

T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANA BİLİM DALI



PLAZMA KESME İŞLEMİNDE SULU ZEMİN KULLANIMININ
ÇALIŞMA ORTAMINA YAYILAN METAL TOZLARININ
TUTULMASINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖMER SİNOPLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DR. ÖĞR. ÜYESİ ÖZKAN ESKİ

NİSAN - 2025
KASTAMONU

TEZ ONAYI

Ömer SİNOPLU tarafından hazırlanan “**PLAZMA KESME İŞLEMİNDE SULU ZEMİN KULLANIMININ ÇALIŞMA ORTAMINA YAYILAN METAL TOZLARININ TUTULMASINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı **17.04.2025** tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Dr. Öğr. Üyesi Özkan ESKİ Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Mehmet AKKAŞ Kastamonu Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Harun ÇUĞ Karabük Üniversitesi	

Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Enstitü Müdürü	Doç. Dr. Selçuk MEMİŞ	
----------------	-----------------------	-------

TAAHHÜTNAME

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu; ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını, bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini bildirir ve taahhüt ederim.

Ömer SİNOPLU

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PLAZMA KESME İŞLEMİNDE SULU ZEMİN KULLANIMININ ÇALIŞMA ORTAMINA YAYILAN METAL TOZLARININ TUTULMASINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖMER SİNOPLU

KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANA BİLİM DALI
DANIŞMAN:DR. ÖĞR. ÜYESİ ÖZKAN ESKİ

Bu çalışmada plazma kesme işlemi sırasında sulu altlık kullanımının ortama yayılan toz miktarı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Havaya yayılan tozun tutulma işlemi kesme akımı kullanılarak gerçekleştirildi. Bu kesme işlemi için 40 ve 60 Amperlik akım şiddeti seçilmiş, sulu ve susuz altlık kullanarak 5 mm kalınlığındaki sac levha kesimi yapılmıştır. Tozların tutulması için 2000 m³/h emiş hızı olan ve salyangoz tipi fan, HEPA ve kağıt filtreler kullanılmıştır. 5-10-15 ve 20 m'lik kesme işlemleri sonrasında filtrelerin ağırlıkları tartılmış ve filtrelerde elde edilen toz morfolojisi incelenmiştir.

Çalışmamızda sulu ortamın susuz ortama göre kıyasladığımızda sulu altlık kullanıldığında tozların bir miktarı suyun içinde absorbe olduğu görüldü. Hepa ve kağıt filtrelerde hepa filtrelerin 0,0114 mikron tane boyutuna kadar toz tutulduğu görüldü. Kullanılan iki tip filtre olan kağıt ve hepa filtreler aralarında kıyaslandığında gözle görülemeyen 1 µm altındaki tozların hepa filtre tarafından tutulabildiği ve hepa filtre kullanımı daha etkin bir filtreleme gerçekleştirmiştir.

Sonuç olarak artan akım şiddetine bağlı olarak ortama yayılan toz miktarının arttığı, sulu altlık kullanılarak ortama yayılan toz miktarında önemli ölçüde azalma sağladığı görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER:Plazma Ark Kaynağı, Hepa Filtre, Toz Haznesi

Nisan 2025, 98 Sayfa

ABSTRACT

MSC THESIS

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE USE OF WATER GROUND IN PLASMA CUTTING PROCESS ON THE RETENTION OF METAL DUSTS SPREAD IN THE WORKING ENVIRONMENT

ÖMER SİNOPLU

**KASTAMONU UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
DEPARTMENT OF OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY
SUPERVISOR:ASSIST. PROF. DR. ÖZKAN ESKİ**

In this study, the effect of using aqueous substrate during the plasma cutting process on the amount of dust emitted to the environment was investigated. The process of retaining the dust emitted in the air was carried out using the shear current. For this cutting process, current strength of 40 and 60 Amperes was selected, and 5 mm thick sheet metal was cut using wet and non-aqueous substrates. Snail type fan with a suction speed of 2000 m³/h, HEPA and paper filters are used to hold the dust. After cutting operations of 5-10-15 and 20 m, the weights of the filters were weighed and the dust morphology obtained in the filters was examined.

In our study, when we compared the aqueous environment with the non-aqueous environment, it was seen that some of the dust was absorbed in the water when aqueous substrate was used. In HEPA and paper filters, it was observed that HEPA filters retained dust up to 0.0114 micron grain size. When the two types of filters used, paper and HEPA filters, are compared to each other, the dust under 1 µm, which cannot be seen with the naked eye, can be retained by the HEPA filter and the use of HEPA filters has achieved a more effective filtration.

As a result, it has been observed that the amount of dust emitted to the environment increases due to the increasing current intensity, and the amount of dust emitted to the environment by using aqueous substrate has decreased significantly.

KEYWORDS:Plasma Arc Welding, Hepa Filter, Dust Grain

April 2025, 98 Page

TEŞEKKÜR

Bu tezin önerilmesinde ve yönlendirilmesinde sağladığı büyük katkılardan dolayı ve çalışmalar sırasında fikir ve tecrübeleriyle bana yardımcı olan ve deneyler sırasında beni yönlendiren tez danışmanım sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Özkan ESKİ'ye; deneysel çalışmalarında yapmış olduğu yardımlardan dolayı sayın hocam Prof. Dr. Serkan ISLAK'a, Prof. Dr. M. Sabri GÖK'e ve tüm hocalarıma sonsuz teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Tez çalışmaları süresince desteklerini hiç eksik etmeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ÖMER SİNOPLU

Kastamonu, 2025

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ ONAYI	ii
TAAHHÜTNAME	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1 İş Sağlığı ve Güvenliği Kavramı.....	3
2.1.1 İş Sağlığı ve Güvenliğinin Tarihçesi	5
2.1.2 İş Sağlığı ve Güvenliğinin Amaçları	9
2.1.2.1 Çalışanları korumak	10
2.1.2.2 Üretim güvenliğini sağlamak	10
2.1.2.3 İşletme güvenliğini sağlamak.....	11
2.1.3 İş Sağlığı ve Güvenliğinin Temel İlkeleri.....	11
2.1.4 İş Sağlığı ve Güvenliğinin Önemi	12
2.1.5 İş Sağlığı ve Güvenliği Farkındalığı.....	13
2.1.5.1 Çalışanların iş sağlığı ve güvenliği farkındalığı.....	13
2.1.5.2 İşverenlerin iş sağlığı ve güvenliği farkındalığı.....	15
2.1.5.3 İş Sağlığı ve güvenliği tedbirlerinin önemi.....	16
3. METAL KESME YÖNTEMLERİ	17
3.1 Giriş.....	17
3.2 Talaşlı Kesme.....	17
3.3 Talaşsız Kesim	18
3.3.1 Termal Kesme.....	18
3.3.2 Lazer Kesim	18
3.3.3 Oksijen İle Kesme.....	19
3.3.4 Tel Erozyonu.....	19
3.3.5 Plazma Arkı İle Kesme	20
3.3.5.1 PAC (Plazma arkı ile kesme işlemi) makinelerinin tarihçesi.....	20
3.3.5.2 PAC makinalarının çalışma prensipleri ve bileşenleri	21
3.4 Kaynak İşlerinde Oluşan Tehlikeler ve Çalışanlar Üzerindeki Etkileri.....	25
3.5 Kaynak İşlerinde Oluşan Gaz, Duman ve Tozların Tehlikesi	26
3.6 Kaynak İşleminde Sağlığa Zararlı Olan Unsurlar ve Korunma Yöntemleri	28
3.6.1 Gazlar	28
3.6.2 Metal Dumanları	31
3.6.3 Zararlı Gazlardan Korunma Yöntemleri.....	32
3.6.3.1 Havalandırma sistemleri.....	32
3.6.3.1.1 Genel havalandırma sistemi.....	33

3.6.3.1.2	Lokal havalandırma sistemi	34
3.6.4	Tozlar	36
3.7	Havadaki Kirleticiler ve Partiküller	38
3.8	Mesleki Solunum Sistemi Hastalıkları	40
4.	YÖNTEM	43
4.1	Amaç ve Yöntem	43
5.	SONUÇ ve ÖNERİLER	45
5.1	Sonuç	45
5.1.1	Sonuçların Değerlendirilmesi	61
5.2	Öneriler	64
KAYNAKLAR		65
EKLER		69
EK A.	Sem Görüntüleri	70
EK B.	EDS Sonuçları	78
EK C.	Susuz ve Sulu Ortamda İşlem Görmüş Filtreler	86
EK D.	Susuz ve Sulu Ortamda İşlem Görmüş Filtrelerin SEM Görüntüleri	88
EK E.	Yapılan Çalışmada Elde Edilen Tozun Sem Görüntüsündeki Bazı Tanelerin Çapların Ölçüleri	91
EK F.	Kağıt ve Hepa Filtrede 40A ve 60A de Sulu ve Susuz Ortamda Tutulan Toz Miktarlarının Morfolojik Karşılaştırılması	93
ÖZGEÇMİŞ		98

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1 Lazer kesim.....	19
Şekil 3.2 Plazma torcu kurulum çizimi	23
Şekil 3.3 Meme	24
Şekil 3.4 Kalkan.....	24
Şekil 3.5 Kalkan başlığı	24
Şekil 3.6 Tavsiye edilen genel havalandırma örnekleri	34
Şekil 3.7 Tavsiye edilmeyen genel havalandırma örneği.....	34
Şekil 3.8 Çeşitli lokal havalandırma sistemleri.....	35
Şekil 3.9 Lokal havalandırma sisteminin temel bileşenleri	36
Şekil 3.10 Farklı partikül boyutları	39
Şekil 3.11 Solunum sistemi etkilenme mekanizması.....	40
Şekil 4.1 Deneysel çalışma düzeneği	43
Şekil 4.2 Deneysel çalışmada kullanılan malzemeler	44
Şekil 5.1 Kağıt filtrede 40A’de susuz ortamda tutulan toplam toz miktarları	46
Şekil 5.2 Kağıt filtrede 40A’de susuz ortamda işlem sonrası filtreden dökülen ve filtre içindeki yapıda tutulan toz miktarları	46
Şekil 5.3 Kağıt filtrede 40A’de de susuz ortamda tutulan tozların morfolojisi	46
Şekil 5.4 Kağıt filtrede 40A susuz ortamda tutulan tozların (a)’daki ve 500x (b)’deki 1000x SEM görüntüleri.....	47
Şekil 5.5 Kağıt filtre 40A’de susuz ortamdaki filtrenin (a)’daki 100x (b)’deki 250x SEM görüntüsü.....	47
Şekil 5.6 Kağıt filtrede 40A’de susuz ortamda tutulan tozların EDS sonuçları.....	47
Şekil 5.7 Kağıt filtrede 60A’de susuz ortamda tutulan toplam toz miktarları	48
Şekil 5.8 Kağıt filtrede 60A’de susuz ortamda işlem sonrası filtreden dökülen ve filtre içindeki yapıda tutulan toz miktarları	48
Şekil 5.9 Kağıt filtrede 60 A’de susuz ortamda tutulan tozların morfolojisi	49
Şekil 5.10 Kağıt filtre işleminde 40 ve 60 amperde susuz ortamda elde edilen tozun 500x SEM görüntüsündeki bazı tanelerin çapların ölçüleri	49
Şekil 5.11 Hepa filtrede 40A’de susuz ortamda tutulan toplam toz miktarları.....	51
Şekil 5.12 Hepa filtrede 40A’de susuz ortamda işlem sonrası filtreden dökülen ve filtre içindeki yapıda tutulan toz miktarları	51
Şekil 5.13 Hepa filtrede 40A’de susuz ortamda tutulan tozların morfolojisi	51
Şekil 5.14 Hepa filtrede 40A’de susuz ortamda tutulan tozların (a)’daki ve 500x (b)’deki 1000x SEM görüntüleri	52
Şekil 5.15 Hepa filtre 40A’de susuz ortamdaki filtrenin (a)’daki ve 100x (b)’deki 250x SEM görüntüsü.....	52
Şekil 5.16 Hepa filtre işleminde 40A ve 60A de susuz ortamda elde edilen tozun 500x SEM görüntüsündeki bazı tanelerin çapların ölçüleri	53
Şekil 5.17 Hepa filtrede 60A’de susuz ortamda tutulan toplam toz miktarları.....	53
Şekil 5.18 Hepa filtrede 60A’de susuz ortamda işlem sonrası filtreden dökülen ve filtre içindeki yapıda tutulan toz miktarları	54
Şekil 5.19 Hepa filtrede 60A’de susuz ortamda tutulan tozların morfolojisi	54
Şekil 5.20 Kağıt filtrede 40 amperde sulu ortamda tutulan toplam toz miktarları.....	55

Şekil 5.21 Kağıt filtrede 40A’de sulu ortamda işlem sonrası filtreden dökülen ve filtre içindeki yapıda tutulan toz miktarları.....	56
Şekil 5.22 Kağıt filtrede 40A’de sulu ortamda tutulan tozların morfolojisi	56
Şekil 5.23 Kağıt filtrede 60A’de sulu ortamda tutulan toplam toz miktarları	57
Şekil 5.24 Kağıt filtrede 60A’de sulu ortamda işlem sonrası filtreden dökülen ve filtre içindeki yapıda tutulan toz miktarları	57
Şekil 5.25 Kağıt filtrede 60A’de sulu ortamda tutulan tozların morfolojisi	57
Şekil 5.26 Hepa filtrede 40A’de sulu ortamda tutulan toplam toz miktarları.....	58
Şekil 5.27 Hepa filtrede 40A’de sulu ortamda işlem sonrası filtreden dökülen ve filtre içindeki yapıda tutulan toz miktarları	59
Şekil 5.28 Hepa filtrede 60A’de sulu ortamda tutulan toplam toz miktarları.....	59
Şekil 5.29 Hepa filtrede 60A’de sulu ortamda işlem sonrası filtreden dökülen ve filtre içindeki yapıda tutulan toz miktarları	59
Şekil 5.30 (a) Kağıt filtre işleminde 40A’de, (b) kağıt filtre işleminde 60 amperde (c) hepa filtre işleminde 40 amperde, (d) hepa filtre işleminde 60 amperde susuz ortamda elde edilen tozun 500x SEM görüntüsündeki bazı tanelerin çapların ölçüleri	60
Şekil 5.31 (a) Kağıt filtre işleminde 40A’de, (b) kağıt filtre işleminde 60A’de (c) hepa filtre işleminde 40A’rde, (d) hepa filtre işleminde 60A’de sulu ortamda elde edilen tozun 500x SEM görüntüsündeki bazı tanelerin çapların ölçüleri.....	61
Şekil 5.32 Kağıt filtrede 40A’de susuz ve sulu ortamda filtre yapısında tutulan toz miktarları karşılaştırılması.....	62
Şekil 5.33 Kağıt filtrede 60A’de susuz ve sulu ortamda filtre yapısında tutulan toz miktarları karşılaştırılması.....	62
Şekil 5.34 Hepa filtrede 40A’de susuz ve sulu ortamda filtre yapısında tutulan toz miktarları karşılaştırılması.....	63
Şekil 5.35 Hepa filtrede 60A’de susuz ve sulu ortamda filtre yapısında tutulan toz miktarları karşılaştırılması.....	63
Şekil A 1 Kağıt filtrede 40A susuz ortamda tutulan tozların SEM görüntüleri	70
Şekil A 2 Kağıt filtrede 60 amperde susuz ortamda tutulan tozların SEM görüntüleri	71
Şekil A 3 Hepa filtrede 40A susuz ortamda tutulan tozların SEM görüntüleri	72
Şekil A 4 Hepa filtrede 60A susuz ortamda tutulan tozların SEM görüntüleri	73
Şekil A 5 Kağıt filtrede 40A sulu ortamda tutulan tozların SEM görüntüleri	74
Şekil A 6 Kağıt filtrede 60A sulu ortamda tutulan tozların SEM görüntüleri	75
Şekil A 7 Hepa filtrede 40A sulu ortamda tutulan tozların SEM görüntüleri.....	76
Şekil A 8 Hepa filtrede 60A sulu ortamda tutulan tozların SEM görüntüleri.....	77
Şekil B 1 Kağıt filtrede 40A susuz ortamda tutulan tozların EDS sonuçları	78
Şekil B 2 Kağıt filtrede 60A susuz ortamda tutulan tozların EDS sonuçları	79
Şekil B 3 Hepa filtrede 40A susuz ortamda tutulan tozların EDS sonuçları	80
Şekil B 4 Hepa filtrede 60A susuz ortamda tutulan tozların EDS sonuçları	81
Şekil B 5 Kağıt filtrede 40A sulu ortamda tutulan tozların EDS sonuçları	82
Şekil B 6 Kağıt filtrede 60A sulu ortamda tutulan tozların EDS sonuçları	83
Şekil B 7 Hepa filtrede 40A sulu ortamda tutulan tozların EDS sonuçları.....	84
Şekil B 8 Hepa filtrede 60A sulu ortamda tutulan tozların EDS sonuçları.....	85
Şekil C 1 Kağıt filtrelerin işlem görmüş hali	86
Şekil C 2 Hepa filtrelerin işlem görmüş hali.....	87
Şekil D 1 Kağıt filtre 40A susuz ortamdaki filtrenin SEM görüntüsü.....	88

Şekil D 2 Kağıt filtre 60A susuz ortamdaki filtrenin SEM görüntüsü.....	88
Şekil D 3 Kağıt filtre 40A sulu ortamdaki filtrenin SEM görüntüsü	88
Şekil D 4 Kağıt filtre 60A sulu ortamdaki filtrenin SEM görüntüsü	89
Şekil D 5 Hepa filtre 40A susuz ortamdaki filtrenin SEM görüntüsü	89
Şekil D 6 Hepa filtre 60A susuz ortamdaki filtrenin SEM görüntüsü	89
Şekil D 7 Hepa filtre 40A sulu ortamdaki filtrenin SEM görüntüsü	90
Şekil D 8 Hepa filtre 60A sulu ortamdaki filtrenin SEM görüntüsü	90
Şekil E 1 Kağıt filtre işleminde 40A ve 60A susuz ortamda elde edilen tozun SEM görüntüsündeki bazı tanelerin çapların ölçüleri.....	91
Şekil E 2 Kağıt filtre işleminde 40A ve 60A sulu ortamda elde edilen tozun SEM görüntüsündeki bazı tanelerin çapların ölçüleri	91
Şekil E 3 Hepa filtre işleminde 40A ve 60A susuz ortamda elde edilen tozun SEM görüntüsündeki bazı tanelerin çapların ölçüleri	92
Şekil E 4 Hepa filtre işleminde 40A ve 60A sulu ortamda elde edilen tozun SEM görüntüsündeki bazı tanelerin çapların ölçüleri	92
Şekil F 1 Kağıt filtrede 40A ve 60A susuz ortamda tutulan toz miktarlarının morfolojik karşılaştırılması	93
Şekil F 2 Kağıt filtrede 40A ve 60A sulu ortamda tutulan toz miktarlarının morfolojik karşılaştırılması	94
Şekil F 3 Hepa filtrede 40A ve 60A susuz ortamda tutulan toz miktarlarının morfolojik karşılaştırılması	95
Şekil F 4 Kağıt filtrede 40A susuz ve sulu ortamda tutulan toz miktarlarının morfolojik karşılaştırılması	96
Şekil F 5 Kağıt filtrede 60A susuz ve sulu ortamda tutulan toz miktarlarının morfolojik karşılaştırılması	97

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 3.1 PAC makinelerinin tarihteki başlıca gelişmeleri	21
Tablo 3.2 Kaynak işlemlerinde oluşan hava kirlilikleri	37
Tablo 3.3 Atmosferde partikül dağılımı	40
Tablo 3.4 Mesleki ve maruziyet kaynaklı solunum sistemi hastalıkları	42
Tablo 5.1 Kağıt filtre kullanılarak susuz ortamda tutulan toz miktarları	45
Tablo 5.2 Hepa filtre kullanılarak susuz ortamda tutulan toz miktarları	50
Tablo 5.3 Kağıt filtre kullanılarak sulu ortamda tutulan toz miktarları	55
Tablo 5.4 Hepa filtre kullanılarak sulu ortamda tutulan toz miktarları	58

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

A	: Amper
C	: Karbon
C₃H₈	: Propan
C₃H₈	: Propan
CO₂	: Karbondioksit
CO₂	: Karbondioksit
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
Fe	: Demir
Fe	: Demir
H₂	: Hidrojen
H₂	: Hidrojen
K	: Kelvin
Mo	: Molibden
Ni	: Nikel
NO	: Azot monoksit
NO₂	: Azot dioksit
ZnO	: Çinko oksit

Kısaltmalar

CNC	: Bilgisayar kontrollü sistemler
ILO	: Uluslararası Çalışma Örgütü
IR	: Kızılötesi
M.Ö	: Milattan önce
MAK	: Günlük 8 saat içerisinde solunan havada izin verilen en yüksek konsantrasyon
PAC	: Plazma arkı ile kesme işlemi
ppm	: Milyonda bir birime verilen isim
TIG	: Tungsten inert gaz
TWA	: Günlük 8 saat içerisinde solunan havada izin verilen en yüksek konsantrasyon
UV	: Ultraviyole
WEDM	: Tel elektrik deşarj işleme
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü

1. GİRİŞ

Plazma arkı ile kesme 1950'li yıllarda alüminyum ve yüksek alaşımlı çeliklerin daha kolay kesilebilmesi için geliştirilmiş bir yöntemdir. Teknolojik gelişmelerle birlikte plazma arkı yöntemi elektriksel iletkenliğe sahip tüm metallerin kesilmesine fırsat imkan tanıyan sağlayan bir yöntem haline gelmiştir. Elektrik arkının dar bir delikten geçmeye zorlanmasıyla daha yoğun ve ergitme gücü çok daha yüksek bir ortam oluşur. Daralan elektrik arkının merkezindeki sıcaklık 25.000-30.000°K düzeyine kadar çıkabilmektedir.

Plazma ile kesme yönteminde meydana gelen daraltılmış ark, gerek sıcaklığı gerek yüksek enerjiden kaynaklı hızlı bir kesme işlemine imkan vermektedir. Oksijen ile kesme işleminden ayrı olarak kesme bölgesindeki metal, eritme, oksitlenme ve buharlaşma ile bölgeden uzaklaştırılabilir hale gelir. Plazma arkının kısılmasında kullanılan gazların yüksek bir hızda ve yüksek kinetik enerjisi sayesinde bu bölgeden uzaklaştırılır ve parça kesilmiş olur.

Plazma ile kesilecek malzemenin özelliklerine bağlı olarak hava, soy gazlar (argon, helyum vb.) kullanılabilir. Plazma gazlarının yüksek hızdaki hareketiyle kesilen bölgeden uzaklaştırılan erimiş metal, metal oksitler ve metal buharı gerekli tedbirler alınmadığı zaman ortam havasına karışmaktadır. Orta güçteki bir plazma kesme cihazında dakikada 200-300 litrelik bir gaz debisi kullanılmaktadır. Bu da dakikada 200-300 litrelik kullanılmış bir kirli havanın ortama bırakılması anlamına gelmektedir. Küçük çaplı da olsa kesim bölgesinden çıkan zararlı gazları ve partikülleri ihtiva eden hava, çalışma ortamından aktif bir şekilde uzaklaşmamaktadır. Kesme işlemi sonucunda ortaya çıkan metal cürufalarının ve katı partiküllerin ortama yayılmasını azaltmak amacıyla sulu zeminler kullanılmaktadır. Çalışma ortamının havalandırılması ve kesme bölgesindeki havanın dışarı atılması, sulu zemin kullanımı ile birlikte çıkan tozların ortama dağılmasını azaltmaktadır. Ancak pek çok iş yerinde sulu zemin ve cebri havalandırma kullanılmamaktadır.

Metallerin küçük tane boyutuna sahip oksitleri ve metal tozları çalışma ortamının hava kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu tozların havada asılı kalması

durumlarında solunum sistemine yerleşmesi çalışan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sahiptir. Maske kullanımı, özellikle sulu altlık ve cebri havalandırma sistemlerinin kullanılmadığı ortamlarda etkili bir yöntem olma özelliğini kısa sürede yitirmekte, hızla dolduğundan nefes alımını zorlaştırmakta ve koruma etkisini yitirmektedir.

Bu çalışmada plazma kesme işlemi sırasında zeminde kullanılan sulu ortamın bu işlem sırasında havaya karışan metal tozları üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Su altlık kullanılarak havaya yayılan toz partiküllerin suyla absorbe edilebilirliği araştırılmıştır. Kesme işlemi sırasında ortama yayılacak metal tozlarının sulu zeminde tutulması çalışanların soluduğu ve içinde bulunduğu havanın kalitesi üzerinde olumlu etki yaratacaktır. Aynı zamanda kişisel koruyucu donanımların daha uzun süreli ve etkin kullanımının da önü açılacaktır. Toz miktarlarının daha küçük düzeyde ortama yayılmasını sağlayan parametreler belirlenebilirse daha bilinçli bir kesme işlemi yapılabilecek ve çalışanların sağlığı daha az etkilenecektir.

Plazma kesme işleminde ortaya çıkan gazların ve tozların üzerinde sulu zemin kullanımının etkisi ile ilgili bir çalışmaya literatürde rastlanılmamıştır. Örtülü elektrotlarla yapılan kaynak işlemlerinde ortaya çıkan gazların türü, seviyesi ve kaynak akımı ile olan ilişkisi üzerine çalışılmaktadır. Gazların türü, seviyesi ve kaynak akımı ile ilgili çalışmalar bazı kitaplarda ‘plazma ile kesme işlemlerinde iş güvenliği’ başlığı altında yer alan işlem sırasında oluşan zararlı gazlar oluştuğu, metal tozlarının oluştuğuna yer verilmekle birlikte detaylı bir bilgilendirme bulunmamaktadır. Bu nedenle yapılacak çalışma bu alanda bir ilk olacaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 İş Sağlığı ve Güvenliği Kavramı

Sistemli olarak işçi işveren şeklinde insanların hayatlarını devam ettirebilmeleri için, birbirlerinin emeklerine ihtiyaç duyan insanoğlu iş birliğini çağlar boyu devam ettirmiştir. Çalışma hayatında yaşanan kazalar ve bunun yarattığı kayıplar sebebiyle iş güvenliği bir ihtiyaç haline gelmiştir.

İşçi ve işveren sınıfları sanayi devrimi ile birlikte sanayileşmiş ülkelerde biçimsel olarak ortaya çıkmaya başlamıştır. Bununla birlikte de iş sağlığı ve güvenliği konularına ağırlık verilmeye başlanmıştır. Çünkü sanayileşme ile birlikte iş ve iş ortamıyla ilgili riskler giderek artmış bu da birtakım önlemlerin alınmasını zorunlu hale getirmiştir. Konu ile ilgili ILO (Uluslararası Çalışma Örgütü) ortak komitesinin yapmış olduğu tanıma göre (1951) iş sağlığı, tüm meslekler kapsamında çalışanların hem bedensel hem sosyal hem de ruhsal iyilik hallerinin korunması, geliştirilmesi hem de en üst seviyede sürdürülmesi ve gerek işin insana gerekse insanın işe uyumunun sağlanması durumudur (Solma ve Solmaz 2017, Orhan 2014). İş güvenliği ise gerek sağlıklı gerekse güvenli çalışma ortamının oluşturulmasıyla birlikte hem maddi hem de manevi kayıpların önlenmesi böylelikle de verimliliğin artırılması anlamına gelmektedir (Karamık ve Şeker, 2015).

Sanayileşme beraberinde birtakım olumsuzluklar da oluşturmuştur. İş yerindeki bazı koşullar personelin sağlığını ve güvenliğini olumsuz olarak etkilemiştir. Yani insanları kaçamayacakları risklerle karşı karşıya getirmiştir. Teknolojik gelişmelerin hız kazanması üretim yöntemlerini karmaşık hale de getirmiştir. Sanayi alanına giren birçok kimyasal madde, yeni enerji kaynaklarının endüstride kullanımı da birçok tehlikeyi beraberinde getirmiştir. Bu durum çalışanların meslek hastalıkları ve iş kazalarına karşı korunması ihtiyacını ortaya çıkarmıştır (Tekin, 1991).

İş sağlığı ve güvenliği, işin yürütülmesiyle birlikte oluşacak olan zararlı ortam, koşul ve güvenliği tehlikeye atacak durumları en az seviyeye indirmek, üretimde devamlılığı sağlamak ve verimliliği arttırmayı amaçlamaktadır. Bu, hem sağlık ve güvenlik

açısından çalışanları korurken hem de üretim güvenliliği ve devamlılığını sağlamak ayrıca acil durum tedbirleri olarak da işletme güvenliğini sağlama anlamlarına gelmektedir (Topgl ve Alan, 2017). Başka bir ifadeyle iş sağlığı; mesleki risklerin hem çalışan hem de işletme açısından tehlikeli durumlarının ortadan kaldırılması amacıyla sistemli ve bilimsel kurallar ışığında geliştirilen uygulamaları kapsamaktadır (Bayraktaroğlu vd., 2018).

Bir kuruluşun başarısını etkileyen en önemli unsurlardan biri iş gücüdür. Bunlar sayesinde işletmeler daha iyi çalışır, yüksek kaliteli ürünler üretir ve satışlardan ve çeşitli yatırım seçeneklerinden büyük karlar elde eder. Bununla birlikte teknolojinin hızla gelişmesi, makineleşmenin artması, çeşitli üretim yöntemlerinin gelişmesi, işe yabancılaşma ve kendini çalıştığı iş yerine ait hissetmeme gibi nedenler sonucunda örgütlerde iş kazaları ve meslek hastalıkları sonucu hem maddi hem de manevi birçok kayıp yaşanmaktadır. Nitekim dünyada genelinde her 15 saniyede 1 çalışan iş kazası ya da meslek hastalığı sebebiyle yaşamını yitirirken, her 15 saniyede 160 işçi iş sebebiyle kaza geçirmektedir. Bununla birlikte hem iş kazası hem de meslek hastalığı sebebiyle günde yaklaşık 6.300 çalışan, yılda 2,3 milyon çalışan hayatını kaybetmektedir. Bu göstergeler de iş güvenliği ve sağlığının ne kadar büyük önem arz ettiğini göstermektedir (Karakaya ve Sancı, 2017).

İş Sağlığı ve Güvenliği ile ilgili çeşitli tanımlamalar yapılmaktadır. İş sağlığı ve güvenliğinin ağdaş anlamına bakıldığı zaman gerek iş kazaları gerekse meslek hastalıklarının tanı ve tedavileri dışında çalışanın hem sağlığını korumak hem de sağlığını bozabilecek tehlikeleri ortadan kaldırmaktır. İş güveliği ve sağlığı, tehlikelerin önlenmesiyle birlikte risklerin öngörülmesi bu risklerin değerlendirilerek tamamen ortadan kaldırılması ya da riskin en aza indirilmesi amacıyla yapılacak çalışmaları kapsamaktadır. Evrensel manada ise; henüz bir kazaya ya da tehlike meydana gelmemişken bile işletmede oluşabilecek her türlü tehlike ve riskin öngörülerek bunların kabul edilebilir olup olmadığına karar verilmesi çalışmalarının hepsini kapsamaktadır (Tozkoparan ve Taşoğlu, 2011).

2.1.1 İş Sağlığı ve Güvenliğinin Tarihçesi

İlk çağdan günümüze kadar insanoğlu yaşamını devam ettirebilmek ve ihtiyaçlarını karşılayabilmek için çalışmıştır. İlk çağlarda yiyecek bulabilmek, avcılık ve barınak temin edebilmek için çalışırken daha sonraki dönemlerde yerleşik hayata geçmesi ile birlikte toprağın işlenmesine yönelik çalışmıştır. Bu çağlarda iş bölümü işin niteliğine göre yapılmıştır. Yani avcılık ve barınak yapımı gibi ağır ve yaralanma riski fazla olan işlerde erkekler, yiyeceklerin hazırlanması çocuk bakımı gibi işlerde de kadınlar çalışmıştır. Bununla birlikte ilk çağlarda insanların sağlığını korumalarına yönelik neler yaptıklarına dair veriler çok sınırlıdır. Daha sonraları yerleşik hayata geçilmesiyle birlikte birçok araç ve gereç geliştirilmiş bu farklı aletlerle de farklı çalışma kolları meydana gelmiştir. Buradan da anlaşılabileceği üzere iş sağlığı ve güvenliğinin gelişme aşamaları uzun bir süreyi kapsamaktadır. Bu da günümüzdeki bilimsel anlamını kazanmasında birçok bilim insanına yol gösterici olmuştur (Can, 2019).

Tarihsel süreçte meydana gelen üretim ve üretim araçlarına bir takım gelişmeler, iş sağlığı ve güvenliğine yönelik endişelerin artmasına, birtakım problemlerin de meydana gelmesine sebep olmuştur. Buna paralel olarak da birçok çözüm önerisi ortaya çıkmıştır. Birçok kaynak taramasının ardından ilk çağın gelişmişlik seviyesi yüksek medeniyetlerinden olan Roma ve Mısır'da çalışan sağlığı ve güvenliğine yönelik birçok endişe ortaya çıktığına ve bu konuda düzenlemeler yapıldığı yönünde bulgulara rastlanmıştır (Tambay, 2018). Tarihsel süreçte bakıldığında dünya genelinde olduğu kadar Türkiye'de de iş yaşamında karşılaşılan sorunlar geçmişten günümüze kadar sık sık görülmektedir. Bu sebepten dünya ve Türkiye'de iş güvenliği ve sağlığı konusunda birçok düzenlemeye gidilmiştir (Dursun, 2013).

Eski Mısır'da M. Ö 2600'lü yıllarında yaşamış olan hem mühendis hem din adamı hem de hekim olan İmhotep çalışanların iş nedeniyle yaşadıkları sağlık problemlerini ilk dile getiren kişidir. Piramitlerin yapımı sırasında birçok kişinin öldüğü ya da belde sakatlanma ve ağır yaralanmaların olması gibi sağlık sorunlarını tespit etmiştir. M.Ö 2000'li yıllarda Hammurabi Kanunlarında işi yapanı işten kaynaklı olumsuzluklardan sorumlu tutulmuştur. Bu da iş sağlığı ve güvenliği konusunun temellerinden birini

oluşturmuştur. İş sağlığı ve güvenliği konusunda yazılı olan ilk kaynak ise Yunan düşünür Herodot' a dayanmaktadır. Ayrıca Herodot, çalışanların enerji değeri yüksek besinleri aldıkları takdirde verimliliklerinin de artacağını vurgulamıştır (Can, 2019). Aynı şekilde çalışanların yaptıkları işlerden zarar görebileceklerine yönelik bir diğer değerlendirme de Hipokrat tarafından dile getirilmiştir.

Hipokrat kurşunun zehirleyici etkisinden ilk kez söz eden kişidir. Nicarder de Hipokrat'ın çalışmalarını geliştirerek çalışanların sadece iş güvenliği ve sağlığı konusunun belirlenmesine yönelik değil zararlı etkilere korunmaya yönelik tedbirlerin alınması gerektiğini dile getirmiştir. Plini de çalışanların çalışma ortamında tehlikeli tozlara karşı kendilerini korumak amacıyla maske değil başlarına torba geçirmeleri gerektiğini dile getirmiştir. Ayrıca Yunan hekim Dioscorides Pedanius ile birlikte Roma ordusu için tıbbi araştırmalarda bulunmuşlardır. “İlaç Bilgisi Üzerine” adlı yazmış olduğu eserinde ilaçları sınıflandırarak zehirli maddeleri üç başlık altında toplamıştır. Yani bitkisel, hayvansal ve mineral kaynaklı olarak değerlendirmişlerdir (Çiçek ve Öçal, 2016).

17. yüzyılda İtalyan Bernardino Ramazzini (1633-1714) tarafından iş güvenliği ve sağlığı konusunda bilimsel olarak çalışmalar yapılmış ve “De Morbis Artificum Diatriba” isimli meslek hastalıklarına yönelik eser yazmıştır. Bununla birlikte iş güvenliği ve sağlığı konusunda İtalya’da üzerinde durulmuş olsa da gelişimi İngiltere’de daha hızlı olmuştur. Buhar makinelerinin 17. ve 18. yüzyılda İngiltere’de icadı ile mekanik sanayi gelişmeye başlamıştır. Madencilikte meydana gelen gelişmelerle birlikte sanayide de gelişmeler hız kazanmıştır. Rönesans’la birlikte gelen sanayi devrimiyle ve petrolün bulunmasıyla birlikte iş güvenliği ve sağlığı konusunun önemi daha da artmıştır (Serin ve Çuhadar, 2015).

19. yüzyıla gelindiğinde ise zaman sosyal güvenlik konuları ve sigorta gündeme gelmiştir. 1802’li yılında iş sağlığı ve güvenliği adına ilk yasa çıkartılmıştır. Yürürlüğe giren bu yasa “Çıraklık Sağlık ve Ahlak” kanunu adını almıştır. 1810 yılında imparator kararnamesi ve 1841 iş mevzuatı iş sağlığı ve güvenliği alanında yapılan önemli gelişmelerdendir. İngiltere de 1847 yılında “On Saat Yasası” uygulanmaya başlanmıştır. 1898 de iş yasası, 1946 ve 1956 yıllarında Sosyal Güvenlik yasaları kabul

edilmiştir. 1919 yılında ILO (Uluslararası Çalışma Örgütü) faaliyete başlamıştır. Daha sonraki süreçlerde ILO (Uluslararası Çalışma Örgütü) ve WHO (Dünya Sağlık Örgütü) ortak komisyon kurarak iş sağlığı hizmetlerinin hedeflerini belirlemişlerdir (Akgül ve Doğan, 2020). Avrupa Birliği'nin bazı çalışmaları ile iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarına çağdaş yaklaşımlar eklenmişti. 1987'de Tek Avrupa Senedi'nin kabul edilmesi, işyerinde işçi sağlığı ve güvenliği için düzenlemeler oluşturdu. Bununla birlikte Avrupa Birliği'nde iş sağlığı ve güvenliğine yönelik yasal düzenlemeler yönergelerle desteklenerek iş sağlığı ve güvenliğine yönelik uluslararası yasal mevzuat oluşturulmuştur (Yılmaz, 2021).

Türkiye de iş sağlığı ve güvenliği alanında ilk önceliği Osmanlı döneminde madencilik sektörü almıştır. Fakat burada iş sağlığı ve güvenliğinden kasıt madenlerin kesintiye uğramadan işletilmesidir. Bu yönde ilk uygulama Kanuni Sultan döneminde olmuştur. Kanuni tarafından ülke şartları da gözetilerek 1525-1536 yıllarında yayımlanan fermanla Saksonya Maden Kanunları uygulanmaya başlanmıştır. 1861 yılında Maden Nizamnamesi ile ilk ciddi uygulama yayımlanmıştır. Bu uygulama da yine iş sağlığı ve güvenliği açısından bakıldığında üretimin herhangi bir sekteye uğramaması yönünde olmuştur (Ünlü, 2019).

Cumhuriyetin ilanından sonra ise 1923 İzmir kongresinde iş güvenliği ve sağlığına dair yasal düzenlemeler yapılmakla birlikte bununla ilgili ilk kanunun çıkartılması 1936 yılında olmuştur. Ancak bu süreçten önce bazı düzenlemeler de olmuştur. Bunlar; 1924 yılında Hafta Tatili Yasası çıkartılmış, 1926 yılında Borçlar Yasası yürürlüğe girmiş olup işverene iş kazası ve meslek hastalıklarından meydana gelen hukuki sorumluluklar getirilmiştir. Bu yasa günümüzde de iş sağlığı ve güvenliği bakımından önemli hükümleri içermektedir. Yasa kapsamında endüstriyel kuruluşlarda kadın ve çocukların çalıştırılma koşulları, hamile kadınların doğum öncesi ve sonrası çalıştırılma koşulları ve çalışma yerinde işçi yasağı gibi konuları hükme bağlamıştır. 1936 yılı ile birlikte çalışma yaşamının birçok sorununu içine alan 3008 sayılı İş Yasası ile ülkemizde ilk defa iş güvenliği ve işçi sağlığı konularında detaylı ve daha sistemli bir düzenleme izlenmiştir. Ancak 1967 yılı itibariyle 3008 sayılı yasa günün gereksinimlerine cevap veremez hale gelmiş bu sebeple 931 sayılı İş Yasası çıkarılmıştır. Daha çağdaş ve daha geniş kapsamda düzenlemeleri içeren

1475 sayılı İş Yasası ise 1971 yılında yürürlüğe girmiştir (Bayraktaroğlu vd., 2018; Tüzüner ve Özasan 2011). 1982 Anayasasının pek çok hükmünde dolaylı olarak iş güvenliği ve sağlığı hakkını düzenlemiştir. Anayasa'nın 2. Maddesi, her ne kadar Türkiye Cumhuriyeti'nin insan haklarını savunan bir hukuk devleti olduğunu iddia etse de, aynı zamanda işçinin işyerinde bedensel sağlığını tehlikeye atabilecek çeşitli riskler nedeniyle devletten ve işvereninden bir şeyler talep etme hakkına sahip olduğunu da ileri sürmektedir. Bir diğer madde olan 60. Maddeye göre de çalışan herkes sosyal güvenlik hakkına sahiptir ve devlet bu güvenliği sağlar ve gerekli olan teşkilatı kurar, ibaresi bulunmaktadır. Bu da göstermektedir ki 2. Madde ile 60. Madde birlikte düşünüldüğü zaman çalışanların iş güvenliği ve sağlığının korunması konusunda devletin gerekli düzenlemeyi yapması ve bu konudan sorumlu teşkilatın kurulması devletin anayasal bir görevidir (Balkır, 2012).

1971 yılında yürürlüğe giren 1475 sayılı İş Yasası artık güncelliğini yitirdiğinden bu yasanın güncelleştirilmesi amaçlanarak 4857 sayılı “İş Yasası” 2003 yılında yürürlüğe konmuştur. İş yasa kapsamında iş sağlığı ve güvenliği konusu geçmişteki yasaya göre daha kapsamlı olarak ele alınmıştır. Yasanın temel amaçlarından biri olan iş kazalarının en alt seviyeye indirilmesi amacıyla AB normlarında iş sağlığı ve güvenliği denetim ve düzenleme mekanizması oluşturulmuştur (Dikmen vd., 2011).

2006 yılında 5510 sayılı Sosyal Sigortalar Kanunu ve 2012 yılında 818 sayılı Borçlar Kanunu yürürlüğe konulmuştur. Birçok iş kolunun oluşması ve iş çeşitliliğinin artması ile birlikte iş sağlığı ve güvenliğinin gün geçtikçe daha ayrıntılı olarak ele alınmasının gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Önemli bir gelişme olan işlerin sınıflandırılması da bu tedbirlerin başında gelmektedir. Bu yüzden 2009 yılında “İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin Tehlike Sınıfları Listesi Tebliği” yayımlanmıştır. Böylelikle işler sınıflandırılmış ve her iş için asgari şartlar detaylı olarak belirlenmiştir. İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili en belirgin adım 2012 yılında 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nun yürürlüğe girmesi ile birlikte atılmıştır. Bu kanunla birlikte 4857 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliğine Dair Maddeler ve Yönetmelikler iptal edilmiştir. 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu kapsamında birçok tüzük ve yönetmelik yayımlanmıştır (Bayraktaroğlu vd., 2018). Ayrıca 6331 sayılı kanunda iş sağlığı ve güvenliği alanında görev yapmak üzere bakanlıkça görevlendirilmiş, iş güvenliği uzmanlığı belgesine

sahip teknik elemanlar görevlendirilmiştir. Böylelikle iş sağlığı ve güvenliği daha sistemli ve daha profesyonel olarak ele alınmıştır (Karakaya ve Sancı, 2017).

6331 sayılı kanunun çıkartılmasının belli başlı sebepleri vardır. Bunlar;

- İş sağlığı ve güvenliğine dair birçok mevzuatın dağınık olması,
- Uygulamaya konulan mevzuatın denetiminde yaşanan yetersizlik,
- Güvenlik kültürü açısından bireylerin zayıf olması,
- Uygulamaya yönelik esasların sürekli değişiklik göstermesi,
- Çalışanların iş sağlığı ve güvenliği hizmetlerinden yaralanmaları yönünde ortaya çıkan ikili yapı,
- Bazı işyerlerinin iş güvenliği ve sağlığı kapsamındaki uygulamalar yönünden kapsam dışı bırakılması,
- Toplu sözleşme açısından tarafların konuya ilgisiz kalmaları (Kılış, 2013),

Özellikle tarım sektörü ve bazı küçük işletmelerin iş sağlığı ve güvenliği kapsamında yeterli bilgi birikimine sahip olmaması gibi nedenlerden dolayı 6331 sayılı kanun yürürlüğe girmiştir.

2.1.2 İş Sağlığı ve Güvenliğinin Amaçları

İş sağlığı ve güvenliği, ağır işçilik de dahil olmak üzere tüm işler ve tüm mesleklerde çalışanların çalışma yaşamlarının tüm yönleri için geçerlidir. Bu nedenle ergonomik bir çalışma düzeni oluşturmaya çalışır, iş sağlığı ve güvenliği açısından her alanda sağlık bozulmalarına karşı önleyici tedbirler alır (Çoban, 2019).

İşçilerin çalışmaları sırasında ortaya çıkabilecek her türlü tehlikeye karşı korunması iş sağlığı ve güvenliğinin temel amacıdır. Yasal açıdan bakıldığında, işçilerin görevlerini

yerine getirirken karşılaşılabilecekleri tehlikeleri ortadan kaldırmak veya en aza indirmek için işverenin kanundan doğan tüm yükümlülüklerini yerine getirmesi gerekmektedir. İşveren tüm bu görevleri yerine getirdiğinde ve işçi de tüm güvenlik önlemlerine alışıp gerekli eğitimleri aldığı anda olumlu sonuçlar alınacaktır (Ateş, 2019). İş sağlığı ve güvenliğinin genel olarak amaçları detaylı olarak aşağıda ele alınmıştır.

2.1.2.1 Çalışanları korumak

Çalışanların moral açısından güvenli ve sağlıklı olması durumunda uyumlu çalışarak verimliliği arttırmaları ayrıca ruhsal açıdan da sağlıklı olmaları arzu edilmektedir (Öztürk ve Babacan, 2012). Başka bir deyişle iş sağlığı ve güvenliğinin temel amacı, çalışanları olumsuz işyeri sonuçlarından korumaktır; diğer bir deyişle çalışanların fiziksel ve zihinsel sağlıklarını iş kazalarından ve hastalıklardan korumaktır (Horozoğlu, 2017). İş sağlığı ve güvenliğinin temel amacı, insanları işyerinden kaynaklanabilecek çeşitli sorunlardan korumak, fiziksel, zihinsel, sosyal ve kişisel refahlarını sağlamaktır (Akıllı ve Aydoğdu, 2013).

2.1.2.2 Üretim güvenliğini sağlamak

Gün içinde çalışanların başına gelebilecek kazaları azaltarak, o iş gününde kaybedilen işçi sayısını da azaltacaktır. Mevcut üretim seviyesinin tipik seyrinde devam etmesini sağlamanın yanı sıra, mevcut çıktının sürekliliğini sağlayacak ve çalışanların motivasyonunu artırarak verimliliğin artmasına yardımcı olacaktır. Başka bir deyişle, personel motivasyonu artacak ve verimlilik maksimum potansiyeline ulaşacaktır (Dudu, 2019). Üretim güvenliğinin oluşturulması ile ilgili olarak düzenlemeler, denetimler ve problemlerin değerlendirmesi ile iş kazalarının ve meslek hastalıklarının oluşmasını önlemek için sağlık ve güvenlik önlemlerinin alınması, çalışanların çalışma potansiyellerinin ortaya çıkarılması ve işe devam oranlarının artırılması onların maksimum düzeyde performans göstermesini sağlar (Baybora, 2012).

2.1.2.3 İşletme güvenliğini sağlamak

İşyeri güvenliğini garanti altına almak için yapılan araştırmanın iki hedefi vardır. Bunlar arasında hem hoş olmayan durumların hem de kaza ihtimalinin önceden tespit edilmesi, istenmeyen durumların tespit edilerek önleyici tedbirlerin alınması ve olası doğrudan veya dolaylı zararların ve buna bağlı maliyetlerin önlenmesi yer almaktadır (Erkan, 2019).

2.1.3 İş Sağlığı ve Güvenliğinin Temel İlkeleri

Küreselleşme ile birlikte çalışanlara verilen değer artmış böylece çalışma hayatı daha katlanılabilir bir hale dönüşerek yaşam kalitesi yükselmiştir. Böylelikle yüksek refah seviyesi olan ülkelerde bu amaç için her geçen gün yenilikler yapılmaktadır. Modern işyerinde işçiler, işverenlerinin varlığı, kazaların ve meslek hastalıklarının azaltılması, üretim kayıplarının ortadan kaldırılması ve uygun güvenlik önlemlerinin uygulanması gibi şeyler ararlar. Dolayısıyla işyerlerinde iş güvenliği önlemlerinin alınmasıyla birlikte çalışanların fiziksel ve ruhsal açıdan tam anlamıyla bir uyum durumunun sağlanması iş yerinde sağlığa ve güvenliğe dair zararlı unsurların yok edilmesi çok önemlidir (Olçay, 2019).

ILO Konferansında alınan kararlar çerçevesinde iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili temel ilkeler tanımlamıştır.

Bu ilkeler şunlardır (Tambay, 2018):

- Bütün işçilerin hakları bulunmaktadır,
- İş sağlığı ve güvenliği açısından ulusal sistemler kurulmalıdır,
- İş sağlığı ve güvenliği politikaları belirlenmelidir,
- Hem çalışana hem işverene iş sağlığı ve güvenliği için danışılmalıdır,
- İş sağlığı ve güvenliği amacıyla ulusal programlar hazırlanmalıdır,

- Sağlık koşullarının üst seviyeye çıkarılması iş sağlığı uygulamalarında en önemli unsurdur,
- İş sağlığı ve güvenliği politikaları zorunlu tutularak sürekli denetlenmelidir.

İş sağlığı ilkelerine bakıldığında çalışanların sağlık düzeyini gösteren faktörler iki kısımdır. Bunlardan biri bireye ait özellikler diğeri çalışma ortamı faktörleridir. Ayrıca bunları sağlamaya yönelik birtakım tedbirler ve bu tedbirleri içeren ilkeler bulunmaktadır. Bu ilkeler ise şunlardır (Çoban, 2019):

- Çalışma ortamında bulunan risklerin belirlenmesi,
- Kişinin şartlarına uygun işe yerleştirilmesi,
- Sağlığa yönelik risklerin kontrol edilmesi,
- Sürekli kontrol muayenelerinin yapılması,
- Çalışma ortamlarında verilen sağlık hizmetleri ve çalışanlara danışmanlık yapılmasıdır.

2.1.4 İş Sağlığı ve Güvenliğinin Önemi

Sanayileşmenin bir sonucu olarak çözülmesi gereken en önemli sorunlardan biri çalışanların işyerinde güvenli ve sağlıklı olmalarının sağlanmasıdır. Çağdaş toplumların temel hedeflerinden biri, toplumun her kesimine fayda sağlayan sanayileşme ve teknik ilerlemenin bedelini işçilerin ödemesine izin vermekten kaçınmaktır. Bundan dolayı her toplumda olduğu gibi Türk toplumunda da iş sağlığı ve güvenliği konusuna önem verilmiş bu amaçla 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu başta olmak üzere bu amaçla birçok düzenleme yapılmış, hem çalışanların hem de işverenlerin sorumluluk sınırları belirlenmiştir (Medeni, 2014).

İş güvenliği prosedürleri kurumlarda her geçen gün daha yaygın hale gelmektedir. İş kazalarının ve bunlardan kaynaklanan zararların azaltılması bu alanda yürütülen

Çalışmaların hedefidir. Çünkü iş sağlığı ve güvenliği söz konusu olduğunda iş kazaları ve hastalıkları hem ülke ekonomisini hem de işletmeleri olumsuz yönde etkilemektedir. Bazen bu prosedür geri dönüşü olmayan mali kayıplara neden olmaktadır. Ölüm ve yaralanmalar nedeniyle iş gücü de azalıyor (Arpa ve akı, 2018).

2.1.5 İş Sağlığı ve Güvenliği Farkındalığı

Teknolojik gelişmelerle birlikte, iş güvenliği ve sağlığı kavramı çalışma yaşamının her noktasına yayılmıştır. Gerek iş alanının gerekse üretilen kimyasal maddelerin artması, teknolojik makinalardaki değişimler güvenlik ve sağlık sorunlarının yaşanmasına ve bu yüzden de çalışma alanlarında iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının yürürlüğe koyulmasını zorunluluğu meydana gelmiştir. Bunun sonucunda da çalışma yerlerinde iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin önemi de artmıştır. Hem toplumsal açıdan hem de işyerleri açısından çalışanlara iş sağlığı ve güvenliği farkındalığının kazandırılmasının en önemli yolu eğitimidir. Özellikle de çalışanların işe başlamalarından işten ayrılmalarına kadar yapmış oldukları işe dair bilgi ve becerilerini arttırmaya yönelik hizmet içi eğitimlerin sistemli ve düzenli şekilde yapılması büyük önem taşımaktadır (Yenisarı vd., 2019). Burada farkındalıktan kasıt, bireylerin içinde bulundukları ya da yaşadıkları durumun bilincinde olması durumudur. Yani farkındalık burada bilinçle ilişkilendirilmiş olup öğrenilebilir bir kavramdır. Etrafımızda olanlara veya günlük olaylara, geçmiş deneyimlerimizle ve düşünce ya da inanlarımızla yaşantımızı bulanıklaştırmadan bakabilme gücüne farkındalık adı verilmektedir (Erkan, 2019). Güvenlik farkındalığı ise, çalışanların çalışma alanlarındaki risklerden kendini korumaya yönelik kişisel yetenek ve sorumluluklarına dair algıları ya da yargılarını belirleyen düşünce yapılarıdır (Dursun ve Keser, 2014).

2.1.5.1 Çalışanların iş sağlığı ve güvenliği farkındalığı

İş sağlığı ve güvenliğine yönelik yürütülen tüm faaliyetlerin temelini çalışanlarda farkındalık oluşturma hedefine yönelik olmalıdır. Yürütülen tüm faaliyetlerin anlam kazanmasında sadece çalışanların bilgi düzeyinin yükseltilmesi yeterli olmamaktadır. Çünkü iş güvenliğine yönelik bilgi düzeyi artan çalışan, herhangi bir durum karşısında durum mukayesesi yapabilme yetisi gelişmemişse bilgi düzeyinin artması bir anlam

ifade etmemektedir. Çalışma faaliyetlerinin devam ettiği süre zarfında dikkatini koruma becerisi de kazanması son derece büyük önem taşımaktadır (Erkan, 2019).

İş sağlığı ve güvenliği eğitimleri önemli uygulama alanlarını oluşturmuştur. Ülkemizde 2012 yılında yürürlüğe giren 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nun 16. Maddesinde işyerinde iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması ve sürdürülmesi amacı çerçevesinde işverenlerin çalışanları iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinden yükümlü oldukları belirtilmiştir. Belirlenen hedefe göre, işverenlerin, işyerinin benzersiz özelliklerini göz önünde bulundurarak, işyerinde potansiyel sağlık ve güvenlik tehlikelerine karşı önleyici tedbirler uygulamaları ve ilk yardım, afet yardımı ve yangınla mücadele konularında eğitim düzenlemeleri gerekmektedir. Sonuç olarak, yasa işyerinde bir iş sağlığı kültürü oluşturmayı amaçlamaktadır. İş yerlerinin güvenli ve sağlıklı olması için eğitim şarttır. Çünkü çalışanın eğitim sonucunda edindiği bilgilerin uygulanması ile davranışlarının değiştirilmesi amaçlanmıştır. Yeterli eğitimi alan bir çalışan, kişisel sağlığı için önlem almanın yanı sıra, işyerinde bir güvenlik kültürü geliştirmesine de yardımcı olacaktır (Çelikkalp vd., 2017).

Bir başka ifadeye göre çalışanlar için iş sağlığı ve güvenliği farkındalığı, yapmış oldukları iş ve işyeri ortamının tehlikelerinin farkında olmaları, her türlü güvenlik ve sağlık kurallarını bilmeleri ve bunun sonucunda da herhangi bir tehlike karşısında bu kuralları uygulayarak kendilerini korumalarıdır. Çalışan bu bilince ulaştırmaları işverenin en büyük sorumluluğudur. 4857 sayılı İş Kanunu'nun 77. Maddesinde işverenler, çalışanların karşılaştıkları mesleki riskler, alınması gereken tedbirler, yasal hak ve sorumluluklara yönelik bilgilendirilmeleri ve gerekli olan iş sağlığı ve güvenliği eğitiminin verilmesi zorunluluğu bulunmaktadır. Burada işverene sorumluluk yüklenirken çalışana da iş güvenliği ve sağlığı konusunda her türlü önleme uyma zorunluluğu bulunmaktadır. Çalışanların iş sağlığı ve güvenliğine yönelik eğitimleri almaları ve almış oldukları eğitimle belirli bir bilinç seviyelerine ulaşmaları iş kazalarının oluşması ve meslek hastalıklarına yakalanma riskini en alt seviyeye düşürme bakımından büyük önem arz etmektedir (Özsoy, 2020).

2.1.5.2 İşverenlerin iş sağlığı ve güvenliği farkındalığı

İş sağlığı ve güvenliğinin en büyük hedefi çalışma alanlarının güvenliğinin sağlanması, sağlıklı çalışma ortamları yaratılmasıdır. Çalışan ve işveren arasında iş birliği ile eğitime gereken duyarlılık gösterilmelidir. İşveren iş sağlığı ve güvenliğinin önemini bilincinde olarak bu konuya gereken önemi ve desteği vermelidir. İş sağlığı ve güvenliği alanında eğitim, güvenli ve sağlıklı çalışma ortamlarının oluşturulması açısından büyük önem taşımaktadır. Bununla birlikte sağlık ve güvenlik tehlikelerinden korunmak maksadıyla dünya genelinde kabul gören önleyici yaklaşımların en önemli basamaklarından birini eğitim oluşturmaktadır. Farkındalık ve duyarlılığın artırılmasında ve güvenlik kültürünün geliştirilmesinde de etkin rol oynamaktadır. İşveren bu amaç doğrultusunda olanakları çalışanına sağlamakla yükümlüdür (Kılış ve Demir, 2012). İşletme sahiplerinin iş sağlığı ve güvenliği konusunda gereken farkındalığı göstermeme durumlarında karşılaşılabilecekleri bazı olumsuz durumlar bulunmaktadır. Bunlar (Özsoy, 2020);

- Moralsız çalışanın verimliliğinde yaşanan düşüşler,
- Deneyimli eleman kaybı,
- Yüksek maliyetli makine ve teçhizatla yaşanan arıza sonucu tamiratının uzun sürmesiyle devamsızlıktan kaynaklı verimde azalmalar,
- İş kazası sonucu hayatını kaybeden çalışanın akrabalarına ödenen tazminatlar,
- Para cezaları,
- Prestij kaybı,

İş sağlığı ve güvenliği konusunda yeterli farkındalığı olmayan her işveren yukarıda belirtilen ve daha birçok zarara uğramaktadır. Bunun yanında devlet çıkardığı yasa ve denetim mekanizmaları sayesinde iş sağlığı ve güvenliği konusunda işverenlerin bilinçlenmesinin yanı sıra getirmiş olduğu yasal zorunluklarla işletmeleri korumaktadır (Özsoy, 2020).

2.1.5.3 İş Sağlığı ve güvenliği tedbirlerinin önemi

İşin yapılması esnasında fiziksel ve çevresel koşullardan ötürü karşılaşılabilecek sağlık sorunları ve mesleki risklerin önlenmesine yönelik atılan adımları kapsar (Balkır 2012). Buradaki temel amaç, iş kazalarının azalması ve iş kazasının ülke ekonomisine vereceği zararın önlenmesidir (Korkut ve Tetik, 2013). Bunun yanında, işyerlerinde uygulanmayan iş sağlığı ve güvenliği tedbirleri sonucunda çalışan iş kazası ve meslek hastalığı sonucunda uzun süreli ve acı verici bir tedavi sürecine katlanmak durumunda kalabilecektir. Kimi zaman bu sakatlıklara ve hatta ölümlere neden olabilmektedir (Uşan, 2009). İşyerlerinde iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili tedbirlere yönelik önleyici tedbirler büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda, çalışanların görüşlerinin alınması, işyerinde uzman personel bulundurulması, çalışanlara tehlikeler karşısında neler yapacakları konusunda bilgi verilmesi ve kişisel koruyucu ekipmanların kullanımına özen gösterilmesi gerekmektedir (Turan ve Müezzinoğlu, 2006). İşyerlerinde iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerinin önemine dikkat çekmek için bazı istatistiki verilerden faydalanılabilir.

3. METAL KESME YÖNTEMLERİ

3.1 Giriş

Madencilik çağı, bronz, bakır ve demir olmak üzere üç döneme ayrılan tarih öncesi çağa verilen isimdir. İnsanlığın madencilik çağına girmesiyle birlikte medeniyetler gelişmiş ve güçlenmiştir. Özellikle Demir Çağı (M.Ö. 500) ile birlikte ticaret artmış, toplayıcılığın yerini tarım almış, küçük şehir devletleri yaptıkları silahlarla güçlenerek büyük devletlere dönüşmüştür. Dövme tekniği ile elde edilen demir cevheri, günümüze kadar sürekli gelişerek ve işlenerek daha dayanıklı ve daha kullanışlı hale gelmiştir. Ateş, çekiç ve kas kuvveti ile başlayan üretim ve şekillendirme teknikleri günümüzde yerini bilgisayar destekli sistemlere bırakmıştır. Malzemenin kesilmesi için gereken zaman ve tekniklerin sürekli olarak geliştirilerek günümüz teknolojisine entegre edilmesi ile imalat kolaylaşmış ve üretim kapasitesi arttırılmıştır. Günümüzün başlıca kesme yöntemleri talaşlı kesim, talaşsız kesim, termal kesim, su jeti kesim ve ultrasonik kesim olarak sıralanabilir.

3.2 Talaşlı Kesme

Talaşlı kesme, adını işlem sırasında çıkardığı talaşlardan alan mekanik bir kesme yöntemidir. Talaş şeklindeki parçaların malzeme yüzeyinden kesici takım ile uzaklaştırılması ve hedeflenen geometrinin verilmesi esasına dayanır. Metal kesmek için en yaygın kullanılan geleneksel yöntemdir. Bu yöntemlerin avantajları arasında:

- Yatırım maliyetinin düşük ve çeşitli olması,
- Kesim kalitesinin yüksek olması gibi özellikler gösterilebilir. Ancak kesim hızının yavaş olması, malzeme israfı ve seri üretime uygun olmaması dezavantajları olarak belirtilebilir. Testereler, motorlu öğütücüler ve riffler talaş kesme sistemlerine örnektir.

3.3 Talaşsız Kesim

Mekanik olarak talaş kaldırmadan yapılan kesme işlemlerine talaşsız kesme denir. Talaşsız kesme yöntemlerinde kesici takımların keskinliği ve uygulanan güç kesme işlemini doğrudan etkileyen faktörlerdir. Kırpma makineleri, ters kesme makasları ve hidrolik zımba makineleri talaşsız kesme sistemlerine örnektir.

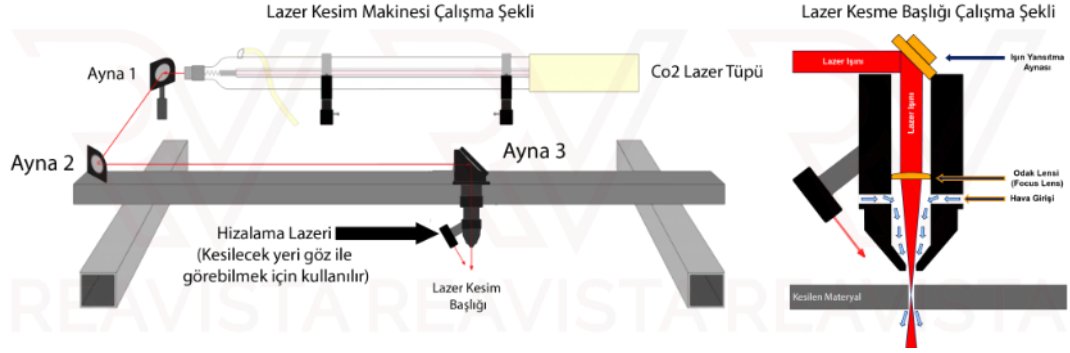
3.3.1 Termal Kesme

Termal kesme yöntemleri, kesilen parçanın ısı kaynağı vasıtasıyla aşındırılması esasına dayanan bir kesme yöntemidir. Kesme işlemi sırasında genellikle eriyen veya buharlaşan parçacıklar, yüksek hızlı bir gaz vasıtasıyla kesme yüzeyinden uzaklaştırılır (Pınarlık ve Abdullah, 2015). Termal kesme yöntemleri, düşük yatırım maliyetleri, yüksek kesme hızları, kalın malzemeleri kesmede kullanılabilirliği ve yüksek kesme hassasiyeti gibi birçok avantajı nedeniyle yaygın olarak tercih edilen sistemlerdir.

Plazma ark kesim, lazer kesim, oksî-yakıt kesim ve tel erozyon endüstriyel alanlarda en yaygın kullanılan termal kesim sistemleridir.

3.3.2 Lazer Kesim

Lazer kesim, kesim için kesim yüzeyine iletilmesi gereken enerjinin lazer ışını ile elde edildiği bir kesim yöntemidir (Pınarlık ve Abdullah, 2015). Işığı, uyarılmış radyasyon yayılımı yoluyla birleştirerek güçlendirme ilkesine dayanır. Lazerler başta metal işleme sektörü olmak üzere birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Başlıca lazer türleri gaz lazerler, optik pompalı katı lazerler, sıvı lazerler, kimyasal lazerler, yarı iletken lazerler, boyacı lazerler, katı hal lazerler ve fiber lazerler olarak sıralanabilir (Karanfil ve Yalçın, 2016). Lazer kesimin çalışma prensibi Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Lazer kesim (Job Knowledge for Welders, 2022)

3.3.3 Oksijen İle Kesme

Kesilecek malzemenin yakıcı ve yanıcı gazlar kullanılarak kesilmesi yöntemidir. Oksijen ve yanıcı gaz ile alev oluşturularak kesilecek alana ön ısıtma yapılır. Kesilecek malzeme oksijen ile hızlı reaksiyon sıcaklığına ($\sim 870^{\circ}\text{C}$) ulaştığında, ergime bölgesine basınçlı oksijen püskürtülerek kesme işlemi gerçekleşir (URL-1, 2022). Bu yöntemde brülör olarak oksijen, yanıcı gaz olarak propan, asetilen, LPG ve doğal gazlar kullanılmaktadır.

3.3.4 Tel Erozyonu

Tel elektrik deşarj işleme (Wire Electro Discharge Machining), iletken iş parçalarından karmaşık iki ve üç boyutlu şekiller üretmek için kullanılan kıvılcım dağlama işlemidir (Tosun ve Cogun, 2003).

WEDM (Wire Electro Discharge Machining) işlemlerinde ince bir tele uygulanan elektrik enerjisi ısı enerjisine dönüştürülerek kesme işlemi gerçekleştirilir. Farklı elektrik direklerine bağlı kaynak telinin iş parçasına yakın olması ile oluşan yüksek sıcaklık ile iş parçası eritilir ve talaş kaldırılır. Kesme işleminde genellikle pirinç, molibden ve tungsten tel kullanılmaktadır. Kesilecek parçanın geometrisine göre tel çapları 0,05 ile 0,254 mm arasında değişebilmektedir (Uğurlu, 2019). WEDM proseslerinde kesme yüzeylerinin kalitesi birçok kesme yöntemine göre çok yüksek olduğu için kalıp imalatı, dişli imalatı gibi yüksek hassasiyet gerektiren parçaların imalatında kullanılmaktadır.

3.3.5 Plazma Arkı İle Kesme

Plazma kesme olarak da adlandırılan plazma arkı ile kesme, elektriksel olarak iletken malzemeyi ısıtmak, eritmek ve nihai olarak özel şekiller ve tasarımlarda kesmek için bir plazma torcundan geçirilen aşırı ısıtılmış, iyonize gaz kullanan bir üretim sürecidir. Bu işlem, yapı çelikleri, alaşımlı çelik, alüminyum ve bakır dahil olmak üzere çok çeşitli metal malzemeler için uygundur ve 0,5 mm ila 180 mm arasında değişen malzeme kalınlıklarını kesebilir.

3.3.5.1 PAC (Plazma arkı ile kesme işlemi) makinelerinin tarihçesi

1950’lerde plazmanın keşfine kadar, termal kesme yöntemi olarak oksî-asetilen kesme sistemleri kullanılıyordu. TIG (Tungsten Inert Gaz) kaynağının verimini artırmak için yapılan deneylerde Union Carbide firmasında plazma kesme sistemleri bulundu. TIG torcundan malzemeye akan ark ve gazın özellikleri, araştırmacılar denemeler sırasında nozul açıklığını daralttıkça değişti ve daha yoğun hale geldi. Memedeki artan basınç, akış hızının artmasına ve arkın sıcaklığının daha yüksek olmasına neden oldu. Artan sıcaklık nedeniyle malzeme ile arkın temas ettiği noktada erimeler meydana gelmiş, plazma jetinin hızı eriyen metali basınçla iterek uzaklaştırılmıştır (Bini vd., 2003).

Termal kesme o yıllarda demir olmayan malzemelerin kontur kesimlerini yapmanın en verimli yoluydu. O zamanlar, 2 mm kalınlığındaki malzemeleri kesmek için en az 350 A gerekliydi. Günümüzde temiz bir kesim için 50 A fazlasıyla yeterlidir. 1968’de Radyal Su Enjeksiyonlu Plazma, Hypertherm tarafından icat edildi. Su, enerji yoğunluğunu artırmak için arkı etkili bir şekilde sıkıştıran bir Nitrojen plazma arkının etrafına radyal olarak enjekte edilmektedir. Geliştirilen sistemlerin devreye girmesi ile birlikte belirli kalınlıklardaki karbon çelikleri cürufsuz olarak kesilmeye başlanmıştır. Su Tablası ve Su Susturucu Plazma Kesim İşlemleri 1972 yılında icat edilmiştir.

İşitilebilir gürültüyü azaltmak için plazma torcunu çevreleyen hava geçirmesini önleyici bir su kalkanı kullanın, yoğun dumanı ortadan kaldırmak için yüksek güçlü plazma kesimiyle ilişkili ultraviyole parlamayı en aza indirir.

İlerleyen yıllarda teknolojinin gelişmesiyle birlikte plazma kesme makinelerinde büyük değişimler yaşandı. Tablo 3.1’de kronolojik olarak plazma kesme ve gelişen teknolojilerdeki gelişmelerin kısa bir özeti sunulmaktadır.

Tablo 3.1 PAC makinelerinin tarihteki başlıca gelişmeleri (Kutlu vd., 2005)

NO	YIL	TEKNOLOJİNİN ADI
1	1950	Tig Kaynağı
2	1957	Kuru Konvansiyonel Plazma Kesim
3	1962	Çift Akışlı Plazma Kesimi
4	1963	Hava Plazma Kesimi
5	1965	Su Kalkanı Plazma Kesimi
6	1968	Su Enjeksiyonlu Plazma Kesim
7	1972	Su Susturucu ve Su Tablası P. Kesimi
8	1977	Sualtı Plazma Kesimi
9	1983	Oksijen Plazma Kesimi
10	1985	Oksijen Enjeksiyonlu Plazma Kesim
11	1990	Yüksek Yoğunluklu Plazma Kesimi

Teknolojik gelişmelerle birlikte PAC makinaları özellikle metal sektörünün olmazsa olmazı haline gelmiştir. Günümüzde ilerleme çalışmaları devam etmekte ve çalışmalar sayesinde makine verimleri artmakta ve kesim kalitesi her geçen gün artmaktadır. Bilgisayar kontrollü sistemlerin (CNC) gelişmesiyle birlikte insan kaynaklı hataların oranı ve operatörün iş yükü azalmakta ve dolayısıyla işletme maliyetleri düşmektedir.

3.3.5.2 PAC makinalarının çalışma prensipleri ve bileşenleri

Plazma kesme sistemlerinde torç içerisinde akan gaz enerji verilerek plazmaya dönüştürülür, ortaya çıkan yüksek sıcaklıktaki plazma nozül ağzından pozitif kutup olan iletken kesme kısmına yönlendirilir ve malzemeyi eritir. Eriyen malzeme plazma jetinin yüksek hızı ile uzaklaştırılır ve kesme işlemi gerçekleşir.

Yaygın olarak kullanılan konvansiyonel plazma kesme sistemleri ile 20-150 mm kalınlık aralığındaki malzemeler kesilebilmektedir. Günümüzün hassas plazma kesim sistemleri, lazer kesim sistemlerine yakın hassasiyetle kesim yapabilmeleri için geliştirilmeye devam etmektedir.

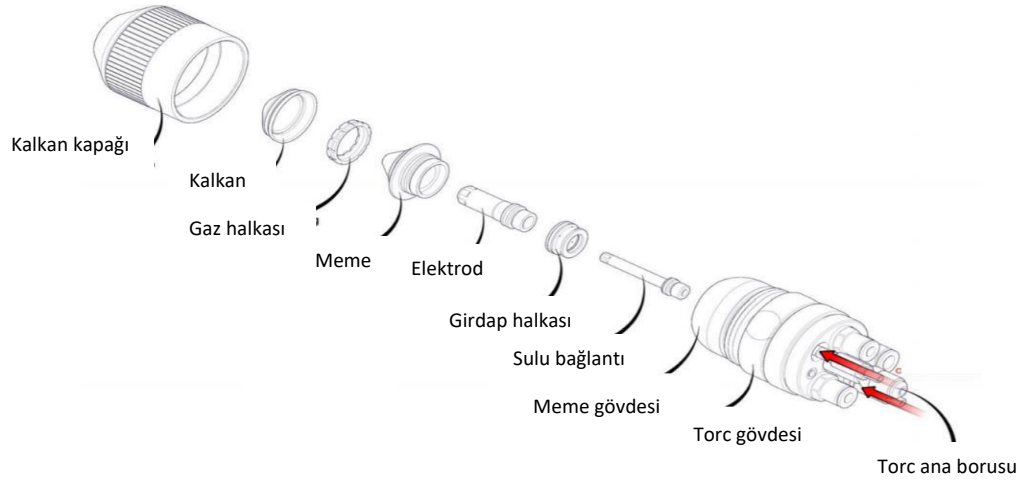
Plazma arkının oluşumu, pilot arkın oluşumu ile başlar. Pilot ark, erimeyen elektrot (katot) ile genellikle bakırdan yapılmış nozül arasında oluşturulur. Normalde yalıtkan bir durumda olan plazma gazı, pilot ark sayesinde ortamın iyonlaşması nedeniyle iletken hale gelir. Yüksek sıcaklık nedeniyle genişleyen plazma gazı, memeden yüksek bir hızla çıkarak ark kısmı (anot) ile elektrot arasında oluşur. Bu arada, güç otomatik olarak yükseltilir. Oluşan plazma arkı nozuldaki delikten dışarı çıkmaya zorlandığında arkın sıcaklığı yükselir. Plazma kesim işlemi için gerekli ana bileşenler güç kaynağı, gaz konsolu yüksek frekans devresi, tork ve taşıyıcı sistem cnc ünitesi de bu makinelere bilgisayar destekli sistemlerde eklenmektedir.

Güç kaynağı; Plazma kesiminin gerçekleşmesi için yüksek voltajlı doğru akım gereklidir. Bu akımın negatif ucu torçtaki elektroda doğru, pozitif ucu ise iş parçasına doğrudur. Güç kaynağının temel amacı, plazma jetinin oluşması için bir ateşleme görevi görmektir. Ayrıca iyonizasyondan sonra plazma jetinin sürekliliğini sağlayacak enerjiyi üretir (Metlioğlu, 2012).

Kesilecek malzemenin kalınlığına ve uygulama şekline göre farklı güç seviyelerine sahip cihazlar bulunmaktadır. 30A'nın altındakiler düşük güç, 30-100A orta güç ve 100-1000A yüksek güç olarak kategorize edilebilir. Kalın malzemeler, yüksek güçlü cihazlar kullanılarak hızlı bir şekilde kesilebilir (Karkın, 2006).

Gaz konsolu; Plazma jeti oluşturarak kesme işlemini tamamlamak için kesme gazı ve koruyucu gaz gerekir. Enerji ile iyonize olan ve nozül vasıtasıyla iş parçasına aktarılan yüksek sıcaklıktaki plazmayı oluşturan gaza kesme gazı denir. Kesme sırasında plazma jetinin eriyen metali çıkarmak için yeterli olmadığı durumlar oluşabilir. Bu nedenle ikincil bir gaz kullanılır. Aynı zamanda kesme yüzeyinin temiz ve kaliteli olmasını sağlayan bu gazlara koruyucu gazlar denir (Mathers, 2002). Kesilecek malzemenin cinsine ve kesim hassasiyetine göre kullanılacak kesme gazı ve koruyucu gaz değişebilir.

Torç; Torç, plazma jetini oluşturan ve kesen parçaya sağlayan makine elemanıdır. Torç içerisinde nozul, elektrot, girdaplı halkalı torç başlığı gibi parçalar bulunmaktadır. Torç yapısı ve konumu Şekil 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2 Plazma torcu kurulum çizimi (Ajan Elektronik Servis Sanayi Ticaret Ltd. Şti., 2022)

Torç gövdesi; Plazma gazı, sekonder gaz ve suyu içeri ve dışarı yönlendirerek elektriksel izolasyon sağlar.

Girdap halkası; Üzerinde bulunan eksantrik ve çelik radyal delikleri ile girdap oluşturarak plazma gazının iş parçasına yönlendirilmesini sağlar. Böylece plazma gazının akış ve dönüş hızını belirleyerek elektrot ve nozül ömrünün eşit olmasını sağlar. Girdap etkisi, plazma gazını bir silindire çevirerek daha etkili olmasına yardımcı olur.

Kesme gazına elektrik enerjisini veren ve iş parçasına ulaşmasını sağlayan parçaya elektrot denir. Gövde aracılığıyla, güç kaynağının negatif kutbuna bağlıdır. Bakır, yüksek bir elektriksel ve termal iletkenlik katsayısına sahip olduğundan, onu yapmak için kullanılır. Ark oluşumunun meydana geldiği uçta ısıya dayanıklı tungsten veya hafniyumdan oluşan ikinci bir bileşen vardır. Tungsten, nitrojen veya argon-hidrojen gibi soy gazlar kullanan sistemlerde kullanılırken, hafniyum, plazma gazı olarak hava veya oksijen kullanan sistemlerde kullanılır (Metlioğlu, 2012).

Su borusu; elektrodun soğumasını sağlar.

Meme; PAC makine sistemi nozulu Şekil 3.3’de gösterilmektedir. Akış çapını daraltarak plazma gazının yoğunluğunu ve hızını artıran kısımdır. Ateşlemenin başlangıcında nozul, elektrot ile nozül arasında bir ark oluşturmak için gövde

vasıtasıyla güç ünitesinin pozitif kutbuna bağlanır. Kesme akımı yoğunluğu, memenin delik çapı ile belirlenir.



Şekil 3.3 Meme

Gaz halkası; İş parçası üzerinde girdap oluşturarak ikincil gazın homojen dağılımını sağlar.

Kalkan; Plazma gazının ve ikincil gazın iş parçası üzerine çıkmasını sağlar ve ilk püskürtme sırasında nozulu cüruf sıçramalarına karşı korur. Aynı zamanda hassas kesim için gerekli olan akış sıkıştırmasını da gerçekleştirir. Şekil 3.4 Kalkan parçasının bir resmini verir.



Şekil 3.4 Kalkan

Kalkan başlığı; Blendajın torca bağlantısını sağlar ve sekonder gazı transfer eder. Koruyucu kapak, elektrot, girdaplı halka ve nozulu içeren tutucu kapağı ve koruyucuyu konumlandırarak torç gövdesine bir bağlantı işlevi görür (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Kalkan başlığı

CNC ünitesi; CNC (Computer Numeric Control) sistemleri, günümüzde birçok üretim aletine entegre edilerek daha karmaşık parçaların daha hassas bir şekilde üretilmesini sağlayan sistemlerdir. CNC sistemlerde hareketli parçaların kontrolü bilgisayardan alınan veriler vasıtasıyla yapılmaktadır. Ayrıca kesim işleminde gerekli olan gaz kontrolü, ateşleme gibi işlemler de CNC sistemleri üzerinden otomatik olarak yapılabilmektedir.

3.4 Kaynak İşlerinde Oluşan Tehlikeler ve Çalışanlar Üzerindeki Etkileri

Güvenli bir çalışma ortamı sağlandığı sürece, endüstride yaygın olarak kullanılan elektrik veya gaz kaynak kesme kaynak tekniğinin iş kazası riski düşüktür. İşverenlerin İş Kanunu uyarınca meydana gelebilecek iş kazalarını önlemek için çaba sarf etmesi öncelikli sorumluluk olsa bile, kaynak işi yapan kişiler kendilerini kazalardan korumak ve çevresel zararları önlemekle yükümlüdürler.

Kaynak ve kesme işlemleri sırasında işçiler için sağlık riskleri şu şekilde özetlenebilir: gaz ve dumanlardan kaynaklanan hava kirliliği; oksijensiz, havasız ortam (kaynak ve kesme işlemlerinin kapalı alanlarda yapılması); yoğun ark radyasyonunun ürettiği radyasyon (kızılötesi veya IR ve ultraviyole veya UV) ışınları; elektrik çarpması; gürültü; yangın; ve patlama.

Kaynaklı imalat işlerinde özellikle kaynak atölyelerinde üretim süreci boyunca işin niteliğinden kaynaklanan çeşitli riskler oluşmaktadır. Risklerin oluşmasında; uygulanmakta olan kaynak yönteminin yanı sıra;

- Kaynak yapılan ana malzemenin kimyasal yapısı,
- Yanma gazı, akım şiddeti, ark gerilimi, ark boyu, kaynak hızı ve süresi,
- Ana malzeme üzerindeki kaplama ve boyalar,
- Kaynak sarf malzemeleri, kaynak ekipmanlarının niteliği,
- Kaynak elektrotunun yapısı, gibi etmenler etkili olmaktadır.

Bu maddeler özellikle solunum sistemi için zararlıdır ve kaynak sırasında var olan koşulların bir sonucu olarak oluşur. Örneğin, kaynak ve kesme işlemleri sırasında, kaynak sarf malzemelerinin, kaynak yapılan birincil malzeme üzerindeki boya ve galvaniz gibi kaplamaların ve kesme sıvısı, yağ ve gres gibi kalıntıların yanması veya buharlaşması ile çeşitli gazlar üretilir. Ark sıcaklığı da bu süreçlerde rol oynar. Alternatif olarak, dolgu malzemesine ve işlenen birincil malzemeye bağlı olarak, asetilen, propan gibi yanıcı gazlar kullanıldığında karbon monoksit, karbon dioksit ve nitro oksit gibi gazların yanı sıra çinko, bakır, kadmiyum ve kurşun gibi gazlar da üretilir. Gaz kaynak işlemlerinde kullanılan bütan ve metan oksijen gazı ile yakılmaktadır. Metal parçacıkları ve buharların yanı sıra florür ve klorür bazlı gazlar da üretilir.

3.5 Kaynak İşlerinde Oluşan Gaz, Duman ve Tozların Tehlikesi

Kaynak işlemi sırasında bir ark oluştuğunda, kaynaklı malzeme ısınır - örneğin, 3.000 ila 40.000°C sıcaklıklara ulaşabilir - ve hatta yanabilir. Sonuç olarak, hemen hemen tüm erimiş metaller atmosferden nitrojen ve oksijen alır.

Bu gazlar, erimiş metalde çözündüklerinde yeni bileşikler oluşturmak için katılmış kaynak metalinin bileşenleri ile karışır. Bu işlem sırasında hem görünür duman hem de görünmez gazlar oluşur. Ek olarak, çeşitli kaynak prosedürlerinde kullanılan argon, helyum ve diğerleri gibi koruyucu gazlar atmosfere boşaltılır.

Kaynak yapılacak metalin türü, doldurulacak malzemenin türü, akım seviyesi ve arkın uzunluğu, duman ve dumanın miktarını ve yapısını etkiler. Metal dumanı ateşi, baş ağrıları, mide bulantısı ve baş dönmesi tipik olarak aşırı duman ve gaza maruz kalmanın sonucudur. Zehirli maddelerin mevcut olması halinde diğer son derece zararlı sonuçlar da ortaya çıkabilir.

Kaynaklı imalat yapan iş yerlerinde solunum sistemi, üretim sürecinde ortaya çıkan gaz, toz ve dumanların vücuda girmesini sağlar. Maruziyet seviyelerine bağlı olarak, bazı hava kirleticileri hem akut (ani) hem de kronik (uzun süreli) hastalıklara neden olabilir. Örneğin, kaynakçılar sıklıkla tipik olarak geçici bir durum olan ancak

muhtemelen kronik hastalıkların gelişmesine katkıda bulunabilecek metal dumanı ateşi yaşarlar.

Kaynakla ilgili gaz ve dumanların yol açtığı kısa vadeli (akut faz) sağlık sorunları. Metal dumanı ateşi, çinko, magnezyum, bakır ve bakır oksit gibi metal dumanlarını soluyan kaynakçıları vurabilir. Buharın solunmasından sonraki dört ila on iki saat içinde, titreme, susuzluk, ateş, göğüs rahatsızlığı, kas ağrısı, öksürük, hırıltı, yorgunluk, mide bulantısı ve ağızda metalik bir tat içeren hastalığın semptomları ortaya çıkar. Kişinin buharı soluduktan birkaç saat sonra ateşi çok yüksek olur. Vücut ısısı bir ila dört saat içinde stabil hale gelmeden önce terleme ve titreme meydana gelir.

Kaynak sırasında oluşan duman gözleri, koku alma duyularını, göğüs ve solunum organlarını tahriş ederek öksürük, hırıltılı solunum, nefes darlığı, bronşit, akciğer kabarcıkları ve zatürreye (akciğer iltihabı) neden olabilir. Kaynak ayrıca kramplar, mide bulantısı, kusma, iştahsızlık ve gecikmiş sindirim gibi sorunlara da neden olabilir.

Kadmiyum veya kadmiyum oksit kombinasyonları dahil olmak üzere kaynak dumanlarında bulunan bazı kimyasallar son derece hızlı bir şekilde ölümcül olabilir. Ayrıca, kaynak yönteminin koruyucu gazları son derece tehlikelidir. Kaynak işlemi sırasında, havadaki nitrojen ve oksijen, temizlikte kullanılan nitroz oksit ve ozonu oluşturmak için birleşir. Ciddi akciğer rahatsızlıklarına ve burun ve boğaz rahatsızlığına neden olmasının yanı sıra, bu gazlar yüksek dozlarda son derece öldürücüdür.

Kaynak esnasında oluşan ultraviyole ışınları, klorlanmış hidrokarbon çözücülerle (örneğin trikloroetilen, trikloroetan, metilen ve perkloretilen) reaksiyona girerek fosgen (karbonoksit klorürü) gazını oluşturur. Fosgenin çok küçük miktarları bile öldürücüdür. Ancak, hastalığın ilk belirtileri genellikle 5-6 saat sonra baş dönmesi, titreme ve öksürük olarak ortaya çıkar.

Yapılan araştırmalara göre kaynak ve kesme işlerinde çalışanların, uzun süreli kaynak (kronik dönem) sırasında açığa çıkan gaz ve dumanların getirdiği sağlık sorunları sonucunda akciğer kanserine yakalanma olasılıkları oldukça yüksektir. İşyerine bağlı

olarak gırtlak veya idrar yollarında maligniteler gelişebilir. Bu sonuç, arsenik, krom, berilyum, nikel ve kadmiyum da dahil olmak üzere kaynak dumanından kaynaklanan büyük miktarda kanserojen tüketildiğinde meydana gelir. Bronşit, astım, zatürre ve akciğer kapasitesinde azalma gibi uzun süreli solunum sorunları da kaynakçıları etkileyebilir.

Nikel ve krom gibi ağır metallere maruz kalan kaynak işçilerinin böbreklere zarar verdiği tespit edilmiştir. Ayrıca, kaynakçılar üzerine yapılan son araştırmalar, özellikle paslanmaz çelikle uğraşan kişiler için üreme sorunlarının ortaya çıktığını ve sperm sayılarının düştüğünü göstermiştir. Kaynakçı eşlerinde, geç gebelikler ve bunlarla birlikte düşüklerde bir artış görülmüştür.

Alüminyum, krom, nikel, kadmiyum, demir, manganez ve bakır gibi metallerin yanı sıra ozon ve azotlu gazlar, ısı ve iyonlaştırıcı radyasyon (kaynak dikişlerini kontrol etmek için kullanılan radyoaktif ışınlar) gibi kimyasallara maruz kalmak da çeşitli sağlık sorunlarına neden olabilir.

Akciğer kanseri ve asbestle ilgili diğer hastalıkların, asbestle kaplanmış yüzeyleri kesen veya kaynak yapan kaynakçılarda ortaya çıkma olasılığı yüksektir. Araştırmalar, kadmiyum oksit tozu ve dumanına uzun süre maruz kalmanın solunum bozukluklarına, böbrek yetmezliğine ve kronik meslek hastalıklarına neden olabileceğini göstermiştir. Kadmiyuma uzun süreli maruz kalma, kaynakçılarda akciğer kanseri ile ilişkilendirilmiştir. Manganez gibi son derece toksik bileşiklerle çalışmanın, bir kaynakçının merkezi sinir sistemi üzerinde, zayıf konuşma ve azalmış hareket dahil olmak üzere uzun vadeli etkileri olduğu gösterilmiştir.

3.6 Kaynak İşleminde Sağlığa Zararlı Olan Unsurlar ve Korunma Yöntemleri

3.6.1 Gazlar

Ark kaynağında nitrojen oksitler (NO , NO_2) oluşur. Renksiz, kokusuz ve tatsız bir gazdır. Sıvı formda da renksizdir. Su ve alkolde çözünür. İşyerindeki havadaki nitrojen dioksit miktarı milyonda 15 birimi aştığında rahatsızlık ve göz sulanmasına neden olur. Yüksek konsantrasyonlara maruz kalmak akciğer ödeme ve ciddi bronşite neden

olur. Önemli organlar sıklıkla nitrojen oksitlerden onarılamaz biçimde zarar görür. Zehirlenme belirtileri maruziyetten üç ila otuz saat sonra ortaya çıkabilir. Siyanoz, kusma, ishal, akciğer ödemi, bronkopnömoni, gözlerde ve solunum yollarında tahriş, akut semptomların örnekleridir.

Oksijen-yakıtlı gaz kaynağı ve alevle kesme işlemlerinde en sık kullanılan yanıcı gazlardan biri asetilendir (C_2H_2). Kullanılan oksijen miktarı, asetilen alevinin ne kadar ısınacağını belirler. Hava-asetilen karışımının alev sıcaklığı yaklaşık $2200^{\circ}C$ 'dir. Boğucu ve yanıcıdır. Hava ile yanarken parlak, yoğun, isli bir alev yayar.

Isı, oksijen veya hava ile karışmış olsun veya olmasın asetilen gazının patlamasına neden olur. Asetilen gazı 1,5 bar'dan daha yüksek bir basınca sıkıştırıldığında kolaylıkla patlar. Asetilen havada %2,5-81 oranında kullanıldığında yanıcı ve patlayıcı hale gelir. Ayrıca statik elektrik gibi düşük enerjili kıvılcımlardan bile patlama meydana gelebilir. Asetilen toksik olmamasına rağmen, sızıntıların havadaki oksijen içeriğini %19,5'in altına düşürmesi durumunda bilinç kaybına ve hatta ölüme neden olabilir.

Karbondioksit (CO_2), gaz kaynağında koruyucu gaz olarak kullanılır. Suda çözünen, katı, sıvı ve gaz halinde bulunur. Gaz halinde iken renksiz, kokusuz ve boğucudur. Solunum yoluyla etki eder. Havalandırma veya emici tesisatı bulunmayan kapalı ortamlarda yapılan kaynak işleminde CO_2 oranı, %10'a çıkması halinde kandaki hemoglobin ile birleşerek kanın oksijen taşımamasını önler. Bu taktirde, solunum güçlüğüne (dispne), baygınlığa ve daha yüksek konsantrasyonunda ölüme neden olabilir. MAK (Günlük 8 saat içerisinde solunan havada izin verilen en yüksek konsantrasyon) ve TWA (Günlük 8 saat, haftalık 40 saatlik bir çalışma dönemi için çalışanlar için hiçbir etki yaratmayacağı kabul edilen yüksek konsantrasyon) değerleri MAK değer: 5000 ppm. - TWA: 25 ppm'dir.

Uygun ve etkili bir havalandırma sistemi olmadan kapalı alanlarda kaynak işlemleri yapıldığında CO miktarı yüksek seviyelere ulaşır. Hemoglobin ve karbon monoksit, kanın oksijen taşımamasını durdurmak için birleşir. Yorgunluk, baş ağrısı, çarpıntı ve bayılma belirtilen belirtiler arasındadır. MAK değer: 500 ppm. - TWA: 25 ppm.

Atomik hidrojen kaynağı ve bazı koruyucu gaz kaynaklarının her ikisi de hidrojen (H_2) kullanır. Hidrojen, suda hızla yanan ve eter ve alkolde çözünen renksiz bir gazdır. İçinden hem ısı hem de elektrik geçebilir. Sıvılaştırılması oldukça zordur. Solunum sistemi yoluyla çalışır.

Havadan hafif olduğu için boğucu etkisi döşeme seviyesinde daha azdır. öteki gazlara oranla, gözenekli duvarlardan, hattâ akkor durumuna gelecek derecede ısıtılmış demir gibi bazı maddelerin içinden bile, daha hızlı geçebilir.

Propan (C_3H_8), butan ile karışık şekilde oksijen kaynağında yakıcı olarak kullanılır. Havadan ağır, doğal gaz kokusunda, renksiz ve parlayıcı bir gazdır. Yüksek konsantrasyonda pupilla ve inaktivite yapar

Ark kaynağında, koruyucu gaz olarak argon (Ar) kullanılır. Havadan ağır ve sıvı metallerde çözünmeyen bir soy gazdır. Argon, karbondioksit ve oksijen gazlarının karışımları argon ark gazını oluşturur. Hem tek başına hem de kombinasyon halinde, argon ark gazlarının vücut üzerinde herhangi bir olumsuz fiziksel etkiye sahip olması olası değildir. Bununla birlikte, kaynak sırasında ark demetinin yaydığı radyasyondan bedensel bir etki olabilir. Kaynak işlemi sırasında birçok kaynak tekniği ile önemli miktarda radyasyon üretilir. Alev veya arkın yaydığı elektromanyetik enerji bu radyasyondur. Operatörlerin gözleri yalnızca ışık radyasyonunu algılayabilir. Yanıklar, uygun kıyafetler giymiyorsa veya kaynak maskesi ve gözlüğü takmıyorsa, kaynak veya kesme işlemlerini gerçekleştiren bir kişinin gözleri ve vücuduyla temas eden görünmez radyasyondan kaynaklanabilir.

Ark kaynağında koruyucu gaz olarak kullanılan bir diğer gaz helyum dur. Yanıcı veya yanıcı değildir. Makro ölçekte dahi atomik özelliklerini sergiler ve renksizdir. Olağanüstü yüksek termal iletkenliğe sahiptir. Tüm elementler arasında en düşük erime ve kaynama noktalarına sahiptir.

Tamamen asal, havadan hafif, küçük moleküler yapılı ancak yüksek moleküler enerjisi olan, sıvılarda çözünmeyen ve sıvı hali bilinen en soğuk madde olan bir gazdır.

3.6.2 Metal Dumanları

Kaplamalar gibi diğer elementler, kaynak işlemi sırasında işlenmekte olan metalden gelen metal buharlarına ek bir endişe kaynağıdır. Ağızda metalik bir tat gibi ani rahatsızlığa ek olarak, metal buharları, uzun süreli temasla gelişebilen metal ateşi gibi önemli mesleki bozukluklara neden olabilir. Ayrıca, metalin kaplamaları yandığında ve oksijenle reaksiyona girdiğinde çeşitli tehlikeli kimyasal gazlar ve dumanlar açığa çıkar.

Paslanmaz çelik ve krom (Cr) dahil olmak üzere krom alaşımlı malzemelerin kaynaklanması, akciğerleri, solunum yollarını ve mukozayı tahriş eden +3 ve +6 değerlikli krom üretir. Vücut ısısında da gözle görülür artışlar var. Kanserle neden olma riski yüksek olan materyallerden biri de +6 değerlikli kromdur.

Bakır (Cu), kaynak işlemi yapılan ana metal ve dolgu metalinde bulunan bakırın kaynak dumanı yoluyla solunması vücut sıcaklığının yükselmesine neden olabilir.

Demir (Fe), kaynak işlemi sırasında oluşan demir oksit uzun süreli etkilene sonucunda kişilerde siderosis adı verilen akciğer meslek hastalığı görülebilir. Röntgen sonuçları silikozis ile benzer olmasına karşın yaşamsal bir sağlık sorunu olmaz. MAK değeri: (Demir oksit için) 10 mg/m^3 TWA- $3,5 \text{ mg/m}^3$.

Elektrotlar ve çelik alaşımları magnezyum (Mg) içerir. Kaynak dumanları, tehlikeli olan çok fazla magnezyum oksit içerir. Zehirlenmenin başlıca belirtileri mukozanın tahrişi, baş dönmesi, gergin kaslar, bayılma ve unutkanlıktır. Magnezyum oksit solunum yolları ve beyin sistemi üzerinde de etkilidir ve ayrıca metal buharı ateşine neden olur. MAK değeri: (Magnezyum oksit için) 15 mg/m^3 TWA- 10 mg/m^3 .

Molibden (Mo), molibden içeren metal oksit dumanlarının solunması solunum yollarında tahrişlere neden olur. Eşik değerinin üzerindeki konsantrasyonlarda uzun süreli etkilene meler karaciğer rahatsızlıklarına neden olabilir. MAK değeri: TWA- 5 mg/m^3 .

Nikel bileşikleri (Ni), paslanmaz çelik parçaların kaynak işleminde açığa çıkar. Nikel oksit metal buharı ateşine neden olur. Kansorejendir. (MAK değeri: (Çözünebilen bileşikler için) 5 mg/m³ TWA-0,1 mg/m³).

Çinko oksit (ZnO), galvanizli parçaların kaynak işleminde çinko oksit oluşur. Çinko oksitmetal buharı ateşine neden olur. MAK değeri: 1 mg/m³ TWA-5 mg/m³.

3.6.3 Zararlı Gazlardan Korunma Yöntemleri

3.6.3.1 Havalandırma sistemleri

Havalandırma sistemleri, işyerinde kirlenen havayı taze hava getirerek veya çevreden hava emerek yerine koymak için tasarlanmış mekanik cihazlardır. Bunu ısıtmadan veya etkili basınç, doğal akış veya mekanik etki (fan) kullanarak yapabilirler (Yılmaz, 2015).

İşyeri havalandırmasının amacı, havadaki kirleticilere maruz kalmayı sınırlamaktır. Güvenli ve sağlıklı bir çalışma ortamı oluşturmak için tipik olarak duman, toz ve buhar gibi çevresel kirleticileri ortadan kaldırmak için kullanılır. Havalandırmanın iki yolu vardır: mekanik olarak (körüklükler, fanlar) veya doğal olarak (pencereleri açmak).

Belirli bir hacimdeki havayı belirli bir hızda hareket ettirerek, bu cihazların istenmeyen kirleticileri ortadan kaldırması amaçlanmıştır. Genel olarak konuşursak, aynı prensipler tüm havalandırma sistemleri için geçerlidir; Bununla birlikte, her işyeri, işin türüne ve mevcut kirleticilerin oranına göre kendi sistem tasarımına sahip olmalıdır (Yılmaz, 2015).

Havalandırma sistemleri ile

- Devamlı taze hava sağlanması, ortam havasının sürekli yenilenmesi
- Sıcaklık ve nemin konfor seviyesinde tutulması
- Yangın ve patlama tehlikelerinin azaltılması

- Kirleticilerin ortadan kaldırılması ya da seyreltilmesi
- Ortamlarda istenmeyen hava akımlarının oluşmasını (kötü kokuların yayılması gibi) önlemek için ortamın ortamlara veya birçok durumda dış havaya karşı negatif basınç (vakumlu havalandırma) veya pozitif basınç (basıncılı havalandırma) altında muhafaza edilmesinin sağlanması amaçlanmaktadır.

İç mekan çalışma alanlarına salınan kirleticileri uzaklaştırmak veya yönetmek için bir tür "mühendislik kontrolü" havalandırmadır. Çalışanların maruz kaldığı hava kirleticilerinin miktarını sınırlamanın bir yöntemidir. Tehlikeli kimyasalların kullanımını durdurmak, daha az toksik olanlara geçmek ve süreci değiştirmek, kirleticileri azaltmanın tüm yollarıdır. Kirlenmiş havayı uzaklaştırmak için gereken bileşenler, havayı sistem içinde hareket ettirmek için gereken fanlar, hava filtreleme ekipmanı ve hava hareketini garanti etmek için kullanılan fanlar havalandırma sistemlerini oluşturur.

Sanayide iki tip mekanik havalandırma sistemi vardır;

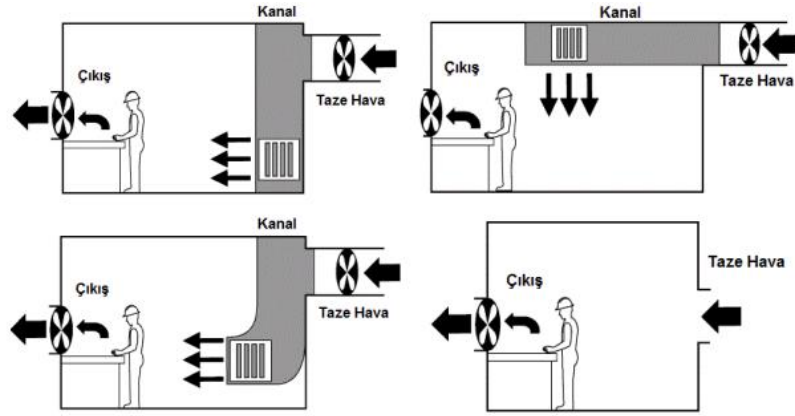
- Genel havalandırma sistemi, temiz hava ile kirli havanın karışma oranını azaltır.
- Lokal havalandırma sistemi, kirleticiyi kaynağında veya çok yakınında yakalar ve dışarı atar.

3.6.3.1.1 Genel havalandırma sistemi

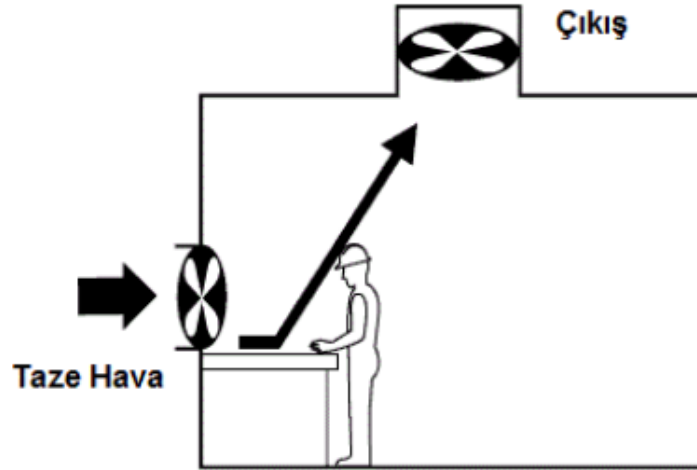
Genel havalandırma, binaya büyük miktarda temiz hava sağlar ve kirli havayı tahliye eder. Sistem, genellikle duvara veya bir odaya ya da binanın çatısına yerleştirilmiş geniş egzoz fanları içerir.

Genel havalandırma, tüm işyerini havalandırarak orada gelişen kirleticileri azaltır. Belirli bir dereceye kadar, genel havalandırma kirleticileri işyerine yayabilir, ancak aynı zamanda kontaminasyon kaynağından uzakta olanlar üzerinde de olumsuz etkileri olabilir. Çıkış fanı açıkta kalan çalışanın yanına ve temiz hava fanı çalışanın arkasına yerleştirilmiŝse, kirli hava çalışanın solunum bölgesinden dışarı çıkarılacaktır. Bu,

genel olarak havalandırmayı iyileştirebilir. Doğru ve yanlış tasarımlar Şekil 3.6 ve 3.7’da gösterilmiştir. Kirletici yönetimi için genel havalandırma kullanıldığında, kirleticilerin toksisitesinin ve konsantrasyonunun minimum olduğundan emin olmak için dikkatli olunmalıdır. Ek olarak, işçiler kirletici kaynağa çok yakın çalışmaktan kaçınmalıdır. Bununla birlikte, çözücünün 1 ppm değerinden daha fazla izin verilen bir konsantrasyonu olmadıkça, kimyasal kontrol için genel havalandırma kullanılması tavsiye edilmez (Yılmaz, 2015).



Şekil 3.6 Tavsiye edilen genel havalandırma örnekleri



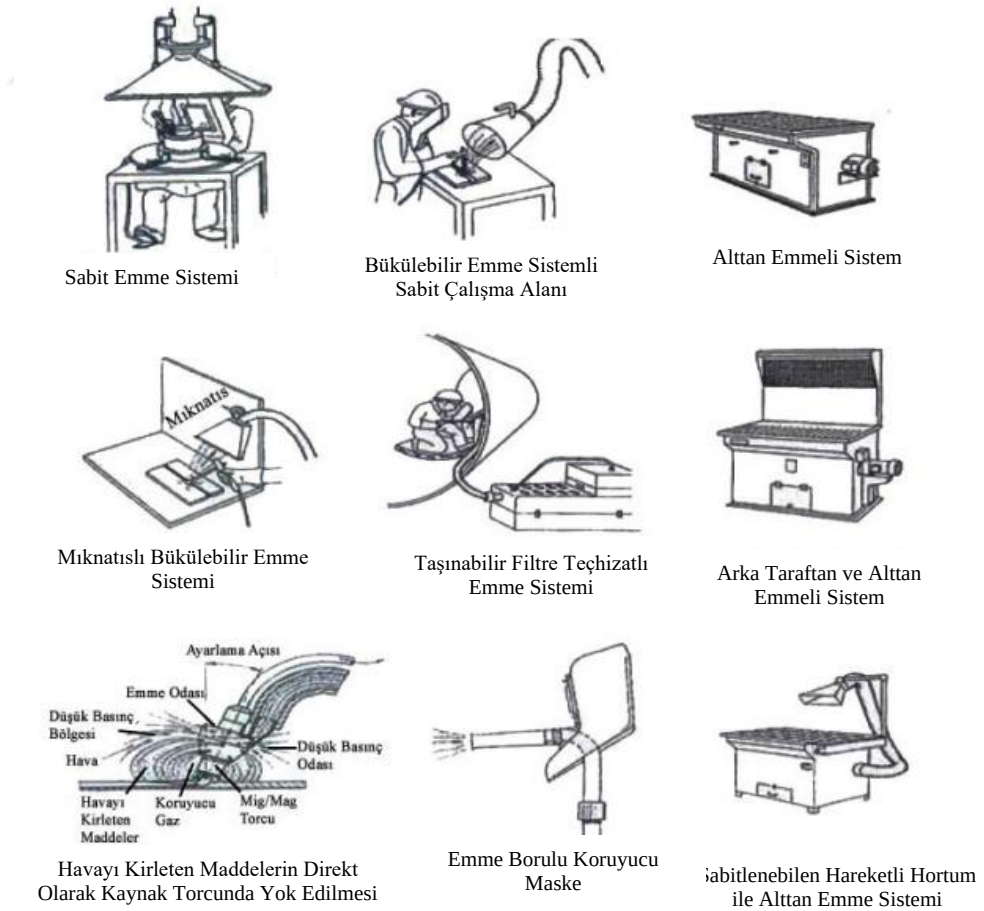
Şekil 3.7 Tavsiye edilmeyen genel havalandırma örneği

3.6.3.1.2 Lokal havalandırma sistemi

Kirleticileri işyerine salan genel havalandırmanın aksine, yerel havalandırma sistemi, kirleticiyi kaynağına yakın tutarak hava kirleticilerini ortadan kaldırır. Zararlı kirletici,

çalışanın solunum bölgesine girmeden önce yönetildiğinden, yerel sistem çok daha etkilidir (Yılmaz, 2015). Genellikle,

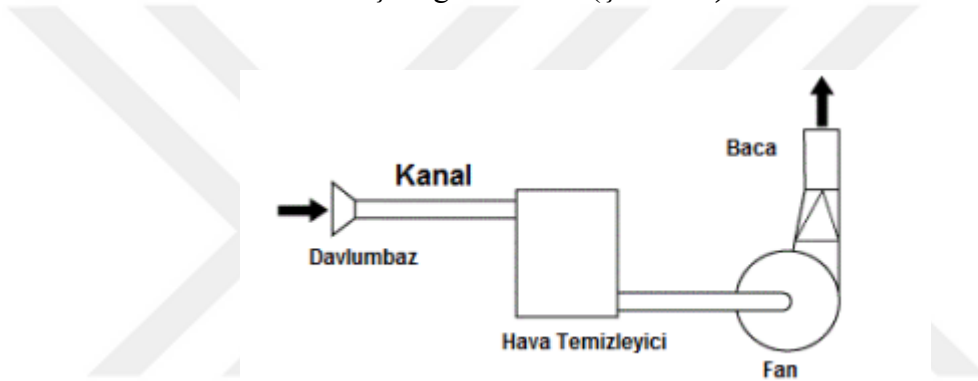
- Hava kirleticinin ciddi sağlık riski oluşturması
- Büyük miktarlarda toz veya duman üretilmesi
- Soğuk havalarda havalandırmadan dolayı ısınma giderlerinin artma endişesinin olması
- Emisyon kaynaklarının az olması
- Emisyon kaynaklarının çalışanların nefes alma bölgesi yakınında bulunması durumlarında tercih edilir. Lokal havalandırma sistemi örnekleri Şekil 3.8’de verilmiştir.



Şekil 3.8 Çeşitli lokal havalandırma sistemleri

Lokal havalandırmanın bileşenleri şu şekildedir;

- Kirleticiyi kaynağında yakalaması için bir davlumbaz veya açıklık
- Sistem içinde kimyasalları taşıması için kanallar
- Sistemdeki hareketli havayı temizlemesi için hava temizleme cihazı
- Sistem içinde havanın hareketi ve dışarı atılması için fanlar
- Kirli havanın atılması için egzoz bacası (Şekil 3.9)



Şekil 3.9 Lokal havalandırma sisteminin temel bileşenleri

3.6.4 Tozlar

Elektrot ve iş parçası eriyip katılaştıkça, kaynak işlemi boyunca çevre ve insan sağlığı için kötü olan gazlar, metal buharı, duman ve parçacıklar açığa çıkar. Kaynak yapılacak metalin türü, doldurulan malzemenin türü, mevcut seviye ve arkın uzunluğu, toz, duman ve gazların miktarını ve yapısını etkiler. Bazı kaynak işlemlerinin oluşturduğu hava kirlilikleri Tablo 3.2'deki gibidir.

Tablo 3.2 Kaynak işlemlerinde oluşan hava kirlilikleri (Kaymaz, 2014)

Kaynak Tipi	Ana Metal	Kirlilik
Örtülü metal ark	Hafif çelik	Toz, FeO ₂ , Mn
Örtülü metal ark	Paslanmaz çelik	Cr, Ni, Mn, F
Gaz altı metal ark	Paslanmaz çelik	Cr, Ni, Mn, Nox, O ₃
Thungsten metal ark	Alüminyum	O ₃ , AlO ₂
Oksijen-Gaz	Değişik	Nox, CdO ₂ , metal dumanı

Kaynaklı üretimde kullanılan tozlar bir mikrondan daha büyük partiküllerden oluşmaktadır. Buna karşılık, metal oksit buharları bir mikrondan daha küçük parçacıklardan oluşur. Bu parçacıklar, hava hareketleri nedeniyle kaynak noktasından farklı yönlerde gidebilir ve atmosferde uzun süre yüzebilir.

İşyerinin ortam havasına yayılan veya yayılma kabiliyeti olan partiküller, 05.11.2013 tarih ve 28812 sayılı ‘Tozla Mücadele Yönetmeliği’nde de belirtildiği üzere toz olarak kabul edilmektedir. Tersine, çapı 3 mikrondan küçük ve çapının en az üç katı uzunluğa sahip lifli tozlar ve ayrıca aerodinamik eşdeğer çapı 0,1-5,0 mikron olan kristal veya amorf tozlar solunabilir toz olarak sınıflandırılır. Kaynaklı üretimde kullanılan tozlar bir mikrondan daha büyük partiküllerden oluşmaktadır. Buna karşılık, metal oksit buharları bir mikrondan daha küçük parçacıklardan oluşur. Bu parçacıklar, hava hareketleri nedeniyle kaynak noktasından farklı yönlerde gidebilir ve atmosferde uzun süre yüzebilir. Metaller ve diğer oksitler bunların çoğunu oluşturur. Erimiş metal buharları çevredeki hava ile temas ettiğinde, ortaya çıkan kaynak arkı nedeniyle oksitlenir ve yoğunlaşırlar (Kaymaz, 2014).

Altı tür toz analiz edilmektedir: inert tozlar, radyoaktif tozlar, kanserojen tozlar, fibrojenik tozlar ve zehirli tozlar. Kaynak sırasında sağlığı olumsuz yönde etkileyebilecek bir toz türü, vücuda girdiğinde sinir sistemine, karaciğere, böbreklere, mideye, bağırsaklara, solunum sistemine ve kan üreten organlara zarar verebilen zehirli tozlardır. Kanserogen ve zehirli tozlar arasında kurşun, krom, kadmiyum, manganez, vanadyum, berilyum ve nikel bileşikleri içerenler bulunur. Bu tozlar sağlığa zararlı olabilir. Tersine, demir oksit, titanyum dioksit ve magnezyum oksit gibi

inert tozlar, zararlı veya kansere neden olan özelliklere sahip olmadan vücutta birikebilir.

Kaynak işleri sonucunda oluşan tozlara maruziyeti etkileyen faktörler şunlardır:

- Havadaki tozun kütle miktarı,
- Partikül sayısı,
- Partikül çapı dağılımı,
- Partiküllerin kimyasal bileşimi,
- Partiküllerin şekli, yoğunluğu, aerodinamik özellikleri (Kaymaz, 2014).

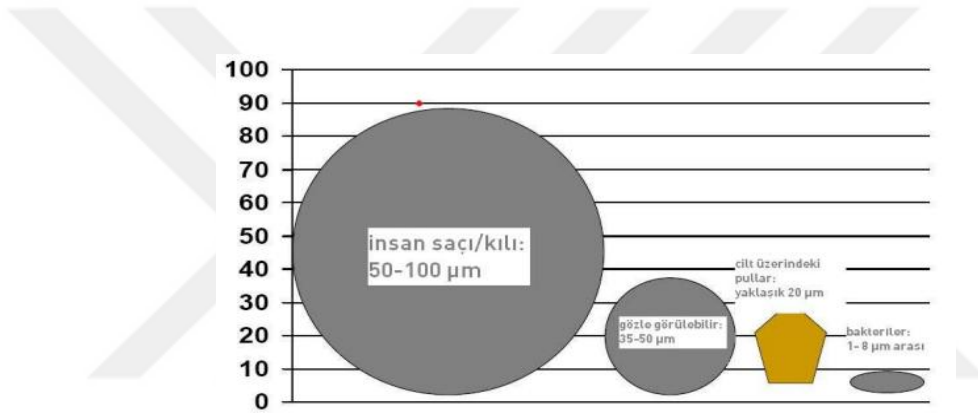
3.7 Havadaki Kirleticiler ve Partiküller

Sıcaklık, nem, temizlik ve dağıtım kontrollerinin tümü fiziksel olarak havalandırmaya dahildir. Yaklaşık %21 oksijen; %78 azot; %1 karbondioksit ve nitrojen ve diğer gazların karışımı havayı oluşturur. Endüstriyel, insan ve doğal süreçlerden kaynaklanan parçacıklar ve gazlar da soluduğumuz havada bulunur (Dökmen, 2011).

Havadaki kirleticileri üç kategoride ayırt edilebilir: Duman ve toz ilk gruptadır. Kum, karbon, doğal ve suni lifler ve silisli minerallerin tümü bu kategoriye dahildir. Duman, kül ve kurumda serbest karbon vardır. Doğayı en çok kirleten element karbondur. Polen, tohumlar, çürüyen hayvan ve bitki kalıntıları ve diğer birçok malzeme bileşik karbon içerir. Bulutlar ve sis olarak ortaya çıkan sıvı parçacıklar, ikinci kirletici kategorisini oluşturur. Gaz halindeki veya katı olmayan parçacıklardan oluşan kirleticiler son kategori oluşturur (Dökmen, 2011).

Atmosferdeki ortalama toz tane boyutu tablo 3.3’de verilmiştir. Üretici kaynağa göre partiküller boyut bakımından farklılık gösterirler. Büyük ve küçük partikül boyutlarını karşılaştırmak için insan saç teli iyi bir referans olabilir (Şekil 3.10). Farklı partikül boyutları aşağıdaki gibidir:

- İnsan saçı (50-150 mikron)
- Ev içi toz ve tiftik (0,01-100 mikron)
- Polen (10-110 mikron)
- Küf (1-50 mikron)
- Sigara dumanı (0,01-1 mikron)
- Virüs ve bakteri (0,001-10 mikron)



Şekil 3.10 Farklı partikül boyutları (Dökmen, 2011)

İnsan solunum sorunları, 10 mikrondan daha küçük parçacıklardan kaynaklanabilir. Sağlıklı bir insan vücudunun solunum sistemi, üç ila beş mikron kadar küçük parçacıkları filtreleme yeteneğine sahiptir. İnsan sağlığı, bundan daha küçük parçacıklara maruz kalma nedeniyle tehlike altında olabilir.

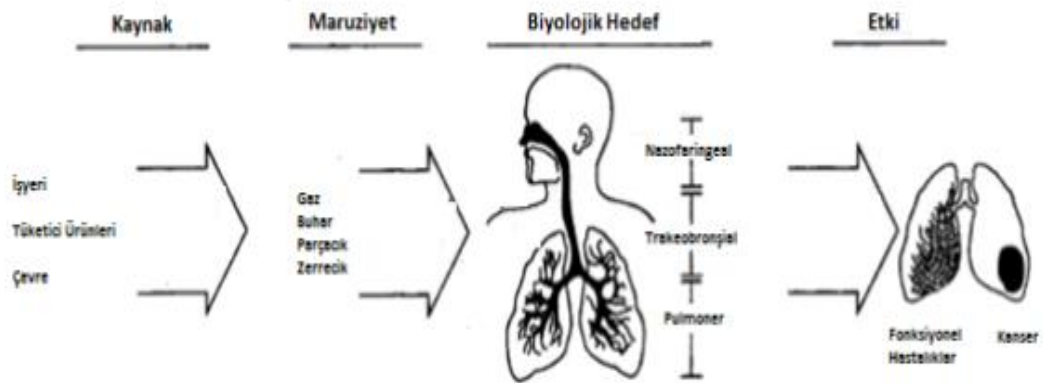
İnsanlar doğrudan temas veya hava yoluyla birbirlerinden hastalık kapabilirler. Havada asılı kalan 1-5 mikronluk çok hafif partiküller ve aerosoller solunduğunda, hava yoluyla taşıma gerçekleşir. Bulaşıcı bakteriler, küfler ve virüsler de kurum, cilt hücreleri ve aerosol damlacıkları dahil olmak üzere organik ve inorganik toz parçacıklarına yapışarak hava yoluyla yayılır. Bu büyüklükteki parçacıklar duyarlı bir vücut bulduğunda, bağışıklık sistemini yenebilir ve hastalığa neden olabilir. Ayrıca solunum yoluyla akciğerlere kolayca girebilir ve orada birikebilirler.

Tablo 3.3 Atmosferde partikül dağılımı (Dökmen, 2011)

PARTİKÜL BOYUTU (MİKRON)	PARTİKÜL SAYISI OLARAK YÜZDE	AĞIRLIK OLARAK YÜZDE
0-1	98,5 %	3 %
1-3	1,07 %	6 %
3-5	0,25 %	11 %
5-10	0,175 %	52 %
10-30	0,005 %	28 %

3.8 Mesleki Solunum Sistemi Hastalıkları

Solunum sistemi, solunan maddeler için bir hedef organ ve giriş noktası olmasının yanı sıra, dolaşım sisteminin solunan toksinlerin ve bileşiklerin etkilerini diğer organ ve sistemlere taşıdığı çerçevedir. Örneğin, benzen gibi karaciğeri ve kurşun gibi merkezi sinir sistemini etkileyen ilaçlar solunur ve daha sonra vücuda yayılır. Şekil 3.11’de görüldüğü üzere solunum sistemi burundan başlayarak alveollere kadar uzanan karmaşık bir yapıya sahiptir. İn hale edilen partiküller solunum sisteminin bütün bölümlerinde birikebilir ve sağlığa zararlı etkilere sebep olabilir. Her bir bölgenin karakteristiğinin bilinmesi solunum sistemi ile partikül etkileşiminin anlaşılması açısından önem arz etmektedir (Karakavak, 2014).



Şekil 3.11 Solunum sistemi etkilenme mekanizması

Solunum sisteminin birincil işlevleri, atık karbondioksitin vücuttan atılması ve yaşam için gerekli oksijenin akciğerlerde dolaşan kırmızı kan hücrelerine vücut dokularına gönderilebilmesi için sağlanması süreci olan gaz değişimidir. Solunum sisteminin

diğer hayati rolleri arasında koku almak, kanın asit-baz dengesini korumak, bağışıklık sistemini desteklemek ve vücut ısısını kontrol etmek yer alır.

Bir birey, solunum sisteminin gaz değişimi için en uygun sistem olmasına rağmen, yaşamları boyunca ortalama 400 milyon litre hava solur. Bu durumda, hacimsel bir karşılaştırma gerekirse, vücuda giren hava hacmi, alınan su ve besin hacminin 5000 katını aşar. Solunum sisteminin yapısı ve işlevi göz önüne alındığında Şekil 3.11’de görüldüğü üzere solunum sistemi üç ana bölüme ayrılmaktadır. Burada belirtilen yaklaşım Wiebel tarafından gerçekleştirilen ve solunum sisteminin işlevi ile ilgili modellemesi ve öncül morfometrik çalışmaları göz önünde bulundurularak hazırlanmıştır (Karakavak, 2014).

Havanın vücuda girdiği ağız ve burundan başlayarak nazofaringeal kısım gırtlığa ulaşır. Bu bölümde hava ısıtılır ve neredeyse vücut sıcaklığına yakın bir sıcaklığa kadar nemlendirilir. Ek olarak, vücut difüzyon ile elde edilen mikroskobik parçacıkları ve burada atalet kuvveti tarafından yutulan ve biriken büyük parçacıkları ortadan kaldırır.

Erişkin bir kişi, her gün 10.000 litre havayla 70 m²’lik geniş bir alanda hayat boyu süren kesintisiz bir alış veriş halindedir. Çoğu partikül zararsız olmakla birlikte birikim gerçekleşmesini sağlayacak koşulların ortaya çıkması durumunda lokal hasarlar oluşabilmektedir.

Akut veya kronik solunum sistemleri, ilaçların türüne ve maruziyet seviyesine bağlı olarak etkilenebilir. Maruziyetin uzunluğuna ve şiddetine bağlı olarak, mesleki maruziyetlerde karşılaşılan partiküllerin boyutlarının solunum sistemi üzerinde farklı etkileri vardır. Öte yandan gazların etkileri yoğunluklarına, maruz kalma seviyelerine ve suda çözünürlüklerine bağlı olarak değişir. Solunum sistemi bozukluğunun göstergeleri, daha yüksek maruziyet seviyeleri ile daha erken ortaya çıkar (Karakavak, 2014).

Tablo 3.4’de mesleki ve maruziyet kaynaklı hastalıkların sınıflandırması ve etkenleri görülmektedir (Karakavak, 2014).

Tablo 3.4 Mesleki ve maruziyet kaynaklı solunum sistemi hastalıkları (Karakavak, 2014)

Hastalık	Etken
Üst Solunum Yolu • Nonspesifik iritasyon • Rinit –alerjik ve alerjik olmayan • Üst solunum yolu disfonksiyonları	• İritant gaz, duman ve toz • Polen vb. • İritantlar
Havayolu Hastalıkları • Mesleki astım • Kronik bronşit/KOAH • Bronşiolit	• Diizosiyanit, odun tozu, flor vb. • Mineral tozu, kömür tozu, duman • Diasetil
Akut İnhalasyon Hasarı • Toksik Pnömoni • Metal dumanı ateşi • Duman inhalasyonu	• İnhalasyon kazaları • Metal oksitler • Yanma ürünleri
Hipersensitivite Pnömonisi	Bakteri, hayvansal protein, mantar
Enfeksiyon Hastalıkları	Bakteri (örn. Lejyonella), tüberküloz, virüsler
Pnömokonyozlar	Asbest, Silika, berilyum, kömür
Maligniteler • Sinonasal kanser • Akciğer kanseri • Mezotelyoma	• Odun tozu • Asbest, radon • Asbest
Nonspesifik Bina Bağintılı Hastalık “ Hasta bina sendromu”	Uçucu organik bileşikler, mantar endotoksini, yetersiz hava dolaşımı

4. YÖNTEM

4.1 Amaç ve Yöntem

Plazma ile kesme işleminde kesilecek malzemenin özelliklerine bağlı olarak basınçlı hava kullanılmıştır. Yüksek sıcaklık ve hava hızı nedeniyle farklı boyutlarda metal ve metal oksit partikülleri ortama yayıldığından bunların tespiti ve su altlığın etkisi araştırmak amacıyla bir deney düzeneği kurulmuştur (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Deneyel çalışma düzeneği

Bu amaçla kesme seviyesinden 7 cm aşağıda olacak şekilde sulu zemin oluşturulmuştur. Havaya yayılan tozların ve metal partiküllerinin tutulması için derinlik tipi (kağıt filtre ve yüzey tipi hepa filtreler) kullanılmıştır. Kesme bölgesinin yakınında konuşturılan 2.000 m³/h emiş kapasitesine sahip salyangoz tipi fan ile kesme bölgesinin üstündeki bölgeden hava emişi sağlanmıştır. Kesilen metal 5 mm kalınlığında ve 1 m genişlikte siyah sac olarak seçilmiştir. Kesme işlemi sırasında 40 Amper ve 60 Amper’lik kesme akımları kullanılmıştır. Kesme basıncı 5 bar olarak ayarlanmıştır. Kesme işlemi Kastamonu Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu Makine Atölyesinde gerçekleştirilmiştir. Kesme işleminde Lincon Elektrik Invertec PC 100 marka plazma kesme cihazı kullanılmıştır. Kesme işlemi elle yapılmıştır. Kesme işlemi 5-10-15-20 m olarak gerçekleştirilmiş işlem sonrasında filtrelerdeki partiküller 1/1.000 gr hassasiyetli terazilerde ölçülmüştür. Ölçme işlemi sonucunda filtre yüzeyinde kalan iri taneli metal-metal oksit taneleri ve filtrenin içinde kalan daha küçük taneler ve boyut açısından değerlendirilmiştir. Filtre yüzeyinde kalan izafi

olarak daha büyük tane boyutuna sahip tozların morfolojisi incelenmiş ve SEM fotoğrafları alınmıştır. Bu amaçla kağıt ve hepa filtrelerin mikroskopik görüntüleri analiz edilmiştir. Kesme işlemi sırasında filtrelerde tutulan tozların SEM ve EDS incelemeleri Bartın Üniversitesi Merkez Laboratuvarında yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar sulu ve susuz ortam farkı, kesme akımının etkisi ve filtre tipinin tutulan tozların boyutuna etkisi olarak incelenmiştir. Deneylerde kullanılan cihazlar şekil 5.2’de gösterilmiştir.

Bu çalışmadaki toz değerleri 30x21 cm ebatlarında bir kesitten emiş yapılmak suretiyle elde edilmiş ve karşılaştırılmıştır. Elde edilen değerlerin ortama yayılan tüm tozların miktarını göstermediğini sadece filtre boyutuna göre ölçülendirilen 30x21 cm’lik kesitte emilebilen miktar olduğu özellikle belirtmek gerekir.



(a) Plazma kesme cihazı



(b) Aspiratör



(c) 1/1000 gr Hassasiyetli terazi



(d) Heka filtre



(e) Kağıt filtre

Şekil 4.2 Deneysel çalışmada kullanılan malzemeler

Sulu ve susuz altlıklarda ortama yayılan tozların bu kesitten emilebilen ağırlıkları karşılaştırılmıştır. Böylece plazma kesme işleminde sulu altlık kullanımının ortama yayılan toz miktarı üzerindeki etkisi incelenmiştir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

5.1 Sonuç

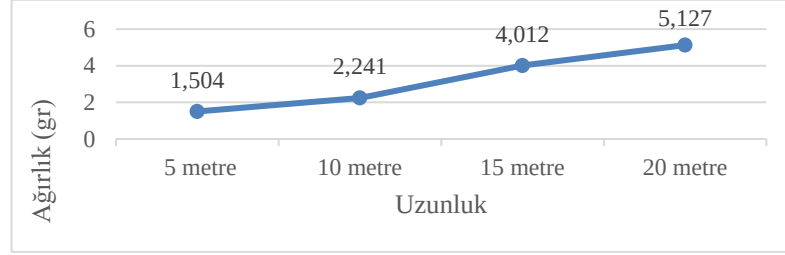
Deneyler sonucunda elde edilen değerler, kesme uzunluğu, kesme akımı, filtre türü ve sulu altlık kullanıp kullanılmadığına bağlı olarak değerlendirilmiştir. 40 ve 60 Amper’de kesme akımı ve susuz altlık kullanılan uygulamada kağıt filtrelerde ölçüm toz değerleri Tablo 5.1’de verilmiştir.

Tablo 5.1 Kağıt filtre kullanılarak susuz ortamda tutulan toz miktarları

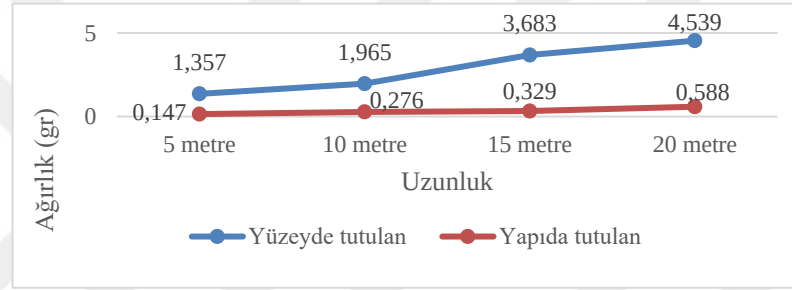
KAĞIT FİLTRESİ SUSUZ PLAZMA KESME								
AMPER	40				60			
PLAZMA KESME İŞLEMİNİN UZUNLUĞU (M)	5	10	15	20	5	10	15	20
İŞLEM ÖNCESİ FİLTRE AĞIRLIĞI (GR)	56,514	56,324	56,145	56,421	55,757	55,983	55,128	55,692
İŞLEM SONRASI FİLTRENİN AĞIRLIĞI (GR)	58,018	58,565	60,157	61,548	57,860	60,656	60,437	62,905
İŞLEM ÖNCESİ YÜZEYDE KALAN METAL TOZLARININ TEMİZLENMESİ SONRASI FİLTRE AĞIRLIĞI (GR)	57,871	58,289	59,828	60,96	57,531	59,789	59,45	61,567
FİLTREDE KALAN (TUTULAN) TOPLAM TOZ MİKTARI (GR)	1,504	2,241	4,012	5,127	2,103	4,673	5,309	7,213
FİLTRE YAPISINDA TUTULAN TOZ MİKTARI (GR)	0,147	0,276	0,329	0,588	0,329	0,867	0,987	1,338
İŞLEM SONRASI FİLTREDEN DÖKÜLEN TOZ MİKTARI (GR)	1,357	1,965	3,683	4,539	1,774	3,806	4,322	5,875
FİLTREDE KALAN TOZ MİKTARI YÜZDESİ	9,773936	12,31593	8,200399	11,4687	15,64432	18,55339	18,59107	18,54984
FİLTREDEN DÖKÜLEN VE HAVADA KALAN TOZ MİKTARININ YÜZDESİ	90,22606	87,68407	91,7996	88,5313	84,35568	81,44661	81,40893	81,45016

Elde edilen sonuçlardan kesme akımının artması sonucunda kesme işleminde filtre yüzeyinde kalan iri taneli toz miktarında artış görülmüştür. Benzer şekilde filtre yapısı içinde (filtre derinliklerinde) tutulan nispeten küçük tane boyutuna sahip partiküllerinin miktarında da artış görülmüştür. Kesme mesafesi ve tutulan toz miktarı arasında nispeten doğrusal bir ilişki görülmüştür (Şekil 5.1-5.2). 40A’lık kesme akımında kağıt filtre yüzeyinden dökülen tozların morfolojisinde minimum tane boyutunun 2,42 µm olduğu ve bu değer ile 976 µm arasında değişmektedir (Şekil 5.3). Tutulan tozlar ağırlıklı olarak 20 µm ile 100 µm arasındadır. 10 µm den küçük tozların

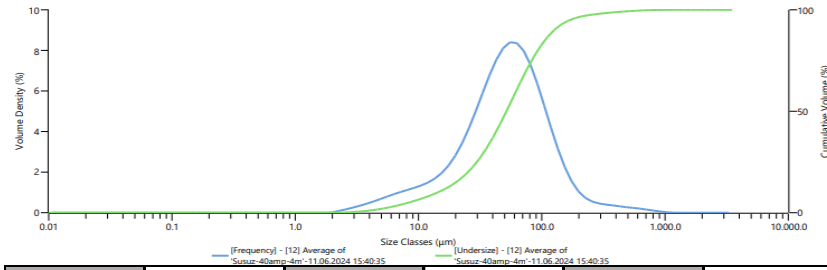
miktarı hacimsel olarak %6,34 ve 5 µm den küçük (havada asılı kalabilen) tozların hacimsel olarak %2,1 olduğu görülmüştür. Havada asılı kalabilen tozların tane boyutu 5 mm’den küçüktür ve bu tozların çalışanlar tarafından solunması durumunda solunum sistemine gireceği aşıkardır.



Şekil 5.1 Kağıt filtrede 40A’de susuz ortamda tutulan toplam toz miktarları



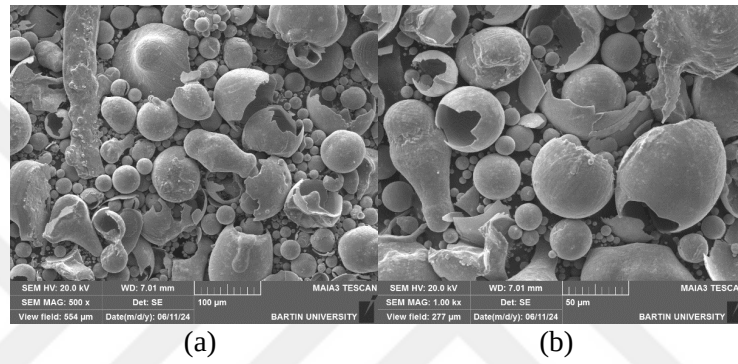
Şekil 5.2 Kağıt filtrede 40A’de susuz ortamda işlem sonrası filtreden dökülen ve filtre içindeki yapıda tutulan toz miktarları



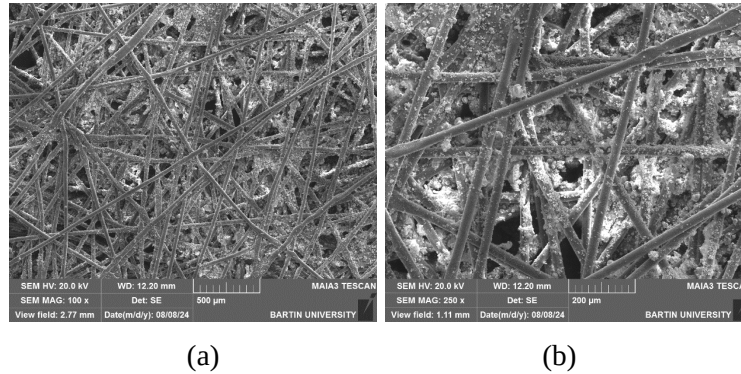
Tane Boyutu (µm)	Hacimsel Oran (%)	Tane Boyutu (µm)	Hacimsel Oran (%)	Tane Boyutu (µm)	Hacimsel Oran (%)
2,42	0,08	18,7	13,64	144	92,75
2,75	0,22	21,2	15,98	163	94,63
3,12	0,43	24,1	18,83	186	95,91
3,55	0,71	27,4	22,3	211	96,78
4,03	1,08	31,1	26,48	240	97,38
4,58	1,54	35,3	31,41	272	97,84
5,21	2,1	40,1	37,06	310	98,22
5,92	2,76	45,6	43,37	352	98,55
6,72	3,52	51,8	50,15	400	98,86
7,64	4,38	58,9	57,17	454	99,12
8,68	5,31	66,9	64,17	516	99,35
9,86	6,34	76	70,84	586	99,55
11,2	7,46	86,4	76,93	666	99,72
12,7	8,69	98,1	82,24	756	99,85
14,5	10,09	111	86,65	859	99,93
16,4	11,71	127	90,14	976	99,98

Şekil 5.3 Kağıt filtrede 40A’de de susuz ortamda tutulan tozların morfolojisi

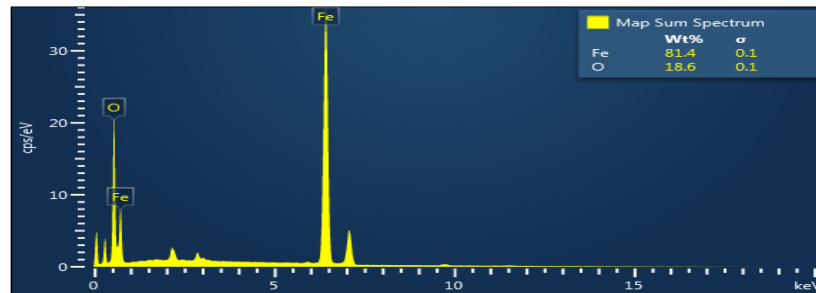
Filtre yüzeyinden dökülen metal ve metal oksit tozlarının elektron mikroskobu görüntülerinde (Şekil 5.4) küçük tozların küresel formda olduğu, bazı büyük tanelerin içi boş silindirik ve kabuk şeklinde olduğu görülmektedir. Tane boyutu büyüdükçe tanelerin silindirik yapılarının bozulduğu ve deformasyonun arttığı görülmektedir (Şekil 5.4). Filtre yüzeylerinin elektron mikroskobu görüntüsü Şekil 5.5’de verilmiştir. Tozların filtre dokusu içinde yoğunlaştığı ince taneli tozların filtre boşluklarının doldurduğu görülmektedir. EDS analizleri tozların Fe, C ve oksijenden oluştuğunu göstermektedir (Şekil 5.6).



Şekil 5.4 Kağıt filtrede 40A susuz ortamda tutulan tozların (a)’daki ve 500x (b)’deki 1000x SEM görüntüleri

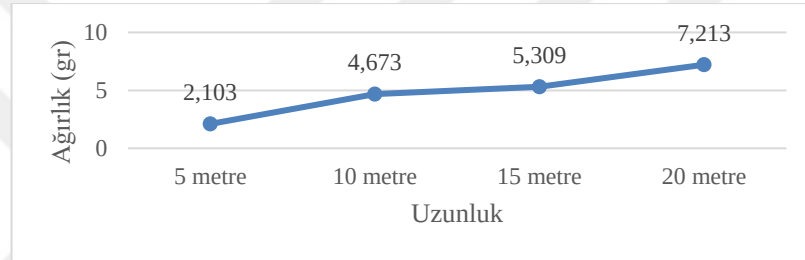


Şekil 5.5 Kağıt filtre 40A’de susuz ortamdaki filtrenin (a)’daki 100x (b)’deki 250x SEM görüntüsü

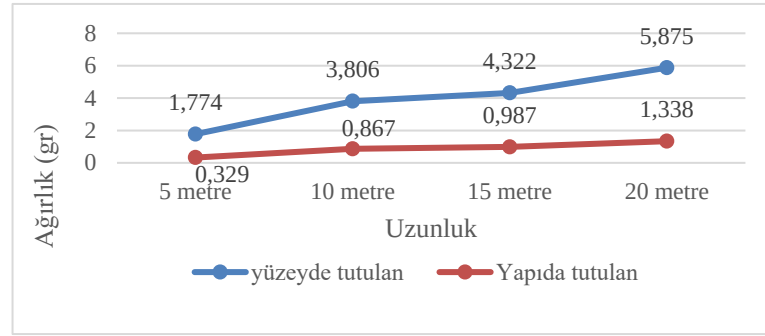


Şekil 5.6 Kağıt filtrede 40A’de susuz ortamda tutulan tozların EDS sonuçları

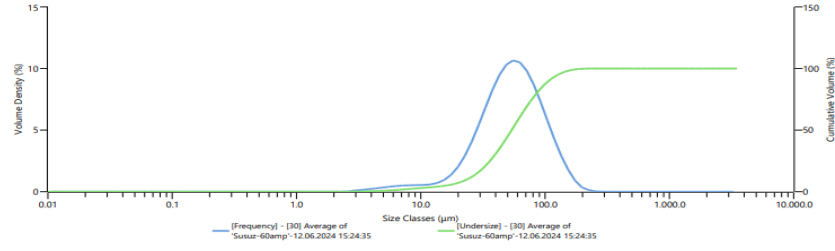
Kesme akımının artması kesme işleminde filtre yüzeyinde tutulan iri taneli toz miktarında artışa neden olmuştur. Benzer şekilde filtre yapısı içinde (filtre derinliklerinde) tutulan nispeten küçük tane boyutuna sahip partiküllerinin miktarında da artış görülmüştür. Kesme mesafesi ve tutulan toz miktarı arasında doğrusala yakın bir ilişki mevcuttur (Şekil 5.7-5.8). 60A'lık kesme akımında kağıt filtre yüzeyinde dökülen tozların morfolojisi incelendiğinde minimum tane boyutu minimum 3,12 μm ve maksimum 240 μm 'dir (Şekil 5.9). Tutulan ancak filtre yüzeyinden dökülen tozların ağırlıklı olarak 25 μm ile 125 μm arasında olduğu görülmüştür. 10 μm den küçük tozların miktarı hacimsel olarak %2,89 ve 5 μm den küçük (havada asılı kalabilen) tozların hacimsel olarak %0,862'dir.



Şekil 5.7 Kağıt filtrede 60A'de susuz ortamda tutulan toplam toz miktarları



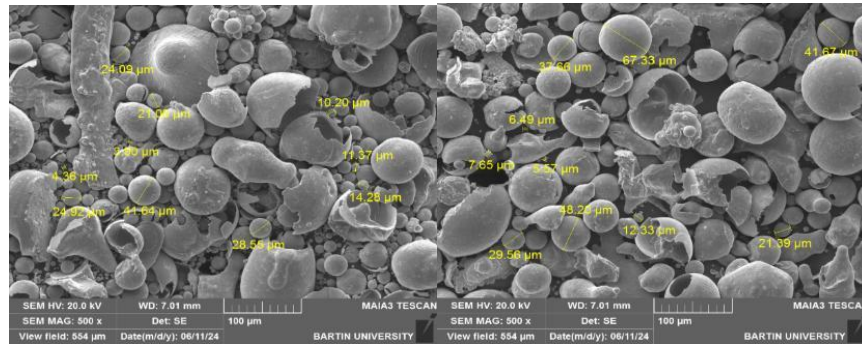
Şekil 5.8 Kağıt filtrede 60A'de susuz ortamda işlem sonrası filtreden dökülen ve filtre içindeki yapıda tutulan toz miktarları



Tane Boyutu (μm)	Hacimsel Oran (%)	Tane Boyutu (μm)	Hacimsel Oran (%)	Tane Boyutu (μm)	Hacimsel Oran (%)
3,12	0,08	14,5	4,42	66,9	65,08
3,55	0,20	16,4	5,20	76,0	73,29
4,03	0,36	18,7	6,33	86,4	80,56
4,58	0,58	21,2	7,98	98,1	86,65
5,21	0,86	24,1	10,39	111	91,45
5,92	1,20	27,4	13,76	127	94,99
6,72	1,58	31,1	18,25	144	97,40
7,64	2,00	35,3	23,96	163	98,88
8,68	2,45	40,1	30,85	186	99,61
9,86	2,89	45,6	38,75	211	99,88
11,2	3,35	51,8	47,37	240	99,98
12,7	3,84	58,9	56,30		

Şekil 5.9 Kağıt filtrede 60 A’de susuz ortamda tutulan tozların morfolojisi

60 Amperlik kesme akımı kullanılan işlemde filtre yüzeyinden dökülen tozlar 40 amperlik kesme şartlarında elde edilen tozlara göre daha büyük tanelere boyutuna sahiptir (Şekil 5.10).



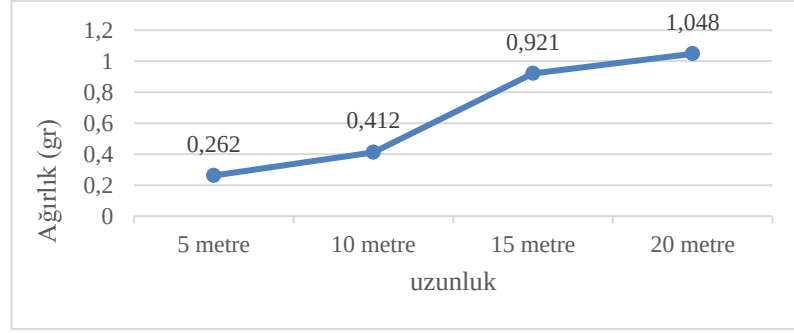
Şekil 5.10 Kağıt filtre işleminde 40 ve 60 amperde susuz ortamda elde edilen tozun 500x SEM görüntüsündeki bazı tanelerin çapların ölçüleri

Hepa filtrelerin tutucu olarak kullanıldığı işlemlerden elde edilen değerler ve görüntüler, kesme uzunluğu, kesme akımı, filtre türü ve altlık kullanıp kullanılmadığına bağlı olarak değerlendirilmiştir. Sulu altlığın kullanılmadığı kesme işleminde elde edilen değerler Tablo 5.2’de verilmiştir.

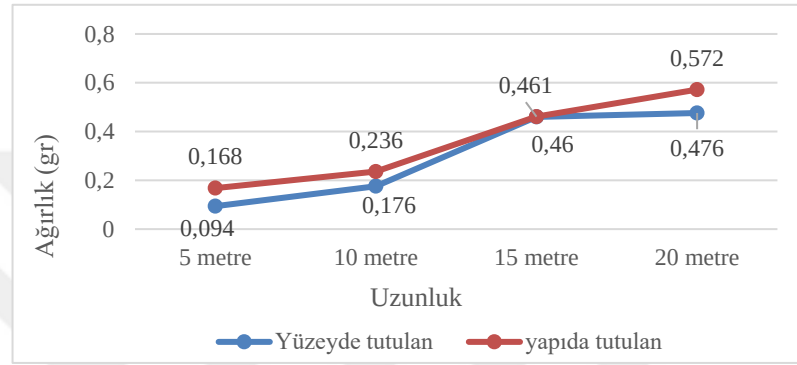
Tablo 5.2 Hepa filtre kullanılarak susuz ortamda tutulan toz miktarları

HEPA FİLTRE (2 ADET) SUSUZ PLAZMA KESME								
AMPER	40				60			
PLAZMA KESME İŞLEMİNİN UZUNLUĞU (M)	5	10	15	20	5	10	15	20
İŞLEM ÖNCESİ FİLTRE AĞIRLIĞI (GR)	182,736	182,526	182,198	182,365	182,938	182,896	182,597	182,725
İŞLEM SONRASI FİLTRENİN AĞIRLIĞI (GR)	182,998	182,938	183,119	183,413	183,051	183,19	182,914	183,271
İŞLEM ÖNCESİ YÜZEYDE KALAN METAL TOZLARININ TEMİZLENMESİ SONRASI FİLTRE AĞIRLIĞI (GR)	182,830	182,702	182,658	182,841	183,018	183,144	182,816	183,139
FİLTREDE KALAN (TUTULAN) TOPLAM TOZ MİKTARI (GR)	0,262	0,412	0,921	1,048	0,113	0,294	0,317	0,546
FİLTRE YAPISINDA TUTULAN TOZ MİKTARI (GR)	0,168	0,236	0,461	0,572	0,033	0,046	0,098	0,132
İŞLEM SONRASI FİLTREDEN DÖKÜLEN TOZ MİKTARI (GR)	0,094	0,176	0,46	0,476	0,08	0,248	0,219	0,414
FİLTREDE KALAN TOZ MİKTARI YÜZDESİ	64,12214	57,28155	50,05429	54,58015	29,20354	15,64626	30,91483	24,17582
FİLTREDEN DÖKÜLEN VE HAVADA KALAN TOZ MİKTARININ YÜZDESİ	35,87786	42,71845	49,94571	45,41985	70,79646	84,35374	69,08517	75,82418

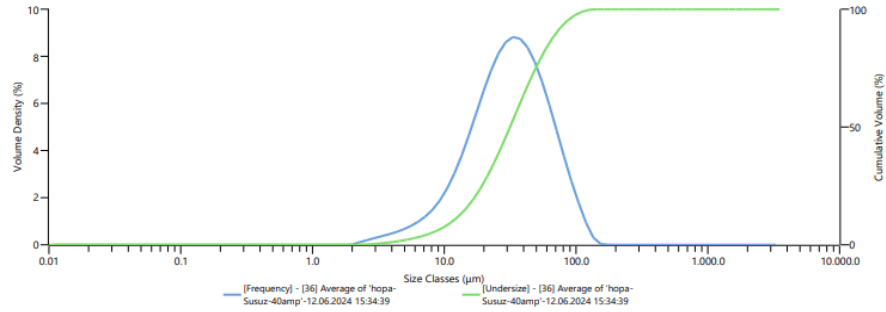
Elde edilen sonuçlardan kesme akımının artması kesme işleminde filtre yüzeyinde tutulan toz miktarında artışa neden olmuştur. Benzer şekilde filtre yapısı içinde (filtre derinliklerinde) tutulan nispeten küçük tane boyutuna sahip partiküllerinin miktarında da artışa sebep olmuştur. Kesme mesafesi ve tutulan toz miktarı arasında doğrusala yakın bir ilişki görülmüştür (Şekil 5.11-5.12). 40A’lik kesme akımında hepa filtre yüzeyinden dökülen tozların morfolojisi incelendiğinde tane boyutunun minimum 2,42 µm ile maksimum 144 µm aralığında değiştiği ölçülmüştür (Şekil 5.13). Tutulan tozların ağırlıklı olarak 52 µm ile 98 µm arasında olduğu görülmüştür. 10 µm den küçük tozların miktarı hacimsel olarak %7,39 ve 5 µm den küçük tozlar hacimsel olarak %1,60 olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.11 Hepa filtrede 40A’de susuz ortamda tutulan toplam toz miktarları



Şekil 5.12 Hepa filtrede 40A’de susuz ortamda işlem sonrası filtreden dökülen ve filtre içindeki yapıda tutulan toz miktarları

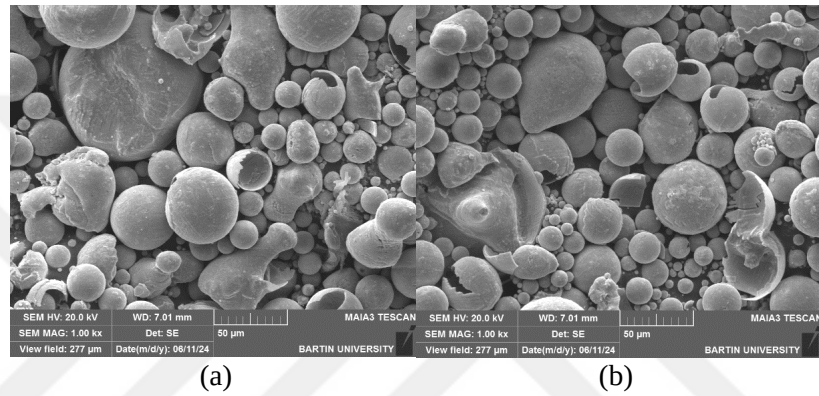


Tane Boyutu (µm)	Hacimsel Oran (%)	Tane Boyutu (µm)	Hacimsel Oran (%)	Tane Boyutu (µm)	Hacimsel Oran (%)
2,42	0,09	11,2	9,38	51,8	77,35
2,75	0,25	12,7	11,89	58,9	83,13
3,12	0,49	14,5	15,05	66,9	88,07
3,55	0,79	16,4	18,93	76,0	92,11
4,03	1,16	18,7	23,6	86,4	95,24
4,58	1,60	21,2	29,05	98,1	97,49
5,21	2,14	24,1	35,22	111	98,97
5,92	2,80	27,4	41,99	127	99,75
6,72	3,61	31,1	49,17	144	99,98
7,64	4,60	35,3	56,54		
8,68	5,83	40,1	63,85		
9,86	7,39	45,6	70,86		

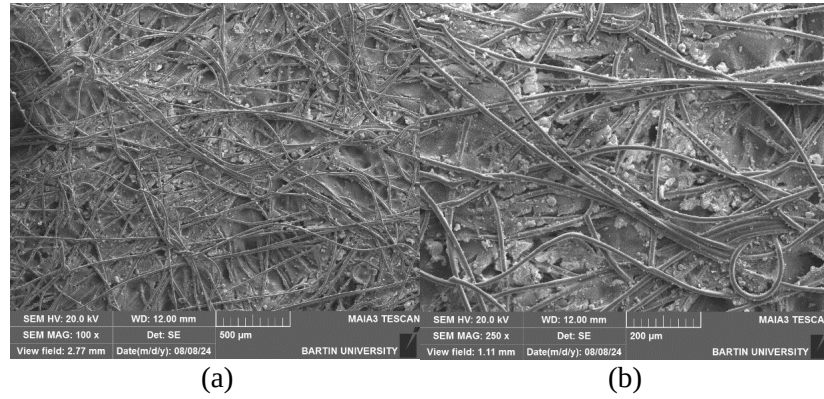
Şekil 5.13 Hepa filtrede 40A’de susuz ortamda tutulan tozların morfolojisi

40A’lık kesme işleminde filtre yüzeyinde dökülen tozların ve filtre dokusunun SEM görüntüleri Şekil 5.14 ve Şekil 5.15 de verilmiştir. Dökülen tozların kağıt filtre elemanı yüzeylerinden dökülenlere göre daha küçük tane boyutlarına sahip olduğu görülmektedir. Tozların küresel formda olduğu, bazı tozların kabuk şeklinde ve küresel formdadır.

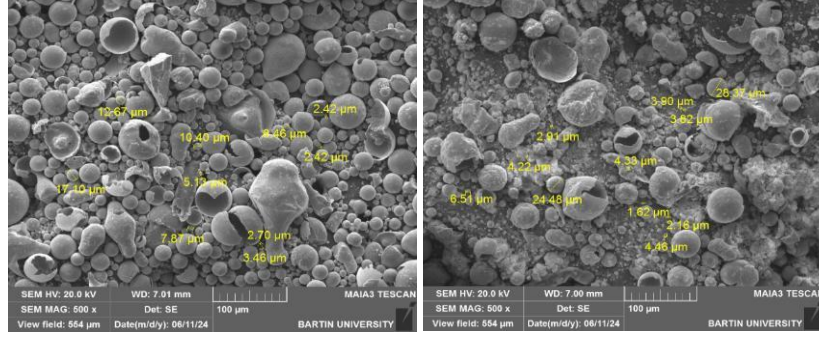
60A’de çıkan ve filtre yüzeyinden dökülen taneler 40A’lık kesme akımına göre daha ince yapıdadır (Şekil 5.16).



Şekil 5.14 Hepa filtrede 40A’de susuz ortamda tutulan tozların (a)’daki ve (b)’deki 1000x SEM görüntüleri

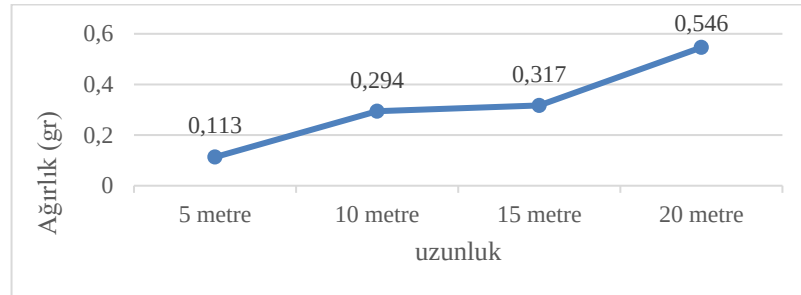


Şekil 5.15 Hepa filtre 40A’de susuz ortamdaki filtrenin (a)’daki ve 100x (b)’deki 250x SEM görüntüsü

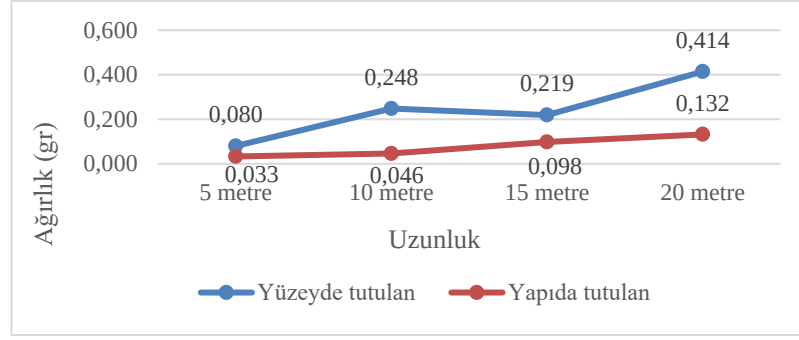


Şekil 5.16 Hepa filtre işleminde 40A ve 60A de susuz ortamda elde edilen tozun 500x SEM görüntüsündeki bazı tanelerin çapların ölçüleri

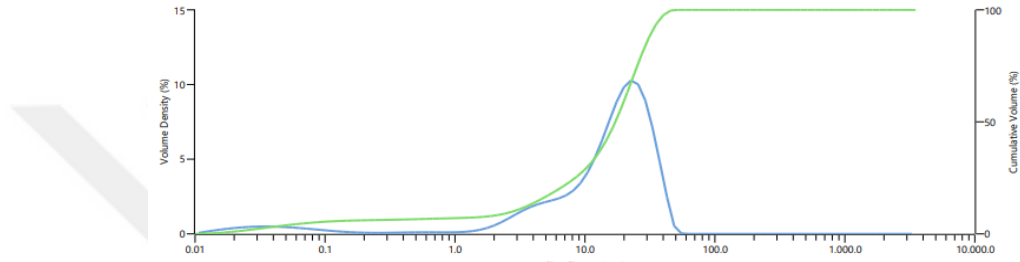
60A'lık kesme akımı kullanılarak susuz altlık kesme işleminden elde edilen sonuçlar incelendiğinde kesme akımının artması kesme işleminde filtre yüzeyinde tutulan toz miktarında artışa neden olmuştur. Benzer şekilde filtre yapısı içinde (filtre derinliklerinde) tutulan nispeten küçük tane boyutuna sahip partiküllerinin miktarında da artmaktadır. Kesme mesafesine bağlı olarak tutulan toz miktarı artmaktadır (Şekil 5.17-5.18). 60A'lık kesme akımında hepa filtre yüzeyinden dökülen tozların morfolojisi incelendiğinde tane boyutlarının 0,0114 µm ile 45,6 µm arasında değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 5.19). 10 µm den küçük tozların hacimsel olarak %28,40 ve 5 µm den küçük tozların hacimsel olarak %15,42 olduğu görülmüştür. 40 amperde hepa filtre yüzeyinde dökülen tozların tane boyutu ile 60A'deki kesme işlemi sırasında elde edilen tozların tane boyut dağılımı benzerlik göstermektedir.



Şekil 5.17 Hepa filtrede 60A'de susuz ortamda tutulan toplam toz miktarları



Şekil 5.18 Hepa filtrede 60A’de susuz ortamda işlem sonrası filtreden dökülen ve filtre içindeki yapıda tutulan toz miktarları



Tane Boyutu (µm)	Hacimsel Oran (%)	Tane Boyutu (µm)	Hacimsel Oran (%)	Tane Boyutu (µm)	Hacimsel Oran (%)
0,0114	0,05	0,188	6,04	3,12	10,97
0,0129	0,18	0,214	6,1	3,55	12,28
0,0147	0,36	0,243	6,16	4,03	13,77
0,0167	0,6	0,276	6,22	4,58	15,42
0,0189	0,88	0,314	6,28	5,21	17,18
0,0215	1,21	0,357	6,34	5,92	19,05
0,0244	1,58	0,405	6,42	6,72	21,03
0,0278	1,97	0,46	6,5	7,64	23,17
0,0315	2,37	0,523	6,58	8,68	25,58
0,0358	2,78	0,594	6,67	9,86	28,40
0,0407	3,19	0,675	6,76	11,2	31,83
0,0463	3,59	0,767	6,85	12,7	36,07
0,0526	3,97	0,872	6,93	14,5	41,30
0,0597	4,33	0,991	7,02	16,4	47,62
0,0679	4,65	1,13	7,11	18,7	55,00
0,0771	4,94	1,28	7,22	21,2	63,21
0,0876	5,2	1,45	7,38	24,1	71,82
0,0995	5,41	1,65	7,60	27,4	80,23
0,113	5,6	1,88	7,92	31,1	87,71
0,128	5,75	2,13	8,38	35,3	93,64
0,146	5,87	2,42	9,03	40,1	97,65
0,166	5,96	2,75	9,89	45,6	99,68

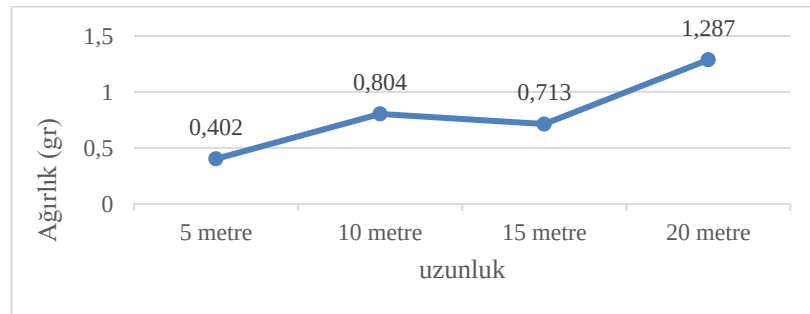
Şekil 5.19 Hepa filtrede 60A’de susuz ortamda tutulan tozların morfolojisi

Sulu altlık kullanılarak yapılan ve kağıt filtrenin kullanıldığı işlemler sonrası elde edilen değerler Tablo 5.3’de verilmiştir.

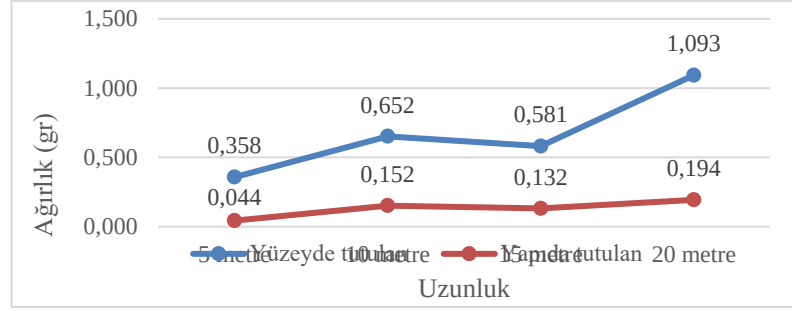
Tablo 5.3 Kağıt filtre kullanılarak sulu ortamda tutulan toz miktarları

KAĞIT FİLTRESİ SULU PLAZMA KESME								
AMPER	40				60			
PLAZMA KESME İŞLEMİNİN UZUNLUĞU (M)	5	10	15	20	5	10	15	20
İŞLEM ÖNCESİ FİLTRE AĞIRLIĞI (GR)	67,387	67,125	67,422	67,256	69,218	69,536	69,165	69,741
İŞLEM SONRASI FİLTRENİN AĞIRLIĞI (GR)	67,789	67,929	68,135	68,543	69,767	70,817	70,593	72,117
İŞLEM ÖNCESİ YÜZEYDE KALAN METAL TOZLARININ TEMİZLENMESİ SONRASI FİLTRE AĞIRLIĞI (GR)	67,745	67,777	68,003	68,349	69,591	70,465	70,166	71,413
FİLTREDE KALAN (TUTULAN) TOPLAM TOZ MİKTARI (GR)	0,402	0,804	0,713	1,287	0,549	1,281	1,428	2,376
FİLTRE YAPISINDA TUTULAN TOZ MİKTARI (GR)	0,044	0,152	0,132	0,194	0,176	0,352	0,427	0,704
İŞLEM SONRASI FİLTREDEN DÖKÜLEN TOZ MİKTARI (GR)	0,358	0,652	0,581	1,093	0,373	0,929	1,001	1,672
FİLTREDE KALAN TOZ MİKTARI YÜZDESİ	10,94527	18,90547	18,51332	15,07382	32,05829	27,47853	29,90196	29,62963
FİLTREDEN DÖKÜLEN VE HAVADA KALAN TOZ MİKTARININ YÜZDESİ	89,05473	81,09453	81,48668	84,92618	67,94171	72,52147	70,09804	70,37037

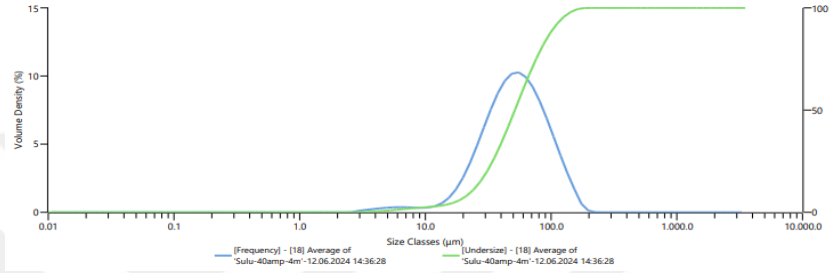
Daha önceki sonuçlarla benzer olarak, artan akım şiddeti toz miktarında artışa neden olmaktadır, işlem sonrası filtre yüzeyinden dökülen ve filtre yapısında kalan toz miktarlarında görülen değişim benzer eğilimdedir (Şekil 5.20-5.21). 40 amperlik kesme akımında kağıt filtre yüzeyinden dökülen tozların morfolojisi incelendiğinde minimum tane boyutunun 3,12 μm olduğu ve tane boyutlarının minimum değer ile 186 μm arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 5.22). Tutulan tozların tane boyutu ağırlıklı olarak 30 μm ile 130 μm arasındadır. 10 μm den küçük tozlar hacimsel olarak %2,42 ve 5 μm den küçük tozlar hacimsel olarak %0,66'dır.



Şekil 5.20 Kağıt filtrede 40 amperde sulu ortamda tutulan toplam toz miktarları



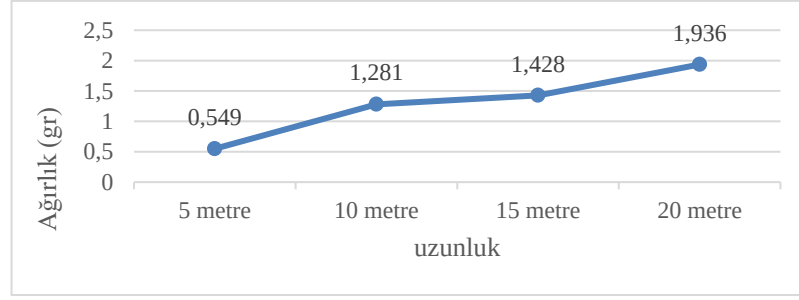
Şekil 5.21 Kağıt filtrede 40A’de sulu ortamda işlem sonrası filtreden dökülen ve filtre içindeki yapıda tutulan toz miktarları



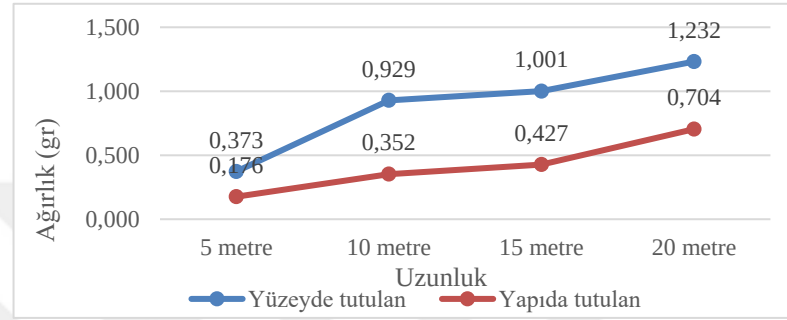
Tane Boyutu (µm)	Hacimsel Oran (%)	Tane Boyutu (µm)	Hacimsel Oran (%)	Tane Boyutu (µm)	Hacimsel Oran (%)
3,12	0,09	12,7	3,07	51,8	50,4
3,55	0,23	14,5	3,61	58,9	58,99
4,03	0,42	16,4	4,49	66,9	67,3
4,58	0,66	18,7	5,87	76,0	74,99
5,21	0,94	21,2	7,97	86,4	81,81
5,92	1,24	24,1	10,97	98,1	87,59
6,72	1,56	27,4	15,02	111	92,21
7,64	1,86	31,1	20,22	127	95,68
8,68	2,15	35,3	26,53	144	98,05
9,86	2,42	40,1	33,83	163	99,45
11,2	2,7	45,6	41,89	186	99,92

Şekil 5.22 Kağıt filtrede 40A’de sulu ortamda tutulan tozların morfolojisi

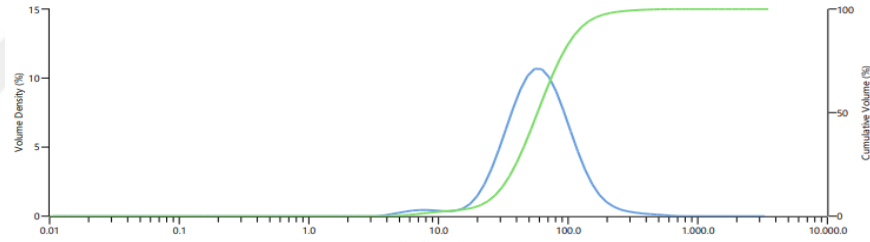
60A’lik kesme akımı ile sulu altlık kullanılan kesme işleminde elde edilen sonuçlar Şekil 5.23-5.24’de verilmiştir. 60A’lik kesme akımında kağıt filtre yüzeyinden dökülen tozların morfolojisi incelendiğinde minimum tane boyutunun 4,03 µm olduğu ve tane boyutlarının minimum değer ile 586 µm arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 5.25). Tutulan tozların ağırlıklı olarak 163 µm ile 200 µm arasında olduğu görülmüştür. 10 µm den küçük tozlar hacimsel olarak %2,07 ve 5 µm den küçük (havada asılı kalabilen) tozların hacimsel olarak %0,16’dır. Filtre yüzeyinden dökülen tozların morfolojisi incelendiğinde yoğunluğu 30 ile 130 µm tane boyutuna sahip tozlar oluşturmaktadır.



Şekil 5.23 Kağıt filtrede 60A’de sulu ortamda tutulan toplam toz miktarları



Şekil 5.24 Kağıt filtrede 60A’de sulu ortamda işlem sonrası filtreden dökülen ve filtre içindeki yapıda tutulan toz miktarları



Tane Boyutu (µm)	Hacimsel Oran (%)	Tane Boyutu (µm)	Hacimsel Oran (%)	Tane Boyutu (µm)	Hacimsel Oran (%)
4,03	0,04	24,1	7,24	127	91,27
4,58	0,16	27,4	10,09	144	94,07
5,21	0,36	31,1	14,09	163	95,98
5,92	0,63	35,3	19,35	186	97,25
6,72	0,97	40,1	25,89	211	98,09
7,64	1,34	45,6	33,55	240	98,65
8,68	1,72	51,8	42,05	272	99,03
9,86	2,07	58,9	50,99	310	99,31
11,2	2,38	66,9	59,9	352	99,53
12,7	2,66	76,0	68,32	400	99,68
14,5	2,98	86,4	75,85	454	99,81
16,4	3,42	98,1	82,24	516	99,91
18,7	4,14	111	87,37	586	99,97
21,2	5,34				

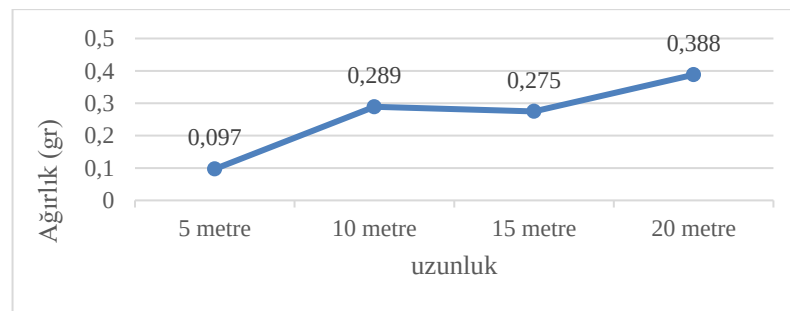
Şekil 5.25 Kağıt filtrede 60A’de sulu ortamda tutulan tozların morfolojisi

Hepa filtrelerin kullanıldığı kesme işleminden elde edilen sonuçlar Tablo 5.4’de verilmiştir.

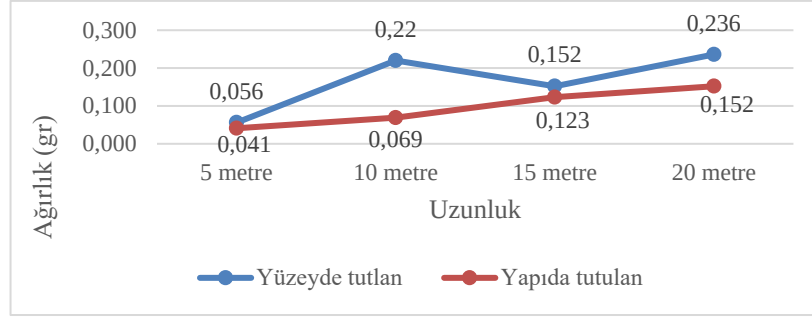
Tablo 5.4 Hepa filtre kullanılarak sulu ortamda tutulan toz miktarları

HEPA FİLTRE (2 ADET) SULU PLAZMA KESME								
AMPER	40				60			
PLAZMA KESME İŞLEMİNİN UZUNLUĞU (M)	5	10	15	20	5	10	15	20
İŞLEM ÖNCESİ FİLTRE AĞIRLIĞI (GR)	183,974	183,641	183,728	183,563	186,385	186,076	186,229	186,153
İŞLEM SONRASI FİLTRENİN AĞIRLIĞI (GR)	184,071	183,93	184,003	183,951	186,433	186,153	186,397	186,345
İŞLEM ÖNCESİ YÜZEYDE KALAN METAL TOZLARININ TEMİZLENMESİ SONRASI FİLTRE AĞIRLIĞI (GR)	184,030	183,861	183,88	183,799	186,417	186,1	186,349	186,281
FİLTREDE KALAN (TUTULAN) TOPLAM TOZ MİKTARI (GR)	0,097	0,289	0,275	0,388	0,048	0,077	0,168	0,192
FİLTRE YAPISINDA TUTULAN TOZ MİKTARI (GR)	0,041	0,069	0,123	0,152	0,016	0,053	0,048	0,064
İŞLEM SONRASI FİLTREDEN DÖKÜLEN TOZ MİKTARI (GR)	0,056	0,22	0,152	0,236	0,032	0,024	0,12	0,128
FİLTREDE KALAN TOZ MİKTARI YÜZDESİ	42,26804	23,87543	44,72727	39,17526	33,33333	68,83117	28,57143	33,33333
FİLTREDEN DÖKÜLEN VE HAVADA KALAN TOZ MİKTARININ YÜZDESİ	57,73196	76,12457	55,27273	60,82474	66,66667	31,16883	71,42857	66,66667

Elde edilen sonuçlardan, kesme akımının artması kesme işleminde filtre yüzeyinde tutulan toz miktarında da artışa neden olduğu görülmektedir. Benzer şekilde filtre yapısı içinde (filtre derinliklerinde) tutulan nispeten küçük tane boyutuna sahip partiküllerinin miktarında da artışa sebep olmuştur. Kesme mesafesi ve tutulan toz miktarı arasında nispeten doğrusal bir ilişki mevcuttur (Şekil 5.26-5.27). Tane botu analizi ise yeterli miktarda toz ağırlığı olmadığı için cihazda ölçüm yapılamamıştır.

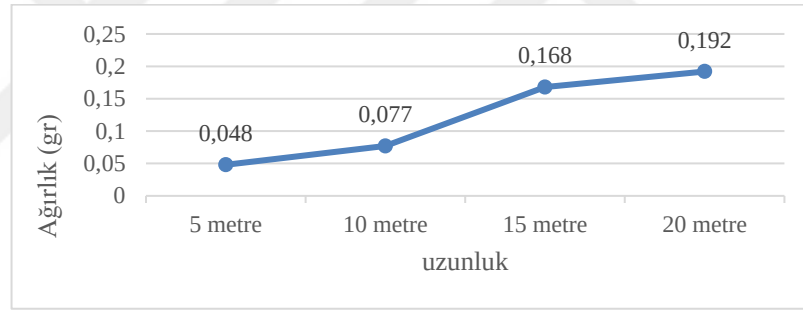


Şekil 5.26 Hepa filtrede 40A’de sulu ortamda tutulan toplam toz miktarları

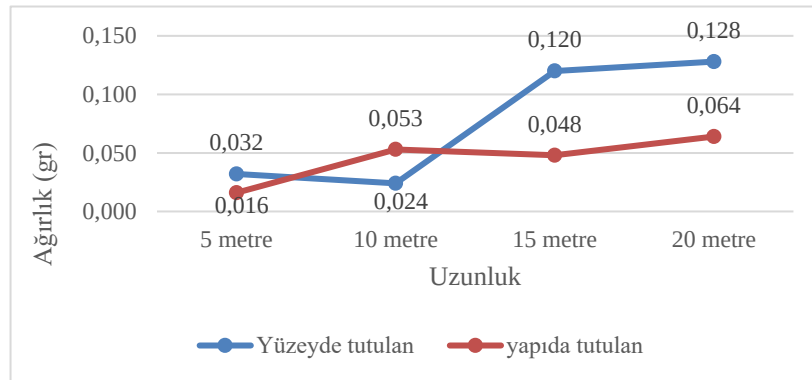


Şekil 5.27 Hepa filtrede 40A’de sulu ortamda işlem sonrası filtreden dökülen ve filtre içindeki yapıda tutulan toz miktarları

Kesme akımının artmasıyla beraber kesme işleminde filtre yüzeyinde tutulan toz miktarı artmaktadır. Benzer şekilde filtre yapısı içinde (filtre derinliklerinde) tutulan nispeten küçük tane boyutuna sahip partiküllerinin miktarında da artışa sebep olmuştur. Kesme mesafesi ve tutulan toz miktarı arasında doğrusala yakın bir ilişki görülmüştür (Şekil 5.28-5.29).



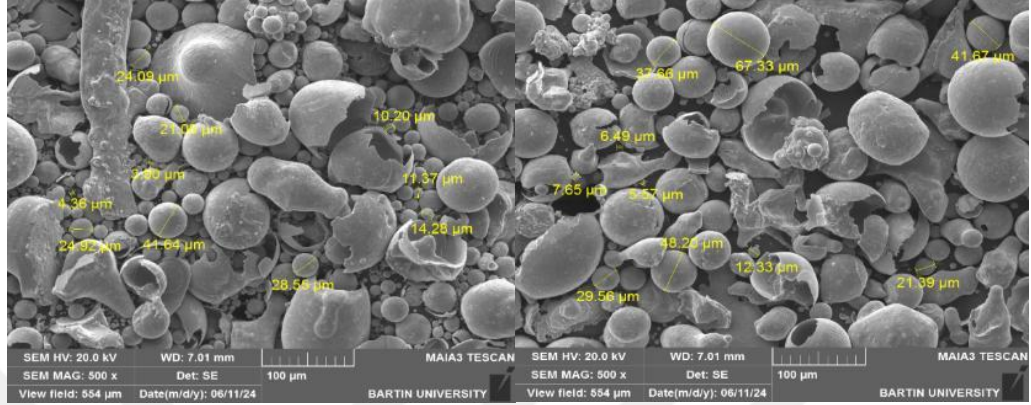
Şekil 5.28 Hepa filtrede 60A’de sulu ortamda tutulan toplam toz miktarları



Şekil 5.29 Hepa filtrede 60A’de sulu ortamda işlem sonrası filtreden dökülen ve filtre içindeki yapıda tutulan toz miktarları

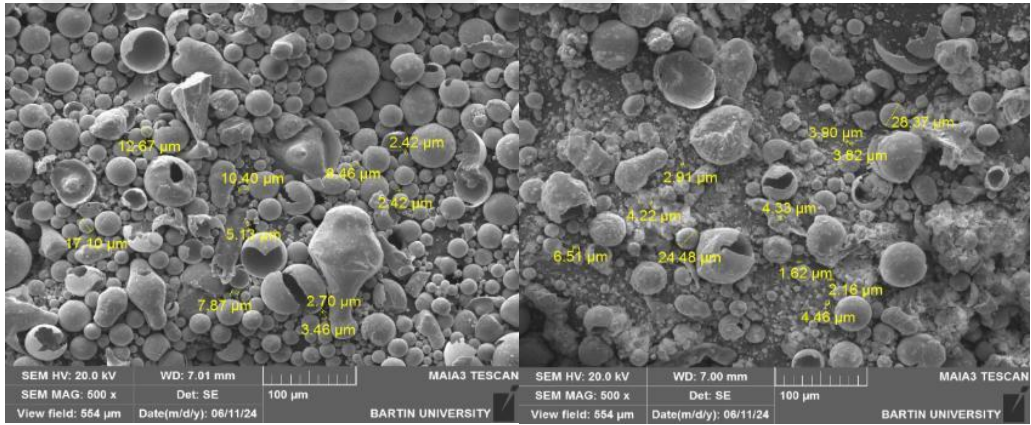
Hepa filtrenin yapısından dolayı tozlar yüzeye yapışmadan düşmüştür. Bu nedenle hepa filtre yüzeyinden dökülen tozların miktarı yeterli düzeyde olmadığından dolayı morfolojisi incelenememiştir.

Sulu ve susuz kesme şartlarında filtre yüzeylerinden dökülen tozlar incelendiğinde susuz ortamda emilen ve filtre yüzeyinde dökülenlerin daha ince tane boyutlarına sahip olduğu görülmektedir (Şekil 5.30-Şekil 5.31).



(a)

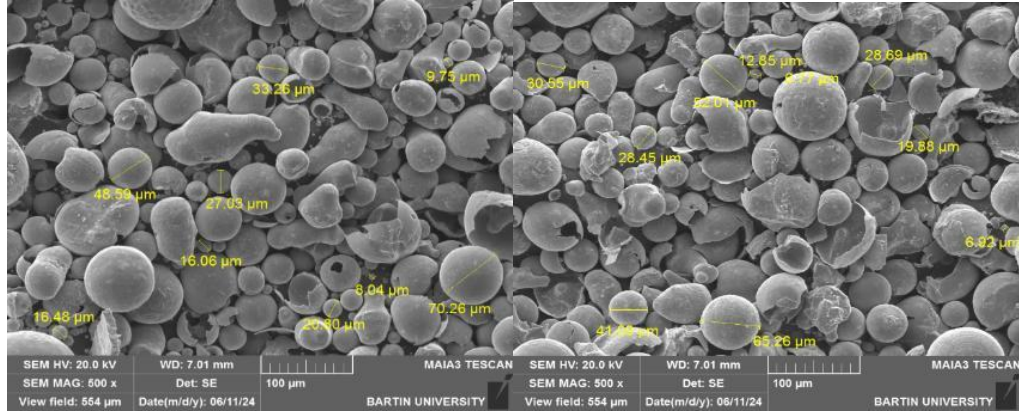
(b)



(c)

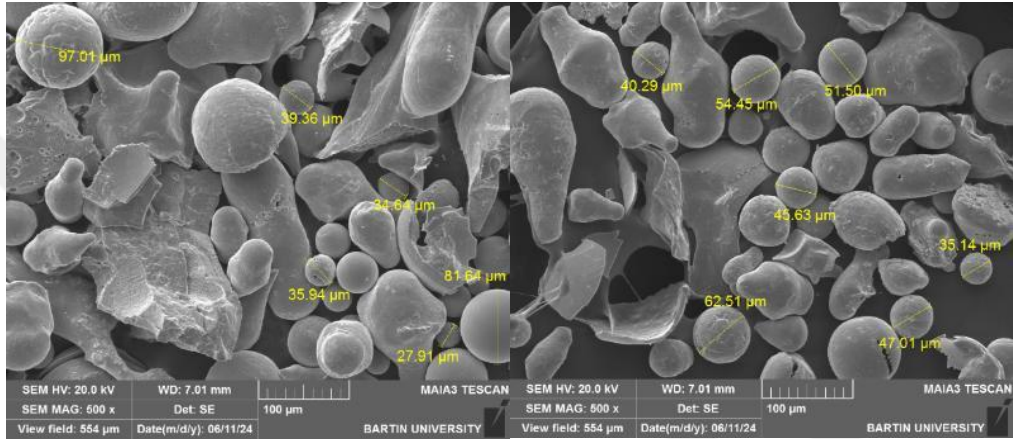
(d)

Şekil 5.30 (a) Kağıt filtre işleminde 40A'de, (b) kağıt filtre işleminde 60 amperde (c) hepa filtre işleminde 40 amperde, (d) hepa filtre işleminde 60 amperde susuz ortamda elde edilen tozun 500x SEM görüntüsündeki bazı tanelerin çapların ölçüleri



(a)

(b)



(c)

(d)

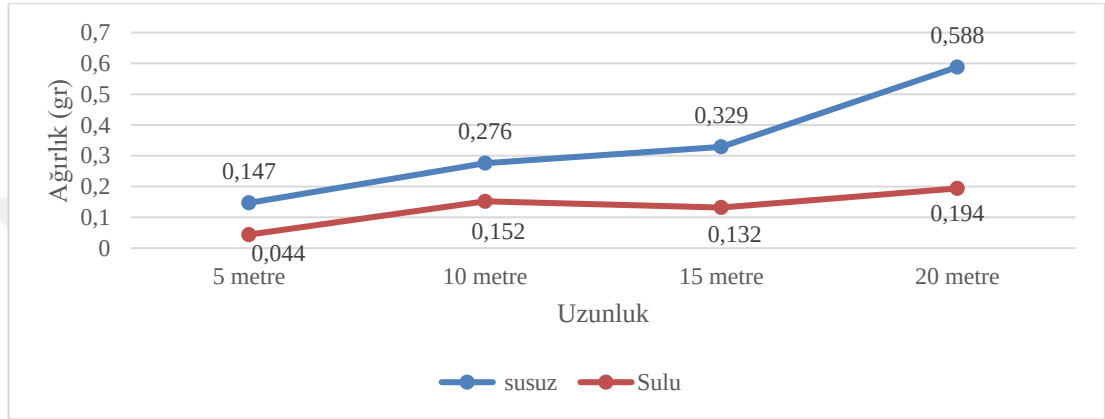
Şekil 5.31 (a) Kağıt filtre işleminde 40A’de, (b) kağıt filtre işleminde 60A’de (c) hepa filtre işleminde 40A’rde, (d) hepa filtre işleminde 60A’de sulu ortamda elde edilen tozun 500x SEM görüntüsündeki bazı tanelerin çapların ölçülürü

Kesme şartlarında filtrenin konumu göz önüne alındığında iri taneli olanlar kesme hattında sıçrayan tozlardır. Küçük tane boyutlu tozlar hava da asılı kalabildiği için emiş fanı tarafında emilerek filtre yüzeyinin çekilmiştir. Sulu altlık kullanımı plazma akımı ile su yüzeyine çarpan ince taneli tozların büyük oranda tutulduğu, filtre yüzeyinde dökülen tozların yapısı incelendiği görülebilmektedir.

5.1.1 Sonuçların Değerlendirilmesi

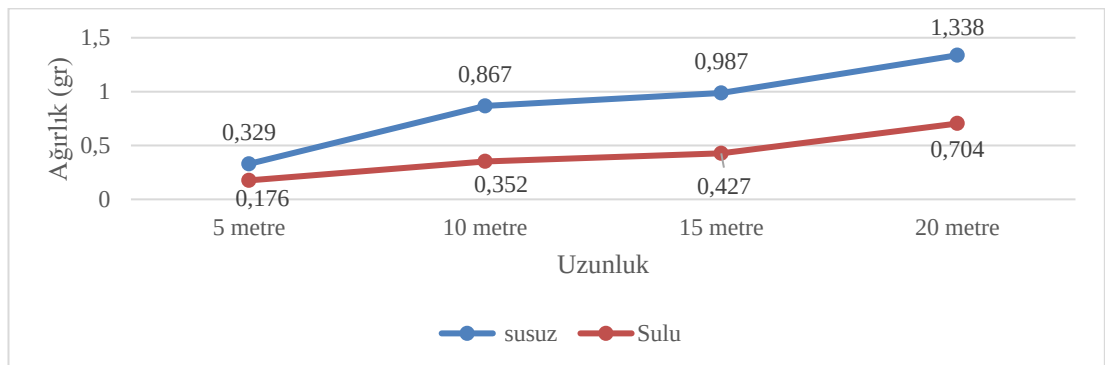
- Artan akım şiddetine bağlı olarak ortaya çıkan toz ve partiküllerin miktarı artmaktadır.
- Sulu ortamın kullanılması durumunda (40 Amperde) 5 metrede 0,044 gr, susuz ortamda 0,147 gr toz tutulmuştur. 10 metre için bu değer 0,152 gr (sulu) ve 0,276

gr (susuz); 15 metre için 0,132 gr (sulu) ve 0,329 gr (susuz); 20 metre için 0,194 gr (sulu) ve 0,588 gr (susuz) olarak ölçülmüştür. Susuz ortama göre sulu ortamda tutulan miktarda 5 metrede %334,0909; 10 M’de %181,5789; 15 metrede %249,2424; 20 M’de %303,0927 oranında yüksek gerçekleşmiştir. Ortalama olarak %267,0012 oranında daha fazla partikül tutulduğu görülmektedir (Şekil 5.32).



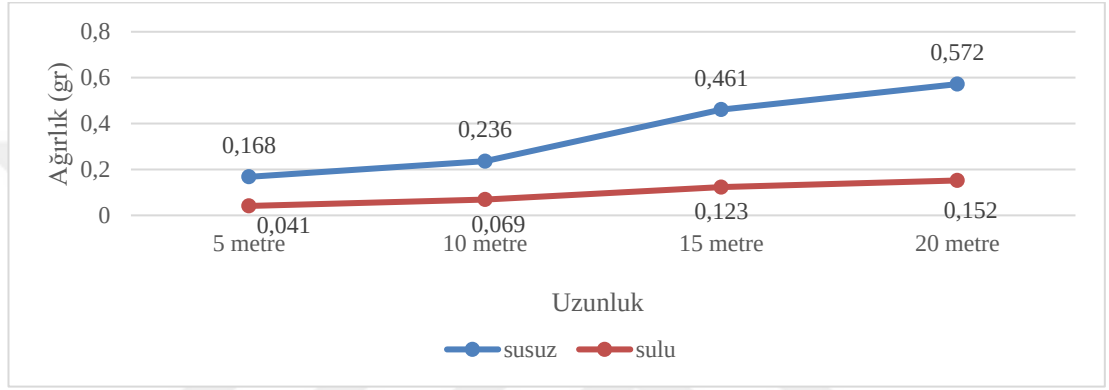
Şekil 5.32 Kağıt filtrede 40A’de susuz ve sulu ortamda filtre yapısında tutulan toz miktarları karşılaştırılması

Sulu ortamın kullanılması durumunda (60A’de) 5 metrede 0,176 gr toz filtrelenmiştir. Susuz ortamda 0,329 gr tutulmuştur. 10 metre için bu değer 0,352 gr (sulu) ve 0,867 gr (susuz); 15 metre için 0,427 gr (sulu) ve 0,987 gr (susuz); 20 metre için 0,704 gr (sulu) ve 1,338 gr (susuz) olarak ölçülmüştür. Susuz ortama göre sulu ortamda tutulan miktarda 5 metrede %186,9318; 10 metrede %246,3068; 15 metrede %231,1475; 20 metrede %190,0568 oranında yüksek gerçekleşmiştir. Ortalama olarak %213,6107 oranında da fazla partikül tutulmuştur (Şekil 5.33).



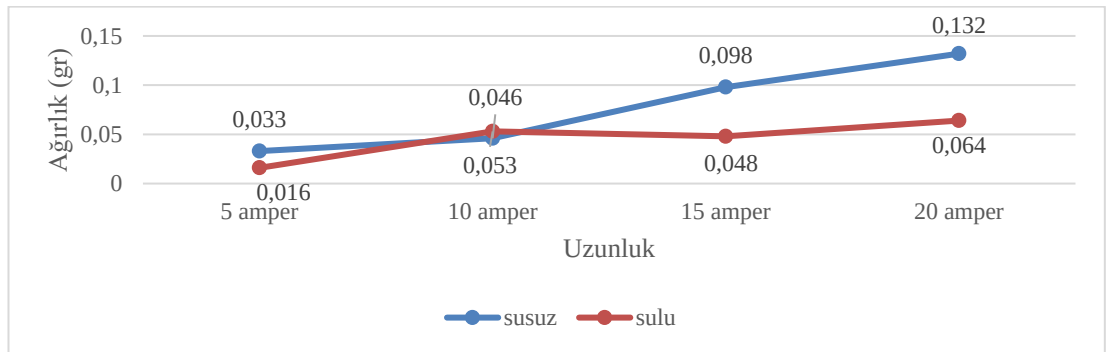
Şekil 5.33 Kağıt filtrede 60A’de susuz ve sulu ortamda filtre yapısında tutulan toz miktarları karşılaştırılması

Hepa filtre ve sulu altlık kullanılması durumunda (40A'de) 5 M'de 0,041 gr toz filtrelenmiştir. Susuz ortamda 0,168 gr tutulmuştur. 10 M için bu değer 0,069 gr (sulu) ve 0,236 gr (susuz); 15 M için 0,123 gr (sulu) ve 0,461 gr (susuz); 20 m için 0,152 gr (sulu) ve 0,572 gr (susuz) olarak ölçülmüştür. Susuz ortama göre sulu ortamda tutulan miktarda 5 M'de %409,7560; 10 M'de %342,0289; 15 M'de %374,7967; 20 M'de %376,3157 oranında yüksek gerçekleşmiştir. Ortalama olarak %375,7243 oranında da fazla partikül tutulduğu görülmektedir (Şekil 5.34).



Şekil 5.34 Hepa filtrede 40A'de susuz ve sulu ortamda filtre yapısında tutulan toz miktarları karşılaştırılması

Sulu altlık ve hepa filtre kullanılması durumunda (60A'de) 5 metrede 0,016 gr sulu altlık kullanılmadığında 0,033 gr tutulmuştur. 10 metre için bu değer 0,053 gr (sulu) ve 0,046 gr (susuz), 15 metre için 0,048 gr (sulu) ve 0,098 gr (susuz); 20 metre için 0,064 gr (sulu) ve 0,132 gr (susuz) olarak ölçülmüştür. Susuz ortama göre sulu ortamda tutulan miktarda 5 metrede %206,25; 10 metrede %86,7924; 15 metrede %204,1666; 20 metrede %206,25 oranında yüksek gerçekleşmiştir. Ortalama olarak %175,8647 oranında da fazla partikül tutulduğu görülmektedir (Şekil 5.35).



Şekil 5.35 Hepa filtrede 60A'de susuz ve sulu ortamda filtre yapısında tutulan toz miktarları karşılaştırılması

Plazma kesme işleminde kesme hattının altında sulu bir zeminin bulunması ortama yayılan ve hava da asılı kalabilen tozların tutulmasında ve iş sağlığı açısından büyük bir öneme sahiptir.

Özetle: Plazma kesme işleminde kesme hattının altında sulu bir zeminin bulunması ortama yayılan ve havada asılı kalabilen tozların tutulmasında ve iş sağlığı açısından büyük bir öneme sahiptir.

5.2 Öneriler

- Farklı akım şiddetleri için,
- Alüminyum ve paslanmaz çelik gibi demir dışı malzemeler için,
- Su yüzeyinin kesme hattına olan mesafesinin etkisi,
- Oksijen kaynağı ve lazer kesme işleminde sulu altlık kullanımının etkisi araştırılabilir.

KAYNAKLAR

- Ajan Elektronik Servis Sanayi Ticaret Ltd. Sti. (2022). Maintenance Manual for Ajan Precision Plasma 260 Amper Plasma Cutting Machines.
- Akgül, M., & Doğan, Y. (2020) İnşaat sektöründeki iş sağlığı ve güvenliği farkındalık analizi: iç anadolu ve marmara bölgesi örneği. *Engineering Sciences (NWSAENS)* 15(4), 159-173.
- Akıllı, H., & Aydoğdu, Ö. (2013) İş sağlığı ve güvenliğinin önemi. *MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni* 16, 245-250.
- Aktaş, M. A. (2018). Yol Kenarındaki PM_{2,5} ve Bileşenlerinin Konsantrasyonlarına Yoğun Araç Trafiğinin Etkisinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.
- Arpa, M., & Çakı, C. (2018) İş kazası diye bir şey yoktur: Kanada iş güvenliği reklamları üzerine inceleme. *Çalışma İlişkileri Dergisi*, 9(2), 75-87.
- Ateş, Ö. (2019). İş sağlığı ve güvenliğinin örgüt esenliğine etkisi ve pozitif psikolojik sermayenin aracı rolü: Kafkas üniversitesi örneği. Yüksek Lisans Tezi, *Kafkas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Kars.
- Balkır, ZG. (2012). İş sağlığı ve güvenliği hakkının korunması: işverenin iş sağlığı ve güvenliği organizasyonu. *Sosyal Güvenlik Dergisi*, (1), 56-91.
- Baybora, D. (2012). TC. Anadolu Üniversitesi A.Ö.F. İş Sağlığı ve Güvenliği Ders Kitabı. Anadolu Üniversitesi Yayın No:2664, A.Ö. F 1630(2): 63.
- Bayraktaroğlu, S., Aras, M., & Atay, E. (2018) Çalışanlarda iş güvenliği ve iş kazası algısı: mavi yakalılar üzerine bir araştırma. *Uluslararası Yönetim ve Sosyal Araştırmalar Dergisi* 5(9), 3.
- Can, Y. (2019). İş sağlığı, iş güvenliği ve sağlık çalışanları. Yüksek Lisans Tezi, *Beypkent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul.
- Çelikkalp, Ü., Saraçoğlu, GV., & Tokuç, B. (2017) Hemşirelik öğrencilerinin iş sağlığı ve güvenliği hakkında farkındalık düzeylerinin arttırılması. *Namık Kemal Tıp Dergisi*, 5(1), 36-43.
- Çiçek, Ö., & Öçal, M. (2016) Dünyada ve Türkiye’de iş sağlığı ve iş güvenliğinin tarihsel gelişimi. *HAK-İŞ Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 5(11), 106-129.
- Çoban, M. (2019). İş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının hastane çalışanları tarafından değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Hasan Kalyoncu Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Gaziantep.
- Dökmen, B. (2011). Yüksek Verimli Hava Filtrelerinin Testleri. Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*. İstanbul.

- Dudu, H. (2019). İş sağlığı ve güvenliği kültürünün iş tatmini ve iş kazalarına etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Dursun, S. (2013). İş Güvenliği Kültürünün Çalışanların Güvenli Davranışları Üzerine Etkisi. *Sosyal Güvenlik Dergisi*, 3(2), 61-75.
- Erkan, GD. (2019). İş sağlığı ve güvenliği eğitimlerinin işveren ve çalışanlarda davranış değişikliği etkinliği. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Rumeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Gündoğdu, M. (2016). İş sağlığı-güvenliği ile iş tatmini ve örgütsel bağlılık arasındaki ilişki: İstanbul ve Erzurum uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Erzurum.
- Horozoğlu, K. (2017). İş kazalarının iş sağlığı ve güvenliği açısından analizi. *Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 265-281.
- Job Knowledge for Welders – Laser Cutting: Process Variants, Intl.: www.twiglobal.com/technical-knowledge/job-knowledge/laser-cutting-processvariants-053, Erişim Tarihi: 28.11.2022.
- Karakavak, A. (2014). Talaşlı imalat ve kaynak işlerinde meslek ile ilgili solunum sistemi hastalıklarının önlenmesinde endüstriyel havalandırma. İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, *Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü*. Ankara.
- Karakaya, A., & Sancı, V. (2017). İş güvenliği uzmanlarının iş tatminleri üzerine bir araştırma: Karadeniz Bölgesi örneği. *Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 1-13.
- Karamık, S., & Şeker, U. (2015) İşletmelerde iş güvenliğinin verimlilik üzerine etkilerinin değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(4), 575-584.
- Karanfil, U., & Yalçın, U. (2016). Characteristic of Laser Cutting Observation Technology and Applications, In 2016 National Conference on Electrical, Electronics and Biomedical Engineering (ELECO) (pp. 257-261).
- Karkın, S. (2006). Plazma Arkı ile Kesme Prensipleri, Oerlikon Kaynak Elektrodları ve San. A.Ş. Yayını, İstanbul, 1-14.
- Kaymaz, Ö. (2014). Kaynak İşlerinde İş Kazası ve İşe Bağlı Sağlık Problemlerine Neden Olan Faktörler ve Kkd Kullanımının Bu Faktörlere Etkileri Üzerine Çevresel ve Teknik Araştırma. İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi/ Araştırma. *Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü*. Ankara.
- Kılıkış, İ. (2013). İş sağlığı ve güvenliğinde yeni dönem: 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu (İSGK). “İş, Güç” Endüstri İlişkileri ve İnsan Kaynakları Dergisi, 15(1), 17-41.

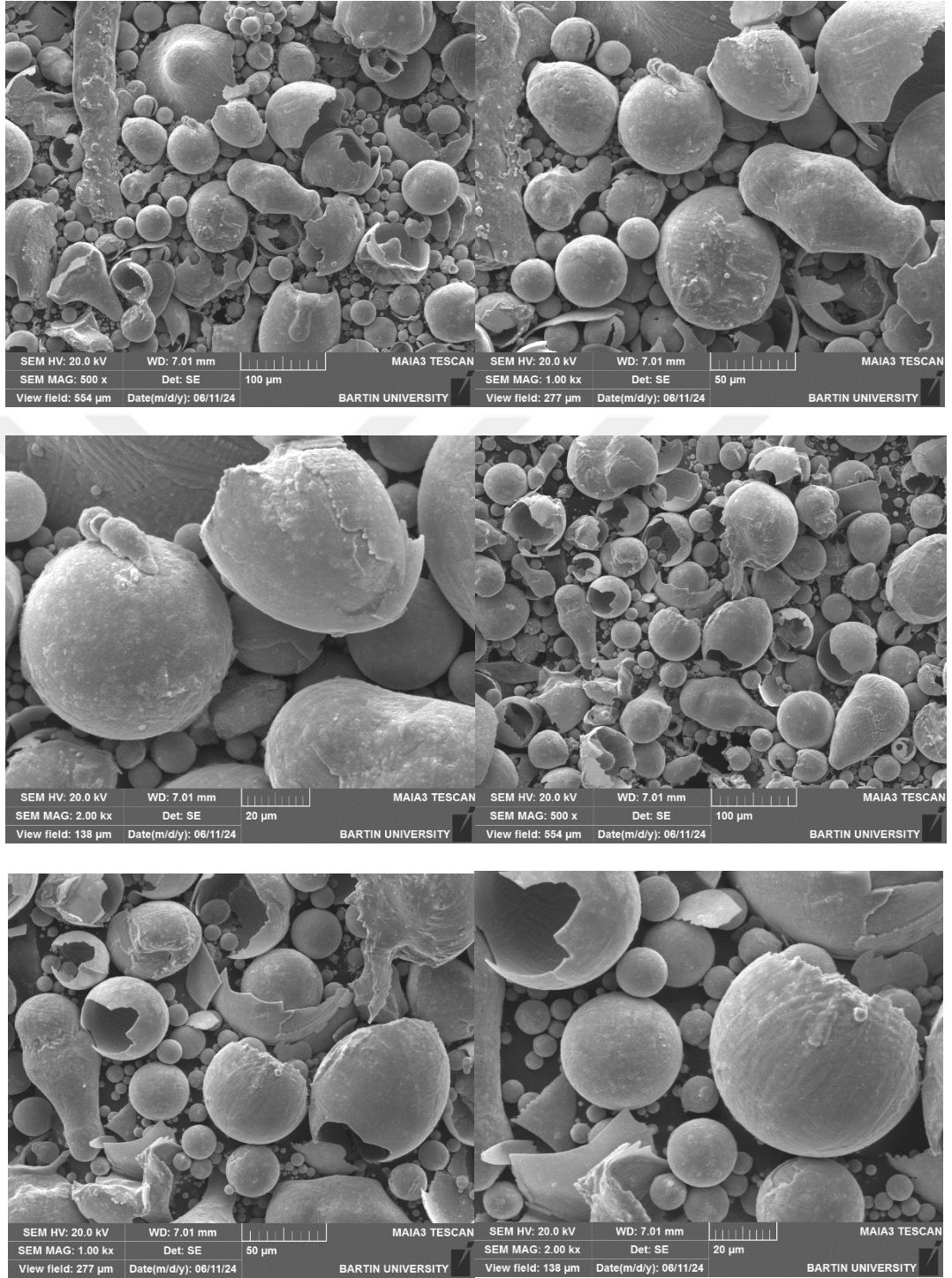
- Korkut, G., & Tetik, A. (2013). 6331 sayılı iş sağlığı ve güvenliği kanununun getirdiği yenilikler ve temel sorunlar. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(3), 455-474.
- Kutlu, A. E., Monno, M., & Bini, R. (2005). Plazma Ile Kesme Metoduna Genel Bir Bakış. *Mühendis ve Makina*, 46(541), 21-29.
- Mathers, G., (2002). The Welding of Aluminium and Its Alloy, Woodhead Publishing Limited, Cambridge-England, 52-57.
- Medeni, DB. (2014). İş sağlığı ve güvenliği kapsamında sorumluluk. Yüksek Lisans Tezi, *Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Kayseri.
- Metlioğlu, M.R., (2012). Yüksek aşınma direncine sahip (Hardox 400) çelik malzemenin plazma ark yöntemi ile kesilmesinde kesme parametrelerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük.
- Olçay, ZF. (2019). İş sağlığı ve güvenliği maliyetlerinin inşaat sektöründeki iş kazaları üzerindeki etkisinin analizi. Doktora Tezi, *İstanbul Aydın Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul.
- Orhan, S. (2014). İş güvenliği uzmanlarının iş güvencesi sorunu. *HAK-İŞ Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 3(6), 70-89.
- Özsoy, M. (2020). Baklava sektörü çalışanlarının iş sağlığı ve güvenliği farkındalığının istatistiksel analizi. Yüksek Lisans Tezi, *Hasan Kalyoncu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gaziantep.
- Öztürk, H., & Babacan, E. (2012) Bir ölçek geliştirme çalışması: hastanede çalışan sağlık personeli için iş güvenliği ölçeği. *Hemşirelikte Eğitim ve Araştırma Dergisi*, 9(1), 36-42.
- Pınarlık, G., & Abdullah, G. (2015). Kesme Yöntemleri. *SDÜ Yekarum e-Dergi*, 3(1).
- Serin, G., & Çuhadar, MT. (2015). İş güvenliği ve sağlığı yönetim sistemi. *Teknik Bilimler Dergisi*, 5(2), 44-59.
- Solmaz, M., & Solmaz, T. (2017). Hastanelerde iş sağlığı ve güvenliği. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 6(3), 147-156.
- Tambay, A. (2018). İş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının örgütsel bağlılığa etkisinde psikolojik sözleşmenin aracılık rolü: çimento sektöründe bir araştırma. Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Konya.
- Tekin, FA. (1991). İş güvenliği ve önemi. *Eskişehir Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fak. Dergisi*, 9, 1-2.
- Topgül, S., & Alan, Ç. (2017). Öğrencilerin iş güvenliği ve iş güvenliği eğitimi algısının değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 22(2), 587-598.

- Tosun, N., & Cogun, C. (2003). Analysis of Wire Erosion and Workpiece Surface Roughness in Wire Electrical Discharge Machining, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: *Journal of Engineering Manufacture*, 217(5), 633-642.
- Tozkoparan, G., & Taşoğlu, J. (2011). İş sağlığı ve güvenliği uygulamaları ile ilgili işgörenlerin tutumlarını belirlemeye yönelik bir araştırma. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 30(1), 181-209.
- Tüzüner, VL., & Özaslan, BÖ. (2011). Hastanelerde iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarının değerlendirilmesine yönelik bir araştırma. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 40(2), 138-154.
- Uğurlu, Ö. (2019). Co Bazlı Şekil Hafızalı Malzemelerin Tel Erozyon işlem Parametrelerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü*, Hatay.
- URL-1: Oksi-Asetilen ve Oksi-Propan ile Kesme; Hangi İşlem Daha Avantajlı? Intl.: <https://www.askaynak.com.tr/yayinlar/bultenler/oksi-asetilen-ve-oksi-propanile-kesme-hangi-islem-daha-avantajli>, Erişim Tarihi: 28.11.2022
- URL-2: Kaynaklı İmalatta Çalışma Ortamını ve Çalışanın Sağlığını Etkileyen Tehlikeler ve Önlemleri Intl <http://www.oktaytan.net/KAYNAKislerindeTehlike.pdf>, Erişim Tarihi: 25.03.2024
- Uşan, MF. (2009). Türk Sosyal Güvenlik Hukukunun Temel Esasları. Ankara: Seçkin Yayıncılık
- Ünlü, O. (2019). İş sağlığı ve güvenliğinin, iş tatmini ve örgütsel özdeşleşmeye etkisi; sağlık sektöründe bir uygulama. Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Isparta.
- Yılmaz, G. (2021). İş sağlığı ve güvenliği kapsamındaki uygulamaların iş görenlerin kuruma güvenlerine etkisi üzerine bir araştırma: gıda işletmesinde bir uygulama. Yüksek Lisans Tezi, *Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Antalya.
- Yılmaz, H.D. (2015). Kaynak işlerinde maruz kalınan zararlı gazların işyeri ortamında yayılımının fluent hesaplamalı akışkanlar dinamiği yazılımı ile analiz edilmesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi. *Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü*. Ankara.



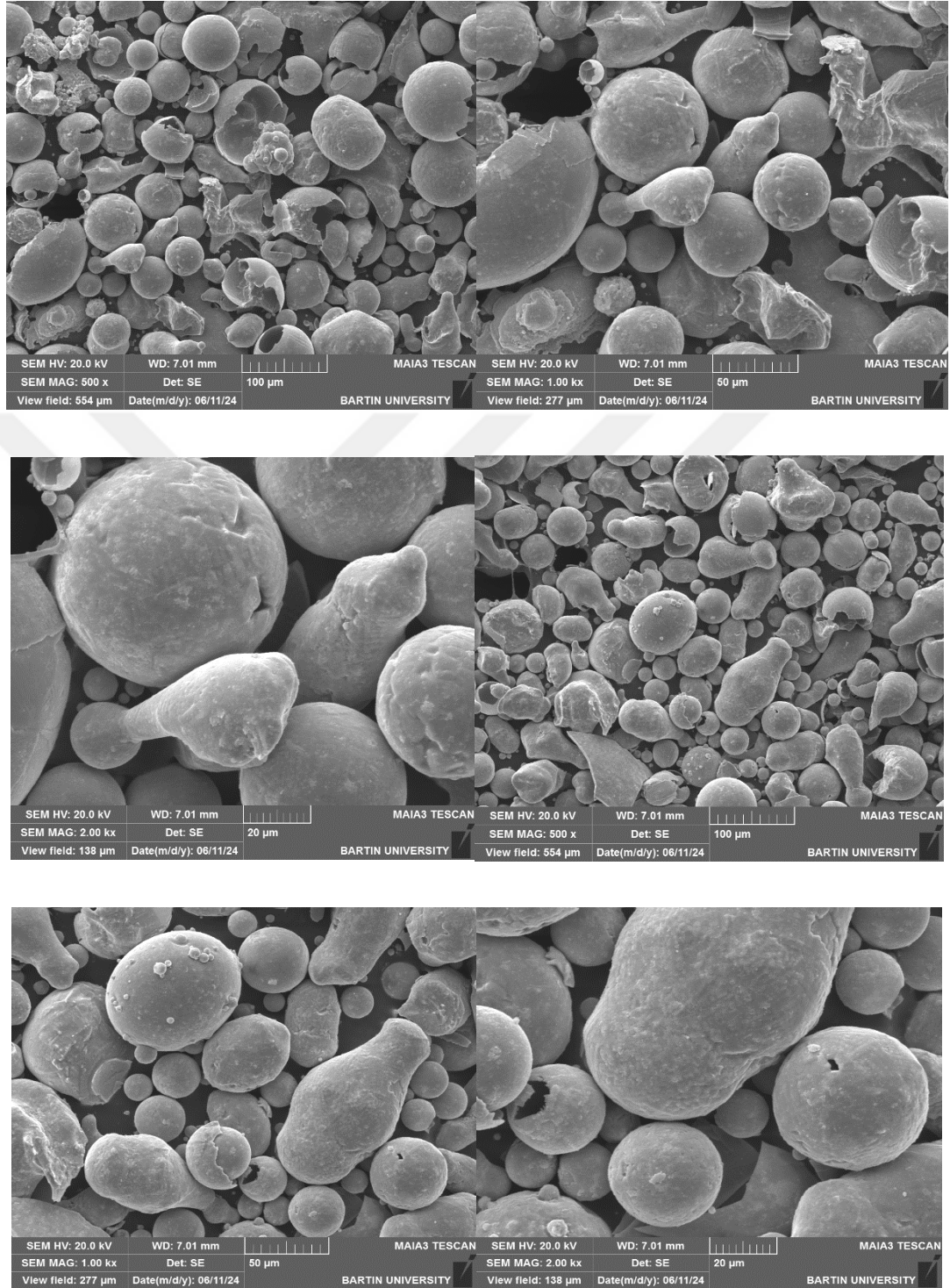
EKLER

EK A. Sem Görüntüleri



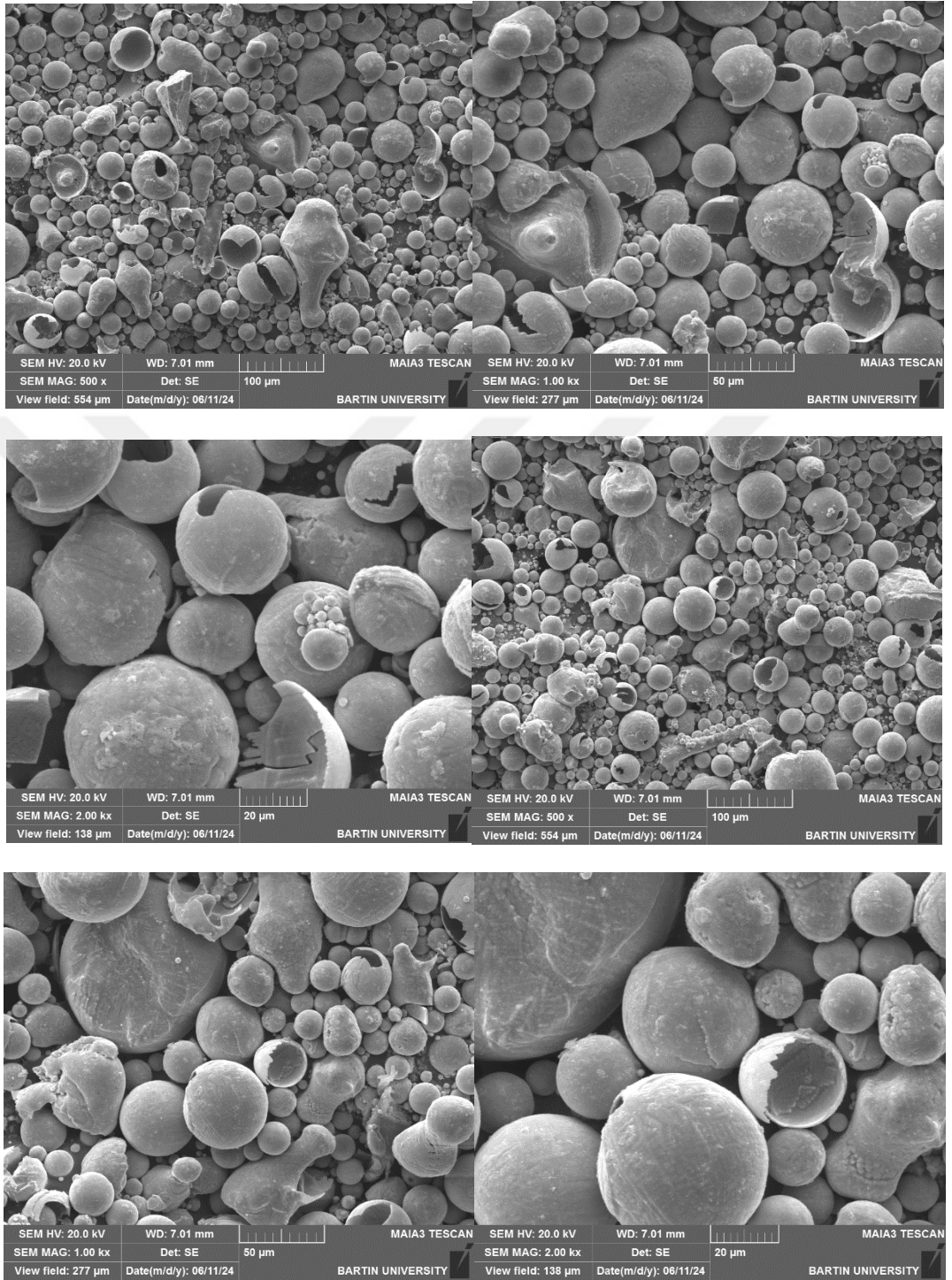
Şekil A 1 Kağıt filtrede 40A susuz ortamda tutulan tozların SEM görüntüleri

Ek A'nın devamı



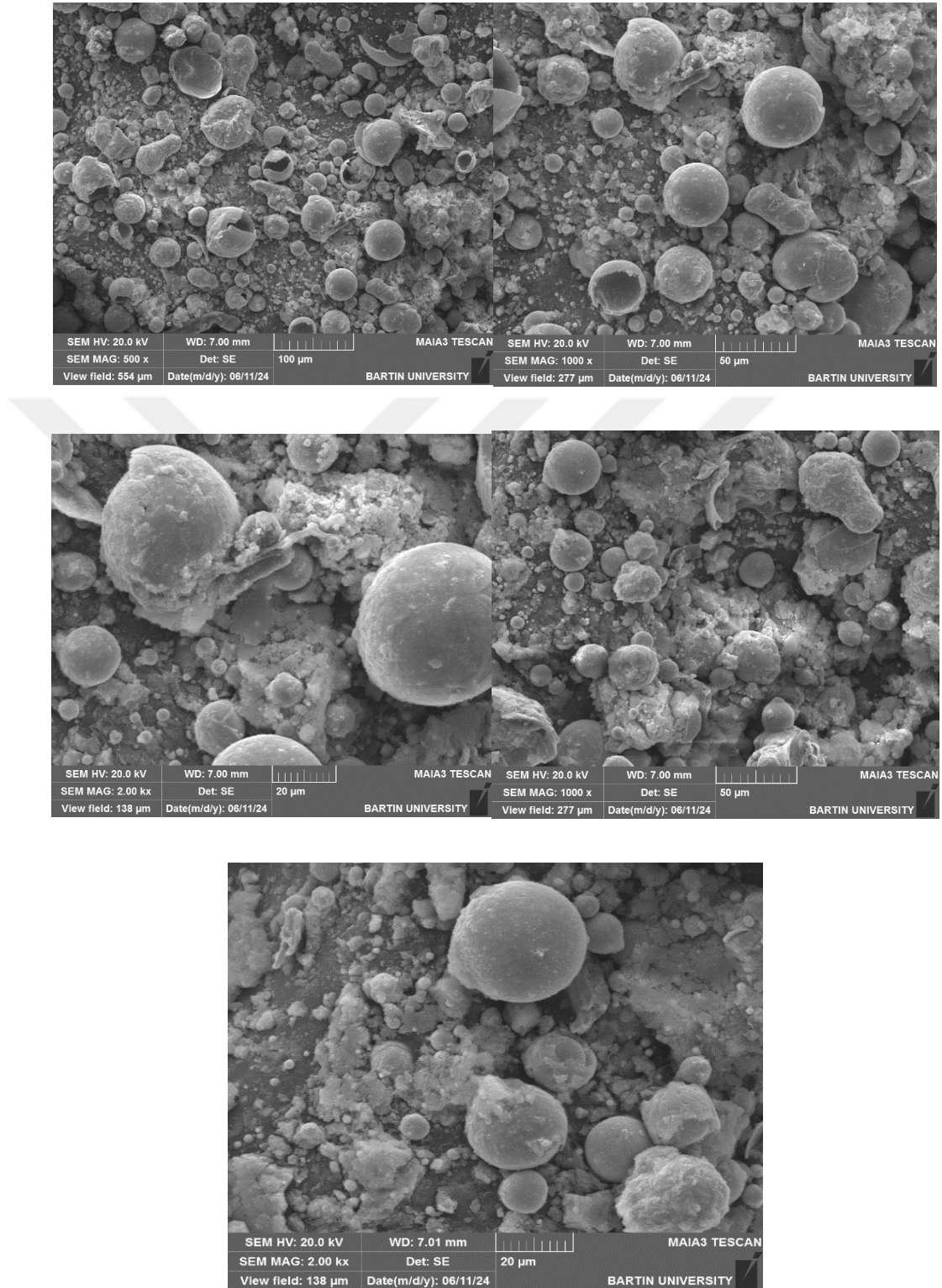
Şekil A 2 Kağıt filtrede 60 amperde susuz ortamda tutulan tozların SEM görüntüleri

Ek A'nın devamı



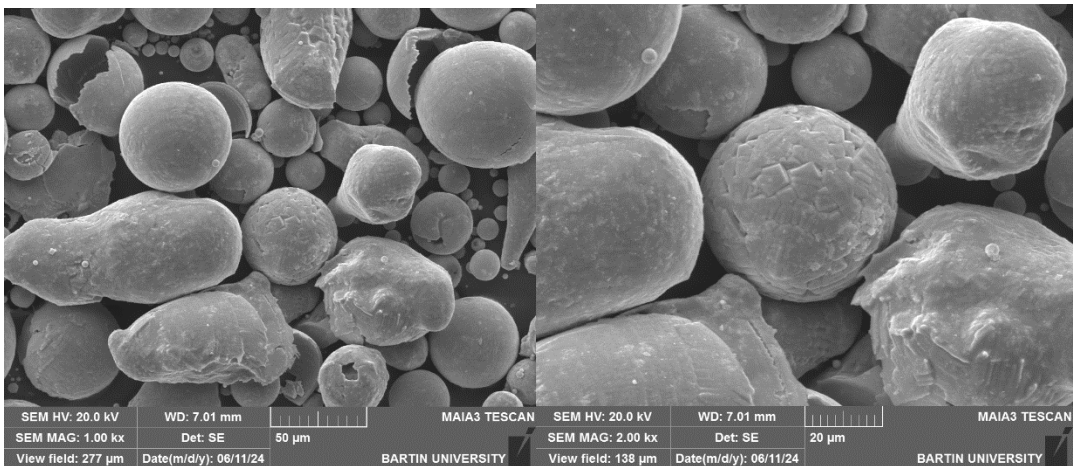
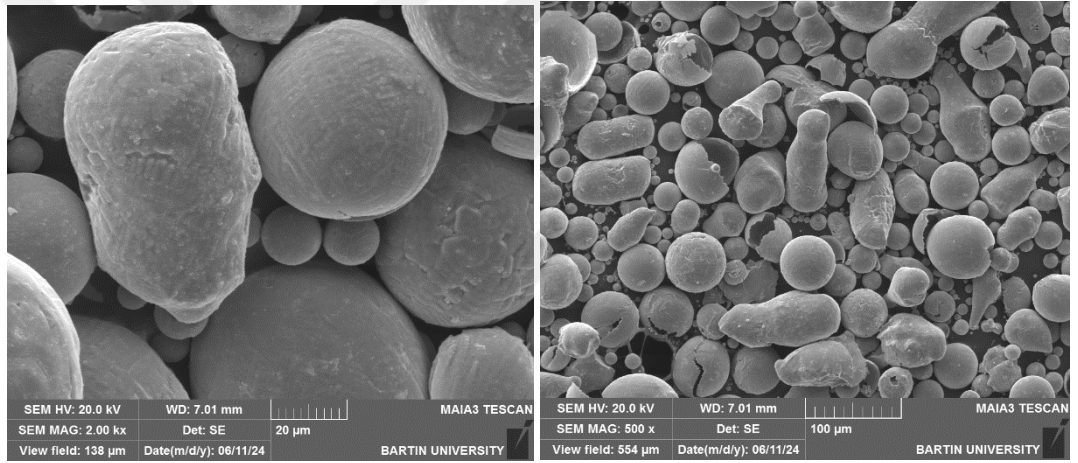
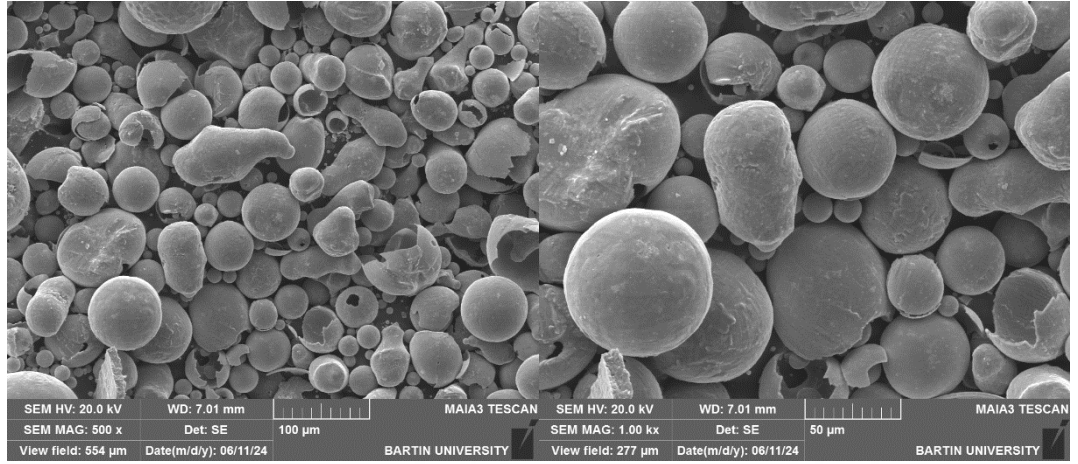
Şekil A 3 Hepa filtrede 40A susuz ortamda tutulan tozların SEM görüntüleri

Ek A'nın devamı



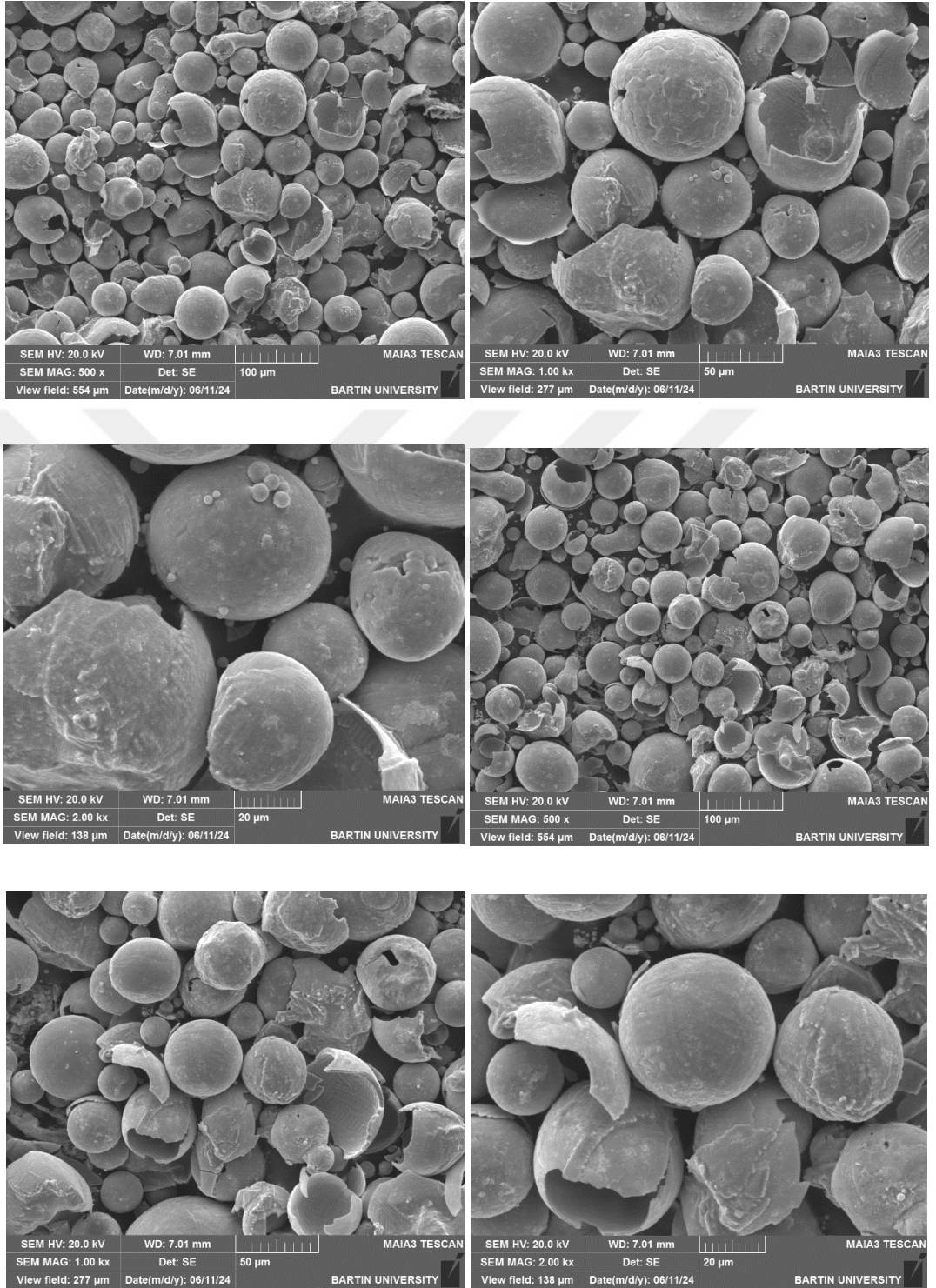
Şekil A 4 Hepa filtrede 60A susuz ortamda tutulan tozların SEM görüntüleri

Ek A'nın devamı



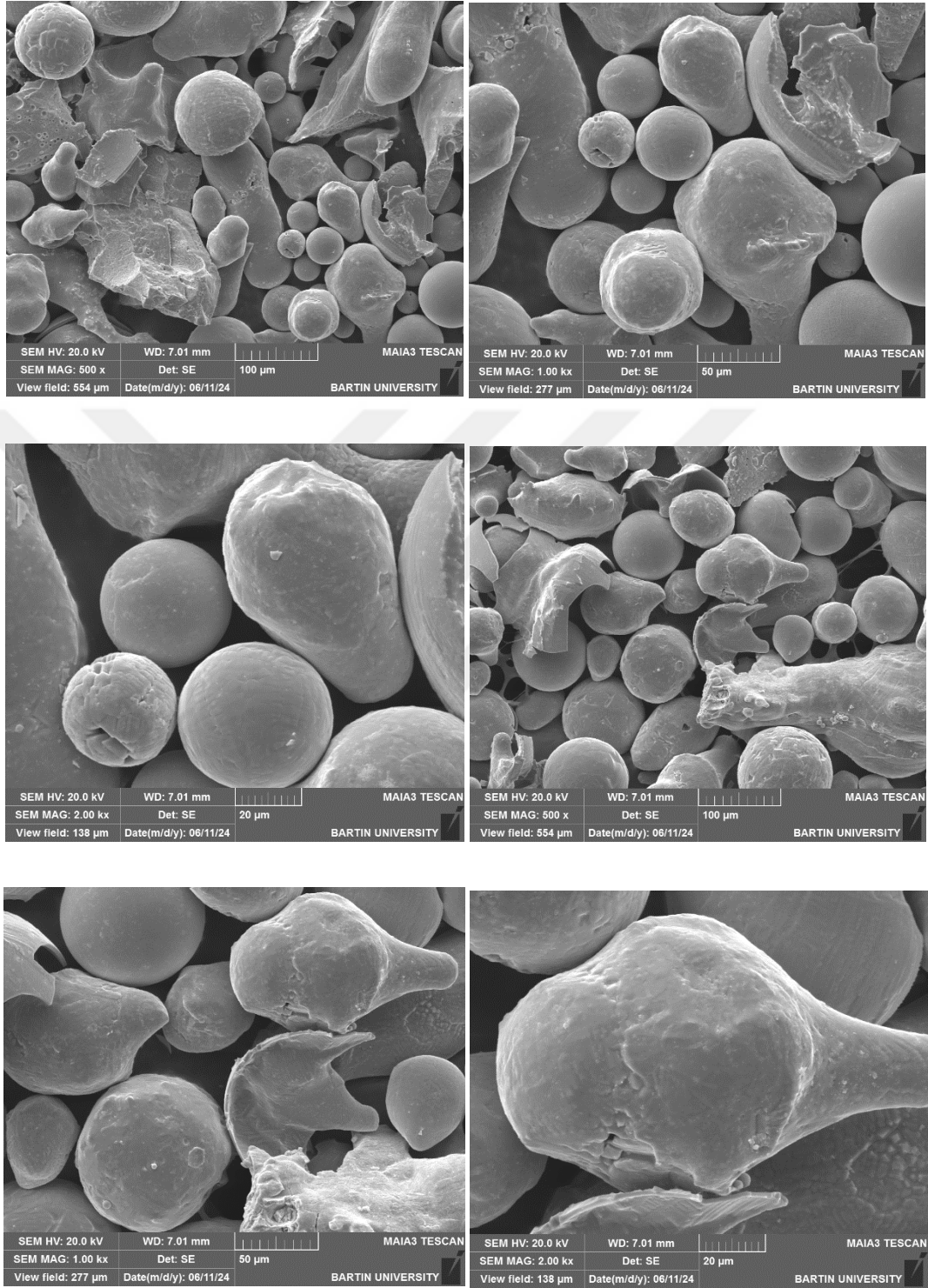
Şekil A 5 Kağıt filtrede 40A sulu ortamda tutulan tozların SEM görüntüleri

Ek A'nın devamı



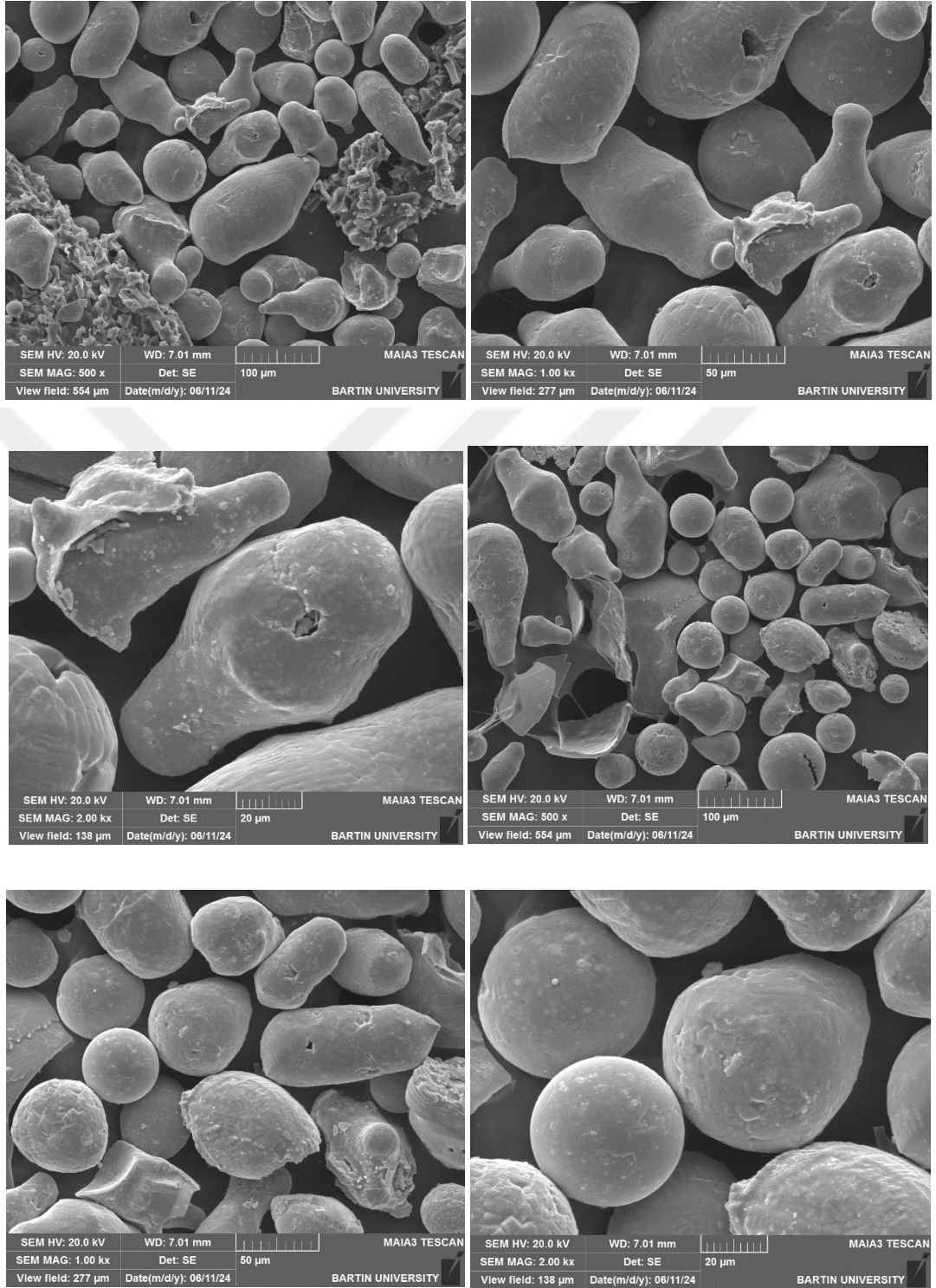
Şekil A 6 Kağıt filtrede 60A sulu ortamda tutulan tozların SEM görüntüleri

Ek A'nın devamı



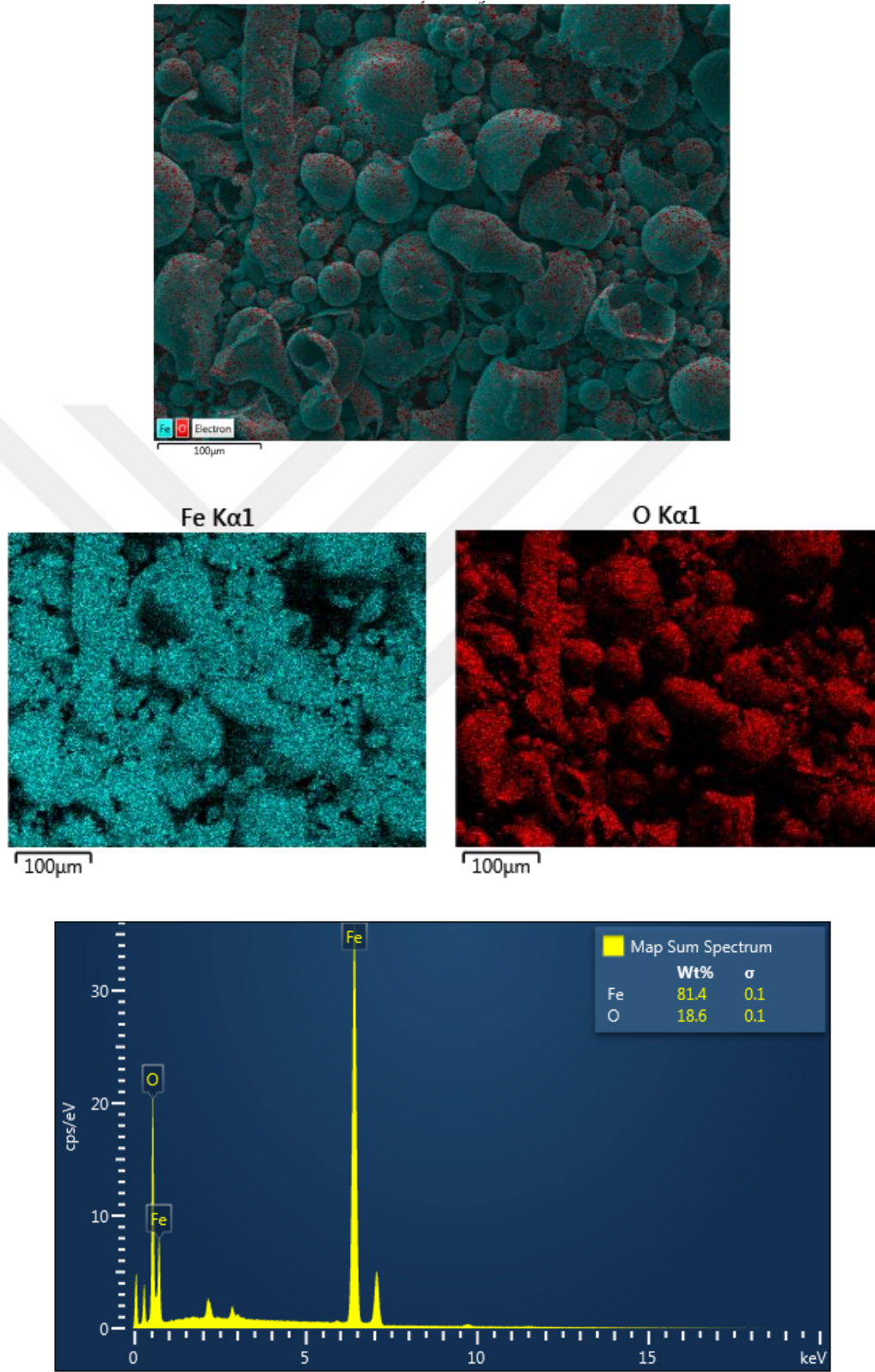
Şekil A 7 Hepa filtrede 40A sulu ortamda tutulan tozların SEM görüntüleri

Ek A'nın devamı



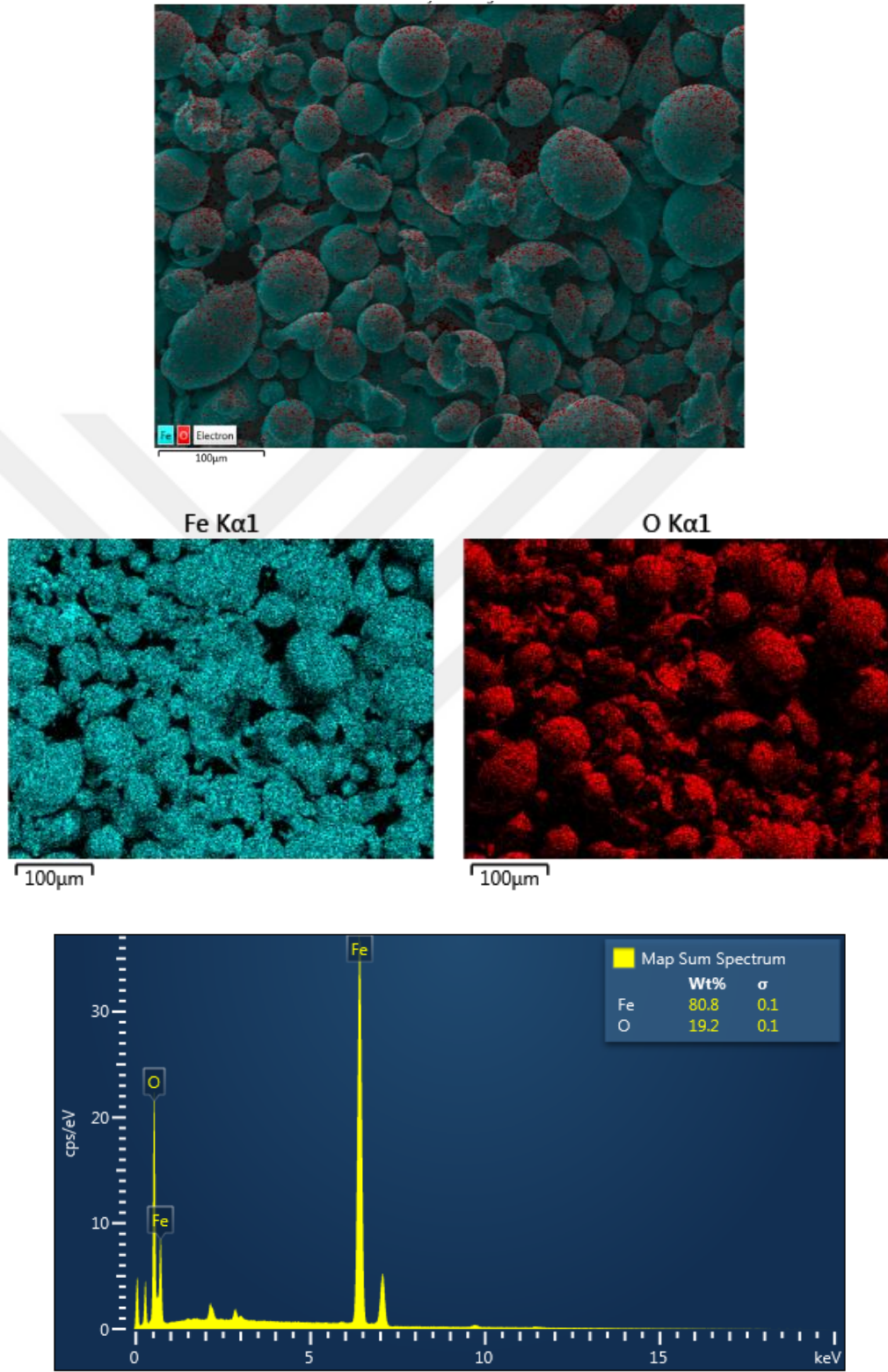
Şekil A 8 Hepa filtrede 60A sulu ortamda tutulan tozların SEM görüntüleri

EK B. EDS Sonuçları



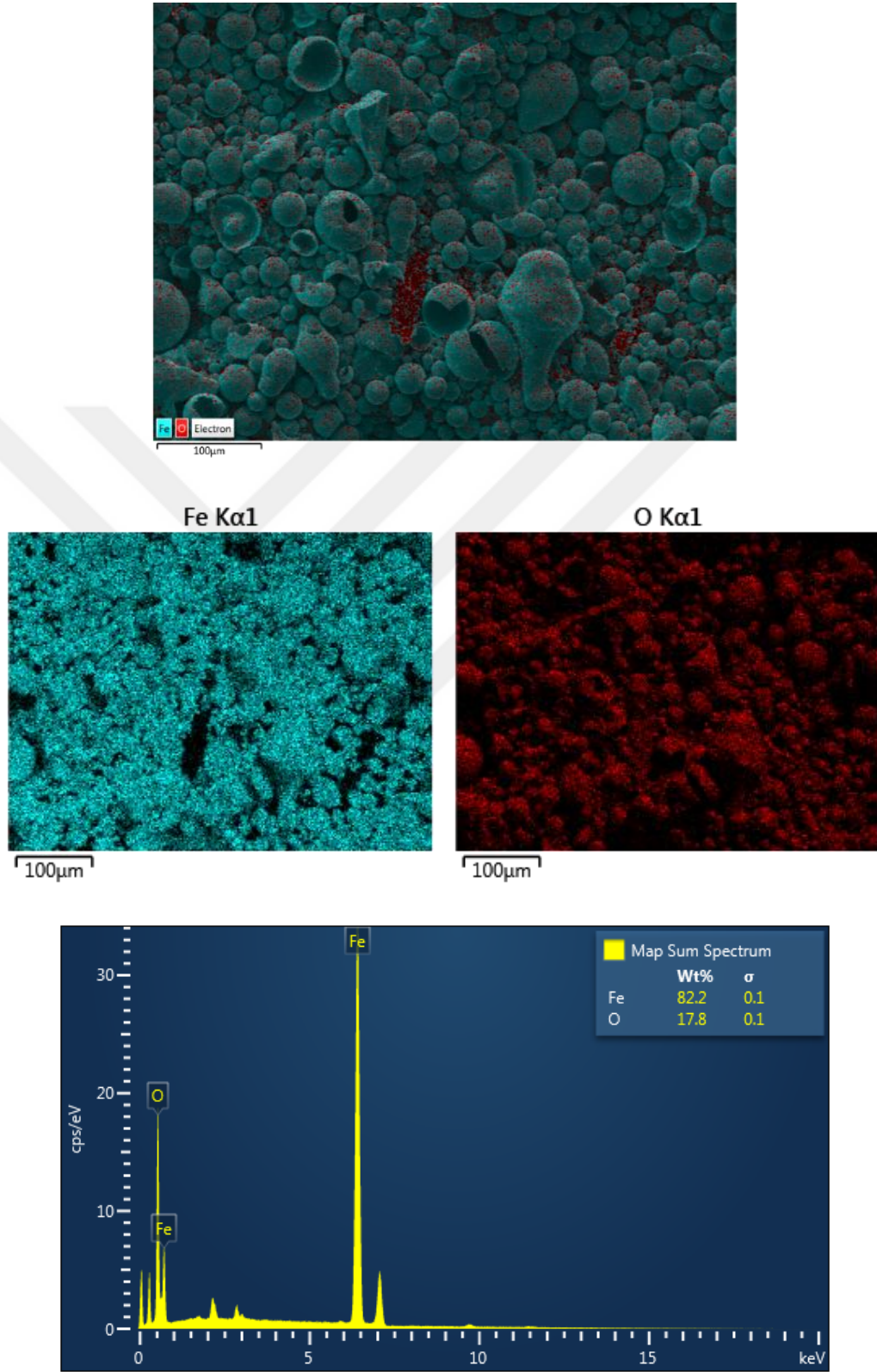
Şekil B 1 Kağıt filtrede 40A susuz ortamda tutulan tozların EDS sonuçları

Ek B'nin devamı



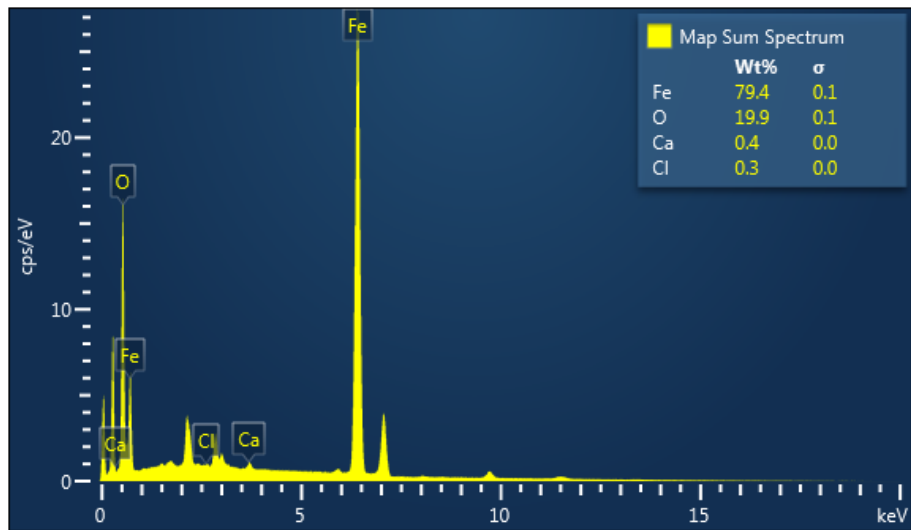
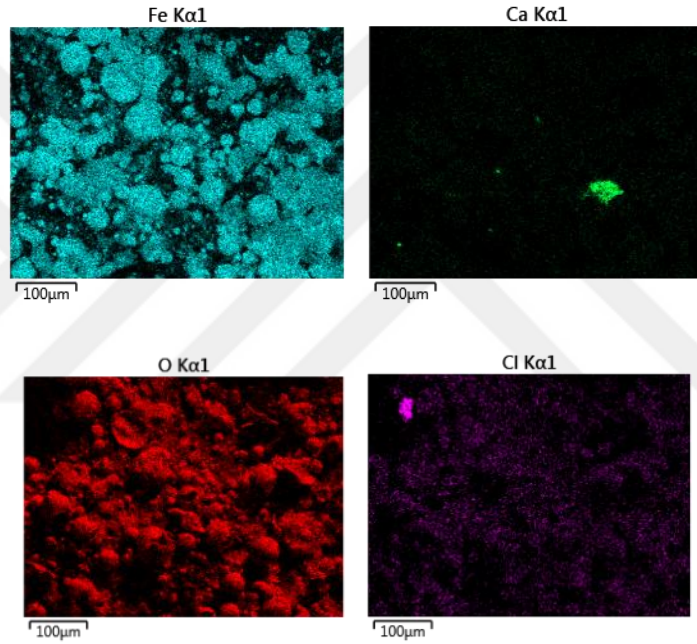
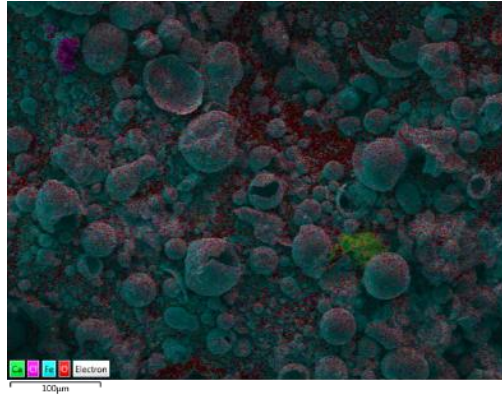
Şekil B 2 Kağıt filtrede 60A susuz ortamda tutulan tozların EDS sonuçları

Ek B'nin devamı



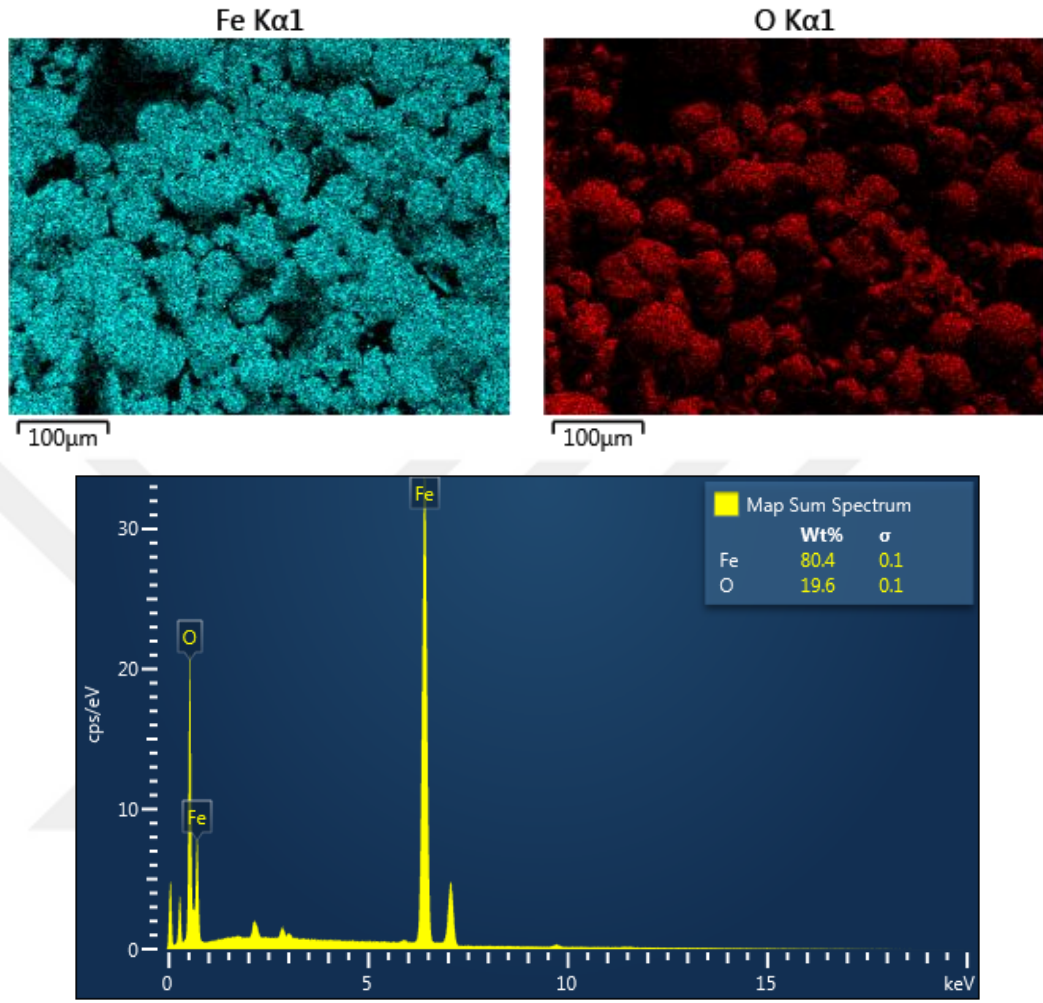
Şekil B 3 Hepa filtrede 40A susuz ortamda tutulan tozların EDS sonuçları

Ek B'nin devamı



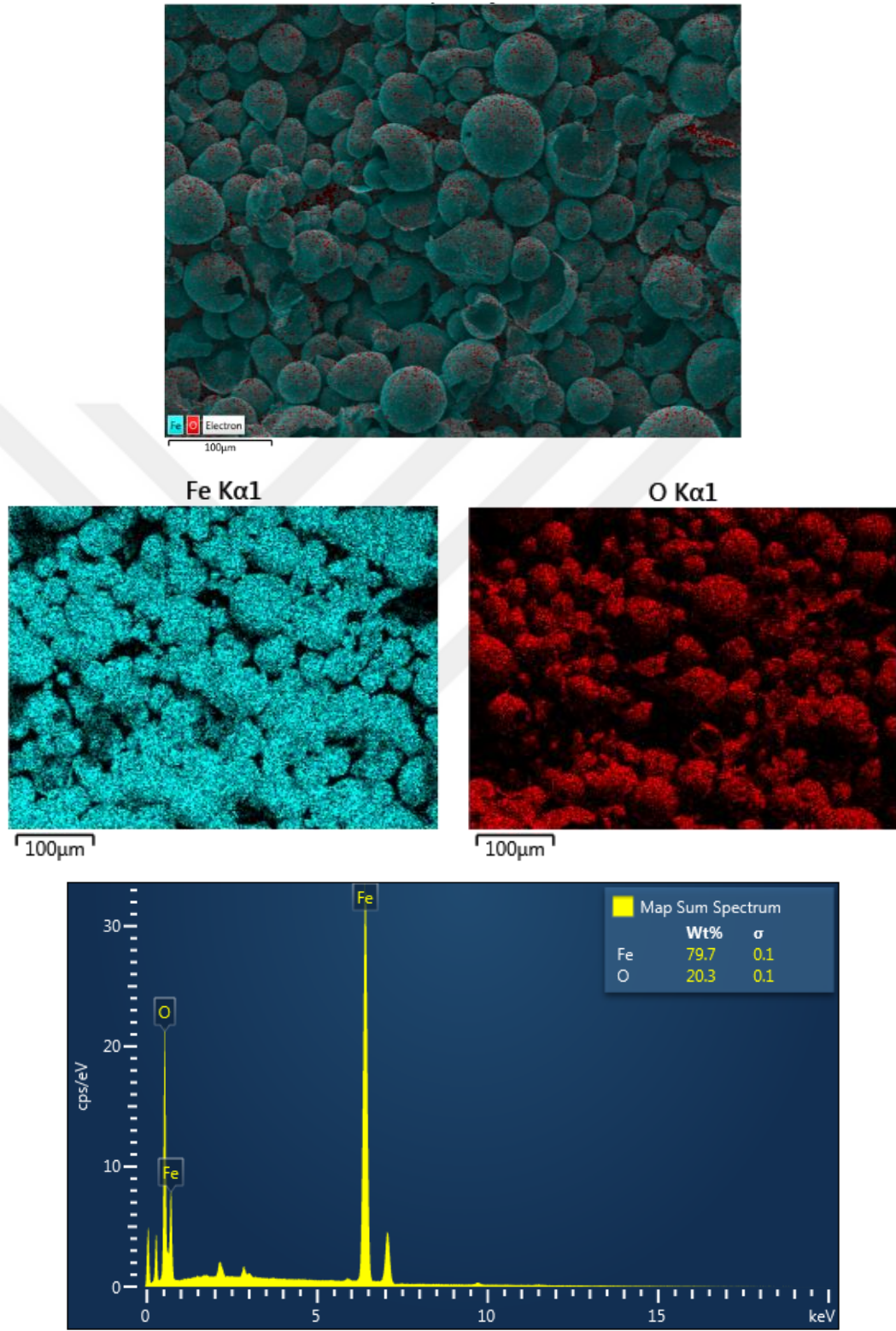
Şekil B 4 Hepa filtrede 60A susuz ortamda tutulan tozların EDS sonuçları

Ek B'nin devamı



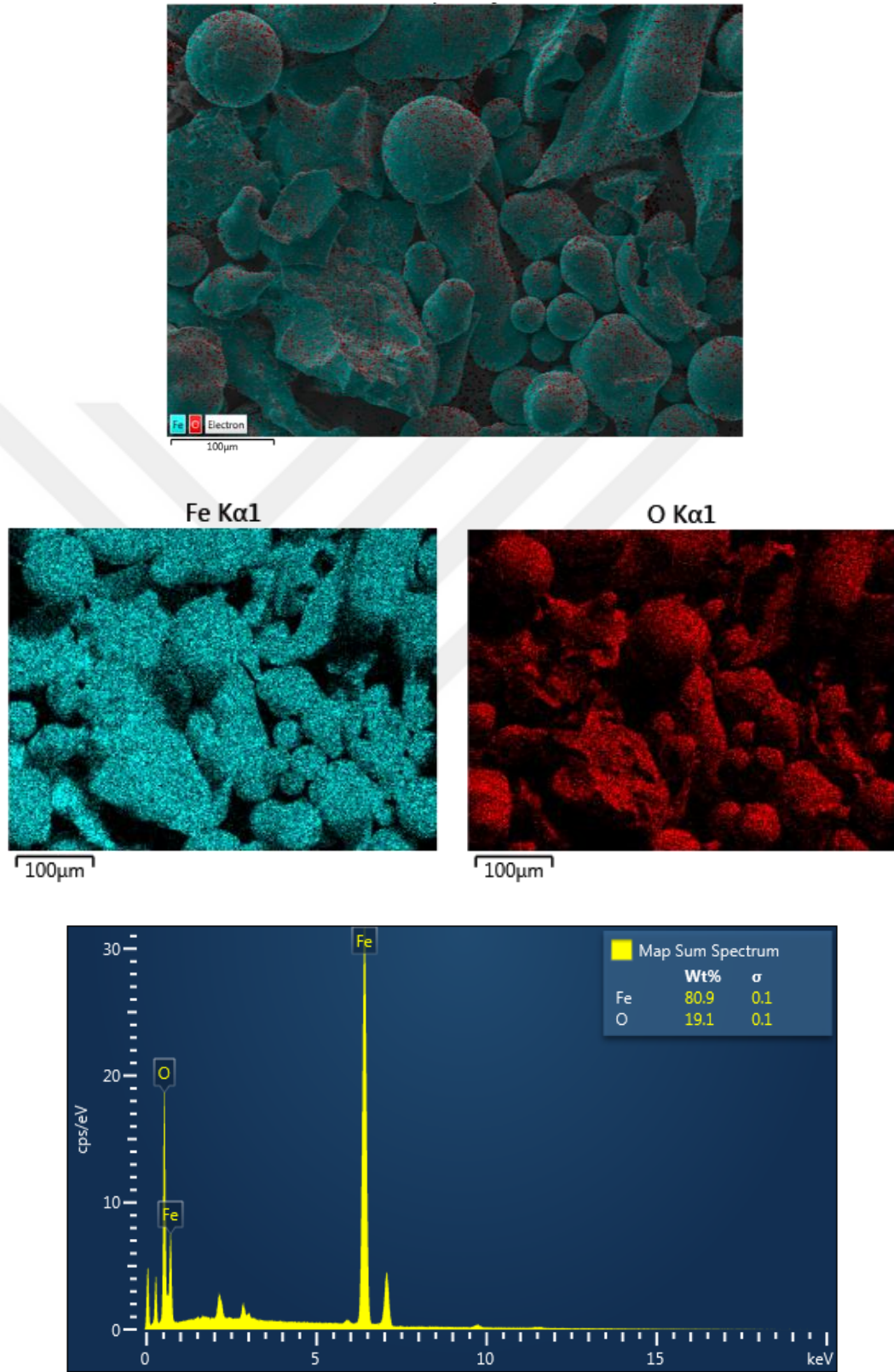
Şekil B 5 Kağıt filtrede 40A sulu ortamda tutulan tozların EDS sonuçları

Ek B'nin devamı



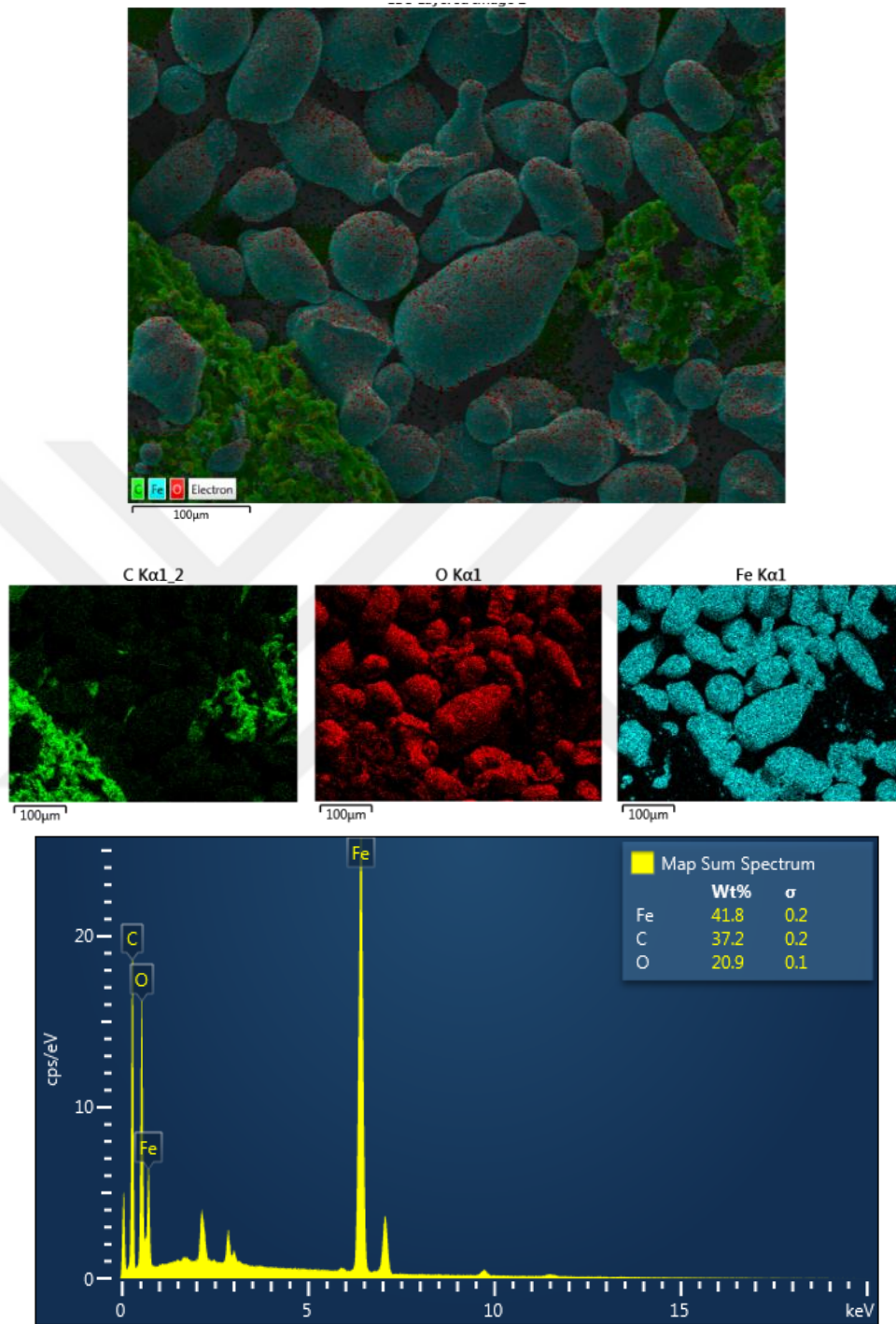
Şekil B 6 Kağıt filtrede 60A sulu ortamda tutulan tozların EDS sonuçları

Ek B'nin devamı



Şekil B 7 Hepa filtrede 40A sulu ortamda tutulan tozların EDS sonuçları

Ek B'nin devamı



Şekil B 8 Hepa filtrede 60A sulu ortamda tutulan tozların EDS sonuçları

EK C. Susuz ve Sulu Ortamda İşlem Görmüş Filtreler



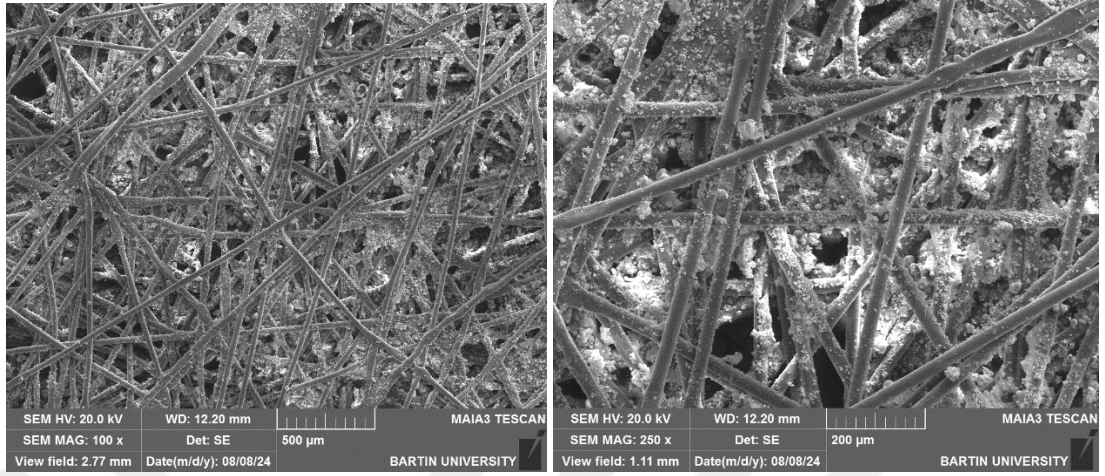
Şekil C 1 Kağıt filtrelerin işlem görmüş hali

Ek C'nin devamı

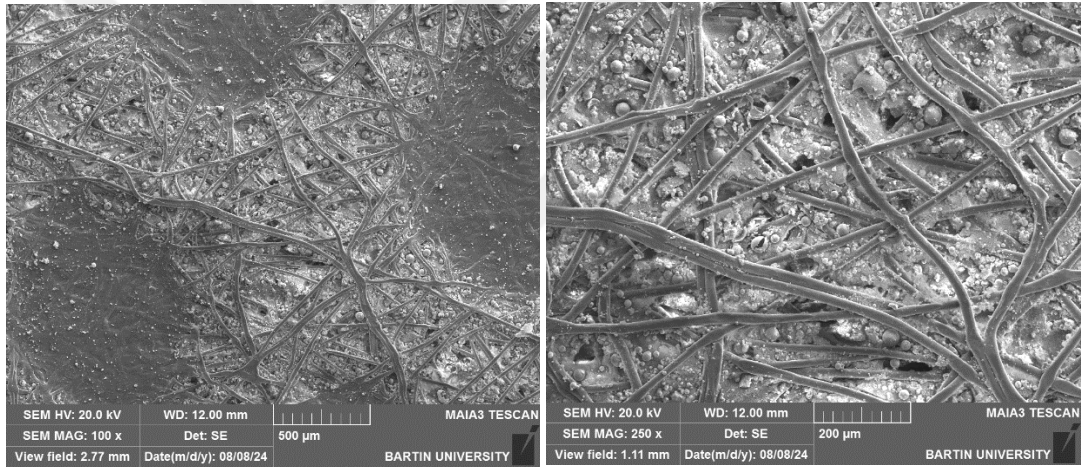


Şekil C 2 Hepa filtrelerin işlem görmüş hali

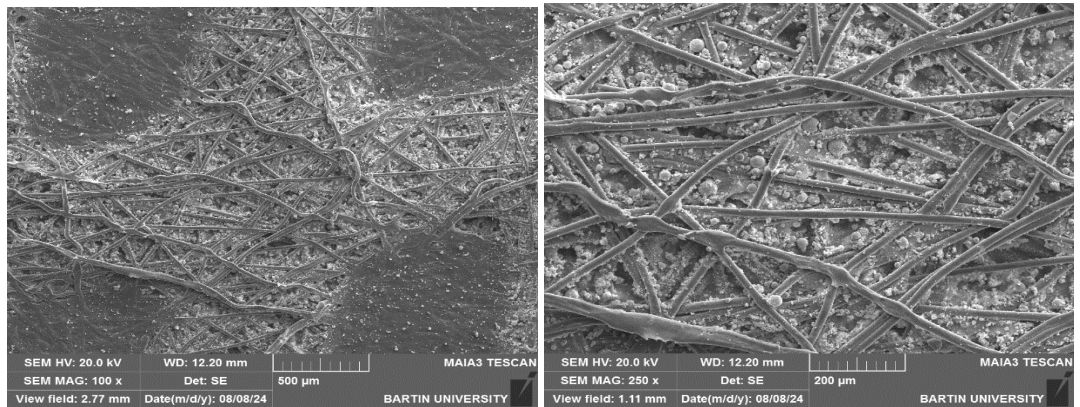
EK D. Susuz ve Sulu Ortamda İşlem Görmüş Filtrelerin SEM Görüntüleri



Şekil D 1 Kağıt filtre 40A susuz ortamdaki filtrenin SEM görüntüsü

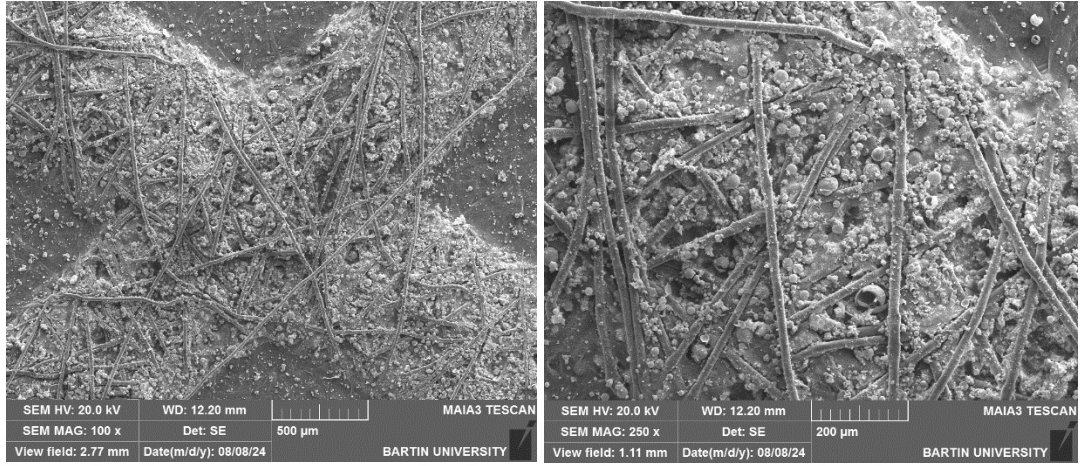


Şekil D 2 Kağıt filtre 60A susuz ortamdaki filtrenin SEM görüntüsü

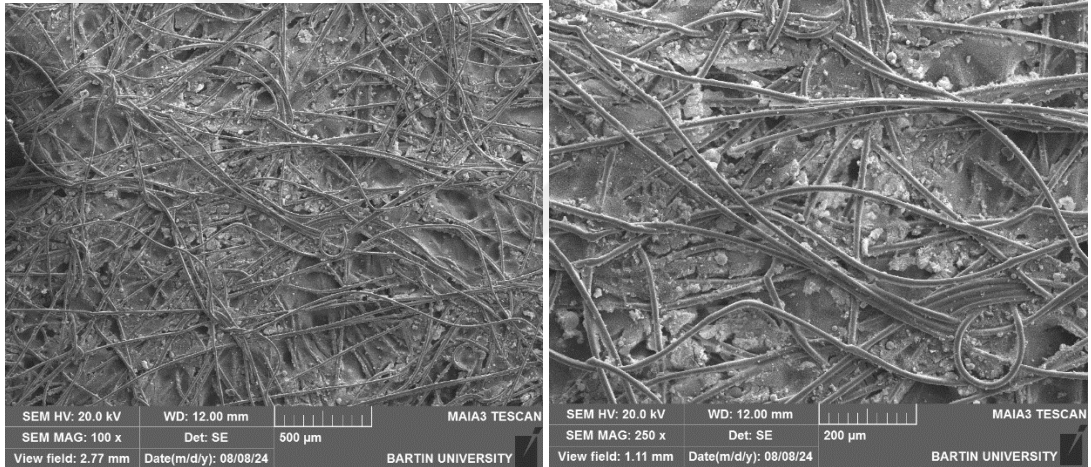


Şekil D 3 Kağıt filtre 40A sulu ortamdaki filtrenin SEM görüntüsü

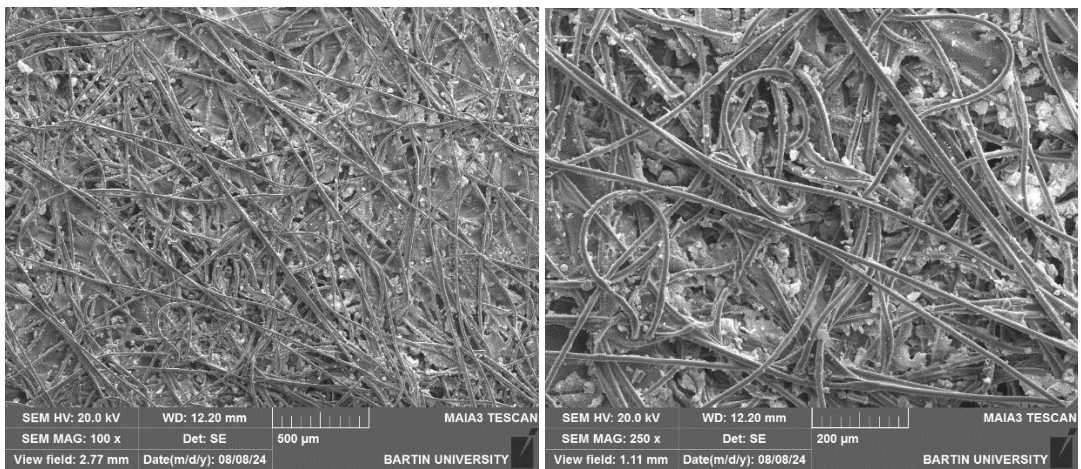
Ek D'nin devamı



Şekil D 4 Kağıt filtre 60A sulu ortamdaki filtrenin SEM görüntüsü

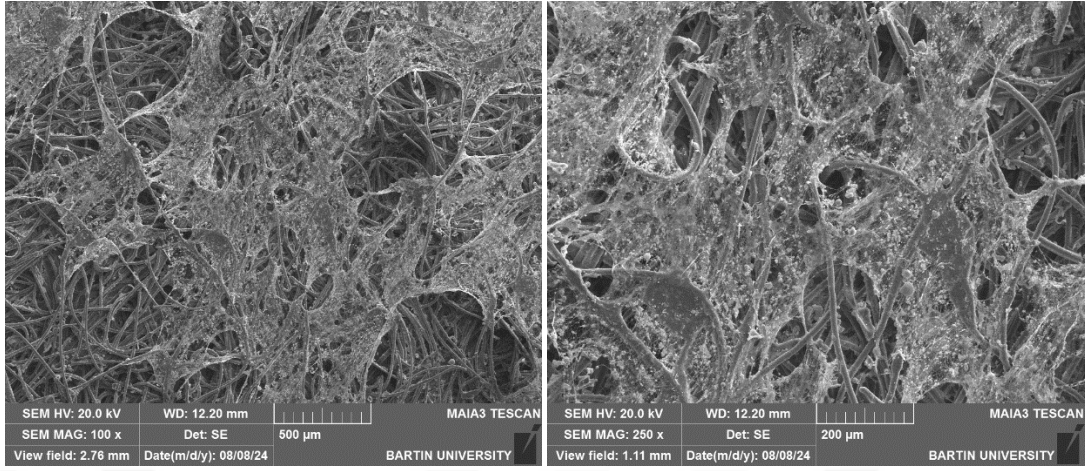


Şekil D 5 Hepa filtre 40A susuz ortamdaki filtrenin SEM görüntüsü

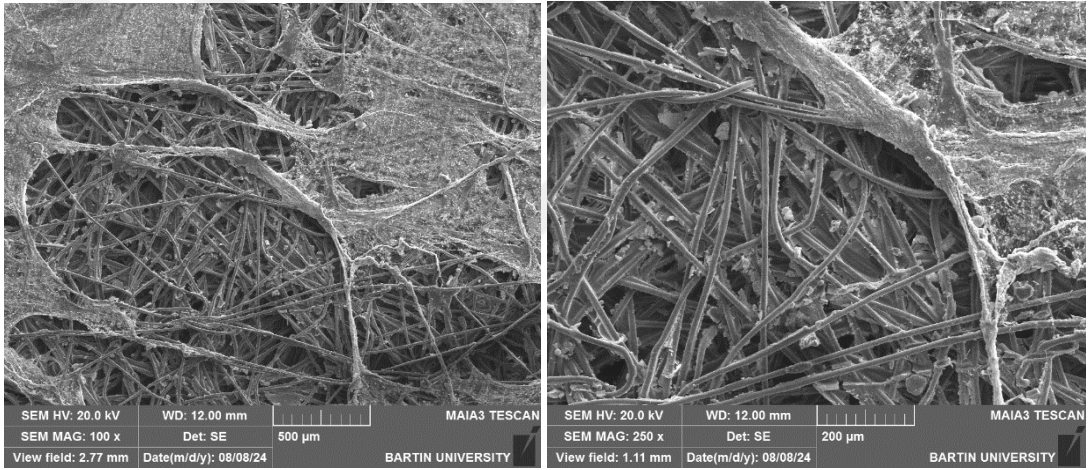


Şekil D 6 Hepa filtre 60A susuz ortamdaki filtrenin SEM görüntüsü

Ek D'nin devamı

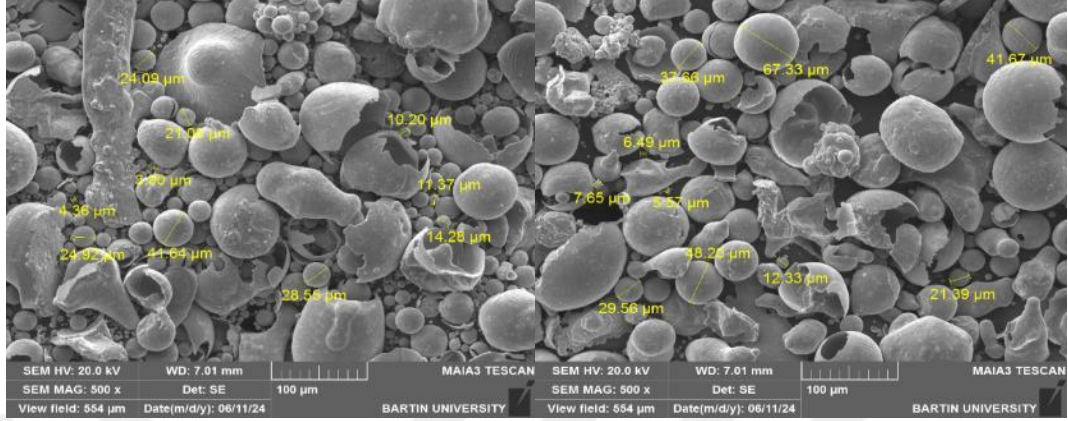


Şekil D 7 Hepa filtre 40A sulu ortamdaki filtrenin SEM görüntüsü

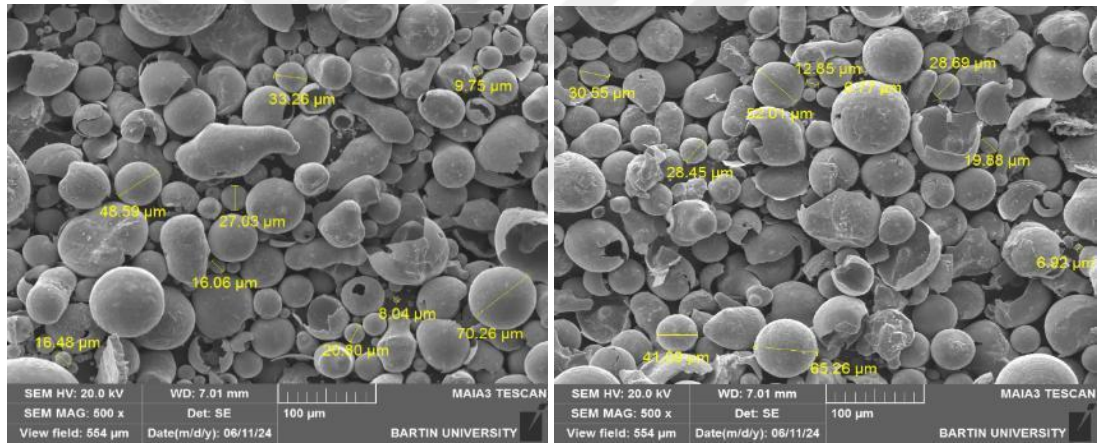


Şekil D 8 Hepa filtre 60A sulu ortamdaki filtrenin SEM görüntüsü

EK E. Yapılan Çalışmada Elde Edilen Tozun Sem Görüntüsündeki Bazı Tanelerin Çapların Ölçüleri

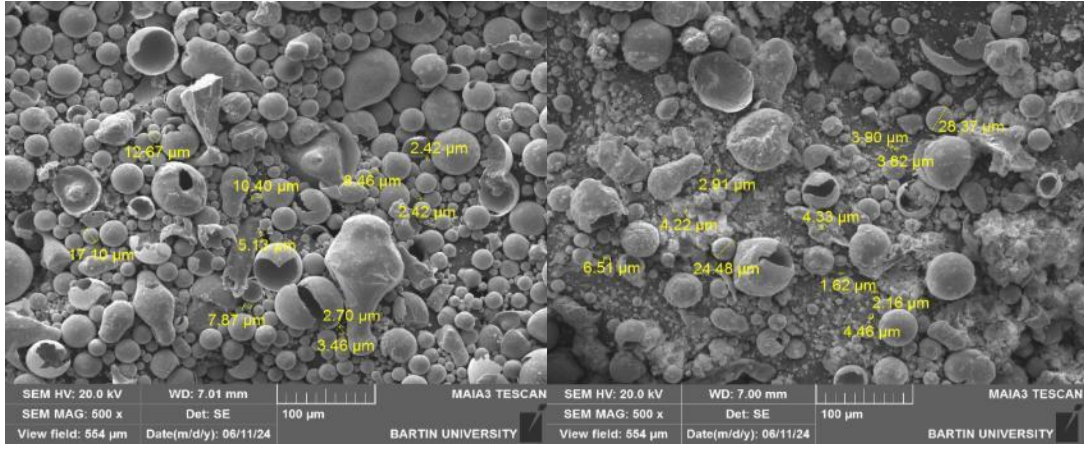


Şekil E 1 Kağıt filtre işleminde 40A ve 60A susuz ortamda elde edilen tozun SEM görüntüsündeki bazı tanelerin çapların ölçüleri

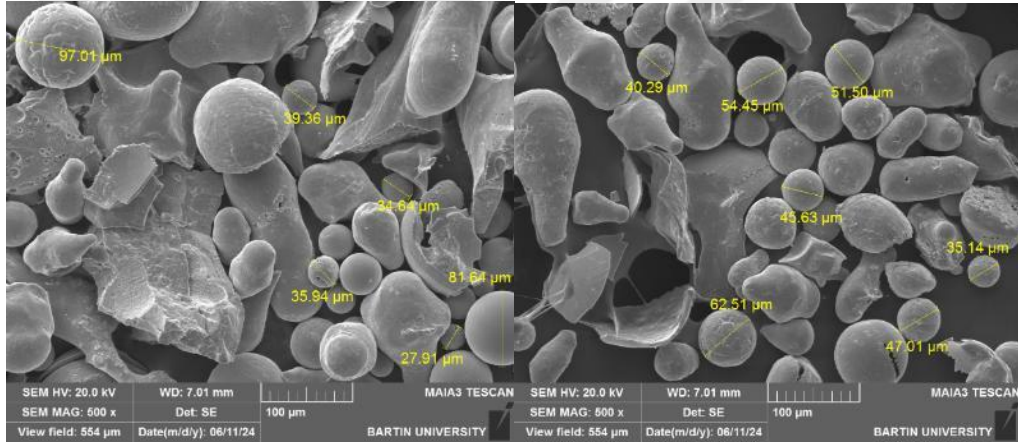


Şekil E 2 Kağıt filtre işleminde 40A ve 60A sulu ortamda elde edilen tozun SEM görüntüsündeki bazı tanelerin çapların ölçüleri

Ek E'nin devamı

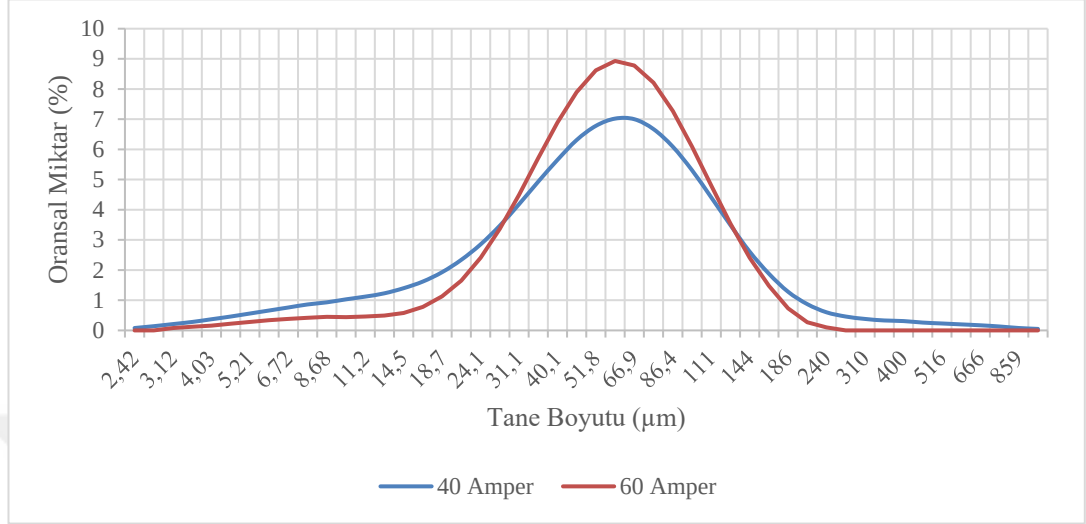


Şekil E 3 Hepa filtre işleminde 40A ve 60A susuz ortamda elde edilen tozun SEM görüntüsündeki bazı tanelerin çapların ölçüleri



Şekil E 4 Hepa filtre işleminde 40A ve 60A sulu ortamda elde edilen tozun SEM görüntüsündeki bazı tanelerin çapların ölçüleri

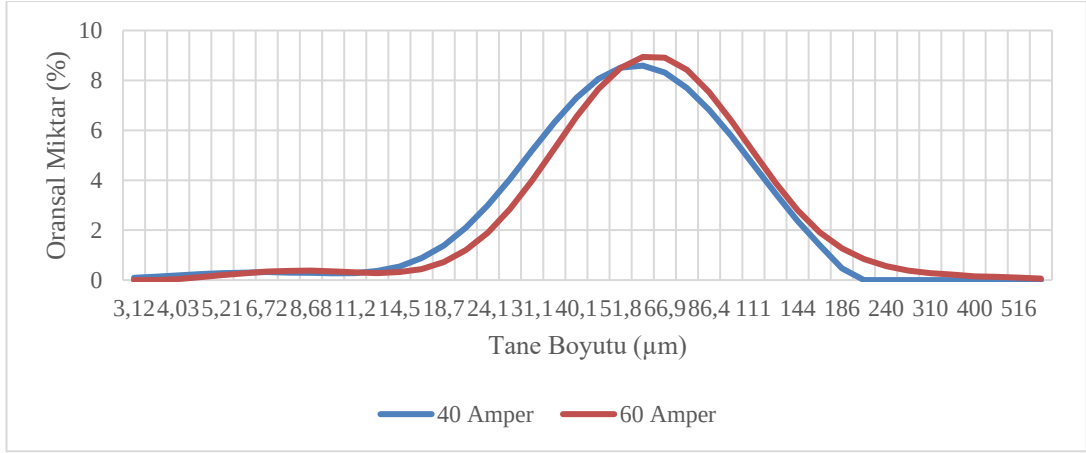
EK F. Kağıt ve Hepa Filtrede 40A ve 60A de Sulu ve Susuz Ortamda Tutulan Toz Miktarlarının Morfolojik Karşılaştırılması



Kağıt Filtrede 40 ve 60 Amperde Susuz Ortamda Tozların Oransal Miktarı (%)					
Tane Boyutu (µm)	40 Amper	60 Amper	Tane Boyutu (µm)	40 Amper	60 Amper
2,42	0,08	0	51,8	6,78	8,62
2,75	0,14	0	58,9	7,02	8,93
3,12	0,21	0,08	66,9	7,00	8,78
3,55	0,28	0,12	76,00	6,67	8,21
4,03	0,37	0,16	86,4	6,09	7,27
4,58	0,46	0,22	98,1	5,31	6,09
5,21	0,56	0,28	111	4,41	4,80
5,92	0,66	0,34	127	3,49	3,54
6,72	0,76	0,38	144	2,61	2,41
7,64	0,86	0,42	163	1,88	1,48
8,68	0,93	0,45	186	1,28	0,73
9,86	1,03	0,44	211	0,87	0,27
11,2	1,12	0,46	240	0,60	0,10
12,7	1,23	0,49	272	0,46	0
14,5	1,40	0,58	310	0,38	0
16,4	1,62	0,78	352	0,33	0
18,7	1,93	1,13	400	0,31	0
21,2	2,34	1,65	454	0,26	0
24,1	2,85	2,41	516	0,23	0
27,4	3,47	3,37	586	0,20	0
31,1	4,18	4,49	666	0,17	0
35,3	4,93	5,71	756	0,13	0
40,1	5,65	6,89	859	0,08	0
45,6	6,31	7,90	976	0,05	0

Şekil F 1 Kağıt filtrede 40A ve 60A susuz ortamda tutulan toz miktarlarının morfolojik karşılaştırılması

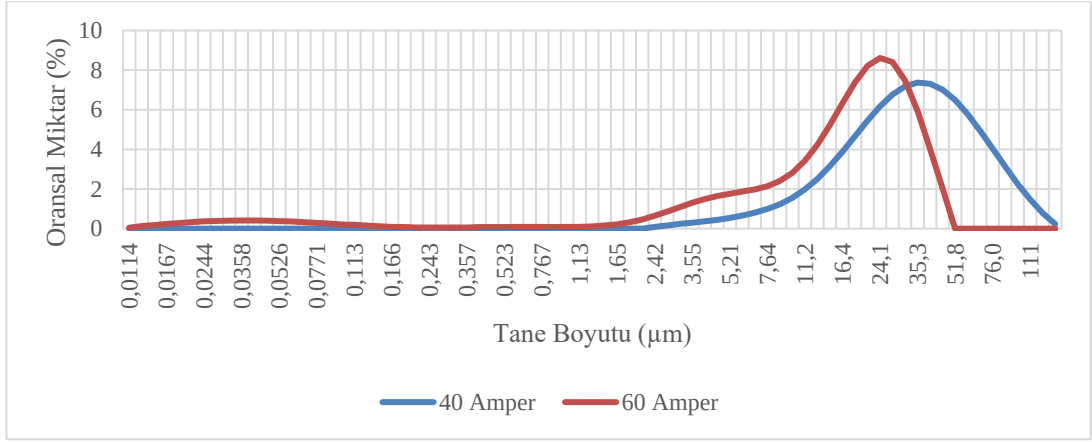
Ek F'nin devamı



Kağıt Filtrede 40 ve 60 Amperde Sulu Ortamda Tozların Oransal Miktarı (%)					
Tane Boyutu (µm)	40 Amper	60 Amper	Tane Boyutu (µm)	40 Amper	60 Amper
3,12	0,09	0	45,6	8,06	7,66
3,55	0,14	0	51,8	8,51	8,50
4,03	0,19	0,04	58,9	8,59	8,94
4,58	0,24	0,12	66,9	8,31	8,91
5,21	0,28	0,20	76,0	7,69	8,42
5,92	0,30	0,27	86,4	6,82	7,53
6,72	0,32	0,34	98,1	5,78	6,39
7,64	0,30	0,37	111	4,62	5,13
8,68	0,29	0,38	127	3,47	3,90
9,86	0,27	0,35	144	2,37	2,80
11,2	0,28	0,31	163	1,40	1,91
12,7	0,37	0,28	186	0,47	1,27
14,5	0,54	0,32	211	0	0,84
16,4	0,88	0,44	240	0	0,56
18,7	1,38	0,72	272	0	0,38
21,2	2,10	1,20	310	0	0,28
24,1	3,00	1,90	352	0	0,22
27,4	4,05	2,85	400	0	0,15
31,1	5,20	4,00	454	0	0,13
35,3	6,31	5,26	516	0	0,10
40,1	7,30	6,54	586	0	0,06

Şekil F 2 Kağıt filtrede 40A ve 60A sulu ortamda tutulan toz miktarlarının morfolojik karşılaştırılması

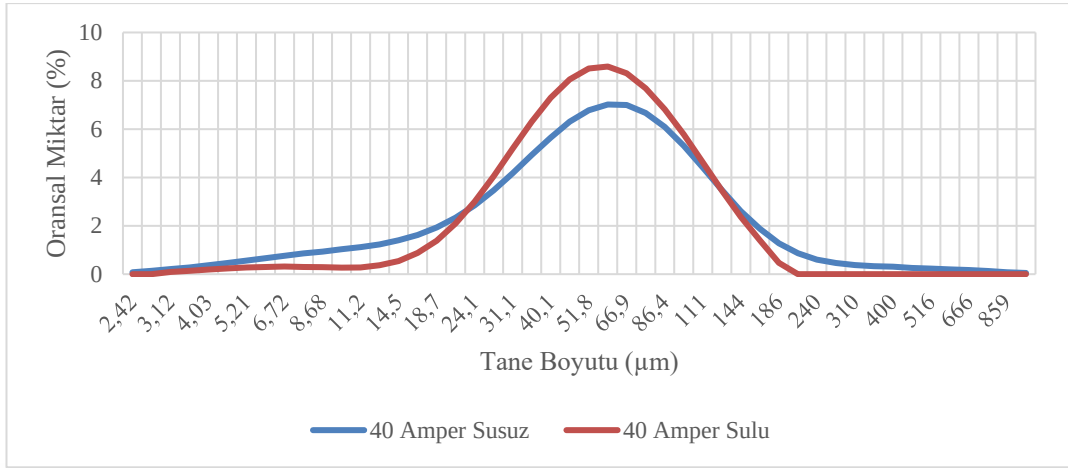
Ek F'nin devamı



Tane Boyutu (µm)	40 Amper	60 Amper	Tane Boyutu (µm)	40 Amper	60 Amper
0,0114	0	0,05	1,45	0	0,16
0,0129	0	0,13	1,65	0	0,22
0,0147	0	0,18	1,88	0	0,32
0,0167	0	0,24	2,13	0	0,46
0,0189	0	0,28	2,42	0,09	0,65
0,0215	0	0,33	2,75	0,16	0,86
0,0244	0	0,37	3,12	0,24	1,08
0,0278	0	0,39	3,55	0,3	1,31
0,0315	0	0,4	4,03	0,37	1,49
0,0358	0	0,41	4,58	0,44	1,65
0,0407	0	0,41	5,21	0,54	1,76
0,0463	0	0,4	5,92	0,66	1,87
0,0526	0	0,38	6,72	0,81	1,98
0,0597	0	0,36	7,64	0,99	2,14
0,0679	0	0,32	8,68	1,23	2,41
0,0771	0	0,29	9,86	1,56	2,82
0,0876	0	0,26	11,2	1,99	3,43
0,0995	0	0,21	12,7	2,51	4,24
0,113	0	0,19	14,5	3,16	5,23
0,128	0	0,15	16,4	3,88	6,32
0,146	0	0,12	18,7	4,67	7,38
0,166	0	0,09	21,2	5,45	8,21
0,188	0	0,08	24,1	6,17	8,61
0,214	0	0,06	27,4	6,77	8,41
0,243	0	0,06	31,1	7,18	7,48
0,276	0	0,06	35,3	7,37	5,93
0,314	0	0,06	40,1	7,31	4,01
0,357	0	0,06	45,6	7,01	2,03
0,405	0	0,08	51,8	6,49	0
0,46	0	0,08	58,9	5,78	0
0,523	0	0,08	66,9	4,94	0
0,594	0	0,09	76,0	4,04	0
0,675	0	0,09	86,4	3,13	0
0,767	0	0,09	98,1	2,25	0
0,872	0	0,08	111	1,48	0
0,991	0	0,09	127	0,78	0
1,13	0	0,09	144	0,23	0

Şekil F 3 Hepa filtrede 40A ve 60A susuz ortamda tutulan toz miktarlarının morfolojik karşılaştırılması

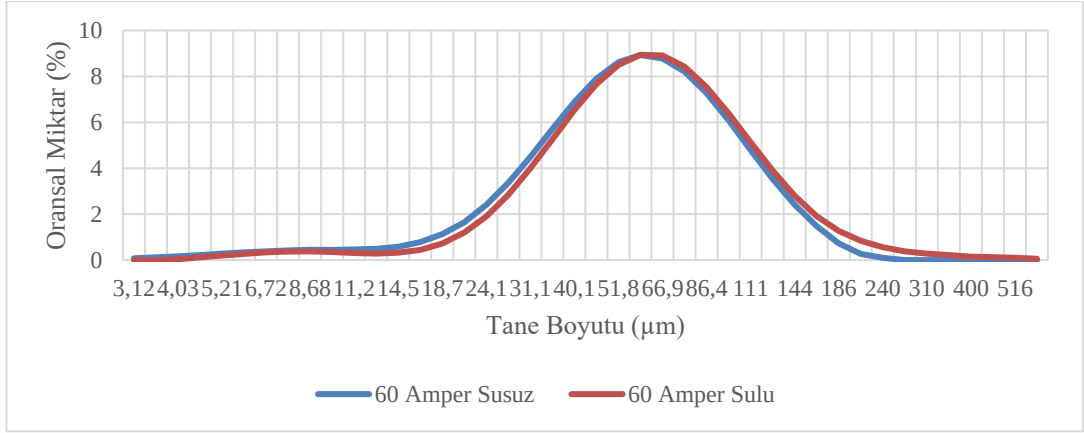
Ek F'nin devamı



Kağıt Filtrede 40 Amperde Susuz ve Sulu Ortamda Tozların Oransal Miktarı (%)					
Tane Boyutu (µm)	40 Amper Susuz	40 Amper Sulu	Tane Boyutu (µm)	40 Amper Susuz	40 Amper Sulu
2,42	0,08	0	51,8	6,78	8,51
2,75	0,14	0	58,9	7,02	8,59
3,12	0,21	0,09	66,9	7,00	8,31
3,55	0,28	0,14	76	6,67	7,69
4,03	0,37	0,19	86,4	6,09	6,82
4,58	0,46	0,24	98,1	5,31	5,78
5,21	0,56	0,28	111	4,41	4,62
5,92	0,66	0,30	127	3,49	3,47
6,72	0,76	0,32	144	2,61	2,37
7,64	0,86	0,30	163	1,88	1,40
8,68	0,93	0,29	186	1,28	0,47
9,86	1,03	0,27	211	0,87	0
11,2	1,12	0,28	240	0,60	0
12,7	1,23	0,37	272	0,46	0
14,5	1,40	0,54	310	0,38	0
16,4	1,62	0,88	352	0,33	0
18,7	1,93	1,38	400	0,31	0
21,2	2,34	2,10	454	0,26	0
24,1	2,85	3,00	516	0,23	0
27,4	3,47	4,05	586	0,20	0
31,1	4,18	5,20	666	0,17	0
35,3	4,93	6,31	756	0,13	0
40,1	5,65	7,30	859	0,08	0
45,6	6,31	8,06	976	0,05	0

Şekil F 4 Kağıt filtrede 40A susuz ve sulu ortamda tutulan toz miktarlarının morfolojik karşılaştırılması

Ek F'nin devamı



Kağıt Filtrede 60 Amperde Susuz ve Sulu Ortamda Tozların Oransal Miktarı (%)					
Tane Boyutu (µm)	60 Amper Susuz	60 Amper Sulu	Tane Boyutu (µm)	60 Amper Susuz	60 Amper Sulu
3,12	0,08	0	45,6	7,90	7,66
3,55	0,12	0	51,8	8,62	8,5
4,03	0,16	0,04	58,9	8,93	8,94
4,58	0,22	0,12	66,9	8,78	8,91
5,21	0,28	0,20	76,0	8,21	8,42
5,92	0,34	0,27	86,4	7,27	7,53
6,72	0,38	0,34	98,1	6,09	6,39
7,64	0,42	0,37	111	4,80	5,13
8,68	0,45	0,38	127	3,54	3,90
9,86	0,44	0,35	144	2,41	2,80
11,2	0,46	0,31	163	1,48	1,91
12,7	0,49	0,28	186	0,73	1,27
14,5	0,58	0,32	211	0,27	0,84
16,4	0,78	0,44	240	0,10	0,56
18,7	1,13	0,72	272	0	0,38
21,2	1,65	1,20	310	0	0,28
24,1	2,41	1,90	352	0	0,22
27,4	3,37	2,85	400	0	0,15
31,1	4,49	4,00	454	0	0,13
35,3	5,71	5,26	516	0	0,10
40,1	6,89	6,54	586	0	0,06

Şekil F 5 Kağıt filtrede 60A susuz ve sulu ortamda tutulan toz miktarlarının morfolojik karşılaştırılması