T.C
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SANAYİ KAYNAKLI HAVA KİRLETİCİLERİNİN VE EMİSYON-İMİSYON ÖRNEKLEME SİSTEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Abdullah AKAY

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2021

T.C
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SANAYİ KAYNAKLI HAVA KİRLETİCİLERİNİN VE EMİSYON-İMİSYON ÖRNEKLEME SİSTEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Abdullah AKAY

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2021

Dr. Öğr. Üyesi Tuba RASTGELDİ DOĞAN danışmanlığında, Abdullah AKAY'ın hazırladığı **"Sanayi Kaynaklı Hava Kirleticilerinin ve Emisyon-İmisyon Örnekleme Sistemlerinin Araştırılması"** konulu bu çalışma 14/01/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

e-imzalıdır

e-imzalıdır

e-imzalıdır

Bu Tezin Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım

Doç. Dr. İsmail HİLALİ
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

Bu belge, 5070 sayılı Elektronik İmza Kanununa göre Güvenli Elektronik İmza ile imzalanmıştır.
Evrak sorgulaması https://ebys.harran.edu.tr/envision/Validate_Doc.aspx?V=BELCBY3TB adresinden yapılabilir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ vii
1. KURAMSAL TEMELLER 1
1.1. Sanayi Kaynaklı Hava Kirleticileri 2
1.1.1. Havadaki partikül madde (PM) 4
1.1.2. Yanma gazları (CO, NO, NO_2 (NO_x cinsinden), SO_2) 5
1.1.3. Hidrojen klorür (HCl) ve hidrojen florür (HF) 6
1.1.4. Gaz halindeki ağır metaller 8
1.1.5. Havadaki uçucu organik bileşikler (VOC'ler) 9
1.1.6. Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar) 11
1.2. Emisyon-İmisyon 13
2. MATERYAL ve YÖNTEM 14
2.1. Çalışma Alanı ve Tesislerin Proses Türleri 14
2.2. Bacalarda Ölçüm Portlarının ve Travers Sayılarının Belirlenmesi 16
2.2.1. Port ve travers noktalarının belirlenmesi (TS ISO 10780) 17
2.2.2. Port ve travers noktalarının belirlenmesi (EPA Method 1) 20
2.2.3. Port ve travers noktalarının belirlenmesi (TS EN 15259) 23
2.2.4. Port ve travers noktalarının belirlenmesi (TS ISO 9096) 26
2.2.5. Port ve travers noktalarının belirlenmesi (TS EN 13284-1) 28
2.2.6. Emisyon örneklemelerinde nozul (giriş memesi) seçimi 29
2.2.7. Baca yüksekliğinin hesaplanması 30
2.2.8. Şapka yüksekliğinin hesaplanması 31
2.3. Bacada Hız ve Debi Tayini 32
2.3.1. Ölçümler için minimum baca gazı hızları 34
2.4. Bacada Nem Tayini 35
2.4.1. Dijital sensör ile nem tayini 36
2.4.2. Gravimetrik yöntem ile nem tayini 36
2.5. Bacada İzokinetik Şartlarda Emisyon Örneklemeleri 40
2.5.1. İzokinetik şartlar ve metot seçimi 40
2.5.2. PM Örneklemesinde kullanılan cihaz ve ekipmanlar 44
2.5.3. PM Örnekleme filtrelerinin şartlandırılması 45
2.5.4. Bacada PM Örnekleme işlemleri 45

2.6. Bacada Yanma Gazları Ölçümü 47
2.6.1. Bacada yanma gazları ölçümünde kullanılan cihaz ve ekipmanlar 48
2.6.2. Bacada yanma gazları örnekleme işlemleri 49
2.7. Bacada HCl Örneklemesi 50
2.7.1. Bacada HCl örneklemesinde kullanılan cihaz ve ekipmanlar 50
2.7.2. Bacada HCl örnekleme işlemleri 50
2.8. Bacada HF Örneklemesi 55
2.8.1. Bacada HF örneklemesinde kullanılan cihaz ve ekipmanlar 55
2.8.2. Bacada HF örnekleme işlemleri 55
2.9. Bacada Ağır Metal Örneklemesi 58
2.9.1. Bacada ağır metal örneklemesinde kullanılan cihaz ve ekipmanlar 58
2.9.2. Bacada ağır metal örnekleme işlemleri 59
2.10. Bacada Uçucu Organik Bileşik (VOC) Örneklemesi 61
2.10.1. Bacada VOC örneklemesinde kullanılan cihaz ve ekipmanlar 61
2.10.2. Bacada VOC örnekleme işlemleri 62
2.11. Bacada PAH Örneklemesi 63
2.11.1. Bacada PAH örneklemesinde kullanılan cihaz ve ekipmanlar 63
2.11.2. Bacada PAH örnekleme işlemleri 64
2.12. Çöken Toz İmisyon Örneklemeleri 69
2.12.1. Çöken toz örneklemelerinde kullanılan cihaz ve ekipmanlar 69
2.12.2. Çöken toz örnekleme işlemleri 69
2.13. PM_{10} İmisyon Örneklemeleri 71
2.13.1. PM_{10} örneklemesinde kullanılan cihaz ve ekipmanlar 71
2.13.2. PM_{10} örnekleme işlemleri 72
3. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 74
3.1. Baca Gazında Hız, Sıcaklık ve Nem Ölçüm Sonuçları 75
3.2. Baca Gazında PM Ölçüm Sonuçları 77
3.3. Baca Gazında Yanma Gazları Ölçüm Sonuçları 79
3.4. Baca Gazında HCl ve HF Ölçüm Sonuçları 80
3.5. Baca Gazında Ağır Metal (İnorganik Toz) Ölçüm Sonuçları 81
3.7. Baca Gazında PAH Ölçüm sonuçları 89
3.8. Çöken Toz ve PM_{10} Ölçüm Sonuçları 90
4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 92
4.1. SONUÇLAR 92
4.2. ÖNERİLER 93
KAYNAKLAR 97
ÖZGEÇMİŞ 103
EKLER 104

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SANAYİ KAYNAKLI HAVA KİRLETİCİLERİNİN VE EMİSYON-İMİSYON ÖRNEKLEME SİSTEMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Abdullah AKAY

Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Tuba RASTGELDİ DOĞAN
2. Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Turgay DERE

Yıl: 2021, Sayfa: 91

Atmosfer tüm dünyanın ortak varlığı ve mirası olup, dünya üzerindeki canlılığın devam etmesi için temel şartların başında gelmektedir. Bu sebeple, atmosferdeki hava kirliliğine sebep olabilen ve 'hava kirleticileri' olarak tanımlanan maddelerin zamansal ve mekânsal değişimlerinin izlenmesi ve hava kirliliğinin ekolojik ve çevresel neticelerinin daha net kavranması ihtiyaç arz etmektedir.

Bu çalışmada, 'sanayi kaynaklı hava kirleticileri' olarak tanımlanan maddelerin ortam değerlerini izlemek ve ilgili hava kirliliği standartlarına uygunluğunu araştırmak için sanayi tesislerinin atık gaz çıkış bacalarında ve tesis alanında hangi standartlara göre, ne şekilde örneklenmesi gerektiği, bu örneklemelerde kullanılan emisyon-imisyon örnekleme sistemleri ve uygulamaları hakkında detaylı bilgiler verilip tartışılmıştır. Bu örnekleme sistemleri kullanılarak, İstanbul'da ve Gebze'de 10 farklı tesiste emisyon, 1 tesiste imisyon örneklemeleri yapılarak sanayi kaynaklı atık gazlarda ve ortam havasında, PM (31 baca), yanma gazları (12 baca), HCl (4 baca), HF (2 baca), ağır metal (3 baca), VOC (33 baca), PAH (1 baca), çöken toz ve PM_{10} (1 tesis) örneklenmiş, emisyon değerleri ve türleri belirlenmiştir. Tüm emisyon kaynak bacaları için, atık gaz çıkış hızları, atık gaz sıcaklıkları, nem miktarları ve bacaların fiziki özellikleri tespit edilip değerlendirilmiştir.

Örneklemeler sonrası yapılan analiz sonuçlarında, 0.0001-0.047 kg/sa aralığında PM emisyonları, 0-79.33 ppm aralığında CO, 0-1.66 ppm aralığında SO_2, 1-44.33 ppm aralığında NO, 0- 56.66 ppm aralığında NO_x cinsinden NO_2 emisyonları, 0.0012-0.0149 kg/sa aralığında HCl, 0.0005 kg/sa HF emisyonları, 0.780-134.981 g/sa aralığında ağır metal, 0-0.69 kg/sa aralığında VOC, <0.2-6.19 gr/numune aralığında PAH emisyonları, 29.810-91.556 mg/m^2–gün aralığında çöken toz ve 0.109-0.801 mg/Nm^3 aralığında PM_{10} imisyon değerleri tespit edilmiş ve Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'nde belirlenen sınır değerlerle kıyaslanmıştır.

Ayrıca bu çalışmada, örnekleme sistemlerinin kullanılması anında karşılaşılan problemlere, bu problemlerin çözümüne ve sistemlerin geliştirilmesine dair önerilere yer verilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Hava Kirliliği, Tehlikeli Hava Kirleticiler, Endüstriyel Kirlilik, Partikül Madde, Emisyon.

ABSTRACT

Master Thesis

INVESTIGATION OF INDUSTRIAL AIR POLLUTANTS AND EMISSION-IMMISSION SAMPLING SYSTEMS

Abdullah AKAY

Harran University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Environmental Engineering

Supervisor: Dr. Lecturer Tuba RASTGELDI DOGAN
Co-Supervisor: Dr. Lecturer Turgay DERE

Year: 2021 , Page: 91

The atmosphere is the common existence and heritage of the whole world, and it is one of the basic conditions for the continuation of life on earth. For this reason, it is necessary to monitor the temporal and spatial changes of substances that can cause air pollution in the atmosphere and defined as "air pollutants" and to understand the ecological and environmental consequences of air pollution more clearly.

In this study, in order to monitor the environmental values of the substances defined as 'industrial air pollutants' and to investigate their compliance with the relevant air pollution standards, according to which standards and how they should be sampled in the waste gas outlet stacks of the industrial facilities and detailed information about their applications was given and discussed. Using these sampling systems, emission in 10 different plants in Istanbul and Gebze, imission sampling in 1 plant, PM (31 stacks), combustion gases (12 stacks), HCl (4 stacks), HF in industrial waste gases and ambient air. (2 stacks), heavy metal (3 stacks), VOC (33 stacks), PAH (1 stack), settled dust and PM10 (1 plant) were sampled, and their emission values and types were determined. For all emission source flues, waste gas exit velocities, waste gas temperatures, moisture content and physical properties of the chimneys were determined and evaluated.

According to the analysis results made after sampling, PM emissions in the range of 0.0001-0.047 kg/h, CO in the range of 0-79.33 ppm, SO_2 in the range of 0-1.66 ppm, NO in the range of 1-44.33 ppm, NO_2 in the range of 0-56.66 ppm, 0.0012-0.0149 kg/h HCl, 0.0005 kg/hr HF emissions, 0.780-134.981 g/hr heavy metal, 0-0.69 kg/h VOC, <0.2-6.19 g/sample range, 29.810-91.556 mg/m^2 The dust settled between days and PM_{10} imission values in the range of 0.109-0.801 mg/Nm^3 were determined and compared with the limit values determined in the Industrial Air Pollution Control Regulation.

In addition, in this study, the problems encountered while using sampling systems, the solutions of these problems and suggestions for the development of the systems are given.

Keywords: Air Pollution, Dangerous Air Pollutants, Industrial Pollution, Particulate Matter, Emission.

TEŞEKKÜR

Öncelikle, bugünlerimin mimarı olan aileme,

Tezli Yüksek Lisans eğitimim boyunca hiçbir destekten kaçınmayan, yol gösteren, değerli bilgilerini benimle paylaşan ve kendileriyle çalışmaktan onur duyduğum danışman hocalarım, Dr. Öğr. Üyesi Tuba RASTGELDİ DOĞAN'a ve Dr. Öğr. Üyesi Turgay DERE' ye,

Manevi desteğini her daim hissettiğim kıymetli hocam Prof. Dr. Mehmet İrfan YEŞİLNACAR'a,

Bu süreçte desteklerini esirgemeyen eski çalışma arkadaşlarım, dostlarım, İbrahim KARAGÖZ'e, Serdar KOÇ'a ve Mehmet Uğur ATAKLI'ya teşekkürlerimi sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Hava kirleticilerinin şematik gösterimi 3
Şekil 1.2. PAH emisyonu kaynakları ve yayılımı 12
Şekil 2.1. İstanbul Avrupa Yakası'nda ölçüm yapılan tesisler 15
Şekil 2.2. İstanbul Anadolu Yakası'nda ve Gebze bölgesinde ölçüm yapılan tesisler 16
Şekil 2.3. Dairesel bacalarda örnekleme noktalarının konumları, Genel Kural 18
Şekil 2.4. Dairesel bacalarda örnekleme noktalarının konumları, Teğet Kuralı 19
Şekil 2.5. Dörtgen bacalarda örnekleme noktalarının konumları 20
Şekil 2.6. Emisyon örneklemeleri için minimum travers sayıları 21
Şekil 2.7. Hız ölçümleri için minimum travers sayıları 22
Şekil 2.8. Örnekleme yeri ve örnekleme bölümü ile ilgili terimler 24
Şekil 2.9. Bacada izokinetik numune alma durumu 26
Şekil 2.10. Dairesel bir baca için bazı tanımlar 27
Şekil 2.11. Baca içi örnekleme sistemine entegre nozul örneği 29
Şekil 2.12. Giriş nozulu örneği 30
Şekil 2.13. Kaz boynu nozulu örneği 30
Şekil 2.14. A ve B tesislerinde örnekleme yapılan, A1, B1, B5 ve B6 bacaları 32
Şekil 2.15. C ve D tesislerinde örnekleme yapılan, C1, C5, D4 ve D6 bacaları 32
Şekil 2.16. S tipi pitot tüp 33
Şekil 2.17. Örnekleme Probu ve S tipi pitot tüp 34
Şekil 2.18. Megasystem ISOCHECK izokinetik örnekleme cihazı ve el ünitesi 35
Şekil 2.19. Delta Ohm HD2301 marka/model nem örnekleme cihazı ve bacada nem tayini 36
Şekil 2.20. PM ve nem örnekleme düzeneğinin şematik gösterimi 37
Şekil 2.21. Zambelli IsoDust izokinetik pompa, ısıtmalı prob,ısıtma ünitesi ve impingerler 38
Şekil 2.22. Referans metoda göre nem örnekleme düzeneği 39
Şekil 2.23. Yaklaşım metoduna göre nem örnekleme düzeneği 39
Şekil 2.24. İzokinetik ve izokinetik olamayan şartlar 40
Şekil 2.25. Baca dışı örnekleme düzeneğinin şematik gösterimi 41
Şekil 2.26. Baca dışı örnekleme probu ve filtre tutucusu 42
Şekil 2.27. Baca içi örnekleme düzeneğinin şematik gösterimi 42
Şekil 2.28. Baca içi örnekleme probu ve fitre tutucusu 43
Şekil 2.29. Bacada baca içi örnekleme düzeneği ile PM örneklemesi 43
Şekil 2.30. Baca gazında PM örneklemesi ve örnekleme düzeneği 44
Şekil 2.31. MRU Airfair Vario Plus (solda) ve MRU Airfair Optima 7 (sağda) 48
Şekil 2.32. Doğrulama tüpleri (sağ ve sol) ve tepki süresi hesaplama anı (orta) 49
Şekil 2.33. İzokinetik örnekleme pompası (sol), impingerler (orta) ve filtre tutucu (sağ) 50
Şekil 2.34. Yan akımla izokinetik HCl örnekleme düzeneği 51
Şekil 2.35. Yan akımsız izokinetik HCl örnekleme düzeneği 52
Şekil 2.36. İmpinger tasarımı 53
Şekil 2.37. İmpingerler, cam filtre tutucular ve bağlantı aparatları 54
Şekil 2.38. Bacada HCl örnekleme numuneleri (örnek) 54
Şekil 2.39. HF örnekleme düzeneği 57
Şekil 2.40. Bacada HF örnekleme numuneleri (örnek) 57
Şekil 2.41. Ağır metal örnekleme düzneği 60
Şekil 2.42. Bacada ağır metal örnekleme numuneleri (örnek) 60
Şekil 2.43. MF VOC örnekleme cihazı (sol), aktif karbon tüpü (orta), VOC örneklemesi (sol) 61
Şekil 2.44. VOC örnekleme düzeneği 63
Şekil 2.45. PAH örnekleme düzeneği 65
Şekil 2.46. Isıtmalı prob (sol), salyangoz soğutma ünitesi (orta), soğuk su ünitesi (sağ) 65
Şekil 2.47. Çöken toz cihazı 70
Şekil 2.48. K Tesisi içerisinde konumlandırılmış çöken toz örnekleme cihazları 71
Şekil 2.49. K Tesisinde bunker önü (sol) ve stok sahasında (sağ) yapılan PM_{10} örneklemeleri 73
Şekil 3.1. PM emisyon değerleri diyagramı 78

Şekil 3.2. ISCST3 hava kalitesi modellemesi, günlük çöken toz konsantrasyon dağılımı 91

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Emisyon-İmisyon 13
Çizelge 2.1. Dairesel bacalarda örnekleme noktalarının sayısı 17
Çizelge 2.2. Dörtgen bacalarda travers sayısı 17
Çizelge 2.3. Örnekleme noktalarının baca cidarına uzaklığı, Genel Kural 18
Çizelge 2.4. Örnekleme noktalarının baca cidarına uzaklığı, Teğet Kuralı 19
Çizelge 2.5. Dörtgen bacalar için port ve travers sayıları 22
Çizelge 2.6. Dairesel bacalarda travers noktalarının konumu 23
Çizelge 2.7. Dairesel bacalar için örnekleme noktalarının asgari sayısı 25
Çizelge 2.8. Dörtgen bacalar için örnekleme noktalarının asgari sayısı 25
Çizelge 2.9. Dairesel bacalar için örnekleme hatları ve noktaları 28
Çizelge 2.10. Dörtgen bacalar için örnekleme noktaları 28
Çizelge 2.11. Örneklemelerin, port ve travers sayıları, süreleri, nozul çapları ve baca yükseklikleri 66
Çizelge 2.12. Örneklemelerde çekilen at gaz hacmi ve izokinetik sapma değerleri 67
Çizelge 3.1. Baca gazında hız, sıcaklık ve nem değerleri 75
Çizelge 3.2. Baca gazında, toz konsantrasyonu ve toz emisyonu analiz sonuçları 77
Çizelge 3.3. Yanma gazları analiz sonuçları 79
Çizelge 3.4. Yanma gazları sınır değerleri 79
Çizelge 3.5. Bacada HCl ve HF analiz sonuçları 80
Çizelge 3.6. Bazı kirleticilerin, kütlesel debi cinsinden emisyon sınır değerleri 80
Çizelge 3.7. A1, F5 ve I1 bacalarının ağır metal analiz sonuçları 81
Çizelge 3.8. A1,B1,B2,B3,B4 ve B5 bacalarının VOC analiz sonuçları 82
Çizelge 3.9. B6, C2, C2, C3, C4 ve C5 bacalarının VOC analiz sonuçları 83
Çizelge 3.10. D1, D2, D3, D4, D5 ve D6 bacalarının VOC analiz sonuçları 84
Çizelge 3.11. E1, F1, F2, F3, F4 ve G1 bacalarının VOC analiz sonuçları 85
Çizelge 3.12. G2, H1, H2, H3, I1 ve J1 bacalarının VOC analiz sonuçları 86
Çizelge 3.13. J2, J3 ve J4 bacalarının VOC analiz sonuçları 87
Çizelge 3.14. Organik buhar ve gaz emisyonları için sınır değerler 88
Çizelge 3.15. I tesisi I1 bacası PAH analiz sonuçları 89
Çizelge 3.16. Kanserojen maddeler ve PAH'lar için sınır değerler 89
Çizelge 3.17. Kanserojen maddeler 90
Çizelge 3.18. K tesisi, Çöken toz ve PM10 analiz sonuçları 90
Çizelge 3.19. Ayırma, kırma ve öğütme işlemleri yapan tesisler için toz emisyonu sınır değerleri .. 91

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Acp	Asenaften
Acpy	Asenaftilen
Ant	Antrasen
As	Arsenik
Ba	Baryum
BaA	Benz[a]antrasen
BaP	Benzo[a]piren
BbF	Benzo[b]floranten
BghiP	Benzo[g,h,i]perilen
BkF	Benzo[k]floranten
^0C	Santigrat derece
Cd	Kadmiyum
Chr	Krizen
cm	Santimetre
cm/s	Santimetre bölü saniye
CO_2	Karbon dioksit
Cr	Krom
Cu	Bakır
$CuSO_4$	Bakır (II) sülfat
D	Baca çapı
DbA	Dibenz[a,h]antrasen
d_{eff}	Etkili çap
d_h	Hidrolik çap
dk	Dakika
d_n	Nozul girişinin iç çapı
d_t	S pitot tüpü çapı
e	Nozulun kenar kalınlığı
Fe	Demir
Flu	Floren
FluA	Floranten
g/sa	Gram bölü saat
g/m^3	Gram bölü metreküp
gr	Gram
gr/numune	Gram bölü numune
HCl	Hidrojen klorür
HF	Hidrojen florür
Hg	Cıva
H_2O_2	Hidrojen peroksit
H_2SO_4	Sülfirik asit
HNO^3	Nitrik asit
InP	İndeno[1,2,3ecd]piren
K	Kalibrasyon faktörü
kg/gün	Kilogram bölü gün
kg/sa	Kilogram bölü saat
$KMnO_4$	Potasyum permanganat
KW	Kilowatt
L_1, L_2	S tipi pitot tüpte, ayakların orifis düzlemine uzaklıkları
l_1, l_2	Kenar uzunlukları
l/dk	Litre bölü dakika
m	Metre
m^2	Metrekare
mg	Miligram
mg/m^2-gün	Miligram bölü metrekare – gün

mg/m^3	Miligram bölü metreküp
mg/Nm^3	Miligram bölü normal metreküp
mg/km	Miligram bölü kilometre
ml	Mililitre
mm	Milimetre
Mn	Mangan
m/s	Metre bölü saniye
m^3/sa	Metreküp bölü saat
MW	Megawatt
Nap	Naftalin
n_d	Baca cidarına olan uzaklık
ng/m^3	Nanogram bölü metreküp
Ni	Nikel
Nm	Nanometre
Nm^3/sa	Normal metreküp bölü saat
NO	Azot oksit
NO_2	Azot dioksit
NO_x	Azot oksitler
O_2	Oksijen
O_3	Ozon
Pa	Pascal
Pb	Kurşun
PhA	Fenantren
PM	Partikül Madde
$PM_{2.5}$	Aerodinamik çapı 2.5 µm'ye eşit veya küçük olan partikül madde
PM_{10}	Aerodinamik çapı 10 µm'ye eşit veya küçük olan partikül madde
ppm	Parts per million – milyonda bir birim
Pyr	Piren
R	Dış çap
Sn	Kalay
SO_2	Kükürt dioksit
ton/gün	Ton bölü gün
T90	Tepki süresi
vb.	ve benzeri
v_n	Nozuldaki hız
v_s	Bacadaki hız
Zn	Çinko
µm	Mikrometre
Ø	İç çap
≥	Büyük eşit
>, <	Büyük, küçük
%	Yüzde

KISALTMALAR

EPA	Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
ISO	International Standards – Uluslararası Standartlar
OÖS	Otomatik Ölçme Sistemleri
OSB	Organize Sanayi Bölgesi
PAH	Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar
SKHKKY	Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
TS	Türk Standardı
VOC	Uçucu Organik Bileşikler
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

1. KURAMSAL TEMELLER

Atmosfer, dünya üzerindeki canlılığın devam etmesi için temel gerekliliktir. Sanayileşmedeki hızlı büyüme, özel araç sayısındaki artış ve fosil yakıt tüketimi sebebiyle hava kirliliği artmakta, bu durumla paralel olarak da hava kalitesi düşmektedir. Bu ve benzer durumlar sebebiyle atmosferde, kükürt dioksit (SO_2), azot dioksit (NO_2), karbon dioksit (CO_2), azot oksit (NO), azot oksit türevleri (NO_x), $PM_{2.5}$ (aerodinamik çapı 2.5 µm'ye eşit veya küçük olan partikül madde) ve PM_{10} (aerodinamik çapı 10 µm'ye eşit veya küçük olan partikül madde) gibi birçok kirletici bulunmaktadır. Bai ve ark. (2018) hava kirliliğini, atmosferdeki kirleticilerin belli bir konsantrasyonu aşması durumunda ekolojik sisteme, insan sağlığına ve gelişimine zarar verici bir etki olarak tanımlamıştır (Bai ve ark, 2018).

Hızlı endüstriyel büyümeyle birlikte, çeşitli gaz emisyonları ve partikül maddeler atmosfere salınmaktadır. İnsan faaliyetleri sonucu çevreye salınan birincil kirleticiler, atmosferde kimyasal tepkimeler vererek ikincil kirleticilerin meydana gelmesine yol açarlar. Arulprakasajothi ve ark. (2018), hava kirleticilerini, farklı kaynaklardan salınan farklı kimyasal ve fiziksel özelliklere sahip olan heterojen karışımlar olarak tanımlamıştır. İnsan varlığının ve gelişiminin sürdürülebilir olması, ekosistemin korunması ve hava kalitesinin arttırılmasıyla mümkün olacaktır. Kirletici hava emisyonlarındaki artış ve seyreltilmemiş hava kirleticilerinin varlığı endişe verici bir oranda artmaktadır. Bu durumun devamlılığı dünya çapında büyük bir tehdit oluşturmaktadır (Arulprakasajothi ve ark, 2018).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO), 21. yüzyıl için en önemli tehdidi, çevre sağlığı açısından iklim değişikliği ve hava kirliliği olarak tanımlamıştır. İklim değişikliğine neden olan teknolojik seçimler, fosil yakıtlara bağımlı olan kalkınma modellerinin büyük bölümü hava kirliliği ve diğer çevresel riskleri daha fazla arttırıyor. Lendrum ve Ustün (2018)'e göre, iç ortam ve dış ortam hava kirliliği, bulaşıcı olmayan hastalıklar açısından önemli bir risk faktörü olan tütünden sonra ikinci sırada gelmekte ve yılda tahmini 7 milyon insanın ölümüne neden olmaktadır (Campbell ve Prüss,

2019). WHO, hava kirliliğinin olumsuz sağlık etkilerini minimize etmek için hava kalitesi standartlarının tüm dünyada $PM_{2.5}$ için günlük 25 $\mu g/m^3$ ve PM_{10} için günlük 50 $\mu g/m^3$ sınır değerlerinde olması tavsiyesinde bulunmuştur (Özdemir ve ark, 2010).

Lee ve ark. (2018)'e göre, hava kirliliği, çok çeşitli kaynaklardan salınan binlerle ifade edilen bileşenin karmaşık bir karışımını kapsayan geniş bir terimdir. Hava kirletici seviyeleri zamansal ve mekânsal değişiklikler gösterirler ve bu değişikliklerin başlıca sebepleri, rüzgar hızı, yönü ve hava koşullarıyla alakalı atmosferik olaylardır (Lee ve ark, 2018).

Hava kirliliği, halkların, hükümetlerin ve bilim insanlarının küresel bir endişesi haline gelmiştir. Avrupa, Amerika ve Asya'yla birlikte Kuzey Yarımküre ve orta enlem bölgeleri tamamen hava kalitesi araştırma alanı olmuştur. Hava kirliliği, çeşitli hastalıklara neden olmakla birlikte, atmosferi ve iklimi etkileyerek, sel ve kuraklık gibi hava olaylarına da neden olabilir. Bu sebeplerden ötürü, hava kirliliğine neden olan faktörleri, hava kirleticilerinin zamansal ve mekânsal değişimlerini ve hava kirliliğinin ekolojik ve çevresel etkilerini daha net kavramamız gerekmektedir (Fan ve ark, 2019).

Son dönemlerde yaşanan küresel ısınmaya paralel olarak meydana gelen meteorolojik değişimler, doğanın tahrip edilmesi ve atmosfere salınan kirletici gazların miktarlarındaki artışla birlikte, kıtalar arasında PM taşınımının arttığı tahmin edilmektedir (RASTGELDİ DOĞAN ve ark, 2018). Dolayısıyla dünya üzerinde herhangi bir noktada meydana gelen hava kirliliği tüm dünyayı etkisi altına alabilir.

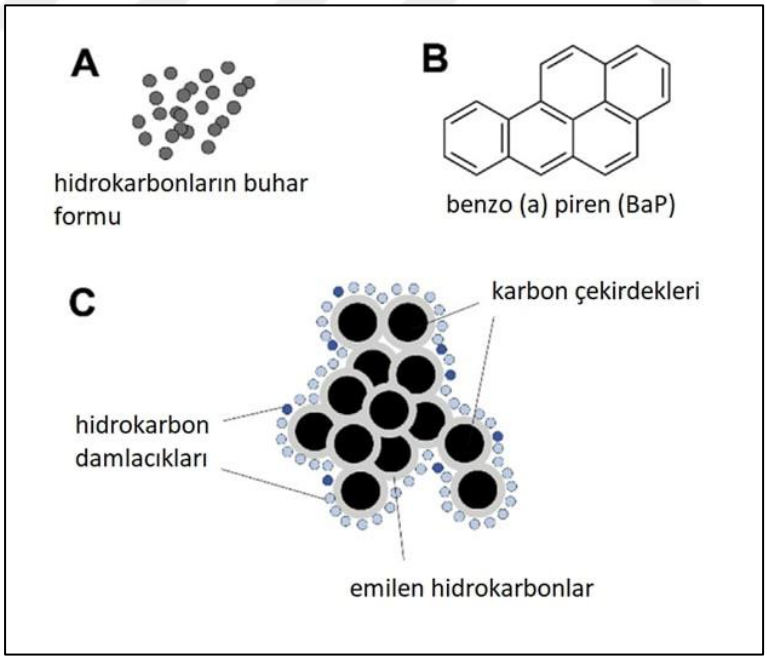
Atmosfer tüm dünyanın ortak varlığı ve mirasıdır.

1.1. Sanayi Kaynaklı Hava Kirleticileri

Hava kirliliği, insan sağlığı açısından küresel bir tehdit olma boyutuna gelmiştir. Tarihsel açıdan, özellikle 20. yüzyılın başlarında meydana gelen büyük hava kirliliği vakaları ciddi sağlık sorunlarına ve ölümlere neden olmuştur. Bu vakalardan en trajik

olanı, 12 000 açıklanamayan ölüme ve uzun vadeli olumsuz sağlık risklerine neden olan, 1952 yılında Londra'da yaşanan ''öldürücü sis'' vakasıdır (Kim ve ark, 2018).

Dış ortam hava kirleticileri, endüstriyel emisyonlardan, araç trafiğinden, ısıtma amaçlı yakıt kullanımından, hava trafiğinden, inşaat ve tarımsal faaliyetlerden, savaş ve yangın gibi insan kaynaklı faaliyetlerden salındığı gibi, doğal orman yangınları, aşırı sıcaklıklar, deprem, tsunami ve volkanik patlamalar sebebiyle de salınırlar. Bu kirleticiler kimyasal olarak, ozon (O_3), karbon monoksit (CO), NO_2 ve SO_2 şeklinde, inorganik (ağır metal) kirleticilerin gaz formları şeklinde, organik kirleticilerin gaz formları (uçucu organik bileşikler/VOC) şeklinde, polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar) şeklinde, monosiklik hidrokarbonlar şeklinde ve alifatik kimyasallar şeklinde bulunurlar. Bununla birlikte, kirleticilerin bir de partikül madde (PM) formaları vardır ki bu formlar PM_{10}, $PM_{2.5}$ ve ultra ince partiküller halinde bulunduklarında çok zararlı kirleticiler olurlar (Kim ve ark, 2018). Hava kirleticilerinin şematik bir gösterimi Şekil 1.1'de verilmiştir.



Şekil 1.1. Hava kirleticilerinin şematik gösterimi (Kim ve ark, 2018)

PM'ler sanayi kaynaklı hava kirleticilerinin en önemlilerindendir. Hem solunabilir büyüklükte olmaları hem de diğer kimyasal formdaki kirleticilerin kendisine tutunarak yayılmalarını sağlamaları bu kirleticileri önemli kılar.

1.1.1. Havadaki partikül madde (PM)

Havadaki PM, atmosferde katı veya sıvı halde bulunan ince maddelerden oluşur. Hava kirleticiler sadece yerel veya bölgesel zararlara sebep olmazlar, oluştukları bölgelerden yayılarak küresel ölçekte de zarara sebep olurlar (Bai ve ark, 2018).

Hızlı endüstriyel büyümeyle birlikte, çeşitli gaz ve PM emisyonları salınmaya başlanmıştır. Bu toksik hava kirleticileri, atmosfere salınan insan kaynaklı birincil kirleticilerdir, daha sonra atmosferde meydana getirdikleri kimyasal tepkimelerle ikincil kirleticilerin oluşmasına sebep olurlar. Tüm bunlar hava kirleticilerini, insanlar için dünya çapında bir tehdit haline getirmiştir (Arulprakasajothi ve ark, 2018).

Havadaki PM, topraktan, yol tozunun rüzgar ve hareketli taşıtlar ile kaldırılmasından, inşaat çalışmalarından ve endüstriyel emisyonlardan, enerji üretimi ve ısınma amaçlı fosil yakıt tüketiminden kaynaklanabilir. Bu şekilde oluşan PM'ler, karbonlardan, geçiş metallerinden, organik moleküllerden, sülfat ve nitratlardan oluşabilir (Lee ve ark, 2018).

Havadaki PM sadece insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri sebebiyle değil, çevreye verdiği zararlar sebebiyle de endişe verici bir kirleticidir. PM çok farklı partikül boyutlarında bulunabilen ve kimyasal bileşenlere sahip olabilen bir kirletici grubu olarak kabul edilir. Havadaki PM boyut dağılımı, nanometre (nm), mikrometre (μm) ve milimetre (mm) çaplarında olabilir. Birçok zorluğa ve soruna neden olan bu kirleticiler, insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sebep olarak küresel hastalık yükünü arttırmakta ve güneş radyasyonunu emerek ve yansıtarak iklim üzerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır (Harrison,2020).

Atmosferik mikroorganizmalar da PM bileşenleri arasındadır. Bir kısmı patojenik olan bu mikroorganizmalar PM'ye bağlı halde insanlara ve diğer organizmalara ulaşarak çeşitli hastalıklara sebep olurlar (Zhai ve ark, 2018).

Havadaki ince PM'ler, iklim değişikliği üzerindeki etkisi sebebiyle de önemli araştırma alanı olan kirleticilerdir. Çok çeşitli kaynaklardan salınan bu kirleticiler aynı zamanda, SO_2, NO_x ve hidrokarbonların atmosferik oksidasyonu sonucu ikincil kirleticilerin gaz halinden partikül haline dönüşmesiyle de oluşurlar. İnce PM'ler eşit seviyede toksik olmayabilirler. Birden fazla kaynağın ve oluşum yolunun varlığı sebebiyle havadaki PM'ler farklı boyutlarda, şekillerde ve yüzey yüklerinde olabildikleri gibi, farklı yüzey kimyasına ve kimyasal bileşimlere de sahip olabilirler (Park ve ark, 2018).

Bazı ağır metaller ve PAH'lar genel olarak havadaki PM'lere tutunmuş halde bulunurlar. PM emisyonları için, dünya üzerinde kabul görmüş tek tip ve net bir düzenleme mevcut değildir (Zhou ve ark, 2019).

PM, havada uzun süre asılı kalabilen ve inhalasyon yoluyla akciğerlerimize kadar ulaşabilen kirleticilerdir. Boyutları nm ve μm sevilerinde olabildiğinden, akciğerlerin derinliklerine kadar nüfuz edebilir buralara yerleşebilirler. Zamanla daha büyük sağlık sorunlarına sebep olabildikleri için tehlikeli kirleticiler olarak kabul edilmişlerdir. Son çalışmalar, PM'lerin solunum yollarında muhtemel oksidatif hasara, iltihaplanmaya ve duyarlılaşma riskinin artmasına neden olabileceğini göstermiştir (Saxena ve ark, 2018).

1.1.2. Yanma gazları (CO, NO, NO_2 (NO_x cinsinden), SO_2)

Fosil yakıtların yakılması, endüstriyel emisyonlar, taşıt trafiği gibi antropojenik kaynaklardan, NO ve türevleri, SO_2, oksijen (O_2), metal bileşikleri, PM, duman ve diğer hava kirleticiler de dahil olmak üzere çok fazla kirletici açığa çıkar (Bai ve ark, 2018; Zhao ve ark, 2019). CO, atmosferde yer seviyesindeki ozonun, NO_2'nin ve PM'nin şekillenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Feng ve ark, 2019). NO_2 sera

etkisi oluşumuna ve stratosferik ozon ile tepkime vererek ozon tabakasının delinmesine ve tükenmesine neden olabilir (Bai ve ark, 2018).

- CO, fosil yakıtların ve biyoyakıtların tam yanmaması sonucu açığa çıkan bir gazdır. CO'in kandaki hemoglobin ile tepkime vererek karboksihemoglobine dönüştüğü ve kandaki oksijen miktarını azaltarak ölümlere sebep olabildiği belirtilmiştir. Solunması durumda, oksijenin kan tarafından emilmesini engelleyerek, solunumu zorlaştırdığı, baş ağrısına ve mide bulantısına sebep olduğu belirtilmiştir.

- NO_2, araç egzozlarından, endüstriyel ve evsel kullanımlı fosil yakıt yakılmasından kaynaklanan bir gazdır. Yüksek konsantrasyonlarda maruz kalınması, akciğer iltihaplanmalarına sebep olabilir. NO_2, ikincil organik PM ve ozon oluşumuna olan etkisiyle insan sağlığında ve ekosistemde tahriplere yol açabilir.

- SO_2, kükürt içeren yakıtların yakılması sonucu açığa çıkan bir gazdır. Fazla miktarlarda salınımı ekosistemlerde ciddi zararlara ve biyolojik çeşitlilikte dengesizlikler oluşmasına neden olabilir. SO_2 inhalasyonu solunum yolları enfeksiyonlarına sebep olabilir (Arulprakasajothi ve ark, 2018). Adıyaman ilinde yapılan bir çalışmaya göre, ildeki SO_2 konsantrasyonu 2007 yılında yıllık ortalama hedef limitlerinin üzerindeyken, 2008-2012 yılları arasında hedef limitler içerisinde olmuştur ve %73 oranındaki bu düzelmenin sebebi olarak kentsel alanın genişlemesi ve kaliteli yakıt tüketimi gösterilmiştir (Dere ve Demirci, 2015).

1.1.3. Hidrojen klorür (HCl) ve hidrojen florür (HF)

Endüstriyel faaliyetler sonucu salınan kirletici gazlar, proses türüne ve yapılan işleme bağlı olarak farklılıklar gösterirler. Genel itibariyle PM'yle birlikte toksik HCl gazı, yanma ve atık yakma proseslerinden yayılır. Bu hava kirleticilerine belli bir sınır değerin üzerinde maruz kalmak ciddi sağlık sorunlarına neden olmaktadır (Bal ve ark, 2019).

HCl, üçüncü sınıf hava kirleticisi olarak kabul edilmiştir, bu sebeple dikkat edilmesi gereken bir kirleticidir. Yapılan gözlemler, hidroklorik asit üretimi, klorlama, metallerin ısıtılması ve yakılması, klorür içeren malzemelerin yakılması, çeşitli endüstrilerde HCl içerikli hammadde kullanımı, kömür, plastik ve kağıt yakılması işlemlerinin atmosfere HCl yaydığını göstermiştir (Bal ve ark, 2019).

Tesis kazanlarında yakılan biyokütleden yayılan aşırı HCl emisyonu, korozyona ve erimiş alkali tuzlarının birikimine neden olabilmektedir (Ren ve ark, 2017).

HCl gaz emisyonlarının insan sağlığı ve çevre üzerinde ciddi etkilerinin olduğu belirtilmiştir. Gözde tahrişe, cilt renginde değişmelere, solunması durumunda üst solunum yolu enfeksiyonlarına ve öksürüğe sebep olmaktadır. Suda çözündüğünde, sudaki organizmalar için tehlike oluşturmaktadır, aşındırıcı yapısı metallere dahi zarar verebilecek seviyededir. HCl için izin verilen maruziyet süre ve miktarının 8 saat ve maksimum 2 ppm (parts per million) olduğu belirtilmiştir (Bal ve ark, 2019).

PM'yle birlikte çıkan bu toksik gazın, PM vasıtasıyla akciğerlerin derinliklerine inmesi durumu ciddi sağlık sorunlarına sebep olabilir.

HF, havadaki en zehirli gaz bileşiklerden biridir ve en önemli antropojenik kaynakları, endüstriyel aktiviteler, gübre kullanımı ve atıklardır (Sanchez ve ark, 2020).

HF, düşük kaynama noktası ve yüksek toksik özelliği sebebiyle çok tehlikeli bir reaktiftir. Farmasötikler ve polimerler dahil olmak üzere birçok bileşik için ana flor kaynağı HF'dir, özellikle petrol endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Su buharında bulunan HF gazı metal ve izolasyon malzemelerini aşındıracak ve cihazların kullanım ömrünü kısaltacak etkiler meydana getirebilir. Bu ve benzer sebeplerden dolayı, endüstriyel ekipmanların kullanım ömrünü korumak, çevre kirliliğinden kaçınmak ve insan sağlığı risklerini ortadan kaldırmak için HF gazının tespiti ve bertarafı önem arz etmektedir (Wang ve ark, 2017).

1.1.4. Gaz halindeki ağır metaller

Hava kirliliği, kentsel alanlar için en büyük sorunların başında gelir. Ağır metaller ise hava kirletici bileşenler arasında önemli bir yere sahiptir, çünkü bu bileşenler doğada parçalanmadan uzun süreler kalabilmekte ve buna paralel olarak konsantrasyonları sürekli artmaktadır (Türkyılmaz ve ark, 2018; Alidadi ve ark, 2020; Aricak ve ark, 2020).

Ağır metallerin meydana getirdiği çevre kirliliği, küresel bir sorun ve endişe kaynağı haline gelmiştir. Bu inorganik kirleticiler, özellikle metal endüstrilerinden, tarımsal faaliyetlerden, uygunsuz atık imhasından, gübre ve böcek ilaçları kullanımından kaynaklı olarak, atmosfere, suya ve toprağa yayılmaktadır. Bazı ağır metallerin, büyüme ve biyolojik fonksiyonlar üzerinde olumsuz etkilere sebep oldukları, bazılarının da organlarda birikerek kansere ve farklı ciddi sağlık sorunlarına neden oldukları belirtilmiştir. Yüksek atom ağırlıklarına veya yüksek yoğunluklara sahip oldukları için ağır metal olarak tanımlanmışlardır (Briffa ve ark, 2020). Ağır metaller, potansiyel tehlikelere sebep olarak çevreye zarar verebilir, kısa veya uzun vadede ekosistem için tehlike oluşturabilirler (Jeong ve ark, 2020).

Ağır metaller de PM'lere tutunan önemli kirleticilerdendir. İran'ın Ahvaz kentinde atmosferdeki ağır metal konsantrasyonlarını belirlemek için havadaki PM_{10} örneklenmiş ve bakır (Cu), arsenik (As), nikel (Ni), kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), demir (Fe), çinko (Zn) ve krom (Cr) analizi sağlanmıştır. Ahvaz için paylaşılan yaşam boyu kansere yakalanma riski, 1 milyonda 519'dur, izin verilen sınır değer ise 1 milyonda 1 ile 100 arasındadır. Bu farkın hava kirleticiler arasındaki ağır metal yoğunluğunun sonucu olduğu tahmin edilmektedir (Alidadi ve ark, 2020).

Her yıl yaklaşık olarak 6.5 milyon insanın, hava kirliliği sebebiyle hayatını kaybettiği, hava kirliliğinin en düşük olduğu ülkeler arasında olan Türkiye'de dahi 2016 yılında 29 bin kişinin hava kirliliğine bağlı sebeplerle hayatını kaybettiği belirtilmiştir. Ağır metaller, bu hava kirliliğine sebep olan ana unsurlardan olmuştur. Bitkiler de dahil olmak üzere canlı organizmalar için, mangan (Mn), Zn, Cr, Cu, Fe ve

Ni gibi mikro besinler lazım olmakla beraber, yüksek miktarlarda tehlikeli olabilirler. Cıva (Hg), Cd, As, ve Pb gibi ağır metaller ise, düşük miktarlarda bile toksik etkiler gösterebilirler (Aricak ve ark, 2020).

PM_{10}'a tutunmuş vaziyette bulunan ağır metaller ve metaloidler insan sağlığı için riskler oluştururlar. Latin Amerika'nın Bogoto ve Kolombiya kentlerinde 315 noktadan alınan PM_{10} numunelerinde Cd, Cr, Pb, Zn, Cu, Ni, kalay (Sn), baryum (Ba), kobalt (Co), As, vanadyum (V) ve antimon (Sb) eser elementleri analiz edilerek konsantrasyonları ve zamansal değişimleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kurak mevsimlerde Cu (52 ng/m^3), Zn (44 ng/m^3), Pb (25 ng/m^3) ve Ba (20 ng/m^3) en yüksek konsantrasyonlara sahip elementler olmuştur ve bu yoğunluğun sebebinin antropojenik kaynaklar olduğu tespit edilmiştir (Ramirez ve ark, 2020).

1.1.5. Havadaki uçucu organik bileşikler (VOC'ler)

VOC emisyonlarının ana kaynağı, endüstriyel üretim faaliyetleri olmuştur. Li ve ark. (2020) toplam VOC emisyonun %45-%63'ünün endüstriyel faaliyetler sonucu ortaya çıktığını ve temel olarak, boya kaplama, ayakkabı üretimi, mobilya imalatı ve baskı endüstrisinin kaynak olduğunu belirtmişlerdir. Demir-çelik endüstrisinden salınan emisyonların da önemli VOC kaynağı olduğu belirtilmiştir (Li ve ark, 2020; Zhang ve ark, 2020).

Bölgesel ölçekli fotokimyasal kirlilikler, özellikle de gelişmiş bölgelerdeki antropojenik VOC emisyonlarının sebep olduğu baskın hava kirliliği, giderek küresel bir problem haline gelmiştir. Temel olarak VOC emisyonlarının etkisinin, atmosferik görüntüyü bozması, yer seviyesindeki ozon miktarında meydana getirdiği artış ve insan sağlığına ve ekolojik çevreye zarar verecek atmosferik oksitlenebilirliği arttırması olduğu belirtilmiştir (Zhang ve ark, 2020). Havadaki VOC'lerin, çoğunlukla troposferik atmosferde kimyasal tepkimeler vererek ozon ve ikincil organik aerosollerin oluşmasına ve hava kalitesinin ve iklimin olumsuz etkilenmesine neden oldukları bilinmektedir (Simayi ve ark, 2020).

Tekstil fabrikalarında kullanılan RAM makinelerinin ürettiği yüksek ısının, kumaşa emdirilmiş olan ağır hidrokarbon moleküllerinden oluşan VOC'lerin açığa çıkmasını sağladığı ve bacalar vasıtasıyla atmosfere salınarak, taşıyıcı etkilerle geniş alanlarda kirlilik yükü meydana getirdiği belirtilmiştir (Öz, 2019). Cheng ve ark. (2019), Çin'deki kömürlü elektrik santrallerinden, atmosfere yıllık 500 ton civarı VOC emisyonunun yayıldığını tahmin etmektedir. Kömür ile çalışan endüstrilerdeki VOC emisyonu konsantrasyonlarının diğer kaynaklara nispeten düşük olması, araştırma noktasında ilgi görmemiştir fakat kömürde de %10-40 oranında VOC'nin mevcut olduğu ve yanmayla ortaya çıkacağı, kömür ile çalışan santrallerde 0-5 mg/m^3 aralığında VOC emisyonu varlığı belirtilmiştir (Cheng ve ark 2019). Zou ve ark. (2020) tarafından yapılan bir çalışma, insan vücudunun da 37 tür VOC için emisyon kaynağı olduğunu göstermiştir (Zou ve ark, 2020). Katı atık sahalarına atılan boyalar, temizlik ve tekstil ürünleri, organik vb. atıklar, 3 boyutlu yazıcılarda kullanılan karbon nanotüpler ve sıcaklıkla eritilen malzemeler, gemilerde kullanılan yakıtların yakılması sonucu oluşan emisyonlar ve kompozit ahşap mobilyalar da VOC kaynaklarıdır (Nair ve ark, 2019; Potter ve ark, 2019; Wu, 2020; Xiong ve ark, 2019;)

Çin'de yapılan bir çalışmaya göre, antropojenik VOC emisyonunun %59.7'sine katkıda bulunmuş olan endüstriyel faaliyetler, 2000 yılında 4.94 milyon ton olan VOC emisyonunu 2013 yılında 23.96 milyon tona yükseltmiş, 2020 yılı için ise tahminen 29.7 milyon tona ulaştırmıştır. Ayrıca endüstriyel faaliyetlerin VOC emisyonlarına, 2020 yılında %75.4-%77.8, 2030 yılında %64-%75.4 ve 2050 yılında %69.6-%75.4 oranlarında katkı sağlayacağı tahmin edilmiştir (Zhang ve ark, 2020).

Çin'in Zhoushan kentinde, VOC'lerin ozon kirliliğindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışma, ana emisyon kaynaklarını endüstriyel faaliyetler olarak belirlemiş ve kontrol analizler yapmıştır. Sonuç olarak, ozon oluşturma potansiyeli %69.97 olan bu grupta, n-bütan, m/p-ksilen, i-pentan, n-dekan, toluen, propan, n-undekan, o-ksilen, metil sikloheksan ve etil benzen, VOC emisyon kontrolü amacıyla öncelikli olarak kontrol edilmesi gereken ilk 10 VOC türü olmuştur. Bununla birlikte, m/p-ksilen, o-ksilen, etilen, n-butan, toluen, propen, 1,2,4-trimetil benzen, 1,3,5-trimetil benzen, etil

benzen ve 1,2,3-trimetil benzen, ozon kirliliği kontrolü amaçlı öncelikli kontrol gerektiren ilk 10 VOC türü olmuştur (Wang ve ark, 2018).

Gıda atığının arıtıldığı tesislerde oluşan egzoz gazına uzun süreli maruziyetler, işçilerde ve tesis yakınında yaşayan insanlarda sağlık riskleri meydana getirmektedir. Zheng ve ark. (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, her birimden salınan VOC'ler analiz edilmiş ve hidrotermal hidroliz ünitesinde 3.49×104 mg/m^3, ardından ayırma ve kırma odasında 8.97×103 mg/m^3, anaerobik sindirim ünitesinde 6.21×102 mg/m^3 ve biyogaz üretim biriminde 2.01×102 mg/m^3 VOC konsantrasyonları tespit edilmiştir (Zheng ve ark, 2019).

Otomobil egzoz emisyonları da önemli VOC kaynakları arasındadır. Çin'deki Longchuan Tüneli'nde VOC'ler üzerine yapılan bir çalışmada en yüksek ortalama emisyon faktörlerine sahip VOC'ler, dimetilbütan, toluen ve 2-metilpentan olmuştur. 2016 ve 2017 yılları için yapılan tahminler, 1 araç için ortalama emisyon faktörleri sırasıyla, 81 ± 27 ve 99 ± 42 mg/km olmuştur (Deng ve ark, 2018).

Havadaki VOC'ler, güneş ışığıyla bazı fotokimyasal tepkimeler vermektedirler. Benzen, ksilen, toluen, etilbenzen ve stiren sağlık riski açısından en önemli olanlarıdır, özellikle benzenin kanserojen etki gösterdiği belirtilmiştir. VOC'lerin ayrıca, burunda, boğazda ve gözde tahrişe, mide bulantısına, baş ağrısına ve uykusuzluğa, merkezi sinir sisteminde, böbrekte ve karaciğerde sorunlara sebep oldukları belirtilmiştir. (Menteşe ve Güllü, 2009).

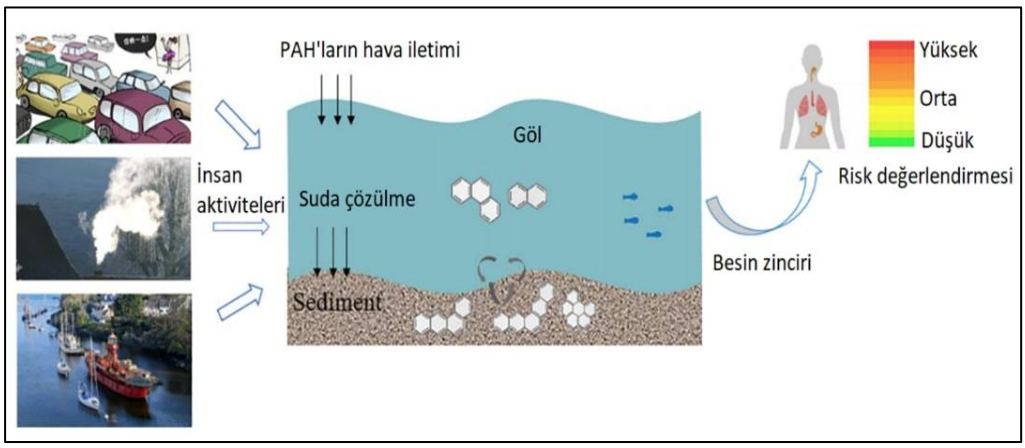
1.1.6. Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH'lar)

PAH'lar, kanserojenik, teratojenit ve mutajenit özellikleri sebebiyle ciddi endişeler oluşturan organik kirleticilerdir. İki ile altı arasında karbon halkası içeren 16 adet PAH, Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından öncelikli kirleticiler olarak tanımlanmışlardır. Bunlar, BaA (benz [a] antrasen) (4-halkalı), Chr (krizen) (4-halkalı), BbF (benzo [b] floranten) (5-halkalı), BkF (benzo [k] floranten) (5 halkalı), BaP (benzo [a] piren) (5 halkalı), DbA (dibenz [a, h] antrasen)

(5-halkalı), InP (indeno [1,2,3ecd] piren) (6-halkalı), Nap (naftalin) (2-halkalı), Acpy (asenaftilen) (3-halkalı), Acp (asenaften) (3-halkalı), Flu (floren) (3-halkalı), PhA (fenantren) (3-halkalı), Ant (antrasen) (3-halkalı), FluA (floranten) (4-halkalı), Pyr (piren) (4-halkalı) ve BghiP (benzo [g, h, i] perilen) (6-halkalı) PAH'lardır. Bunların ilk 7 tanesi karserojen özellikteki PAH'lardır (Han ve ark, 2019). Genellikle, az halkalı PAH'ların daha uçucu ve gaz fazında bulunduğu ve çok halkalı PAH'ların daha az uçucu olduğu belirtilmiştir (Ma ve ark, 2019).

PAH'lar, atmosferin her yerinde bulunabilirler, toksik özellikleri ve uzun menzilli taşınma kabiliyetleri bu kirleticileri öncelikli kirleticiler haline getirmiştir (Meng ve ark, 2019; Ma ve ark, 2018). Çin'de yapılan çalışmalar, ülkenin dünyadaki en yüksek PAH emisyonuna sahip olan ülke olduğunu göstermiştir. Bu durum öncelikle Çin ve komşusu ülkeler, daha sonra tüm dünya ülkeleri için tehlike arz etmektedir (Ma ve ark, 2018). PAH emisyonlarına neden olan kaynaklar ve yayılımını anlatan bir görsel Şekil 1.2'de verilmiştir.

PAH'lar temel olarak iki kaynaktan salınmaktadır, büyük çoğunluğu fosil yakıtların ve odun gibi diğer organik maddelerin eksik yanmasından ve bir kısmı da organik maddelerin diyajenezleri sonucu doğal yollardan oluşurlar (Meng ve ark, 2019).



Şekil 1.2. PAH emisyonu kaynakları ve yayılımı (Meng ve ark, 2019)

1.2. Emisyon-İmisyon

Emisyon ve imisyon kavramları ve bu kavramlar arasındaki farklar Tablo 1.1.'de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Emisyon ve İmisyon

Emisyon	**İmisyon**
Yakıt ve benzeri maddelerin yakılması sonucu oluşan sentezlenme, ayrışma, buharlaşma vb. işlemlerin meydana getirdiği, tesislerden atmosfere salınan hava kirleticileridir (SKHKKY, 2009).	Atmosferdeki ölçülebilen ve solunabilen tüm gaz ve PM hava kirleticileridir (URL-1).
Noktasal bir kaynaktan atmosfere salınan hava kirleticileridir.	Kaynağı, noktasal bir kaynak olmayan, atmosferdeki hava kirleticileridir.

Bu tez çalışmasının amacı,

- Sanayi kaynaklı hava kirleticilerinin örneklenmesi,
- Emisyon-imisyon örnekleme sistemlerinin (cihaz, ekipman, standart, metot) kullanılması ve kullanılan bu sistemlerin anlatılması,
- Farklı proseslerden salınan kirletici türlerinin tespiti,
- Hava kirleticilerinin, sınır değerlerle karşılaştırılması ve tartışılması,
- Örneklemeler esnasında yaşanan problemlerin tespitidir.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu tez çalışmasında, 'sanayi kaynaklı hava kirleticileri' olarak tanımlanan maddelerin ortam değerlerini izlemek ve ilgili hava kirliliği standartlarına uygunluğunu araştırmak için farklı sanayi tesislerinin atık gaz çıkış bacalarında ve tesis alanında emisyon-imisyon örnekleme sistemleri kullanılarak, İstanbul'da ve Gebze'de 10 farklı tesiste sanayi kaynaklı atık gazlarda ve ortam havasında, PM (31 baca), yanma gazları (12 baca), HCl (4 baca), HF (2 baca), ağır metal (3 baca), VOC (33 baca), PAH (1 baca), 1 tesiste çöken toz ve PM_{10} örneklenmiştir.

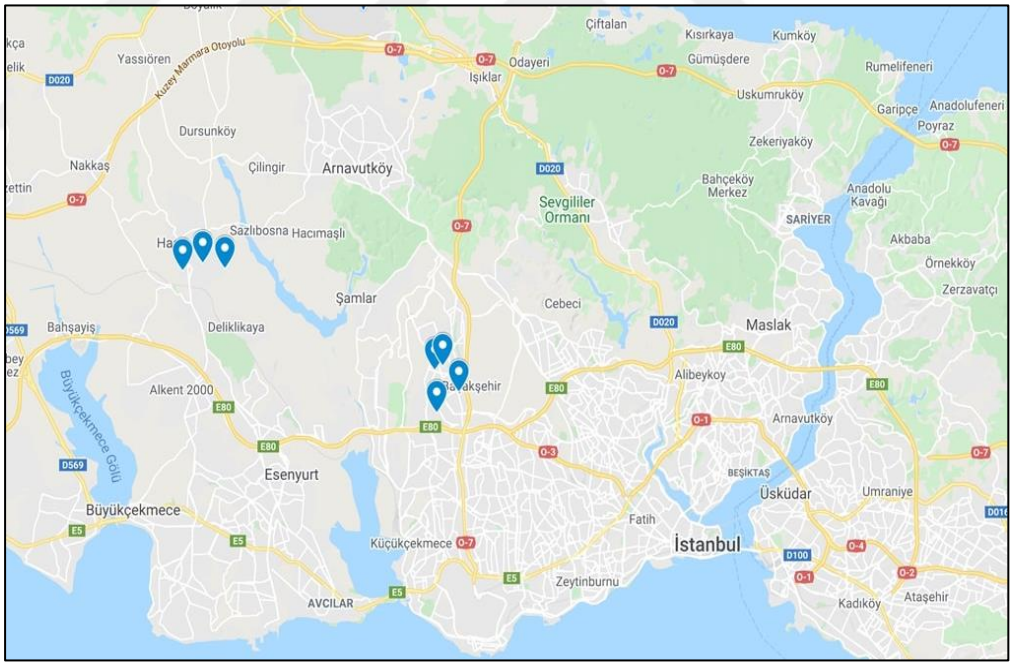
2.1. Çalışma Alanı ve Tesislerin Proses Türleri

Emisyon ve imisyon örneklemeleri yapılan tesislerin konumları Şekil 2.1. ve Şekil 2.2.'de verilmiştir. Bu tesislerden,

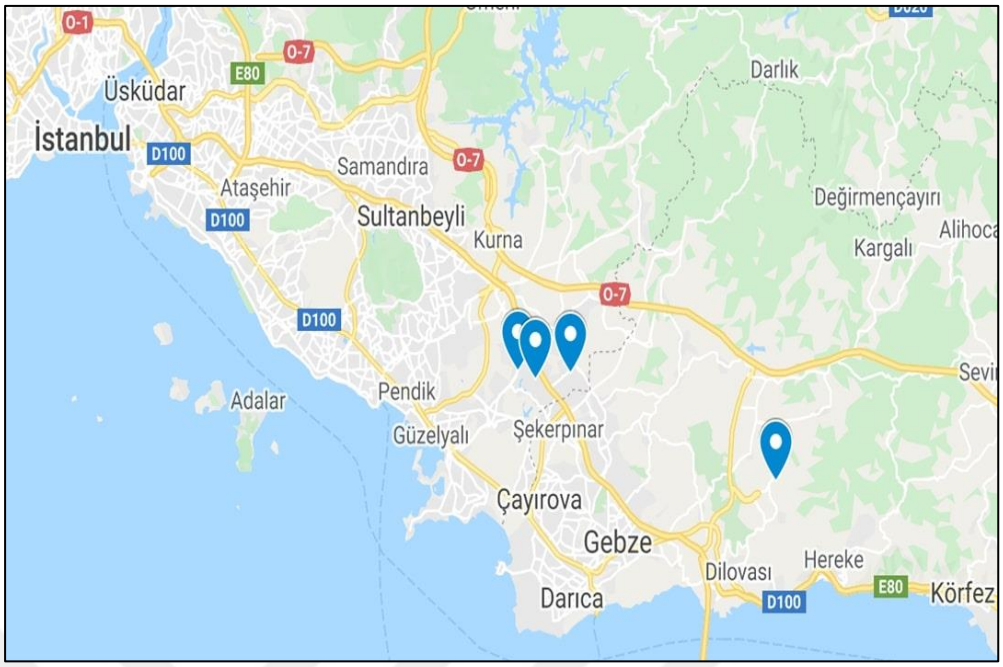
- A Tesisi; İkitelli Organize Sanayi Bölgesi (OSB)/İstanbul'da, kapasitesi 100 kg/gün ve daha fazla ve 50 ton/gün'den daha az demir dışı metallerin ergitildiği ve/veya döküldüğü, atık ara depolama, geri kazanım ve bertaraf tesisi.
- B tesisi; Tuzla/İstanbul'da, püskürtmeli maddeler ile demir-çelik yapı konstrüksiyonları, çelik konstrüksiyonlar ve sac parçaları yüzeylerinin taşlama ve zımparalama işlemlerinin yapıldığı, gemi ve yat inşa ve bakım/onarım tesisi.
- C tesisi; İkitelli OSB/İstanbul'da, plastik madde kullanımı 25 kg/sa ve daha fazla olan ve elektronik ev eşyalarının boyanarak üretiminin yapıldığı tesis.
- D Tesisi; Gebze Makine İhtisas OSB/Kocaeli'de, haddeleme işlemi yapılmayan ve yanma ısıl gücü yüksek olan metallerin ısıl işleme tabi tutulduğu tesis.
- E Tesisi; Tuzla Kimya Sanayi OSB/İstanbul'da, toplam 2 ton/gün ve daha fazla, 100 ton/gün'den daha az organik kimyasal çözücü maddelerin (alkoller, aromatikler, aldehitler, ketonlar, asitler, esterler, asetatlar, eterler vb.) hammadde olarak kullanıldığı tesis.
- F Tesisi; Organize Deri Sanayi Bölgesi/İstanbul'da, gaz yakıt (doğalgaz, sıvılaştırılmış petrol gazı, kok gazı, yüksek fırın gazı vb.) yakan ve toplam

yakma sistemi ısıl gücü 2 MW ve daha büyük, 100 MW'tan daha küçük olan tesis.

- G Tesisi; Arnavutköy/İstanbul'da, kauçuk, kükürt veya karbon kullanılarak vulkanize lastik üreten tesis.
- H Tesisi; İkitelli OSB/İstanbul'da, ahşap veya metal yüzeylerin 250 kg/sa ve üzerinde organik çözücü kullanılarak boyandığı tesis.
- I Tesisi; İkitelli OSB/İstanbul'da, kapasitesi 100 kg/gün ve daha fazla ve 50 ton/gün'den daha az demir dışı metallerin ergitildiği ve/veya döküldüğü, atık ara depolama, geri kazanım ve bertaraf tesisi.
- J Tesisi; Hadımköy/İstanbul'da, ambalaj atıkları dışındaki, tehlikesiz atık niteliğindeki plastik türevli ve/veya tekstil türevli atıkların geri kazanıldığı tesis.
- K tesisi ise; Arnavutköy/İstanbul'da, üretim kapasitesi 10 m^3/sa veya üzerinde olan, çimento kullanılarak beton, harç veya yol yapım malzemesi üreten tesis.



Şekil 2.1. İstanbul Avrupa Yakası'nda ölçüm yapılan tesisler



Şekil 2.2. İstanbul Anadolu Yakası ve Gebze bölgesinde ölçüm yapılan tesisler

2.2. Bacalarda Ölçüm Portlarının ve Travers Sayılarının Belirlenmesi

Noktasal emisyon kaynağı olarak kabul edilen bacalarda emisyon örneklemelerinin maksimum verimlilikte yapılması için, örnekleme öncesi yapılacak olan ön keşif önemlidir. Ölçüm personelinin ön keşifte; kaynak türünü (proses-yakma), yakıt cinsini ve sistemin ısıl gücünü, kullanılan kimyasal malzemeleri, tesisin çalışma rejimini (sürekli ya da kesikli), ölçülecek parametreleri, bacanın fiziki durumunu (şekil, boy, çap, şapka mesafesi, yerden ve çatıdan yüksekliği, akışı bozan herhangi bir fiziki etkiden sonraki ölçüme uygun düz kısmın uzunluğu), bacanın fiziki durumu ve ölçümü yapılacak parametrelere göre kullanılacak olan standardı ve standarda göre ölçüm noktasını/noktalarını ve travers sayılarını belirlemesi gerekmektedir.

2.2.1. Port ve travers noktalarının belirlenmesi (TS ISO 10780)

- Atık gaz numunesinin, bacanın şeklinin ve kesit alanının aynı olduğu düz bir bölümünden, varsa gaz akışı doğrultusunda düzensizliğe sebep olan herhangi bir engelin alt kısmından alınması gerekir.
- Hidrolik çap; dörtgen bacalarda baca alanının 4 katının ölçme düzleminin çevre uzunluğuna bölünmesiyle bulunur, dairesel bacalarda baca çapına eşittir (TS EN 15259, 2012).
- Örnekleme düzleminin boyutuna göre örnekleme noktalarının sayısının belirlenmesi gerekir, genel olarak baca kesit alanı büyüdükçe travers sayısı da artar. Dairesel ve dörtgen kesitli bacalar için travers sayıları, Çizelge 2.1. ve Çizelge 2.2.'de verilmiştir (TS ISO 10780, 1999).

Çizelge 2.1. Dairesel bacalarda örnekleme noktalarının sayısı (TS ISO 10780, 1999)

Örnekleme düzleminin alanı (m^2)	**Boru çapı (m)**	**Örnekleme hatlarının sayısı (en az)**	**Bir dairesel kesitte örnekleme noktalarının sayısı (en az)**		**Bir düzlemde örnekleme noktalarının sayısı (en az)**	
			merkez nokta dahil	**merkez nokta hariç**	**merkez nokta dahil**	**merkez nokta hariç**
0.07 - 0.038	0.3 – 0.7	2	3	2	5	4
0.38 - 0.79	0.7 – 1	2	5	4	9	8
0.79 – 3.14	1 – 2	2	7	6	13	12
>3.14	>2	2	9	8	17	16

Çizelge 2.2. Dörtgen bacalarda travers sayısı (TS ISO 10780, 1999)

Örnekleme düzleminin alanı (m^2)	**Kenar bölümlerinin sayısı (en az)**	**Örnekleme noktalarının sayısı (en az)**
0.07 – 0.38	2	4
0.38 – 1.5	3	9
>1.5	4	16

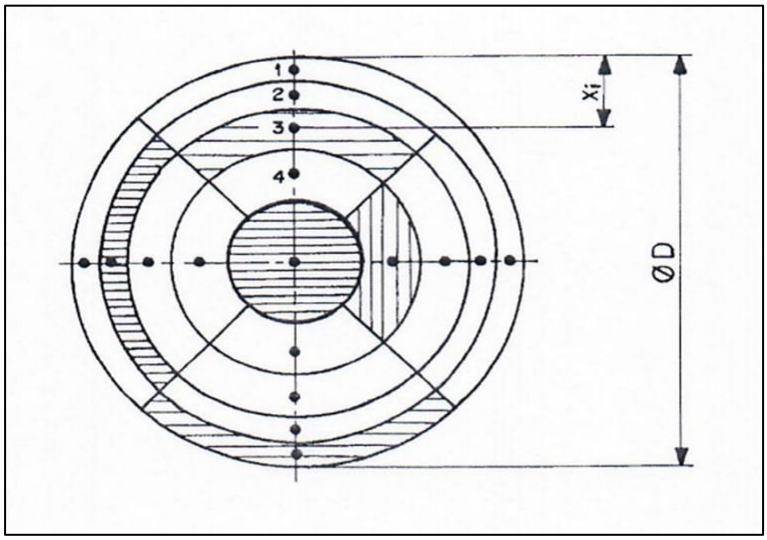
- Örnekleme düzleminin, eşit alanlara bölünmesi ve ölçümlerin bu alanların merkezlerinden yapılması gerekir, ancak örnekleme noktaları belirlenirken herhangi bir noktanın baca iç cidarına 2 cm'den daha yakın olmaması sağlanır.

Merkez noktanın dahil olduğu Genel Kural'a göre; Bacanın Şekil 2.3.'teki gibi eşit alanlara bölünmesi gerekir. Örnekleme noktaları, Çizelge 2.3.'e göre hesaplanır.

Çizelge 2.3. Örnekleme noktalarının baca cidarına uzaklığı, Genel Kural (TS ISO 10780, 1999)

Örnekleme noktası sayısı	**Örnekleme noktalarının sayısı (n_d), %D**			
	3	**5**	**7**	**9**
1	11.3	5.9	4.0	3.0
2	50.0	21.1	13.3	9.8
3	88.7	50.0	26.0	17.8
4		78.9	50.0	29.0
5		94.1	74.0	50.0
6			86.7	71.0
7			96.0	82.2
8				90.2
9				97.0

Baca cidarına olan uzaklık (n_d), Baca çapı (D).



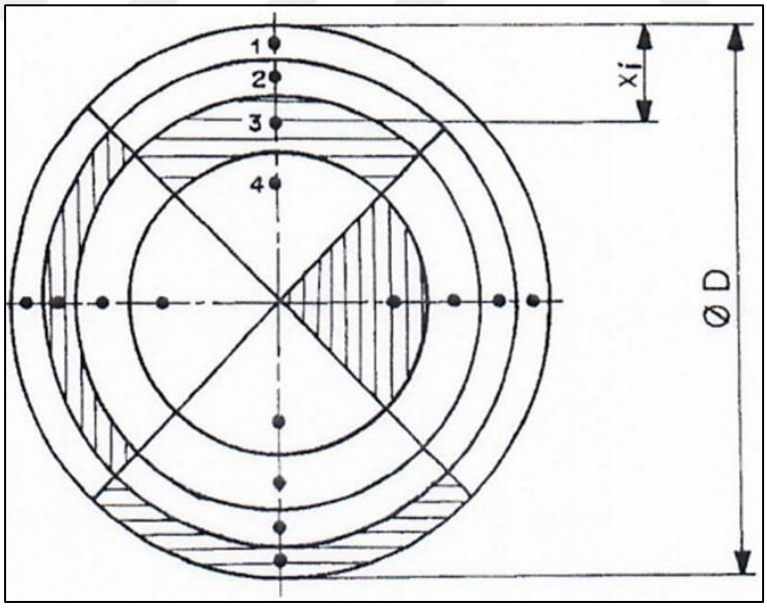
Şekil 2.3. Dairesel bacalarda örnekleme noktalarının konumları, genel kural (TS ISO 10780, 1999)

Taralı kısımların alanları birbirine eşit; D>2m

- Merkez noktanın dahil olmadığı Teğet Kural'a göre, dairesel baca Şekil 2.4.'teki gibi eşit parçalara bölünür ve Çizelge 2.4.'e göre hesaplanır.

Çizelge 2.4. Örnekleme noktalarının baca cidarına uzaklığı, Teğet Kuralı (TS ISO 10780, 1999)

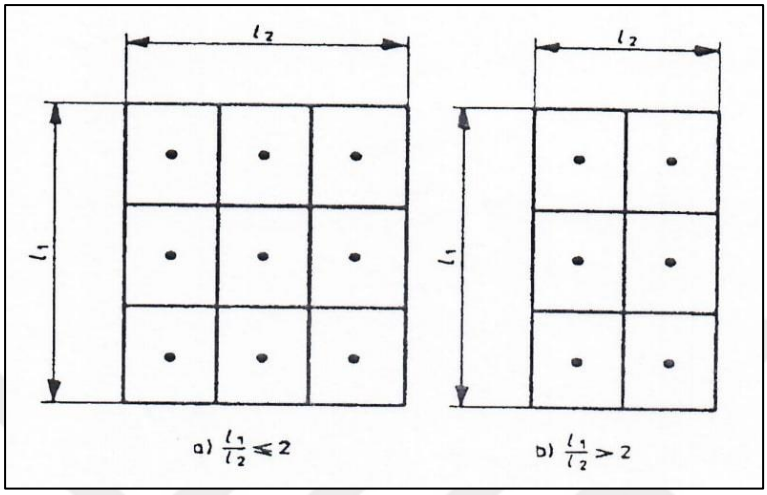
Örnekleme noktası sayısı	**Örnekleme noktalarının sayısı (n_d), %D**			
	2	**4**	**6**	**8**
1	14.6	6.7	4.4	3.3
2	85.4	25.0	14.6	10.5
3		75.0	29.6	19.4
4		93.3	70.4	32.3
5			85.4	67.7
6			95.6	80.6
7				89.5
8				96.7



Şekil 2.4. Dairesel bacalarda örnekleme noktalarının konumları, Teğet Kuralı (TS ISO 10780, 1999)

Taralı kısımların alanları birbirine eşit; D>2m

- Dörtgen en kesitli bacalarda, bacanın kenarlarına paralel olacak şekilde, örnekleme hatları Şekil 2.5.'teki gibi eşit alanlara bölünerek her alanın merkezine gelecek şekilde örnekleme noktalarının belirlenmesi gerekir.



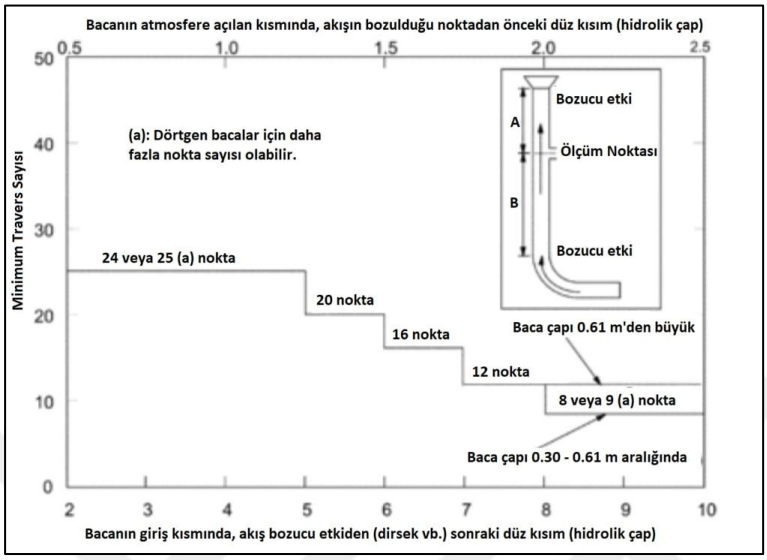
Şekil 2.5. Dörtgen bacalarda örnekleme noktalarının konumları (TS ISO 10780, 1999)

- Örnekleme noktalarının giriş kısmının, örnekleme sisteminin rahat bir şekilde girip çıkabileceği genişlikte olması gerekir (genel olarak 10 cm çapında).
- Örnekleme alanında çalışma platformu ve platformdan 1 m yüksekte koruma/emniyet birimi bulunması gerekir. Personel ve ekipman için uygun koruma tedbirleri alınması, elektrik ve elektronik aksamın nem ve yoğuşmaya maruz kalmasının engellenmesi gerekir (TS ISO 10780, 1999).

2.2.2. Port ve travers noktalarının belirlenmesi (EPA Method 1)

- Akış bozucu etkenden sonra, bacanın atmosfere açılan noktasına kadar en az 2.5 hidrolik çap uzunluğunda düz bir bölümde uygulanması gerekir, daha kısa baca boylarında uygulanmaz (girişten 2 hidrolik çap yukarda, çıkıştan 0.5 hidrolik çap aşağıda örnekleme noktasının belirlenmesi gerekir).
- 0.61 m'den büyük çaplardaki bacalarda, baca cidarına 2.5 cm'den yakın, 0.61 m ve daha küçük çaplı bacalarda ise baca cidarına 1.3 cm'den daha yakın travers noktasının olmaması gerekir (EPA Method 1, 2020).

Bu metot ile emisyon örneklemeleri için Şekil 2.6.'ya göre ölçüm noktaları ve travers sayıları belirlenir.

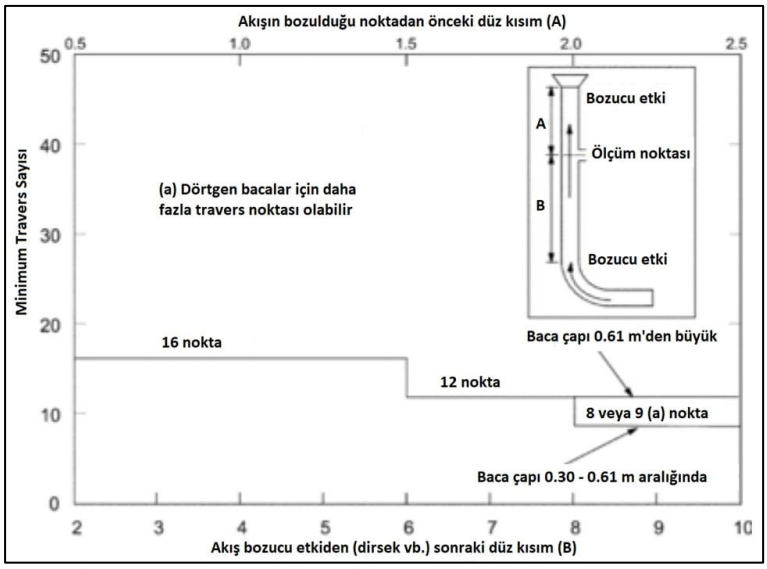


Şekil 2.6. Emisyon örneklemeleri için minimum travers sayıları (EPA Method 1, 2020)

Her türlü bozucu etki; dirsek, büküm noktası, genişleme, daralma vs. olarak tanımlanabilir.

Şekil 2.6.'ya göre örnek olarak,

- 0.5'e 2 hidrolik çap kuralına uyan, dairesel bacalarda 24, dörtgen bacalarda 25 traverste,
- 2'ye 8, 2.25'e 9 ve 2.5'e 10 hidrolik çap kuralına uyan bacalarda ise, hidrolik çapı 0.61 m'den büyük olan her iki tip bacada da 12 traverste, hidrolik çapı 0.30 ile 0.61 arasında olan dairesel bacalarda 8, dörtgen bacalarda 9 traverste ölçüm yapılması gerekir.
- Hidrolik çapı 0.30 m'den küçük olan bacalarda bu metodun kullanılması tavsiye edilmez (EPA Method 1, 2020). Bu metot ile hız ölçümü için Şekil 2.7.'ye göre ölçüm noktası ve travers sayısı belirlenir.



Şekil 2.7. Hız ölçümleri için minimum travers sayıları (EPA Method 1, 2020)

Şekil 2.7.'ye göre örnek olarak,

- 0.5'e 2, 0.75'e 3, 1'e 4 ve1.25'e 5 hidrolik çap kuralına uyan bacalarda 16 traverste hız ölçümü yapılır.

Dörtgen bacalar için ölçüm noktaları (delikler/portlar) ve travers sayısı dağılımı Çizelge 2.5.'e göre belirlenir.

Çizelge 2.5. Dörtgen bacalar için port ve travers sayıları (EPA Method 1, 2020)

Travers sayısı	Travers sayısı-port sayısı dağılımı
9	3×3
12	4×3
16	4×4
20	5×4
25	5×5

- 9 travers için 3 port, her porttan 3 traverste, 12 travers için 3 port, her porttan 4 traverste, 16 travers için 4 port, her porttan 4 traverste, 20 travers için 4 port, her porttan 5 traverste, 25 travers için 5 port ve her porttan 5 traverste ölçüm yapılır.

Dairesel bacalarda travers noktalarının konumu Çizelge 2.6.'ya göre belirlenir.

Çizelge 2.6. Dairesel bacalarda travers noktalarının konumu (EPA Method 1, 2020)

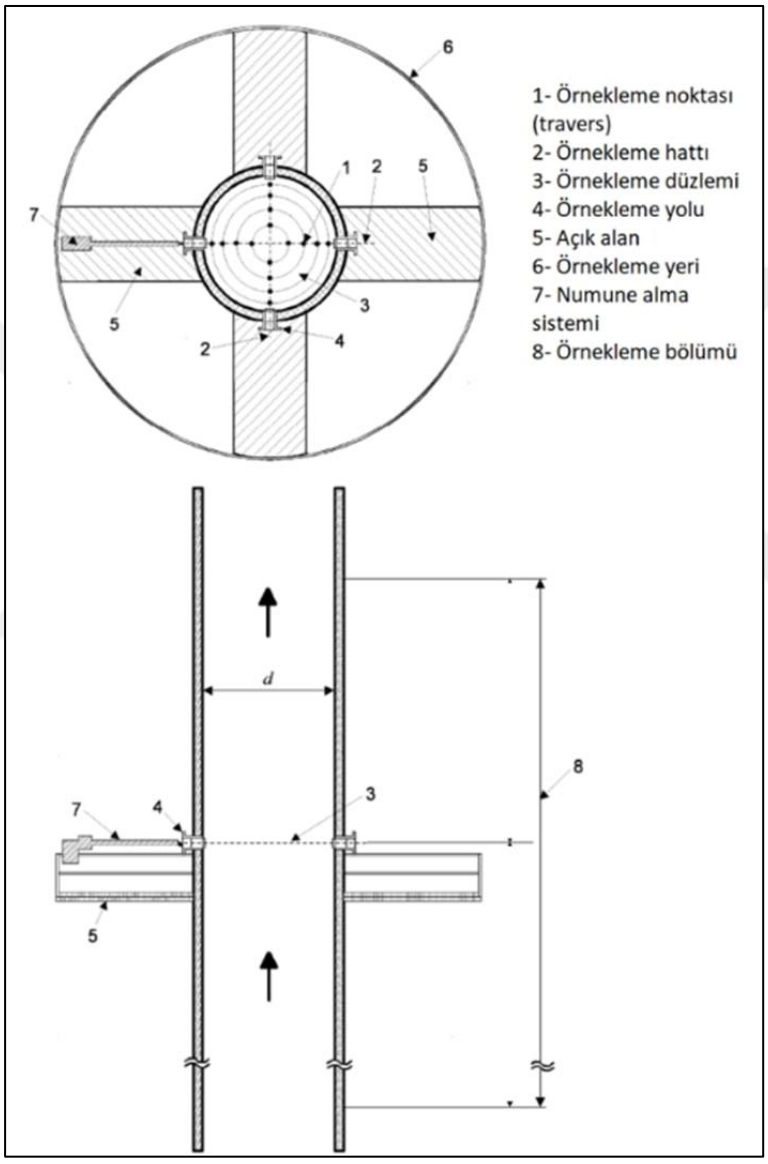
Baca düzleminde travers noktaları	Travers sayılarına göre konumlar (%D)				
	8	**12**	**16**	**20**	**24**
1	3.2	2.1	1.6	1.3	1.1
2	10.5	6.7	4.9	3.9	3.2
3	19.4	11.8	8.5	6.7	5.5
4	32.3	17.7	12.5	9.7	7.9
5	67.7	25.0	16.9	12.9	10.5
6	80.6	35.6	22.0	16.5	13.2
7	89.5	64.4	28.3	20.4	16.1
8	96.8	75.0	37.5	25.0	19.4
9		82.3	62.5	30.6	23.0
10		88.2	71.7	38.8	27.2
11		93.3	78.0	61.2	32.3
12		97.9	83.1	69.4	39.8
13			87.5	75.0	60.2
14			91.5	79.6	67.7
15			95.1	83.5	72.8
16			98.4	87.1	77.0
17				90.3	80.6
18				93.3	83.9
19				96.1	86.8
20				98.7	89.5
21					92.1
22					94.5
23					96.8
24					99.9

2.2.3. Port ve travers noktalarının belirlenmesi (TS EN 15259)

- Atık gaz içerisindeki hızı ve kütle derişimini belirleyebilecek düzenli ve kararlı bir akışın olduğu noktalardan örnekleme yapılması gerekir. Bu durum, ortalama derişim tanımının bir sonucudur ve farklı düzlemlerde karşılaştırılabilir sonuçlar

elde edebilmek için tek yol bu uygunlukta bir ölçümün yapılmasını sağlamaktır (TS EN 15259, 2012).

Örnekleme yeri ve örnekleme bölümüne dair terimler Şekil 2.8.'de verilmiştir.



Şekil 2.8. Örnekleme yeri ve örnekleme bölümü ile ilgili terimler (TS EN 15259, 2012)

- Örnekleme düzleminin, homojen atık gaz akışının beklendiği bir bölümde olması gerekir. Homojen akış genel olarak bozucu bir etkiden uzak aşağıda veya yukarıda, sabit şekilli ve kesit alanlı bir baca bölümünde sağlanabilir.

- Kararlı kaynaklarda emisyon örneklemesi için en iyi uygulama ardışık 3 adet numune almaktır, kararsız kaynaklarda ise karşılaştırılabilir bir sonuç elde etmek için numune sayısının arttırılması gerekir. PM örneklemelerinin çizgi ölçümler şeklinde yapılması gerekir (TS EN 15259, 2012).

Dairesel ve dörtgen bacalarda örnekleme noktalarının/deliklerinin asgari sayısı Çizelge 2.7. ve Çizelge 2.8.'de verilmiştir.

Çizelge 2.7. Dairesel bacalar için örnekleme noktalarının asgari sayısı (TS EN 15259, 2012)

Örnekleme düzleminin alanı (m^2)	**Baca çapı (m)**	**Örnekleme noktalarının asgari sayısı**	**Düzlem başına travers noktası (ez az)**
<0.1	<0.35	1	1[a]
0.1'den 1.0'a	0.35'den 1.1'e	2	4
1.1'den 2.0'a	>1.1'den 1.6'ya	2	8
>2.0	>1.6	2	En az 12 ve m^2 başına 4[b]

[a] Sadece bir travers noktası kullanılması hata oluşturabilir.

[b] Geniş bacalar için, genel olarak 20 travers noktası yeterlidir.

Çizelge 2.8. Dörtgen bacalar için örnekleme noktalarının asgari sayısı (TS EN 15259, 2012)

Örnekleme düzleminin alanı (m^2)	**Yan bölmelerin asgari sayısı**	**Travers noktalarının asgari sayısı**
<0.1	-	1[a]
0.1'den 1.0'a	2	4
1.1'den 2.0'a	3	9
>2.0	≥3	En az 12 ve m^2 başına 4[b]

[a] Sadece bir travers noktası kullanılması hata oluşturabilir.

[b] Geniş bacalar için, genel olarak 20 travers noktası yeterlidir.

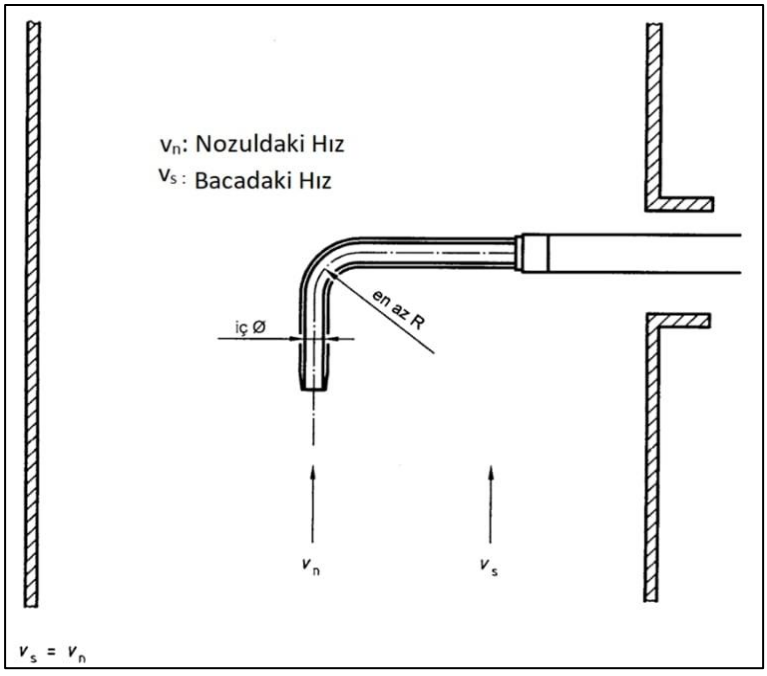
- Tuğla imalatında pişirme işlemleri ve tank fırınlarda cam imalatı yapan tesislerde zamana bağlı olarak değişiklik gösteren sürekli işlemler mevcuttur,

malzeme besleme durumlarında emisyon davranışı değişiklik göstereceğinden bu şartlara dikkat edilerek örnekleme yapılması gerekir.

- Kimya endüstrisi, demir dışı metal ergitme tesisi, çelik imalatı ve cam imalatı gibi kesikli işlemlerin uygulandığı tesislerde emisyon davranışlarının kararsız olacağı dikkate alınarak uygun sayıda ve şekilde numune alınması gerekir (TS EN 15259, 2012).

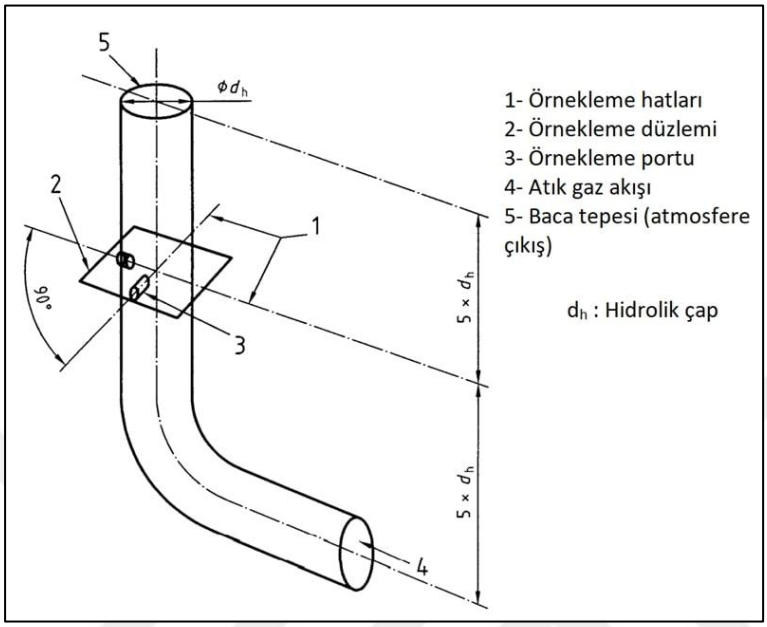
2.2.4. Port ve travers noktalarının belirlenmesi (TS ISO 9096)

- Bu standart, 20 mg/m^3 ile 1000 mg/m^3 arasındaki derişimlere sahip atık gazlardaki tanecikli maddenin örneklenmesine, örnekleme hatlarına ve örnekleme öncesi bilinmesi gereken bazı hususlara dairdir.
- İzokinetik örnekleme yapmak emisyon ölçümlerinin en olmazsa olmaz durumlarındandır.
- İzokinetiklik; örnekleme memesine (nozul) gelen atık gaz hızının (v_n) ve yönünün, bacadaki travers noktalarından geçen atık gaz hızına (v_s) ve yönüne eşit olması durumudur, bu durum Şekil 2.9.'daki gibi olmalıdır (TS ISO 9096, 2004). % v_n/v_s hız oranı, izokinetik sapma miktarını gösterir.



Şekil 2.9. Bacada izokinetik numune alma durumu (TS ISO 9096, 2004)

- Örnekleme hatları, örnekleme düzlemi, örnekleme portu, bacadaki atık gaz akışı ve bacanın atmosfere açıldığı bölüm Şekil 2.10.'da verilmiştir.



Şekil 2.10. Dairesel bir baca için bazı tanımlar (TS ISO 9096, 2004)

- 2 port kullanılacak olan dairesel bacalarda, portlar arası mesafe 90^0 olmalıdır.
- İzokinetik örnekleme şartları deney boyunca sağlanmalıdır (TS ISO 9096, 2004).

- Dairesel ve dörtgen bacalarda örnekleme noktalarına dair bazı hesaplar Çizelge 2.9. ve Çizelge 2.10.'da verilmiştir.

Çizelge 2.9. Dairesel bacalar için örnekleme hatları ve noktaları (TS ISO 9096, 2004)

Baca çapları (m)	Örnekleme hatları asgari sayısı	Her hat için örnekleme noktalarının asgari sayısı		Düzlem başına asgari travers sayısı	
		merkezi nokta dahil	merkezi nokta hariç	merkezi nokta dahil	merkezi nokta hariç
<0.35	-	1[a]	-	1[a]	-
0.35 – 0.70	2	3	2	5	4
0.70 – 1.00	2	5	4	9	8
1.00 – 2.00	2	7	6	13	12
>2.00	2	9	8	17	16

[a] Sadece 1 noktadan numune alınması hataya sebep olabilir.

Çizelge 2.10. Dörtgen bacalar için örnekleme noktaları (TS ISO 9096, 2004)

Örnekleme düzlemi alanı (m^2)	Kenar bölmeleri	Düzlem başına asgari travers sayısı
<0.09	-	1[a]
0.09 – 0.38	2	4
0.38 – 1.50	3	9
>1.50	4	16

[a] Sadece 1 noktadan numune alınması hataya sebep olabilir.

Bacada örneklemeye başlamadan önce, uygun bir ölçme aletiyle (metre vs.) bacanın boyutlarının belirlenmesi ve hangi standarda uygun olduğunun tespit edilmesi, örnekleme portlarının yerinin, sayısının ve travers noktalarının belirlenmesi gerekir.

2.2.5. Port ve travers noktalarının belirlenmesi (TS EN 13284-1)

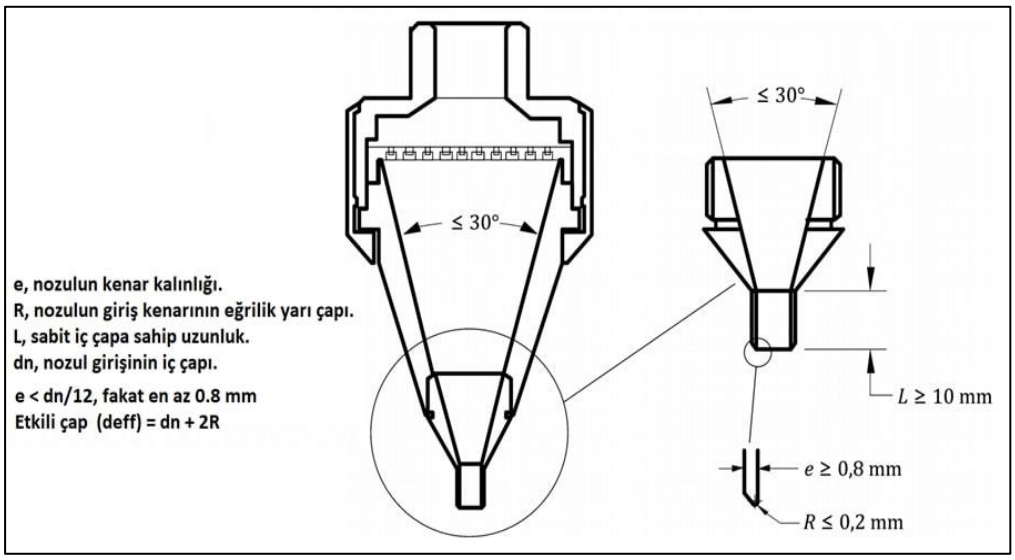
- Bu standart 50 mg/m^3'ün altında, düşük derişimlere sahip bacalarda PM örneklemesi için kullanılır. 5 mg/m^3 civarındaki PM konsantrasyonları üzerinde özel çalışmalar yapılarak onaylanmış bir standarttır.
- Travers noktalarında düzenli ve sabit bir atık gaz akış profili olması gerekir.
- Örnekleme portu, travers sayısı vb. örnekleme gereksinimleri TS ISO 9096'daki gibidir.

- Her travers noktasında minimum 3 dk örnekleme yapılır, izokinetik sapmanın −% 5 ile +%15 aralığında kalması sağlanır (TS EN 13284-1, 2018).

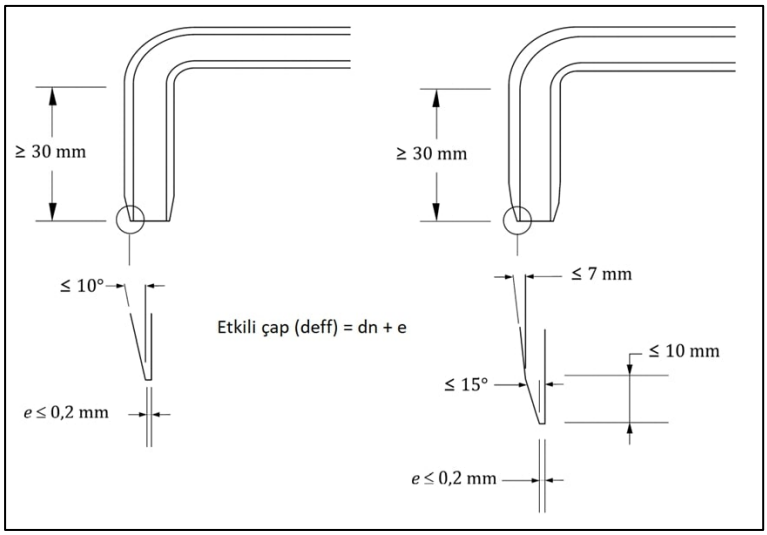
2.2.6. Emisyon örneklemelerinde nozul (giriş memesi) seçimi

TS EN 13284-1 standardı nozul seçimini ve bir nozulun tasarımını anlatır.

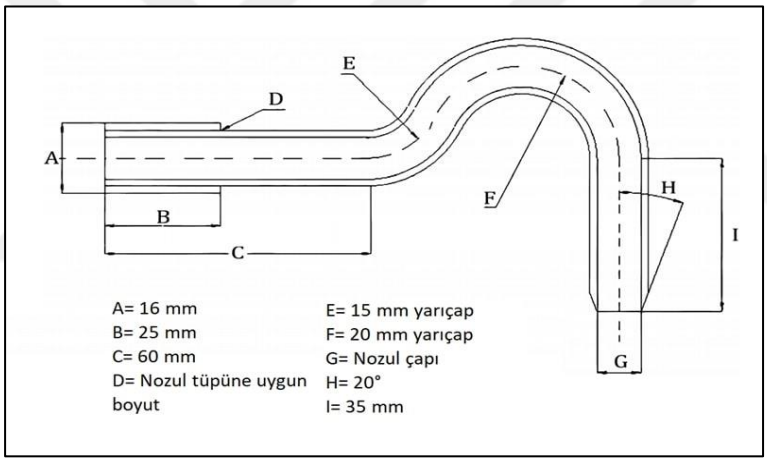
- 3 m/s ile 50 m/s aralığındaki hızlara sahip atık gazların, izokinetik şartlarda örneklenebilmesi için farklı iç çaplara sahip nozullar kullanılması gerekir.
- Nozul girişinin alan belirsizliğinin %5'ten fazla olmaması gerekir. Bu sebeple mümkünse 8 mm giriş çaplı nozullardan daha küçük nozulların kullanılmamalıdır (TS EN 13284-1, 2018).
- Nozul, izokinetik sapmayı sınır değerler içerisinde tutacak, cihazın performans özelliklerini olumsuz etkilemeyecek ve yeterli gaz hacmini çekecek çapta seçilmelidir. Nozul tasarımları Şekil 2.11., Şekil 2.12. ve Şekil 2.13.'te verilmiştir.



Şekil 2.11. Baca içi örnekleme sistemine entegre nozul örneği (TS EN 13284-1, 2018)



Şekil 2.12. Giriş nozulu örneği (TS EN 13284-1, 2018)



Şekil 2.13. Kaz boynu nozulu örneği (TS EN 13284-1, 2018)

2.2.7. Baca yüksekliğinin hesaplanması

Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği (SKHKKY) Ek-4'e göre;

- Isıl gücü olmayan işletmelerde en düşük baca yüksekliğinin, dağılıma engel bir durum olmayacak şekilde çatının tepe noktasından itibaren az 1.5 m veya yerden 10 m yükseklikte olması gerekir.

Küçük ölçekli tesislerde;

- Isıl gücü 500 KW'ın altında olan eğik çatılı tesislerde baca yüksekliği, çatının tepe noktasından en az 0.5 m yada baca çatının tepe noktasına yakın bir konumda değil ise çatı tabanından en az 1 m yüksekliğe sahip olmalıdır.
- Isıl gücü 500 KW'ın altında olan düz çatılı tesislerde baca yüksekliği, çatının tepe noktasından en az 1.5 m yüksek olması gerekir. Fakat, tesisin ısıl gücü 50 KW'ın altında ise baca yüksekliği 1 m'de olabilir (d).

Orta ölçekli tesislerde;

- Isıl gücü 500 KW ile 1.2 MW arasında olan eğik çatılı tesislerde baca yüksekliği, çatının en yüksek noktasından itibaren 1.5 m'den daha fazla olması gerekir.
- Isıl gücü 500 KW ile 1.2 MW arasında olan düz çatılı tesislerde baca yüksekliği, çatının en yüksek noktasından itibaren en az 2 m olması gerekir.

Büyük ölçekli tesislerde;

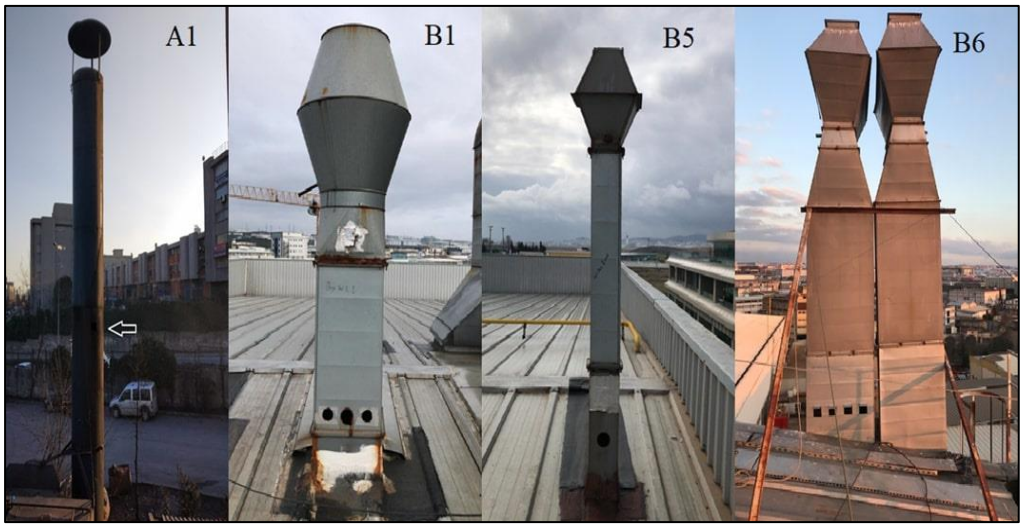
- Isıl gücü 1.2 MW'ın üzerinde olan tesislerde asgari baca yüksekliği, SKHKKY Ek-4'te verilen abak hesaplama grafiğine göre belirlenir (SKHKKY, 2009).

2.2.8. Şapka yüksekliğinin hesaplanması

SKHKKY Ek-4'e göre;

Proses kaynaklı atık gazların serbest hava akımı vasıtasıyla, engellenmeden taşınmasını sağlayacak şekilde bir dik atışla atmosfere salınması istenir. Bu amaçla kullanılan bacaların atmosfere çıkış noktasında hava koşullarından olumsuz etkilenmemesi için, şapkanın atık gaz taşınımını engellemeyecek şekilde bacanın bitiş noktasından itibaren en az 1 baca çapı kadar yukarıda olması istenir (SKHKKY, 2009).

Örnekleme yapılan bazı bacaların fiziki durumları ve ölçüm noktaları Şekil 2.14. ve Şekil 2.15.'de verilmiştir.



Şekil 2.14. A ve B tesislerinde örnekleme yapılan, A1, B1, B5 ve B6 bacaları

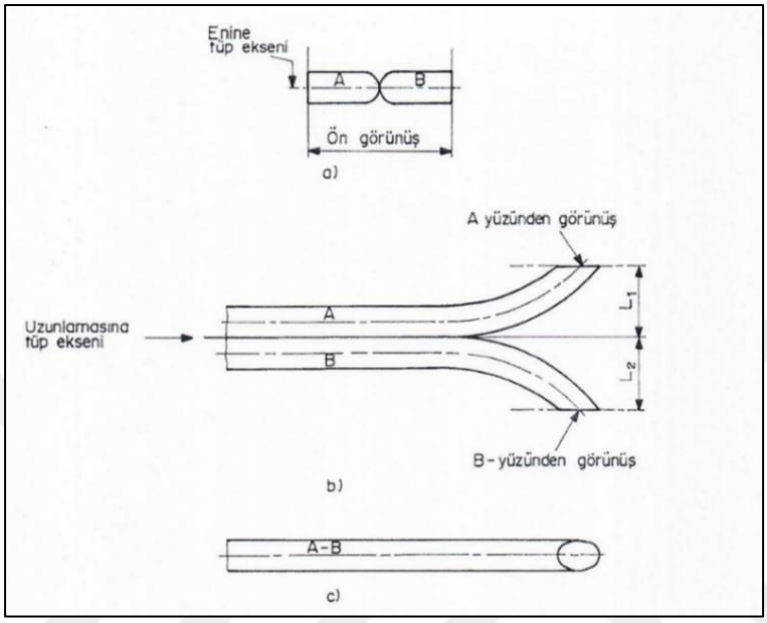


Şekil 2.15. C ve D tesislerinde örnekleme yapılan, C1, C5, D4 ve D6 bacaları

2.3. Bacada Hız ve Debi Tayini

- Atık gaz akışının ortalama hızı, nokta emisyon kaynağı olan baca kesitinde belirli noktalardaki hızın pitot tüp ile ölçülmesi sonucu hesaplanır. Debi ise, emisyon kaynağındaki ortalama atık gaz akış hızı ile baca kesit alanının çarpılması suretiyle, cihaz tarafından otomatik olarak hesaplanır (TS ISO 10780, 1999).

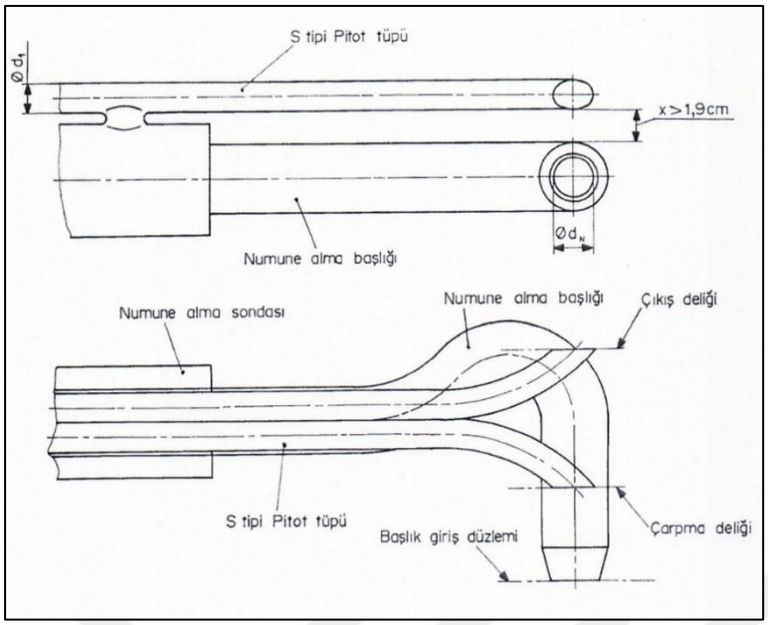
- S tipi pitot tüpü, baca örneklemelerinde yaygın olarak kullanılır, bacadan atık gaz örneklendiği esnada hız ölçümünün yapılacağı durumlarda tercih edilir. S tipi pitot tüpü Şekil 2.16.'da verilmiştir.



Şekil 2.16. S tipi pitot tüp (TS ISO 10780, 1999)

EPA Method 2' ye göre; tüpün dış çapı 0.48 cm ile 0.95 cm (3/16 ve 3/8 inç) aralığında olan metal bir borudan yapılması önerilir (örn. paslanmaz çelik). Pitot tüpün ayakları ile orifis düzlemi arasındaki mesafe ve orifis alanı, her bir ayak için aynı olmak zorundadır (L_1-L_2). Mesafe farkının, tüpün dış çapının 1.05 katından az, 1.50 katından da fazla olmaması gerekir. S pitot tüpüün standartta belirtilen ve bilinen bir kalibrasyon katsayısına sahip olması, ve gövdesine kazınan bir kimlik numarası olması gerekir (EPA Method 2, 2017).

Tüp, örnekleme probuna Şekil 2.17.'ye uygun şekilde bağlanarak kullanılıyorsa, kalibrasyon faktörünün (K), 0.84 alınması gerekmektedir.



Şekil 2.17. Örnekleme Probu ve S tipi pitot tüp (TS ISO 10780, 1999)

- Nozul çapı (dn), s tipi pitot tüp çapı (dt).
- Pitot tüpün kullanıldığı kesit alanda ters akış olmaması gerekir,
- Her hız ölçme noktasında okunan mutlak sıcaklığın, bacanın kesit alanındaki ortalama mutlak sıcaklığın %5'inden fazla sapmaması gerekir.
- Basınca duyarlı deliklerin uygun şekilde konumlandırılıp konumlandırılmadığı kontrol edilmelidir (TS ISO 10780, 1999).
- Yöntemlerin gerekliliklerine uymak, hava kirletici örnekleme yöntemlerinden elde edilen verilerin kalitesini arttıracaktır (EPA Method 1, 2020).

2.3.1. Ölçümler için minimum baca gazı hızları

SKHKKY Ek-4'e göre yakma tesislerinin baca gazı hızları;

- Isıl gücü 500 KW'ın üzerinde olan tesislerde, baca gazı çıkış hızının minimum 4 m/s olması gerekir.
- Tesisin üretiminden ve dizaynından kaynaklı olarak; baca çapının daraltılamadığı ve cebri çekişin mümkün olmadığı durumlarda baca gazı çıkış hızının minimum 3 m/s olması gerekir.

- Isıl gücü 300 KW ile 500 KW arasında olan işletmelerde baca gazı çıkış hızının en az 2 m/s olması gerekir.
- Isıl gücü 300 KW'ın altında olan tesislerde ise baca gazı çıkış hızı 2 m/s'nin altında olabilir (SKHKKY, 2009).

SKHKKY Ek-4'te tesislerin üretim şekline göre baca gazı hızları;

- Cebri çekişin uygulanabildiği tesislerde en az 4 m/s, tesisin üretim şekli ve prosesi sebebiyle baca çapının daraltılamadığı ve cebri çekişin uygulanamadığı ve bilim kuruluşları tarafından raporlanarak onaylandığı durumlarda baca gazı hızının en az 2 m/s olması gerekir (SKHKKY, 2009).
- Megasystem ISOCHECK marka/model izokinetik örnekleme cihazı ve hız okuması yaptığımız el ünitesi Şekil 2.18.'de verilmiştir.



Şekil 2.18. Megasystem ISOCHECK izokinetik örnekleme cihazı ve el ünitesi

2.4.Bacada Nem Tayini

Atık gaz sıcaklığı 180 ^{0}C'ye kadar olan bacalarda dijital cihazlarla nem tayini yapılır. Atık gaz sıcaklığı 180 ^{0}C'nin üzerinde olan bacalarda ise su buharının yoğuşturulması prensibini temel alan gravimetrik metot kullanılır.

2.4.1. Dijital sensör ile nem tayini

- Baca gazı sıcaklığı 180 ^{0}C'ye kadar olan bacalarda dijital nem ölçüm cihazlarıyla nem tayini yapılır.
- Cihaz, referans solüsyonlar ile örnekleme öncesi doğrulanır.
- 3 ayrı örneklemenin ortalamaları alınarak nem tayini yapılır (Çevre Referans, 2017).

Delta Ohm HD2301 marka/model dijital nem örnekleme cihazı ile bacada nem tayini ve cihaz Şekil 2.19.'da verilmiştir.



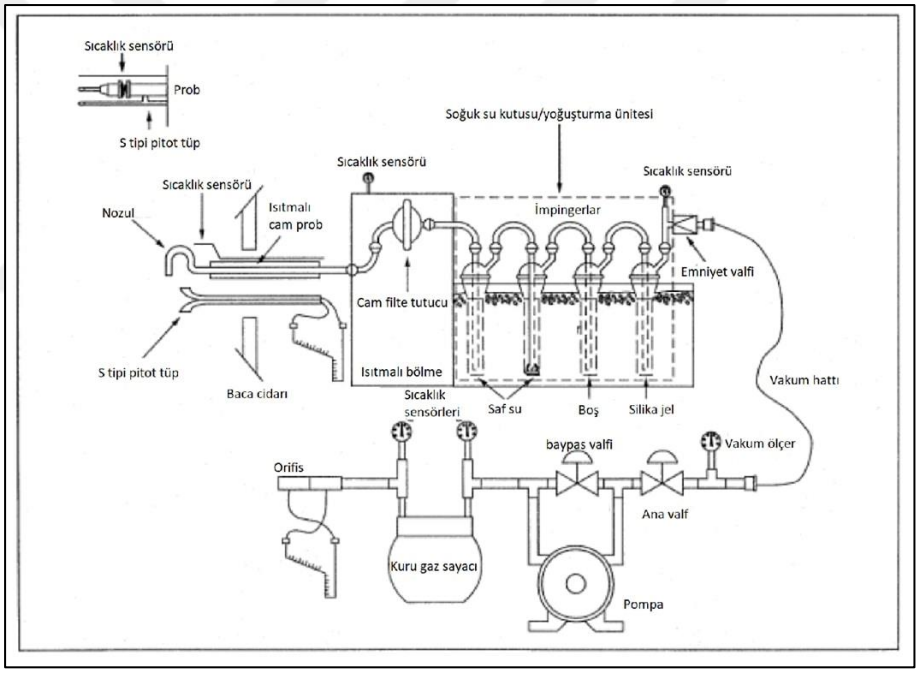
Şekil 2.19. Delta Ohm HD2301 marka/model nem örnekleme cihazı ve bacada nem tayini

2.4.2. Gravimetrik yöntem ile nem tayini

Bacada nem tayininin TS EN 14790 ve EPA Method 4 standartları dikkate alınarak yapması gerekir. Bacadan atık gaz numunesinin sabit hızda çekiş veya izokinetik şartlarda alınması gerekir. Bacada PM örneklemesiyle eş zamanlı ya da hemen öncesinde yapılması gerekir. Yöntem; belli şartlar sağlanarak çekilen atık gaz içerisindeki su buharının yoğuşturulması ve gravimetrik ya da hacimsel değerinin belirlenmesi şeklindedir (TS EN 14790, 2006; EPA Method 4, 2017).

Örneklemede kullanılacak ekipmanlar;

- Isıtmalı prob ve örnekleme hattı (probun, paslanmaz çelik veya cam malzemeden yapılması gerekir).
- Soğuk su banyosu; atık gazdaki nemin sistemden (impingerler) geçerken yoğuşmasını sağlayan kutu, buz ve su veya ısı kontrollü su soğutucu cihazdan oluşur.
- 4 adet impinger (dahili silika jel kullanılacak sistemlerde 2 adet impinger)
- Örnekleme cihazı (sabit veya izokinetik örnekleme yapabilen çekiş pompası)
- Dereceli silindir.
- 28.3 l/dk'dan daha yüksek akış hızı için tasarlanan örnekleme sistemleri ile nem örneklemesi yapılmamalıdır.



Şekil 2.20. PM ve nem örnekleme düzeneğinin şematik gösterimi (EPA Method 5, 2019)

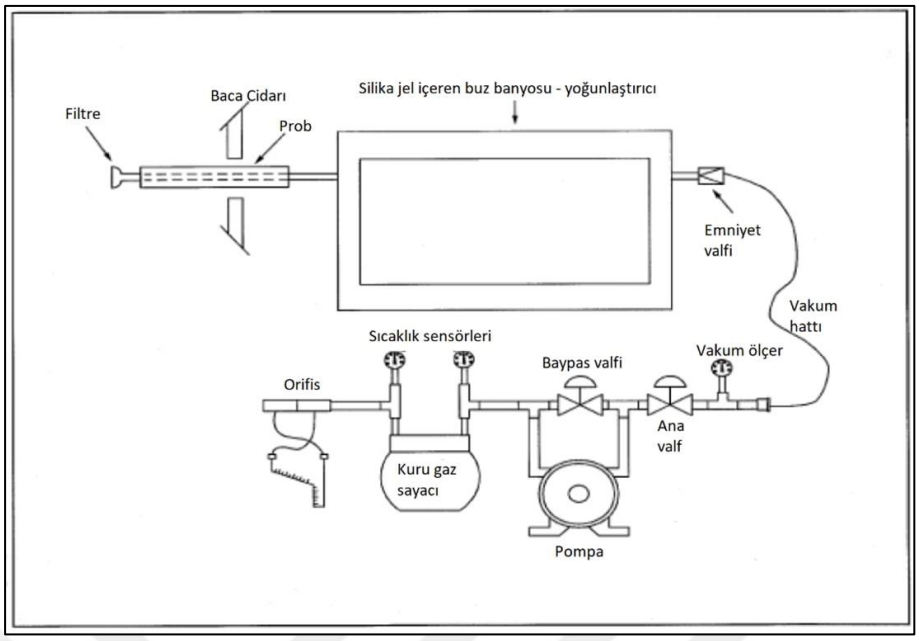
Zambelli IsoDust marka/model izokinetik örnekleme cihazı, baca dışı ısıtmalı prob, ısıtma ünitesi ve impingerler Şekil 2.21.'de verilmiştir.



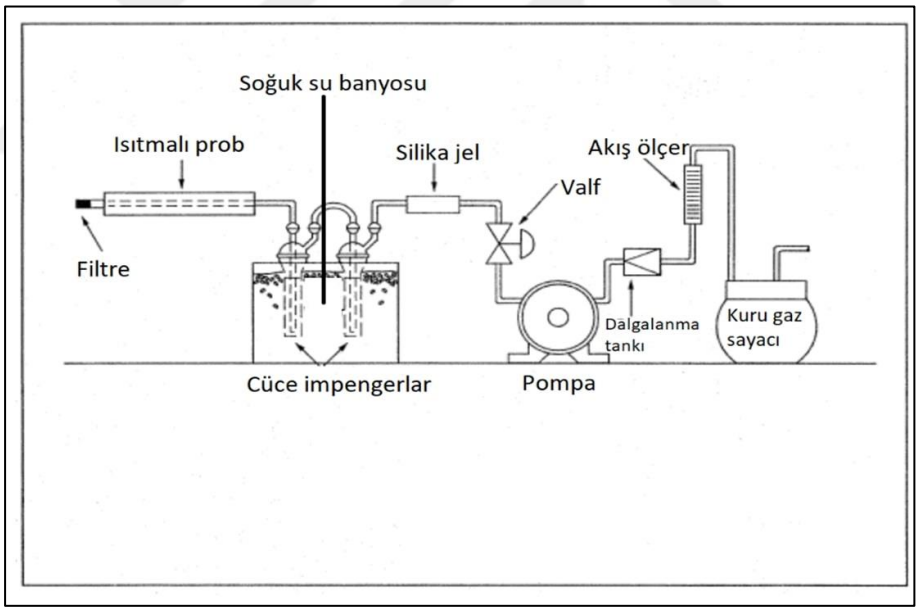
Şekil 2.21. Zambelli IsoDust izokinetik örnekleme cihazı, ısıtmalı prob, ısıtma ünitesi ve impingerler

Örneklemelerde dikkat edilmesi gereken hususlar;

- 21 l/dk'dan büyük olmayacak bir akış hızında örnekleme yapılır. Eğer aynı anda PM örneklemesi de yapılacaksa, nem tayininin de PM örnekleme süresi boyunca eş zamanlı olarak yapılması gerekir.
- İzokinetik örnekleme yapılacaksa, izokinetik sapmanın ± %10'u geçmemesi gerekir.
- İlk 2 impingere bilinen hacimde (tercihen 100 ml) saf su konulur ve impingerler tartılır. 3. impinger tartılır ve boş bırakılır. 4. impingere ise bilinen miktarda (tercihen 200-300 gr) silika jel konulur ve impinger tartılır.
- Örnekleme düzeneğinin Şekil 2.22. veya Şekil 2.23.'ten uygun olanına göre ayarlanması gerekir.
- Yoğunlaştırma ünitesinden önce meydana gelecek yoğuşmanın engellenmesi için ısıtmalı probu ve hat 120 ^{0}C'ye ısıtılmalıdır.
- Silika jelden sonraki atık gaz sıcaklığının en fazla 20 ^{0}C'e olması gerekir, daha sıcak gaz akışı gözlenirse yoğuşturma ünitesindeki suyun soğukluğu arttırılmalıdır (EPA Method 4, 2017).



Şekil 2.22. Referans metoda göre nem örnekleme düzeneği (EPA Method 4, 2017)



Şekil 2.23. Yaklaşım metoduna göre nem örnekleme düzeneği (EPA Method 4, 2017)

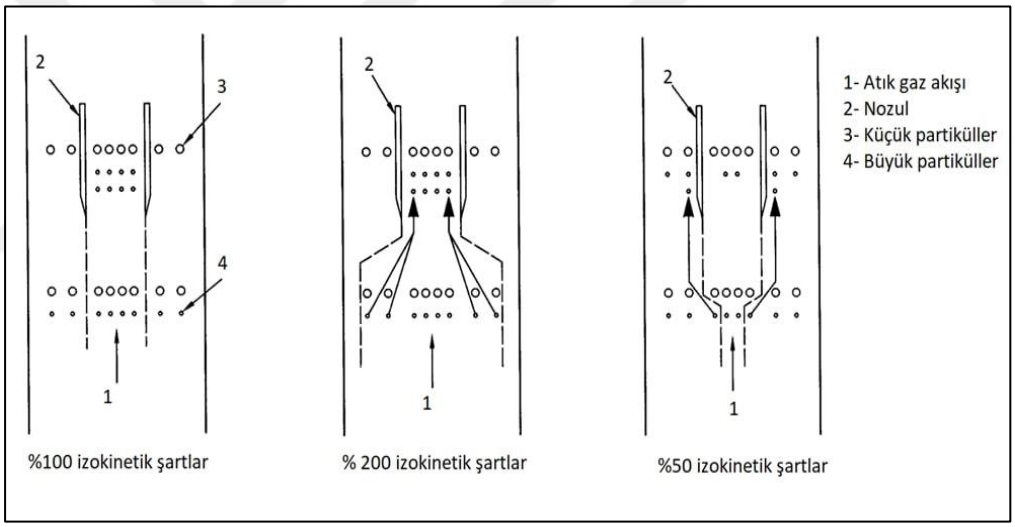
Örneklemeler sonunda, ilk tartım sonuçları ölçüm formuna kaydedilmiş olan impingerler tekrar tartılır ve son tartım sonuçları da ölçüm formuna kaydedilir. Bu veriler raporlama sorumlusu tarafından standartlarda verilen formüller vasıtasıyla hesaplanır ve bacadaki nem miktarı bulunur.

2.5. Bacada İzokinetik Şartlarda Emisyon Örneklemeleri

Emisyon örneklemelerinde, bacayı temsil eden bir örneklemenin yapılabilmesi için izokinetik şartların, standartlarca belirlenmiş sınır değerler içerisinde olması şarttır. Aksi taktirde geçerli bir örnekleme yapılamamış olup ölçümün tekrarlanması gerekir.

2.5.1. İzokinetik şartlar ve metot seçimi

İzokinetik şartlar; TS ISO 9096'da anlatıldığı gibi olmalıdır. İzokinetik ve izokinetik olmayan durumlar Şekil 2.24.'te verilmiştir.



Şekil 2.24. İzokinetik ve izokinetik olamayan şartlar (TS ISO 9096, 2004)

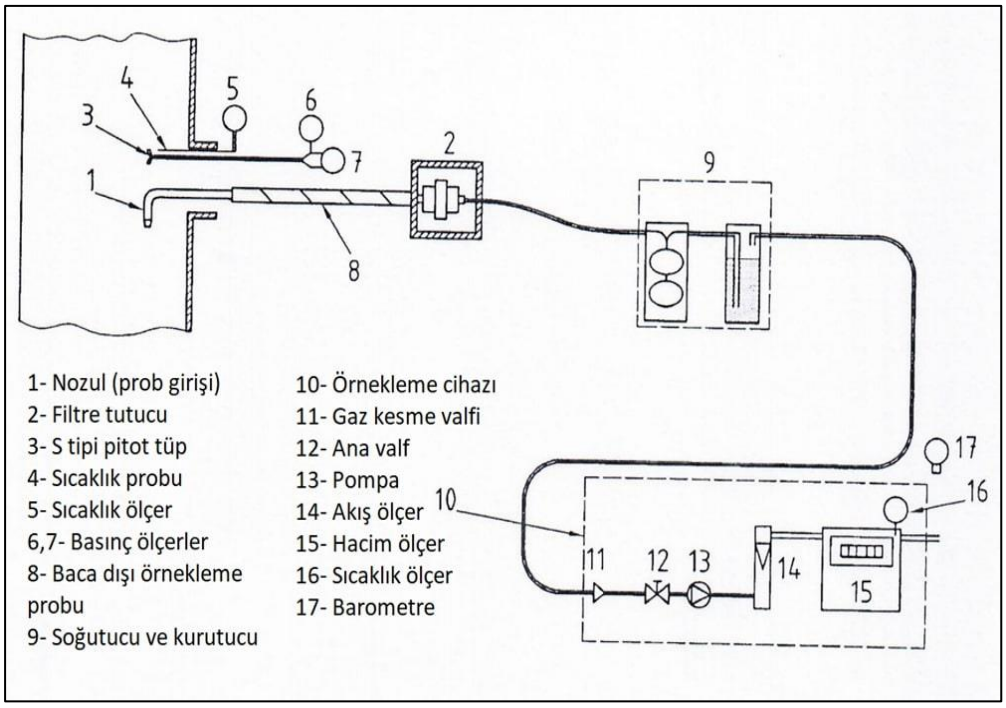
- %100 izokinetik şartlar emisyon örneklemelerinde istenilen durumu izah eder. Nozuldan geçmesi gereken atık gazın aynı yönlü taneciklerden oluşması gerekir.
- %200 izokinetik şartlar ise pozitif yönde bir uygunsuzluktur. Yani nozuldan geçmemesi gereken yöndeki tanecikler de örneklenmiş olur ve bu durumda bacadaki kirletici miktarı olduğundan daha fazla ölçülmüş olur.
- %50 izokinetik şartlar ise negatif yönde bir uygunsuzluktur. Yani nozuldan geçmesi gereken yöndeki taneciklerin kaçması durumudur, bu durumun gerçekleştiği bacadaki kirletici miktarı olduğundan daha az ölçülmüş olur.

- Bu sebeplerden ötürü, bacada toz örneklemesinde izokinetik şartların sağlanması gerekir, aksi taktirde bacayı temsil noktasında geçersiz bir ölçüm yapılmış olur.

Örnekleme EPA standartlarına göre yapılacaksa, bacadaki toz derişim miktarına bakılmaz. Baca içi örneklemelerde EPA Method 17, baca dışı örneklemelerde ise EPA Method 5 standardına göre ölçüm yapılması gerekir (EPA Method 17, 2017; EPA Method 5, 2019).

Baca dışı örnekleme; filtre tutucunun baca dışına konumlandırıldığı durum, şematik olarak Şekil 2.25.'te verilmiştir, Şekil 2.26.'da ise örneklemelerde kullanılan baca dışı örnekleme probu ve filtre tutucusu verilmiştir.

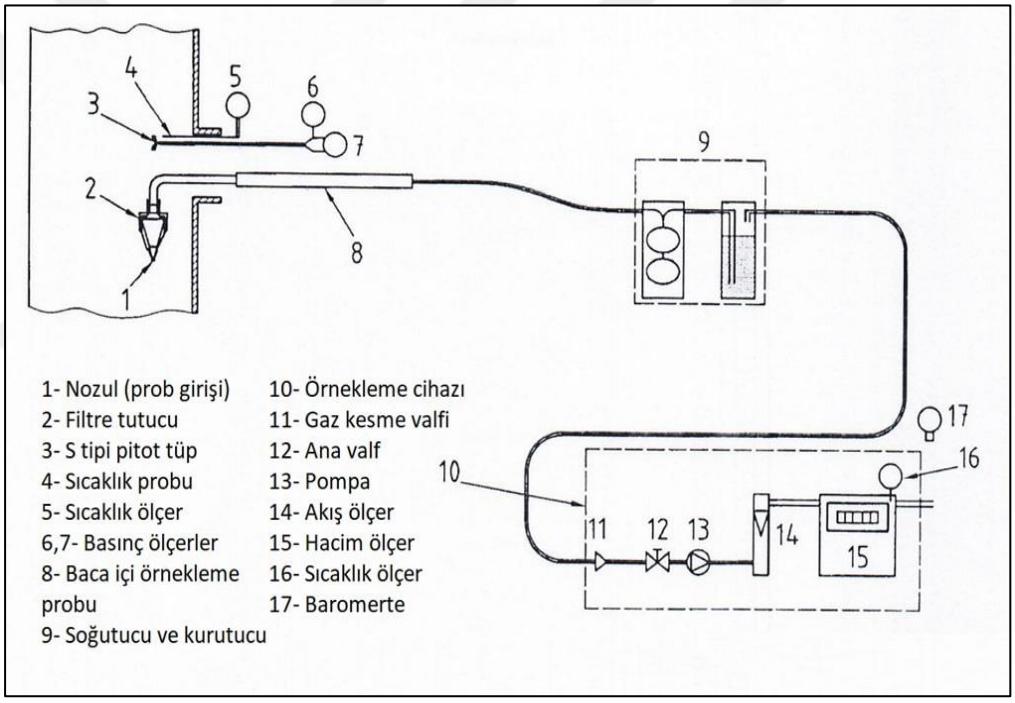
Baca içi örnekleme; filtre tutucunun baca içine konumlandırıldığı durum, şematik olarak Şekil 2.27.'de verilmiştir, Şekil 2.28.'de örneklemelerde kullanılan baca içi örnekleme probu ve filtre tutucusu, Şekil 2.29.'da ise bacada baca içi örnekleme anı verilmiştir.



Şekil 2.25. Baca dışı örnekleme düzeneğinin şematik gösterimi (TS ISO 9096, 2004)



Şekil 2.26. Baca dışı örnekleme probu ve filtre tutucusu



Şekil 2.27. Baca içi örnekleme düzeneğinin şematik gösterimi (TS ISO 9096, 2004)



Şekil 2.28. Baca içi örnekleme probu ve fitre tutucusu



Şekil 2.29. Baca içi örnekleme düzeneği ile PM örneklemesi

2.5.2. PM Örneklemesinde kullanılan cihaz ve ekipmanlar

- İzokinetik örnekleme pompası ve elektronik kontrol ünitesi.
- Prob (ısıtmalı, ısıtmasız, baca içi, baca dışı), pitot tüp
- Bağlantı hortumları ve parçaları.
- Darası alınmış filtreler (örnekleme metoduna göre şartlandırılmış, 25, 37 veya 47 mm çaplı quartz filtreler).
- Hassas terazi, cımbız, petri kabı, numune toplama kabı, fırça (tel).
- Saf su, silika jel ve sızdırmazlık ürünleri/aparatları.

Baca dışı örnekleme düzeneği örneği ve ölçüm anı Şekil 2.30.'da verilmiştir.



Şekil 2.30. Baca gazında PM örneklemesi ve örnekleme düzeneği

2.5.3. PM Örnekleme filtrelerinin şartlandırılması

Örneklemede kullanılacak metoda göre filtrelerin, örnekleme öncesi;

- TS ISO 9096 standardına göre, 160 ^{0}C'de en az 1 saat süreyle etüvde kurutulması ve akabinde en az 8 saat desikatörde bekletilerek şartlandırılması gerekir (TS ISO 9096, 2004).
- TS EN 13284-1 standardına göre,180 ^{0}C'de en az 1 saat süreyle etüvde kurutulması ve akabinde en az 4 saat desikatörde bekletilerek ortam sıcaklığına getirilmesi gerekir (TS EN 13284-1, 2018).
- EPA Method 5 ve 17 standartlarına göre ise, 105 ^{0}C'de 2 saat süreyle etüvde kurutulması ve en az 2 saat desikatörde bekletilerek şartlandırılması gerekir (EPA Method 17, 2017; EPA Method 5, 2019).

Örneklemede kullanılacak metoda göre filtrelerin, örnekleme sonrası;

- TS ISO 9096 standardına göre, 160 ^{0}C etüvde en az 1 saat kurutulması ve en az 8 saat desikatörde ortam şartlarına kadar soğutularak şartlandırılması gerekir (TS ISO 9096, 2004).
- TS EN 13284-1 standardına göre, 160 ^{0}C etüvde en az 1 saat kurutulması ve en az 4 saat desikatörde ortam şartlarına kadar soğutularak şartlandırılması gerekir (TS EN 13284-1, 2018).
- EPA Method 5 ve 17 standartlarına göre, 105 ^{0}C etüvde 2 saat kurutulması ve en az 2 saat desikatörde bekletilerek şartlandırılması gerekir (EPA Method 17, 2017; EPA Method 5, 2019).

2.5.4. Bacada PM Örnekleme işlemleri

Bacada PM örneklemeleri, TS ISO 9096, TS EN 13284-1, EPA Method 5 ve EPA method 17 standartlarının gereklilikleri dikkate alınarak yapılır. Tüm emisyon bacalarında PM örneklemesi muhakkak yapılır.

a) TS ISO 9096 ve TS EN 13284-1 standartlarına göre yapılacak PM örneklemelerinde;

Sızdırmazlık testi için; örnekleme düzeneğinin tüm bağlantılarının ölçüm yapılacak şekilde hazırlanması ve örnekleme pompasının maksimum çekişle çalıştırılması, okunan değerin kayıt altına alınması gerekir. Daha sonra probun ucundaki nozul veya prob girişi kapatılarak pompa çalıştırılır, çekiş işlemi 5 dakika süreyle veya daha erken sürede cihaz kendi kendine kapanana kadar gözlemlenir ve okunan minimum değer kaydedilir. Son okunan değerin, Türk standartlarına göre maksimum çekişin %2'sinden veya 1l/dk'dan fazla olmaması gerekir. Bu değerlerden yüksek bir değerin okunması durumunda düzeneğin bağlantıları kontrol edilerek sızdırmazlık testi bu şartlar sağlanana kadar tekrar edilir (TS ISO 9096, 2004).

- Belirlenen örnekleme hattındaki travers noktalarının konumlarına göre prob üzerinde mesafelerin ayarlanması gerekir.
- Her bir numune için, minimum 30 dk ve her travers noktasında eşit sürede örnekleme yapılması gerekir.
- Eğer ısıtmalı prob ve hat ile baca dışı örnekleme yapılacaksa, probun ve hattın örnekleme öncesinde 160 ± 5 ^{0}C'ye ısıtılması gerekir.
- Cihaz ekranının ara ara kontrol edilmesi ve örnekleme süresince izokinetik sapmanın −% 5 ile +% 15 sınır değerleri içerinde olması sağlanır.
- Her baca için ardışık 3 numune ve 1 şahit numune alınması gerekir (düşük toz konsantrasyonlu bacalarda tek filtre kullanılarak kümülatif örnekleme yapılabilir).
- Şahit numune; örnekleme ortamından kaynaklı bir kirlenmenin varlığının ve kabul edilir bir örneklemenin yapılmış olduğunun kontrolü için alınan numunedir. Şahit numune, normal örnekleme yapılır gibi hazırlanan düzeneğe takılan filtrenin, nozul ucu bacadaki atık gaza 180^{0} açı yapacak şekilde konumlandırılması ve çekiş yapmadan 15 dakika beklenmesi ya da 1 dakika atık gaz çekilmesi sağlanarak alınması gerekir.
- Geri kazanım; her örnekleme sonrası probun filtreden önceki kısmı ve probun içi, belli bir hacimdeki saf su ve aseton ile yıkanarak numune kabına aktarılması

gerekir. Böylelikle proba yapışan tanecikli madde kaybı engellenmiş olur (TS ISO 9096, 2004; TS EN 13284-1, 2018).

b) EPA Method 5 ve 17 standartlarına göre yapılacak PM örneklemelerinde Türk standartlarından farklı olarak;

- Sızdırmazlığın, maksimum çekişin %4'ünden veya 0.6 l/dk'dan az olması gerekir.
- İzokinetik sapmanın deney boyunca ±%10 sınır değerleri içerinde olması gerekir.
- Eğer EPA Method 5'e göre baca dışı örnekleme yapılacaksa, ısıtmalı probun ve hattın 120 ±14 ^{0}C'ye ısıtılması gerekir (EPA Method 17, 2017; EPA Method 5, 2019).

c) Ölçümlerin geçersiz olacağı bazı durumlar;

- İzokinetik şartların sağlanamamış olması.
- Ölçümün, örnekleme öncesi belirlenen travers noktalarında yapılamamış olması.
- Şahit numune alınmaması ve sızdırmazlık testinin yapılmamış olması.
- Geri kazanımın yapılmaması veya hesaba katılmamış olması.
- Filtre üreticisinin belirlediği hız limitinin üzerinde bir hızda örnekleme yapılmış olması (TS ISO 9096, 2004; EPA Method 17, 2017; TS EN 13284-1, 2018; EPA Method 5, 2019).
- EPA Method 17 için, prob ve filtre tutucunun kesit alanın baca kesit alanına oranın %5'ten fazla olduğu durumlarda örnekleme yapılmış olması (EPA Method 17, 2017).

2.6. Bacada Yanma Gazları Ölçümü

Bacada yanma gazı ölçümlerinin; TS ISO 12039 (2005), EPA CTM-022 (1995), TS ISO 7935 (1999), TS CEN/TS 15675 ve TS EN 15259 standartlarına göre yapılması gerekir.

Ölçümü yapılan yanma gazları; O_2, CO, CO_2, SO_2, NO, NO_2 (NO_x Cinsinden).

Bacada yanma gazı ölçümlerimizde, üç standardı da karşılayan otomatik ölçme sistemleri (OÖS), yani yanma gazı analizörlerini kullanılmıştır.

2.6.1. Bacada yanma gazları ölçümünde kullanılan cihaz ve ekipmanlar

- Yanma gazı analizörü (OÖS).
- Prob, filtre.
- Isıtmalı hat (SO_2 ve NO kaybını önlemek için).
- Doğrulama tüpleri.
- Yazıcı.

MRU Airfair Vario Plus yanma gazı analizörü, ısıtmalı hat ve probu ve MRU Airfair Optima 7 yanma gazı analizörü, yazıcısı, ısıtmalı probu ve hattı Şekil 2.31.'de verilmiştir.



Şekil 2.31. MRU Airfair Vario Plus (solda) ve MRU Airfair Optima 7 (sağda)

2.6.2. Bacada yanma gazları örnekleme işlemleri

- Tepki süresi belirlenmiş cihazlar ile örnekleme yapılması gerekir (tepki süresi; konsantrasyonu bilinen bir gazın %90 doğrulukla okunması için geçen süre).
- Cihaz çalıştırılır ve sıfırlama yapması beklenir.
- Her örnekleme öncesi içeriğindeki gaz konsantrasyonları bilinen doğrulama tüpleri ile yanma gazı analizörü doğrulanması gerekir (tercihen konsantrasyonları bilinen O_2, CO ve SO_2 tüpleri). Yüksek konsantrasyonlu gazların tercih edilmesi ve %5 sapma sınır değeri aralığında doğrulama yapılması gerekir (EPA CTM-022, 1995; TS ISO 12039, 2005).
- Ölçüm süresi, ilgili kurum tarafından belirtildiği şekilde; tepki süresinin (T90) 4 katı olması ve ölçümler arasında prob bacadan çıkarıldıktan sonra en az 3 T90 süresi beklenmesi gerekir (Çevre Referans, 2017).

Yanma gazı analizörü doğrulama tüpleri, cihaz doğrulaması ve ölçüm öncesi tepki süresi hesaplama anı Şekil 2.32.'de verilmiştir.



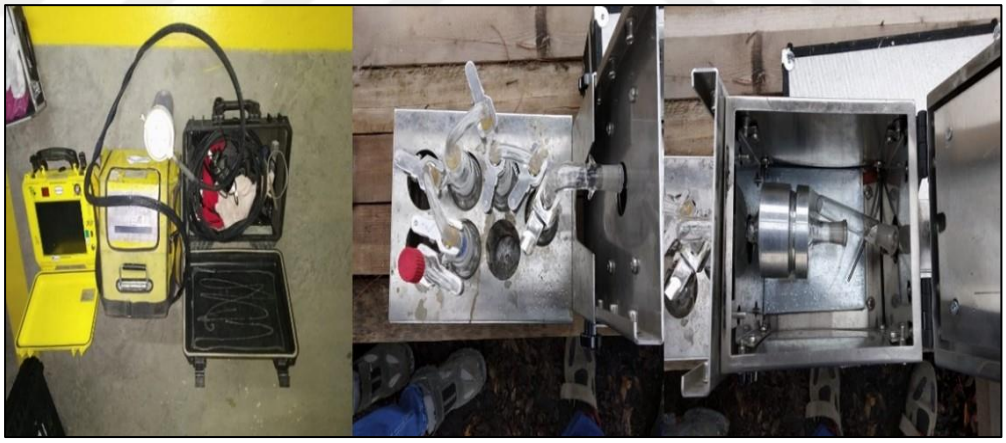
Şekil 2.32. Doğrulama tüpleri (sağ ve sol) ve tepki süresi hesaplama anı (orta)

2.7. Bacada HCl Örneklemesi

Bacalardan atmosfere yayılan ve HCl olarak tanımlanan klorür iyonlarının içeriğinin belirlenmesi amacıyla yapılan örneklemelerdir, örnekleme için temel olarak TS EN 1911 standardının kullanılması gerekir.

2.7.1. Bacada HCl örneklemesinde kullanılan cihaz ve ekipmanlar

- İzokinetik örnekleme pompası.
- Isıtmalı prob, ısıtmalı hat ve cam aparatlar.
- Soğuk su kutusu/yoğuşturucu.
- İmpingerler.
- Filtreler, cımbız, petri kapları.
- Saf su ve sıvı numune kapları. Örneklemede kullanılan cihaz ve ekipmanlar Şekil 2.33.'te verilmiştir.



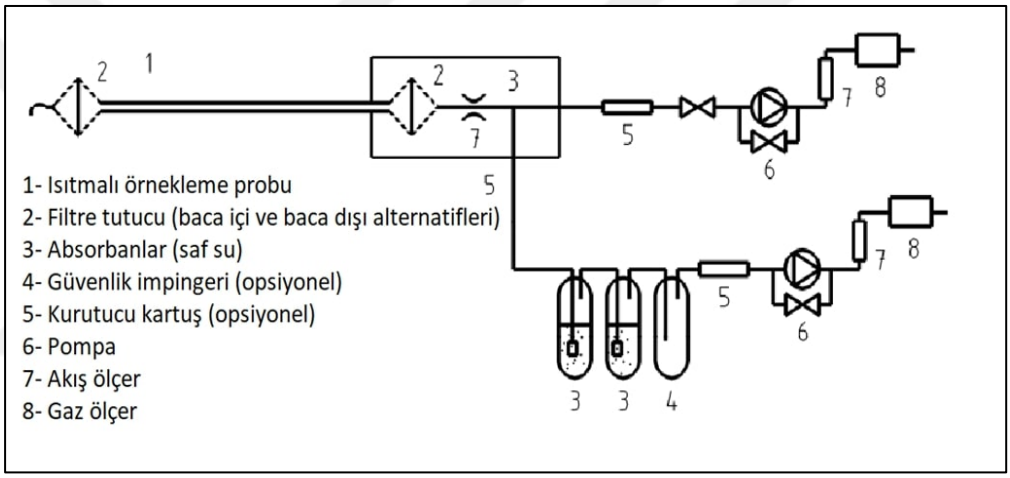
Şekil 2.33. İzokinetik örnekleme pompası (sol), impingerler (orta) ve filtre tutucu (sağ)

2.7.2. Bacada HCl örnekleme işlemleri

- Bacada HCl örneklemesi için örnekleme portu ve travers noktaları TS EN 13284-1 standardına göre belirlenir.
- Örneklemenin izokinetik şartlarda yapılması gerekir.

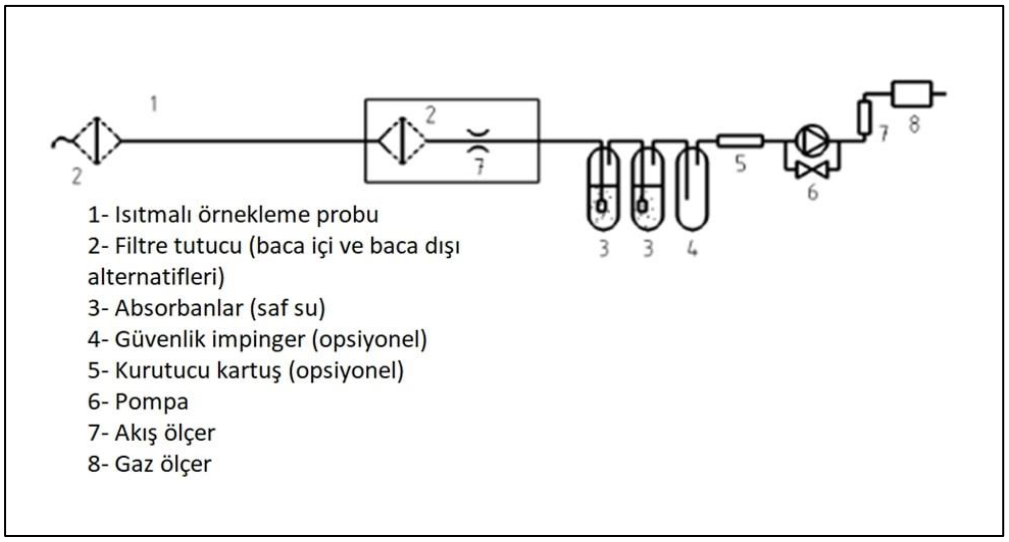
- Belli bir miktardaki atık gaz hacmi, kontrollü bir akış hızında klorür içermeyen (saf su) bir emici sıvıya çekilmelidir.
- İzokinetik şartlarda, HCl örneklemesi ile PM örneklemesi aynı anda yapılabilir (TS EN 1911, 2011).
- Minimum örnekleme süresi TS EN 13284-1'e göre, 30 dk'dır (TS EN 13284-1, 2018).

TS EN 1911'e göre yan akımla izokinetik örnekleme düzeneği Şekil 2.34.'te verilmiştir.



Şekil 2.34. Yan akımla izokinetik HCl örnekleme düzeneği (TS EN 1911, 2011)

Örneklemelerde kullanılan yan akımın olmadığı izokinetik örnekleme düzeneği ise Şekil 2.35.'de verilmiştir.



Şekil 2.35. Yan akımsız izokinetik HCl örnekleme düzeneği (TS EN 1911, 2011)

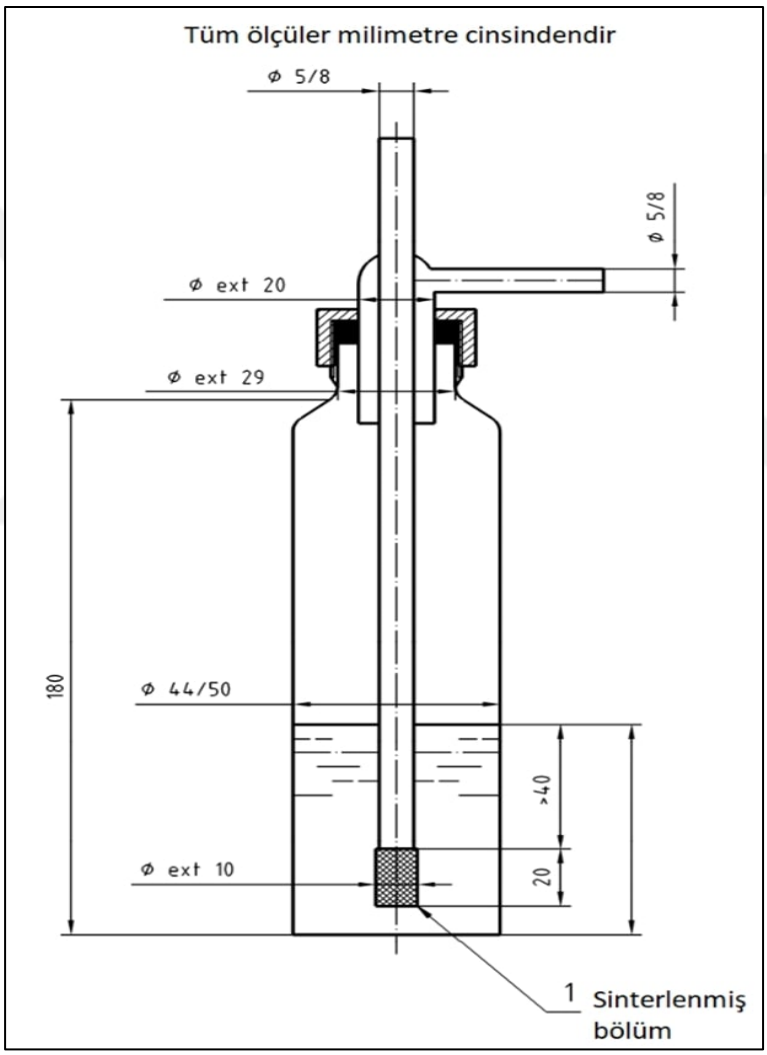
- HCl yüksek çözünürlüğe ve reaktiviteye sahip olduğu için, örnekleme esnasındaki kayıpların engellenmesi, bu sebeple örnekleme düzeneğinin inert malzemeden (cam) yapılması ve hattın TS EN 13284-1'e göre 160 ^{0}C'ye ısıtılması gerekir.
- Etkili bir örnekleme yapabilmek için en az 2 absorban ünitesi kullanılmalıdır.
- Absorban ünitelerinden hemen sonra boş bir güvenlik ünitesi kullanılmalıdır.
- İlk 2 impingere belli miktarda saf su konulmalı (40 ml ile100 ml arasında, tercihen 100 ml), 3.impinger boş bırakılmalı ve opsiyonel olarak 4. impengere silika jel konulmalıdır.
- Cam örnekleme düzeneği hazırlanmalı ve tüm bağlantılar yapılmalı, prob ve hat 160 ^{0}C'ye ısıtılmalı ve yoğuşturucunun sıcaklığının 20 ^{0}C'nin üzerine çıkmaması sağlanmalıdır.
- Sızıntı testinin sonucunun, pompanın maksimum gaz çekiş hızının %2'sini aşmaması gerekir.

Örnekleme numunelerinin toplanması;

- Her örnekleme için ilk 3 impingerdeki numunelerin alınması, impergerlerin belli miktardaki saf su ile yıkanması ve aynı numune kabına aktarılması gerekir. Bu örneklemeye ait filtre ile aynı seri numarası verilerek kaydedilmesi gerekir.

- Her örnekleme için 100 ml saf su şahit numune olarak alınmalıdır.
- Numunelerin toplama kaplarında, 20 ^{0}C'den soğuk koşullarda taşınarak laboratuvara teslim edilmesi gerekir (TS EN 1911, 2011).

Bir impingerin tasarımı ve ölçüleri Şekil 2.36.'da, bu çalışmada örneklemelerde kullanılan impinger seti ve bağlantı aparatları ise Şekil 2.37.'de verilmiştir.

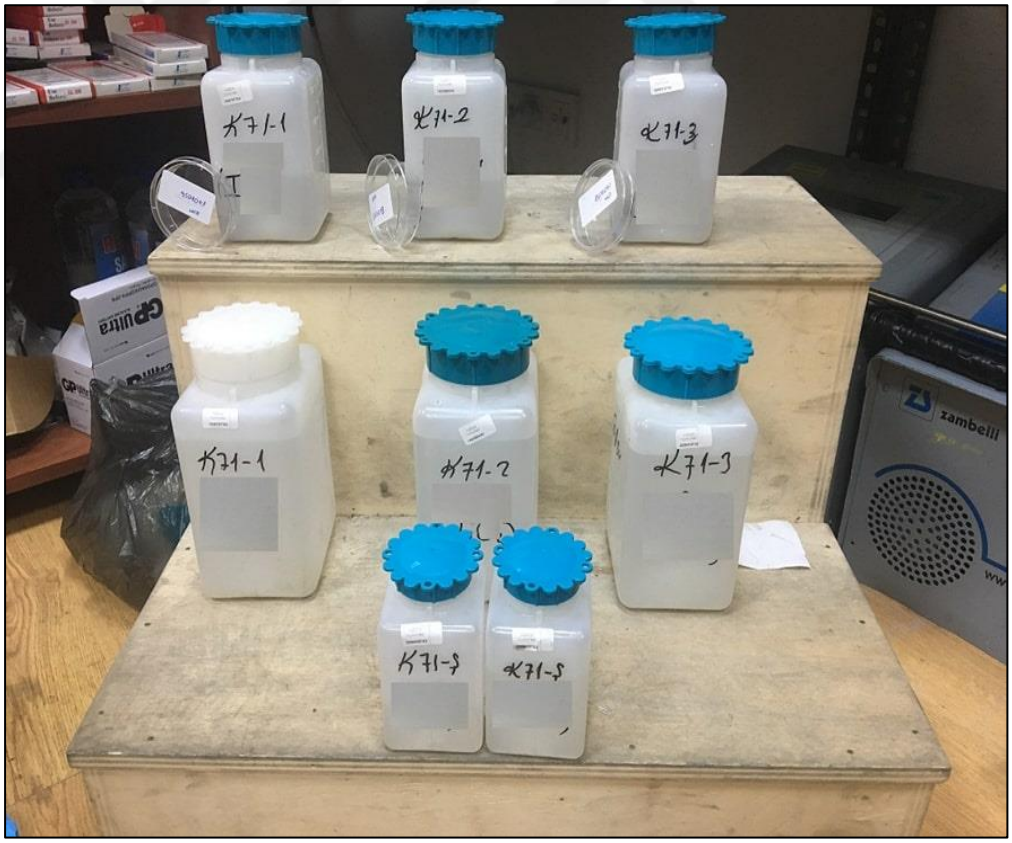


Şekil 2.36. İmpinger tasarımı (TS EN 1911, 2011)



Şekil 2.37. İmpingerler, cam filtre tutucular ve bağlantı aparatları

Bir HCl örneklemesi için, bacadan alınmış numunelere örnek Şekil 2.38.'de verilmiştir.



Şekil 2.38. Bacada HCl örnekleme numuneleri (örnek)

2.8. Bacada HF Örneklemesi

Bacalardan atmosfere yayılan ve HF olarak tanımlanan florür iyonlarının içeriğinin belirlenmesi amacıyla yapılan örneklemelerdir, örnekleme için temel olarak EPA Method 13A standardı kullanılır.

2.8.1. Bacada HF örneklemesinde kullanılan cihaz ve ekipmanlar

- İzokinetik örnekleme pompası.
- Isıtmalı prob, ısıtmalı hat ve cam aparatlar.
- Soğuk su kutusu/yoğuşturucu.
- İmpingerler.
- Filtreler, cımbız, petri kapları.
- Saf su ve sıvı numune kapları. Şekil 2.33.'te verilen cihaz ve ekipmanlar HF örneklemesinde de kullanılmıştır.

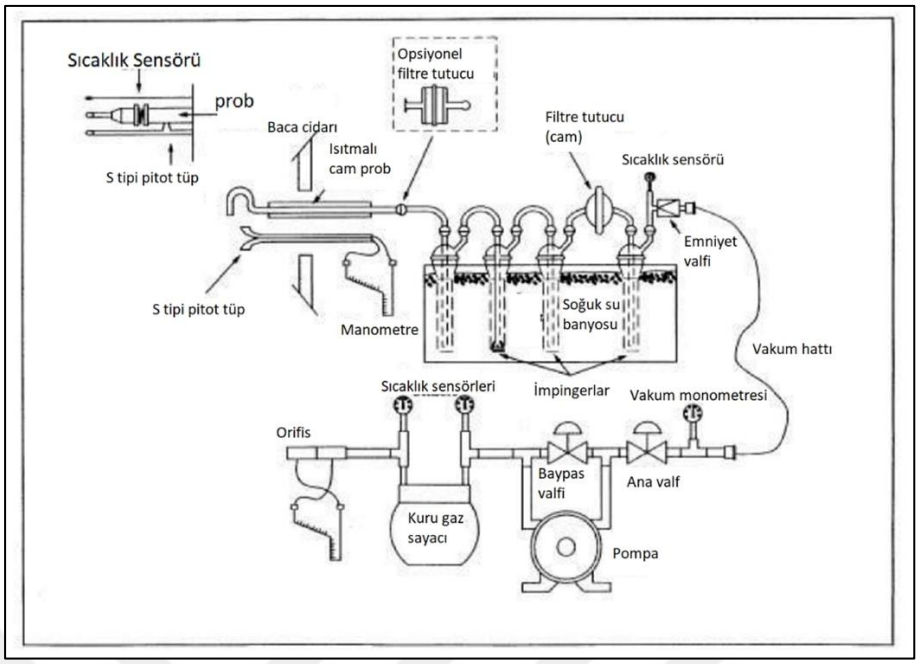
2.8.2. Bacada HF örnekleme işlemleri

- Bacada örnekleme portu ve travers noktalarının EPA Method 1 standardına göre belirlenmesi gerekir.
- Örnekleme düzeneği cam malzeme olmalıdır.
- Filtre tutucunun prob ile 1. impinger arasında konumlandırıldığı durumlarda sızdırmazlığı sağlamak için cam frit veya sinterlenmiş metal filtre desteği kullanılmamalıdır. Filtre tutucunun 3. ve 4. impirgerler arasına konumlandırıldığı durumlarda cam frit filtre desteği kullanılabilir.
- HF örneklemelerinde kullanılacak filtrenin tartılmasına gerek yoktur. Örnekleme düzeneği Şekil 2.39.'da verilmiştir.
- Düzeneğe göre 1. ve 2. impingerlere belirli miktarda saf su konulması gerekir (100 ml).
- 3. impingerin boş bırakılması ve 4. impinger ile arasına cam filtre tutucu konumlandırılması gerekir.
- 4. impingere belli miktarda silika je konulması gerekir (200-300 gr).

- Isıtmalı hat 120 ± 14 ^{0}C aralığında ısıtılmalıdır.
- EPA Method 5'e göre sızıntı testi yapılması gerekir.
- İzokinetik şartlarda, 28 l/dk'lık akış hızını geçmeyecek şekilde örnekleme yapılmalıdır. Nozulun bu akış hızını koruyacak çapta seçilmesi gerekir.
- Örnekleme süresi en az 30 dk olmalıdır (EPA Method 13A, 2017).

Örnekleme numunelerinin toplanması;

- Numune kabı olarak 1 litrelik polietilen şişeler kullanılması gerekir.
- İlk 3 impingerdeki örneklenmiş numune bir kaba alınmalıdır, impingerler belli miktardaki saf su ile 3 defa durulanmalı ve filtre ile birlikte aynı örnekleme numune kabına konulmalıdır.
- Daha sonra probun filtreden önceki kısmı da saf su ile yıkanarak örnekleme numune kabına konulmalıdır (yıkama için 500 ml'yi geçemeyecek şekilde saf su kullanılması gerekir).
- Örnekleme kayıplarını engellemek için, örnekleme sonrası probun dış yüzeyinin ve içinin saf su ile durulanıp örnekleme numune kabına konulması gerekir.
- Kullanılmayan temiz bir filtre ve örnekleme kabındaki toplam numune miktarı kadar saf su şahit numune kabına konulmalıdır.
- Kullanılan silika jeldeki renk değişiminin not edilmesi ve bir numune kabına alınması gerekir.
- Her baca için 3 örnekleme yapılması gerekir.
- Numuneler 20 ^{0}C'den soğuk koşullarda taşınarak laboratuvara teslim edilmelidir.



Şekil 2.39. HF örnekleme düzeneği (EPA Method 13A, 2017)

HF örneklemesinden sonra alınmış numunelere örnek Şekil 2.40.'ta verilmiştir.



Şekil 2.40. Bacada HF örnekleme numuneleri (örnek)

2.9. Bacada Ağır Metal Örneklemesi

Bacadan atmosfere salınan ağır metallerin örneklenmesi EPA Method 29'a göre yapılmalıdır. Dolayısıyla ağır metal örneklemelerinde, örnekleme portlarının ve travers noktalarının EPA Method 1'e göre tespit edilmesi, kullanılan cihazlar ve ekipmanlar için de EPA Method 5'in kullanılması gerekir. Bu yöntemde amaç ağır metal emisyonlarını belirlemektir. Bununla birlikte yöntemde ön görülen prosedürlere uyulması durumunda, aynı anda ek olarak PM emisyonları da belirlenebilir (EPA Method 29, 2017).

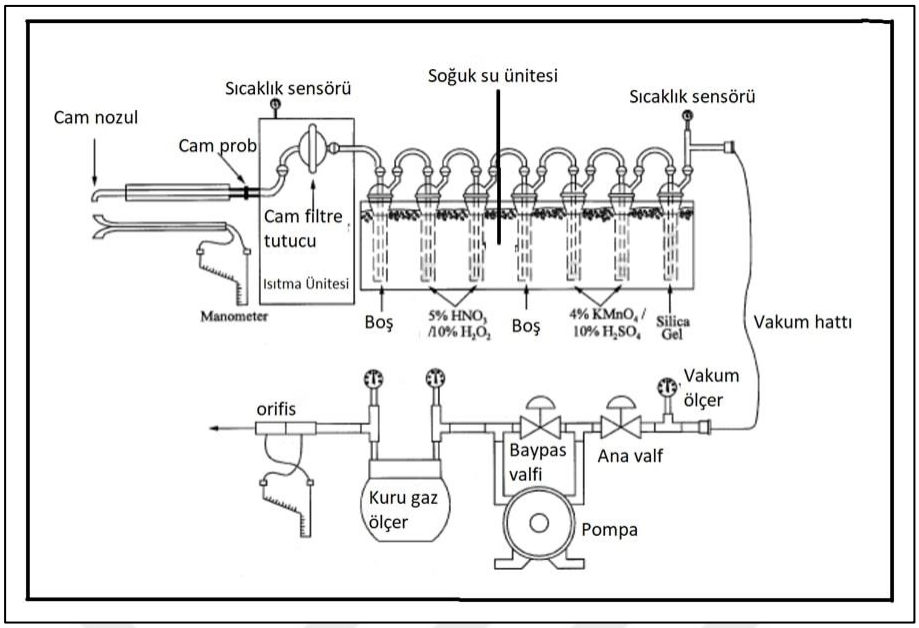
2.9.1. Bacada ağır metal örneklemesinde kullanılan cihaz ve ekipmanlar

- İzokinetik örnekleme pompası.
- Borosilikat veya kuvars prob ve aparatları.
- Cam filtre tutucu (mümkünse teflon filtre desteği).
- Isıtmalı prob ve hat.
- Soğuk su banyosu/yoğuşturucu.
- İmpingerler.
- Teflon bant (örnekleme düzeneğinde sızdırmazlığı sağlamak için bağlantılarda ve açıklıklarda kullanılmak üzere).
- Fırça, yıkama şişleri, numune saklama kapları, petri kaplar, dereceli cam silindir, huni, cımbız.
- $KMnO_4$ içeren numunelerin taşınması için, 500 ml ve 100 ml'lik teflon kapaklı ve oksitleyici solüsyonlarla tepkime vermeyen cam şişeler.
- Diğer numuneler için cam veya polietilen şişeler.
- Saf su, silika jel, ezilmiş buz.
- Konsantre HNO_3 çözeltisi, konsantre HCl çözeltisi, %30'luk H_2O_2, $KMnO_4$, konsantre H_2SO_4 çözeltileri (EPA Method 29, 2017).

2.9.2. Bacada ağır metal örnekleme işlemleri

Bacada ağır metal örnekleme düzeneği Şekil 2.41.'de verilmiştir.

- Örnekleme port ve travers noktaları EPA Method 1'e göre tespit edilir.
- Örneklemede Hg örneklenmeyecekse 4 impinger yeterlidir.
- 1. impinger güvenlik amaçlı nem tutucu olarak boş bırakılır (opsiyonel).
- 2. ve 3. İmpingerlere belli miktarlarda (100 ml) %5 HNO_3 / %10 H_2O_2 çözeltisi konulur
- 4. impingere belli miktarda silika jel konulur (tercihen 200-300 gr).
- Eğer civa örneklemesi de yapılacaksa, sisteme 3 impinger daha eklenir. Bu durumda 4. impinger boş bırakılır, 5. ve 6. impingerlere belli miktarda (100 ml) %4 $KMnO_4$ / %10 H_2SO_4 çözeltisi konulur.
- 7. impingere bilinen miktarda (200-300 gr) silika jel konulur.
- Düzenek tamamlanır, sızıntı testi yapılır. Sonucun, EPA Method 17'ye göre maksimum çekişin %4'ünden veya 0.6 l/dk'dan az olması istenir.
- Isıtmalı prob ve hat 120 ± 14 ^{0}C'ye ısıtılır, yoğuşturucudan sonraki gaz sıcaklığı 20 ^{0}C'yi geçmemelidir.
- Her bir travers noktasında minimum 2 dk örnekleme yapılır.
- Çekilecek minimum hacim, analiz için gereken minimum miktar dikkate alınarak ilgili kurum tarafından belirlenir.
- İzokinetik sapmanın örnekleme boyunca ±%10 sınır değerleri içerinde olması sağlanır.
- PM örneklenmeyecekse, filtrelerin şartlandırılmasına ve tartılmasına gerek yoktur.



Şekil 2.41. Ağır metal örnekleme düzeneği (EPA Method 29, 2017)

Bir ağır metal örneklemesi sonrası alınmış numunelere örnek Şekil 2.42.'de verilmiştir.



Şekil 2.42. Bacada ağır metal örnekleme numuneleri (örnek)

Bütün numune kaplarının sıvı seviyeleri işaretlenerek not edilmeli ve numuneler analiz edilmek üzere laboratuvara teslim edilirken sızıntı ve kayıp olup olmadığı kontrol edilmelidir. Eğer fazla miktarda kayıp var ise ölçümün tekrarlanması gerekir (EPA Method 29, 2017).

2.10. Bacada Uçucu Organik Bileşik (VOC) Örneklemesi

Bacadan atmosfere salınan VOC'lerin örneklenmesinde PD CEN/TS 13649 kullanılır ve TS EN 15259 standardına göre örnekleme stratejisi belirlenir. Standart, proseslerde kullanılan solventlerden kaynaklanan VOC emisyonlarının örneklenmesi ve analizi süreçlerini anlatır.

2.10.1. Bacada VOC örneklemesinde kullanılan cihaz ve ekipmanlar

- VOC örnekleme cihazı (seyreltmeli)
- Prob ve numune hattı
- Adsorban olarak aktif karbon tüpü
- Silika jel

Bacada VOC örneklemesinde kullanılan MF marka seyreltmeli VOC örnekleme cihazı, aktif karbon tüpü ve bir VOC örneklemesi Şekil 2.43.'te verilmiştir.



Şekil 2.43. MF VOC örnekleme cihazı (sol), aktif karbon tüpü (orta), VOC örneklemesi (sağ)

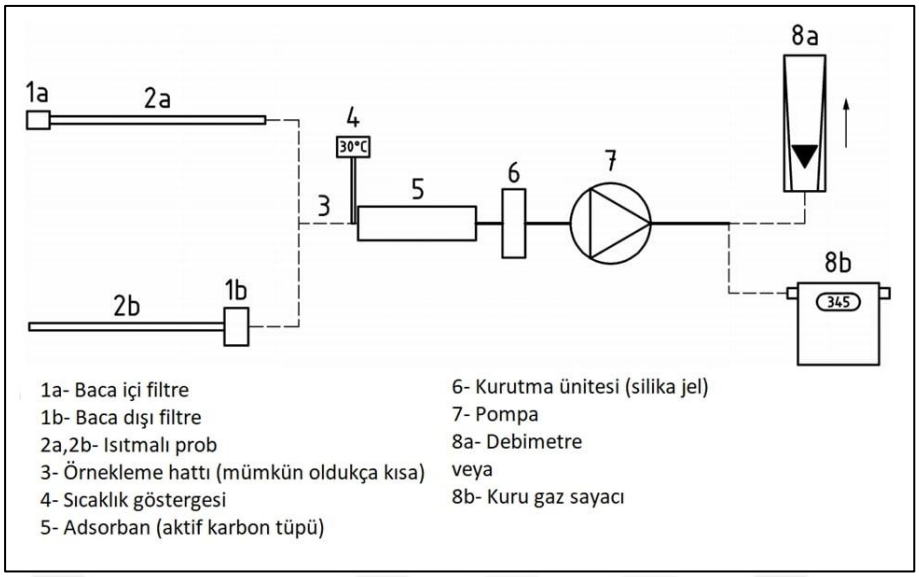
2.10.2. Bacada VOC örnekleme işlemleri

Gaz halindeki organik bileşiklerin ölçümü üç adımda tamamlanır; örnekleme, desorpsiyon ve analiz.

Adsorban olarak kullanılan aktif karbon tüpü;

- Ön kısmında bir cam yünü tıpanın arkasında 100 mg aktif karbon içeren bir ana tabaka,
- Ana tabakadan ayrılmış, 50 mg aktif karbon içeren güvenlik tabakasından oluşur.
- VOC örnekleme cihazı, ayarlanabilir akış hızına sahip olmalıdır (termal desorpsiyon için 0.1 l/dk ve aktif karbon tüpleri için 0.5 l/dk'ya kadar).
- Aktif karbon tüpüne gelen atık gaz sıcaklığının 40 ^{0}C'yi aşmaması sağlanmalıdır.
- Yüksek baca gazı sıcaklığı tespit edildiğinde ve yüksek konsantrasyonlu atık gaz varlığı şüphesi oluştuğunda, seyreltmeli örnekleme yapılması gerekir.
- Örnekleme öncesi ve sonrası sızıntı testi yapılmalıdır (hacim ölçer için verilen %5'lik sapma sınır değer aralığı sızıntı testi için de geçerli aralıktır).
- Numunelerin, doğrudan güneş almayacak şekilde ve 25 ^{0}C'nin altında taşınarak laboratuvara teslim edilmesi gerekir.
- Şahit numune; örnekleme alanında VOC varlığının tespiti için örnekleme yapılıyor gibi alınan fakat baca gazına maruz bırakılmayan numunedir. Her gün için, 6 numuneye kadar 2, 10'dan fazla numune alınacaksa 3 şahit numune alınması gerekir.
- Aktif karbon tüpüne; 0.1 l/dk ile 0.5 l/dk akış hızları aralığında bir akış hızında, 10 l ile 50 l arasında bir atık gaz hacmi çekilmelidir.
- Örnekleme sonrası tüplerin ağzı kapatılarak muhafaza edilmelidir (PD CEN/TS 13649, 2015).

Örnekleme düzeneği Şekil 2.44.'te verilmiştir.



Şekil 2.44. VOC örnekleme düzeneği şematik gösterimi (PD CEN/TS 13649, 2015)

2.11. Bacada PAH Örneklemesi

PAH'lar insan sağlığı açısından kanserojen etkiler gösteren kirleticileridir. Gıda, toprak, su ve PAH içeren diğer maddelere temas yoluyla insan vücuduna geçerler. PAH'lar orman yangınları gibi doğal süreçlerin yanında kömür, odun ve petrol yakma, kok üretimi ve alüminyum ergitme gibi endüstriyel işlemlerden ve araç emisyonlarından insan kaynaklı olarak da yayılırlar (ISO 11338-1, 2003).

Sabit kaynaklardan (baca) atmosfere salınan PAH emisyonlarının belirlenmesi, endüstriyel süreçlerin çevresel etkilerini belirmek açısından önemlidir.

2.11.1. Bacada PAH örneklemesinde kullanılan cihaz ve ekipmanlar

- İzokinetik örnekleme cihazı.
- Isıtmalı hat ve prob.
- İmpinger ve nozul seti (cam).
- Salyangoz soğutma ünitesi.
- Reçine (XAD-2) (PAH tutucu).
- Silika jel.

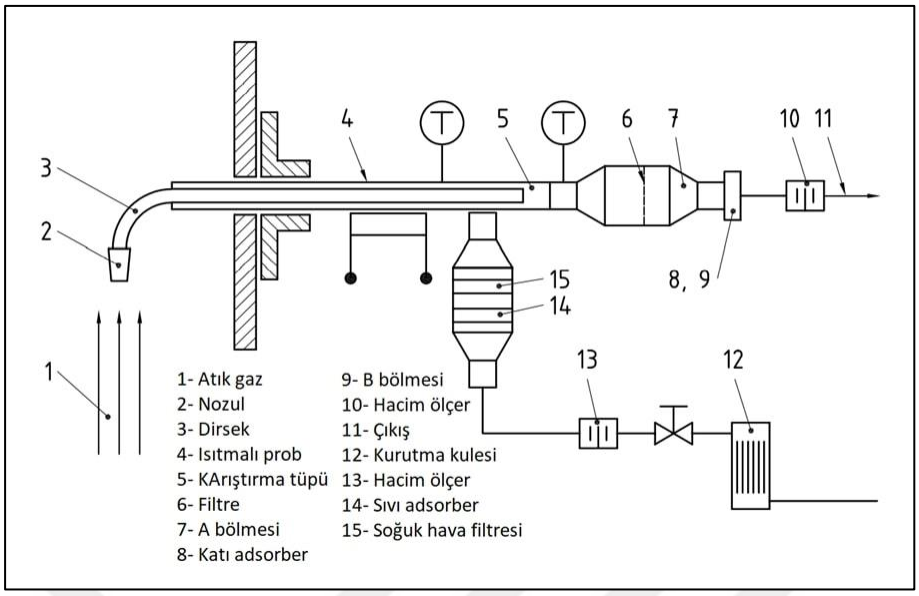
PAH'lar hem buhar fazında, hem de PM'lere tutunmuş olarak salındığından, örnekleme düzeneğinde filtre, yoğuşma ünitesi ve katı veya sıvı adsorban aynı anda bulunur. Baca gazında PAH örneklemelerinde katı adsorblayıcı reçine kullanılmıştır.

2.11.2. Bacada PAH örnekleme işlemleri

Tüm örnekleme yöntemleri için genel gereklilikler;

- TS ISO 9096 standardı dikkate alınır ve tüm traverslerde izokinetik örnekleme yapılması gerekir.
- Sızıntı testi yapılmalıdır, sızdırmazlık oranı örnekleme akışının %5'inden fazla olmamalıdır.
- Adsorbandan geçecek minimum atık gaz hızları; XAD-2 için, pompa akış hızının minimum 0.4 l/dk ve reçine bölmesindeki hızın 34 cm/s'den az olması gerekir.
- Örnekleme düzeneğinin cam kısımları ışıktan korunmalıdır.
- Örnekleme numuneleri −7 ^{0}C'de ve karanlıkta muhafaza edilmelidir.
- 6 mm'den küçük çapta nozul kullanılmamalıdır.
- Reçineden geçen atık gaz sıcaklığının 20 ^{0}C'den yüksek olmaması gerekir.
- Örnekleme düzeneğinin tasarımına da bağlı olarak, toplam 1 m^3/sa ile 6 m^3/sa arasında bir atık gaz hacminin reçineden geçmesi gerekir.
- Baca gazı akış hızı, örnekleme düzeneğinin tasarımına göre 8.33 l/dk ile 33.33 l/dk arasında olabilir (ISO 11338-1, 2003).

Bacada PAH örneklemeleri yapılan reçineli örnekleme düzeneğinin şematik bir gösterimi Şekil 2.45.'te, bacada PAH örnekleme düzeneği ve örneklemesi Şekil 2.46.'da verilmiştir.



Şekil 2.45. PAH örnekleme düzeneği (ISO 11338-1, 2003)



Şekil 2.46. Isıtmalı prob (sol), salyangoz soğutma ünitesi (orta), impingerler ve soğuk su ünitesi (sağ)

Emisyon örneklemesi yapılan bacaların, hangi metoda göre, kaç port ve kaç traverste, ne kadar süreyle, kaç mm'lik nozul kullanılarak örneklendiği Çizelge 2.11'de, her bacada 3 ayrı numune için kaç litre atık gaz hacmi çekildiği ve her bacada 3 ayrı örnekleme için izokinetik sapma değerleri Çizelge 2.12'de verilmiştir. Verilen süreler 1 numune almak için yapılan örnekleme süreleridir.

Çizelge 2.11. Örneklemelerin, port ve travers sayıları, süreleri, nozul çapları ve baca yükseklikleri

Baca	Ölçüm metodu	Port	Travers	Süre (dk)	Nozul (mm)	Baca yüksekliği (m)	
						çatıdan	yerden
A1 (PM)	EPA Method 1 (2D-8D)	2	12	48	6	bağımsız	11.00
A1 (ağır metal)	EPA Method 1 (2D-8D)	2	12	48	8	bağımsız	11.00
B1	EPA Method 1 (2D-8D)	3	9	36	8	2.70	15.70
B2	EPA Method 1 (2D-8D)	3	9	36	7	2.70	15.70
B3	EPA Method 1 (2D-8D)	3	9	36	7	2.70	15.70
B4	EPA Method 1 (2D-8D)	3	9	36	7	2.70	15.70
B5	TS EN 13284-1 (5D-5D)	1	1	30	6	2.60	15.60
B6	EPA Method 1 (2D-8D)	4	12	36	8	3.10	23.10
B7	Yanma gazı ölçümü	-	-	8-12	-	6.00	19.00
B8	Yanma gazı ölçümü	-	-	8-12	-	6.00	19.00
C1	EPA Method 1 (1.25D-5D)	2	20	40	11	2.30	7.30
C2	EPA Method 1 (1.25D-5D)	2	20	40	10	1.80	7.30
C3	EPA Method 1 (2D-8D)	2	8	32	12	2.00	7.10
C4	TS EN 13284-1 (5D-5D)	1	1	30	8	2.20	7.20
C5	TS EN 13284-1 (5D-5D)	1	1	30	7	3.60	8.60
C6	EPA Method 1 (2D-8D)	2	8	40	9	2.00	7.00
C7	EPA Method 1 (2D-8D)	2	8	40	8	2.00	7.00
D1	TS EN 13284-1 (5D-5D)	1	1	30	12	2.15	15.15
D2	TS EN 13284-1 (5D-5D)	1	1	35	12	2.15	15.15
D3	EPA Method 1 (2D-8D)	2	8	32	14	2.60	15.60
D4	EPA Method 1 (2D-8D)	2	8	32	14	2.60	15.60
D5	TS EN 13284-1 (5D-5D)	1	1	35	11	2.20	15.20
D6	TS EN 13284-1 (5D-5D)	1	1	30	12	2.70	15.70
E1	TS EN 13284-1 (5D-5D)	1	1	30	13	7.70	11.80
E2	TS EN 13284-1 (açı testi-travers arttırımı)	2	8	32	5	2.50	9.80
F1	EPA Method 1 (0.5D-2D)	2	24	48	9	2.60	9.60
F2	TS EN 13284-1 (5D-5D)	1	1	30	11	2.20	9.20
F3	EPA Method 1 (0.5D-2D)	5	25	50	11	2.00	9.00
F4	TS EN 13284-1 (5D-5D)	2	4	32	6	2.30	9.30
F5	Yanma gazı ölçümü	-	-	8-12	-	8.00	15.00

Çizelge 11. **(devam)**

Baca	Ölçüm metodu	Port	Travers	Süre (dk)	Nozul (mm)	Baca yüksekliği (m)	
						çatıdan	yerden
G1	TS EN 13284-1 (5D-5D)	1	1	30	12	1.30	10.50
G2	TS EN 13284-1 (5D-5D)	1	1	30	5	1.80	11.00
H1	EPA Method 1 (0.5D-2D)	5	25	50	5	3.20	7.40
H2	EPA Method 1 (0.5D-2D)	4	24	48	5	1.65	9.10
H3	EPA Method 1 (0.5D-2D)	4	24	48	6	3.00	7.70
H4	EPA Method 1 (0.5D-2D)	5	25	50	5	2.00	6.25
I1 (PM)	EPA Method 1 (2D-8D)	2	8	48	5	bağımsız	11.00
I1 (ağır metal)	EPA Method 1 (2D-8D)	2	8	48	5	bağımsız	11.00
I1 (PAH)	EPA Method 1 (2D-8D)	2	4	92	4	bağımsız	11.00
J1	EPA Method 1 (0.5D-2D)	5	25	50	10	2.00	5.50
J2	TS EN 13284-1 (açı testi-travers arttırımı)	1	2	30	8	1.80	4.30
J3	TS EN 13284-1 (açı testi-travers arttırımı)	1	2	30	10	1.65	9.95
J4	TS EN 13284-1 (5D-5D)	1	1	30	7	1.60	10.10

Çizelge 2.12. Örneklemelerde çekilen atık gaz hacmi ve izokinetik sapma değerleri

Baca	Çekilen hacim (l)			İzokinetik sapma (%)		
	1.Ölçüm	2.Ölçüm	3.Ölçüm	1.Ölçüm	2.Ölçüm	3.Ölçüm
A1 (PM)	1006	995	900	-0.48	0.11	0.69
A1 (ağır metal)	1223	1177	1026	-0.98	0.22	-0.63
B1	1270	1270	1278	-0.50	-0.86	-0.61
B2	1063	1066	1071	-1.89	-0.42	-0.66
B3	1014	1000	999	-0.47	-0.50	-0.39
B4	1004	1041	1046	-2.20	-0.66	-0.68
B5	927	930	946	-0.49	-0.33	-0.34
B6	1057	1075	1056	-0.81	-0.48	-0.81
C1	1127	1166	1347	-1.27	-1.16	-1.42
C2	1265	1298	1253	-1.60	-0.86	-0.74

Çizelge 2.12. **(devam)**

Baca	Çekilen hacim (l)			İzokinetik sapma (%)		
	1.Ölçüm	2.Ölçüm	3.Ölçüm	1.Ölçüm	2.Ölçüm	3.Ölçüm
C3	958	926	951	-0.69	-0.96	-0.82
C4	873	874	901	-0.58	-0.58	-0.61
C5	961	924	908	-2.14	-1.18	-0.82
C6	1077	1078	1076	-0.17	-0.61	1.09
C7	1035	846	936	1.66	-0.48	-0.86
D1	822	728	711	-3.70	-0.43	-0.48
D2	880	865	877	-0.47	-0.32	-0.28
D3	770	865	909	-0.37	-2.41	-0.58
D4	910	773	806	-0.58	-0.65	-2.23
D5	1026	1043	1050	0.32	0.30	0.22
D6	1042	1022	1009	0.24	0.30	1.24
E1	1026	1036	1031	-2.65	0.16	0.13
E2	869	872	867	-0.80	-0.83	-0.58
F1	1851	1809	1660	-7.49	-2.70	-0.87
F2	895	924	990	-5.62	-0.35	-0.34
F3	1383	1386	1398	-2.10	-1.01	-1.21
F4	887	906	899	-2.91	-0.48	-0.60
G1	938	966	955	-2.20	-0.61	-0.69
G2	982	972	977	-0.49	-0.41	-0.48
H1	970	986	971	-1.05	0.46	-1.05
H2	1030	907	908	-0.01	-0.57	-0.55
H3	972	916	965	-1.62	-1.24	-1.34
H4	793	796	794	-2.35	-1.06	-2.35
I1 (PM)	1418	1314	1348	2.69	1.77	1.38
I1 (ağır metal)	1323	1310	1352	2.77	1.67	1.98
I1 (PAH)	1556	1532	1627	-0.30	-0.90	0.20
J1	1351	1323	1331	-0.86	-1.60	-1.54
J2	1027	1014	1018	-0.86	-0.79	-0.66
J3	933	950	956	-2.43	-0.53	-0.70
J4	982	989	990	-0.52	-0.47	-0.55

2.12. Çöken Toz İmisyon Örneklemeleri

Çöken toz ölçümlerinin, TS 2342 ve TS 2341 standartlarına göre yapılması gerekir. Bu standartlar, atmosferde var olan, kendi ağırlığı veya rüzgar vb. atmosferik olaylarla çöken partikül nitelikli kirleticilerin toplanma şeklini ve kullanılan çöken toz cihazının yapımını anlatır (TS 2342, 1976; TS 2341, 1976).

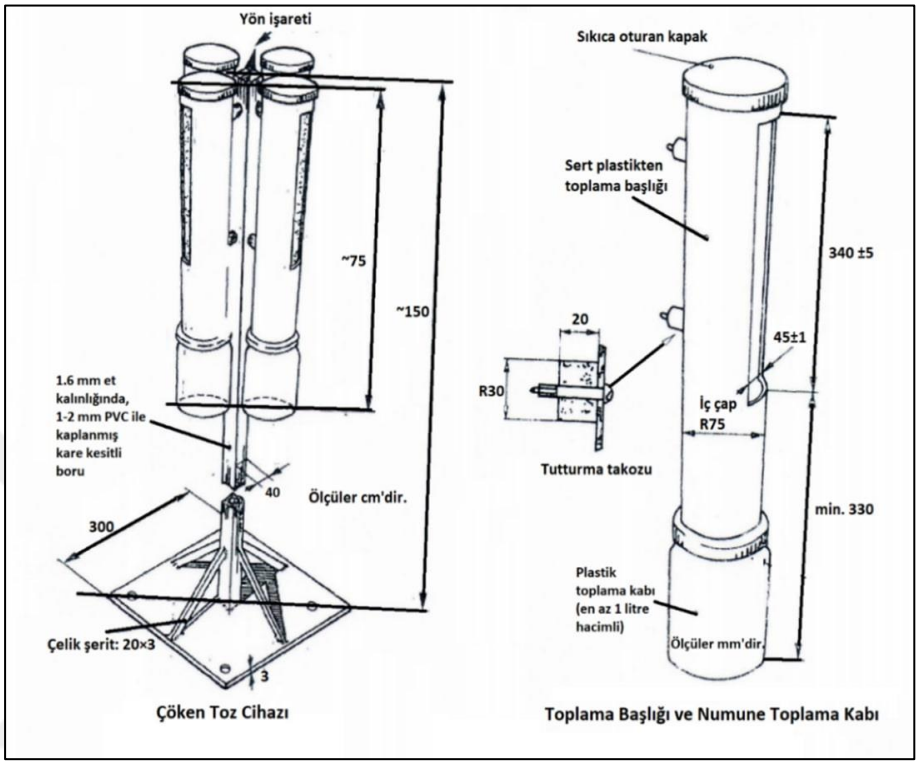
2.12.1. Çöken toz örneklemelerinde kullanılan cihaz ve ekipmanlar

- Çöken toz cihazı.
- Numune toplama kapları.
- 0.02 N bakır sülfat ($CuSO_4$).
- Dereceli silindir.

2.12.2. Çöken toz örnekleme işlemleri

- Çöken toz cihazının, örnekleme yapılacak alanda açık bir konuma yerleştirilmesi gerekir (PM girişini engelleyecek yakınlıktaki engellerden ve yükseltilerden uzakta).
- Cihaza monte numune toplama kaplarında, mantar ve mikroorganizma üremesini engellemek amacıyla, her bir numune toplama kabına 10 ml 0.02 N $CuSO_4$ çözeltisi koyulması gerekir. Bu durum analiz esnasında hesaba katılmalıdır (TS 2342, 1976).
- Çöken toz cihazları, SKHKKY dikkate alınarak tesisteki doldurma, eleme, kırma, taşıma ve öğütme ünitelerinin tesis etki alanları içerisine konumlandırılmalıdır (SKHKKY, 2009).
- Yerden minimum 1.5 m, maksimum 4 m yukarıda olmalıdır. Engellere 1.5 m uzaklıkta olmalıdır. Orman içerisinde yapılacak ölçümlerde ise ağaçlardan daha yükseğe kurulması gerekir (Çevre Referans, 2017).
- Toplanan numune kaplarına, bölge adı, bölge özellikleri (ormanlık vb.) ve varsa çökelti miktarını arttırma ihtimali olan diğer etkilerin not edildiği etiketlerin yapıştırılması gerekir (TS 2342, 1976).

Çöken toz cihazı 4 ayrı yöne bakacak şekilde tasarlanmıştır. Cihazın şekli ve yapısal özellikleri Şekil 2.47.'de verilmiştir.



Şekil 2.47. Çöken toz cihazı, toplama cihazı ve numune toplama kabı (TS 2342, 1976)

Çöken toz örneklemesi yapılan K Tesisi'ne yerleştirilen 2 adet çöken toz cihazı Şekil 2.48.'de verilmiştir.



Şekil 2.48. K Tesisi içerisinde konumlandırılmış çöken toz örnekleme cihazları

2.13. PM_{10} İmisyon Örneklemeleri

Atmosferde asılı halde bulunan, aerodinamik çapı 10 mikrometreden küçük veya eşit olan PM'lerin kütle konsantrasyonlarının TS EN 12341 standardına ve/veya EPA 40 CFR Part 50 metoduna göre örneklenmesi gerekir (TS EN 12341, 2015; EPA 40 CFR Part 50, 1987).

Prensip olarak, sabit akışlı bir çekiş pompasının, özel tasarım bir başlık vasıtasıyla atmosferde asılı halde bulunan PM_{10} imisyonlarını bir filtreye örneklemesi işlemidir.

2.13.1. PM_{10} örneklemesinde kullanılan cihaz ve ekipmanlar

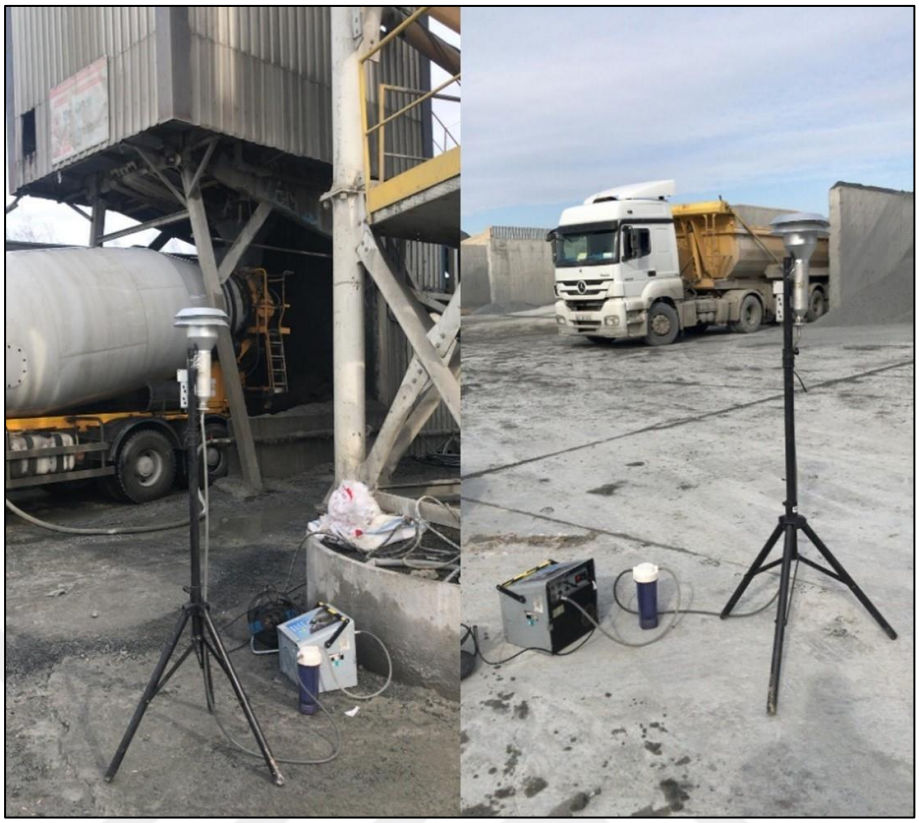
- Sabit akışlı çekiş pompası.
- PM_{10} başlığı ve yükseltme aparatı.

- Filtre, petri kabı.
- Silika jel ve bağlantı ekipmanları.

2.13.2. PM_{10} örnekleme işlemleri

- PM_{10} örnekleme düzeneğinin, SKHKKY dikkate alınarak tesisteki doldurma, eleme, kırma, taşıma ve öğütme ünitelerine 3m mesafede konumlandırılması gerekir (SKHKKY, 2009).
- Örnekleme yapılan noktanın koordinatlarının, ortam sıcaklığının ve barometrik basıncının kayıt altına alınması gerekir.
- Örneklemenin sabit akış hızında bir çekişle yapılması gerekir (EPA 40 CFR Part 50, 1987).
- TS EN 12341 standardına göre, sabit akış hızının 38.33 l/dk, EPA 40 CFR Part 50 metoduna göre, sabit akış hızının 16.67 l/dk olması gerekir (Çevre Referans, 2017).

PM_{10} örneklemesi yapılan K Tesisi'nde kurulan örnekleme düzenekleri ve örnekleme anı Şekil 2.49.'da verilmiştir.



Şekil 2.49. K Tesisinde bunker önü (sol) ve stok sahasında (sağ) yapılan PM10 örneklemeleri

3. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

A Tesisi; kapasitesi 100 kg/gün ve daha fazla ve 50 ton/gün'den daha az demir dışı metallerin ergitildiği ve/veya döküldüğü, atık ara depolama, geri kazanım ve bertaraf tesisi.

B tesisi; püskürtmeli maddeler ile demir-çelik yapı konstrüksiyonları, çelik konstrüksiyonlar ve sac parçaları yüzeylerinin taşlama ve zımparalama işlemlerinin yapıldığı, gemi ve yat inşa ve bakım/onarım tesisi.

C tesisi; plastik madde kullanımı 25 kg/sa ve daha fazla olan ve elektronik ev eşyalarının boyanarak üretiminin yapıldığı tesis.

D Tesisi; haddeleme işlemi yapılmayan ve yanma ısıl gücü yüksek olan metallerin ısıl işleme tabi tutulduğu tesis.

E Tesisi; toplam 2 ton/gün ve daha fazla, 100 ton/gün'den daha az organik kimyasal çözücü maddelerin (alkoller, aromatikler, aldehitler, ketonlar, asitler, esterler, asetatlar, eterler vb.) hammadde olarak kullanıldığı tesis.

F Tesisi; gaz yakıt (doğalgaz, sıvılaştırılmış petrol gazı, kok gazı, yüksek fırın gazı vb.) yakan ve toplam yakma sistemi ısıl gücü 2 MW ve daha büyük, 100 MW'tan daha küçük olan tesis.

G Tesisi; kükürt veya karbon kullanılarak vulkanize lastik üreten tesis.

H Tesisi; ahşap veya metal yüzeylerin 250 kg/sa ve üzerinde organik çözücü kullanılarak boyandığı tesis.

I Tesisi; kapasitesi 100 kg/gün ve daha fazla ve 50 ton/gün'den daha az demir dışı metallerin ergitildiği ve/veya döküldüğü, atık ara depolama, geri kazanım ve bertaraf tesisi.

J Tesisi; ambalaj atıkları dışındaki, tehlikesiz atık niteliğindeki plastik türevli ve/veya tekstil türevli atıkların geri kazanıldığı tesis.

K tesisi ise; üretim kapasitesi 10 m^3/sa veya üzerinde olan, çimento kullanılarak beton, harç veya yol yapım malzemesi üreten tesis.

Analiz sonuçlarında verilen tüm değerler, tüm ölçümler için ortalama değerlerdir.

3.1. Baca Gazında Hız, Sıcaklık ve Nem Ölçüm Sonuçları

Örnekleme yapılan bacalar için baca gazı hızı, sıcaklık ve nem değerleri ve SKHKKY'ne göre hız sınır değeri Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Baca gazında hız, sıcaklık ve nem değerleri

Baca	Baca gazı hızı (m/s)	Sınır değer (m/s)	Baca sıcaklığı (^{0}C)	Nem miktarı (%)	
				dijital sensör	gravimetrik yöntem
A1	13.53	4	40.50	1.63	-
B1	12.06	4	20.13	0.77	-
B2	13.16	4	20.43	2.57	-
B3	12.51	4	27.01	2.73	-
B4	12.85	4	24.61	1.77	-
B5	18.64	4	25.29	0.47	-
B6	9.81	4	16.48	1.03	-
B7	5.54	4	192.00	-	6.83
B8	6.17	4	261.33	-	6.67
C1	5.49	4	34.74	1.07	-
C2	6.99	4	34.04	1.33	-
C3	5.27	4	88.26	3.27	-

Çizelge 3.1. **(devam)**

Baca	Baca gazı hızı (m/s)	Sınır değer (m/s)	Baca sıcaklığı (^{0}C)	Nem miktarı (%)	
				dijital sensör	gravimetrik yöntem
C4	10.84	4	59.49	2.27	-
C5	15.46	4	90.07	4.03	-
C6	7.09	4	25.67	0.67	-
C7	7.64	4	25.67	0.73	-
D1	5.60	4	173.86	0.77	-
D2	6.25	4	226.66	-	0.77
D3	5.03	4	246.54	-	0.57
D4	5.03	4	256.32	-	0.67
D5	6.08	4	121.60	1.00	-
D6	5.11	4	133.74	0.93	-
E1	7.43	4	153.67	8.23	-
E2	23.47	4	20.43	8.43	-
F1	10.40	4	28.56	3.37	-
F2	6.29	4	55.97	7.17	-
F3	5.06	4	26.45	3.27	-
F4	17.32	4	27.47	2.67	-
F5	5.06	4	26.45	3.27	-
G1	5.0	4	34.12	2.57	-
G2	28.63	4	29.89	2.93	-
H1	16.87	4	32.73	0.47	-
H2	17.10	4	32.74	1.20	-
H3	12.25	4	36.98	1.17	-
H4	14.88	4	59.49	2.27	-
I1	24.80	4	43.33	1.90	-
J1	6.17	4	27.67	2.33	-
J2	12.17	4	36.44	1.77	-
J3	7.63	4	44.39	2.57	-
J4	15.70	4	38.01	1.20	-

Emisyon örneklemesi yapılan tüm bacalarda, atık gaz hızları SKHKKY'nde belirtilen minimum sınır değerin üzerindedir, uygunsuz hızlarda baca tespit edilmemiştir. Baca atık gazı sıcaklığı ve nem değeri için herhangi bir sınır değer bulunmamaktadır.

3.2. Baca Gazında PM Ölçüm Sonuçları

İzokinetik şartlarda PM örneklemeleri yapılan 10 ayrı tesis için; toz konsantrasyonu değerleri mg/m^3 ve mg/Nm^3 cinsinden ve toz emisyonu değerleri kg/sa cinsinden Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

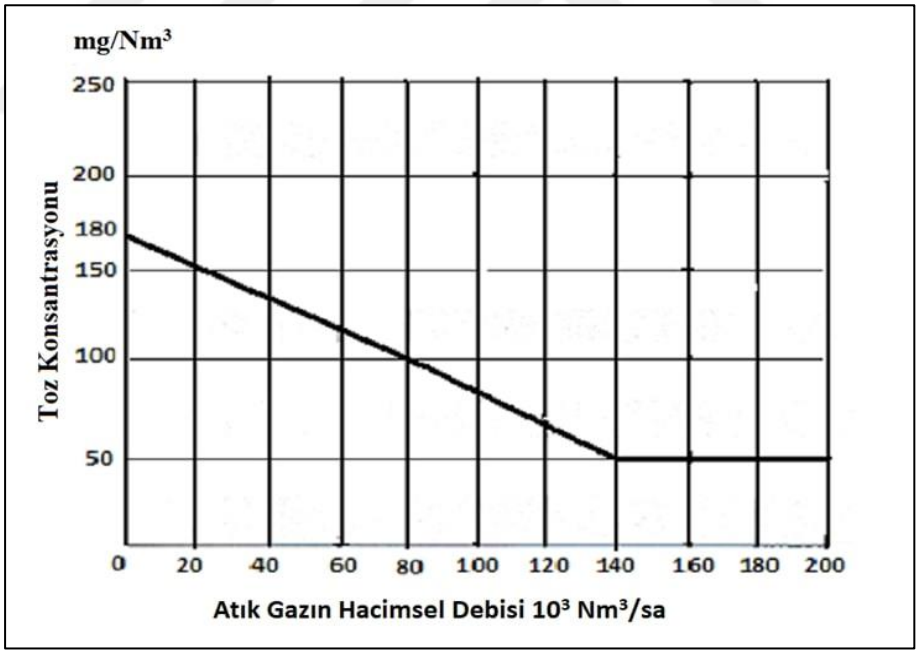
Çizelge 3.2. Baca gazında, toz konsantrasyonu ve toz emisyonu analiz sonuçları

Baca	Toz konsantrasyonu		Toz emisyonu
	mg/m^3	mg/Nm^3	kg/sa
A1	3.043	2.670	0,034
B1	1,014	1,057	0,010
B2	1,922	2,020	0,021
B3	1,358	1,440	0,014
B4	1,657	1,752	0,018
B5	23,086	24,894	0,046
B6	2,831	3,004	0,044
B7	1,749	1,033	0,001
B8	1,506	0,949	0,001
C1	0,411	0,459	0,003
C2	2,359	2,589	0,018
C3	2,310	2,569	0,003
C4	1,519	1,680	0,004
C5	0,843	0,937	0,002
C6	0,418	0,458	0,001
C7	0,357	0,399	0,001
D1	0,217	0,222	0,0002
D2	0,224	0,220	0,0001
E1	2,216	1,405	0,001
E2	0,468	0,501	0,003
F1	2,023	2,173	0,027
F2	0,529	0,565	0,0003
F3	1,125	1,199	0,015
F4	0,345	0,366	0,002
F5	0,244	0,133	0,0003
G1	0,349	0,374	0,0002
G2	0,590	0,638	0,005

Çizelge 3.2. **(devam)**

Baca	Toz konsantrasyonu		Toz emisyonu
	mg/m^3	mg/Nm^3	kg/sa
H1	2,037	2,275	0,0380
H2	2,057	2,279	0,0270
H3	2,153	2,414	0,0202
H4	2,527	2,825	0,0314
I1	3,452	3,220	0,047
J1	3,042	3,132	0,039
J2	0,294	0,312	0,0006
J3	0,759	0,772	0,001
J4	1,447	1,478	0,005

SHKKKY'ne göre atık gazlardaki PM emisyon sınır değerleri, Şekil 3.1'de verilen diyagram da kullanılarak belirlenmiştir.



Şekil 3.1. PM emisyon değerleri diyagramı (SKHKKY, 2009)

SKHKKY'nin ilgili ekleri dikkate alınarak yapılan değerlendirmeler sonucu, PM örneklemesi yapılan bacalardaki, PM emisyon değerleri sınır değerleri aşmamıştır ve yönetmelikte istenen şartları sağlamıştır.

3.3. Baca Gazında Yanma Gazları Ölçüm Sonuçları

12 ayrı baca için yanma gazı ölçümleri Çizelge 3.3.'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Yanma gazları analiz sonuçları

Baca	CO (ppm)	SO_2 (ppm)	NO (ppm)	NO_2 (NO_x cinsinden) (ppm)
A1	8.33	2.00	1.00	0.00
B7	0.00	0.00	42.66	44.00
B8	17.00	0.33	54.00	56.66
D1	58.00	0.00	2.00	2.00
D2	56.33	0.00	2.00	2.00
D3	63.66	1.33	32.66	35.66
D4	79.33	0.00	5.66	6.00
D5	46.00	0.00	44.33	46.00
D6	53.33	0.00	6.69	8.00
E1	1.00	0.00	39.00	42.3
F5	0.33	0.00	41.33	42.66
I1	8.00	1.66	2.00	3.00

SKHKKY'nin ilgili ekinde bulunan gaz yakıtlı yakma tesisleri için, yanma gazları sınır değerleri Çizelge 3.4.'te verilmiştir.

Çizelge 3.4. Yanma gazları sınır değerleri (SKHKKY, 2009)

Yakıtlar	SO_2 (mg/Nm^3)	CO (mg/Nm^3)	NO_2 (mg/Nm^3)	Toz (mg/Nm^3)
Doğal gaz, LPG, Rafineri gaz	100	100	800	10
Kok fabrikası gazı	800	100	-	100
Biyogaz	800	100	-	100

Yönetmeliğin ilgili ekleri dikkate alınarak yapılan değerlendirmede, sınır değerleri aşan baca tespit edilmemiştir. Ölçülen değerler yönetmelikte istenen şartları sağlamıştır.

3.4. Baca Gazında HCl ve HF Ölçüm Sonuçları

4 farklı baca için HCl ve HF analiz sonuçları Çizelge 3.5.'te verilmiştir.

Çizelge 3.5. Bacada HCl ve HF analiz sonuçları

Baca	HCl		HF	
	Konsantrasyonu (mg/Nm^3)	Emisyonu (kg/sa)	Konsantrasyonu (mg/Nm^3)	Emisyonu (kg/sa)
A1	-	-	-	-
C6	5.154	0.0149	Ölçüm yok	Ölçüm yok
C7	4.283	0.0132	Ölçüm yok	Ölçüm yok
I1	0.0848	0.0012	0.0343	0.0005

HCl, HF ve bazı kirleticiler için SKHKKY'nde belirtilen sınır değerler Çizelge 3.6.'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Bazı kirleticilerin, kütlesel debi cinsinden emisyon sınır değerleri (SKHKKY, 2009)

Emisyonlar	Sınır değer (kg/sa)
Toz	10
Kurşun	0.5
Kadmiyum	0.01
Talyum	0.01
Klor	20
Hidrojen klorür ve gaz halde inorganik klorür bileşikleri	20
Hidrojen florür ve gaz halde inorganik florür bileşikleri	2
Hidrojen sülfür	4
Karbon monoksit	500
Kükürt dioksit	60
Azot dioksit (NO_x-NO_2 cinsinden)	40

Çizelge 3.6. **(devam)**

Emisyonlar	Sınır değer (kg/sa)
Toplam organik bileşikler	30
Çizelgedeki emisyonlar işletmenin tamamından (bacaların tamamı) yayılan saatlik kütlesel debilerdir.	

Yönetmeliğin ilgili ekleri dikkate alınarak yapılan değerlendirmelerde, bacalardaki HCl ve HF emisyonlarının sınır değerler içerisinde olduğu tespit edilmiştir. Bacalar yönetmeliğe uygun şartları karşılamıştır.

3.5. Baca Gazında Ağır Metal (İnorganik Toz) Ölçüm Sonuçları

Bacada ağır metal örneklemesi yapılan bacaların analiz sonuçları Çizelge 3.7.'de verilmiştir.

Çizelge 3.7. A1, F5 ve I1 bacalarının ağır metal analiz sonuçları

Ağır metaller	Bacalar					
	A1		F5		I1	
	mg/m^3	g/sa	mg/m^3	g/sa	mg/m^3	g/sa
Antimon (Sb)	0.234	3,047	0,204	3,902	0,206	3,030
Arsenik (As)	2.341	3,047	2,044	4,003	2,061	3,030
Baryum (Ba)	0,234	30,475	0,204	39,023	0,206	30,300
Berilyum (Be)	0,234	3,047	0,204	3,902	0,206	3,030
Kadmiyum (Cd)	0,234	3,047	0,204	3,902	0,206	3,030
Krom (Cr)	0,047	6,095	0,041	134,981	0,041	10,672
Kobalt (Co)	2,341	3,047	2,044	3,902	2,061	3,030
Bakır (Cu)	2,341	6,095	0,204	89,118	2,061	6,060
Kurşun (Pb)	2,341	3,047	2,044	3,902	2,061	3,030
Mangan (Mn)	0,234	3,047	0,210	3,902	0,206	3,030
Cıva (Hg)	0,234	0,609	0,204	0,780	0,206	0,606
Nikel (Ni)	0,468	30,475	6,972	39,023	0,724	30,300
Fosfor (P)	0,468	30,475	4,598	39,023	0,412	30,300
Selenyum (Se)	0,234	3,047	0,204	3,902	0,206	3,030
Gümüş (Ag)	2,341	30,475	2,044	3,902	2,061	30,300

Çizelge 3.7. **(devam)**

Ağır metaller	Bacalar					
	A1		F5		I1	
	mg/m³	g/sa	mg/m³	g/sa	mg/m³	g/sa
Talyum (Tl)	0,234	3,047	0,204	3,902	0,206	3,030
Çinko (Zn)	0,234	30,475	0,204	39,023	0,206	30,300

SKHKKY'nin ilgili eklerine göre yapılan değerlendirme sonucu, belirlenen sınır değerleri aşan ağır metal ölçülmemiştir. Tüm değerler yönetmeliğin istediği şartları sağlamıştır.

3.6. Baca Gazında VOC ölçüm sonuçları

VOC örneklemesi yapılan bacaların analiz sonuçları, Çizelge 3.8.'de, Çizelge 3.9.'da, Çizelge 3.10'da, Çizelge 3.11'de, Çizelge 3.12'de ve Çizelge 3.13.'de verilmiştir.

Çizelge 3.8. A1,B1,B2,B3,B4 ve B5 bacalarının VOC analiz sonuçları

VOC'ler	Bacalar					
	A1	B1	B2	B3	B4	B5
	mg/Nm³	mg/Nm³	mg/Nm³	mg/Nm³	mg/Nm³	mg/Nm³
Acetone	-	-	-	-	-	-
Chlorobenzene	0,05143	0,24152	0,07325	-	0,03416	0,12247
Isopropanol	-	-	-	-	-	-
t-Butanol	-	-	-	-	-	-
Propanol	-	-	-	-	-	-
Bromodichloromethane	-	-	-	-	-	-
2-Hexanone	-	-	-	-	-	-
Ethyl Benzene	0,10955	0,13948	0,14133	0,15139	0,14530	0,13831
m,p-Xylene	-	-	-	-	-	-
o-Xylene	0,15698	0,23147	0,21973	0,22175	0,21760	0,21984
1,1,1,2-Tetrachloroethane	-	-	-	-	-	-
1,1,2,2-Tetrachloroethane	-	-	-	-	-	-

Çizelge 3.8. **(devam)**

VOC'ler	Bacalar					
	A1	B1	B2	B3	B4	B5
	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3
n-propylbenzene	-	-	-	-	-	-
4-Chlorotoluene	-	-	-	-	-	-
Isopropylbenzene	0,07223	0,03383	-	0,03394	0,03351	
1,2-Dichlorobenzene	0,11016	0,20780	0,18600	0,17539	0,28258	0,18095
1,2,4-TrichloroBenzen	0,02215	-	0,04199	-		0,07884
Trichloraethene	-	-	-	-	-	0,05838
4-Methyl-2-Pentanone	0,10312	0,50254	0,30687	-		
Toluen	0,38104	0,31260	0,35336	0,34160	0,34841	0,44364
Tert-Butlybenzene	0,18161	-	-	-		0,08669
1,3- Dichlorobenzene	0,08967	-	0,10611	-	0,04676	0,13455
1,4- Dichlorobenzene	0,08835	0,13296	0,14612	0,14453	0,16396	0,14878
I. Sınıf Toplam VOC	0,11016	0,20780	0,18600	0,17539	0,28258	0,18095
II. Sınıf Toplam VOC	0,97141	1,09185	1,08188	0,89319	0,98970	1,34481
III. Sınıf Toplam VOC	0,28473	0,50254	0,30687	-	-	0,08669
Benzen	1,22155	0,10993	0,39960	0,07031	0,07489	1,10893
III. Sınıf Toplam Kanserojen	1,22155	0,10993	0,39960	0,07031	0,07489	1,10893
VOC Emisyonu	**kg/sa**	**kg/sa**	**kg/sa**	**kg/sa**	**kg/sa**	**kg/sa**
	0,01786	0,01745	0,01630	0,01026	0,01278	0,00296

Çizelge 3.9. B6, C2, C2, C3, C4 ve C5 bacalarının VOC analiz sonuçları

VOC'ler	Bacalar					
	B6	C1	C2	C3	C4	C5
	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3
Acetone	-	-	-	-	-	-
Chlorobenzene	0,03957	-	-	-	-	-
Isopropanol	-	0,04808	0,05119	0,10619	0,01036	0,10218
t-Butanol	-	-	-	-	-	-
Propanol	-	-	0,06660	0,17723	0,01591	0,06876
Bromodichloromethane	-	-	-	-	-	-
2-Hexanone	-	-	-	-	0,01073	-
Ethyl Benzene	-	0,06193	0,28610	0,36409	0,04217	0,32219

Çizelge 3.9. **(devam)**

VOC'ler	Bacalar					
	B6	C1	C2	C3	C4	C5
	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3
m,p-Xylene	-	0,15378	0,36555	0,43473	0,06807	0,31941
o-Xylene	0,21600	-	0,06361	-	-	-
1,1,1,2-Tetrachloroethane	0,25526	-	0,02128	0,06731	-	-
1,1,2,2-Tetrachloroethane	-	-	-	-	-	-
n-propylbenzene	-	-	0,01033	0,00844	-	0,00402
4-Chlorotoluene	-	-	0,02076	0,02774	-	0,06669
Isopropylbenzene	-	0,03815	0,23460	0,24376	0,03551	0,16317
1,2-Dichlorobenzene	0,28780		0,23793	0,09246	0,04587	0,18139
1,2,4-TrichloroBenzen		0,54584	5,38361	4,45099	0,16721	10,44187
Trichloraethene	0,08273	-	-	-	-	-
4-Methyl-2-Pentanone	-	-	-	-	-	-
Toluen	0,38482	-	-	-	-	-
Tert-Butlybenzene	0,24758	-	-	-	-	-
1,3- Dichlorobenzene	0,04284	-	-	-	-	-
1,4- Dichlorobenzene	0,13389	-	-	-	-	-
I. Sınıf Toplam VOC	0,54306	-	0,25921	0,15977	0,04587	0,18139
II. Sınıf Toplam VOC	0,89984	0,79969	6,36456	5,52975	0,32369	11,31734
III. Sınıf Toplam VOC	0,24758	0,04808	0,11779	0,28341	0,02627	0,17094
Benzen	1,59449	-	-	-	-	-
III. Sınıf Toplam Kanserojen	1,59449	-	-	-	-	-
VOC Emisyonu	**kg/sa**	**kg/sa**	**kg/sa**	**kg/sa**	**kg/sa**	**kg/sa**
	0,02509	0,00456	0,04338	0,00574	0,00071	0,02701

Çizelge 3.10. D1, D2, D3, D4, D5 ve D6 bacalarının VOC analiz sonuçları

VOC'ler	Bacalar					
	D1	D2	D3	D4	D5	D6
	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3
Acetone	-	-	-	-	-	-
Chlorobenzene	-	-	-	-	-	-
Isopropanol	-	0,03442	0,02972	0,01240	-	-
t-Butanol	-	0,05116	-	-	-	-
Propanol	0,01442	0,10943	0,03987	0,01306	-	-
Bromodichloromethane			0,32592	-	-	-
2-Hexanone	-	0,00441	0,00783	-	-	-
Ethyl Benzene	0,01999	0,08061	0,09477	0,04990	-	-
m,p-Xylene	0,03845	0,10330	0,13926	0,05376	-	-
o-Xylene	-	-	-	-	-	-

Çizelge 3.10. **(devam)**

VOC'ler	Bacalar					
	D1	D2	D3	D4	D5	D6
	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3
1,1,1,2-Tetrachloroethane	-	-	-	-	-	-
1,1,2,2-Tetrachloroethane	-	-	-	-	-	-
n-propylbenzene	-	0,00151	-	-	-	-
4-Chlorotoluene	-	0,04815	0,02333	-	-	-
Isopropylbenzene	0,01846	0,06992	0,06306	0,02675	-	-
1,2-Dichlorobenzene	-	0,12920	0,02974	0,06909	-	-
1,2,4-TrichloroBenzen	0,20417	1,11433	1,00880	0,60165	-	-
Trichloraethene	-	-	-	-	-	-
4-Methyl-2-Pentanone	-	-	-	-	-	-
Toluen	-	-	-	-	-	-
Tert-Butlybenzene	-	-	-	-	-	-
1,3- Dichlorobenzene	-	-	-	-	-	-
1,4- Dichlorobenzene	-	-	-	-	-	-
I. Sınıf Toplam VOC	-	0,12920	0,35567	0,06909	-	-
II. Sınıf Toplam VOC	0,28108	1,42224	1,33705	0,73206	-	-
III. Sınıf Toplam VOC	0,01442	0,19501	0,06959	0,02546	-	-
Benzen	-	-	-	-	-	-
III. Sınıf Toplam Kanserojen	-	-	-	-	-	
VOC Emisyonu	**kg/sa**	**kg/sa**	**kg/sa**	**kg/sa**	**kg/sa**	**kg/sa**
	0,00016	0,00081	0,00192	0,00103	-	-

Çizelge 3.11. E1, F1, F2, F3, F4 ve G1 bacalarının VOC analiz sonuçları

VOC'ler	Bacalar					
	E1	F1	F2	F3	F4	G1
	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3
Acetone	-	-	-	-	-	-
Chlorobenzene	0,10657	0,09069	0,02356	0,07926	0,04084	0,08604
Isopropanol	-	-	-	-	-	-
t-Butanol	-	-	-	-	-	-
Propanol	-	-	-	-	-	-
Bromodichloromethane	-	-	-	-	-	-
2-Hexanone	-	-	-	-	-	0,16973
Ethyl Benzene	0,13432	0,12415	0,08664	0,12891	0,08553	-
m,p-Xylene	-	-	-	-	-	-
o-Xylene	0,21356	0,21513	0,14521	0,21502	0,14404	0,22445
1,1,1,2-Tetrachloroethane	-	-	-	-	-	-
1,1,2,2-Tetrachloroethane	-	-	-	-	-	0,28567
n-propylbenzene	-	-	-	-	-	-

Çizelge 3.11. **(devam)**

VOC'ler	Bacalar					
	E1	F1	F2	F3	F4	G1
	mg/Nm³	mg/Nm³	mg/Nm³	mg/Nm³	mg/Nm³	mg/Nm³
4-Chlorotoluene	-	-	-	-	-	-
Isopropylbenzene	0,11973	0,03627	-	0,10700	-	0,06924
1,2-Dichlorobenzene	0,14847	0,16606	0,10058	0,15281	0,14180	0,18830
1,2,4-TrichloroBenzen	-	0,18192	-	0,04229	-	-
Trichloraethene	0,03972	0,06348	-	-	0,04566	0,01621
4-Methyl-2-Pentanone	-	-	0,10006	0,31561	-	0,19819
Toluen	0,33145	0,34441	0,20304	0,37921	0,30588	0,41318
Tert-Butlybenzene	0,22838	0,22876	0,16836	0,23034	0,22781	0,27139
1,3- Dichlorobenzene	0,13456	0,08774	0,02874	-	0,10501	0,15485
1,4- Dichlorobenzene	0,12384	0,11828	0,08859	0,12953	0,14490	0,16020
I. Sınıf Toplam VOC	0,14847	0,16606	0,10058	0,15281	0,14180	0,47397
II. Sınıf Toplam VOC	1,20374	1,26207	0,57578	1,08120	0,87186	1,29392
III. Sınıf Toplam VOC	0,22838	0,22876	0,26842	0,54594	0,22781	0,46957
Benzen	0,79323	1,05094	0,25468	1,22242	1,08063	0,40874
III. Sınıf Toplam Kanserojen	0,79323	1,05094	0,25468	1,22242	1,08063	0,40874
VOC Emisyonu	**kg/sa**	**kg/sa**	**kg/sa**	**kg/sa**	**kg/sa**	**kg/sa**
	0,01085	0,02083	0,00052	0,02320	0,00862	0,00109

Çizelge 3.12. G2, H1, H2, H3, I1 ve J1 bacalarının VOC analiz sonuçları

VOC'ler	Bacalar					
	G2	H1	H2	H3	I1	J1
	mg/Nm³	mg/Nm³	mg/Nm³	mg/Nm³	mg/Nm³	mg/Nm³
Acetone	-	0,27417	6,01640	-	-	-
Chlorobenzene	0,10837	0,14878	-	-	0,05113	0,04458
Isopropanol	-	-	-	-	-	-
t-Butanol	-	-	-	-	-	-
Propanol	-	-	-	-	-	-
Bromodichloromethane	-	-	-	-	-	-
2-Hexanone	-	-	-	-	-	-
Ethyl Benzene	-	0,22444	0,45923	0,22168	0,09101	0,13166
m,p-Xylene	-	0,14975	1,12785	0,02089	-	-
o-Xylene	0,21443	0,25423	0,32124	0,23892	0,14780	0,21897
1,1,1,2-Tetrachloroethane	-	-	-	-	-	-
1,1,2,2-Tetrachloroethane	0,26711	-	-	-	-	-
n-propylbenzene	-	-	-	-	-	-
4-Chlorotoluene	-	-	-	-	-	-
Isopropylbenzene	-	-	0,03259	-	0,02358	0,05135
1,2-Dichlorobenzene	0,14731	0,16397	0,19507	0,12352	0,12407	0,17414

Çizelge 3.12. **(devam)**

VOC'ler	Bacalar					
	G2	H1	H2	H3	I1	J1
	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3
1,2,4-TrichloroBenzen	-	-	-	-	-	0,05477
Trichloraethene	-	-	-	-	0,01146	0,03189
4-Methyl-2-Pentanone	0,46362	0,55161	-	-	-	0,30068
Toluen	1,07458	1,99158	50,32784	1,13120	0,25660	0,38641
Tert-Butlybenzene	0,26057	0,22196	0,21795	-	0,06124	0,17871
1,3- Dichlorobenzene	0,13077	-	-	-	0,06170	0,13216
1,4- Dichlorobenzene	0,13115	0,09387	0,04193	0,04761	0,10313	0,17352
I. Sınıf Toplam VOC	0,41442	0,16397	0,19507	0,12352	0,12407	0,17414
II. Sınıf Toplam VOC	1,65930	2,86266	52,31068	1,66030	0,74641	1,22530
III. Sınıf Toplam VOC	0,72418	1,04773	6,23435	-	0,06124	0,47939
Benzen	0,10434	0,47319	0,08647	0,08732	0,48401	0,75669
III. Sınıf Toplam Kanserojen	0,10434	0,47319	0,08647	0,08732	0,48401	0,75669
VOC Emisyonu	**kg/sa**	**kg/sa**	**kg/sa**	**kg/sa**	**kg/sa**	**kg/sa**
	0,02276	0,06815	0,69924	0,01497	0,01370	0,02379

Çizelge 3.13. J2, J3 ve J4 bacalarının VOC analiz sonuçları

VOC'ler	Bacalar		
	J2	J3	J4
	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3
Acetone	-	-	-
Chlorobenzene	0,07425	0,06426	-
Isopropanol	-	-	-
t-Butanol	-	-	-
Propanol	-	-	-
Bromodichloromethane	-	-	-
2-Hexanone	-	-	-
Ethyl Benzene	0,13126	0,09429	0,13501
m,p-Xylene	-	-	-
o-Xylene	0,21466	0,14879	0,21739
1,1,1,2-Tetrachloroethane	-	-	-
1,1,2,2-Tetrachloroethane	-	-	-
n-propylbenzene	-	-	-
4-Chlorotoluene	-	-	-
Isopropylbenzene	-	0,02275	-
1,2-Dichlorobenzene	0,16665	0,11690	0,21599
1,2,4-TrichloroBenzen	-	-	-
Trichloraethene	0,02654	0,09950	-

Çizelge 3.13. **(devam)**

VOC'ler	Bacalar		
	J2	J3	J4
	mg/Nm^3	mg/Nm^3	mg/Nm^3
4-Methyl-2-Pentanone	0,46481	0,33117	0,46342
Toluen	0,36422	0,49374	0,26319
Tert-Butlybenzene	0,26867	0,17702	0,26040
1,3- Dichlorobenzene	0,12999	0,02960	0,14950
1,4- Dichlorobenzene	0,16326	0,09584	0,13197
I. Sınıf Toplam VOC	0,16665	0,11690	0,21599
II. Sınıf Toplam VOC	1,10418	1,04876	0,89705
III. Sınıf Toplam VOC	0,73348	0,50820	0,72383
Benzen	0,59251	1,43744	0,06188
III. Sınıf Toplam Kanserojen	0,59251	1,43744	0,06188
VOC Emisyonu	**kg/sa**	**kg/sa**	**kg/sa**
	0,00373	0,00258	0,00645

SKHKKY'nin ilgili eklerine göre organik buhar ve gaz emisyonları için sınır değerler Çizelge 3.14'te verilmiştir.

Çizelge 3.14. Organik buhar ve gaz emisyonları için sınır değerler (SKHKKY, 2009)

Emisyonlar	Sınır değer
I'inci sınıfa giren organik bileşiklerin emisyonu (0,1 kg/sa veya üzerindeki emisyon debileri için)	20 mg/Nm^3
II'inci sınıfa giren organik bileşiklerin emisyonu (2 kg/sa veya üzerindeki emisyon debileri için)	100 mg/Nm^3
II'üncü sınıfa giren organik bileşiklerin emisyonu (3 kg/sa veya üzerindeki emisyon debileri için)	150 mg/Nm^3

Yönetmeliğin ilgili ekleri dikkate alınarak yapılan değerlendirmede, sınır değerleri aşan bir VOC türüne rastlanmamıştır, VOC emisyon değerleri yönetmeliğin uygun gördüğü şartları sağlamıştır.

3.7. Baca Gazında PAH Ölçüm sonuçları

I tesisinde I1 bacasının PAH ölçüm sonuçları Çizelge 3.15.'de verilmiştir.

Çizelge 3.15. I tesisi I1 bacası PAH analiz sonuçları

Baca	PAH'lar	(µg/numune)
I1	Naftalin	6.19
	Asenaftilen	<0.2
	Asenaften	<0.2
	Floren	<0.2
	Fenantren	0.71
	Antrasen	0.51
	Floranten	0.25
	Piren	<0.2
	Benzo(a)antrasen	<0.2
	Krisen	<0.2
	Benzo(k)floranten	<0.2
	Benzo(b)floranten	<0.2
	Benzo(a)piren	<0.2
	Indeno(1,2,3-cd)piren	<0.2
	Dibenzo(a.h)antrasen	<0.2
	Benzo(g,h,j)perilen	<0.2

SKHKKY'nin ilgili ekinde, kanserojen maddeler ve PAH'lar için belirlenen sınır değerler ve kanserojen maddeler de Çizelge 3.16'da ve Çizelge 3.17.'de verilmiştir.

Çizelge 3.16. Kanserojen maddeler ve PAH'lar için sınır değerler (SKHKKY, 2009)

Emisyon	Sınır değer
I'inci sınıfa giren maddeler (0,5 g/saat ve üzerindeki emisyon debileri için)	0.10 mg/Nm^3
II'nci sınıfa giren maddeler (5 g/saat ve üzerindeki emisyon debileri için)	1 mg/Nm^3
III'üncü sınıfa giren maddeler (25 g/saat ve üzerindeki emisyon debileri için)	5 mg/Nm^3

Çizelge 3.17. Kanserojen maddeler (SKHKKY, 2009)

I. Sınıf	II. Sınıf	III. Sınıf
-Benzo(a)antrasen	-3,3'-Diklora-(1,1'-bifenil)	-Akrilonitril
-Benzo(a)piren	-3,3-Diklorbenzidin	-Benzen
-Benzo(j)florenten	(+tuzları)	-1,3-bütadien
-Benzo(k)florenten	-Dietil sülfat	-Bütadien
-Berilyum ve bileşikleri	-Dimetil sülfat	-1-Klor-2,3-epoksipropan
-Cr(VI) bileşikleri	-1,2-Epoksietan	(Epiklorhidrin)
-Dibenzo(a,h)-antrasen	-Etenoksit	-Kloreten
-2-Naftilamin (+ tuzları)	-Etilenoksit	-1,2-Dibrometan
-2-Nitropropan	-Nikel ve bileşikleri	-1,2-dikloretan
		-1,2-Epoksipropan
		-Hidrazin (+tuzları)
		-Propen oksit
		-Propennitril
		-Propilen oksit
		-Vinil klorür

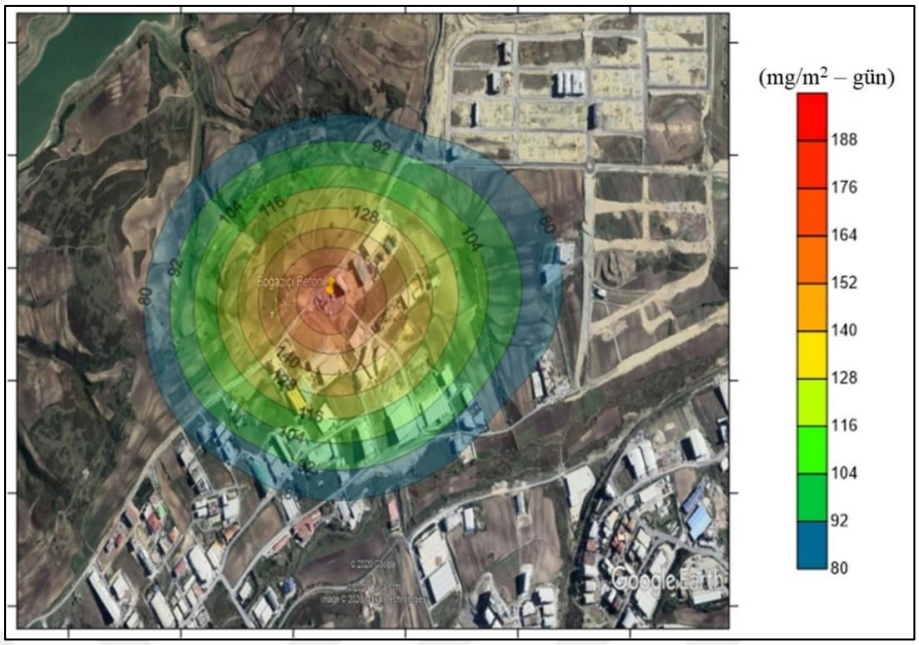
Yönetmeliğin ilgili ekleri dikkate alınarak yapılan değerlendirme sonucu, sınır değerleri aşan PAH tespit edilmemiştir. Bacalar yönetmelikte istenilen şartları sağlamıştır.

3.8. Çöken Toz ve PM_{10} Ölçüm Sonuçları

K tesisi için çök toz ve PM_{10} ölçüm sonuçları Çizelge 3.18.'de, hava kalitesi modellemesi ise Şekil 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.18. K tesisi, Çöken toz ve PM_{10} analiz sonuçları

Örnekleme noktaları (ÇT)	Çöken toz (mg/m^2 – gün)	Örnekleme noktaları (PM_{10})	PM_{10} (mg/Nm^3)
KÇ-1	91.556	KP-1	0.801
KÇ-2	59.541	KP-2	0.109
KÇ-3	29.810	KP-3	0.449
KÇ-4	30.688	-	-



Şekil 3.2. ISCST3 hava kalitesi modellemesi ve günlük çöken toz konsantrasyon dağılımı

İmisyon örneklemeleri için SKHKKY'nin ilgili ekinde verilen sınır değerler Çizelge 3.19.'da verilmiştir.

Çizelge 3.19. Ayırma, kırma ve öğütme işlemleri yapan tesisler için toz emisyonu sınır değerleri (SKHKKY, 2009)

Toz emisyonları	Sınır değerler
1.5 kg/sa veya altındaki emisyon debileri için	200 mg/Nm^3
1.5 kg/sa-2.5 kg/sa arası emisyon debileri için	150 mg/Nm^3
2.5 kg/sa veya üzerindeki emisyon debileri için	100 mg/Nm^3

Yönetmeliğin ilgili ekleri dikkate alınarak yapılan değerlendirme ve kütlesel debi hesaplaması sonucunda baca dışı kaynaklardan kaynaklanan 2.3625 kg/sa'lik toz emisyonunun sınır değerleri geçtiği tespit edilmiştir, bu sebeple modelleme yapılarak tesis etki alanına çöken toz cihazları kurulmuştur.

4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, emisyon-imisyon yetkili ölçüm personeli olarak yapılan örneklemeler, laboratuvarın ölçmeye ve analiz yapmaya yetkili olduğu parametrelerle sınırlı olmuştur. Bu çalışmada sadece bu örneklemelere ve analiz sonuçlarına yer verilmiştir.

4.1. SONUÇLAR

- 31 bacada, her baca için 3 adet numune alarak toplam 93 adet PM numunesi alınmıştır. Bu numunelerin analizleri sonucunda, tesislerde 0.0001 kg/sa ile 0.047 kg/sa aralığında PM emisyonları tespit edilmiştir.
- 12 bacada, her baca için 3 adet ölçüm yapılarak toplam 36 adet yanma gazı ölçümü yapılmıştır. Ölçümler esnasında bu bacalarda, 0 ppm ile 79.33 ppm aralığında CO değerleri, 0 ppm ile 1.66 ppm aralığında SO_2 değerleri, 1 ppm ile 44.33 ppm aralığında NO değerleri, 0 ppm ile 56.66 ppm aralığında NO_x cinsinden NO_2 değerleri tespit edilmiştir.
- 4 bacada her baca için 3 adet numune alarak toplam 12 adet HCl numunesi alınmıştır. Bu numunelerin analizleri sonucunda, 0.0012 kg/sa ile 0.0149 kg/sa aralığında HCl emisyonları tespit edilmiştir.
- 2 bacada, her baca için 3 adet numune alarak toplam 6 adet HF numunesi alınmıştır. Bu numunelerin analizleri sonucunda, 1 bacada HF tespit edilmemiştir, 1 bacada ise 0.0005 kg/sa HF emisyonu tespit edilmiştir.
- 3 bacada her baca için 3 adet numune alarak toplam 9 adet ağır metal numunesi alınmıştır. Bu numunelerin analizleri sonucunda, 0.780 g/sa ile 134.981 g/sa aralığında, Antimon, Arsenik, Baryum, Berilyum, Kadmiyum, Krom, Kobalt, Bakır, Kurşun, Mangan, Cıva, Nikel, Fosfor, Selenyum, Gümüş, Talyum ve Çinko ağır metal emisyonları tespit edilmiştir.
- 33 bacada her baca için 3 adet numune alarak toplam 99 adet VOC numunesi alınmıştır. Bu numunelerin analizleri sonucunda, 0 kg/sa ile 0.69 kg/sa aralığında, Acetone, Chlorobenzene, Isopropanol, t-Butanol, Propanol,

Bromodichloromethane, 2-Hexanone, Ethyl-Benzene, m,p-Xylene, o-Xylene, 1,1,1,2-Tetrachloroethane, 1,1,2,2-Tetrachloroethane, n-Propylbenzene, 4-Chlorotoluene, Isopropylbenzene, 1,2-Dichlorobenzene, 1,2,4-TrichloroBenzen, Trichloraethene, 4-Methyl-2-Pentanone, Toluen, Tert-Butlybenzene, 1,3- Dichlorobenzene, 1,4- Dichlorobenzene ve Benzen VOC emisyonları tespit edilmiştir (tüm VOC türleri tüm bacalarda mevcut değildir, tesis türlerine göre farklılıklar vardır).

- 1 bacada toplam 3 adet PAH numunesi alınmıştır. Bu numunelerin analizleri sonucunda, <0.2 g/numune ile 6.19 gr/numune aralığında, Naftalin, Asenaftilen, Asenaften, Floren, Fenantren, Antrasen, Floranten, Piren, Benzo(a)antrasen, Krisen, Benzo(k)floranten, Benzo(b)floranten, Benzo(a)piren, Indenol(1,2,3-cd)piren, Dibenzol(a,h)antrasen ve Benzo(g,h,j)perilen PAH emisyonları tespit edilmiştir.
- 1 tesiste 4 farklı noktada çöken toz örneklemesi ve 3 farklı noktada 3'er numuneden toplam 9 PM_{10} numunesi alınmıştır. Bu numunelerin analizleri sonucunda tesiste, 29.810 mg/m^2-gün ile 91.556 mg/m^2-gün aralığında çöken toz ve 0.109 mg/Nm^3 ile 0.801 mg/Nm^3 aralığında PM_{10} tespit edilmiştir.
- SKHKKY'nde istenilen sınır değerler üzerinden tartışması yapılan PM, yanma gazları, HCl, HF, ağır metal, VOC ve PAH hava kirleticilerinin, sınır değerleri aşmayan emisyonlara sahip olduğu tespit edilmiştir.
- Çöken toz ve PM_{10} imisyon örneklemesi yapılan tesiste ise, baca dışı kaynaklardan kaynaklanan 2.3625 kg/sa'lik toz emsiyonunun sınır değerleri aşması sebebiyle tesis etki alanına çöken toz cihazları kurulmuştur.

4.2. ÖNERİLER

Emisyon-imisyon örneklemeleri, çok detaylı işlemlerdir. Bu işlemlerin yapılabilmesi için geliştirilen standart ve metotlar, ilgili kuruluşların yüzlerce deneysel çalışmaları sonucu ortaya çıkmış ve hala geliştirilmeye müsait çalışmalardır. Her bir parametrenin ölçülebilmesi için gerekli farklı şartlar, cihazlar ve ekipmanlar mevcuttur. Her bir cihaz ve ekipman, bu şartları sağlayacak şekilde tasarlanmış olmasına rağmen, saha şartları olumsuzluklar oluşturabilmektedir.

- Küresel bir sorun haline gelmiş olan hava kirliliği tehlikesinin, net bir şekilde modellenebilmesi ve ortaya koyulabilmesi için, endüstriyel hava kirliliği ölçümlerinin çok detaylı ve gerçek temsili ölçümler halinde yapılması gereklidir. Bu konuda Amerika Birleşik Devletleri'nin ve Avrupa ülkelerinin erken dönem uygulamaları, ulaştığı teknolojik başarı, önlemler ve çalışma etiği çok ileri seviyelerdedir.
- Ülkemizde de, her ne kadar çevre kanunları mevcut olsa da uygulamada yaşanılan ve yaşanılması muhtemel sıkıntıları gidermek zaman alacaktır, bu sebeple var olan ve olması muhtemel sıkıntılar üzerinde geniş kapsamlı çalışmalar yapılarak hızlı bir şekilde uygulamaya başlanmalıdır.
- Bir emisyon-imisyon örnekleme personelinin, bacayı temsil eden örneklemeler yapabilmesi için karşılanması gereken şartlar ne yazık ki ülkemiz genelinde birçok tesiste mevcut değildir.
- Örneğin, örnekleme yapılacak olan bacaların etrafında bulunması gereken platformlar, örnekleme yerleri ve güvenlik önlemleri maalesef yok denilecek seviyede yetersizdir. Sadece var olmuş olması için alınmış olan güvenlik önlemleriyle dahi nadiren karşılaşılmıştır. Şöyle ki, çatının orta noktasından çekilmiş bir emniyet şeridine bağlı olarak örnekleme yapılması isteniyor ve örnekleme yapılacak baca bu noktadan 5m uzaklıkta, dolayısıyla bu mesafeye kadar uzatılmış bir halat ile çatının çökmesi durumunda 5m serbest düşme gerçekleşecektir ki bu durum ciddi sakatlanmalara ve ölümlere sebep olacaktır ve maalesef yaşanmış örnekleri mevcuttur.
- Bu konuda yapılması gereken, standartların da olmasını gerekli gördüğü platform ve güvenlik tedbirlerinin her baca için ayrı ayrı alınmasıdır, mümkünse güvenlik hatları örnekleme personelinin üstünden geçecek şekilde tasarlanmalı ve personelin emniyet kemeri buraya bağlanarak olası bir çökme durumunda havada asılı kalması sağlanmalıdır.
- Ayrıca kullanılan cihaz ve ekipmanların da güvenliğinin sağlanacağı platformlar geliştirilip uygulanmalıdır. Maalesef ülkemizde bu şartlara uyan tesis bulmak çok zordur, çünkü bu uygulamaların tesis tasarımı esnasında dikkate alınması

gerekirken, yanlış danışmalık ya da danışmalık alınmaması neticesinde bu şartlar sağlanamamaktadır.

- Örnekleme esnasında karşılaşılan bir diğer sorun ise, zayıf malzemeden yapılmış bacalardır. Örneğin, PAH örneklemesi için kurulan bir sistemin galvaniz bir bacada asılı halde tutulabilmesi çok zordur, eğer bacanın yakınında bu örneklemenin yapılmasını sağlayacak bir platform da mevcut değilse örnekleme esnasında ciddi problemler yaşanmaktadır. Böyle hassas ve zor örneklemelerin yapılabilmesi için uygun koşullar sağlanmalıdır.
- Her bir baca, kendisinde örneklenecek parametreye göre tasarlanmalıdır.
- Bir bacada, bacayı temsil eden bir örnekleme alabilmek için sızdırmazlık kontrolünü sağlayabilmek çok önemlidir. Özellikle cam malzemeler kullanılarak yapılan örneklemelerde, çok fazla bağlantı birimi olduğu için bu şartları sağlamak zordur. Diğer uygunsuz şartlarla birlikte, yüksek titreşimli bacalar ve cam malzeme tasarımları da bu konuda problem teşkil etmektedir.
- Bu sebeple, cam malzeme tasarımları üzerinde çalışmalar yapılarak, sızdırmazlık noktasında daha etkili tasarımlar geliştirilmelidir.
- Özellikle kanserojen madde emisyonlarının örneklendiği cihaz ve ekipmanlar için Avrupa ülkelerinin tercih ettiği, özel ve hassas cihazların kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.
- Emisyon örneklemeleri için önemli bir diğer problem ise, tamamen ticari amaçlı yapılan ölçümlere tesis sahiplerinin ve danışmanlarının yaklaşımıdır. Tesisler, üretmeye ve çalışmaya devam etmek için havayı kirletmediklerine dair raporu yetkili kuruma sunmak zorundadır. Örnekleme personeli ölçüm öncesi tesisin tam kapasiteyle çalıştırılması gerektiğini tesis yetkilisine iletir ve onay aldıktan sonra ölçüme başlar. Ölçümler çatıda yapıldığından, ölçüm esnasında tesisin doğru değerler verecek şekilde çalıştırılıp çalıştırılmadığını ölçüm personelinin takip etmesi mümkün değildir. Tesisin tam kapasite çalıştırılmaması ihtimalinin varlığı önlem alınması gereken önemli bir durumdur.
- Emisyon örneklemeleri için önemli bir diğer konu da, travers noktalarıdır. Küçük bacalar, büyük problar, zayıf malzemeden yapılma bacalar, ağır problar, yüksek örnekleme noktaları vb. durumlar, örneklemeler esnasında travers

noktalarına ulaşım zorluğu oluşturan durumlardır. Dolayısıyla daha kısa ve hafif problar tasarlamak ve kullanımını zorunlu tutmak elzemdir.

- Bu konuya farklı bir çözüm ve geliştirme önerisi ise, elektronik raylı ve paletli prob tutuculardır. Bacada kullanılan prob tutucular elektronik raylı ve paletli bir sistemle tasarlanarak, travers noktalarını otomatik hesaplayan izokinetik pompa ile entegre yazılımsal bir bağlantı kurularak, probun travers noktalarına ana cihazın talimatıyla otomatik ilerlemesi sağlanabilir.
- Tüm kirleticiler için ortak bir önlem olan, kirleticiyi kaynağında azaltma çalışmaları yapılmalıdır.
- Örneğin, VOC örneklemelerinde kullanılan aktif karbon adsorban malzemesinden üretilecek baca filtreleri, VOC emisyonlarının kaynağında tutulmasını sağlayabilir.
- Yanma proseslerine, özellikle tam yanmamış yakıtların ve yanma ürünlerinin hem emisyonunu azaltmak, hem de geri kazanımını sağlayarak enerji tasarrufu elde etmek için, bacalardan yakma ünitesine geri besleme sistemleri geliştirilebilir.
- Bu çalışmada örneklemeleri yapılan bacalardan çıkan değerler için, sınır değerleri geçmemiş emisyonlar gözüyle bakmaktansa, atmosfere doğal olarak salınmaması gereken emisyonların insan faaliyetleri sonucunda salınıyor olduğu gerçeğini görmek daha çevreci bir yaklaşım olacaktır.
- Çünkü bugünün sınır değerleri, yarının kirlilik değerleri olacaktır. Hangi kirleticinin ne kadar uzun süreli maruziyetlerde ciddi zararlar oluşturacağı net bir şekilde bilinmemektedir. Özellikle Çin ve Hindistan gibi ülkelerde meydana gelmiş olan aşırı hava kirliliğinin ülkemizi de etkileyeceği gerçeği göz ardı edilmemelidir. Bu sebeple, henüz ülkemizin havası fazla kirlenmemişken kaynağında çözümler üretmeli, maddi kaygıları bir kenara bırakıp insancıl, çevreci ve etik değerlerle üretim yapılmalıdır.

Atmosfer tüm dünyanın ortak varlığı ve mirasıdır.

KAYNAKLAR

ALİDADİ, R., MANSOURİ, N., HEMMASİ, A., MİRZAHOSSEİNİ, S.A., 2020. Risk Assessment of Heavy Metal in Ambient Air (Case Study: Ahvaz, Iran). Anthropogenic Pollution 10.22034/AP.2020.1906395.1074.

ARİCAK, B., CETİN, M., ERDEM, R., SEVİK, H., ve COMETEN, H., 2020. the Usability of Scotch Pine (Pinus sylvestris) as A Biomonitor for Traffic-Originated Heavy Metal Concentrations in Turkey. Polish Journal of Environmental Studies Vol. 29, No. 2 (2020), 1-7.

ARULPRAKASAJOTHİ, M., CHANDRASEKHAR, U., ve YUVARAJAN, D., 2018. An Analysis on the Implications of Air Pollutants in Chennai. International Journal of Ambient Energy, Chennai. ISSN: 0143-0750 (Print) 2162-8246.

BAİ, L., WANG, J., MA, X., ve LU, H., 2018. Air Pollution Forecast: An Overview. Scool of Statistics, Dongbei University of Finance and Economics, Dalian 116025, China.

BAL, M., SİDDİGİ, H., MUKHERJEE S., ve MEİKAP B.C., 2019. Design of Self Priming Venturi Scrubber For the Simultaneous Abatement of HCI Gas and Particulate Matter from the Flue Gas. Chemical Engineering Research and Design 150 (2019) 311-319.

BAL, M., REDDY, T.T., ve MEİKAP, B.C., 2019. Removal of HCI Gas from off Gases Using Self-Priming Venturi Scrubber. Journal of Hazardous Materials 364 (2019) 406-418.

BRIFFA, J., SINAGRA, E., ve BLUNDELL, R., 2020. Heavy Metal Pollution in the Environment and Their Toxicological Effects on Humans. Heliyon 6 (2020) e04691.

CAMPBELL-LENDRUM, D., PRÜSS-USTÜN, A, 2019. Climate Change, Air Pollution and Noncommunicable Diseases. Bull World Health Organ, 2019 (97): 160-161

CHENG, J., LİU, J., WANG, T., SUİ, Z., ZHANG, Y., ve PAN, W-P., ‘’Reductions in Volatile Organic Compound Emissions from CoalFired Power Plants by Combining Air Pollution Control Devices and Modified Fly Ash’’, Energy Fuels 2019, 33, 2926-2933, 2019.

ÇEVRE REFERANS, 2017. Emisyon-İmisyon Ölçümlerinde Kullanılan Standartlar ve Yönetimi Eğitimi, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Laboratuvar Ölçüm ve İzleme Dairesi Başkanlığı Çevre Referans Laboratuvarı, 2017.

DENG, C., JİN, Y., ZHANG, M., LİU, X., ve YU, Z., 2018. Emission Characteristics of VOCs from On-Road Vehicles in an Urban Tunnel in Eastern China and Predictions for 2017–2026. Aerosol and Air Quality Research. 18: 3025-3034.

DERE, T., DEMİRCİ, Y., 2015. Evaluation of Adiyaman City Air Pollution Levels Based on PM_{10} and Sulfur Dioxide. International Journal of Scientific and Technological Research. Vol 1, No 1, 94-100.

EPA 40 CFR Part 50, 1987. Appendix J To Part 50—Reference Method For the Determination of Particulate Matter as PM_{10} in the Atmosphere. Environmental Protection Agency, 1987.

EPA CTM-022, 1995. Emission Measurement Technical Information Center Conditional Test Method. Environmental Protection Agency, 1995.

EPA Method 1, 2020. Sample and Velocity Traverses for Stationary Sources. Environmental Protection Agency, 2020.

EPA Method 13A, 2017. Determination of Total Fluoride Emissions from Stationary Sources (Spadns Zirconium Lake Method). Environmental Protection Agency, 2017.

EPA Method 17, 2017. Determination of Particulate Matter Emissions from Stationary Sources. Environmental Protection Agency, 2017.

EPA Method 2, 2017. Determination of Stack Gas Velocity and Volumetric Flow Rate (Type S Pitot Tube). Environmental Protection Agency, 2017.

EPA Method 29, 2017. Determination of Metals Emissions from Stationary Sources. Environmental Protection Agency, 2017.

EPA Method 4, 2017. Determination of Moısture Content in Stack Gases. Environmental Protection Agency, 2017.

EPA Method 5, 2019. Determination of Particulate Matter Emissions from Statıonary Sources. Environmental Protection Agency, 2019.

FAN, H., ZHAO, C., ve YANG Y., 2019. A Comprehensive Analysis of the Spatio-Temporal Variation of Urban Air Pollution in China During 2014-2018. Atmospheric Environment. S1352-2310(19)30705-8.

FENG, R., ZHENG, H., GAO, H., ZHANG, A., HUANG, C., ZHANG, J., LUO, K., ve FAN, J., 2019. Recurrent Neural Network and Random Forest for Analysis and Accurate Forecast of Atmospheric Pollutants: A Case Study in Hangzhou, China. Journal of Cleaner Production 231 (2019) 1005-1015.

HAN, J., LİANG, Y., ZHAO, B., WANG, Y., XİNG, F., ve QİN, L. Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAHs) Geographical Distribution in China and Their Source, Risk Assessment Analysis, Environmental Pollution 251 (2019), 312-327, 2019.

HARRİSON, R.M., 2020. Airborne Particulate Matter. Philosophical Transactions A 378:20190319.

ISO 11338-1, 2003. Stationary Source Emissions — Determination of Gas and Particle-Phase Polycyclic Aromatic Hydrocarbons — Part 1: Sampling. ISO-İnternational Standard, 2003.

JEONG, H., CHOİ, J.Y., LEE, J., LİM, J., VE RA, K., Heavy Metal Pollution by Road-Deposited Sediments and its Contribution to Total Suspended Solids in Rainfall Runoff from Intensive Industrial Areas. Environmental Pollution. Journal Pre-proof, 2020.

KİM, D., CHEN, Z., ZHOU, L.F., ve HUANG, S.X., 2017. Air Pollutants and Early Origins of Respiratory Diseases. Chronic Diseases and Translational Medicine (2018) 1-20.

LEE, K. K., MİLLER M. R., ve SHAH A. S. V., 2018. Air Pollution and Stroke. Journal of Stroke, 2018;20(1):2-11.

Lİ, N., JİANG, Q., WANG, F., Xie, J., Lİ, Y., Lİ, J., ve WU, S., 2020. Emission Behavior, Environmental Impact and Priority-Controlled Pollutants Assessment of Volatile Organic Compounds (VOCs) During Asphalt

Pavement Construction Based on Laboratory Experiment. Journal of Hazardous Materials 398 (2020) 122904.
MA, W., ZHU, F., LİU, L., JİA, H.L., YANG, M., Lİ, Y., 2019. PAHs in Chinese Atmosphere: Gas/Particle Partitioning. Science of the Total Environment 693 (2019) 133623.
MA, W., LİU, L., JİA, H., YANG, M., ve Lİ, Y., 2018. PAHs in Chinese Atmosphere Part I: Concentration, Source and Temperature Dependence. Atmospheric Environment 173 (2018) 330–33.
MENG, Y., LİU, X., LU, S., ZHANG, T., JİN, B., WANG, Q., TANG, Z., LİU, Y., GUO, X., ZHOU, J., ve Xİ, B., 2019. A Review on Occurrence and Risk of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Lakes of China. Science of the Total Environment 651 (2019) 2497–2506.
MENTEŞE, S. ve GÜLLÜ, G., 2009. Organik Bileşiklerin Farklı İç Ortamlardaki Seviyeleri. IX. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, İzmir, 6-9 Mayıs.
NAİR, A.T., SENTHİLNATHAN, J., ve NAGENDRA, S.M.S., 2019. Emerging Perspectives on VOC Emission from Landfill Sites: Impact on Tropospheric Chemistry and Local Air Quality. Process Safety and Environmental Protection, Volume 121, 143-154.
ÖZ, M.E.U., 2019. Ram Makinelerinde Baca Filtrasyonu ve Enerji Geri Kazanım Sistemlerinin Termoekonomik Karşılaştırması. 14. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 17-20 Nisan 2019/İzmir, 1802-1814.
ÖZDEMİR, H., BORUCU, G., DEMİR, G., YİĞİT, S., AK, N., 2010. İstanbul'daki Çocuk Oyun Parklarında Partikül Madde ($PM_{2.5}$ ve PM_{10}) Kirliliğinin İncelenmesi, Ekoloji 19 (77): 72-79.
PARK, M., JOO, H.S., LEE, K., JANG, M., KİM, S.D., KİM, I., BORLAZA, L.J.S., LİM, H., SHİN, H., CHUNG, K.H., CHOİ, Y.-H., PARK, S.G., BAE, M.-S., LEE, J., SONG, H. ve PARK, K., 2018. Differential Toxicities of Fine Particulate Matters from Various Sources. Scientific Reports (2018) 8:17007, 1-11.
PD CEN/TS 13649. 2015. Sabit Kaynak Emisyonları–Gaz Halindeki Her Bir Organik Bileşiğin Kütle Derişiminin Tayini–Çözücü Özütlemesi veya Isısal Tarafından İzlenen Sorptif Numune Alma Yöntemi, Türk Standardları Enstitüsü, 2015.
POTTER, P.M., AL-ABED, S.R., LAY, D., ve LOMNİCKİ, S.M., 2019. VOC Emissions and Formation Mechanisms from Carbon Nanotube Composites during 3D Printing. Environmental Science & Technology 2019, 53, 4364-4370.
RAMÍREZ, O., SÁNCHEZ DE LA CAMPA A.M., SÁNCHEZ-RODAS, D., DE LA ROSA, J.D., 2020. Hazardous Trace Elements in Thoracic Fraction of Airborne Particulatematter: Assessment of Temporal Variations, Sources, and Health Risks in A Megacity. Science of the Total Environment 710 (2020) 136344.
RASTGELDİ DOĞAN, T., YEŞİLNACAR, M. İ., ÇULLU, M. A., 2018. Seosonal Investigation of Atmospheric Desert Dust Affecting Sanliurfa Using MODIS Satellite and HYSPLIT Model Data. Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences 36 (3), 2018, 905-916.

REN, X., SUN, R., CHİ, H.H., MENG, X., Lİ, Y., ve LEVENDİS, Y.A., 2017. Hydrogen Chloride Emissions from Combustion of Raw and Torrefied Biomass. Fuel 200 (2017) 37-46.

SAXENA, M., KUMAR, B., ve MATHARU, S., 2018. Impact of Yagya on Particulate Matters. Interdisciplinary Journal of Yayga Research, Peer Reviewed Research Journal, Volume 1, Issue 1.

SİMAYİ, M., SHİ, Y., Xİ, Z., Lİ, J., YU, X., LİU, H., TAN, Q., SONG, D., ZENG, L., LU, S., ve XİE, S., 2020. Understanding the Sources and Spatiotemporal Characteristics of Vocs in the Chengdu Plain, China, Throughmeasurement and Emission Inventory. Science of the Total Environment 714 (2020) 136692.

SKHKKY, 2009. Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2009.

TS ISO 9096, 2004. Sabit Kaynak Emisyonları-Tanecikli Maddenin Kütle Derişiminin Elle Tayini. Türk Standardları Enstitüsü, 2004.

TS EN 1911, 2011. Sabit Kaynak Emsiyonları-HCl Olarak Tanımlanan Gaz Halindeki Klorürlerin Kütle Konsantrasyonunun Tayini-Standard Referans Yöntem. Türk Standardlatı Enstitüsü, 2011.

TS ISO 7935, 1999. Nokta Kaynak Emisyonları-Kükürt Dioksitin Kütle Derişiminin Tayini-Otomatik Ölçme Metotlarının Performans Karakteristikleri. Türk Standardları Enstitüsü, 1999.

TS ISO 10780, 1999. Nokta Kaynak Emisyonları-Borulardaki Gaz Akışlarının Hız ve Debisinin Ölçülmesi. Türk Standardları Enstitüsü, 1999.

TS ISO 12039, 2005. Sabit Kaynak Emisyonları-Karbon Monoksit, Karbon Dioksit ve Oksijen Tayini-Otomatik Ölçme Sistemlerinin Performans Özellikleri ve Kalibrasyonu. Türk Standardları Enstitüsü, 2005.

TS EN 12341, 2015. Ortam Havası Askıdaki Tanecikli Maddenin PM10 veya PM2,5 Kütle Derişimlerinin Tayini İçin Standart Gravimetrik Ölçme Yöntemi. Türk Standardları Enstitüsü, 2015.

TS EN 13284-1, 2018. Sabit Kaynak Emisyonları-Tozun Düşük Aralıktaki Kütle Derişiminin Tayini-Bölüm 1: Manuel Gravimetrik Metot. Türk Standardları Enstitüsü, 2018.

TS EN 14790, 2006. Sabit Kaynak Emisyonları-Bacalarda Su Buharı Tayini. Türk Standardları Enstitüsü, 2006.

TS EN 15259, 2012. Hava Kalitesi-Sabit Kaynak Emisyonlarının Ölçümü-Ölçme Bölgeleri ve Yerleri ile Ölçümün Amacı, Planı ve Raporlanması İçin Gerekler. Türk Standardları Enstitüsü, 2012.

TS 2341, 1976. Hava Kirliliği Ölçme Metotları Çökelti Ölçme Cihazı Kurma ve Çalıştırma Metodu. Türk Standardları Enstitüsü 1976.

TS 2342, 1976. Hava Kirliliği Ölçme Metotları Yönlendirilebilir Çökelti Ölçme Cihazı Kurma ve Çalıştırma Metodu. Türk Standardları Enstitüsü, 1976.

TORRES-SANCHEZ, R., SANCHES-RODAS, D., SANCHEZ DE LA CAMPA, A.M., ve DE LA ROSA, J.D., 2020. Hydrogen Fluoride Concentrations in Ambient Air of an Urban Area Based on the Emissions of a Major Phosphogypsum Deposit (SW, Europe). Science of the Total Environment 714 (2020) 136891.

TURKYILMAZ, A., CETİN, M., SEVİK, H., ISINKARALAR, K., ve Saleh, E.A., 2020. Variation of Heavy Metal Accumulation in Certain Landscaping

Plants Due to Traffic Density. Environment. Development and Sustainability Volume 22, 2385–2398 (2020) Cite this article, 526 Accesses, 21 Citations Metrics.

URL-1, İmisyon (Çevre Havası) Ölçümleri, http://www.cnrgroup.eu/imisyon-cevre-havasi-olcumleri/, 2020.

WANG, Q., Lİ, S., DONG, M., Li, W., GAO, X., YE, R., ZHANG, D., 2018. VOCs Emission Characteristics and Priority Control Analysis Based on VOCs Emission Inventories and Ozone Formation Potentials in Zhoushan. Atmospheric Environment 10.1016/j.atmosenv.2018.03.034.

WANG, C., LİU, B., SUN, F., XİE, J., ve PAN, Q., 2017. New Challenge of Microporous Metal-Organic Framework for Adsorption of Hydrogen Fluoride Gas. Materials Letters (2017).

WU, Z., ZHANG, Y., HE, J., CHEN, H., HUANG, X., WANG, Y., YU, X., YANG, W., ZHANG, R., ZHU, M., Lİ, S., FANG, H., ZHANG, Z., ve WANG, X., 2020. Dramatic Increase in Reactive Volatile Organic Compound (VOC) Emissions from Ships at Berth After Implementing the Fuel Switch Policy in the Pearl River Delta Emission Control Area'', Atmospheric Chemistry and Physics 20, 1887-1900, 2020.

XİONG, J., CHEN, F., SUN, L., YU, X., ZHAO, J., HU, Y., ve WANG, Y., 2019. Characterization of VOC Emissions from Composite Wood Furniture: Parameter Determination and Simplified Model'' Building and Environment 161 (2019) 106237, 2019.

XUE, H.J., 2020. Accurate Identification of Ambient VOCs Emission Sources in an Industrial Park Using On-Line Monitoring Data. Europe PMC, 41(11):4874-4884.

ZHAİ, Y., Lİ, X., WANG, T., WANG, B., Lİ, C., ve ZENG, G., 2018. A Riview on Airbone Microorganism in Particulate Mattes: Composition, Characteristics and İnfluence Factors. Environment International, 113 (2018) 74-90.

ZHANG, Q., ve WANG, C., 2020. Natural and Human Factors Affect the Distribution of Soil Heavy Metal Pollution: a Review. Water, Air, & Soil Pollution Volume 231, Article Number: 350 (2020) Cite This Article, 555 Accesses,4 Citations, Metrics.

ZHANG, X., GAO, S., FU, Q., HAN, D., CHEN, X., FU, S., HUANG, X., ve CHENG, J., 2020. Impact of VOCs Emission from İron and Steel İndustry on Regional O_3 and $PM_{2.5}$ Pollutions. Environmental Science and Pollution Research Volume 27, 28853–28866 (2020) Cite This Article, 329 Accesses, 1 Citations, Metrics.

ZHANG, X., ZHAO, W., NİE, L., SHAO, X., DANG, H., ZHANG, W., ve WANG, D., 2020. A New Classification Approach to Enhance Future VOCs Emission Policies: Taking Solvent-Consuming Industry as an Example. Elsevier , Environmental Pollution, 1-9.

ZHAO, Y., FENG, D., Lİ, B., WANG, P., TAN, H., ve SUN, S., 2019. Effects of Flue ($CO/CO_2/SO_2/H_2O/O_2$) on NO-Char Interaction at High Temperatures. Elsevier, Energy 174 (2019) 519-525.

ZHENG, G., LİU, J., SHAO, Z., ve CHEN, T., 2019. Emission Characteristics and Health Risk Assessment of Vocs from A Food Waste Anaerobic Digestion Plant: A Case Study of Suzhou, China. Elsevier, Environmental Pollution, 1-9.

ZHOU, S., ZHOU, J., ve ZHU, Y., 2019. Chemical Composition and Size Distribution of Particulate Matters from Marine Diesel Engines With Different Fuel Oils. Elsevier, Fuel 235 (2019) 972-983.

ZOU, Z., HE, J., ve YANG, X., 2020. An Experimental Method for Measuring VOC Emissions from Individual Human Whole-Body Skin Under Controlled Conditions'', Building and Environment 181 (2020) 107137, 2020.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı

Uyruğu

Doğum Yeri ve Tarihi

e-mail

EĞİTİM

Derece	**Adı**	**İl**	**Bitirme Yılı**
İlkokul	**:** Fatih İlköğretim Okulu/Adıyaman		2001
Lise	: Adıyaman Anadolu Lisesi/Adıyaman		2005
Üniversite	: Adıyaman Üniversitesi/Adıyaman		2016

İŞ DENEYİMLERİ

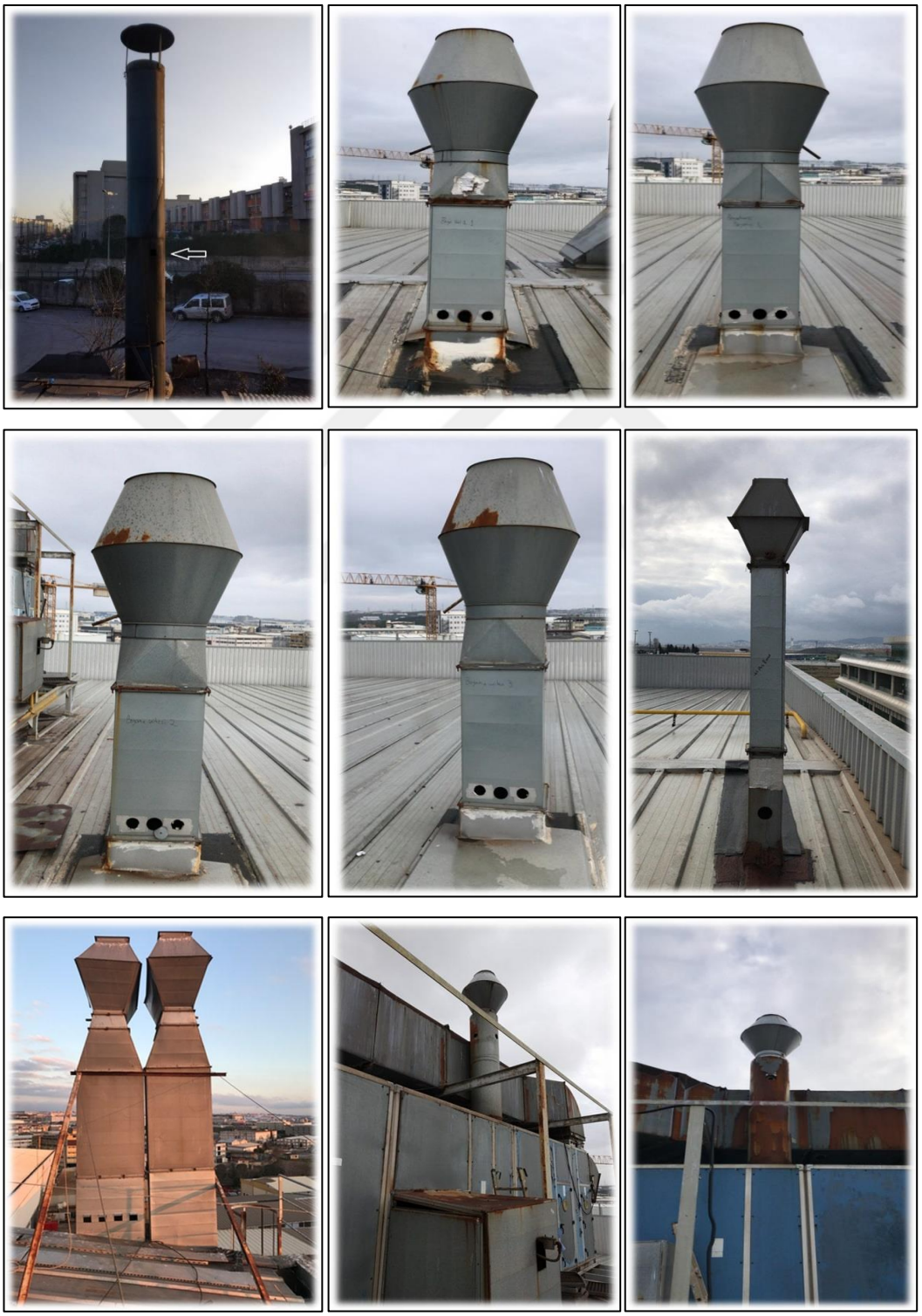
2016-2017	Pentalab Çevre Analiz Laboratuvarı	Çevre Mühendisi
2016-2017	Tetratest Çevre Laboratuvarı	Çevre Mühendisi
2018-2019	5’inci Kolordu Komutanlığı	Çevre Yönetim İşlem Subayı (Yedek Subay)
2019-2020	Karlab Çevre Laboratuvarı	Çevre Mühendisi

YAYINLAR

AKAY, A., RASTGELDİ DOĞAN, T., DERE, T., 2020. ‘’Farklı Proseslerde Atmosfere Salınan Uçucu organik Bileşikler’in Araştırılması ve Değerlendirilmesi’’. V. Uluslararası Battalgazi Bilimsel Çalışmalar Kongresi, 18-20 Aralık, Malatya, 74-75.

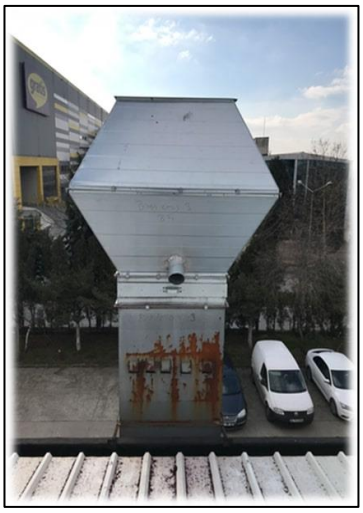
EKLER

EK 1. Bacaların, ölçümlerin, cihaz ve ekipmanların, ölçüm formunun ve cihaz çıktılarının örnek görselleri.

































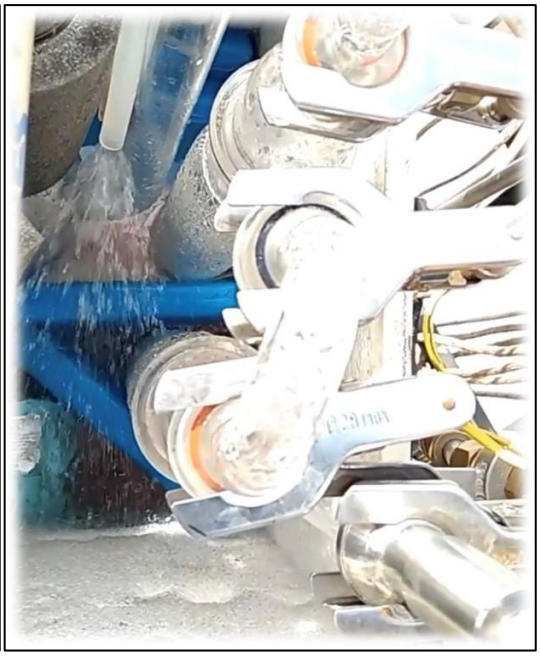








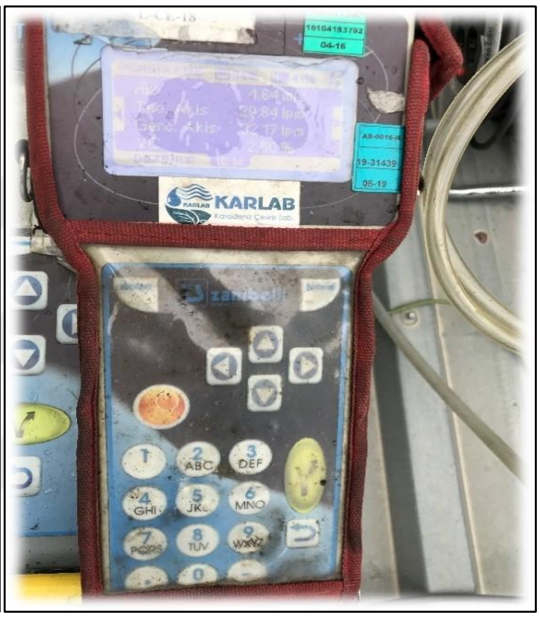






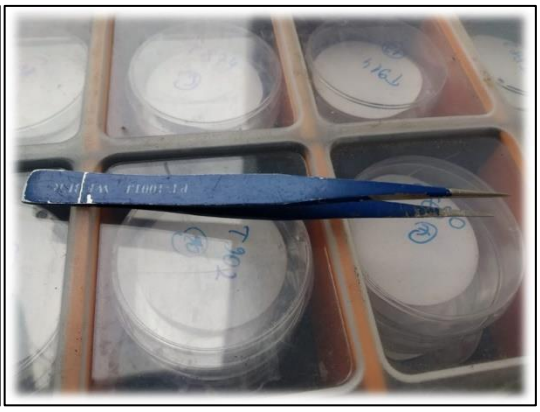





KARLAB















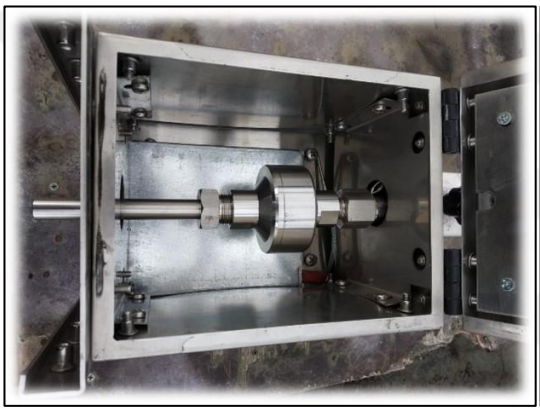

KARLAB
ISOCHECK TSB
Ana Menu


KARLAB
ISOCHECK TSB
Ana Menu
FABRIKA Seciniz
FABRIKA YONETIMI
HIZ TARAMASI
IZOKINETIK ORNEKLEME
Baca Veri Arsivi
Hafiza Yonetimi
HESAPLAMALAR
TETRA SERVIS
Setup ve kalibrasyon
Kapat
MEGA SYSTEM












zambelli
IsoDust
www.zambelli.com



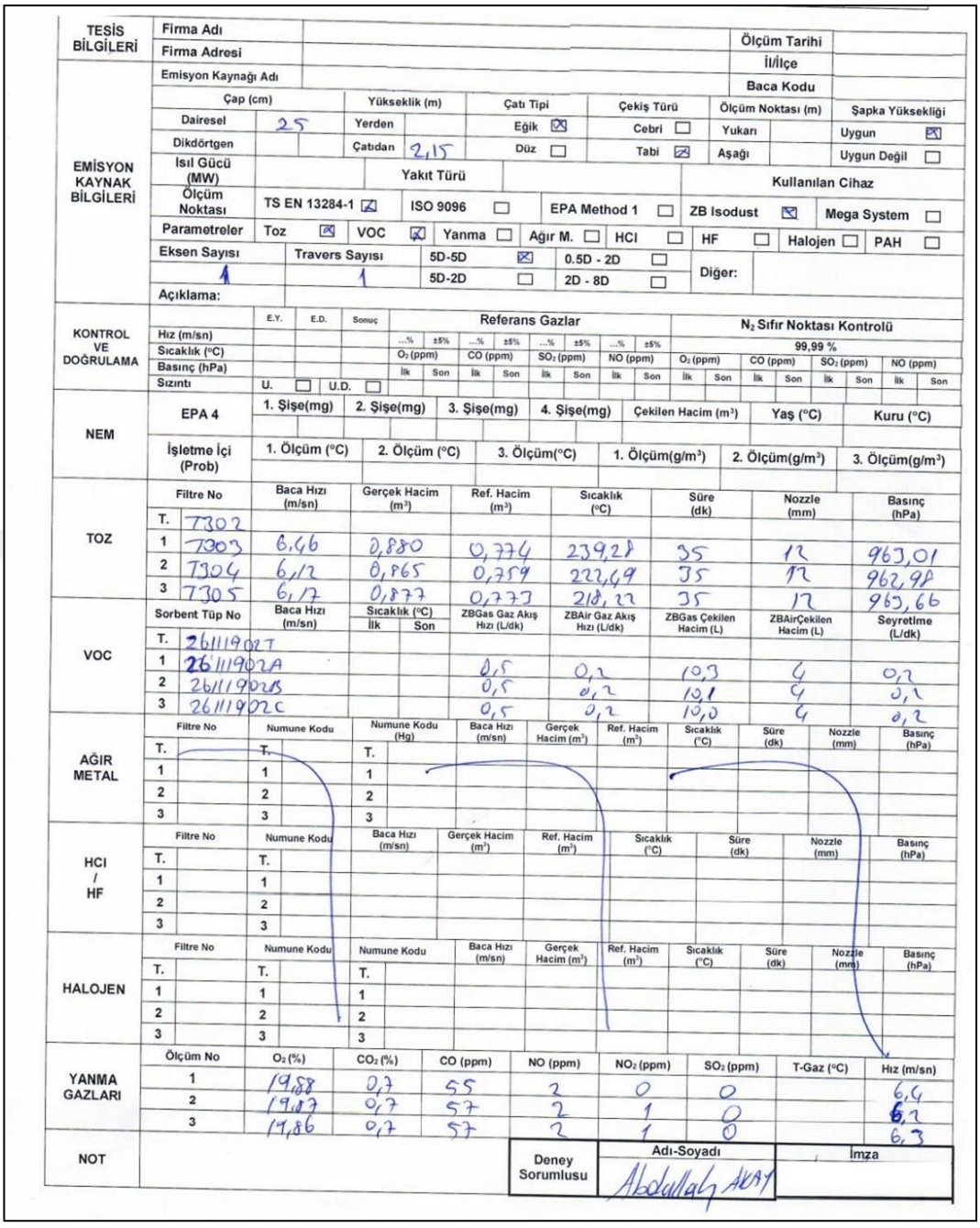




VARIO
MRU
AIR

21.0
0
0
0
0
23.8
F1
F2
F3
ESC
OK
optima





TESİS BİLGİLERİ

Firma Adı	
Firma Adresi	
Ölçüm Tarihi	
İl/İlçe	
Baca Kodu	

EMİSYON KAYNAK BİLGİLERİ

Emisyon Kaynağı Adı							
Çap (cm)	Yükseklik (m)	Çatı Tipi	Çekiş Türü	Ölçüm Noktası (m)		Şapka Yüksekliği	
Dairesel 25	Yerden	Eğik ☒	Cebri ☐	Yukarı		Uygun ☒	
Dikdörtgen	Çatıdan 2,15	Düz ☐	Tabi ☒	Aşağı		Uygun Değil ☐	
Isıl Gücü (MW)	Yakıt Türü			Kullanılan Cihaz			
Ölçüm Noktası	TS EN 13284-1 ☒	ISO 9096 ☐	EPA Method 1 ☐	ZB Isodust ☒	Mega System ☐		
Parametreler	Toz ☒	VOC ☒	Yanma ☐	Ağır M. ☐	HCl ☐	HF ☐	Halojen ☐	PAH ☐
Eksen Sayısı 1	Travers Sayısı 1	5D-5D ☒	0.5D - 2D ☐	Diğer:			
Açıklama:		5D-2D ☐	2D - 8D ☐				

KONTROL VE DOĞRULAMA

	E.Y.	E.D.	Sonuç	Referans Gazlar								N_2 Sıfır Noktası Kontrolü							
Hız (m/sn)				...%	±5%	...%	±5%	...%	±5%	...%	±5%	99,99 %							
Sıcaklık (°C)				O_2 (ppm)		CO (ppm)		SO_2 (ppm)		NO (ppm)		O_2 (ppm)		CO (ppm)		SO_2 (ppm)		NO (ppm)	
Basınç (hPa)				İlk	Son	İlk	Son	İlk	Son	İlk	Son	İlk	Son	İlk	Son	İlk	Son	İlk	Son
Sızıntı	U. ☐	U.D. ☐																	

NEM

EPA 4	1. Şişe(mg)	2. Şişe(mg)	3. Şişe(mg)	4. Şişe(mg)	Çekilen Hacim (m^3)	Yaş (°C)	Kuru (°C)
İşletme İçi (Prob)	**1. Ölçüm (°C)**	**2. Ölçüm (°C)**	**3. Ölçüm(°C)**	**1. Ölçüm(g/m^3)**	**2. Ölçüm(g/m^3)**	**3. Ölçüm(g/m^3)**	

TOZ

Filtre No		Baca Hızı (m/sn)	Gerçek Hacim (m^3)	Ref. Hacim (m^3)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Nozzle (mm)	Basınç (hPa)
T.	7302							
1	7303	6,46	0,880	0,774	239,28	35	12	963,01
2	7304	6,12	0,865	0,759	222,69	35	12	962,98
3	7305	6,17	0,877	0,777	218,22	35	12	963,66

VOC

Sorbent Tüp No		Baca Hızı (m/sn)	Sıcaklık (°C) İlk	Sıcaklık (°C) Son	ZBGas Gaz Akış Hızı (L/dk)	ZBAir Gaz Akış Hızı (L/dk)	ZBGas Çekilen Hacim (L)	ZBAirÇekilen Hacim (L)	Seyretme (L/dk)
T.	26111902T								
1	26111902A				0,5	0,2	10,3	4	0,2
2	26111902B				0,5	0,2	10,1	4	0,2
3	26111902C				0,5	0,2	10,0	4	0,2

AĞIR METAL

Filtre No		Numune Kodu	Numune Kodu (Hg)	Baca Hızı (m/sn)	Gerçek Hacim (m^3)	Ref. Hacim (m^3)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Nozzle (mm)	Basınç (hPa)
T.		T.	T.							
1		1	1							
2		2	2							
3		3	3							

HCl / HF

Filtre No		Numune Kodu	Baca Hızı (m/sn)	Gerçek Hacim (m^3)	Ref. Hacim (m^3)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Nozzle (mm)	Basınç (hPa)
T.		T.							
1		1							
2		2							
3		3							

HALOJEN

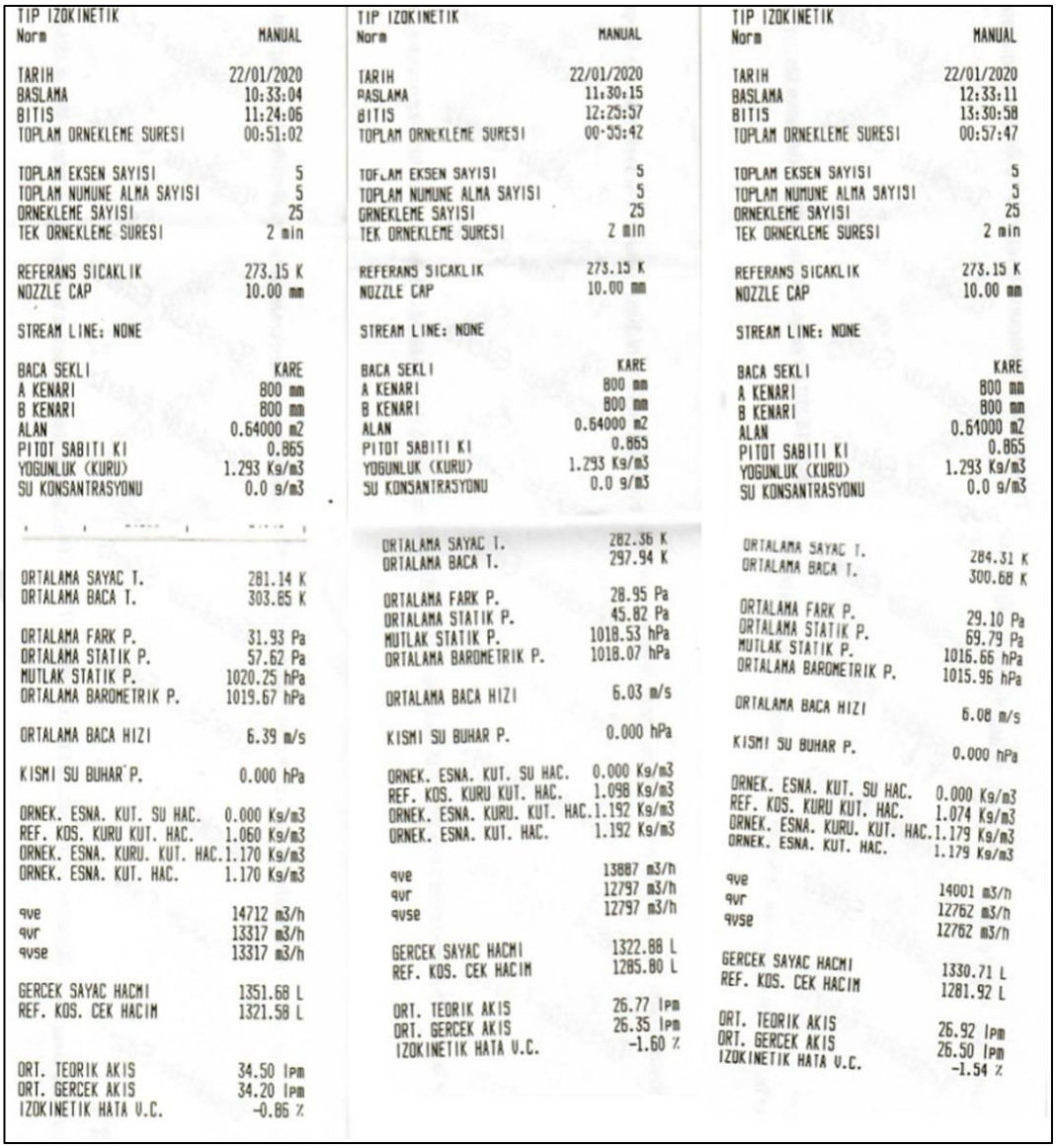
Filtre No		Numune Kodu	Numune Kodu	Baca Hızı (m/sn)	Gerçek Hacim (m^3)	Ref. Hacim (m^3)	Sıcaklık (°C)	Süre (dk)	Nozzle (mm)	Basınç (hPa)
T.		T.	T.							
1		1	1							
2		2	2							
3		3	3							

YANMA GAZLARI

Ölçüm No	O_2 (%)	CO_2 (%)	CO (ppm)	NO (ppm)	NO_2 (ppm)	SO_2 (ppm)	T-Gaz (°C)	Hız (m/sn)
1	19,88	0,7	55	2	0	0		6,4
2	19,87	0,7	57	2	1	0		6,2
3	19,86	0,7	57	2	1	0		6,3

NOT

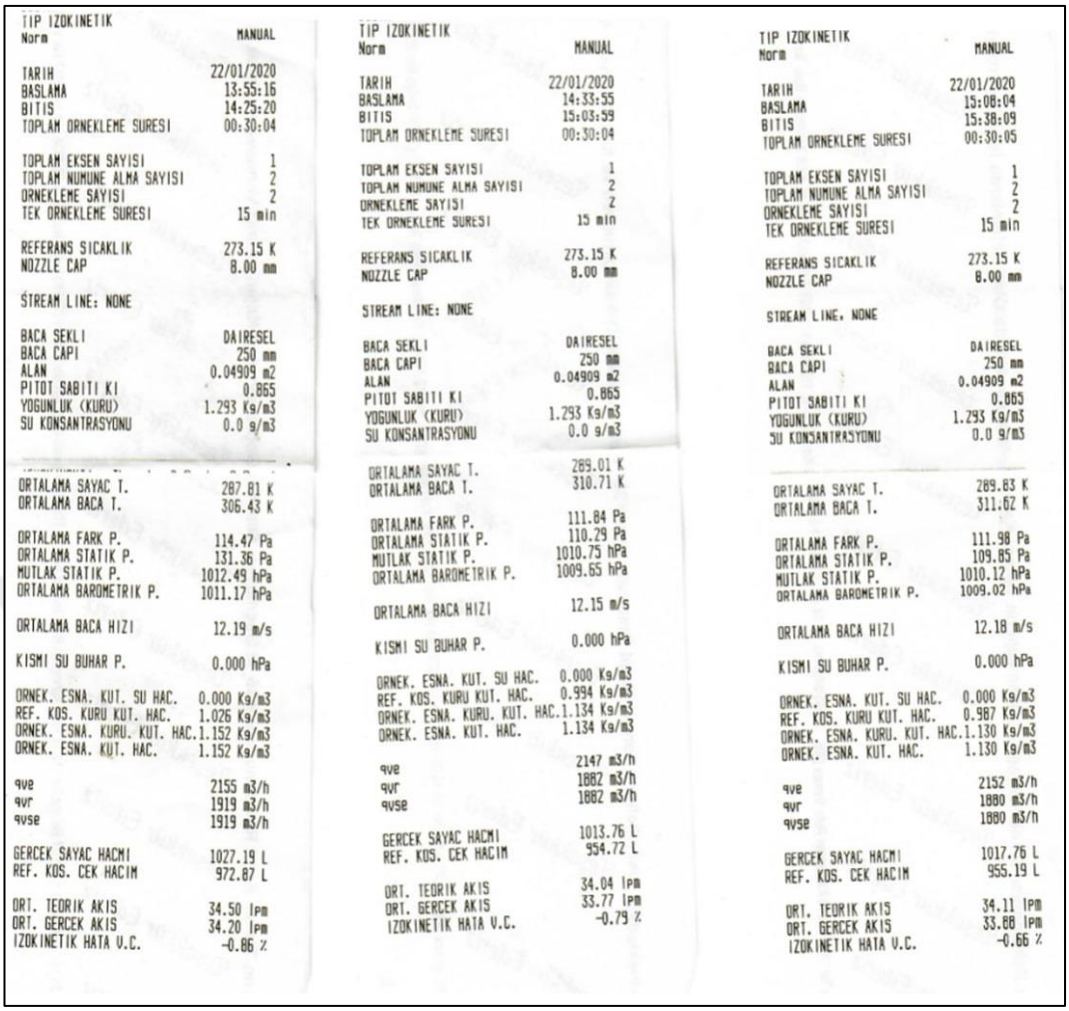
Deney Sorumlusu	Adı-Soyadı	İmza
	Abdullah AKAY	



TIP IZOKINETIK	
Norm	MANUAL
TARIH	22/01/2020
BASLAMA	10:33:04
BITIS	11:24:06
TOPLAM ORNEKLEME SURESI	00:51:02
TOPLAM EKSEN SAYISI	5
TOPLAM NUMUNE ALMA SAYISI	5
ORNEKLEME SAYISI	25
TEK ORNEKLEME SURESI	2 min
REFERANS SICAKLIK	273.15 K
NOZZLE CAP	10.00 mm
STREAM LINE: NONE	
BACA SEKLI	KARE
A KENARI	800 mm
B KENARI	800 mm
ALAN	0.64000 m2
PITOT SABITI KI	0.865
YOGUNLUK (KURU)	1.293 Kg/m3
SU KONSANTRASYONU	0.0 g/m3
ORTALAMA SAYAC T.	281.14 K
ORTALAMA BACA T.	303.85 K
ORTALAMA FARK P.	31.93 Pa
ORTALAMA STATIK P.	57.62 Pa
MUTLAK STATIK P.	1020.25 hPa
ORTALAMA BAROMETRIK P.	1019.67 hPa
ORTALAMA BACA HIZI	6.39 m/s
KISMI SU BUHAR P.	0.000 hPa
ORNEK. ESNA. KUT. SU HAC.	0.000 Kg/m3
REF. KOS. KURU KUT. HAC.	1.060 Kg/m3
ORNEK. ESNA. KURU. KUT. HAC.	1.170 Kg/m3
ORNEK. ESNA. KUT. HAC.	1.170 Kg/m3
qve	14712 m3/h
qvr	13317 m3/h
qvse	13317 m3/h
GERCEK SAYAC HACMI	1351.68 L
REF. KOS. CEK HACIM	1321.58 L
ORT. TEORIK AKIS	34.50 lpm
ORT. GERCEK AKIS	34.20 lpm
IZOKINETIK HATA V.C.	-0.86 %

TIP IZOKINETIK	
Norm	MANUAL
TARIH	22/01/2020
BASLAMA	11:30:15
BITIS	12:25:57
TOPLAM ORNEKLEME SURESI	00:55:42
TOPLAM EKSEN SAYISI	5
TOPLAM NUMUNE ALMA SAYISI	5
ORNEKLEME SAYISI	25
TEK ORNEKLEME SURESI	2 min
REFERANS SICAKLIK	273.15 K
NOZZLE CAP	10.00 mm
STREAM LINE: NONE	
BACA SEKLI	KARE
A KENARI	800 mm
B KENARI	800 mm
ALAN	0.64000 m2
PITOT SABITI KI	0.865
YOGUNLUK (KURU)	1.293 Kg/m3
SU KONSANTRASYONU	0.0 g/m3
ORTALAMA SAYAC T.	282.36 K
ORTALAMA BACA T.	297.94 K
ORTALAMA FARK P.	28.95 Pa
ORTALAMA STATIK P.	45.82 Pa
MUTLAK STATIK P.	1018.53 hPa
ORTALAMA BAROMETRIK P.	1018.07 hPa
ORTALAMA BACA HIZI	6.03 m/s
KISMI SU BUHAR P.	0.000 hPa
ORNEK. ESNA. KUT. SU HAC.	0.000 Kg/m3
REF. KOS. KURU KUT. HAC.	1.098 Kg/m3
ORNEK. ESNA. KURU. KUT. HAC.	1.192 Kg/m3
ORNEK. ESNA. KUT. HAC.	1.192 Kg/m3
qve	13887 m3/h
qvr	12797 m3/h
qvse	12797 m3/h
GERCEK SAYAC HACMI	1322.88 L
REF. KOS. CEK HACIM	1285.80 L
ORT. TEORIK AKIS	26.77 lpm
ORT. GERCEK AKIS	26.35 lpm
IZOKINETIK HATA V.C.	-1.60 %

TIP IZOKINETIK	
Norm	MANUAL
TARIH	22/01/2020
BASLAMA	12:33:11
BITIS	13:30:58
TOPLAM ORNEKLEME SURESI	00:57:47
TOPLAM EKSEN SAYISI	5
TOPLAM NUMUNE ALMA SAYISI	5
ORNEKLEME SAYISI	25
TEK ORNEKLEME SURESI	2 min
REFERANS SICAKLIK	273.15 K
NOZZLE CAP	10.00 mm
STREAM LINE: NONE	
BACA SEKLI	KARE
A KENARI	800 mm
B KENARI	800 mm
ALAN	0.61000 m2
PITOT SABITI KI	0.865
YOGUNLUK (KURU)	1.293 Kg/m3
SU KONSANTRASYONU	0.0 g/m3
ORTALAMA SAYAC T.	284.31 K
ORTALAMA BACA T.	300.68 K
ORTALAMA FARK P.	29.10 Pa
ORTALAMA STATIK P.	69.79 Pa
MUTLAK STATIK P.	1016.66 hPa
ORTALAMA BAROMETRIK P.	1015.96 hPa
ORTALAMA BACA HIZI	6.08 m/s
KISMI SU BUHAR P.	0.000 hPa
ORNEK. ESNA. KUT. SU HAC.	0.000 Kg/m3
REF. KOS. KURU KUT. HAC.	1.074 Kg/m3
ORNEK. ESNA. KURU. KUT. HAC.	1.179 Kg/m3
ORNEK. ESNA. KUT. HAC.	1.179 Kg/m3
qve	14001 m3/h
qvr	12762 m3/h
qvse	12762 m3/h
GERCEK SAYAC HACMI	1330.71 L
REF. KOS. CEK HACIM	1281.92 L
ORT. TEORIK AKIS	26.92 lpm
ORT. GERCEK AKIS	26.50 lpm
IZOKINETIK HATA V.C.	-1.54 %



TIP IZOKINETIK
Norm MANUAL

TARIH	22/01/2020
BASLAMA	13:55:16
BITIS	14:25:20
TOPLAM ORNEKLEME SURESI	00:30:04
TOPLAM EKSEN SAYISI	1
TOPLAM NUMUNE ALMA SAYISI	2
ORNEKLEME SAYISI	2
TEK ORNEKLEME SURESI	15 min
REFERANS SICAKLIK	273.15 K
NOZZLE CAP	8.00 mm

STREAM LINE: NONE

BACA SEKLI	DAIRESEL
BACA CAPI	250 mm
ALAN	0.04909 m2
PITOT SABITI KI	0.865
YOGUNLUK (KURU)	1.293 Kg/m3
SU KONSANTRASYONU	0.0 g/m3
ORTALAMA SAYAC T.	287.81 K
ORTALAMA BACA T.	306.43 K
ORTALAMA FARK P.	114.47 Pa
ORTALAMA STATIK P.	131.36 Pa
MUTLAK STATIK P.	1012.49 hPa
ORTALAMA BAROMETRIK P.	1011.17 hPa
ORTALAMA BACA HIZI	12.19 m/s
KISMI SU BUHAR P.	0.000 hPa
ORNEK. ESNA. KUT. SU HAC.	0.000 Kg/m3
REF. KOS. KURU KUT. HAC.	1.026 Kg/m3
ORNEK. ESNA. KURU. KUT. HAC.	1.152 Kg/m3
ORNEK. ESNA. KUT. HAC.	1.152 Kg/m3
qve	2155 m3/h
qvr	1919 m3/h
qvse	1919 m3/h
GERCEK SAYAC HACMI	1027.19 L
REF. KOS. CEK HACIM	972.87 L
ORT. TEORIK AKIS	34.50 lpm
ORT. GERCEK AKIS	34.20 lpm
IZOKINETIK HATA V.C.	-0.86 %

TIP IZOKINETIK
Norm MANUAL

TARIH	22/01/2020
BASLAMA	14:33:55
BITIS	15:03:59
TOPLAM ORNEKLEME SURESI	00:30:04
TOPLAM EKSEN SAYISI	1
TOPLAM NUMUNE ALMA SAYISI	2
ORNEKLEME SAYISI	2
TEK ORNEKLEME SURESI	15 min
REFERANS SICAKLIK	273.15 K
NOZZLE CAP	8.00 mm

STREAM LINE: NONE

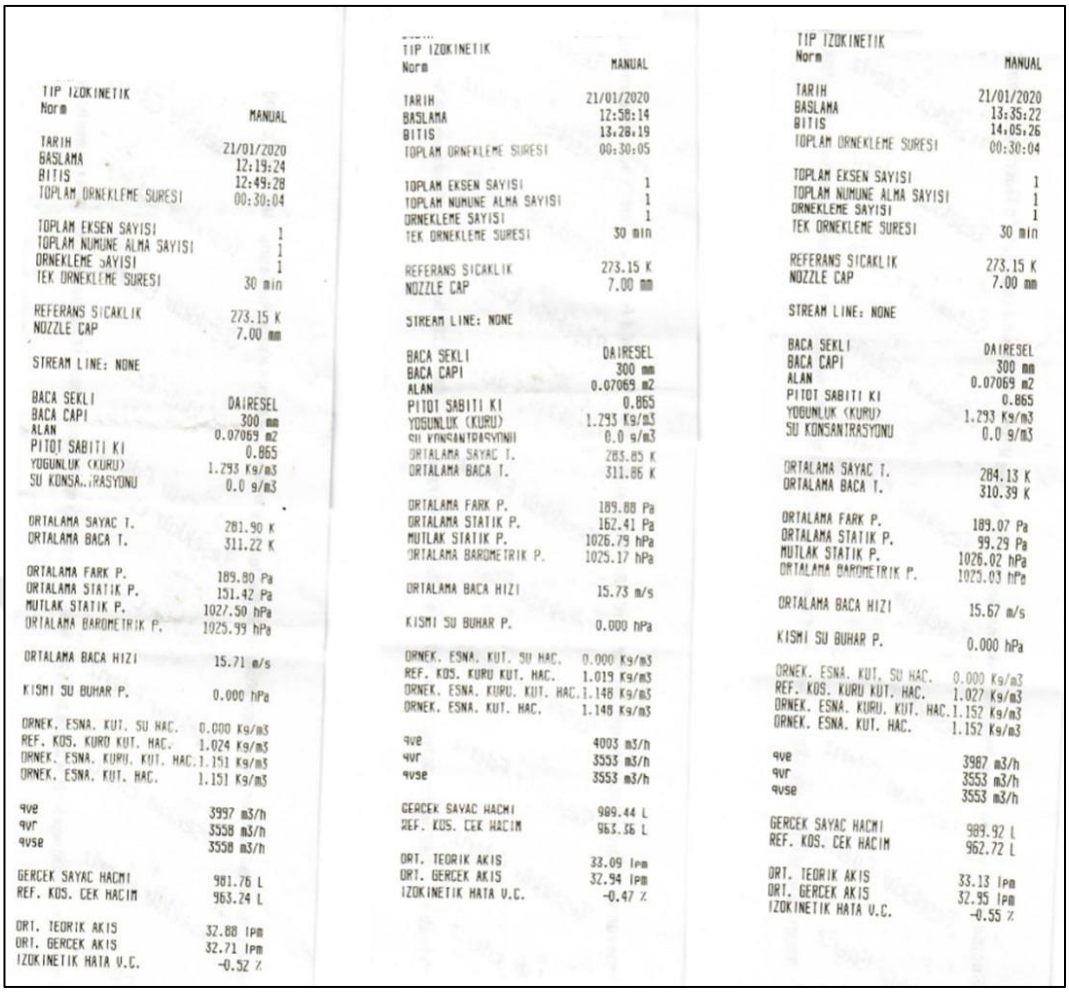
BACA SEKLI	DAIRESEL
BACA CAPI	250 mm
ALAN	0.04909 m2
PITOT SABITI KI	0.865
YOGUNLUK (KURU)	1.293 Kg/m3
SU KONSANTRASYONU	0.0 g/m3
ORTALAMA SAYAC T.	289.01 K
ORTALAMA BACA T.	310.71 K
ORTALAMA FARK P.	111.84 Pa
ORTALAMA STATIK P.	110.29 Pa
MUTLAK STATIK P.	1010.75 hPa
ORTALAMA BAROMETRIK P.	1009.65 hPa
ORTALAMA BACA HIZI	12.15 m/s
KISMI SU BUHAR P.	0.000 hPa
ORNEK. ESNA. KUT. SU HAC.	0.000 Kg/m3
REF. KOS. KURU KUT. HAC.	0.994 Kg/m3
ORNEK. ESNA. KURU. KUT. HAC.	1.134 Kg/m3
ORNEK. ESNA. KUT. HAC.	1.134 Kg/m3
qve	2147 m3/h
qvr	1882 m3/h
qvse	1882 m3/h
GERCEK SAYAC HACMI	1013.76 L
REF. KOS. CEK HACIM	954.72 L
ORT. TEORIK AKIS	34.04 lpm
ORT. GERCEK AKIS	33.77 lpm
IZOKINETIK HATA V.C.	-0.79 %

TIP IZOKINETIK
Norm MANUAL

TARIH	22/01/2020
BASLAMA	15:08:04
BITIS	15:38:09
TOPLAM ORNEKLEME SURESI	00:30:05
TOPLAM EKSEN SAYISI	1
TOPLAM NUMUNE ALMA SAYISI	2
ORNEKLEME SAYISI	2
TEK ORNEKLEME SURESI	15 min
REFERANS SICAKLIK	273.15 K
NOZZLE CAP	8.00 mm

STREAM LINE, NONE

BACA SEKLI	DAIRESEL
BACA CAPI	250 mm
ALAN	0.04909 m2
PITOT SABITI KI	0.865
YOGUNLUK (KURU)	1.293 Kg/m3
SU KONSANTRASYONU	0.0 g/m3
ORTALAMA SAYAC T.	289.83 K
ORTALAMA BACA T.	311.62 K
ORTALAMA FARK P.	111.98 Pa
ORTALAMA STATIK P.	109.85 Pa
MUTLAK STATIK P.	1010.12 hPa
ORTALAMA BAROMETRIK P.	1009.02 hPa
ORTALAMA BACA HIZI	12.18 m/s
KISMI SU BUHAR P.	0.000 hPa
ORNEK. ESNA. KUT. SU HAC.	0.000 Kg/m3
REF. KOS. KURU KUT. HAC.	0.987 Kg/m3
ORNEK. ESNA. KURU. KUT. HAC.	1.130 Kg/m3
ORNEK. ESNA. KUT. HAC.	1.130 Kg/m3
qve	2152 m3/h
qvr	1880 m3/h
qvse	1880 m3/h
GERCEK SAYAC HACMI	1017.76 L
REF. KOS. CEK HACIM	955.19 L
ORT. TEORIK AKIS	34.11 lpm
ORT. GERCEK AKIS	33.88 lpm
IZOKINETIK HATA V.C.	-0.66 %



TIP IZOKINETIK
Norm MANUAL

TARIH	21/01/2020
BASLAMA	12:19:24
BITIS	12:49:28
TOPLAM ORNEKLEME SURESI	00:30:04
TOPLAM EKSEN SAYISI	1
TOPLAM NUMUNE ALMA SAYISI	1
ORNEKLEME SAYISI	1
TEK ORNEKLEME SURESI	30 min
REFERANS SICAKLIK	273.15 K
NOZZLE CAP	7.00 mm

STREAM LINE: NONE

BACA SEKLI	DAIRESEL
BACA CAPI	300 mm
ALAN	0.07069 m2
PITOT SABITI KI	0.865
YOGUNLUK (KURU)	1.293 Kg/m3
SU KONSA..IRASYONU	0.0 g/m3
ORTALAMA SAYAC T.	281.90 K
ORTALAMA BACA T.	311.22 K
ORTALAMA FARK P.	189.80 Pa
ORTALAMA STATIK P.	151.42 Pa
MUTLAK STATIK P.	1027.50 hPa
ORTALAMA BAROMETRIK P.	1025.99 hPa
ORTALAMA BACA HIZI	15.71 m/s
KISMI SU BUHAR P.	0.000 hPa
ORNEK. ESNA. KUT. SU HAC.	0.000 Kg/m3
REF. KOS. KURU KUT. HAC.	1.024 Kg/m3
ORNEK. ESNA. KURU. KUT. HAC.	1.151 Kg/m3
ORNEK. ESNA. KUT. HAC.	1.151 Kg/m3
qve	3997 m3/h
qvr	3558 m3/h
qvse	3558 m3/h
GERCEK SAYAC HACMI	981.76 L
REF. KOS. CEK HACIM	963.24 L
ORT. TEORIK AKIS	32.88 lpm
ORT. GERCEK AKIS	32.71 lpm
IZOKINETIK HATA V.C.	-0.52 %

TIP IZOKINETIK
Norm MANUAL

TARIH	21/01/2020
BASLAMA	12:58:14
BITIS	13:28:19
TOPLAM ORNEKLEME SURESI	00:30:05
TOPLAM EKSEN SAYISI	1
TOPLAM NUMUNE ALMA SAYISI	1
ORNEKLEME SAYISI	1
TEK ORNEKLEME SURESI	30 min
REFERANS SICAKLIK	273.15 K
NOZZLE CAP	7.00 mm

STREAM LINE: NONE

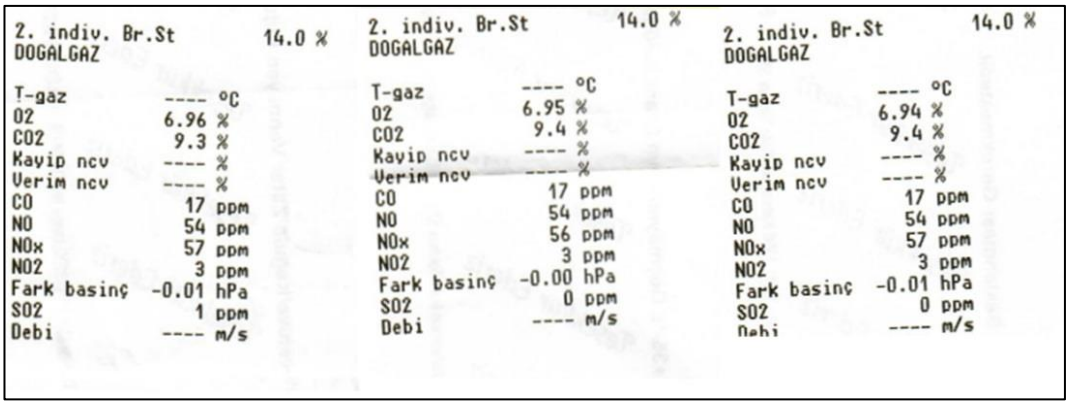
BACA SEKLI	DAIRESEL
BACA CAPI	300 mm
ALAN	0.07069 m2
PITOT SABITI KI	0.865
YOGUNLUK (KURU)	1.293 Kg/m3
SU KONSANTRASYONU	0.0 g/m3
ORTALAMA SAYAC T.	285.85 K
ORTALAMA BACA T.	311.86 K
ORTALAMA FARK P.	189.88 Pa
ORTALAMA STATIK P.	162.41 Pa
MUTLAK STATIK P.	1026.79 hPa
ORTALAMA BAROMETRIK P.	1025.17 hPa
ORTALAMA BACA HIZI	15.73 m/s
KISMI SU BUHAR P.	0.000 hPa
ORNEK. ESNA. KUT. SU HAC.	0.000 Kg/m3
REF. KOS. KURU KUT. HAC.	1.019 Kg/m3
ORNEK. ESNA. KURU. KUT. HAC.	1.148 Kg/m3
ORNEK. ESNA. KUT. HAC.	1.148 Kg/m3
qve	4003 m3/h
qvr	3553 m3/h
qvse	3553 m3/h
GERCEK SAYAC HACMI	989.44 L
REF. KOS. CEK HACIM	963.16 L
ORT. TEORIK AKIS	33.09 lpm
ORT. GERCEK AKIS	32.94 lpm
IZOKINETIK HATA V.C.	-0.47 %

TIP IZOKINETIK
Norm MANUAL

TARIH	21/01/2020
BASLAMA	13:35:22
BITIS	14:05:26
TOPLAM ORNEKLEME SURESI	00:30:04
TOPLAM EKSEN SAYISI	1
TOPLAM NUMUNE ALMA SAYISI	1
ORNEKLEME SAYISI	1
TEK ORNEKLEME SURESI	30 min
REFERANS SICAKLIK	273.15 K
NOZZLE CAP	7.00 mm

STREAM LINE: NONE

BACA SEKLI	DAIRESEL
BACA CAPI	300 mm
ALAN	0.07069 m2
PITOT SABITI KI	0.865
YOGUNLUK (KURU)	1.293 Kg/m3
SU KONSANTRASYONU	0.0 g/m3
ORTALAMA SAYAC T.	284.13 K
ORTALAMA BACA T.	310.39 K
ORTALAMA FARK P.	189.07 Pa
ORTALAMA STATIK P.	99.29 Pa
MUTLAK STATIK P.	1026.02 hPa
ORTALAMA BAROMETRIK P.	1025.03 hPa
ORTALAMA BACA HIZI	15.67 m/s
KISMI SU BUHAR P.	0.000 hPa
ORNEK. ESNA. KUT. SU HAC.	0.000 Kg/m3
REF. KOS. KURU KUT. HAC.	1.027 Kg/m3
ORNEK. ESNA. KURU. KUT. HAC.	1.152 Kg/m3
ORNEK. ESNA. KUT. HAC.	1.152 Kg/m3
qve	3987 m3/h
qvr	3553 m3/h
qvse	3553 m3/h
GERCEK SAYAC HACMI	989.92 L
REF. KOS. CEK HACIM	962.72 L
ORT. TEORIK AKIS	33.13 lpm
ORT. GERCEK AKIS	32.95 lpm
IZOKINETIK HATA V.C.	-0.55 %



2. indiv. Br.St 14.0 %
DOGALGAZ

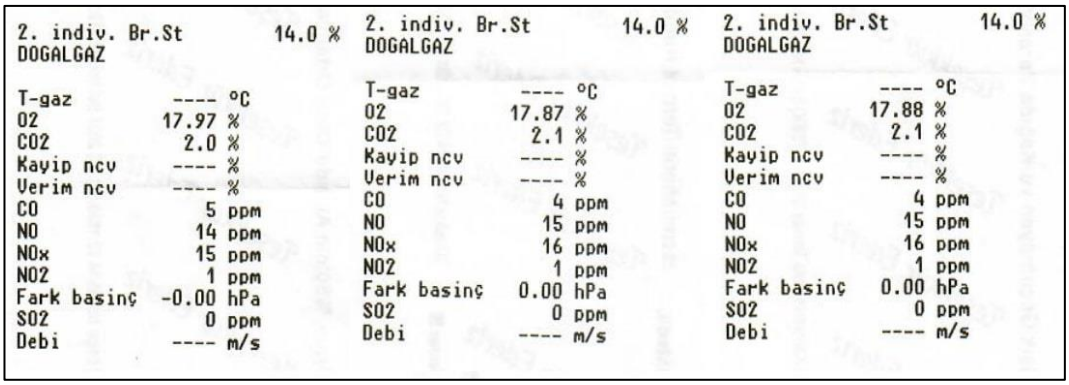
T-gaz	---- °C
O2	6.96 %
CO2	9.3 %
Kayip ncv	---- %
Verim ncv	---- %
CO	17 ppm
NO	54 ppm
NOx	57 ppm
NO2	3 ppm
Fark basinç	-0.01 hPa
SO2	1 ppm
Debi	---- m/s

2. indiv. Br.St 14.0 %
DOGALGAZ

T-gaz	---- °C
O2	6.95 %
CO2	9.4 %
Kayip ncv	---- %
Verim ncv	---- %
CO	17 ppm
NO	54 ppm
NOx	56 ppm
NO2	3 ppm
Fark basinç	-0.00 hPa
SO2	0 ppm
Debi	---- m/s

2. indiv. Br.St 14.0 %
DOGALGAZ

T-gaz	---- °C
O2	6.94 %
CO2	9.4 %
Kayip ncv	---- %
Verim ncv	---- %
CO	17 ppm
NO	54 ppm
NOx	57 ppm
NO2	3 ppm
Fark basinç	-0.01 hPa
SO2	0 ppm
Debi	---- m/s


2. indiv. Br.St 14.0 %
DOGALGAZ
T-gaz ---- °C
O2 17.97 %
CO2 2.0 %
Kayip ncv ---- %
Verim ncv ---- %
CO 5 ppm
NO 14 ppm
NOx 15 ppm
NO2 1 ppm
Fark basinç -0.00 hPa
SO2 0 ppm
Debi ---- m/s
2. indiv. Br.St 14.0 %
DOGALGAZ
T-gaz ---- °C
O2 17.87 %
CO2 2.1 %
Kayip ncv ---- %
Verim ncv ---- %
CO 4 ppm
NO 15 ppm
NOx 16 ppm
NO2 1 ppm
Fark basinç 0.00 hPa
SO2 0 ppm
Debi ---- m/s
2. indiv. Br.St 14.0 %
DOGALGAZ
T-gaz ---- °C
O2 17.88 %
CO2 2.1 %
Kayip ncv ---- %
Verim ncv ---- %
CO 4 ppm
NO 15 ppm
NOx 16 ppm
NO2 1 ppm
Fark basinç 0.00 hPa
SO2 0 ppm
Debi ---- m/s