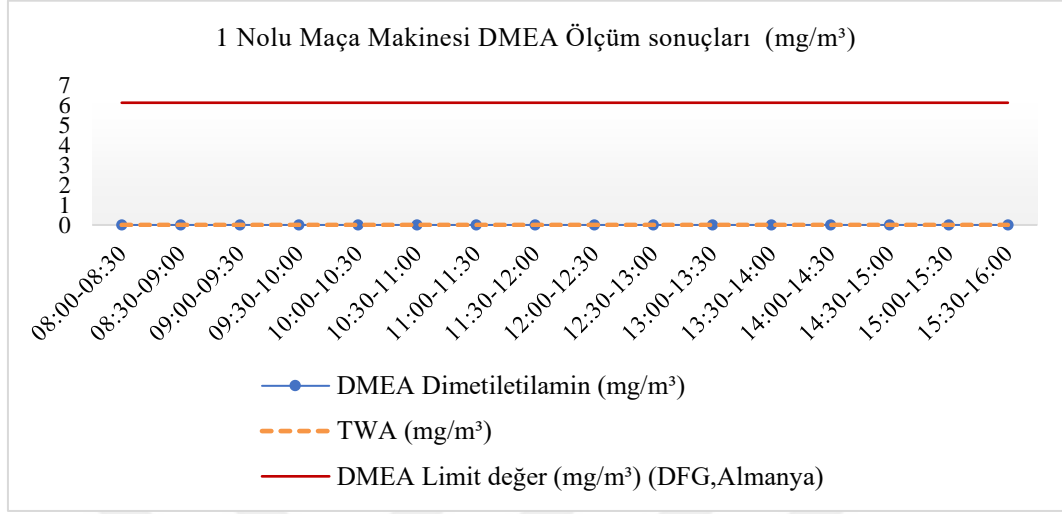
Şekil 50: Gilair plus gaz emiş pompası

4.4.Maça Makina Operatörleri DMEA Ölçümleri

Ölçümler bir operatör için saat 08:00 da başlayarak her yarım saatte bir tüp alınmış böylece bir operatör için bir vardiyada (8 saat) 16 adet ölçüm değeri tespit edilmiştir. Tesiste çalışan her bir makina tipinden makina olacak şekilde toplam 7 makina operatörü ve diğer görevler (8 kişi) için ölçüm değerleri aşağıdaki grafiklerde verilmiştir.

4.4.1. Bir (1) Nolu Maça Makina Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları

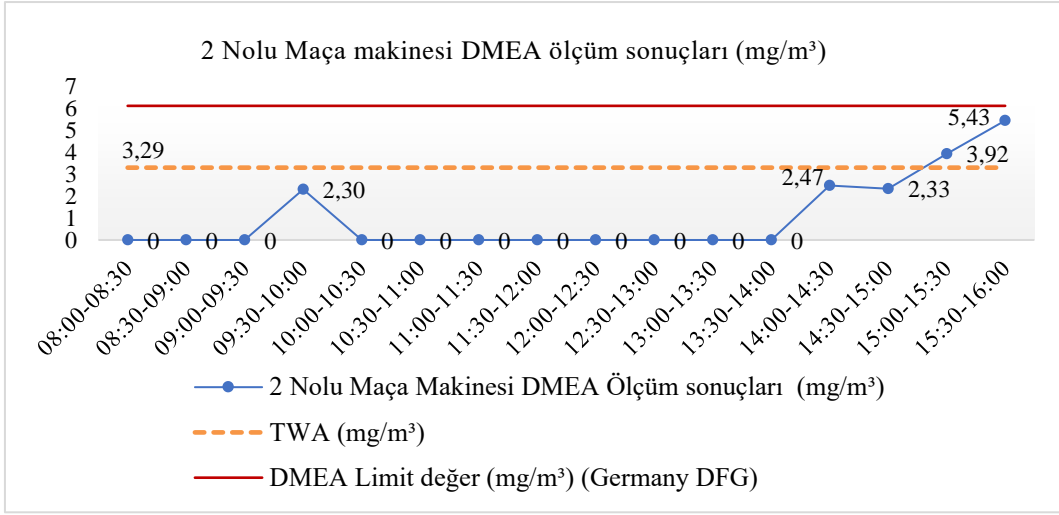
Bir nolu maça makinasında 8 saatlik 16 adet DMEA gazı ölçümünde herhangi bir DMEA'ne rastlanmamıştır. Şekil 51'de görüldüğü gibi ölçümler sıfır çıkmıştır.



Şekil 51: 1 Nolu maça makinesi DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği

4.4.2. İki (2) Nolu Maça Makina Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları

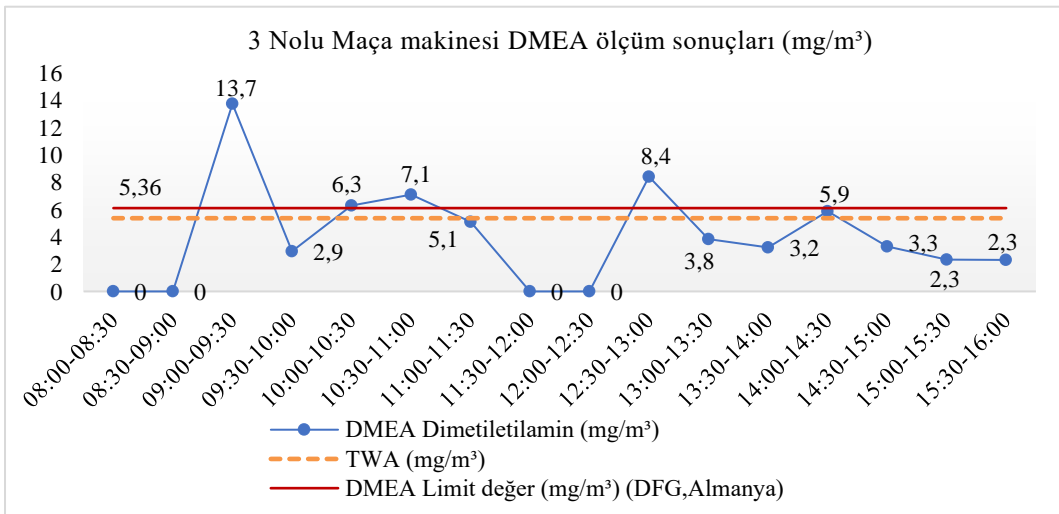
İki nolu maça makinası operatöründen vardiya başında alınan ilk üç ölçümde Şekil 52'deki grafikte görüldüğü gibi herhangi bir DMEA gazına rastlanmamış ve sonuçlar sıfır çıkmıştır. Daha sonra 09:30'da alınan ölçümde DMEA 2.3 mg/m³ olarak ölçülmüştür. Saat 14.00' a kadar alınan örneklerde de herhangi bir DMEA'ne rastlanmamış saat 14:30'dan sonra yarım saat arayla alınan değerler sırasıyla 2.47 mg/m³, 2.33 mg/m³, 3.92 mg/m³, 5.43 mg/m³ olarak ölçülmüş ve yükselen değerlerin olduğu tespit edilmiştir. İki nolu maça makinası operatörü için TWA 3.29 mg/m³ olarak hesap edilmiştir. (Şekil 52)



Şekil 52: 2 Nolu maça makinesi DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği

4.4.3.Üç (3) Nolu Maça Makina Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları

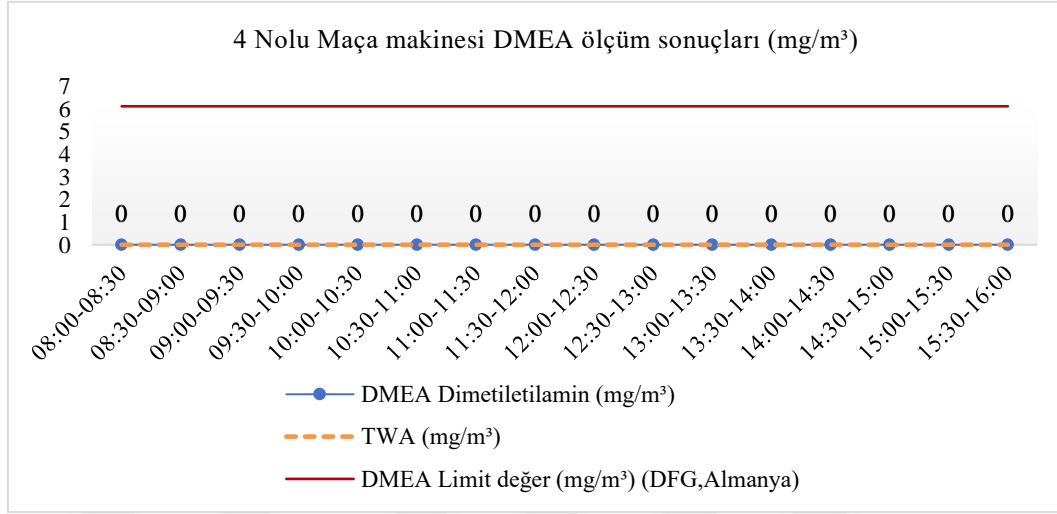
Üç nolu maça makinası operatöründen vardiya başında alınan ilk ölçümde herhangi bir DMEA'ne rastlanmamış ve sonuç sıfır çıkmıştır. Daha sonra 08:30 da alınan ölçümde DMEA gazı 13.7 mg/m³ olarak ölçülmüştür. Saat 11.30' a kadar alınan örneklerde sırasıyla 2.9, 6.3, 7.1 ve 5.1 mg/m³ sonuçlarına ulaşılmıştır. Operatörün yemek molasından sonra 12:30'da 8.4 mg/m³ DMEA maruziyeti ölçülmüş sonrasında vardiya sonuna kadar yarım saatte bir kez yapılan ölçümlerde sırasıyla 3.8, 3.2, 5.9, 3.3, 2.3 ve yine 2,3 mg/m³ sonuçları elde edilmiştir. 3 nolu maça makinası operatörü için TWA 5.36 mg/m³ olarak hesap edilmiştir. (Şekil 53)



Şekil 53: 3 Nolu maça makinesi DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği

4.4.4. Dört (4) Nolu Maça Makina Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları

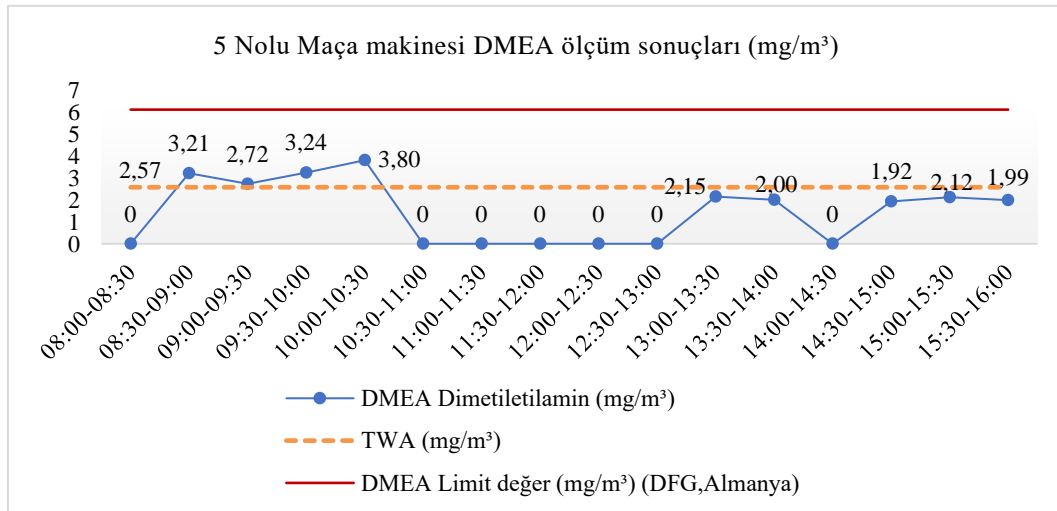
Dört nolu maça makinasının 8 saatlik 16 adet DMEA ölçümünde herhangi bir DMEA'ne rastlanmamıştır. Ölçümler sıfır çıkmıştır. (Şekil 54)



Şekil 54: 4 Nolu maça makinesi DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği

4.4.5. Beş (5) Nolu Maça Makina Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları

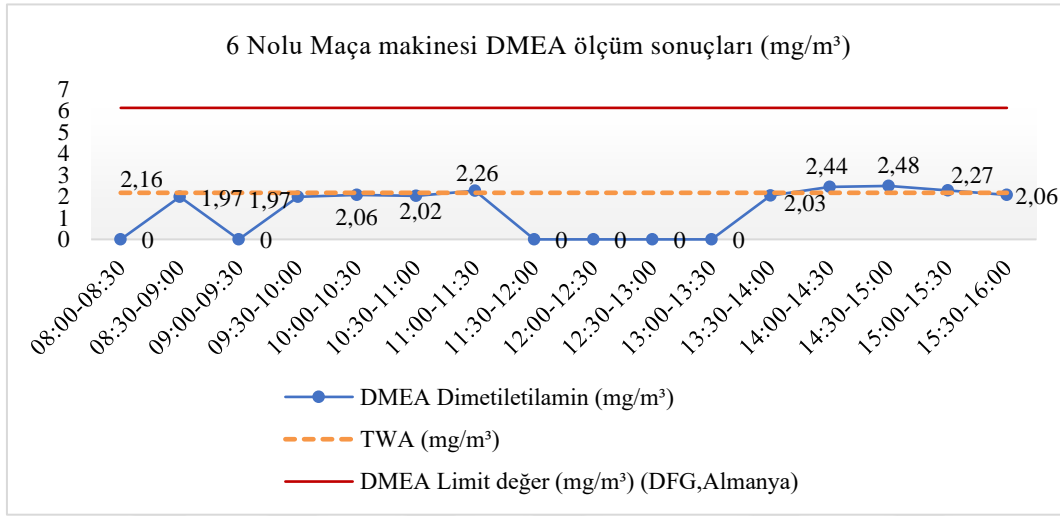
Beş nolu maça makinası operatöründe yapılan ölçümlerde saat 08:30 ile 10:30 arasında yapılan dört ölçümde sırasıyla 3.21, 2.72, 3.24 ve 3.80 mg/m³ sonucuna ulaşılmıştır. Saat 11:00'dan itibaren saat 12:30'a (yemek molası dahil) kadar herhangi bir maruziyete rastlanmamış ve sonuçlar sıfır (0) çıkmıştır. Saat 13:00'dan itibaren sırasıyla iki ölçümün sonucu 2.15 ve 2 mg/m³ sonuçları elde edilmiştir. Saat 14:00'da ölçülen sıfır değerinden sonra son üç ölçüm sırasıyla 1.92, 2.12, 1.99 mg/m³ çıkmıştır. 5 nolu maça makinası operatörü için TWA 2.57 mg/m³ olarak hesap edilmiştir. (Şekil 55)



Şekil 55: 5 Nolu maça makinesi DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği

4.4.6. Altı (6) Nolu Maça Makina Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları

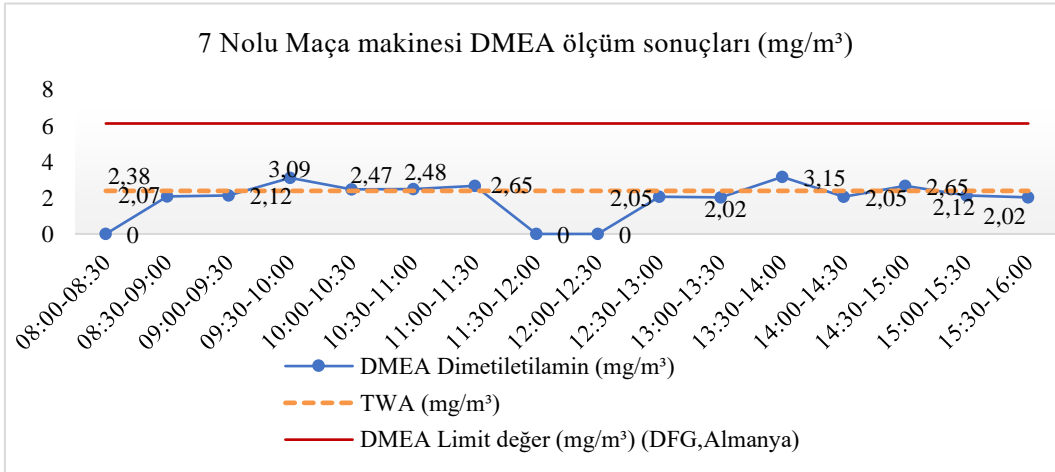
Altı nolu maça makinası operatöründe yapılan ölçümlerde iki ve dördüncü ölçümlerde 1.97 mg/m^3 , sonra sırasıyla üç ölçümlerde 2.06 , 2.02 ve 2.26 mg/m^3 sonuçlarına ulaşılmıştır. Saat 11:30 ile 13:00 arasında yapılan ölçümlerde herhangi bir DMEA'ya rastlanmamıştır. Daha sonra sırasıyla 2.03 , 2.44 , 2.48 , 2.27 ve 2.06 mg/m^3 değerleri elde edilmiştir. 6 nolu maça makinası operatörü için TWA 2.16 mg/m^3 olarak hesap edilmiştir. (Şekil 56)



Şekil 56: 6 Nolu maça makinesi DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği

4.4.7. Yedi (7) Nolu Maça Makina Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları

Yedi nolu maça makinası operatöründe yapılan ölçümlerde maça makinası operatörü için TWA 2.38 mg/m^3 olarak hesap edilmiştir. Vardiya başı ve yemek molası haricinde operatör ortalama 2.38 mg/m^3 DMEA'ya maruz kalmıştır. (Şekil 57)



Şekil 57: 7 Nolu maça makinesi DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği

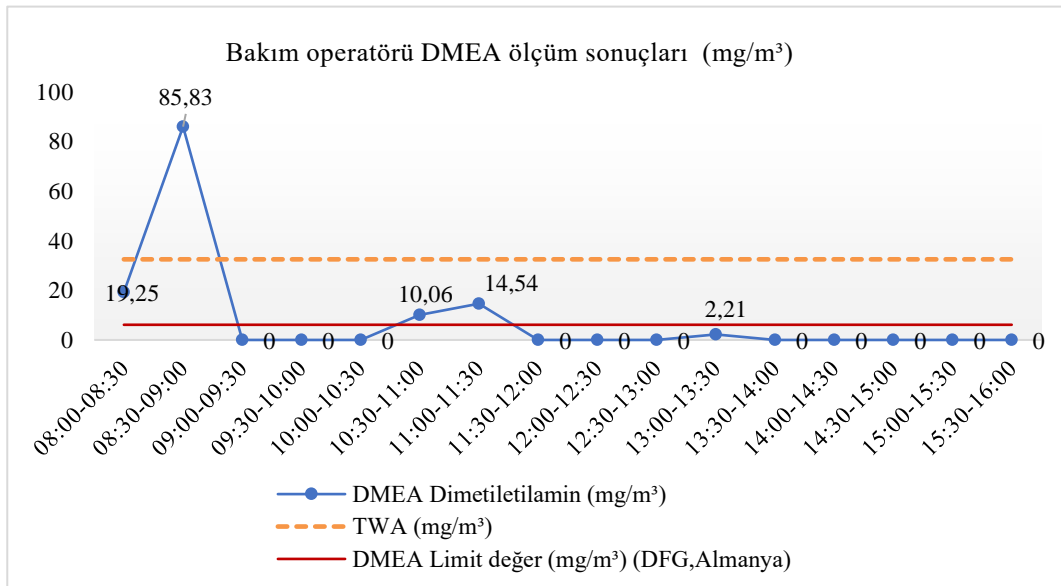
Tesisin maça makinalarında çalışan operatörlerde kişisel ölçüm metodu ile yapılan ölçümlerde elde edilen TWA değerleri özet olarak Tablo 20’de verilmiştir.

Tablo 20 Maça makina operatörleri DMEA ölçüm TWA değerleri

Ölçüm Noktası	Ölçülen madde	TWA 8 saat (mg/m ³)
1 Nolu Maça Makinesi operatöründe ölçüm sonucu	DMEA	0.00
2 Nolu Maça Makinesi operatöründe ölçüm sonucu	DMEA	3.29
3 Nolu Maça Makinesi operatöründe ölçüm sonucu	DMEA	5.36
4 Nolu Maça Makinesi operatöründe ölçüm sonucu	DMEA	0.00
5 Nolu Maça Makinesi operatöründe ölçüm sonucu	DMEA	2.57
6 Nolu Maça Makinesi operatöründe ölçüm sonucu	DMEA	2.16
7 Nolu Maça Makinesi operatöründe ölçüm sonucu	DMEA	2.38

4.5. Bakım Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları

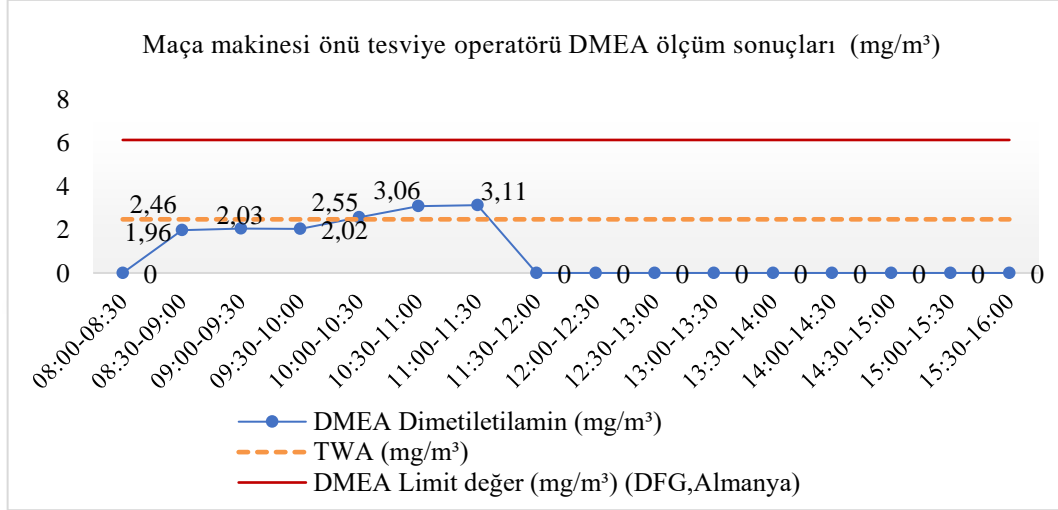
Maça makinaları bakım onarım işlerini yürüten bakım operatöründe yapılan kişisel DMEA ölçüm sonuçları aşağıdaki grafikte verilmiştir. Buna göre bakım operatörü vardiya başında maça makinasının DMEA dozaj sisteminde meydana gelen bir arızayı gidermek için çalışırken sırasıyla 08:00 da ki ölçümde 19.25 mg/m³ ve saat 08:30 da ki ölçümde ise 85.83 mg/m³ DMEA gazına maruz kalmıştır. Bakım operatörünün daha sonra 10:30 ve 11:00 ölçümlerinde de 10.06 ve 14.54 mg/m³ DMEA ya maruz kaldığı tespit edilmiş bu sonuçlardan sonra operatör için TWA değeri 32.44 mg/m³ çıkmıştır. (Şekil 58)



Şekil 58 : Bakım operatörü DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği

4.6. Maça Makinesi Tesviye Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları

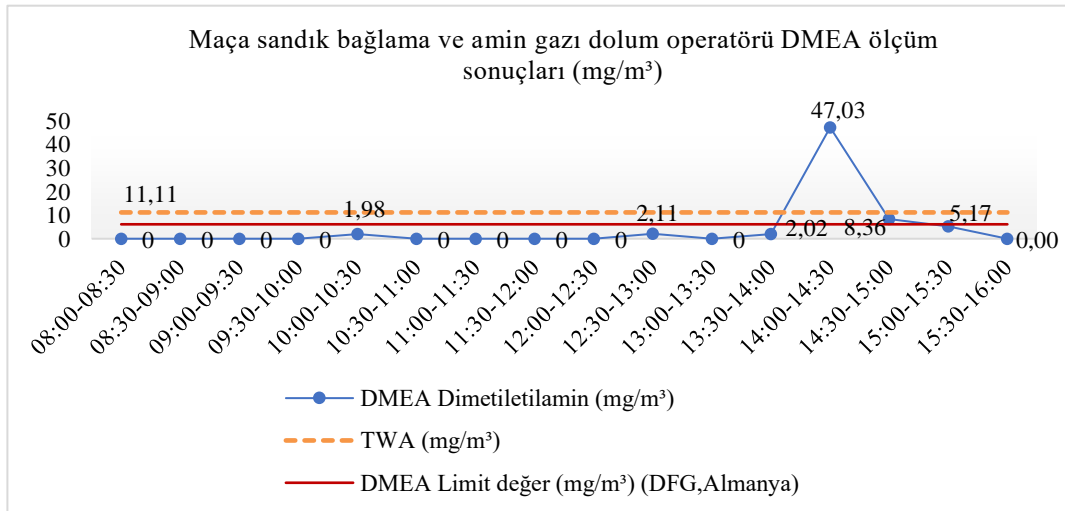
Maça makinaları önünde makinada üretilen maçanın istenmeyen çapaklarının alınması işlemini yapan tesviye operatörün DMEA ölçüm sonuçları aşağıdaki grafikte verilmiştir. Tesviye operatörü ortalama 2.46 mg/m³ DMEA gazına maruz kalmıştır. (Şekil 59)



Şekil 59: Maça makinası önü tesviye operatörü DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği

4.7. Maça Sandık Bağlama ve Amin Gazı Dolum Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları

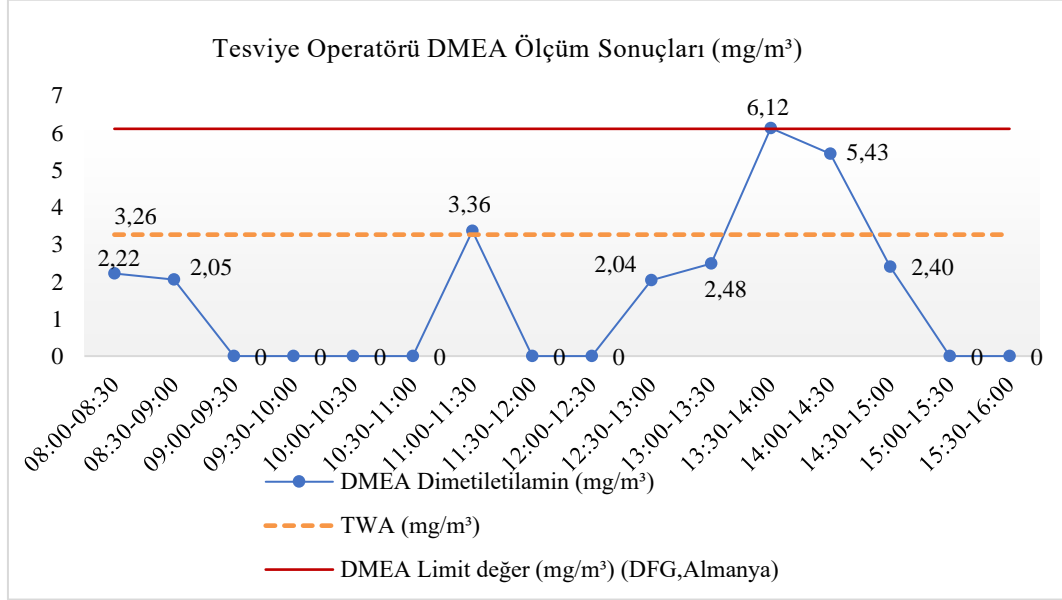
Maça makinaları sandık (maça modeli) hazırlama ve DMEA gazlarının sıvı kaplarının doldurulması işlerini yapan operatör için yapılan ölçümlerde genelde sıfır değeri elde edilmiş sadece saat 14:00'da yapılan ölçümlerde amin gazı dolumu esnasında 47.03 mg/m³ DMEA gazına maruz kaldığı tespit edilmiştir. (Şekil 60)



Şekil 60:Amin dolum operatörü DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği

4.8. Tesviye Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları

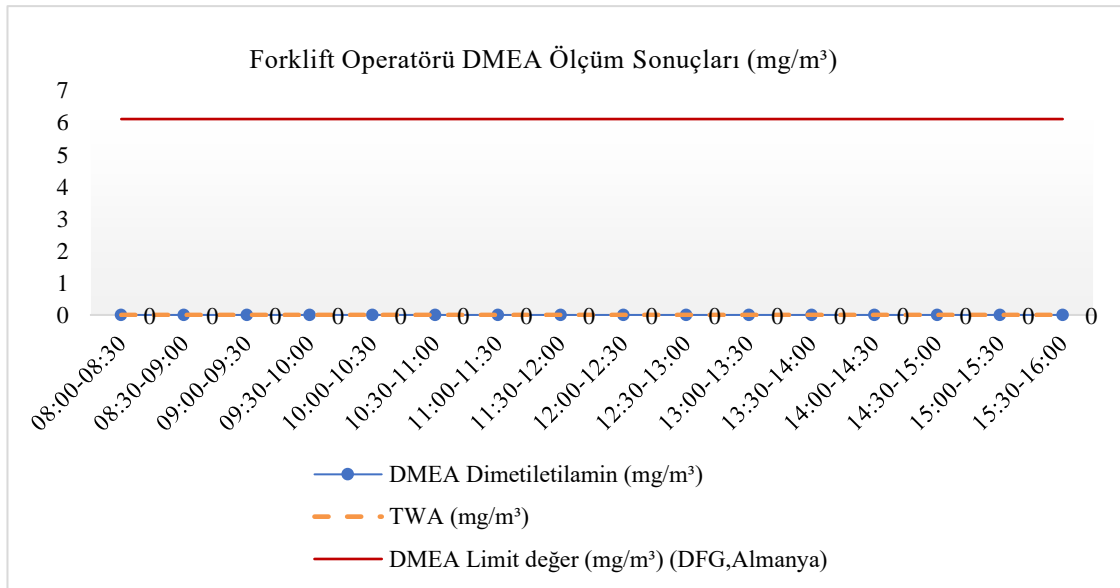
Tesviye operatörü olarak çalışan işçide yapılan DMEA ölçümlerinde grafikte gösterilen (Şekil 61) değerler elde edilmiştir. Özellikle 13:30 ve 14:00'da yapılan ölçümlerde 6.12 mg/m^3 ve 5.43 mg/m^3 değerleri elde edilmiştir.



Şekil 61 Tesviye operatörü DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği

4.9. Forklift Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları

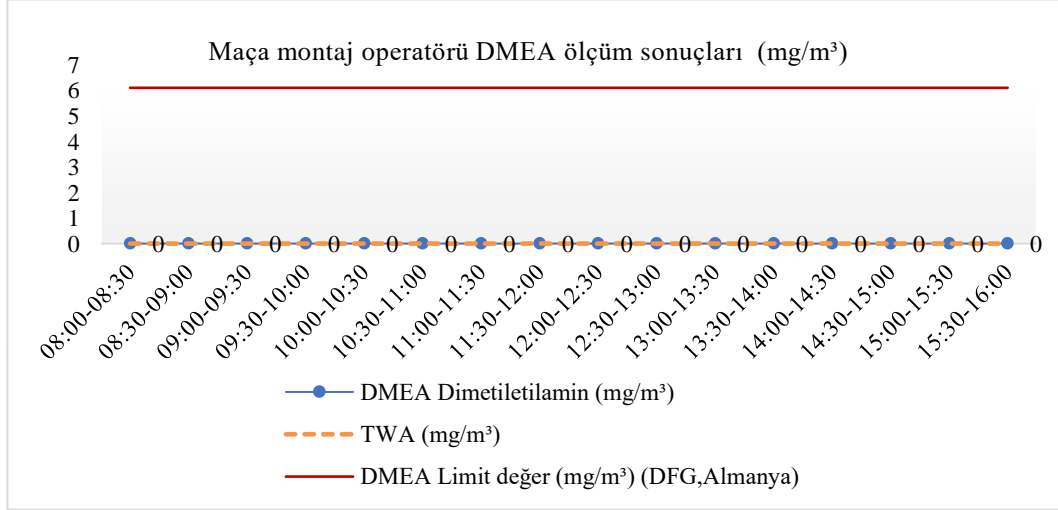
Maça üretim tesisinde maçaların transportu için çalışan forklift operatöründe yapılan DMEA ölçümlerinde sonuç sıfır çıkmıştır. (Şekil 62)



Şekil 62: Forklift operatörü DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği

4.10. Maça Montaj Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları

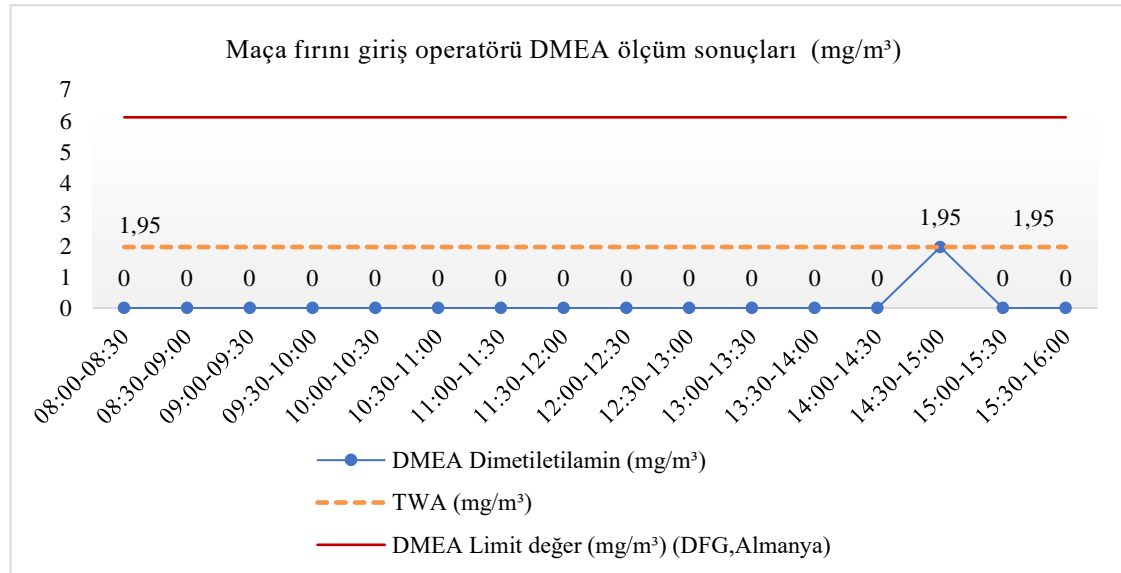
Maça üretim tesisinde maçaların birbirine monte edildiği alanda çalışan montaj operatöründe yapılan DMEA ölçümünde sonuç sıfır çıkmıştır. (Şekil 63)



Şekil 63: Maça montaj operatörü DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği

4.11. Maça Fırını Giriş Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları

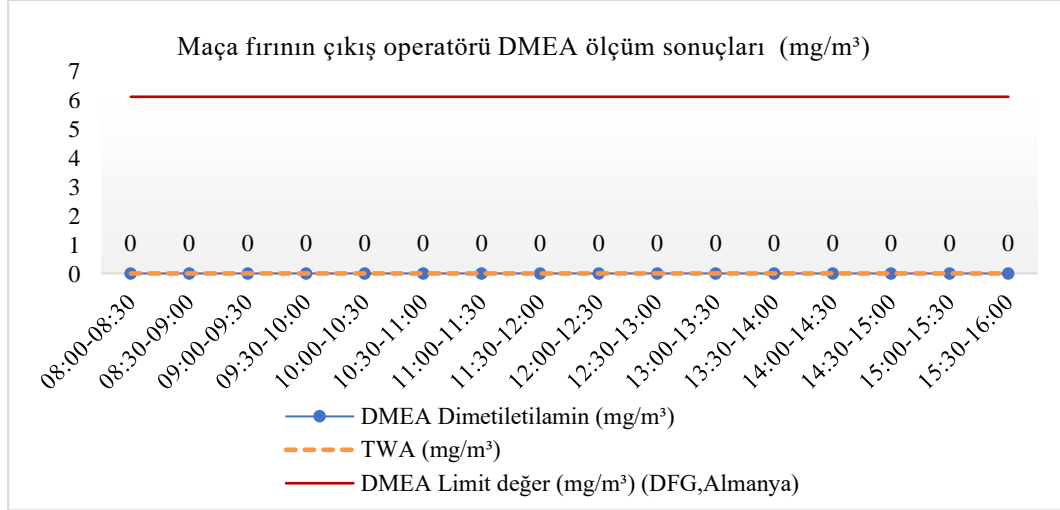
Maça kurutma fırını girişinde fırına maça koyan operatörde yapılan DMEA ölçümünde saat 14:30 da yapılan ölçümde 1.95 mg/m³ sonucu elde edilmiştir. (Şekil 64)



Şekil 64: Maça fırını giriş operatörü DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği

4.12. Maça Fırının Çıkış Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçları

Maça kurutma fırını çıkışında çalışan operatörde yapılan DMEA ölçümünde sonuç sıfır çıkmıştır. (Şekil 65)



Şekil 65: Maça fırını çıkış operatörü DMEA ölçüm sonuçları ve TWA grafiği

4.13. Maça Üretim Tesisinde Yapılan Diğer VOC ve Toz Ölçüm Sonuçları

Maça üretim tesisinde DMEA'nin ölçümü dışında toz, VOC ölçümleride yapılmış olup elde edilen TWA değerleri Tablo 21 ve Tablo 22'de verilmiştir. Maça üretim tesisinde üretim sırasında ortama yayılan toz ortam ve kişisel olarak ölçülmüş olup elde edilen sonuçlar aşağıda ki gibidir. Bu sonuçlar herhangi bir çalışma ile kıyaslanmayacak olup bilgi amaçlı verilmiştir.

Tesiste yapılan ortam toz ölçümlerinde en yüksek değer TWA 5.51 mg/m³, en küçük değer ise 0.39 mg/m³ olarak ölçülmüştür. Kişisel ölçümlerde ise en büyük değer 2.83 mg/m³, en en küçük değer ise 0.33 mg/m³ olarak ölçülmüştür. Kişisel VOC ölçümü yapılan 3 çalışanda sadece benzen tespit edilmiş olup en büyük değer 1 mg/m³ olarak ölçülmüştür. Benzen için ülkemizin yasal sınırı 3.25 mg/m³'tür.

Tablo 21: Ortam toz ölçüm sonuçları

Parametre	Bölüm	Ölçüm Noktası	Sınır Değer TWA (mg/m ³)		Ölçülen Değer TWA (mg/m ³)
			Çal.Kim.Mad. Kor.Hk. Yönetmelik	OSHA	
Toplam Toz	Maça	Montaj hattı	15	5	3.36
Toplam Toz	Maça	40 Lt Maça Makinası-1	15	5	2.84
Toplam Toz	Maça	100 Lt Maça Makinası-1	15	5	5.51
Toplam Toz	Maça	150 Lt Maça Makinası-1	15	5	0.51
Toplam Toz	Maça	40 Lt Maça Makinası-2	15	5	1.67
Toplam Toz	Maça	40 Lt Maça Makinası-3	15	5	0.39

Tablo 22: Kişisel toz ölçüm sonuçları

Parametre	Bölüm	Operatör	OSHA Limit TWA (mg/m ³)	Ölçülen değer TWA mg/m ³
Kişisel Toz	Maça	Maça Mak. Operatörü-1	5	2.83
Kişisel Toz	Maça	Maça Mak. Operatörü-2	5	2.03
Kişisel Toz	Maça	Forklift Operatörü	5	0.33
Kişisel Toz	Maça	Maça Mak. Operatörü-3	5	0.47
Kişisel Toz	Maça	Maça Mak. Operatörü-4	5	2.56
Kişisel Toz	Maça	Maça Tesviye Bandı Operatörü	5	1.49

5. TARTIŞMA

Dökümhaneler mevzuatımızda çok tehlikeli iş kolunda yer almaktadır. Bu alanda yer almasının en önemli sebeplerinden birisi döküm parça imal edebilmek için bir çok kimyasal madde kullanılmasıdır. Dökümhanelerde kullanılan kimyasalların tehlikeli etkileri ile ilgili literatürde çeşitli çalışmalar yapılmış ve sonuçları aşağıda ki gibi verilmiştir.

Bu tez çalışmasında vardiya boyunca 30 dakikada bir kez ölçümü yapılan DMEA gazı için mevzuatımızda yayınlanmış herhangi bir limit değer bulunmamaktadır. Bu yüzden Dünya’da çeşitli ülkelerin yayınladığı (Tablo 23) üst limitlere göre kıyaslama yapılacaktır. Ayrıca ölçümlerden elde edilen verilerde literatürde DMEA gazı ile ilgili yapılmış bilimsel çalışmaların sonuçları ile de kıyaslanmaya çalışılacaktır.

Tablo 23: DMEA gazı için ülkelerin limit değerleri (IFA Gestis, 2019)

Ülke	Sınır değer - Sekiz saat		Sınır değer - Kısa vadeli	
	ppm	mg/m ³	ppm	mg/m ³
Avustralya	10	30	15	45
Danimarka	5	15	10	30
Finlandiya	5	15	10	30
Fransa	5	15	25	75
Almanya (DFG)	2	6.1	4	12.2
İrlanda	10	30	15	45
Yeni Zelanda	10	30	15	46
İspanya	25	75	50	150
İsveç	2	6	5	15
İsviçre	2	6.1	4	12.2
Birleşik Krallık	10	30	15	46

5.1.DMEA Ölçüm Sonuçlarının Ülkelerin Sınır Değerleri İle Karşılaştırılması

Maça üretim tesisinde çalışan 15 işçinin solunum bölgesinde yapılan DMEA ölçümleri ayrı ayrı başlıklar halinde sonuçları tartışılmıştır.

Maça Makina Operatörlerinin DMEA Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması:

Maça makinası operatörlerinde yapılan 8 saatlik DMEA ölçümünde TWA değerinin 0 (sıfır) ile 5.36 mg/m³ arasında amin gazına maruz kalındığı tespit edilmiş ve bu değerlerin Tablo 23’de verilen tüm ülkelerin sınır değerlerinin altında kaldığı görülmektedir. Makina operatörlerinde yapılan ölçümlerde grafiklerden de anlaşılacağı gibi farklılıklar

görülmektedir. Bu farklılıkların sebebi aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

1 Nolu Maça Makinası DMEA Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması: 1 Nolu maça makinasında 8 saat boyunca yapılan DMEA ölçümünde operatörün hiç DMEA'ya maruz kalmadığı tespit edilmiştir. Bunun iki sebebi vardır. Birincisi; makinanın atık amin gazı emiş sistemi diğer makinalardan bir miktar yapısal farklılıklar (emiş boru çapı, klepe sistemi ve emiş noktaları gibi) içermektedir. Bu yüzden sandık tahliye deliklerinden makina içine yayılan amin gazı buharları atık amin gazı borusu emiş noktalarından dağılmadan yakalanmakta ve nötralizasyon sistemine alınmaktadır. Bir diğer etken ise makinanın kum alma kapasitesi ile ilgilidir. 1 nolu maça makinası 200 kg kum alma kapasitelidir. Makinanın kum alma kapasitesi 200 kg olmasına karşın ölçümlerin yapıldığı gün bu makinada üretilen maça sandığı içindeki kum ağırlığı (yani üretilen maça ağırlığı) 36.5 kg idi. Dolayısıyla 36.5 kg'lık maçayı sertleştirmek için daha az DMEA kullanıldı ve operatör DMEA'ya maruz kalmadan vardiyasını tamamlamış oldu.

2 Nolu Maça Makinası DMEA Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması: 2 Nolu maça makinasında yapılan ölçümde saat 13:30'dan sonra yapılan üretimlerde vardiya sonuna kadar artan bir DMEA maruziyeti olduğu görülmektedir. Saat 08:00'dan 13:30 ' a kadar herhangi bir ölçüm değeri alınamaması ve saat 13:30'dan sonra artış olmasının sebebi üretilen ürünün (maçanın) yapısal özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Artışın olduğu saatlerde üretilen aks dingili maçası boğaz kısımlarında çok ince kesitli geçişler olduğu için bu kısımların sertleştirilmesi daha fazla DMEA enjekte etmekle mümkün olmaktadır. Daha fazla DMEA'da makina içinde ve operatörün çalışma sahasında ortalama 3.29 mg/m³ TWA maruziyete sebep olmuştur

3 Nolu Maça Makinası DMEA Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması: 3 Nolu maça makinasında yapılan ölçümde TWA 5.36 mg/m³ sonucu elde edilmiştir. Ancak vardiya süresince maruziyetin üç kez pik yaptığı tespit edilmiştir. Ölçümün pik noktalarındaki saatler ve bu saatlerde operatörün yaptığı iş incelendiğinde operatörün setup sırasında amin sistemi kontrolü ve kalıp değişim işlemi yaptığı tespit edilmiştir. Bu temaslar sırasında gerek amin sisteminden gerekse makina içine yoğunlaşmış amin buharlarından DMEA'ya maruz kaldığı düşünülmektedir.

4 Nolu Maça Makinası DMEA Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması: 4 Nolu maça makinasında yapılan ölçümde herhangi bir maruziyet ölçülmemiştir. Üretilen maça ağırlığı ve makina kapasitesi uyumludur. Makina atık gaz emiş sisteminin de normal olarak görevini yaptığı tespit edilmiştir.

5 ve 6 Nolu Maça Makinası DMEA Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması: 5 Nolu maça makinasında yapılan ölçümde TWA 2.57 mg/m³, 6 Nolu maça makinasında yapılan ölçümde ise 2.16 mg/m³ DMEA ölçülmüştür. Öğle yemeği molası haricinde hemen hemen her saat diliminde amin gazı maruziyet söz konusudur. Makinaların kapasitesi ile kalıplar uyumludur ancak her iki makinada 90'lı yıllarda kurulmuş makinalar olduğu için diğer makinalara göre amin gazı verme ve atık amin toplama sisteminde yapısal eksiklikler olduğu görülmüştür. Bu yüzden üretim sırasında ortalama 2-3 mg/m³ gibi DMEA maruziyetinin kaçınılmaz olduğu düşünülmektedir.

7 Nolu Maça Makinası DMEA Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması: 7 Nolu maça makinasında yapılan ölçümde TWA 2.38 mg/m³ olarak ölçülmüştür. 7 nolu maça makinesi 250 kg kum kapasitesine sahip olup ölçümler sırasında bu makinada 14 kg'lık bir yassı maça ve 6 kg'lık ince motor yağ kanalı maçası üretilmiştir. Kalıp içerisinde maça figürlerinin yerleşim yüzey alanı geniş olduğu için ağırlıklarına göre kullanılan DMEA ortalamanın yaklaşık 2 katına çıkmak zorunda kalmıştır. Bu sebeple ortama daha fazla DMEA yayılmıştır.

Maça makinası operatörleri dışında maça tesisinde çalışan diğer işçilerin 8 saatlik DMEA ölçümlerinde ise 0 (sıfır) ile 85.83 mg/m³ arasında değişen değerler ölçülmüştür. Sekiz işçinin DMEA maruziyetleri aşağıda ayrı ayrı başlıklar halinde verilerek tartışılmıştır.

Bakım Operatörü DMEA Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması : Bakım operatörü Şekil 56'da görüldüğü gibi saat 08:00 ile 08:30 arasında 19.25 mg/m³ DMEA gazına, saat 08:30 ile 09:00 arasında ise 85.83 mg/m³ DMEA gazına maruz kalmıştır. Bu durumda Maça bakım çalışanı Tablo 23'de IFA (Institute for Occupational Safety and Health of the German Social Accident Insurance) tarafından verilen kısa vadeli maruziyet sınır değerlerinden ilk ölçümde elde edilen 19,25 mg/m³ değerinin, Almanya 12.2 mg/m³, İsveç 15 mg/m³ ve İsviçre 12.2 mg/m³ değerlerini aştığı görülmektedir. İkinci ölçüm sonucu olan 85.83 mg/m³'ün ise sadece İspanya'nın kısa vadeli sınır değerinin (150 mg/m³) altında kaldığı, diğer tüm ülke limit değerlerinin üzerinde olduğu görülmektedir.

Bakım operatöründe yapılan ölçümde TWA 32.44 mg/m³ olarak ölçülmüştür. Ancak vardiya başında saat 08:30 ile 09:00 arasında 85.83 mg/m³ DMEA gazına maruz kalmıştır. Bu maruziyetin bakım operatörünün makinanın amin gazı pompalama sistemindeki arızaya yakın temas ile müdahale etmek zorunda kalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Amin verme pompasında yaşanan arızadan sonra pompanın tekrar kalibre edilmesi için behere bir miktar sıvı amin pompalatılmıştır. Bu pompalama işlemi sırasında da yüksek miktarda DMEA buharı ortama yayılmıştır.

Maça Makinası Önü Tesviye Operatörünün DMEA Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması: Maça makinasından çıkan maçaların ayırım yüzeyi çapak temizliği işini yapan tesviye operatörünün 8 saatlik DMEA ölçüm değeri 2.46 mg/m³ çıkmıştır. Operatörün ölçümlerinde de herhangi bir yüksek pik değeri ile karşılaşmamıştır. Ölçümlerin şekil 57’de görüldüğü gibi Almanya limit değerinin altında kaldığı anlaşılmaktadır. Vardiyanın yarısından sonra gerçekleşen ölçüm sonucu incelediğimizde ise; maça makinesinin ürettiği maçaların çapak temizliğinin yapan operatör yarım vardiya boyunca 2.46 mg/m³ DMEA’ya maruz kalmış öğle molasından sonra ise makina kapatılarak operatör başka bir alanda çalışmaya gönderilmiş ve gönderildiği alanda da herhangi bir DMEA maruziyetine rastlanmamıştır

Amin Gazı Dolum Operatörünün DMEA Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması: Maça makinalarına kalıp (maça sandığı) hazırlama, kalıbın makinaya montajı ve amin gazı kaplarının doldurularak makinaya getirilmesi işlerini yapan amin gazı dolum operatörünün alınan DMEA ölçümlerinde (Şekil 58) saat 14:00’ a kadar olan sonuçlarında 2 mg/m³’ün üzerinde bir değere rastlanmamış ancak saat 14:00’da ki ölçümde 47.03 mg/m³ DMEA gazına maruziyetin söz konusu olduğu görülmüştür. Operatör bu ölçüm sonucuna göre sadece İspanya ve Fransan sınır değerlerini karşıladığı, diğer Ülkelerin sınır değerlerini aştığı anlaşılmaktadır. Operatörün TWA ölçüm değeri ise 11.11 mg/m³ olarak hesaplanmış ve Almanya, İsveç ve İsviçre sınır değerlerinin üzerinde olduğu görülmektedir. Ölçüm sonuçlarındaki pik değerlerini incelediğimizde ise şu sonuçlar karşımıza çıkmaktadır. Makinelerin kullandığı DMEA gazı sıvı şekilde 10 kg’lık kaplarda makina gaz jeneratörlerine monte edilmekte, bitince de dolumu yapıp tekrar kullanılmaktadır. Amin gazı dolum operatörünün 47.03 mg/m³ gaza maruz kaldığı zaman zarfında dolum istasyonunda kaplara sıvı amin doldurduğu için maruz kaldığı düşünülmektedir.

Tesviye Operatörünün DMEA Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması: Tesviye Operatörünün yapılan DMEA ölçümlerinde kısa vadeli sınır değerlerinde herhangi bir limit aşımı olmadığı sadece saat 14:00'daki ölçümünde Almanya DFG sınır değerini aştığı görülmektedir. Operatörün TWA değeri 3.26 mg/m^3 olup sınır değerleri karşıladığı görülmektedir. Tesviye operatöründe yapılan DMEA ölçümünde değişken değerlerin nedeninin incelediğimizde; Operatörün maruziyeti değişken değerler göstermesinin sebebi makinalardan yayılan DMEA buharının tesviye işleminin yapıldığı alanda etki göstermesi olduğu düşünülmektedir.

Forklift Operatörünün DMEA Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması: Forklift operatörü olarak çalışan işçinin üzerinde yapılan DMEA ölçümlerinde herhangi bir DMEA maruziyeti ile karşılaşılmasıdır. Bunun sebebi operatörün çalışma sahasının makinalardan uzak olmasıdır.

Maça Montaj Operatörünün DMEA Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması: Maça montaj operatörü olarak çalışan işçinin üzerinde yapılan DMEA ölçümlerinde herhangi bir DMEA maruziyeti ile karşılaşılmasıdır. Maçaların birbirine montaj işlemi makinalardan bağımsız ve kapalı bir alanda yapıldığı için herhangi bir DMEA maruziyeti söz konusu olmamıştır.

Maça Fırın Girişi Operatörünün DMEA Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması: Maça kurutma fırını girişi operatörü olarak çalışan işçinin üzerinde yapılan DMEA ölçümlerinde saat 14:30-15:00 arasında yapılan ölçümde 1.95 mg/m^3 DMEA maruziyeti sonucu elde edilmiştir. Bu değer tüm Ülkelerin sınır değerlerini karşıladığı görülmektedir.

Maça Fırın Çıkışı Operatörünün DMEA Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması: Maça kurutma fırınında çıkış operatörü olarak çalışan işçinin üzerinde yapılan DMEA ölçümlerinde herhangi bir DMEA maruziyetine rastlanmamıştır.

Fırın giriş ve çıkışta çalışan operatörlerde tıpkı montaj operatöründe olduğu gibi DMEA kaynağına uzak oldukları için herhangi bir DMEA maruziyeti yaşamamışlardır.

5.2.DMEA Ölçüm Sonuçlarının Literatürde ki Çalışmalar ile Karşılaştırılması

DMEA ölçümü ile ilgili çalışmalardan Koçhisar'ın 2010 yılında yaptığı, bir dökümhanenin endüstriyel iş hijyeni ölçümleri kapsamında maça makinalarının ortalama zaman ağırlıklı DMEA maruziyeti ölçülmesi olmuştur. Buna göre Koçhisar beş ayrı maça makinasında DMEA ölçümü yapmış ve 8.7 ppm (26 mg/m³) ile 11.8 ppm (35 mg/m³) arasında değişen sonuçları elde etmiştir. Teze konu olan dökümhanenin maça makinaları operatörlerinde yapılan DMEA ölçümlerinde en yüksek TWA değeri 5.36 mg/m³ ölçülmüştür. Koçhisar'ın çalışmasındaki değerlerin 8 saatlik limitleri ülkelerin tanımlanmış limitleri ile kıyaslandığında Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, İsveç ve İsviçre üst limitlerini aştığı görülmektedir.

DMEA gazının kullanımı ve yarattığı tehlikeler ile ilgili Dünya'da yapılan bazı çalışmalar Tablo 24'de toplanmıştır. Çalışmalar ile ilgili açıklamalar sırasıyla verilmiştir.

Tablo 24: DMEA gazı kullanımı ve tehlikeleri ile ilgili yapılmış çalışmalar

Sıra	Yazar(lar)	Konu	Çalışmanın yayım yılı
1	Zhang ve arkadaşları	Dökümhane havasındaki zararlı kimyasalların tespiti	2010
2	Jae-Kil Jang	Aminlerin kıyaslanması	2015
3	Schmitter	Maça üretim işçilerinin görme bozuklukları	1977
4	Ballantyne	DMEA'nın etki değerlerinin tespiti	2004
5	Warren & Selchan	42 Dökümhanede DMEA'ya maruz kalan işçilerle anket yapılması	1988
6	Stlhlbom ve arkadaşları	Gönüllüler üzerinde maruz kalma deneyleri	1994
7	NIOSH	Dökümhanelerde ölçümler yapılması	1980
8	Lundh ve arkadaşları	Dört farklı dökümhanede DMEA maruziyeti incelenmesi	1991
9	Andres Bomen ve arkadaşları	DMEA maruziyetini nitrojene duyarlı bir detektör kullanılarak gaz kromatografisiyle analiz edilmesi	1997

2010 yılında Çin'de Zhang ve arkadaşları tarafından yayınlanan bir çalışmada 1978'den 2008'e kadar dökümhanede havadaki toz, kimyasal iş tehlikeleri ve fiziksel meslek etmenleri verileri dinamik olarak toplanmıştır. Mesleki tehlikelerin ortalama

yoğunluğu farklı yıllarda hesaplanmıştır. Buna göre; maça yapımında ve kum hazırlanmasında, bağlayıcı madde emisyon salımı, amonyak 5.84 mg/m³, formaldehit 0.60 mg/m³, fenol 1.73 mg/m³ ve fenol formaldehit reçinesi 1.30 mg/m³ olarak tespit etmişlerdir. Zhang ve arkadaşları incelenen dökümhanelerdeki mesleki hijyen limitlerinin aşıldığını tespit etmişlerdir (Zhang ve ark., 2010). Tez çalışmasında ölçümler yapılan dökümhanede kullanılan reçinelerden ortama yayılım olup olmadığı tespit edilmeye çalışılmış ve sadece "Benzen" tespit edilmiş olup en büyük değer 1 mg/m³ olarak ölçülmüştür. Benzen için ülkemizin yasal sınırı 3.25 mg/m³'tür.

2015 yılında Jae-Kil Jang tarafından yayınlanan makalede amin türevleri ile ilgili yapılan çalışmalar derlenmiştir. N, N-dimetiletamin (DMEA) üçüncül bir amindir. Diğer amin türlerine göre en yüksek erime noktasına MP (Melting Point) sahiptir (-140 °C) (Tablo 25) (Jang, 2015). Tez çalışmasının yapıldığı dökümhanede DMEA gazı ile maça üretimi yapmaktadır.

Tablo 25: Amin ve türevlerinin özellikleri (Jang, 2015)

Kimyasal adı	Kısa adı	Kimyasal grup	Formül	MW Molekül ağırlığı	MP (Erime noktası) (°C)	BP Kaynama noktası (°C)	VP mmHg Buhar basıncı
Dimethylamine	DMA	secondary amine	(CH ₃) ₂ NH	45,1	-92,2	6,8	1,52
N,N-Dimethylethylamine	DMEA	tertiary amine	(CH₃)₃CH₂N	73,1	-140	36,5	418
Triethylamine	TEA	tertiary amine	(CH ₃ CH ₂) ₃ N	101,2	-114,7	89,3	57,1
Triethylenediamine	TEDA	tertiary diamine	(CH ₂) ₆ N ₂	112,2	158	174	0,742
Bis[2dimethylaminoethyl]ether	DMAEE	tertiary diamine	O[(CH ₃) ₂ (CH ₂) ₂ N] ₂	160,3	NA	189	0,748
N,N,N',N'-Tetramethyl-1,6-hexandianine	TMHDA	tertiary diamine	[(CH ₃) ₂ (CH ₂) ₃] ₂ N ₂	172,3	-46	209,5	0,202
N,N-Dimethylaminoethanolamine	DMAEA	Alkanol amine	HO(CH ₃) ₂ (CH ₂) ₂ N	89,1	-70	135	100

Jang 2005'de yaptığı aynı çalışmada Schmitter, Warren, Selchan, Stihlbom ve arkadaşlarının bulgularına yer vermiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Schmitter, 1977'de bir Alman dökümhanesinde sanayi işçilerinin göz üzerindeki etkilerini incelemiştir. Soğuk kutu ve kabuk maça imalat yönteminde çalışan işçilerin puslu (mavi-gri) görüşünü araştırmış DMEA gazını bir katalizör ve görsel rahatsızlıklara

neden olan bir kimyasal olarak tartışmıştır (Jang, 2015).

Ballantyne tarafından yazılan ‘‘Perspectives in Basic and Applied Toxicology’’ kitabında DMEA’in Peroral LD₅₀ akut toksisitesinin 1.75 ml/kg olduğu belirtilmiştir (Ballantyne, 2004).

Tablo 26: DMEA Akut toksisite ölçüm sonuçları (Ballantyne, 2004)

Test	Madde	Sıçan cinsiyet	Sonuç
Peroral (Ağız yolu ile) LD ₅₀	DMEA	Erkek	1.75 (1.15-2.03) ml/kg
Deriye nüfuz LD ₅₀ 24 hour	DMEA	Erkek	1.87 (1.26-2.76) ml/kg
Cilt tahrişi	DMEA	Dişi	Şiddetli ödem
Göz tahrişi	DMEA	Dişi	Konjiktivit

NIOSH, 1980’li yıllarda glokopi (gözle ilgili mesleki bir tehlike) vakalarının bildirildiği birkaç fabrikayı araştırmış ancak bazı dökümhanelerde amin tespit edememiştir (Jang, 2015).

Warren ve Selchan 1988’de 42 dökümhanede TEA ile DMEA’ya maruz kalan işçiler üzerinde bir anket çalışması gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada görsel rahatsızlıklar ortaya çıkarılmış ve mevcut önlemlerin maruziyeti önlenemeyeceği belirtilmiştir (Jang, 2015).

Stlhlbom ve arkadaşları gönüllüleri kullanarak kişisel maruz kalma deneyleri gerçekleştirmiş ve glokopsinin düşük konsantrasyonlarda nispeten uzun bir maruziyet süresi boyunca ortaya çıkabileceğini, yüksek seviyelere kısa süreli maruz kalmanın göz tahrişine yol açabileceğini bulmuştur (Jang, 2015).

Yukarda yapılan çalışmaların özeti olarak; Trietilamin ve N, N-dimetileetilamin gibi çeşitli aminlerin epoksi, dökümhane ve poliüretan köpük endüstrilerinde çalışan işçilerde glokopsiye neden olduğu bildirilmiştir. 30 dakika ila birkaç saat boyunca amin buharlarına maruz kalma, görme bulanıklığına, nesnelere mavi-gri görünümüne ve ışıkların etrafında, muhtemelen tersine dönen ışık halkalarına yol açar. Görsel rahatsızlık, yerinde kazalara neden olabileceği, iş verimliliğini azaltabileceği ve eve geri dönmeye zorluklar yaratabileceği için bir problem olarak kabul edilir. Bazı aminler için mesleki maruziyet sınırları belirlenmiştir, ancak kriter eksikliği vardır. Atmosferdeki tehlikeli amin seviyelerini azaltmaya çalışırken, insan sağlık risklerini önlemek için endüstriyel

ortamlarda buhar basıncı gibi değişken faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekir (Jang, 2015).

Bu çalışmalara ilave olarak Lundh ve arkadaşları, Andres Bomen ve arkadaşları da çalışmalar yapıp yayınlamışlardır.

Lundh ve arkadaşları tarafından 1991 yılında yapılan bir çalışmada Dimetiletilaminin (DMEA) maruziyeti ve metabolizması, dört farklı dökümhanede zaman ağırlıklı ortalama (TWA) tam iş vardiyası DMEA'ya maruz kalma konsantrasyonu 3-7 mg/m³ olarak tespit etmişlerdir (Lundh ve ark., 1991). Tezde incelenen maça hanede yapılan DMEA ölçümlerinde ise 0 ile 5.36 mg/m³ arasında değişen DMEA gazı maruziyeti tespit edilmiştir.

Lundh ve arkadaşlarının yaptığı bir diğer çalışmada ise DMEA maruziyetini nitrojene duyarlı bir detektör kullanılarak gaz kromatografisiyle analiz etmişlerdir. DMEA'nın cilt yoluyla alınması, hava yolları yoluyla eşzamanlı alımdan çok daha az önemli olduğunu tespit etmişlerdir (Lundh ve ark., 1997).

Ocak 1986'da NIOSH müfettişleri, işçilerin soğuk kutu işleminde maça yapımında kullanılan kimyasallara maruz kalma durumlarını değerlendirmek için dökümhanede çevresel araştırmalar gerçekleştirmiştir. Üretim sürecinde DMEA ve diğer kimyasallara maruz kalma durumlarını karakterize etmek için tam vardiyalı ve 15 dakikalık hava örnekleri çalışma alanında ve çalışanların solunum bölgelerinden toplanmıştır. 56 tam vardiyalı çalışanın solunum bölgesi örneğinden alınan DMEA konsantrasyonları, 1.6 ile 24 mg/m³ (0.5 ile 8.0 ppm) arasında olduğunu tespit etmişlerdir. 31 çalışanın 15 dakikalık solunum bölgesi örneği, saptanamayan miktarlardan 29 mg/m³'e (9.7 ppm) kadar değişen DMEA konsantrasyonları göstermiştir. 3 çalışanın örneği, 2.4 ila 3.5 mg/m³ (0.8 ile 1.2 ppm) arasında değişen DMEA konsantrasyonlarını göstermiştir. DMEA maruziyeti ölçülen işçilerin aynı zamanda görme ile ilgili şikayetleri de sorgulanmış ve aşığıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Akut ışık halkaları görme atakları yaşayan üç maça makine operatörünün maruziyetleri; Operatör 1 için 8 saatlik ölçüm sonucu 10 mg/m³ (3 ppm) ve 15 dakikalık ölçümü 29 mg/m³ (9.7 ppm), operatör 2 için 8 saatlik ölçüm sonucu 6 mg/m³ (3 ppm) ve 15 dakikalık ölçümü 25 mg/m³ (9.7 ppm), operatör 3 için 8 saatlik ölçüm sonucu 6 mg/m³ olarak tespit etmişlerdir. Maça makinesi numunenin toplanması sırasında gaz sızdırdığını ve her üç maça makine operatöründe kimyasal sıçrama gözlüğü taktığını tespit etmişlerdir. Müfettişler, görme bozukluklarını, maça kalıp (sandık)

contalarındaki sızıntılardan kaynaklanan kısa süreli maruziyetlere bağlamışlardır (NIOSH Alert, 1987).

Tezde deneysel çalışma yapılan dökümhanenin maça üretim operatörlerinde yapılan DMEA gazı 8 saatlik ölçümleri ise sırasıyla 1 nolu maça makinesi operatöründe 0 mg/m³, 2 nolu maça makinesi operatöründe 3.29 mg/m³, 3 nolu maça makinesi operatöründe 5.36 mg/m³, 4 nolu maça makinesi operatöründe 0 mg/m³, 5 nolu maça makinesi operatöründe 2.57 mg/m³, 6 nolu maça makinesi operatöründe 2.16 mg/m³, 7 nolu maça makinesi operatöründe 2.38 mg/m³ olarak ölçülmüş ve 1986 yılında NIOSH müfettişlerince yapılan tespitlerinden daha düşük DMEA maruziyetleri tespit edilmiştir.

Cherry ve arkadaşları 2002’de yaptıkları bir araştırmada 10 dökümhanede ölçümler yapmış araştırmalarına katılan 10 dökümhanenin maça üretim alanlarında NIOSH 2010’ a göre limit aşımı olmadığını bildirmişlerdir (Chery ve ark., 2002).

Kısa tarafından 2014 yapılan bir çalışmada döküm fabrikasında aromatik hidro karbon ölçümleri (benzen), ağır metal ölçümleri (demir), gravimetrik toz numunesi , anlık gaz (Karbonmonoksit), aydınlatma, gürültü ve titreşim ölçümleri yapılmıştır. Ölçümlerde maça üretimi sırasında TWA 0.89 mg/m³ benzen, 2.71 mg/m³ toz ölçülmüştür (Kısa 2014).

Tez çalışmasında incelenen dökümhanenin maça tesisinde yapılan toz ve VOC ölçümlerinde şu değerler ölçülmüştür. Toz ortam ölçümünde; en düşük 0.39 mg/m³, en çok 5.51 mg/m³, kişisel ölçümlerde ise en düşük 0.33 mg/m³, en çok 2.83 mg/m³ toz maruziyeti ölçülmüştür. VOC olarak sadece benzen tespit edilmiş olup kişisel benzen maruziyeti 1 mg/m³ olarak tespit edilmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Döküm sektöründe özellikle maça üretim çalışanların maruz kaldığı risklerin tespit edilip gerekli ölçümlerin yapıldığı bu çalışmada elde edilen sonuçlar, İş Sağlığı ve Güvenliğinde yer alan Türk mevzuatları ve literatürde verilen Uluslararası değerlerle karşılaştırılarak, kaynak, ortam ve alıcıda alınacak tedbirler belirlenmeye çalışılmıştır.

Yarım saatte bir kez aktif karbon tüpü ile yapılan DMEA ölçüm sonuçlarına baktığımızda; 1 nolu maça makinasında yapılan 16 adet ölçümün tamamının sıfır (0) çıktığını görüyoruz. 2 nolu maça makinasında vardiya başında ciddi bir DMEA maruziyeti görülmezken vardiya sonlarına doğru alınan ölçümlerde sırasıyla 2.33, 3.92, ve 5.43 mg/m³ değerleri elde edilmiştir. 3 nolu maça makinasında Alman DFG DMEA limiti olan 6.1 mg/m³'ü dört kez aştığını görüyoruz. Bu makina operatöründe yapılan ölçümlerin dördünde sırasıyla 13.7, 6.3, 7.1 ve 8.4 mg/m³ DMEA değerleri tespit edilmiştir. 4 nolu maça makinasında herhangi bir DMEA maruziyeti görülmemiştir. 5 nolu maça makinasında makina çalıştığı sürece 2.57 mg/m³ DMEA ölçülmüştür. 6 nolu maça makinasında makina çalıştığı sürece 2.16 mg/m³ DMEA ölçülmüştür. 7 nolu maça makinasında makina çalıştığı sürece 2.38 mg/m³ DMEA ölçülmüştür. Bakım operatöründe yapılan ölçümlerde operatörün maça makinası amin gazı pompalama sistemine arıza sebebiyle müdahalesi sırasında 08:30-09:00 arasında yarım saat süreyle 85.83 mg/m³ DMEA gazına maruz kalmıştır. Maça makinesi tesviye operatörü DMEA ölçüm sonuçları makina çalıştığı süre içinde ortalama 2.46 mg/m³ olarak tespit edilmiştir. Sandık bağlama/Amin gazı dolum operatörü DMEA ölçüm sonuçlarına baktığımızda ortalama 11.11 mg/m³ değeri çıkmışken 14:00-14:30 saatleri arasında operatörün 47.03 mg/m³ değeri tespit edilmiştir. Maça makinesi tesviye operatörü ölçümlerinde ise bir kez Alman DFG limitinin (6.1 mg/m³) aşıldığı ve ortalama 3.26 mg/m³ DMEA maruziyeti tespit edilmiştir. Forklift kullanan operatör, maça montaj sahasına çalışan operatör ve maçaların kurutulduğu fırın çıkışında çalışan operatörlerin ölçümlerinde herhangi bir DMEA gazına rastlanmamıştır. Fırın giriş operatöründe ise sadece yarım saatlik bir sürede 1.95 mg/m³ değer elde edilmiştir.

Öncelikle ölçümlerde uluslararası kuruluşların yayınladığı DMEA limitlerinin aşıldığı noktalardan başlayarak kimyasal maddenin eliminasyon, yer değiştirme ve mühendislik önlemleri ve en son olarak kişisel koruyucu ekipman verilmesi önlemleri planlanmalıdır. Bu

noktalardaki tüm sonuçlar tesisin risk değerlendirme sisteminde değerlendirilerek bir girdi oluşturmalı ve iyileştirmeler için aksiyon planlanmalı ayrıca konular İş Sağlığı ve Güvenliği Kurul'unda görüşülmelidir. İlgili çalışanlara da çalıştıkları kimyasal maddelerin özellikleri, tehlikeleri ve korunma yöntemleri hakkında eğitimler verilmelidir.

Tehlikeli kimyasal madde çıkışını önlemek veya en aza indirmek üzere uygun proses ve mühendislik kontrol sistemleri seçmek ve uygun malzeme ve ekipman kullanmak işçilerin sağlık ve güvenliği yönünden oluşabilecek riskleri baştan önleyebilecektir. En uygun ve ekonomik yöntem olan riski kaynağında önlemek üzere uygun iş organizasyonu ve yeterli havalandırma sistemi kurulması gibi toplu koruma önlemleri uygulanmalıdır.

Prosesten kaynaklı riskler için ise maça makinaları ve gaz jeneratörlerinden kaynaklanan sızıntılar giderilmeli ayrıca makine ve teçhizattan kaynaklanan olumsuzlukların en aza indirgenebilmesi için periyodik bakım ve kalibrasyonun yapılması gereklidir.

Son olarak ölçümlerin yapıldığı dökümhanenin alınan sonuçlara göre iş sağlığı ve güvenliği yönünden iyi durumda olduğu söylenebilir. Kişisel toz maruziyeti de iyileştirildiği takdirde çalışanlar için uygun çalışma koşulları sağlanmış olacaktır.

DMEA için 30 dakikada bir ölçüm olarak yapılan tespitlerin ortamdaki diğer kirleticiler içinde yapılması prosesin hangi aşamasında kirleticinin ortama yayıldığı tespit açısından önemlidir. Ayrıca maça sertleştirmede kullanılan DMEA gazının kullanım miktarının maçada istenen özellikleri olumsuz etkilemeden azaltılması yönünde çalışmalar yapılması en etkili önlemlerden biri olacaktır.

KAYNAKLAR

AFS, American Foundry Society. (2018) *Modern Casting*, Census Of World Casting Production, Global Casting Production Expands, Electronic Journal, <https://www.afsinc.org/about-metalcasting>, s:23-26.

AFS, American Foundry Society. (2019) *Metalcasting*, About Metalcasting, Castings. Wherever You Are, Electronic Journal, <https://www.afsinc.org/about-metalcasting>, Erişim Tarihi:10 Mart 2019.

Akkurt, İ. (2000) *Silikosis*, SSK Ankara Meslek Hastalıkları Hastanesi Göğüs Hast. Ankara.

Altıntaş, A. (2013) *Organik Kimya*, Aminler, Yakın Doğu Uni.Vet.Fak.Ders notu. Ankara.

Aran, A. (2007) İTÜ Makina Fakültesi, *İmal usülleri ders notları*, s:3-7.

ASK Chemicals. (2011) *Technical Manual For The Phenolic Uretan Cold-Box Process*, ASK version, s:03-11.

ASK Chemicals. (2014) *Güvenlik Bilgi Formu, Part 2 SDS 1907/2006 No'lu Yönetmelige (AB) göre*, Askocure 4096 Teil 2, Revize Edildiği Tarih 13.02.2013, Basım Tarihi 16.02.2013 Ver. 1.0.

Atlı, K. (2001) Dökümhanelerde işçi sağlığı sorunları, *Mesleki Sağlık Ve Güvenlik Dergisi*.

Ballantyne, B. (2004) *Perspectives in Basic and Applied Toxicology*, Director of Applied Toxicology, Union Carbide Corporation, USA, Adjunct Professor of Toxicology and Pharmacology, University of West Virginia, USA .

Carroll, W. (1976) *A primer on foundry hazards*. In Job safety and health, Apr. 1976, v.4, p.445.

Cherry, N., Hoyle, J., Pickering, C., Burgess, G., Smedley, J., Dippnall, M., Niven, R.M. (2002) *Occupational Lung Disease İn Ferrous Foundry Workers*, Prepared by The University of Manchester Centre for Occupational and Environmental Health for the Health and Safety Executive, Research Report 022.

Collins, J.L., Forst, L.S., Hinkamp, D. L., Koehncke, N., Kurppa, K., Markkanen, ...Stellman, S. D. (1988) ILOCIS *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety 4th Edition Chapter 104 - Guide to Chemicals, Amines*.

Çolak, M. (2011) Döküm Endüstrisinde Ergitme, *Endüksiyon Ocakları ve Spektral Analiz Hesaplamaları*, Sakarya Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Metal Eğitim Bölümü.

- Çukurova Kimya. (2018) www.cukurovakimya.com/Erişim : Mart 2018 *Reçine Sistemi Broşürü*.
- Dawson, C., Lindahl, H. (2017) *Production Flow Simulation Modelling in the Foundry Industry*, Theoretical framework, p6, Investigation of generic and specific simulation modelling Department of Product and Production Development Chalmers University Of Technology Gothenburg, Sweden
- Dennis, K., Darrol, E.D., Irvin, M.P., Donald, J.N., Edward, H.F. (1987) *Dimethylethanolamine:Acute, 2-Week, and 13-Week Inhalation Toxicity Studies in Rats*, Toxicological Sciences, Vol 9 Issue 3, p512-521.
- Deore, D.S., Chaudhari, G.B., Chaturvedi, A.G., Gunjal, S.U. (2015) *A Study Of Core And Its Types For Casting Process*, International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science www.ijates.com Volume No 03, Special Issue No. 01, March 2015 ISSN (online): 2348 – 7550.
- Fiore, S., Zanetti, M.C. (2002) *Foundry processes: The recovery of green moulding sands for core operations*. Resources, Conservation and Recycling 38, 243/254, Department of Georesources and Territory, Politecnico di Torino, Italy.
- Günay, Y. (2012) T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Türkiye’de *Sanayiden Kaynaklanan Tehlikeli Atıkların Yönetiminin İyileştirilmesi*, Döküm Sektörü Rehber Döküman.
- Hansel, J. (2008) *Gas Generators For Gas Curing Core Processes Lüber GmbH Technical installations and equipment for the foundry industry*.
- HSE, Health and Safety Executive. (2009) *The technical basis for COSHH essentials: Easy steps to control chemicals*, Electronic Journal, 6 of 25 pages www.hse.com, Erişim tarihi:13.09.2019.
- IFA Gestis Substance Database. (2019) *Isoocynat SDS, DMEA SDS*, <https://www.dguv.de/ifa/gestis/gestis-stoffdatenbank/index-2.jsp>, Erişim tarihi:15.12.2019.
- Ireland, E., Chang, K., Kroker, J. (2002) *New Horizon in Nobake Binder Technology AFS Transactions*, 02-025 Page 1 of 7, Ashland Speciality Chemical Company, Dublin, Ohio.
- Jang, J.K. (2015) *Amines as Occupational Hazards For Visual Disturbance*, Industrial Health 2016, Review Article, Work Environment Research Department, Occupational Safety and Health Research Institute, Korea Occupational Safety and Health Agency, Republic of Korea, National Institute of Occupational Safety and Health.
- Karaciğın, O. (2019) *Otomatik Döküm Hatlı Bir Dökümhanede Riskli Bölgelerin Belirlenmesi ve Otomatik Döküm Hattı İle Maçahanenin İSG Açısından İncelenmesi*, Üsküdar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı Ve Güvenliği Anabilim Dalı İş Sağlığı Ve Güvenliği Tezsiz Yüksek Lisans Programı, Tezsiz Yüksek Lisans Projesi, İstanbul.

Kırcı, B.K. (2018) *Lojistik Depo Sektöründe Reba, Rula Ve Niosh Yöntemleri İle Ergonomi Alanında Bir İrdeleme*, Üsküdar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı Ve Güvenliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Kısa, Y. (2014) *Döküm Atölyelerindeki İş Sağlığı ve Güvenliği Koşullarının Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleriyle Değerlendirilmesi*, T.C. Çalışma Ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi/Araştırma, Ankara.

Koçhisar, B. (2010) *Bir Döküm Fabrikasında Fiziksel ve Kimyasal Ortam Faktörlerinin İş Sağlığı ve Güvenliğine Göre İncelenmesi-Kaynak, Ortam Ve Alıcıdaki Önlemler*, Yüksek Lisans Tezi , Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Köksal, S. (2019) *İmal Usülleri*, <https://docplayer.biz.tr/105085663-Imal-usulleri-doc-dr-sakip-koksal-1.html> Erişim tarihi:02.05.2019.

Kumar, R.P.S., Naveen, K. (2016) *Safety System Implementation in Iron Foundry*, IJECS, Research Article Volume 6 Issue No. 11, Department of Mechanical Engineering, M.E Industrial Safety Engineering, Cauvery College of Engineering and Technology, Trichy, India.

Lerner, Y.S., Posinasetti, N.R. (2014) *Metal Casting Principles and Techniques Lab and Safety Manual*. Isbn: 978-0-87433-417-3, Yayıncı: American Foundry Society.

Lundh, T., Boman A., Akesson B. (1997), *Skin absorption of the industrial catalyst dimethylethylamine in vitro in guinea pig and human skin, and of gaseous dimethylethylamine in human volunteers*, Int Arch Occup Environ Health (1997) 70: 309-313, Springer-Verlag 1997 Original Article.

Lundh, T., Stihlboml B., Akesson, B. (1991) *Dimethylethylamine in mould core manufacturing:exposure, metabolism, and biological monitoring*, British Journal of Industrial Medicine 1991;48:203-207.

MEB, Milli Eğitim Bakanlığı (2011) *Metallerin İş Sağlığı ve Güvenliği, Maç 1 Ders Kitabı*, 521MMI068, 3-5, Ankara.

MESS Metal Sanayicileri Sendikası. (2018) *Üye İşyerleri İş Kazaları ve Meslek Hastalıkları İstatistikleri*.

Mgonja, C. A. (2017) *Review on Effects of Hazards in Foundries to Workers and Environment*, IJISSET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, Vol. 4 Issue 6, June 2017, ISSN (Online) 2348 – 7968 | Impact Factor (2016) – 5.264, Department of Mechanical Engineering, Dar es Salaam Institute of Technology, Dar es Salaam, Tanzania.

Mirer, F.E. (1989) *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety, 4th Edition-Part XIII, Metal Processing and Metal Working Industry*, <http://www.ilocis.org/en/default.html> Erişim Tarihi:01 Şubat 2019.

Narayanan, G.R. (2012) ME 222 *Manufacturing Technology - I (3-0-0-6)*, Introduction to manufacturing processes. National Center for Biotechnology Information.

NIOSH Alert. (1987) *Preventing Visual Disorders and Acute Physical Discomfort Due to Dimethylethylamine (DMEA) Exposure*, December 1987 , DHHS (NIOSH) Publication Number 88-103.

NIOSH National Institute for Occupational Safety and Health, (1985) *Recommendations for Control of Occupational Safety and Healthy Hazards, Foundries*, U.S. Department of Health and Human Services.

NIOSH National Institute for Occupational Safety and Health, A Technical Report, (1978) *An Evaluation of Occupational Health Hazard Control Technology For The Foundry Industry*.

OSHA Occupational Safety and Health Administration. (2012) *Solutions for the Prevention of Musculoskeletal Injuries in Foundries*, OSHA 3465-08 2012, 5-10.

Özok, F. (2018) *İstanbul Büyük Şehir Belediyesi, IOSH EXPO 13-15 Aralık 2018 konuşmasından*, İstanbul.

Öztürk, S. (2018) *Döküm Teknolojileri Ders Notları*, Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme Mühendisliği.

Pubchem (2019), <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/DMEA>, U.S. National Library of Medicine Erişim Tarihi:04.05.2019.

Ribeiro, M.G., Filho, W.R.P. (2006) *Risk assessment of chemicals in foundries: The International Chemical Toolkit pilot-project*, *Journal of Hazardous Materials*, A136 432–437 Fundacentro-Funda Jorge Duprat Figueiredo de Seguran Medicina do Trabalho, Rua Capote Valente, 710, Pinheiros, CEP 05409-002 Sao Paulo, SP, Brazil Received 10 October 2005; received in revised form 28 December 2005; accepted 13 January 2006 Available, online 28 February 2006.

Safe Work Australia. (2003) *Guide To Managing Risks Associated With Foundry Work*, 4.12 Fettling, 34-36, ISBN 978-1-74361-027-5.

Scallan P. (2003) *Material evaluation and process selection, General classification of casting processes*, Science Direct, Casting Process.

SGK (2017) *SGK İstatistikleri, İş kazaları, Meslek Hastalıkları*, www.sgk.gov.tr Erişim Tarihi 07.07.2019.

Sithole, C., Nyembwe, K., Olubambi, P. (2019) *Process knowledge for improving quality in sand casting foundries: A literature review*, Procedia Manufacturing 35, 356–360, 2nd International Conference on Sustainable Materials Processing and Manufacturing, University of Johannesburg, Faculty of Engineering and the Built Environment, Department of Metallurgy 37 Nind Street, Doornfontein, Johannesburg, 2094, South Africa.

Solomons, G. (1988) *Organic Chemistry*, Fourth Edition.

Stihlboml B., Lundh T., Akesson, B. (1991) *Experimental study on the metabolism of dimethylethylamine in man*, Tnt Arch Ocnl Environ Health (1991 63:305-310), Occupational Environmental health, Departments of Occupational Medicine, University Hospital, S-581 85 Linkoping, Lund, Sweden.

Şener, G. (2005) *Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelerde Risk Analizi Uygulaması (Dökümhaneler örneği)*, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı Programı, Yüksek Lisan Tezi, Ankara.

Şişecam (2009) <http://www.sisecamkimyasallar.com/tr/faaliyet-alanlarimiz/maden/sisecam-silis-kumu> Erişim Tarihi:15.06.2019.

Treyger, A. (2018) *Overview of Foundry Processes and Technologies: Manufacturing Metal Casting*, Continuing Education and Development, Inc.9 Greyridge Farm Court Stony Point, NY 10980.

Trinowski, D.M. (2019) Huttenes Albertus, *New Coldbox Binder System for Improved Productivity*, Delta-HA, Inc., Detroit, MI, Hüttenes-Albertus Chemische Werke GmbH, Düsseldorf, Germany.

TÜDÖKSAD Türk Döküm Sanayicileri Derneği. (1991) *Maça Bağlayıcıları Tanıtımı yayını (Broşür)*

TÜDÖKSAD Türkiye Döküm Sanayicileri Derneği. (1997) *Soğuk Maça Yapım Teknikleri, Kısım1 Sayfa1.*

TÜDÖKSAD Türkiye Döküm Sanayicileri Derneği. (2019) *Kullanılmış Döküm Kumunun Değerlendirilmesi ve Geri Kazanımı*, Şubat 2019, s:2-6.

TÜDÖKSAD Türkiye Döküm Sanayicileri Derneği. (2019) *Döküm Sektörü Genel Bakış ve Önemi*, <https://www.tudoksad.org.tr/genel-bakis-ve-onemi> Erişim Tarihi:01.04.2019.

TÜDÖKSAD Türkiye Döküm Sanayicileri Derneği. (2018) *Metalurji ve Döküm Sektörünün Tarihiçesi* www.tudoksad.org.tr , Erişim Tarihi:01 Mart 2019.

United States Intrnational Trade Commision. (2005) *Foundry products. Competitive Conditions in the U.S. Market, Investigation No: 332-460 USITC Publication 3771 May 2005, 5-7.*

Ünal, R. (2019) *İmalat Teknolojileri ders notları*, <https://rahmiunal.net/dersler/uretim/01dkum>. Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Erişim Tarihi: 01.06.2019.

Walker, J., Gornal, L. (1969) *Process For The Production of Foundry Cores And Molds*, United States Patent Office, Ser. No. 732,071, Claims priority, application Great Britain, Feb. 14, 1968.

Wikipedia. (2019) *DMEA Nedir?* www.wikipedia.com erişim:01 Mart 2019.

Yeşilgöz, P. (2018) *Dökümhanelerde İş Sağlığı Güvenliği ve Pratik Uygulamalar*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Entiltüsü Yüksek Lisans Tezi, İş Güvenliği Anabilim Dalı, İstanbul.

Zakaria, A.M., Noweir K.H., El-Maghrabi, G. (2005) *Evaluation of Occupational Hazards in Foundries*, The Journal of the Egyptian Public Health Association, (JEPHAss.), Vol.80 No.3& 4, Article in The Journal of the Egyptian Public Health Association · February 2005.

Zhang, M., Qi C., Chen, W.H., Lu, Y., Du, X.Y., Li, W.J., Meng, C.S. (2010) *Re-analysis of occupational hazards in foundry*. Chinese Journal of Industrial Hygiene and Occupational Diseases, 01 Apr 2010, 28(4):280-285, PMID: 20465956

EKLER

**Ek 1: Maça Tesisi DMEA gazı ve diğer
raporu**

kimyasalların ölçüm sonuç



İŞ HİJYENİ ÖLÇÜM RAPORU

AÇL/İSGR/7980/58

ŞUBAT 2020

İÇİNDEKİLER	SAYFA NO
İmza Sayfası	i
İçindekiler	ii
1. GİRİŞ	1
2. TESİSİN TANIMI	1
3. KİŞİSEL GAZ(VOC) MARUZİYETİ ÖLÇÜM SONUÇLARI	2
EKLER	
Gaz (VOC) Cihaz Çıktıları	EK-1
Ölçüm Yapılan Cihazlara Ait Kalibrasyon Sertifikası	EK-2

Bu rapor _____ ve _____'nin yazılı iz kısmen kopyalanıp çoğaltulmaz. İmzasız ve mühürsüz raporlar geçersizdir. Ölçüm sonuçları, sadece ölçüm sırasındaki proses koşulları ile ilgili olarak gerçekleştirilmiştir. Analiz yapılan numunede, numunenin alınışından laboratuvarımıza teslimine kadar olan süreçte bakılması istenen parametrelerin belirlenmesinde teknik ve hukuki sorumluluk numuneyi, örneklemeyi alana aittir. Bu rapor bilgi amaçlı olarak kullanılamaz.

1. GİRİŞ

Bu rapor, _____ ünvanlı tesiste; 07-08.01.2019 tarihlerinde yapılan Kişisel VOC(Gaz) Maruziyeti ölçümlerinin sonuçlarını içermektedir.

2. TESİSİN TANIMI

Tablo 1. Tesis Bilgileri.

Tesisin Ünvanı	
Adresi	
Faaliyet Konusu	Döküm (Metal)
Çalışan Sayısı	Tesiste 186 Kişi Çalışmaktadır.
Çalışma Periyodu	Tesis üç vardiya şeklinde çalışmaktadır.
Telefon Numarası	

Bu rapor _____ ve _____'nin yazılı izni kısmen kopyalanıp çoğaltılmaz. İmzasız ve mühürsüz raporlar geçersizdir. Ölçüm sonuçları, sadece ölçüm sırasındaki proses koşulları yapılan numune ile ilgilidir. Numune alma ve taşıma işlemleri Numune Alma Prosedürüne, Numune Alma Talimatı ve Numune Alınması uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Analiz yapılan numunede, numunenin alınışından laboratuvarımıza teslimine kadar olan prosedürü bakılması istenen parametrelerin belirlenmesinde teknik ve hukuki sorumluluk numuneyi, örneklemeyi alana aittir. Bu rapor bilgi amaçlı resmi işlemlerde kullanılamaz.

3. KİŞİSEL GAZ- VOC MARUZİYETİ ÖLÇÜM SONUÇLARI

3.1. GİRİŞ

ünvanlı tesiste; 07-08.01.2019 tarihlerinde belirlenen personellerde Kişisel Gaz (VOC) (Volatile Organic Compound-Uçucu Organik Bileşik) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. VOC maruziyeti ölçümlerinde kişinin maruz kaldığı havadan örneklenen VOC numuneleri, analiz metodunun gerektirdiği saklama koşulları gözetilerek laboratuvara sevk edilmiş ve ilgili ön işlem ve tayin prosedürleri dahilinde analiz edilmiştir.

3.2. ÖLÇÜM METODOLOJİSİ VE ÖLÇÜMDE KULLANILAN CİHAZ

Kişisel VOC Maruziyetinin tespitinde TS ISO 16200-1-2 metodu referans alınmıştır. Adsorblama prensibi dahilinde gerçekleştirilen ölçümlerde çalışanın soluma bölgesinde konumlandırılan aktif karbon tüplerine bilinen hacimde bir hava örneği metotta belirtilen uygun çekiş aralıkları gözetilerek (0,2 L/dk) çektilir. Uygun koşullarda laboratuvara taşınan örnekler daha sonra metotta belirtildiği şekilde desorbsiyon-çözdürme işlemi uygulanarak GC cihazında okutulur. Tespit edilen sonuçlar, ölçümü gerçekleştirilen personelin çalışma ve maruziyet süreleri dahilinde hesaplanmış zaman ağırlıklı ortalamalar şeklinde raporlanır.

Ölçümlerde seri numaraları (S/N:LPO51680-1-2) olan Buck Libra Plus marka Hava Örn. Pompaları ve seri numaraları (S/N:20140510301-2-3-5) ve (S/N:20140510293) olan Gilian Air Plus Hava Örn. Pompaları kullanılmıştır.

3.3. İLGİLİ YÖNETMELİK MADDELERİ

Sonuçların değerlendirmesinde, 6331 Sayılı İş Kanunu'nun ilgili hükümleri gereğince; 12/08/2013 tarihli ve 28733 sayılı Resmi Gazete 'de yayımlanan "Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik" ve 6/8/2013 tarihli ve 28730 sayılı Resmi Gazete 'de yayımlanan "Kanserojen veya Mutajen Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik" referans alınmıştır.

3.4. ÖLÇÜM SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

Kişisel VOC örneklerinin analizi sonucu tespit edilen maddelerin konsantrasyonları; öncelikli olarak belirtilen mevzuattaki sınır değerler, bu mevzuatlarda yer almayan bazı madde sınır değerleri için Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü (NIOSH) ve İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetimi (OSHA) sınır değerleri

referans alınarak değerlendirilmiştir. Literatürde sınır değeri belirtilmemiş spesifik madde/gazlar ise sınır değerler sütununda “—” ibaresi ile belirtilmiştir.

Tablo 2. Kişisel Gaz (VOC) Maruziyeti Ölçüm Sonuçları.

SIRA NO	Personel İsmi ve Yaşı	Yapılan İş/Çalışılan Bölüm/Maruziyet Süresi	Ölçüm Tarihi ve Vardiya Süresi	Maddenin Adı**	Analiz Sonucu [mg/m ³]	Sınır Değer (TWA) [mg/m ³] (1) (2) (3)
1		Makine Opr./Maça Bölümü [7,2 saat] 07.01.2020 8 saat	08:00-08:30	Dimetiletilamin	*-	30
			08:30-09:00	Dimetiletilamin	*-	30
			09:00-09:30	Dimetiletilamin	*-	30
			09:30-10:00	Dimetiletilamin	*-	30
			10:00-10:30	Dimetiletilamin	*-	30
			10:30-11:00	Dimetiletilamin	*-	30
			11:00-11:30	Dimetiletilamin	*-	30
			11:30-12:00	Dimetiletilamin	*-	30
			12:00-12:30	Dimetiletilamin	*-	30
			12:30-13:00	Dimetiletilamin	*-	30
			13:00-13:30	Dimetiletilamin	*-	30
			13:30-14:00	Dimetiletilamin	*-	30
			14:00-14:30	Dimetiletilamin	*-	30
			14:30-15:00	Dimetiletilamin	*-	30
			15:00-15:30	Dimetiletilamin	*-	30
15:30-16:00	Dimetiletilamin	*-	30			
2		Makine Opr./Maça Bölümü [7,2 saat] 07.01.2020 8 saat	08:00-08:30	Dimetiletilamin	*-	30
			08:30-09:00	Dimetiletilamin	*-	30
			09:00-09:30	Dimetiletilamin	*-	30
			09:30-10:00	Dimetiletilamin	2,30	30
			10:00-10:30	Dimetiletilamin	*-	30
			10:30-11:00	Dimetiletilamin	*-	30
			11:00-11:30	Dimetiletilamin	*-	30
			11:30-12:00	Dimetiletilamin	*-	30
			12:00-12:30	Dimetiletilamin	*-	30
			12:30-13:00	Dimetiletilamin	*-	30
			13:00-13:30	Dimetiletilamin	*-	30
			13:30-14:00	Dimetiletilamin	*-	30
			14:00-14:30	Dimetiletilamin	2,47	30
			14:30-15:00	Dimetiletilamin	2,33	30
			15:00-15:30	Dimetiletilamin	3,92	30
15:30-16:00	Dimetiletilamin	5,43	30			

Bu rapor ve ...'nin yazılı izni kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz. İmzasız ve mührsüz raporlar geçersizdir. Ölçüm sonuçları, sadece ölçüm sırasındaki proses koşulları v yapılan numune ile ilgilidir. Numune alma ve taşıma işlemleri Numune Alma Prosedürüne, Numune Alma Talimatı ve Numune Alma uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Analiz yapılan numunede, numunenin alınışından laboratuvarımıza teslimine kadar olan prosedü bakılması istenen parametrelerin belirlenmesinde teknik ve hukuki sorumluluk numuneyi, örneklemeyi alana aittir. Bu rapor bilgi amaç resmi işlemlerde kullanılamaz.

İŞ HİJYENİ ÖLÇÜM RAPORU

AÇL/İSGR
7980/58

02/2020

SIRA NO	Personel İsmi ve Yaşı	Yapılan İş/Çalışılan Bölüm/Maruziyet Süresi	Ölçüm Tarihi ve Vardiya Süresi	Maddenin Adı**	Analiz Sonucu [mg/m ³]	Sınır Değer (TWA) [mg/m ³] (1) (2) (3)
3		Makine Opr./Maça Bölümü [7,2 saat] 07.01.2020 8 saat	08:00-08:30	Dimetiletilamin	*-	30
			08:30-09:00	Dimetiletilamin	*-	30
			09:00-09:30	Dimetiletilamin	13,73	30
			09:30-10:00	Dimetiletilamin	2,93	30
			10:00-10:30	Dimetiletilamin	6,29	30
			10:30-11:00	Dimetiletilamin	7,08	30
			11:00-11:30	Dimetiletilamin	5,10	30
			11:30-12:00	Dimetiletilamin	*-	30
			12:00-12:30	Dimetiletilamin	*-	30
			12:30-13:00	Dimetiletilamin	8,39	30
			13:00-13:30	Dimetiletilamin	3,83	30
			13:30-14:00	Dimetiletilamin	3,21	30
			14:00-14:30	Dimetiletilamin	5,86	30
			14:30-15:00	Dimetiletilamin	3,29	30
15:00-15:30	Dimetiletilamin	2,33	30			
15:30-16:00	Dimetiletilamin	2,30	30			
4		Makine Opr./Maça Bölümü [7,2 saat] 07.01.2020 8 saat	08:00-08:30	Dimetiletilamin	*-	30
			08:30-09:00	Dimetiletilamin	*-	30
			09:00-09:30	Dimetiletilamin	*-	30
			09:30-10:00	Dimetiletilamin	*-	30
			10:00-10:30	Dimetiletilamin	*-	30
			10:30-11:00	Dimetiletilamin	*-	30
			11:00-11:30	Dimetiletilamin	*-	30
			11:30-12:00	Dimetiletilamin	*-	30
			12:00-12:30	Dimetiletilamin	*-	30
			12:30-13:00	Dimetiletilamin	*-	30
			13:00-13:30	Dimetiletilamin	*-	30
			13:30-14:00	Dimetiletilamin	*-	30
			14:00-14:30	Dimetiletilamin	*-	30
			14:30-15:00	Dimetiletilamin	*-	30
15:00-15:30	Dimetiletilamin	*-	30			
15:30-16:00	Dimetiletilamin	*-	30			

Bu rapor, ... ve ...'nin yazılı izni kısmen kopyalanıp çoğaltılmaz. İmzasız ve mühürsüz raporlar geçersizdir. Ölçüm sonuçları, sadece ölçüm sırasındaki proses koşulları yapılan numune ile ilgilidir. Numune alma ve taşıma işlemleri Numune Alma Prosedürüne, Numune Alma Talimatı ve Numune Alma uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Analiz yapılan numunede, numunenin alınışından laboratuvarımıza teslimine kadar olan prosede bakılması istenen parametrelerin belirlenmesinde teknik ve hukuki sorumluluk numuneyi, örneklemeyi alana aittir. Bu rapor bilgi an resmi işlemlerde kullanılamaz.

SIRA NO	Personel İsmi ve Yaşı	Yapılan İş/Çalışılan Bölüm/Maruziyet Süresi	Ölçüm Tarihi ve Vardiya Süresi	Maddenin Adı**	Analiz Sonucu [mg/m ³]	Sınır Değer (TWA) [mg/m ³] (1) (2) (3)
5		Makine Opr./Maça Bölümü [7,2 saat] 07.01.2020 8 saat	08:00-08:30	Dimetiletilamin	*-	30
			08:30-09:00	Dimetiletilamin	3,21	30
			09:00-09:30	Dimetiletilamin	2,72	30
			09:30-10:00	Dimetiletilamin	3,24	30
			10:00-10:30	Dimetiletilamin	3,80	30
			10:30-11:00	Dimetiletilamin	*-	30
			11:00-11:30	Dimetiletilamin	*-	30
			11:30-12:00	Dimetiletilamin	*-	30
			12:00-12:30	Dimetiletilamin	*-	30
			12:30-13:00	Dimetiletilamin	*-	30
			13:00-13:30	Dimetiletilamin	2,15	30
			13:30-14:00	Dimetiletilamin	2,00	30
			14:00-14:30	Dimetiletilamin	*-	30
			14:30-15:00	Dimetiletilamin	1,92	30
			15:00-15:30	Dimetiletilamin	2,12	30
15:30-16:00	Dimetiletilamin	1,99	30			
6	[51]	Makine Opr./Maça Bölümü [7,2 saat] 07.01.2020 8 saat	08:00-08:30	Dimetiletilamin	*-	30
			08:30-09:00	Dimetiletilamin	1,97	30
			09:00-09:30	Dimetiletilamin	*-	30
			09:30-10:00	Dimetiletilamin	1,97	30
			10:00-10:30	Dimetiletilamin	2,06	30
			10:30-11:00	Dimetiletilamin	2,02	30
			11:00-11:30	Dimetiletilamin	2,26	30
			11:30-12:00	Dimetiletilamin	*-	30
			12:00-12:30	Dimetiletilamin	*-	30
			12:30-13:00	Dimetiletilamin	*-	30
			13:00-13:30	Dimetiletilamin	*-	30
			13:30-14:00	Dimetiletilamin	2,03	30
			14:00-14:30	Dimetiletilamin	2,44	30
			14:30-15:00	Dimetiletilamin	2,48	30
			15:00-15:30	Dimetiletilamin	2,27	30
15:30-16:00	Dimetiletilamin	2,06	30			

Bu rapor ve nin yazılı izni o kısmen kopyalanıp çoğaltılmaz. İmzasız ve mühürlü raporlar geçersizdir. Ölçüm sonuçları, sadece ölçüm sırasındaki proses koşulları ve yapılan numune ile ilgilidir. Numune alma ve taşıma işlemleri Numune Alma Prosedürüne, Numune Alma Talimatı ve Numune Alma uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Analiz yapılan numunede, numunenin alınışından laboratuvarımıza teslimine kadar olan prosedürü bakılması istenen parametrelerin belirlenmesinde teknik ve hukuki sorumluluk numuneyi, örnekleme alana aittir. Bu rapor bilgi amaçlı resmi işlemlerde kullanılamaz.

İŞ HÜYENİ ÖLÇÜM RAPORU

AÇL/İSGR
7980/58

02/2020

SIRA NO	Personel İsmi ve Yaşı	Yapılan İş/Çalışılan Bölüm/Maruziyet Süresi	Ölçüm Tarihi ve Vardiya Süresi	Maddenin Adı**	Analiz Sonucu [mg/m ³]	Sınır Değer (TWA) [mg/m ³] (1) (2) (3)
7		Makine Opr./Maça Bölümü [7,2 saat] 07.01.2020 8 saat	08:00-08:30	Dimetiletilamin	*-	30
			08:30-09:00	Dimetiletilamin	2,07	30
			09:00-09:30	Dimetiletilamin	2,12	30
			09:30-10:00	Dimetiletilamin	3,09	30
			10:00-10:30	Dimetiletilamin	2,47	30
			10:30-11:00	Dimetiletilamin	2,48	30
			11:00-11:30	Dimetiletilamin	2,65	30
			11:30-12:00	Dimetiletilamin	*-	30
			12:00-12:30	Dimetiletilamin	*-	30
			12:30-13:00	Dimetiletilamin	2,05	30
			13:00-13:30	Dimetiletilamin	2,02	30
			13:30-14:00	Dimetiletilamin	3,15	30
			14:00-14:30	Dimetiletilamin	2,05	30
			14:30-15:00	Dimetiletilamin	2,65	30
			15:00-15:30	Dimetiletilamin	2,12	30
15:30-16:00	Dimetiletilamin	2,02	30			
8		Bakım Opr./Maça Bölümü [7,2 saat] 07.01.2020 8 saat	08:00-08:30	Dimetiletilamin	19,25	30
			08:30-09:00	Dimetiletilamin	85,83	30
			09:00-09:30	Dimetiletilamin	*-	30
			09:30-10:00	Dimetiletilamin	*-	30
			10:00-10:30	Dimetiletilamin	*-	30
			10:30-11:00	Dimetiletilamin	10,06	30
			11:00-11:30	Dimetiletilamin	14,54	30
			11:30-12:00	Dimetiletilamin	*-	30
			12:00-12:30	Dimetiletilamin	*-	30
			12:30-13:00	Dimetiletilamin	*-	30
			13:00-13:30	Dimetiletilamin	2,21	30
			13:30-14:00	Dimetiletilamin	*-	30
			14:00-14:30	Dimetiletilamin	*-	30
			14:30-15:00	Dimetiletilamin	*-	30
			15:00-15:30	Dimetiletilamin	*-	30
15:30-16:00	Dimetiletilamin	*-	30			

Bu rapor, _____ ve _____'nin yazılı izni ile kısmen kopyalanıp çoğaltulmaz. İmzasız ve mühürsüz raporlar geçersizdir. Ölçüm sonuçları, sadece ölçüm sırasındaki proses koşulları ve yapılan numune ile ilgilidir. Numune alma ve taşıma işlemleri Numune Alma Prosedürüne, Numune Alma Talimatı ve Numune Alma F uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Analiz yapılan numunede, numunenin alınışından laboratuvarımıza teslimine kadar olan prosedürü bakılması istenen parametrelerin belirlenmesinde teknik ve hukuki sorumluluk numuneyi, örnekleme alanına aittir. Bu rapor bilgi amaç resmi işlemlerde kullanılamaz.

İŞ HİJYENİ ÖLÇÜM RAPORU

AÇL/İSGR
7980/58

02/2020

SIRA NO	Personel İsmi ve Yaşı	Yapılan İş/Çalışılan Bölüm/Maruziyet Süresi	Ölçüm Tarihi ve Vardiya Süresi	Maddenin Adı**	Analiz Sonucu [mg/m ³]	Sınır Değer (TWA) [mg/m ³] (1) (2) (3)
9		Makine Tesviye Opr./Maça Bölümü [7,2 saat] 08.01.2020 8 saat	08:00-08:30	Dimetiletilamin	*-	30
			08:30-09:00	Dimetiletilamin	1,96	30
			09:00-09:30	Dimetiletilamin	2,03	30
			09:30-10:00	Dimetiletilamin	2,02	30
			10:00-10:30	Dimetiletilamin	2,55	30
			10:30-11:00	Dimetiletilamin	3,06	30
			11:00-11:30	Dimetiletilamin	3,11	30
			11:30-12:00	Dimetiletilamin	*-	30
			12:00-12:30	Dimetiletilamin	*-	30
			12:30-13:00	Dimetiletilamin	*-	30
			13:00-13:30	Dimetiletilamin	*-	30
			13:30-14:00	Dimetiletilamin	*-	30
			14:00-14:30	Dimetiletilamin	*-	30
			14:30-15:00	Dimetiletilamin	*-	30
			15:00-15:30	Dimetiletilamin	*-	30
15:30-16:00	Dimetiletilamin	*-	30			
10		Sandık Bağlama Amin Gazı Dolumu/Maça Bölümü [7,2 saat] 08.01.2020 8 saat	08:00-08:30	Dimetiletilamin	*-	30
			08:30-09:00	Dimetiletilamin	*-	30
			09:00-09:30	Dimetiletilamin	*-	30
			09:30-10:00	Dimetiletilamin	*-	30
			10:00-10:30	Dimetiletilamin	1,98	30
			10:30-11:00	Dimetiletilamin	*-	30
			11:00-11:30	Dimetiletilamin	*-	30
			11:30-12:00	Dimetiletilamin	*-	30
			12:00-12:30	Dimetiletilamin	*-	30
			12:30-13:00	Dimetiletilamin	2,11	30
			13:00-13:30	Dimetiletilamin	*-	30
			13:30-14:00	Dimetiletilamin	2,02	30
			14:00-14:30	Dimetiletilamin	47,03	30
			14:30-15:00	Dimetiletilamin	8,36	30
			15:00-15:30	Dimetiletilamin	5,17	30
15:30-16:00	Dimetiletilamin	*-	30			

Bu rapor ve ...'nin yazılı izni kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz. İmzasız ve munursuz raporlar geçersizdir. Ölçüm sonuçları, sadece ölçüm sırasındaki proses koşulları yapılan numune ile ilgilidir. Numune alma ve taşıma işlemleri Numune Alma Prosedürüne, Numune Alma Talimatı ve Numune Alm uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Analiz yapılan numunede, numunenin alınışından laboratuvarımıza teslimine kadar olan prosed bakılması istenen parametrelerin belirlenmesinde teknik ve hukuki sorumluluk numuncyl, örneklemeyi alana aittir. Bu rapor bilgi an resmi işlemlerde kullanılamaz.

İŞ HİJYENİ ÖLÇÜM RAPORU

AÇL/İSGR
7980/58

02/2020

SIRA NO	Personel İsmi ve Yaşı	Yapılan İş/Çalışılan Bölüm/Maruziyet Süresi	Ölçüm Tarihi ve Vardiya Süresi	Maddenin Adı**	Analiz Sonucu [mg/m ³]	Sınır Değer (TWA) [mg/m ³] (1) (2) (3)
11		Tesviye Opr.l /Maça Bölümü [7,2 saat] 08.01.2020 8 saat	08:00-08:30	Dimetiletilamin	2,22	30
			08:30-09:00	Dimetiletilamin	2,05	30
			09:00-09:30	Dimetiletilamin	*-	30
			09:30-10:00	Dimetiletilamin	*-	30
			10:00-10:30	Dimetiletilamin	*-	30
			10:30-11:00	Dimetiletilamin	*-	30
			11:00-11:30	Dimetiletilamin	3,36	30
			11:30-12:00	Dimetiletilamin	*-	30
			12:00-12:30	Dimetiletilamin	*-	30
			12:30-13:00	Dimetiletilamin	2,04	30
			13:00-13:30	Dimetiletilamin	2,48	30
			13:30-14:00	Dimetiletilamin	6,12	30
			14:00-14:30	Dimetiletilamin	5,43	30
			14:30-15:00	Dimetiletilamin	2,40	30
			15:00-15:30	Dimetiletilamin	*-	30
15:30-16:00	Dimetiletilamin	*-	30			
12		Forkift Opr./Maça Bölümü [7,2 saat] 08.01.2020 8 saat	08:00-08:30	Dimetiletilamin	*-	30
			08:30-09:00	Dimetiletilamin	*-	30
			09:00-09:30	Dimetiletilamin	*-	30
			09:30-10:00	Dimetiletilamin	*-	30
			10:00-10:30	Dimetiletilamin	*-	30
			10:30-11:00	Dimetiletilamin	*-	30
			11:00-11:30	Dimetiletilamin	*-	30
			11:30-12:00	Dimetiletilamin	*-	30
			12:00-12:30	Dimetiletilamin	*-	30
			12:30-13:00	Dimetiletilamin	*-	30
			13:00-13:30	Dimetiletilamin	*-	30
			13:30-14:00	Dimetiletilamin	*-	30
			14:00-14:30	Dimetiletilamin	*-	30
			14:30-15:00	Dimetiletilamin	*-	30
			15:00-15:30	Dimetiletilamin	*-	30
15:30-16:00	Dimetiletilamin	*-	30			

Bu rapor ... ve ...'nin yazılı izni kısmen kopyalanıp çoğaltılamaz. İmzasız ve münursuz raporlar geçersizdir. Ölçüm sonuçları, sadece ölçüm sırasındaki proses koşulları yapılan numune ile ilgilidir. Numune alma ve taşıma işlemleri Numune Alma Prosedürüne, Numune Alma Talimatı ve Numune Alma uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Analiz yapılan numunede, numunenin alınışından laboratuvarımıza teslimine kadar olan prosed bakılması istenen parametrelerin belirlenmesinde teknik ve hukuki sorumluluk numuneyi, örnekleme alanına aittir. Bu rapor bilgi an resmi işlemlerde kullanılamaz.

İŞ HİJYENİ ÖLÇÜM RAPORU

AÇL/İSGR
7980/58

02/2020

SIRA NO	Personel İsmi ve Yaşı	Yapılan İş/Çalışılan Bölüm/Maruziyet Süresi	Ölçüm Tarihi ve Vardiya Süresi	Maddenin Adı**	Analiz Sonucu [mg/m ³]	Sınır Değer (TWA) [mg/m ³] (1) (2) (3)
13		Maçalama Tesviye ve Montaj Maça Montaj/Maça Bölümü/[7,2 saat] 08.01.2020 8 saat	08:00-08:30	Dimetiletilamin	*-	30
			08:30-09:00	Dimetiletilamin	*-	30
			09:00-09:30	Dimetiletilamin	*-	30
			09:30-10:00	Dimetiletilamin	*-	30
			10:00-10:30	Dimetiletilamin	*-	30
			10:30-11:00	Dimetiletilamin	*-	30
			11:00-11:30	Dimetiletilamin	*-	30
			11:30-12:00	Dimetiletilamin	*-	30
			12:00-12:30	Dimetiletilamin	*-	30
			12:30-13:00	Dimetiletilamin	*-	30
			13:00-13:30	Dimetiletilamin	*-	30
			13:30-14:00	Dimetiletilamin	*-	30
			14:00-14:30	Dimetiletilamin	*-	30
			14:30-15:00	Dimetiletilamin	*-	30
			15:00-15:30	Dimetiletilamin	*-	30
14		Fırın Personeli Giriş/Maça Bölümü [7,2 saat] 08.01.2020 8 saat	08:00-08:30	Dimetiletilamin	*-	30
			08:30-09:00	Dimetiletilamin	*-	30
			09:00-09:30	Dimetiletilamin	*-	30
			09:30-10:00	Dimetiletilamin	*-	30
			10:00-10:30	Dimetiletilamin	*-	30
			10:30-11:00	Dimetiletilamin	*-	30
			11:00-11:30	Dimetiletilamin	*-	30
			11:30-12:00	Dimetiletilamin	*-	30
			12:00-12:30	Dimetiletilamin	*-	30
			12:30-13:00	Dimetiletilamin	*-	30
			13:00-13:30	Dimetiletilamin	*-	30
			13:30-14:00	Dimetiletilamin	*-	30
			14:00-14:30	Dimetiletilamin	*-	30
			14:30-15:00	Dimetiletilamin	1,95	30
			15:00-15:30	Dimetiletilamin	*-	30
15:30-16:00	Dimetiletilamin	*-	30			

Bu rapor, _____ ve _____'nin yazılı izni kısmen kopyalanıp çoğaltılmaz. İmzasız ve mühürlü raporlar geçersizdir. Ölçüm sonuçları, sadece ölçüm sırasındaki proses koşulları yapılan numune ile ilgilidir. Numune alma ve taşıma işlemleri Numune Alma Prosedürüne, Numune Alma Talimatı ve Numune Alınması uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Analiz yapılan numunede, numunenin alınışından laboratuvarımıza teslimine kadar olan prosedürün bakılması istenen parametrelerin belirlenmesinde teknik ve hukuki sorumluluk numuneyi, örneklemeyi alana aittir. Bu rapor bilgi amaçlı olarak kullanılmamalıdır.

İŞ HİJYENİ ÖLÇÜM RAPORU

AÇL/İSGR
7980/58

02/2020

SIRA NO	Personel İsmi ve Yaşı	Yapılan İş/Çalışılan Bölüm/Maruziyet Süresi	Ölçüm Tarihi ve Vardiya Süresi	Maddenin Adı**	Analiz Sonucu [mg/m ³]	Sınır Değer (TWA) [mg/m ³] (1) (2) (3)
15		Fırın Personeli Çıkış/Maça Bölümü [7,2 saat] 08.01.2020 8 saat	08:00-08:30	Dimetiletilamin	*-	30
			08:30-09:00	Dimetiletilamin	*-	30
			09:00-09:30	Dimetiletilamin	*-	30
			09:30-10:00	Dimetiletilamin	*-	30
			10:00-10:30	Dimetiletilamin	*-	30
			10:30-11:00	Dimetiletilamin	*-	30
			11:00-11:30	Dimetiletilamin	*-	30
			11:30-12:00	Dimetiletilamin	*-	30
			12:00-12:30	Dimetiletilamin	*-	30
			12:30-13:00	Dimetiletilamin	*-	30
			13:00-13:30	Dimetiletilamin	*-	30
			13:30-14:00	Dimetiletilamin	*-	30
			14:00-14:30	Dimetiletilamin	*-	30
			14:30-15:00	Dimetiletilamin	*-	30
			15:00-15:30	Dimetiletilamin	*-	30
15:30-16:00	Dimetiletilamin	*-	30			

* VOC konsantrasyonu tespit edilememiştir.

** Dimetiletilamin parametresi akreditasyon kapsamımızda olmadığı için bilgi amaçlı bakılmıştır.

Bu rapor ve 'nin yazılı izni c kısmen kopyalanıp çoğaltılmaz. İmzasız ve mühürlü raporlar geçersizdir. Ölçüm sonuçları, sadece ölçüm sırasındaki proses koşulları v yapılan numune ile ilişkilidir. Numune alma ve taşıma işlemleri Numune Alma Prosedürüne, Numune Alma Talimatı ve Numune Alma uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Analiz yapılan numunede, numunenin alınışından laboratuvarımıza teslimine kadar olan prosedü bakılması istenen parametrelerin belirlenmesinde teknik ve hukuki sorumluluk numuneyi, örneklemeyi olana alttır. Bu rapor bilgi amc resmi işlemlerde kullanılamaz.

İŞ HİJYENİ ÖLÇÜM RAPORU

AÇL/İSGR
7980/58

02/2020

Tablo 3. Kişisel Gaz(VOC) Maruziyeti Ölçüm Sonuçları.

SIRA NO	Personel İsmi ve Yaşı	Yapılan İş/Çalışılan Bölüm/Maruziyet Süresi	Ölçüm Tarihi ve Vardiya Süresi	Maddenin Adı**	Analiz Sonucu [mg/m ³]	Sınır Değer (TWA) [mg/m ³] (1) (2) (3)
1		Makine Opr./Maça Bölümü [7,2 saat]	07.01.2020 8 saat	Dimetiletilamin	*-	30
2		Makine Opr./Maça Bölümü [7,2 saat]	07.01.2020 8 saat	Dimetiletilamin	3,29	30
3		Makine Opr./Maça Bölümü [7,2 saat]	07.01.2020 8 saat	Dimetiletilamin	5,36	30
4		Makine Opr./Maça Bölümü [7,2 saat]	07.01.2020 8 saat	Dimetiletilamin	*-	30
5		Makine Opr./Maça Bölümü [7,2 saat]	07.01.2020 8 saat	Dimetiletilamin	2,57	30
6		Makine Opr./Maça Bölümü [7,2 saat]	07.01.2020 8 saat	Dimetiletilamin	2,16	30
7		Makine Opr./Maça Bölümü [7,2 saat]	07.01.2020 8 saat	Dimetiletilamin	2,38	30
8		Bakım Opr./Maça Bölümü [7,2 saat]	07.01.2020 8 saat	Dimetiletilamin	32,44	30
9		LF-10014 Makine Tesviye Opr./Maça Bölümü [7,2 saat]	08.01.2020 8 saat	Dimetiletilamin	2,46	30
10		Sandık Bağlama Amin Gazı Dolumu/Maça Bölümü [7,2 saat]	08.01.2020 8 saat	Dimetiletilamin	11,11	30
11		Tesviye Opr. /Maça Bölümü [7,2 saat]	08.01.2020 8 saat	Dimetiletilamin	3,26	30
12		Forkift Opr./Maça Bölümü [7,2 saat]	08.01.2020 8 saat	Dimetiletilamin	*-	30

Bu rapor ve 'nin yazılı izri kısmen kopyalanıp çoğaltılmaz. İmzasız ve mühürsüz raporlar geçersizdir. Ölçüm sonuçları, sadece ölçüm sırasındaki proses koşulları yapılan numune ile ilgilidir. Numune alma ve taşıma işlemleri Numune Alma Prosedürüne, Numune Alma Talimatı ve Numune Alı uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Analiz yapılan numunede, numunenin alınışından laboratuvarımıza teslimine kadar olan prose bakılması istenen parametrelerin belirlenmesinde teknik ve hukuki sorumluluk numuneyi, örneklemeyi alana aittir. Bu rapor bilgi a resmi işlemlerde kullanılamaz.

İŞ HİJYENİ ÖLÇÜM RAPORU

AÇL/İSGR
7980/58

02/2020

SIRA NO	Personel İsmi ve Yaşı	Yapılan İş/Çalışılan Bölüm/Maruziyet Süresi	Ölçüm Tarihi ve Vardiya Süresi	Maddenin Adı**	Analiz Sonucu [mg/m ³]	Sınır Değer (TWA) [mg/m ³] (1) (2) (3)
13		Maçalama Tesviye ve Montaj Maça Montaj/Maça Bölümü/[7,2 saat]	08.01.2020 8 saat	Dimetiletilamin	*-	30
14		Fırın Personeli Giriş/Maça Bölümü [7,2 saat]	08.01.2020 8 saat	Dimetiletilamin	1,95	30
15		Fırın Personeli Çıkış/Maça Bölümü [7,2 saat]	08.01.2020 8 saat	Dimetiletilamin	*-	30

* VOC konsantrasyonu tespit edilememiştir.

** Dimetiletilamin parametresi akreditasyon kapsamımızda olmadığı için bilgi amaçlı bakılmıştır.

- (1) Kanserojen veya Mutajen Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik – Ek-1 'de belirtilen Maruziyet Sınır Değerleri.
- (2) Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik – Ek-1 'de belirtilen Maruziyet Sınır Değerleri.
- (3) OSHA (Occupational Safety and Health Administration) ve NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) gibi uluslararası İş Sağlığı Güvenliği kuruluşları sınır değerleri.

3.5. SONUÇ

Tesiste kişisel VOC maruziyeti ölçümleri gerçekleştirilmiş olup belirlenen VOC maruziyeti sonuçları, 6/8/2013 tarihli ve 28730 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanan "Kanserojen veya Mutajen Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik" ve bu mevzuat dahilinde referans alınan NIOSH ve OSHA gibi İş Sağlığı ve Güvenliği kuruluşlarının ve 12/8/2013 tarihli ve 28733 sayılı Resmî Gazete 'de yayımlanan "Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik" kapsamında değerlendirilmiş olup, **ölçümü yapılan 8 numaralı personelde sınır değer sağlanmadığı belirlenmiştir.**

Bu rapor _____ ve _____'nin yazılı izniyle hazırlanmıştır. Bu raporun kopyalanıp çoğaltılması, imzasız ve munursuz raporlar geçersizdir. Ölçüm sonuçları, sadece ölçüm enstrümanları proses koşullarıyla ilgili olarak geçerlidir. Numune alma ve taşıma işlemleri Numune Alma Prosedürüne, Numune Alma Talimatı ve Numune Alınması Uygun Olarak Gerçekleştirilmiştir. Analiz yapılan numunede, numunenin alınışından laboratuvarımıza teslimine kadar olan süreçte istenen parametrelerin belirlenmesinde teknik ve hukuki sorumluluk numuneyi, örnekleme alanına aittir. Bu rapor bilgi amaçlı olarak hazırlanmıştır ve resmi işlemlerde kullanılamaz.

İŞ HİJYENİ ÖLÇÜM RAPORU

AÇL/ISGR
7980/58

02/2020

ONAY

_____ tarafından
için hazırlanan AÇL/ER/7980/58 numaralı bu rapor iş hijyeni
ölçüm sonuçlarını içermektedir.

Bu rapor _____ ve _____'nin yazılı izniyle kısmen kopyalanıp çoğaltılmaz. İmzasız ve mühürlü raporlar geçersizdir. Ölçüm sonuçları, sadece ölçüm sırasındaki proses koşullarıyla yapılan numune ile ilgilidir. Numune alma ve taşıma işlemleri Numune Alma Prosedürüne, Numune Alma Talimatı ve Numune Alınması Uygun Olarak Gerçekleştirilmiştir. Analiz yapılan numunede, numunenin alınışından laboratuvarımıza teslimine kadar olan süreçte bakılması istenen parametrelerin belirlenmesinde teknik ve hukuki sorumluluk numuneyi, örnekleme alanına aittir. Bu rapor bilgi amaçlı olarak kullanılmamalıdır.

Ek 2. Özgeçmiş

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Onur ŞAHİN
Doğum Yeri ve Tarihi : Yozgat/24.05.1976
Yabancı Dili : İngilizce
Telefon : 0533 592 31 87
E-Posta : onursahin6677@gmail.com

Eğitim Durumu :

Lise : Yozgat Lisesi /1995
Lisans : Erciyes Üniversitesi Müh.Mim.Fak.Makina Müh./2002
Yüksek Lisans : Üsküdar Üni. İş Sağlığı ve Güvenliği /2020

İş Tecrübesi :

Türkmenbaşı Doğalgaz Çevrim Santrali, Saha Mühendisi, 2002-2003
İçdaş Oksijen Tesisi İnşaatı, Saha Mühendisi, 2003-2004
Döktaş Dökümcülük A.Ş. Yard.İşl.Mühendisi, 2004-2008
Döktaş Dökümcülük A.Ş. Maça Bakım Mühendisi, 2008-2012
Döktaş Dökümcülük A.Ş. Maça Üretim Sorumlusu , 2012-2014
Döktaş Dökümcülük A.Ş. Kalıplama, Maça Bölüm Yöneticisi, 2014-2016
Döktaş Dökümcülük A.Ş. İş Sağlığı ve Güvenliği Sor. 2016-.....