

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI



TEZ BAŞLIĞI
SÜREKLİ EMİSYON ÖLÇÜM SİSTEMLERİNDE (SEÖS)
ÖLÇÜM BELİRSİZLİKLERİNİN HESAPLANMASI

Yüksek Lisans Tezi

Bedrihan GÜLEÇ

Danışman

Doç. Dr. Andaç AKDEMİR

SAMSUN
2021

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Dönem Projesi tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi?

Evet (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır

İmza
10 /12 / 2021
Bedrihan GÜLEÇ

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı: Sürekli Ölçüm Sistemlerinde (SEÖS) Ölçüm Belirsizliklerinin Hesaplanması

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 13.07.2021 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 25

Tek kaynak oranı : % 5 çıkmıştır.

İmza
14 /11 / 2021
Doç.Dr. Andaç AKDEMİR

ÖZET

SÜREKLİ EMİSYON ÖLÇÜM SİSTEMLERİNDE (SEÖS) ÖLÇÜM BELİRSİZLİKLERİNİN HESAPLANMASI

Bedrihan GÜLEÇ

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Haziran/2021

Danışman: Andaç AKDEMİR

Küresel ısınma ve iklim değişiminin en temel sebebi olan hava kirliliği son yıllarda çok önemli hale gelmiştir. Özellikle pandemi dönemlerinde tüm dünyada ortaya çıkan hava kalitesindeki olumlu sonuçlar hava kalitesinin izlenmesini daha önemli hale getirmiştir. Bu açıdan bakıldığında; en önemli noktasal kaynak olarak endüstriyel tesislerin atmosfere saldıkları kirleticilerden dolayı sürekli izlenmeleri gerekir. Ülkemizde yasal mevzuata uygun olarak kurulmuş birçok Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemi (SEÖS) bulunmaktadır.

Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemlerinde ölçümlerin güvenilirliğini teyit etmek amaçlı kullanılan en önemli unsur ölçüm belirsizlikleridir. Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemleri ile ölçülecek her emisyon parametresi için ölçüm sonuçlarının güvenilirliğine etki edecek her şart belirsizlik olarak tanımlanmıştır. Ölçüm sonuçlarına güvensizlik olarak etki edecek her parametrenin tek tek belirlenmesi, belirlenen parametrelerin hesaplanma veya kabul yöntemlerinin geliştirilmesi ve belirsizlik parametrelerinin etkilerinin hesaplanarak ölçüm sonuçlarının üzerindeki etkisinin ortadan kaldırılması, sonuçların güven düzeyinin maksimum seviyelere çekilmesinde oldukça önemlidir. Proseslerde emisyonların izlenmesi aşamasında Standart Gazın Belirsizliği, Deneysel Tekrarlanabilirlik Belirsizliği, Girişim Yapan Gazların Belirsizliği, Ölçüm Yapılan Ortamın Sıcaklığı, Kişiden Kaynaklanan Belirsizlikler, Ortamın Basıncından Gelen Belirsizlikler, Cihazdan Kaynaklanan Belirsizlikler vb. hususlar ölçümler ile elde edilen sonuçlara etki ederek ölçüm güvenilirliğini manipüle edebilmektedir.

Bu çalışmaların ana amacı Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemleri ile yapılan ölçümlerde belirsizliklerin daha doğru belirlenmesi, belirsizliklerin değerlendirilmesinde proseslerin, cihazların, kullanılan referans gazların, kişisel şartlardan kaynaklanan durumların doğru analiz edilmesi ve analizlerin değerlendirilmesi aşamasında bakış açısının nasıl olması gerektiğini belirtmek ve karşılaşılabilecek sorunlara çözüm önerileri getirmektedir.

Anahtar Sözcükler: Baca Gazı, Emisyon, SEÖS, Ölçüm Belirsizliği.

ABSTRACT

CALCULATION OF MEASUREMENT UNCERTAINTY IN CONTINUOUS EMISSION MEASUREMENT SYSTEMS (SEÖS)

Bedrihan GÜLEÇ

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Environmental Engineering

Master, June/2021

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Andaç AKDEMİR

Air pollution, which is the main cause of global warming and climate change, has become very important in recent years. Especially during the pandemic periods, the positive results in air quality all over the world have made the monitoring of air quality more important. When viewed from this angle; As the most important point source, industrial facilities must be constantly monitored because of the pollutants they release into the atmosphere. In our country, there are many Continuous Emission Measurement Systems (CEMS) in accordance with the legal regulations.

In CEMS, the most important element to confirm the reliability of the measurements is the measurement uncertainty. For each emission parameter to be measured with Continuous Emission Measurement Systems, any condition that will affect the reliability of the measurement results is defined as uncertainty. It is very important to determine each parameter that will affect the measurement results as insecurity one by one, to develop the calculation methods of the determined parameters, and to calculate the effects of the uncertainty parameters and to eliminate the effect on the measurement results and to maximize the confidence level of the results. During the monitoring of emissions in processes, Uncertainty of Standard Gas, Uncertainty of Experimental Repeatability, Uncertainty of Interfering Gases, Temperature of the Measurement Environment, Uncertainties Due to Person, Uncertainties Caused by Ambient Pressure, Uncertainties Due to Device etc. considerations can manipulate the measurement reliability by affecting the results obtained with the measurements.

The main purpose of these studies is to determine the uncertainties more accurately in the measurements made with Continuous Emission Measurement Systems, to analyze the processes, devices, reference gases used, personal conditions correctly in the evaluation of uncertainties, to specify how the point of view should be during the evaluation of the analysis and to offer solutions to the problems that may be encountered.

Keywords: Stack gas, emission, CEMS, uncertainty measurement.

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Öncelikle meslek hayatımda benim için bir işyerinden daha çok okul olarak var olan ÇAMSAN ORDU AĞAÇ SANAYİ VE TİCARET A.Ş. şirketine, Şirket nezdinde tüm yönetici ve hak sahiplerine kişisel gelişimime yaptıkları katkılardan dolayı teşekkürü borç bilirim.

Yaptığım tüm çalışmalarda bana yol gösteren, aydınlatıcı fikirlerinden çok fazla yararlandığım değerli danışman hocam Doç. Dr. Andaç AKDEMİR' e teşekkür ederim.

Hayatımın her anında desteklerini bir an olsun eksik etmeyen sevgili eşim Tuğba ve biricik oğlum Yavuz ALP ve bu süreçte aramıza daha çok yeni katılan güzel kızım İlay' a bana kattıkları motivasyon nedeniyle çok teşekkür ederim.

Bedrihan GÜLEÇ

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI.....	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
TABLolar DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. ARAŞTIRMANIN KURAMSAL TEMELLERİ.....	3
2.1. Hava Kirliliği Tanımı, Kaynakları	3
2.1.1. Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliği	3
2.1.2. Sanayiden Kaynaklanan Hava Kirliliği	4
2.1.3. Trafikten Kaynaklanan Hava Kirliliği	4
2.1.4. Hava Kirliliği Boyutları	5
2.2. Hava Kalite Parametreleri ve Etkileri.....	5
2.2.1. Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemleri	8
2.2.1.1. Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemi Kurması Gereken İşletmeler.....	8
2.2.1.2. Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemi Parametrelerinin Belirlenmesi	8
2.2.1.3. Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemi Parametrelerinin Belirlenmesi	9
2.3. Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemlerinde Kalite Güvence Sistemleri	11
2.3.1. Kalite Güvence Sistemi 1 (KGS1).....	12
2.3.2. Kalite Güvence Sistemi 2 (KGS2).....	13
2.3.3. Kalite Güvence Sistemi 3 (KGS3).....	15
2.3.4. Yıllık Geçerlilik Testi (YGT)	18
2.4. Ölçüm Belirsizlikleri	19
2.4.1. Ölçüm Belirsizliklerinin Kaynağı.....	20
2.4.2. Standart Gazın Belirsizliği.....	21
2.4.3. Deneysel Tekrarlanabilirlik Belirsizliği	21
2.4.4. Girişim Yapan Gazların Belirsizliği	22
2.4.5. Ölçümü Yapılacak Ortam Sıcaklığından Gelen Belirsizlik.....	22
2.4.6. Basıncın Belirsizliğe Etkisi.....	22
2.4.7. Kişiden Kaynaklanan Belirsizlik	23
2.4.8. Rölatif (Bağıl) Standart Sapma.....	23
2.4.9. Belirsizlik Bileşenleri ve Belirsizlik Hesaplamaları.....	23
3. YÖNTEM (METOT METERYAL).....	26
3.1. Tesis Hakkında Genel Bilgi	26

3.1.1. MDF Üretim Tesisleri Proses Özeti	27
3.1.2. Formaldehit ve Tutkal Üretim Tesisi Proses Özeti.....	29
3.1.2.1. Formaldehit Üretimi;.....	29
3.1.2.2. Tutkal Üretimi;.....	29
3.1.2.3. Emprenye Tesisi Çalışma Prensibi;	29
3.1.2.4. Kaplama Tesisleri Çalışma Prensibi;	29
3.1.2.5. Enerji Tesisi Çalışma Prensibi	30
3.2. Yakıtlara ait bilgiler.....	31
3.1. Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemine (SEÖS) Ait Bilgiler.....	34
4. BULGULAR.....	37
4.1. Standart Gazın Belirsizliği	37
4.2. Deneysel Tekrarlanabilirlik Belirsizliği	37
4.2.1. Karbonmonoksit Deneysel Tekrarlanabilirlik Belirsizliği.....	37
4.2.2. Karbondioksit Deneysel Tekrarlanabilirlik Belirsizliği.....	39
4.2.3. Oksijen Deneysel Tekrarlanabilirlik Belirsizliği	41
4.3. Girişim Yapan Gazların Belirsizliği	42
4.4. Ölçüm Yapılan Ortam Sıcaklığından Gelen Belirsizlik	42
4.5. Basıncın Belirsizliğe Etkisi	42
4.6. Kişiden Kaynaklanan Belirsizlik.....	42
4.7. Sensörden Kaynaklanan Ölçme Belirsizliği	43
4.8. Belirsizlik Bileşenleri ve Belirsizlik Hesaplamaları	43
4.8.1. Karbonmonoksit Belirsizlik Bileşenleri ve Belirsizlik Hesaplamaları	43
4.8.2. CO ₂ Belirsizlik Bileşenleri ve Belirsizlik Hesaplamaları	44
4.8.3. O ₂ Belirsizlik Bileşenleri	45
4.9. Genişletilmiş Belirsizlik	46
4.10. Belirsizliklerin Raporlanması	46
5. SONUÇ VE TARTIŞMA	47
KAYNAKÇA	52

SİMGELER VE KISALTMALAR

CEN	: (European Committee for Standardization - Avrupa Standardizasyon Komitesi)
CŞB	: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
CO	: Karbonmonoksit
CO ₂	: Karbondioksit
O ₂	: Oksijen
KGS1	: Birinci Seviye Kalite Güvence Sistemi
KGS2	: İkinci Seviye Kalite Güvence Sistemi
KGS3	: Üçüncü Seviye Kalite Güvence Sistemi
KG	: Kalite Güvence
KK	: Kalite Kontrol
KGP	: Kalite Güvence Planları
RSD	: Relatif (Bağıl) Standart Sapma
RSD (%)	: Yüzde Rölatif (Bağıl) Standart Sapma
SEÖS	: Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemi
SRM	: Standart Referans Metot
YGT	: Yıllık Geçerlilik Testi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. SEÖS Monitörü Akış Şeması	11
Şekil 2.2. EN 14181 Standardı Kalite Güvence Sistemi İş Akış Şeması.....	12
Şekil 2.3. KGS2 Test ve İşlem Sıralaması	14
Şekil 2.4. Kalibrasyon ve değişkenlik testlerinin sorumluluğunu gösteren akış diyagramı.....	15
Şekil 2.5. YGT uygulaması akış şeması.....	18
Şekil 2.6. EN 14181'deki kalite güvence düzeyleri dizisi (Jean Poulleau, Cécile Raventos, Philippe Fayolle, Emmanuel Fiani, 04 April 2014)	19
Şekil 3.1. Çamsan Ordu A.Ş Yer Bulduru Haritası.....	26
Şekil 3.2. MDF Üretim Tesisi Proses Tanımı	28
Şekil 3.3. Bacaya ait teknik detaylar	35
Şekil 3.4. Baca dış görünüşü ve Ekipman Yerleşimi	36
Şekil 4.1. 50,124 ppm'lik standart karbonmonoksit gazının SEÖS'e okutulması sonucu elde edilen değerlerin dağılım grafiği	38
Şekil 4.2. 150,52 ppm'lik standart karbonmonoksit gazının SEÖS'e okutulması sonucu elde edilen değerlerin dağılım grafiği	38
Şekil 4.3. 401,52 ppm'lik standart karbonmonoksit gazının SEÖS'e okutulması sonucu elde edilen değerlerin dağılım grafiği	39
Şekil 4.4. %2,01 'lik standart karbondioksit gazının SEÖS'e okutulması sonucu elde edilen değerlerin dağılım grafiği	40
Şekil 4.5. %5,70 'lik standart karbondioksit gazının SEÖS'e okutulması sonucu elde edilen değerlerin dağılım grafiği	40
Şekil 4.6. %7,58 'lik standart karbondioksit gazının SEÖS'e okutulması sonucu elde edilen değerlerin dağılım grafiği	40
Şekil 4.7. %7,5 'lik standart oksijen gazının SEÖS'e okutulması sonucu elde edilen değerlerin dağılım grafiği.....	41
Şekil 4.8. %15,5 'lik standart oksijen gazının SEÖS'e okutulması sonucu elde edilen değerlerin dağılım grafiği.....	41
Şekil 4.9. Karbonmonoksit Belirsizlik bileşenleri	43
Şekil 4.10. Karbondioksit Belirsizlik bileşenleri	44
Şekil 4.11. Oksijen Belirsizlik bileşenleri.....	45
Şekil 5.1. Karbonmonoksit gazı belirsizlik cinslerine göre yüzdellik dağılım grafiği	49
Şekil 5.2. Karbondioksit gazı belirsizlik cinslerine göre yüzdellik dağılım grafiği....	49
Şekil 5.3. Oksijen gazı belirsizlik cinslerine göre yüzdellik dağılım grafiği	50

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Hava kalitesi yönergeleri ve standartları (Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği)	6
Tablo 2.2. Avrupa Birliği Hava Kalitesi Yönerge ve Standartları (AB Hava Kalitesi Direktifleri (2008/50/EC, 2004/107/EC), WHO, 2006, Hava kalitesi kılavuzları 2005)	7
Tablo 2.3. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı tarafından Ulusal Ortam Hava Kalitesi Standartlarına (NAAQS) göre düzenlenen hava kirletici kriterleri hakkında özet bilgi (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı, 1971).....	7
Tablo 2.4. ABDiçin düzenlenmiş olan kirletici sürekli izleme yöntemleri (U.S Enviromental Protection Agency, 2015).....	9
Tablo 2.5. SEÖS sistem bileşenleri için minimum sıklıkta Kalite Güvencesi/Kalite Kontrol (QA/QC) gereksinimleri. (Alberta Environmental Protection Environmental Service. ‘‘ Continuous Emission Monitoring System (Cems) Code’’, May 1998’’) 16	
Tablo 2.6. Devam eden SEÖS uyumluluğu için spesifikasyonlar ve minimum test sıklığı.....	17
Tablo 2.7. Belirleyiciler ve izin verilen maksimum belirsizlikler (Quality assurance of continuous emission monitoring systems, Enviroment Agency, June 2015).....	18
Tablo 2.8. Kalite Güvence Sistemleri Genel Değerlendirme (27 Kasım 2017. European Commission Directorate General Climate Action, ‘‘The Monitoring and Reporting Regulation Continuous Emissions Monitoring Systems’’).....	19
Tablo 2.9. Ölçüm belirsizlikleri ve belirsizliklerin kaynakları	20
Tablo 2.10. Emisyon limit değerleri ve izin verilen belirsizlik miktarları (Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği)	24
Tablo 2.11. Laboratuvar testlerinde gaz izleme SEÖS’leri için performans kriterleri (EN 15267-3, Hava kalitesi-Otomatikleştirilmiş performans kriterleri ve test prosedürleri sabit emisyonların izlenmesi için ölçüm sistemleri, Aralık 2009).....	24
Tablo 2.12. Saha testlerinde gaz izleme SEÖS’leri için performans kriterleri (EN 15267-3, Hava kalitesi-Otomatikleştirilmiş performans kriterleri ve test prosedürleri sabit emisyonların izlenmesi için ölçüm sistemleri, Aralık 2009).....	25
Tablo 2.13. Saha testlerinde gaz izleme SEÖS’leri için performans kriterleri (EN 15267-3, Hava kalitesi-Otomatikleştirilmiş performans kriterleri ve test prosedürleri sabit emisyonların izlenmesi için ölçüm sistemleri, Aralık 2009).....	25
Tablo 3.1. Yakma kapasitesine göre yakıt sarfiyatları.....	31
Tablo 3.2. Tesise ait yakıt katı madde analiz sonuçları.	33
Tablo 3.3. Tesise ait yakıtın ağır metal içeriği analiz sonuçları.....	33
Tablo 3.4. Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemine Ait Cihazlara Dair Bilgiler	34
Tablo 4.1. Kalibrasyon Gazları Sertifika Değerleri	37
Tablo 4.2. Karbonmonooksit Tekrarlanabilirlik Belirsizliği Hesaplama Tablosu.....	37
Tablo 4.3. Karbondioksit Tekrarlanabilirlik Belirsizliği Hesaplama Tablosu.....	39
Tablo 4.4. Oksijen Tekrarlanabilirlik Belirsizliği Hesaplama Tablosu	41
Tablo 4.5. CO Belirsizlik bileşenlerin sınır değerlerle karşılaştırılması.....	44
Tablo 4.6. CO ₂ Belirsizlik bileşenlerin sınır değerlerle karşılaştırılması.....	45
Tablo 4.7. O ₂ Belirsizlik bileşenlerin sınır değerlerle karşılaştırılması	45
Tablo 4.8. % 95 güven aralığı tablosu	46
Tablo 4.9. Belirsizlik hesaplamalarına esas raporlamalar.....	46

1. GİRİŞ

Sanayi devriminden sonra sürekli gelişen teknoloji ile birlikte artan üretim ve tüketim faaliyetleri sonucu atmosferde kirletici emisyon parametreleri nitelik ve nicelik olarak artmaya başlamıştır. Artan kirletici emisyon parametreleri ile birlikte artık atmosfer reaksiyon göstermektedir. Sera gazları, yeryüzü ile atmosfer arasında bariyer görevi yapmaya başlamış ve iklim değişikliğinin etkileri giderek hızlanma eğilimine girmiştir. Bunun sonucu olarak gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde yönetim faaliyetlerinde emisyon sınırlandırıcı tedbirler uygulanmaya çalışılmaktadır. Emisyon sınırlandırıcı tedbirleri uygulamanın en önemli adımı emisyonları sürekli ve doğru ölçebilmektir. Dünyada emisyonların sürekli ölçülmesi ve raporlanması için Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemleri (SEÖS) aktif olarak kullanılmaktadır. Emisyonları doğru ölçebilmenin temelinde doğru cihaz ve ekipman seçimi, yerleşimi, montajı ile birlikte belirsizliklerin ölçümlere olan etkilerinin belirlenip yapılacak ölçümlerde belirsizliklerden kaynaklanan sapmaların giderilmesini sağlamak vardır.

Ülkemizde Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemleri (SEÖS) ile ilgili yasal durum ve uygulama şu şekildedir;

Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafında yayımlanan “Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemleri Tebliği” gereği; işletmelerin yaptıkları faaliyetler sonucu emisyon kütleli debi değerlerinin Sanayi Kaynaklı Emisyonların Önlenmesi Yönetmeliğindeki sınır değerleri aşması nedeni ile ve/veya 10 Megavatın üzerinde ısı güce sahip yakma tesisi bulunan tesislerde sürekli ölçümün gerekli olduğu bacalara Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemleri (SEÖS) cihazlarının kurulması ve işletilmesi yasal bir zorunluluktur.

SEÖS cihazlarının kurulumundan önce tesislerin fizibilite raporu hazırlayarak valilik onayına sunmaları gerekmektedir. Valilik onayı alındıktan sonra işletmelere ait olan bacalarda “Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemleri Tebliği” Madde 8’de belirtilen yükümlülükleri yerine getirilmesi gereklidir. SEÖS cihazları kurulduktan sonra işletmelerin, bakanlığın yetkilendirmiş olduğu laboratuvarlara KGS 2 testi yaptırması ve bakanlık aksini belirtmedikçe bu testi en fazla 5 yılda bir yaptırması gerekmektedir. KGS 2 testinden sonra işletmelerin YGT testi yaptırması ve her yıl bu testi yetkili laboratuvarlara yaptırması gerekmektedir. Bu noktada laboratuvarların “Çevre Ölçüm ve Analizleri Yeterlik Yönetmeliği” ne göre belirtilen parametrelerin ölçümü, analizi

ve raporlanması konusunda Türk Akreditasyon Kurumu'ndan (TÜRKAK) TS EN ISO/IEC 17025:2012 standardına uygun olarak akredite olması gereklidir. Laboratuvarların Çevre ve Şehircilik Bakanlığından “Laboratuvar Yeterlilik Belgesi” olarak, “Çevre Ölçüm ve Analizleri Yeterlilik Yönetmeliği” Madde 19-2 kapsamında sertifikalandırılmış, Çevre ve Şehircilik Bakanlığının denetimiyle yetkilendirilmiş personeller ile ölçüm, analiz ve raporlamaların gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

SEÖS analiz ve raporlamalarının yapılabilmesi için gereken şartlardan birisi de belirsizliklerin belirlenmesi ve hesaplanmasıdır. Ayrıca raporlamaları yapacak akredite laboratuvarların akreditasyon çalışmalarında laboratuvar şartlarından kaynaklanan belirsizliklerin doğru belirlendiğinin denetlenmesi ve doğru dokümanite edildiğinin garanti altına alınması gerekmektedir.

2. ARAŞTIRMANIN KURAMSAL TEMELLERİ

2.1. Hava Kirliliği Tanımı, Kaynakları

Hava kirliliği; atmosferdeki kirleticilerin insan sağlığına veya refahına müdahale edebilecek seviyede olması veya diğer çevresel etkiye neden olan bir düzeyde bulunmasıdır. (European Environment Agency, 2019)

Günümüzde kaydedilen teknolojik ilerlemeler ve artan ihtiyaçlar nedeniyle insanların bir çoğu kentlerde yaşamını sürdürmeye başlamıştır. Kentlere ve şehirlere yerleşen insanlar, yaşam faaliyetlerini nüfusun yoğun olduğu alanlarda sürdürürken zaman içerisinde ivme ile yükselen sanayi üretimi, tüketim ve lojistik faaliyetleri ile hızlı bir tüketim döngüsü içine girmiştir. Bu nedenlerden kaynaklı olarak oldukça fazla çevresel problemler ortaya çıkmıştır. Bu problemlerin başında Hava kirliliği gelmektedir. Hava kirliliği, canlı sağlığını olumsuz etkileyen maddelerin insan sağlığına olumsuz etki yapabilecek düzeyde veya gereken miktarların üzerinde olmasıyla oluşmaktadır.

Hava kirliliğinin başlıca kaynaklarını; yanardağ faaliyetlerinden kaynaklı kül ve gaz emisyonları, orman yangınları ile bitki örtüsünün tahrip edilmesi, insan faaliyetleri sonucu oluşan yapay emisyon kaynakları oluşturmaktadır. Yapay kaynaklar alansal (ısınma), noktasal (sanayi) ve çizgi (ulaşım) kaynak olarak sınıflandırmaktadır. (CŞB,2019)

“Hava kirleticilerinin kaynaklarının ortak noktası, toplumlarımızın temel hareketlilik, enerji ve gıda üretimi ve tüketim sistemlerinde köklü bir yer edinmiş olmasıdır. Bu sistemler yalnızca hava kirleticilerinin ana kaynakları değil aynı zamanda iklim krizinin ve biyolojik çeşitliliğin hızlı kaybının da temel nedenleridir³. (European Environment Agency, 2021)

2.1.1. Isınmadan Kaynaklanan Hava Kirliliği

Hızlı nüfus artışı ile beraber kentlerde nüfus yoğunlaşması, topoğrafik ve meteorolojik hususlardan kaynaklanan verilere göre yanlış şehirleşmenin olması ile birlikte meskenlerde kullanılan yakıt türü, yakma sisteminin kullanılan yakıtlara uygunluğu/uygunsuzluğu, bina yalıtımı ile yakıtlardan kaynaklanan emisyonların atmosfere salınım noktası olan baca sistemine bağlı olarak genelde kış mevsiminde hava kirliliği problemleri yaşanmaktadır. Isınma kaynaklı hava kirliliğinin probleminin temel kaynağı kullanılan yakıtlardan kaynaklı olumsuz durumlar

olması sebebiyle oluşacak emisyonlar yakıt türüne göre değişmektedir. Bu emisyonların başlıcaları Karbon monoksit (CO), Kükürt dioksit (SO₂), Azot dioksitler (NO_x) ve (is, kurum ve toz) partikül maddelerdir. (CŞB, 2019)

2.1.2. Sanayiden Kaynaklanan Hava Kirliliği

Günlük ihtiyaçlarımızın karşılanması, ülkenin yüksek refah düzeyine ulaşması için kalkınması, yeni iş pazarlarının açılarak sektörlerin genişlemesi ve buna bağlı olarak işsizliğin önlenmesi amacıyla kurulan üretim fabrikalarından kaynaklanan hava kirliliğinde fabrikanın kurulacağı bölge, yakma sistemlerinin özellikleri ile kullanılan yakıt cinsi, fabrikanın ve yakma sistemlerinin proses özellikleri ve teknolojik sınıfı, emisyon önleyici tedbirleri hangi düzeyde ve ne kadar kullandığı gibi etkenler önemli rol oynamaktadır. Yakma ünitelerinde kullanılan yakıt türüne göre karbon monoksit (CO), kükürt dioksit (SO₂), azot dioksitler (NO_x) ve partikül madde olmakla birlikte sanayi türü, proses teknolojisine bağlı olarak bunların dışında kirletici parametrelerde ortaya çıkmaktadır. (CŞB, 2019)

2.1.3. Trafikten Kaynaklanan Hava Kirliliği

Ulaşımında kullanılan vasıtalar günlük yaşamımızın bir parçası haline gelmiş durumdadır. Gün içerisinde bir çok kez değişik şekilde yararlandığımız karayolu taşıtları atmosfere verdikleri kirletici gaz ve partikül madde emisyonları ile çevremizi ve atmosferi kirletmektedir. Ulaşım kaynaklı hava kirliliğinde aracın yaşı, motor gücü, yakıt türü ile yol durumu önemli unsurlardır.

Vasıtalardan kaynaklı olarak hava kirliliğine neden olan kirleticiler; motor cinsine, kullanılan yakıtın türüne, vasıtanın bakımına göre değişmektedir. Vasıtalarda benzin ve dizel yakıtlı olmak üzere iki tür motor kullanılmaktadır. Benzinle çalışan bir aracın en önemli kirletici unsuru ; egzoz borusu, benzin deposu, kartel havalandırma, karbüratör, fren balataları ve lastiklerdir. Dizel yakıtlı motor kullanan araçlarda ise başlıca kirletici kaynağı egzoz sistemi, fren balataları ve lastiklerdir. Taşıtlardan kaynaklanan kirleticiler, genel ve özel kirleticiler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Egzoz gazları içinde bulunan karbondioksit (CO₂), su buharı (H₂O), hidrojen (H₂) ve azot (N₂) gazları kirletici olarak kabul edilmemektedir. Egzoz gazı içerisindeki karbon monoksit (CO), partikül madde (is, toz, tanecik v.s.) ve hidrokarbonlar genel kirleticiler olarak kabul edilmektedir. Benzinli taşıtlarda ise kurşun (Pb) bileşikleri önemli bir kirleticidir. (CŞB, 2019)

2.1.4. Hava Kirliliği Boyutları

Hava kirliliği sorunu, en başta olduğu alanda gözlenmekle beraber meteorolojik faktörler ve doğa olayları ile küresel ölçekte ortaya çıkan bir çevre sorunudur. Bölgesel ölçekte ilk aşamada sağlık sorunlarının meydana gelmesini tetiklerken, global ölçekte asit yağmurları, fotografik sis, küresel ısınma, ozon tabakasındaki incelme gibi daha büyük ölçekte etkileri oluşturmaktadır. (CŞB, 2019)

2.2. Hava Kalite Parametreleri ve Etkileri

Atmosfer, içerisinde farklı cins ve oranda çok fazla kimyasalı barındırmaktadır. Atmosferde bulunan kimyasalların doğal veya yapay birikimlerle belli konsantrasyonların üzerine çıkmasıyla atmosferin yapısı bozulur. Bu bozulmanın adı ‘‘Hava Kirliliğidir’’. Hava kirleticilerin canlı sağlığına olan olumsuz etkileri nedeniyle izlenerek takip edilmesi, kayıt edilmesi ve analiz edilmesi gerekmektedir. Hava kirleticiler, Partikül Madde (PM) ve gaz şeklinde kirleticiler (CO, CO₂, O₃, NO_x, SO₂, HC) olarak gruplanmaktadır.

Partikül Madde sınıfına giren hava kirleticilerin sınıflandırılma kriteri, çapına göre gruplandırılmadır. Partikül halinde bulunan hava kirleticilerden PM₁₀ çapı 10 µm’den daha küçük olan kirleticileri ifade ederken, PM_{2,5} ile çapı 2,5 µm’den daha küçük olan partikülleri ifade etmektedir. Bu kirleticiler genel olarak üretim tesisleri, yakma tesisleri, enerji tesisleri, kırma-eleme tesisleri faaliyetleri, konut ısınmaları ve trafik faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır⁴. (European Environment Agency, 2017)

CO (Karbonmonooksit) koku içermeyen, renksiz, tatsız bir gazdır. CO Ağırlık olarak atmosferde bulunan havanın ağırlığına yakın olduğundan normal duyularla fark edilemeyen bir gazdır. İçeriğinde karbon bulunan yakıtların yanması sonucunda ortaya salınırlar. Karbonmonoksit gazının atmosferde bulunması kalp, dolaşım hastalığı olan kişiler için oldukça tehlikelidir. (Tosun, 2017)

Hava kirliliğinin kontrolü için yayımlanmış çok sayıda yönerge ve standart mevcuttur. Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından 06.06.2008 tarih ve 26868 sayılı yönetmelik ile yayımlanan ‘‘Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği’’ Hava Kalitesi Yönergeleri ve Standartları Tablo 2.1’ de sunulmaktadır. Ulusal Ortam Hava Kalitesi Standartlarına göre düzenlenen hava kirleticileri hakkında bilgiler Tablo 2.2’de sunulmaktadır.

Tablo 2.1. Hava kalitesi yönergeleri ve standartları (Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği)

Kirlenici	Türkiye-Limit Değer													Türkiye için AB Limit Değerlerinin Geçerli Olacağı Tarih
	Süre	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	µg/m ³	
		Sınır Değer	Sınır Değer	Sınır Değer	Sınır Değer	Sınır Değer	Sınır Değer	Sınır Değer	Sınır Değer	Sınır Değer	Sınır Değer	Sınır Değer		
SO ₂	Saatlik	350+150	350+120	350+90	350+60	350+30	350	350	350	350	350	350	1.Oca.19	
	24 Saat	125+125	125+100	125+75	125+50	125+25	125	125	125	125	125	125		
	Yıl ve Kış Dönemi	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	1.Oca.14	
NO ₂	Saatlik	200+100	200+90	200+80	200+70	200+60	200+50	200+40	200+30	200+20	200+10	200	1.Oca.14	
	Yıl	40+20	40+18	40+16	40+14	40+12	40+10	40+8	40+6	40+4	40+2	40		
NO _X	Yıl	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	1.Oca.14	
PM ₁₀	24 Saat	50+50	50+40	50+30	50+20	50+10	50	50	50	50	50	50	1.Oca.19	
	Kış Dönemi	40+50	40+40	40+30	40+20	40+10	40	40	40	40	40	40		
	Yıl	40+20	40+16	40+12	40+8	40+4	40	40	40	40	40	40		
Pb	Yıl	0,5+0,5	0,5+0,4	0,5+0,3	0,5+0,2	0,5+0,1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1.Oca.19	
C ₆ H ₆	-	5+5	5+5	5+5	5+4	5+3	5+2	5+1	5	5	5	5	1.Oca.19	
O ₃	8 Saat	Hedef Değer									120	120	120	1.Oca.22
	Saatlik	Bilgi Eşiği									180	180	180	
		Uyarı Eşiği									240	240	240	
Arsenik	Yıl	Bir yılda PM 10 fraksiyonundaki toplam içerik için hedef değer						0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	1.Oca.22	
Kadmiyum	Yıl							0,005	0,005	0,005	0,005	0,005		
Nikel	Yıl							0,02	0,02	0,02	0,02	0,02		
Benzo(a)piren	Yıl							0,001	0,001	0,001	0,001	0,001		

Tablo 2.2. Avrupa Birliği Hava Kalitesi Yönerge ve Standartları (AB Hava Kalitesi Direktifleri (2008/50/EC, 2004/107/EC), WHO, 2006, Hava kalitesi kılavuzları 2005)

		Avrupa Birliği Hava Kalitesi Direktifleri		Dünya Sağlık Örgütü	
Kirletici	Ortalama Periyot	Yasal Nitelik ve Konsantrasyon	Yorumlar	Konsantrasyon	Yorumlar
PM _{2,5}	Günlük	-	-	25 µg/m ³	Yılda 3 Günden fazla aşılmamalıdır.
PM _{2,5}	Yıllık	Sınır değer, 25 µg/m ³	-	10 µg/m ³	
PM _{2,5}	Yıllık	Gösterge sınır değeri, 20 µg/m ³	-	-	-
PM ₁₀	Günlük	Sınır değer, 50 µg/m ³	Yılda 35 günden fazla aşılmamalıdır.	50 µg/m ³	Yılda 3 Günden fazla aşılmamalıdır.
PM ₁₀	Yıllık	Sınır değer, 40 µg/m ³	-	20 µg/m ³	-
O ₃	Max. Günlük 8 Saatlik Ortalama	Hedef değer, 120 µg/m ³	Yılda 25 günden fazla, aşılmamalıdır	100 µg/m ³	-
CO	Max. Günlük 8 Saatlik Ortalama	Sınır değer, 10 µg/m ³	-	10 µg/m ³	-

Atmosferde diğer kirleticilere göre daha sık bulunan ve canlı sağlığı açısından ciddi risk teşkil eden kirleticilerin canlılardaki temel etkilerine dair bilgiler Tablo 2.3 ' te verilmiştir.

Tablo 2.3. Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı tarafından Ulusal Ortam Hava Kalitesi Standartlarına (NAAQS) göre düzenlenen hava kirletici kriterleri hakkında özet bilgi (Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı, 1971)

Kirleticiler	Kaynaklar	Kirleticilerin temel etkileri	Etkinin alt popülasyonları
Ozon	Azotoksitlerin ve uçucu organik bileşiklerin fotokimyasal oksidasyonu sonucu oluşan kirleticiler	Azalmış pulmoner fonksiyon, akciğer inflamasyonu artmış solunum faaliyetleri.	Çocuklar, önceden akciğer hastalığı olan kişiler,
Partikül madde	Yanma, endüstriyel işlemler, gaz reaksiyonları ve yoğunlaşma ve pıhtılaşma sırasında parçacıkların doğrudan hareketi ile oluşan emisyon	Başlangıç anjina ve diğer kalp etkilerine kadar geçen sürenin kısaltılması.	Anjina ve kalp atışlarının başlamasına kadar sürenin kısaltılması
Karbonmonoksit	Yakıtların, özellikle mobil kaynaklar tarafından yakılması	Anjina ve diğer kalp etkilerinin başlamasına kadar geçen sürenin kısaltılması.	Anjina ve kalp atışlarının başlamasına kadar sürenin kısaltılması

2.2.1. Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemleri

Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemleri, emisyonların sürekli izlenmesi amacıyla kurulan ölçüm sistemini ifade etmektedir. (SEÖS Tebliği, 2011)

2.2.1.1. Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemi Kurması Gereken İşletmeler

03.07.2009 tarih ve 27277 sayılı resmi gazetede yayımlanan ‘‘Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine’’ göre emisyon ölçümlerinin sürekli olarak yapılması gereken tesisler aşağıdaki şekildedir;

- Büyük Yakma Tesisleri
- Anma ısı gücü 10 MW ve üzeri olan katı ve sıvı yakıtlı yakma tesisleri
- Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği EK-3’de belirlenmiş kütleli debi sınır değerlerini aşan tesisler
- Demir- Çelik ergitme ve Ark ocaklarında bulunan PM toplama bacaları
- Kireç fabrikaları (toz ve debi ölçümü için anma ısı gücü dikkate alınmaz. Ancak SKHKKY EK-3’e göre ısı gücü 10MW üzeriyse veya kütleli debisi limit değeri aşıyorsa CO ve O₂ parametreleri de sürekli izlenmelidir.)
- Atık yakma tesisleri
- Bakanlık veya Valilik kararıyla sürekli izlemeye tabi tesisler.

2.2.1.2. Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemi Parametrelerinin Belirlenmesi

Endüstri Tesisi 2.2.1.1. maddesinde belirtildiği üzere SEÖS kurmakla sorumlu tesisler arasında belirlenmişse, ‘‘Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği’’ kapsamında belirlenmiş olan emisyon limit değerlerine göre SEÖS’ü dizayn etmek zorunudur. Ayrıca Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemi kuran tesis 12.10.2011 tarih ve 28082 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemleri Tebliğ 8. madde ‘‘İşletmenin Yükümlülükleri’’ direktifi gereği;

- SEÖS’ ü seçer,
- SEÖS’ ün kurulacağı tesis için, fizibilite raporunu hazırlar veya hazırlatır.
- Numune alma noktalarını açar, platformu kurar, iş sağlığı ve güvenliği şartlarının sağlanmasına ilişkin her türlü tedbiri alır.
- SEÖS ve ilgili diğer ekipmanların kurulumunu yapar veya yaptırır.
- KGS2 ve YGT’yi Bakanlıkça yetkilendirilmiş laboratuvarlara yaptırır.
- Bu Tebliğin yükümlülüklerinin yerine getirilmesi için işletmede, SEÖS’ten sorumlu olmak üzere, üniversitelerin en az 4 yıllık eğitim veren mühendislik

fakülteleri ile fen fakültelerinin fizik ve kimya bölümlerinden mezun, personel bulundurulur.

- Ayda en az bir defa olmak üzere KGS3 ölçümlerini yapar veya yaptırır ve kayıtlarını tutar.
- Fizibilite raporunun Valilik tarafından onaylanmaması durumunda, en fazla bir ay içerisinde eksiklikleri tamamlar ve Valiliğe yeniden başvurur.
- Fizibilite raporu Valilik tarafından onaylandıktan sonra sistemi kurar ve KGS2 ölçümünü yaptırır, sonuç ve raporlarını en geç dört ay içerisinde Valiliğe sunar.
- YGT raporlarını en geç iki ay içerisinde Valiliğe sunar.
- Dışarıdan hizmet alımı yoluyla sağladığı tüm iş ve işlemlerden Bakanlığa karşı sorumludur.
- Kurulan cihazlarda, ölçüm aralığını, ilgili prosese uygun seçer.

2.2.1.3. Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemi Parametrelerinin Belirlenmesi

Kirletici Sürekli İzleme Yöntemlerine dair metot bilgisi Tablo 2.4' te verilmiştir.

Tablo 2.4. ABD'çin düzenlenmiş olan kirletici sürekli izleme yöntemleri (U.S Enviromental Protection Agency, 2015)

Kirletici Cinsleri	Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemi Yöntemi
Karbonmonoksit	Metan dönüşümlü, alev iyonizasyon algılamalı, yarı sürekli bir yöntem olan, dağılmayan kızılötesi veya gaz kromatografisi
Hidrokarbon	Gaz kromatografi, Alev iyonizasyon dedektörü, yarı sürekli
Ozon	Kulometrik, etilen ile kemilüminesan reaksiyon

Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemlerinin tipi ve ölçüm metodolijisi seçilirken; Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Yönetmeliği'nde üst limit değeri belirlenmiş parametreler, ısı güç ve kütleli debi miktarları dikkate alınarak kriterler belirlenir ve SEÖS tipi oluşturulur.

Emisyon Parametreleri ve debi ölçüm sistem seçimi yapılırken, yakıt cinsi ve kütleli debiye bağlı olarak ölçümü yapılacak parametreler arasında Partikül Maddede (PM) ilave edilmektedir.

Gaz parametresinin ölçümü; Ekstraktif ve İn-Situ şeklinde yapılmaktadır.

Ekstraktif sistemde numune gaz ısıtılmalı hat ile analizöre belirli bir sıcaklıkta indirilir ve numune gaz şartlandırılarak analizöre gönderilir. İn-Situ sistemde ise cihazlar baca içerisine montaj edilerek numune gaz baca içerisinde analiz edilir. Numunenin şartlarına göre kurulacak sistemin ekstraktif veya İn-Situ olarak kurulumu kararlaştırılacaktır.

Debi parametresinin ölçümğ, fark basınç ölçümü ile ya da ultrasonik yöntem ile yapılabilir. Fark basınç prensibi, pitot tüp kullanılarak baca içi basıncın ölçülmesi temeline dayanmaktadır. Ultrasonik yöntem, baca içerisine birbirini görece şekilde yerleştirilen dalga yayıcıların birbirine doğru gönderdiği ultrasonik dalgaların, baca içindeki gaz hareketi sonucundaki değişiminin hesaplanması prensibine dayanmaktadır.

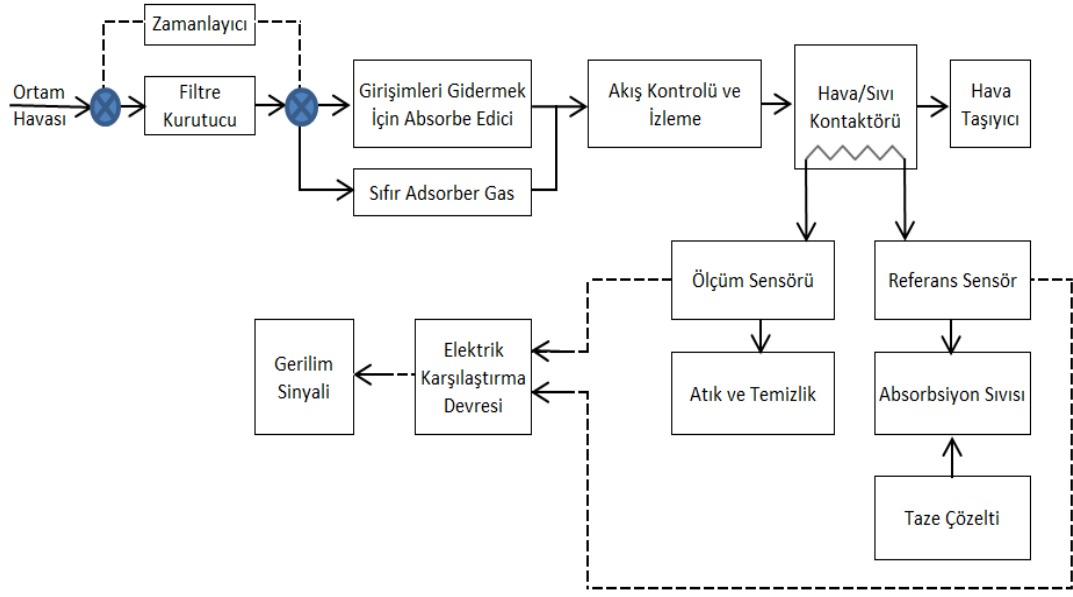
Partikül Madde'nin örneklenmesi "ışık saçılımı" ve "triboelektrik" yöntemlerle yapılmaktadır. İn-Situ (baca içi) veya ekstraktif (baca dışı) yöntemlerle yapılan toz analizinde kullanılan ışık saçılımı metodu; gönderilen optik ışın dalgasının toz partikülleri tarafından engellenmesine dayanmaktadır. Triboelektrik yöntem, Partikül Maddenin baca içerisinde prob üzerindeki statik yükü bırakması esasına göre çalışmaktadır. Bu ölçüm prensiplerini içeren farklı şekillerde emisyon ölçüm sistemi dizayn edilebilir. SEÖS dizaynı, bacanın ve ortamın tüm değişkenlikleri planlanarak seçilmeli ve en doğru sistemlerin kurulumu sağlanmalıdır.

Sistem kurulumunda en önemli husus ölçümü yapılacak parametrenin korozif olup olmamasıdır. Emisyondaki nem değeri, sıcaklık seviyesi, baca içi numune gazın akış hızı vb. parametreler sistem seçiminde en önce değerlendirilecek parametrelerdendir.

SEÖS kurulumundan önce cihaz, ekipman ve ölçüm metodunun doğru modellendirilmesi; ölçüm belirsizliklerinin azaltılmasında ve üretilecek verilerin güvenilir aralıkta kalmasına katkı sağlayacaktır.

Yöntemlerin her biri hacimsel bazda ölçümler yapılmasına dayanmaktadır . Bu nedenle, ölçümlerin lb/h veya lb/106 BTU bazında kütle emisyonunun kütle emisyon oranlarına dönüştürülmesini gerektirir, İzleme enstrümantasyonunda en fazla %10 nispi doğruluk belirsizliği bulunması sağlanmalıdır.

Şekil 2.1 'de genel bir sürekli hava kalitesi ölçüm sisteminin şematik bir akış diyagramı sunulmuştur.



Şekil 2.1. SEÖS Monitörü Akış Şeması

Sürekli Emsiyon Ölçüm Sistemi (SEÖS) genel olarak şu alt süreçlerden oluşmaktadır;

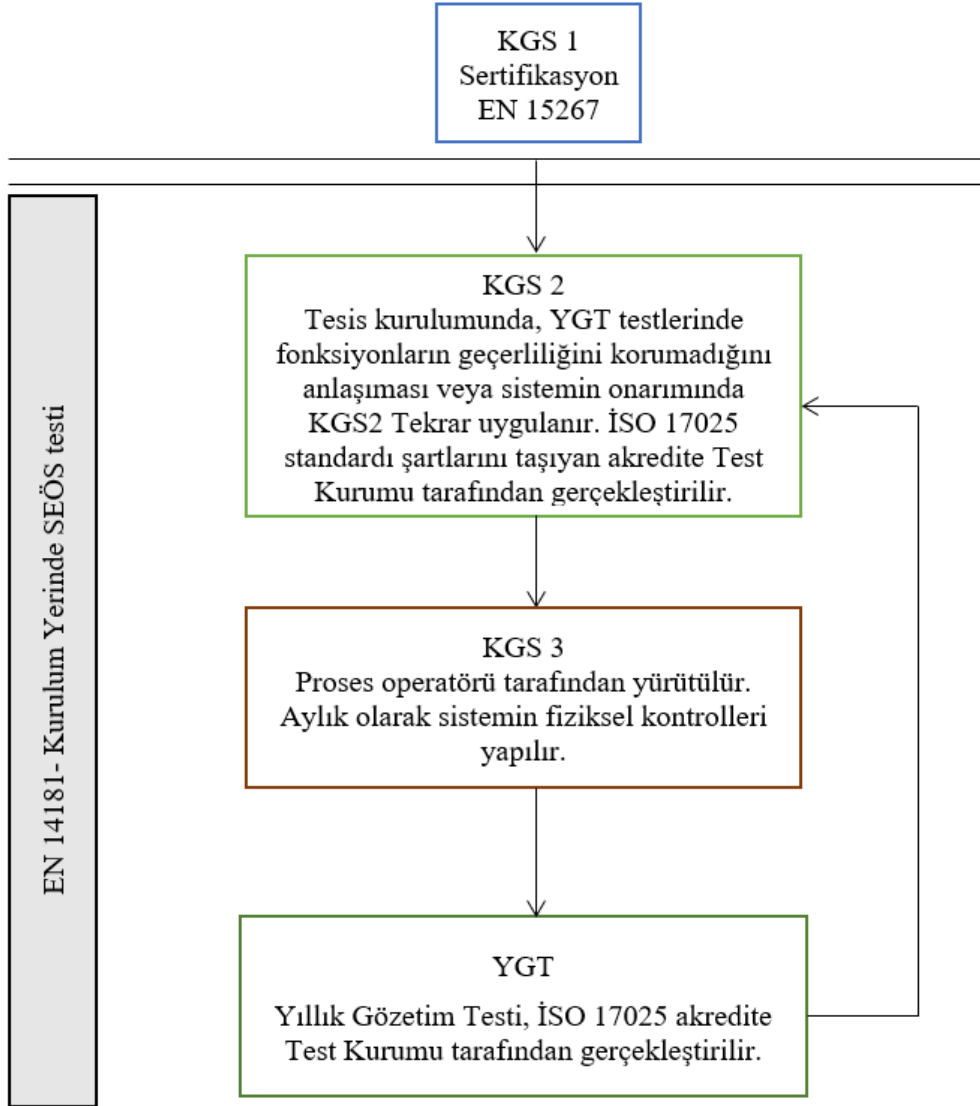
- Hava örneğini çekmek için genellikle bir vakum pompası.
- Akış-kontrol ve akış-izleme cihazı, genellikle sabit bir basınç regülatörü ve rotamater
- Çeşitli birincil algılama teknikleri ile kirletici reaktif ilavesi.
- Gerektiğinde otomatik reaktif baskısı
- Birincil sinyali kayıt ve telemetreye uygun bir sinyale dönüştürmek için elektronik devre.
- Otomatik kalibrasyon için, genellikle birkaç solenoid valf, giriş gazını tüm kirleticilerin uzaklaştırılması ve bir kimyasal sıfırın oluşturulması için bir temizleme trenine bağlamak için uzaktan çalıştırılabilir veya alternatif olarak, ayar için bir veya daha fazla açıklıklı gaza aletlerin kimyasal aralığı

2.3. Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemlerinde Kalite Güvence Sistemleri

Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemlerinin (SEÖS) kurulması, kalibrasyonun yapılması, işletilmesi, kontrollerinin yapılması hususlarında işletilmesi gereken Kalite Güvence Sistemleri EN 14181:2014 standartlarında tarif edilmiştir. Kalite Güvence Sistemleri Türkiyede de yasal mevzuatlar çerçevesinde 12.10.2011 tarih ve 28082 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan “Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemleri Tebliği”

gereğince SEÖS'lerin kurulumundan, işletilmesine varana kadar tüm aşamalarda uygulanmaktadır.

Kalite Güvence Sistemlerinin ana akış düzeni ve iş akış şeması şekil 2.2 'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. EN 14181 Standardı Kalite Güvence Sistemi İş Akış Şeması

2.3.1. Kalite Güvence Sistemi 1 (KGS1)

SEÖS'ün kurulum aşamasındaki uygunluk değerlendirmesi olan Birinci Kalite Güvence Sistemi (KGS1), ölçüm prosedürü olan EN 15267-3 ve EN ISO 14956'da açıklanmıştır. Anılan standartlarda SEÖS tarafından ölçülen değerlerin toplam belirsizliğini hesaplamak için bir metodoloji verilmiştir. Toplam belirsizlik, belirsizliğe katkıda bulunan bireysel performans özelliklerinden kaynaklanan tüm belirsizlik bileşenlerinin değerlendirilmesinden hesaplanır.

Tesisatlarda kullanılacak bir SEÖS'ün , EN 15267-1 EN 15267-2,EN 15267-3 ve EN ISO 14956 tarafından belirtilen KGS1 prosedürü kullanılarak ölçüme uygun olduğu kanıtlanacaktır. Bu standartlar kullanılarak, SEÖS'ten elde edilen sonuçların toplam belirsizliğinin yürürlükteki yönetmeliklerde belirtilen belirsizlik şartnamesine uygun olduğu kanıtlanacaktır. SEÖS'ün yeni kurulumu durumunda SEÖS te kullanılan her bir cihazın sertifikası ve üretici beyanı, KGS1 aşamasında kontrol edilerek tüm sistem EN 15267-1, EN 15267-2 ve EN 15267-3'e uygun olarak sertifikalandırılacaktır. (British Standart, BS EN 14181:2014)

2.3.2. Kalite Güvence Sistemi 2 (KGS2)

SEÖS' ün kurulumunun KGS1' e uygun tamamlanması ile KGS2 aşamasına geçilmektedir. KGS2' de SEÖS ile Standart Referans Metot (SRM) arasında paralel ölçümler yapılarak iki ölçüm arasındaki sapmalardan kalibrasyon fonksiyonu oluşturulmaktadır. Kalibrasyon fonksiyonu SEÖS ölçüm sonuçlarına uygulanarak ölçüm sonuçları üzerindeki kaymaların ortadan kaldırılması sağlanmaktadır. KGS2 SEÖS' ün kalibrasyonu ve Validasyonu aşamalarını oluşturmaktadır.

KGS2 aşağıdaki öğeleri kapsar:

- Kurulumun kontrolü de dahil olmak üzere SEÖS' ün fonksiyonel testleri,
- SRM ile paralel ölçümleri,
- Veri değerlendirmeleri,
- SEÖS' ün kalibrasyon fonksiyonunun ve geçerlilik aralığının belirlenmesini,
- Ölçülen SEÖS değerlerinin değişkenliğinin hesaplanmasını,
- Ölçülen SEÖS değerlerinin değişkenlik testini,
- Raporlama.

SEÖS' e uygulanacak KGS2 prosedürü aşamaları Şekil 2.3 KGS2 Test ve İşlem Sıralaması şematize edilmiştir.

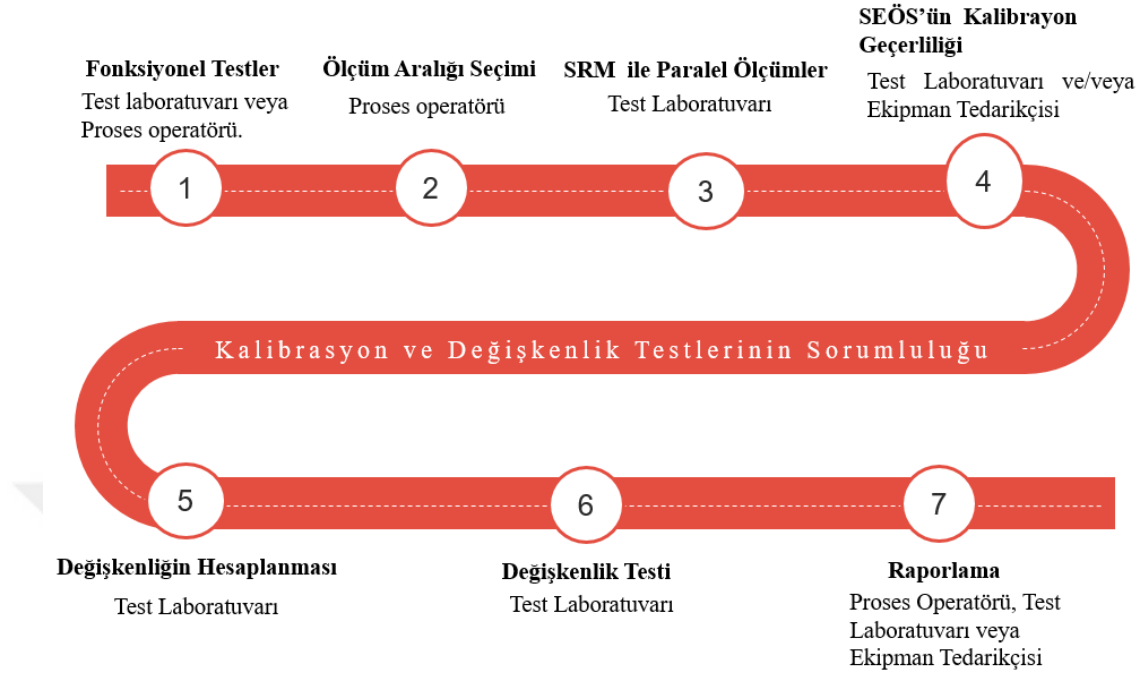


Şekil 2.3. KGS2 Test ve İşlem Sıralaması

SEÖS ile ölçümü yapılan her bir parametreye KGS2 testleri uygulanıp fonksiyonlar oluşturulacaktır. SEÖS için KGS2 testlerinin uygulanma sıklığı en çok 5 yılda bir veya mevzuatın veya yetkili makamların gerektirdiği durumlarda daha sık olacaktır. SRM ile paralel ölçümler sonucu oluşturulan kalibrasyon fonksiyonlarının geçerliliğini yitirmesi halinde KGS2 testleri 5 yıldan önce yapılacaktır. Kalibrasyon fonksiyonlarının bozulmasına neden olabilecek hususlar şu şekildedir;

- Tesis işletiminde herhangi bir büyük değişiklik. Örneğin Baca gazı filtre sistemindeki değişiklik,
- Yakıt değişimi,
- SEÖS' ün yeniden kurulması,
- SEÖS' te bulunan cihaz veya analizörler üzerindeki ölçüm sistemini etkileyecek tamir işlemlerinden sonra,
- Elde edilen sonuçları önemli ölçüde etkileyecek olan SEÖS' deki büyük değişiklikler,
- KGS2 sonuçları değişikliklerden sonraki altı ay içinde uygulanacaktır. 6 ay içerisinde yeni bir kalibrasyon fonksiyonunun oluşturulmasından önceki kalibrasyon fonksiyonu gerektiğinde ekstrapolasyon yöntemi ile yeniden değerlendirilip kullanılacaktır. (British Standart, BS EN 14181:2014)

Kalibrasyon ve değişkenlik testlerinin sorumluluğunu gösteren akış diyagramı Şekil 2.4' te sunulmuştur.



Şekil 2.4. Kalibrasyon ve değişkenlik testlerinin sorumluluğunu gösteren akış diyagramı

2.3.3. Kalite Güvence Sistemi 3 (KGS3)

SEÖS fonksiyonları rutin çalışma sırasında kayabilir veya daha az hassas hale gelebilir. Fonksiyonlarda meydana gelen kayma, sistemdeki değişikliklerden kaynaklanabilir. Bunlar Optik bir yüzeyin kirlenmesi, bir bileşenin arızalanması veya bir filtrede tıkanma hususlarından herhangi biri veya tamamı olabilir. Bu tür değişiklikler SEÖS verilerinde sistematik sapmalara neden olabilir. Ortam sıcaklığındaki değişiklikler gibi etki faktörlerine bağlı kısa vadeli değişiklikler. Bu varyasyonlar rastgele sapmalara neden olur. Rastgele sapmaların büyüklüğü, sertifikalandırma sırasında değerlendirilir. Bu tip kaymaların tespiti için KGS3 prosedürlerinin uygulanması ve SEÖS'ün ölçümlerinin çalışma aralığı dışında kalan verilerin tespiti gereklidir.

SEÖS, KGS1 aşamaları sonrası ile kurulum kabulü ve KGS2 ile kalibrasyon işlemlerinden sonra, ilave kalite güvence ve kalite kontrol prosedürleri kullanılarak SEÖS ölçülen değerlerin kurulumunda uygulanan KGS1 şartlarına ve KGS2 kalibrasyon fonksiyonları değerlerini karşıladığından emin olmak için KGS3 (Kalite Güvence Sistemi 3) uygulanarak ile süreç takip edilmelidir. KGS3 prosedürlerinin

uygulanması tesis sahibinin sorumluluğundadır. SEÖS'ün çalıştığından emin olmak da tesis sahibinin sorumluluğundadır.

KGS3 Prosedürünün amacı, SEÖS'ün kalitesini korumak ve göstermektir.

KGS3 aşamasında doğru verileri sağlamak için hatların ve ölçüm elemanlarının temizlenmesi gerektiğinde KGP'ye (Kalite Güvence Prosedürleri) göre işlemler yürütülmelidir. Analizör kalibre edildiğinde (veya sıfırlandığında), böylece her iki akışın gerçek tam örnekleme süresi ve kirletici konsantrasyonu maksimize edilir. Ultrasonik sayaçlar, anemometreler vb. gibi diğer akış yöntemleri için KG/KK prosedürleri ve sıklığı tesis KGP'de belirtilecek ve buna göre takip edilecektir.

KGS3 aşamasında yapılması gereken işlemler ve sıklıklar ile ilgili örnekler tablo 2.5.'te verilmiştir.

İşletimi devam eden SEÖS'ler için genel minimum rutin test sıklığı ve gerekli spesifikasyonlar ile ilgili veriler Tablo 2.6. 'da verilmiştir.

Tablo 2.5. SEÖS sistem bileşenleri için minimum sıklıkta Kalite Güvencesi/Kalite Kontrol (QA/QC) gereksinimleri. (Alberta Environmental Protection Environmental Service. " Continuous Emission Monitoring System (Cems) Code", May 1998)

SEÖS BİLEŞENİ	Performans Doğrulama Parametresinin Sıklığı				
	İnceleme Sıklığı	Sıfır Kayma	Açıklık Kayma	Silindir Gaz Denetimi	Bağlı Doğruluk Testi Denetimi
Analizör					
Karbonmonoksit	Günlük	Günlük	Günlük	2/yr.	2/yr.
Baca içi opaklık	Günlük	Günlük	Günlük	NA	NA
Oksijen	Günlük	Günlük	Günlük	2/yr.	2/yr.
Karbondioksit	Günlük	Günlük	Günlük	2/yr.	2/yr.
Hız Ölçüm Bileşenleri					
Sıcaklık	Günlük	NA	Altı aylık	NA	
Fark Basınç	Günlük	Altı aylık	Altı aylık	NA	
Statik Basınç	Günlük	Altı aylık	Altı aylık	NA	
Akış Elemanı	1/yr.	NA	at RATA	NA	
Veri Toplama Bileşenleri					
Kayıt Cihazı	Günlük	Günlük	Günlük		
PLC/DCS	Günlük	Günlük	Günlük		

Tablo 2.6. Devam eden SEÖS uyumluluğu için spesifikasyonlar ve minimum test sıklığı

SEÖS Türü veya Bileşeni	Kontrol		Sıfır Sapma ^a	Açıklık Sapması ^a	Silindir Gaz Denetimi ^b	Bağlı Doğruluk Testi Denetimi ^b	Kullanılabilirlik
Karbonmonooksit	Sıklık	Günlük	Günlük	Günlük	2/yr	2/yr	Aylık
	Özellik	C notuna bakın	≤± 5%	≤± 5%	≤± 15%	≤± 10%	≥90%
Oksijen	Sıklık	Günlük	Günlük	Günlük	2/yr	2/yr	Aylık
	Özellik	C notuna bakın	≤± 5% O ₂ referans gaz	≤± 5% O ₂ referans gaz	≤± 15%	≤± 10%, veya ≤± 1% CO ₂ referans gaz	≥90%
Karbondioksit	Sıklık	Günlük	Günlük	Günlük	2/yr	2/yr	Aylık
	Özellik	C notuna bakın	≤± 5% O ₂ referans gaz	≤± 5% O ₂ referans gaz	≤± 15%	≤± 10%, veya ≤± 1% CO ₂ referans gaz değerinden	≥90%
Baca içi opaklık	Sıklık	Günlük	Günlük	Günlük	N/A	N/A	Aylık
	Özellik	C notuna bakın	≤± 2% baca içi opaklık	≤± 2% baca içi opaklık	N/A	N/A	≥90%
Diğer monitörler	Sıklık	KGP deki gibi	KGP deki gibi	KGP deki gibi	KGP	KGP deki gibi	Aylık
	Özellik	KGP deki gibi	KGP deki gibi	KGP deki gibi	KGP	KGP deki gibi	≥90%
Diferansiyel basınç (akış oranı bileşeni)	Sıklık	Günlük	Altı aylık	Altı aylık	N/A	N/A	Aylık
	Özellik	C notuna bakın	C notuna bakın	C notuna bakın	N/A	N/A	≥90%
Statik basınç (akış hızı bileşeni)	Sıklık	Günlük	Altı aylık	Altı aylık	N/A	N/A	Aylık
	Özellik	C notuna bakın	C notuna bakın	C notuna bakın	N/A	N/A	≥90%
Akış elemanı (akış hızı bileşeni)	Sıklık	Günlük	Oransal	Oransal	N/A	Oransal	Aylık
	Özellik	C notuna bakın	<±3%	<±3%	N/A	<±20%	≥90%
Sıcaklık (Akış hızı bileşeni)	Sıklık	Günlük	N/A	N/A	N/A	Oransal RATA'nın yürütülmesi sırasında elde edilen sıcaklık değerlerinin + 10°C	Aylık
	Özellik	C notuna bakın	N/A	N/A	N/A		≥90%
Kaydedici (veri toplama bileşeni)	Sıklık	Günlük	d notuna bakın	d notuna bakın	N/A	N/A	Aylık
	Özellik	C notuna bakın	c notuna bakın	c notuna bakın	N/A	N/A	≥90%
PLC/SCADA/DCS (veri toplama bileşeni)	Sıklık	Günlük	d notuna bakın	d notuna bakın	N/A	N/A	Aylık
	Özellik	C notuna bakın	c notuna bakın	c notuna bakın	N/A	N/A	≥90%

^a Performans testi prosedürlerinde yüzde değeri hesaplanır CGA ve RATA için belirtilen değerler CGA Doğruluğu (%) ve Bağlı Doğruluk (%) değerleridir

^b Frekans KGP' na göre düzenlenecektir.

^c Kalite Kontrol gereklilikleri ve üretici şartnameleri / önerileri dışında herhangi bir şartname bulunmamaktadır. Denetim veya test bulgularının belgelenmesi ve bir sorun tespit edildiğinde tesis Kalite Güvence Planı'na göre zamanında düzeltici önlemler alınması beklenmektedir.

^d Bir PLC / SCADA veya DCS'e girişler, yalnızca analizör veya akış sisteminin kontrolden çıktığı tespit edilirse sorun giderme prosedürlerinin bir parçası olarak kontrol edilmelidir.

2.3.4. Yıllık Geçerlilik Testi (YGT)

Yıllık Geçerlilik Testi (YGT) KGS2 testleri sonucunda belirlenmiş fonksiyonların geçerliliğini koruyup korumadığını belirlemek amacı ile KGS2 tarihini takip eden her yıl yapılır. YGT aşağıdaki öğeleri kapsar:

- SEÖS' ün fonksiyonel testi,
- SRM ile paralel ölçümler,
- Veri değerlendirme,
- Ölçülen değerlerin değişkenliğinin hesaplanması,
- Değişkenliğin ve kalibrasyon fonksiyonunun geçerliliğinin test edilmesi,
- Raporlama,

YGT' nin uygulama sırası Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Şekil 2.5. YGT uygulaması akış şeması

KGS2 yerine YGT gerçekleştirilebilir. Bunun için gerekli şartlar şu şekildedir;

İlk KGS2'nin ardından, aşağıdaki koşullar karşılanmışsa, sonraki bir KGS2 yerine bir YGT gerçekleştirilebilir:

- Son YGT'den bu yana tesis işletiminde veya yakıtta önemli bir değişiklik olmamışsa,
- YGT sırasında elde edilen ölçülen değerlerin en az %95'i Tablo 2.7'e gösterilen izin verilen maksimum belirsizliklerden daha az ise,

Tablo 2.7. Belirleyiciler ve izin verilen maksimum belirsizlikler (Quality assurance of continuous emission monitoring systems, Enviroment Agency, June 2015)

Emisyon Cinsi	Belirsizlikler
CO	% 10 (%20)
CO ₂	% 10 (%20)
O ₂	% 10 (%20)
Partikül (Toz)	30%

SEÖS için uygulanması gereken Kalite Güvence Sistemlerinin genel uygulama özeti Tablo 2.8’ de verilmiştir.

Tablo 2.8. Kalite Güvence Sistemleri Genel Değerlendirme (27 Kasım 2017. European Commission Directorate General Climate Action, “The Monitoring and Reporting Regulation Continuous Emissions Monitoring Systems”)

	KGS1	KGS2	KGS3	YGT
Ne zaman?	SEÖS Kurulumundan Önce	Kurulum ve Kalibrasyon	Operasyon sırasında	KGS2 ‘den bir yıl sonra
Sıklık	Birkere	En çok beş yılda bir	Devamlı	Yıllık
Kim?	Operatör/Üretici	Akredite laboratuvar	Proses Operatörü	Akredite laboratuvar
İlgili Standart	EN 14181 EN İSO 14956 EN 15267-3	EN 14181 EN 15259	EN 14181	EN 14181 EN 15259

Kalite Güvence Sistemleri genel akış diyagramı şekil 2.6’ da verilmiştir.



Şekil 2.6. EN 14181'deki kalite güvence düzeyleri dizisi (Jean Poulleau, Cécile Raventos, Philippe Fayolle, Emmanuel Fiani, 04 April 2014)

2.4. Ölçüm Belirsizlikleri

Ölçüm sonuçlarının doğru değerlendirilmesi sonuçların güvenilirliğine bağlıdır. Ölçülen aynı büyüklüğün değeri ölçümden ölçüme farklılık gösterir. Her ölçümün sonucunada, verilen sayı mutlaka belli şüphe içerir. O yüzden ölçüm sonucu verilirken ölçülen veya hesaplanan değer belirsizliği her zaman belirlenmelidir. Diğer bir deyişle, ölçülen büyüklüğün gerçek değerinin belli bir olasılıkla bulunduğu aralık verilmelidir.

Bir ölçümün sonucu rapor edilirken, sonucun güvenilirliğini belirten sayısal bir gösterge olmalıdır ki bu sonuçları kullanan kişiler o sonucun güvenilirliğini tayin edebilsinler. Böyle bir gösterge olmaksızın ölçüm sonuçları kendi aralarında, sertifikalarda veya standartlarda verilen değerlerle karşılaştırılmaz. Bu nedenle ölçümün kalitesini karakterize eden, hemen uygulanabilir, kolayca anlaşılabilir ve genel olarak kabul gören bir işlemin olması çok önemlidir. Bu da ölçüm sonucunda elde edilen değer belirsizliğini hesaplamak ve ifade etmektir.

Emisyon ölçümünde kullanılan cihazların gerektiği şekilde kullanılabilmesi, emisyon ölçümlerinin sonuçlarının güvenilirliği için cihazlardan alınan verilerin güvenilir olması gereklidir. Ölçümlerin güvenilirliklerinin belirlenmesi için belirsizlik hesaplamaları yapmak şarttır.

2.4.1. Ölçüm Belirsizliklerinin Kaynağı

Belirsizlikler hesaba katılırken belirsizliklerin kaynakları da bilinmeli ve kaynaklardaki şartlardan oluşan belirsizliklerin ilk önce kaynakta giderilmesi için çalışma yapılmalıdır. Kaynakta belirsizlik meydana gelmiyorsa veya meydana gelen belirsizlik ölçüm sonuçlarını etkilemeyecek düzeydeyse sonuçların güvenilirliği artacaktır. Bu sayede raporlamalarda belirsizliklerin yükü oldukça az olacaktır. Ölçüm belirsizliklerinin türü ve belirsizliklerin kaynakları Tablo 2.9’ da verilmiştir.

Tablo 2.9. Ölçüm belirsizlikleri ve belirsizliklerin kaynakları

Belirsizlikler ve Belirsizliklerin Kaynakları	
Belirsizlik Türü	Belirsizlik Kaynağı
Standart Gazın Belirsizliği	Gaz hazırlanan laboratuvarın kullandığı makine, ekipman veya test yöntemlerinden kaynaklanır.
Deneysel Tekrarlanabilirlik Belirsizliği	Deney şartını oluşturan tüm aşamaların her bir tekrarda bir önceki şartı sağlamamasından kaynaklanır.
Girişim Yapan Gazların Belirsizliği	Yakıt değişkenliği nedeniyle yanma hücresine giren farklı bileşimdeki maddelerin yanması sonucu oluşan gazlar.
Sıcaktan Gelen Belirsizlik	Ortam, Bacagazı Sıcaklığı, Cihazın bulunduğu kabinin sıcaklığı.
Basıncın Belirsizliğe Etkisi	Deney sırasında kullanılan gazların diğer kimyasalların değişken basınç altında farklı reaksiyon göstermesinden kaynaklanır.
Kişiden Kaynaklanan Belirsizlik	Bir ölçüm cihazı veya deney metodu ile aynı deneylerin yapılması sırasında cihaz veya metod dışındaki şartların deneyi gerçekleştiren kişiden kaynaklı olarak değişmesinden kaynaklanır.
Metottan Gelen Belirsizlik	Kullanılan metod’un Standart Referans Metotlar ile arasındaki temel farklardan kaynaklanır.

2.4.2. Standart Gazın Belirsizliği

Sürekli Emisyon Ölçüm Cihazlarında zamanla oluşan ölçüm sonucu kaymalarının düzeltilmesi, ölçüm güvenilirliğinin artırılması için TS/EN ISO17025 ‘‘Deney ve kalibrasyon laboratuvarlarının yeterliliği için genel şartlar’’ standardının gereklerini karşılayan içeriği bilinebilir standart gazlar ile ölçüm cihazlarına kalibrasyon yapılmaktadır. Kalibrasyon yapma amaçlı kullanılan standart gazların laboratuvar şartlarında hazırlanması sırasında içeriğindeki gaz konsantrasyonuna etki edecek belirsizlik kaynakları bulunmaktadır. Standart gaz kullanıcıya verilirken hazırlanan sertifikasyonda gazın konsantrasyon değerine etki edecek belirsizlik değeri ayrıca verilmelidir.

2.4.3. Deneysel Tekrarlanabilirlik Belirsizliği

Tekrarlanabilirlik standart sapması tekrarlanabilirlik koşulları altında elde edilen deney sonuçlarının standart sapmasıdır. Tekrarlanabilirlik koşulları deney metodunun izin verdiği kadar kısa zaman aralıklarında, aynı cihaz kullanılarak, aynı kişi tarafından, aynı laboratuvarda, özdeş numunelere aynı metodun uygulanmasını ifade eder. (Türkak, 2019)

Tekrarlanabilirlik belirsizliği belirtilen şartları sağlamak koşulu ile % 95 güven aralığında yapılan 2 paralel ölçüm arasındaki en büyük farktır.

Tekrarlanabilirlik, bir metodun aynı laboratuvarda, aynı cihazla/metotla, aynı uygulama koşulları altında, aynı kişi tarafından kısa zaman (analizin süresi ve analitin yapısına göre değişir) aralığında, aynı veya benzer matrikslerde elde edilen ölçüm sonuçlarının birbirine yakınlığının ölçüsüdür. Standart sapma (sr), rölatif standart sapma (RSDr) veya % rölatif standart sapma (%RSDr) ile ifade edilir.

Farklı günlerde yapılan tekrarlanabilirlik çalışmasının veya paralel ölçüm sonuçlarının standart sapması (sr) aşığıdaki formülle hesaplanır:

$$Sr = \sqrt{\frac{\sum d^2}{2n}}$$

n: Veri çifti sayısı

d: İki paralel ölçüm sonucu arasındaki fark

Aynı gün yapılan tekrarlanabilirlik çalışmasının standart sapması (sr) aşığıdaki formülle hesaplanır:

$$Sr = \sqrt{\frac{\sum_i(x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

X : Ölçüm sonuçlarının ortalaması

Xi : Her bir ölçüm sonucu

n: Yapılan çalışma sayısı Rölatif Standart Sapma (RSDr) ve % Rölatif Standart Sapma aşağıdaki formüllerle hesaplanır:

$$RSDr (CVr) = \frac{S}{\bar{x}} \quad \% RSDr (CVr) = \frac{S}{\bar{x}} \times 100$$

2.4.4. Girişim Yapan Gazların Belirsizliği

Ölçümü yapılacak gazın konsantrasyonunun ve miktarının tam olarak bilinebilmesi için ölçüm yapılacak ortamda veya sistemde bulunan diğer gazların bilinmesi ve belirsizlik hesaplarına katılması gerekmektedir. Ölçüm yapılacak gaz ile ortamda bulunan diğer bir gaz reaksiyona girerek ölçümü yapılacak gazın konsantrasyonunu ve miktarını düşürür ve ölçüm sonucuna etki eder. Bu nedenle ölçümü yapılacak gazların girişimler sonucundaki konsantrasyonu ve miktar değişimlerinin belirsizlik hesaplarına katılması gereklidir.

2.4.5. Ölçümü Yapılacak Ortam Sıcaklığından Gelen Belirsizlik

Gazlar kimyasal yapıları gereği farklı sıcaklıklarda farklı özellikler gösterebilirler. Sıcaklık artış ve azalışlarında hacim ve konsantrasyonları değişebilir, deney altında maruz kaldıkları sıcaklıklara göre reaksiyon hızları artabilir veya azalabilir. Bu nedenle deney yapılacak ortamın sıcaklığı ölçümü yapılacak gazların konsantrasyonlarının en stabil olduğu şartlarda tutulmalı ve her sıcaklık değişiminde gaz üzerindeki belirsizliğin ne olacağına dair verilerin bilinmesi gereklidir.

Ekstraktif SEÖS'lerde numune gaz, bacada örneklenip şartlandırma işleminden sonra analizöre gönderildiğinden değişen sıcaklıklardan etkilenmemektedir. Ekstraktif olmayan SEÖS'ler ise gaz ölçümleri baca içerisinde yapıldığından değişen sıcaklık şartlarından oldukça fazla etkilenmektedirler. Bu nedenle Ekstraktif olmayan SEÖS'lerde sıcaklık etkisi sonucu oluşan belirsizlikler hesaba katılmalıdır.

2.4.6. Basıncın Belirsizliğe Etkisi

SEÖS'ler Ekstraktif ve Ekstraktif olmayan sistemler olarak iki ana başlıkta incelenmektedir. Ekstraktif olmayan SEÖS'ler gaz numunesinin ölçümünü baca

içerisinde yapan sistemlerdir. Bu nedenle basınç değişiminden direkt olarak etkilendiklerinden bu tip SEÖS'lerde basınç değişimlerinden kaynaklanan belirsizlik oluşmaktadır. Ekstraktif SEÖS'lerde numune baca içerisinde örneklenecek şartlandırılır ve ölçüm için analizöre taşınır. Bu nedenle Ekstraktif olmayan SEÖS'lerde basıncın belirsizliğe etkisi bulunmamaktadır.

2.4.7. Kişiden Kaynaklanan Belirsizlik

Bireysel etkilerin katkısı önemli olduğunda, kalibrasyon laboratuvarlarında, bireysel etkilerden kaynaklanan her bir katkının ayrı ayrı dikkate alınması gerekli olacaktır. Kişiden kaynaklanan belirsizlikler genel olarak SRM'lerde (Standart Referans Metot) hesaba katılacak parametrelerdir. Ölçümlerin tamamen otomasyonla yapıldığı sistemlerde cihazlar, doğru çalışma ortamına kurulduğunda kişisel inisiyatiflerden uzak koşullarda ölçme yapacağı için kişiden kaynaklanan belirsizlikler bu tür durumlarda ihmal edilebilecektir.

2.4.8. Rölatif (Bağıl) Standart Sapma

Relatif Standart Sapma, bir veri takımı için ortalama değere bölünmüş standart sapmadır. Yüzde olarak ifade edildiğinde bağıl standart sapma değişim katsayısı adını alır. Metodun tekrar üretilebilirliğinin bir ölçüsüdür; aynı şekilde elde edilen sonuçlar birbirlerine ne kadar yakın değerlerdedir? Rastgele hatalar standart sapmayla izlenebilir; genellikle % relatif sapma (%RSD) değeriyle ifade edilir.

Relatif Standart Sapma, (RSD): $\frac{S}{X}$ S: Mutlak Standart Sapma

X (veya, X_{Ort}) :N Adet ölçmenin ortalaması

2.4.9. Belirsizlik Bileşenleri ve Belirsizlik Hesaplamaları

SEÖS' te belirsizliğe neden olan tüm parametrelerin incelenmesi sonucunda hangi belirsizlik türlerinin ölçüm sonucuna etkisinin olduğu tespit edilir ve sonuca etkisi olmayan belirsizlik bileşenleri hesaplama dışında tutulur.

Her bir gaz için aşağıdaki formüller kullanılarak belirsizlik hesabı yapılmaktadır. U(Tek) formülü ile üç farklı konsantrasyonda referans gazın SEÖS 'e gönderilmesi sonucunda SEÖS'ün referans gazları okuğu aralıkta hesaplanan RSD değerinin ve SEÖS'ün prosesinin herhangi bir aşamasında yaptığı ölçümlerden elde edilen RSD değerinin karelerinin toplanıp karekök dışına çıkarılması sonucu birleştirilmiş belirsizlik hesaplanmaktadır. U(x) formülü ile Sensörden gelen belirsizlik, Standart

gazın belirsizliği ve Birleştirilmiş belirsizlik işleme sokularak fiziki parametrelerin dahil edildiği bileşik belirsizlik hesaplanmaktadır.

$$U(Tek)=\sqrt{U(1)^2 + U(2)^2 + U(3)^2 + U(\text{Ölçüm})^2}$$

$$U(x)=\sqrt{U\left(\frac{\text{Sensör Belirsizliği}}{\sqrt{3}}\right)^2 + U\left(\frac{\text{Standart Gaz Belirsizliği}}{\sqrt{3}}\right)^2 + (U(Tek))^2}$$

Emisyon limit değerleri ve bileşik belirsizlik sınır değerleri için izin verilen belirsizlik değerleri tablo 2.10'da sunulmaktadır.

Tablo 2.10. Emisyon limit değerleri ve izin verilen belirsizlik miktarları (Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği)

	ELD mg/Nm ³	Sertifikasyon Aralığı mg/Nm ³	İzin Verilen Belirsizlik %	İzin verilen belirsizlik mg/Nm ³
CO- Yakma	200	0-75	10%	5
CO ₂ - Yakma	-	-	-	-
O ₂ - Yakma	-	0-25	10%	5
TOZ- Yakma	150	0-15	30%	15

Gaz izleme sistemlerinde yapılacak laboratuvar testlerinde gereken performans kriterleri Tablo 2.11' de, saha gaz izleme sistemleri performans kriterleri Tablo 2.12'de, ve Tablo 2.13'de verilmektedir.

Tablo 2.11. Laboratuvar testlerinde gaz izleme SEÖS'leri için performans kriterleri (EN 15267-3, Hava kalitesi-Otomatikleştirilmiş performans kriterleri ve test prosedürleri sabit emisyonların izlenmesi için ölçüm sistemleri, Aralık 2009)

Performans özelliği	Performans kriteri	
	Diğer Gazlar	O ₂
Tepki Süresi	≤ 200 sn	≤ 200 sn
Sıfır noktasında tekrarlanabilirlik standart sapması	≤ 2,0 % ^a	≤ 0,20 % ^b
Yayımla noktasında tekrarlanabilirlik standart sapması	≤ 2,0 % ^a	≤ 0,20 % ^b
Doğrusallık Sapması	≤ 2,0 % ^a	≤ 0,20 % ^b
Nominalden ortam sıcaklığı değişiminin etkisi sıfır noktasında ve yayılma noktasında belirtilen aralık içinde 20 °C'deki değer	≤ 5,0 % ^a	≤ 0,50 % ^b
Açıklık noktasında gaz basıncının etkisi, 3 kPa'lık basınç değişimi	≤ 2,0 % ^a	≤ 0,20 % ^b
Belirli bir süre için numune gaz akışının ekstraktif SEÖS üzerindeki etkisi üretici tarafından sağlanan şartname değeri	≤ 2,0 % ^a	≤ 0,20 % ^b
Gerilimin etkisi, -% 15 altta ve +% 10 üstünde nominal besleme gerilimi	≤ 2,0 % ^a	≤ 0,20 % ^b
Titreşimin etkisi	≤ 2,0 % ^a	≤ 0,20 % ^b
Çapraz duyarlılık	≤ 4,0 % ^a	≤ 0,40 % ^b
Yerinde AMS ölçüm ışınının gezisi	≤ 2,0 % ^a	-

^a Sertifika aralığının üst sınırının yüzdesi olarak yüzde değeri.

^b Oksijen hacmi konsantrasyonu (hacim oranı) olarak yüzde değeri.

Tablo 2.12. Saha testlerinde gaz izleme SEÖS'leri için performans kriterleri (EN 15267-3, Hava kalitesi-Otomatikleştirilmiş performans kriterleri ve test prosedürleri sabit emisyonların izlenmesi için ölçüm sistemleri, Aralık 2009)

Performans özelliği	Performans kriteri	
	O ₂ Dışındaki Gazlar	O ₂
Kalibrasyon fonksiyonunun belirleme katsayısı, R ₂	≥ 0,90	≥ 0,90
Tepki Süresi	≤ 200 sn	≤ 200 s
Doğrusallık Sapması	≤ 2,0 % ^a	≤ 0,20 % ^b
Minimum bakım aralığı	8 Günde bir	8 Günde bir
Bakım aralığında sıfır sapma	≤ 3,0 % ^a	≤ 0,20 % ^b
Bakım aralığı içinde açıklık kayması	≤ 3,0 % ^a	≤ 0,20 % ^b
kullanılabilirlik	≥ 95,0 %	≥ 98,0 %
Tekrarlanabilirlik, R _f	≤ 3,3 % ^a	≤ 0,20 % ^b

^a Sertifika aralığının üst sınırının yüzdesi olarak yüzde değeri.

^b Oksijen hacmi konsantrasyonu (hacim oranı) olarak yüzde değeri.

Tablo 2.13. Saha testlerinde gaz izleme SEÖS'leri için performans kriterleri (EN 15267-3, Hava kalitesi-Otomatikleştirilmiş performans kriterleri ve test prosedürleri sabit emisyonların izlenmesi için ölçüm sistemleri, Aralık 2009)

Performans özelliği	Performans kriteri
Tepki Süresi	≤ 200 sn
Sıfırda tekrarlanabilirlik standart sapması	≤ 2,0 % ^a
Sıfırda tekrarlanabilirlik standart sapması	≤ 5,0 % ^b
Doğrusallık sapması	≤ 3,0 % ^a
20 °C'den itibaren ortam sıcaklığı değişikliği nedeniyle sıfır kayma belirtilen aralık	≤ 5,0 % ^a
20 °C'den itibaren ortam sıcaklığındaki değişiklik nedeniyle açıklık kayması belirtilen aralık	≤ 5,0% ^a
Nominal beslemeden -%15 ve +%10'da voltajın etkisi Voltaj	≤ 2,0 % ^a

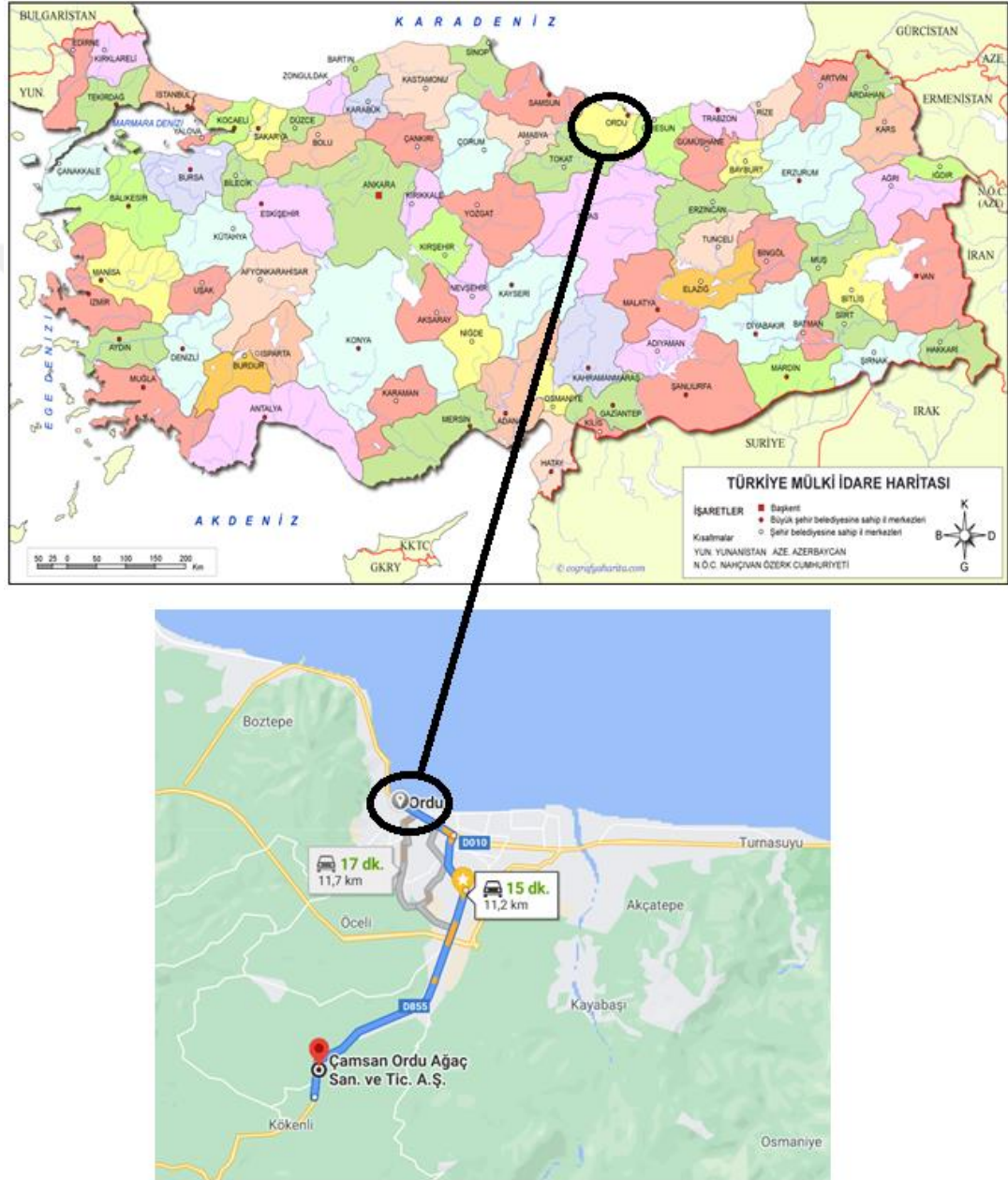
^a Sertifika aralığının üst sınırının yüzdesi olarak yüzde değeri.

^b Emisyon sınır değerinin yüzdesi olarak yüzde değeri.

3. YÖNTEM (METOT METERYAL)

3.1. Tesis Hakkında Genel Bilgi

Çamsan Ordu A.Ş. tesisi, Ordu ili, Uzunisa ve Kökenli Köylerinde, Ordu il merkezine 8 km. mesafede bulunan Civil ve Yemişli derelerinin birleştiği mevkide yer almaktadır. Tesise ait yer bulduru haritası Şekil 3.1 de verilmiştir.



Çamsan Ordu A.Ş. Ordu ilinde kurulmuş özel bir şirket olmak üzere sanayide doğrudan kullanılmayan boyutlardaki odunları işleyerek mobilya sektörü için değişik ebatlarda MDF (Medium Density Fiberboard – Orta Sertlikte Lif Levha) üretir.

Çamsan Ordu A.Ş. faaliyetlerini sürdürebilmek için Kızgın yağ, kızgın buhar ve sıcak gaza ihtiyaç duymaktadır. Bu enerjilerin üretimi için 41,5 MW kurulu güce sahip Biyokütle yakıt ile beslenen tam otomatik Enerji Tesisine sahiptir.

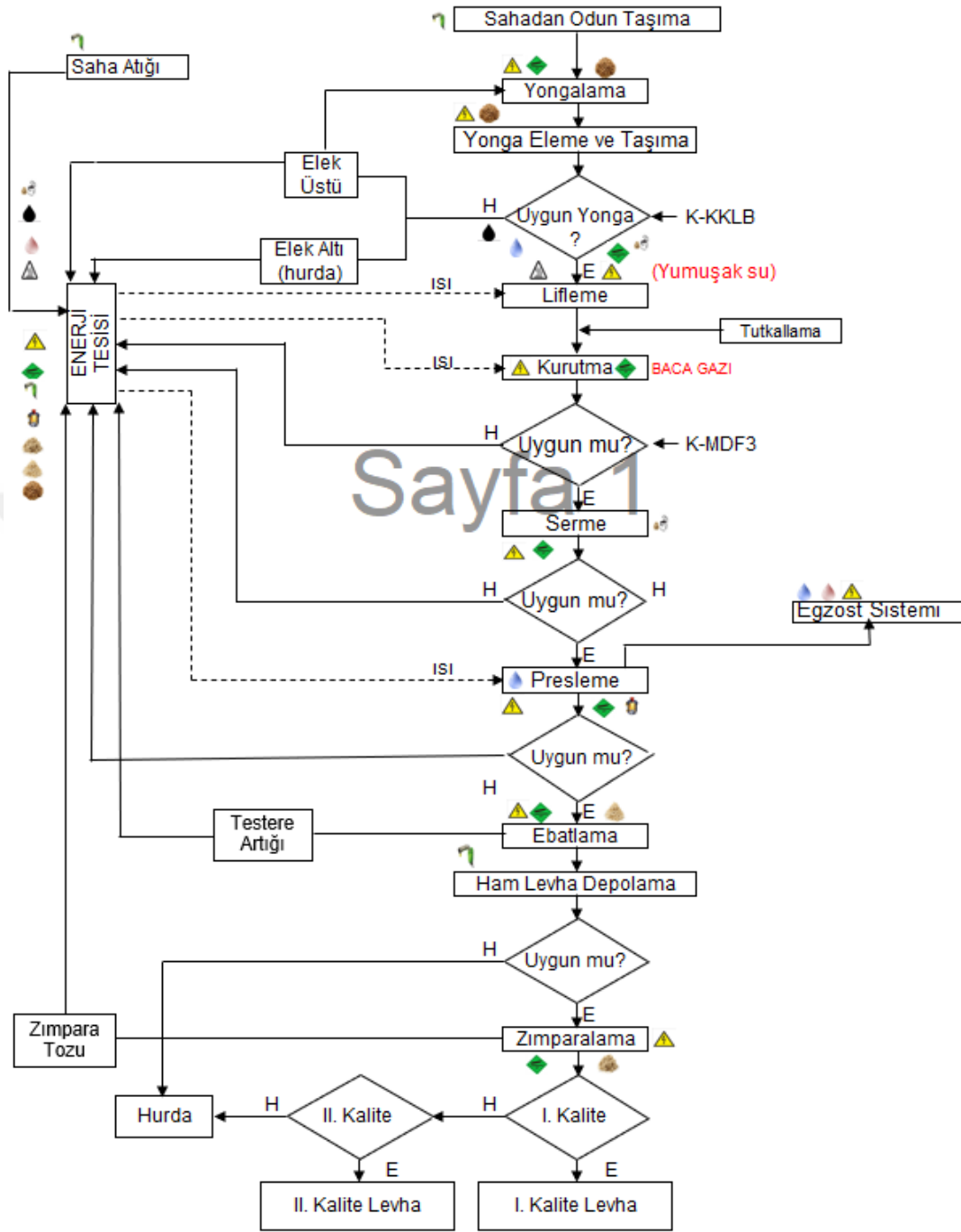
Çamsan Ordu A.Ş. Üretim Tesisi içerisinde aşağıda yer alan üretim tesisleri bulunmaktadır;

- MDF Üretim Tesisleri,
- Formaldehit ve Tutkal Üretim Tesisi,
- Emprenye Tesisi,
- Kaplama Tesisleri,
- Enerji Tesisleri,

3.1.1. MDF Üretim Tesisleri Proses Özeti

MDF (Medium Density Fiberboard) levhaların yaklaşık %90'ını odun oluşturur. Kullanım alanlarında istenen özelliklerin karşılanabilmesi için odunların çeşitli kırma işlemlerinden geçmesi sonrası elde edilen yonga parçaları yoğun buhar verilerek özel bıçaklar ile liflerine ayrıştırılır. Daha sonra bu liflerin birbirine yapışmasını sağlayacak özel tutkallar ve sertleştiriciler lif ile karıştırılır. Tutkallı karışım, sıcak hava ile kurutulur. Kurutulan lifler istenen ürünün özelliğine bağlı olarak hat üzerine serilir. Bu işlem sonrasında presleme ile uygun sıcaklık ve basınca tabi tutularak liflerin birbirine iyice yapışması sağlanır MDF levha oluşturulur. Liflerin kurutulma aşamasında enerji tesisi yanma hücresinden elde edilen yaklaşık 800° derece sıcaklık seviyelerindeki gaz atmosferden pompalar ile emilen taze hava ile karıştırılarak 200° seviyelerine kadar soğutulmakta ve ürün kurutmasında kullanılmaktadır . MDF preslerinde enerji tesisinde 200°dereceye adar ısıtılan ısı transfer yağları kullanılmaktadır. MDF Üretim prosesine ait detaylar Şekil 3.2 de verilmiştir.

KONU: MDF Üretim Proses Tanımı



Şekil 3.2. MDF Üretim Tesisi Proses Tanımı

3.1.2. Formaldehit ve Tutkal Üretim Tesisi Proses Özeti

3.1.2.1. Formaldehit Üretimi;

Formaldehit, oksijen ile metanolün oksidasyonunu sonucu üretilir. Metanol ve formaldehit oksidasyon reaktörüne buhar halinde gönderilir. Formaldehit oksidasyon reaktöründe 14.000 adet boru bulunmaktadır ve bu tüpler demir molibden oksit kataylst olarak içerir. Metanol, katalizör geçerken formaldehite dönüşür.

3.1.2.2. Tutkal Üretimi;

Üre formaldehit tutkalı (ÜF) Üre formaldehit tutkalı üre ile formaldehitin yaptığı bir kondenzasyon ürünüdür.

Melamin formaldehit tutkalı (MF) Melamin formaldehit reçinelerinin üretiminde üre formaldehit reçinelerine benzemektedir. Melamin reçinesi daha çok kat ve tabakalar halinde yapıştırılan ve kaynatmaya karşı dayanıklılık isteyen ağaç malzemenin yapıştırılmasında kullanılır.

3.1.2.3. Emprenye Tesisi Çalışma Prensibi;

Hamkağıt olarak tedarik edilen 70-150 gr / m² arasında birim ağırlığı değişen dekoratif, koruyucu, balans kağıtlar proses girişindeki tamburlara takılır. Melamin Formaldehit ve üre Formaldehit tutkalı ve kimyasal katkıları ile oluşturulan banyolarda tutkal emdirilmiş hamkağıt kağıt kurutma fırınlarından geçerek paketleme istasyonunda istenilen ebatlarda paketlenir. Emprenyeli kağıtlar sıcaklık ve basınç altında sertleşir.

3.1.2.4. Kaplama Tesisleri Çalışma Prensibi;

Müşteri talepleri doğrultusunda ağaç panellere çeşitli malzemeler (dekoratif kağıtlar, folyolar, vb.) kullanılarak laminasyon yapılır. Laminasyonda çoğunlukla melamin bazlı reçine ve katkı kimyasallarından oluşan bir karışım içinde bekletilerek, püskürtülerek ya da merdane sistemleriyle emprenye edilmiş dekoratif kağıtlar kullanılır. Laminasyon preslemesi, panel üretim presinden daha düşük bir basınçta, 15-40 saniye süreyle ve 130-200 °C sıcaklık aralığında gerçekleştirilmektedir. Presto gerekli olan sıcaklık enerji tesisinde ısıtılan ısı transfer yağlarının sistemde dolaştırılması ile elde edilmektedir.

3.1.2.5. Enerji Tesisi Çalışma Prensipleri

MDF Üretim tesislerinin ihtiyacı olan Kızgın Yağ, Buhar ve Sıcak Gaz üretimi için yine proseslerde atık hale gelen ve TS EN 17225 ‘‘Katı biyoyakıtlar - yakıt özellikleri ve sınıfları’’ standardına göre biyokütle sınıfında olan Atık MDF parçaları, odun kabuğu ve yonga atıkları, zımpara ve testere tozları yanma hücresinde yakılarak elde edilen enerji ile ısı transfer yağı (kızgın yağ) 300 °C ‘ye kadar ısıtılır. Isıtılmış halde bulunan kızgın yağ eşanjör içerisinde çevrilir ve eşanjör dışındaki su buharlaştırılır. Kızgın yağ çevrimden sonra MDF üretim presine gönderilir. Buhar ise lifleme tesisine gönderilerek liflere ayrılmış odunun pişirilmesi sağlanır. Yanma hücresinden çıkan yaklaşık 600 derece ısıya sahip atık yanma gazları dışarıdan taze hava beslemesi yapılarak yaklaşık 280 °C sıcaklığa düşürülür ve lifleme sonucunda kurutulması gereken ürünün kurutulma işlemi için kurutucu hattına gönderilir. Bu sayede sistemde oluşan atık gazlar kullanılarak atık oluşumu engellenmiş olur.

Tesis, alt yanma hücresine otomatik yakıt besleme sistemi ile dışarıdan beslenen biyokütle olarak tanımlanan ağaç esaslı saha atıklarını, üst yanma hücresine otomatik toz besleme sistemiyle püskürtülen zımpara tozlarını ve alt yanma hücresine otomatik toz besleme sistemiyle püskürtülen testere tozu yakılmaktadır. Yanma sonucu oluşan sıcak baca gazının bir kısmı kızgın yağ ısıtıcıları içerisinde geçerek ısı transfer yağını ısıtır ve kızgın yağ elde edilmesini sağlar, bir kısmı pres hatlarında bir kısmı ise boru tip buhar jeneratöründe buhar elde edilmesinde kullanılır. Kızgın yağ ısıtıcılarından geçerek soğuyan baca gazı tekrar bu karışım hücresine döner. Böylece sıcak baca gazı ve dış ortamdan emilen taze hava ile karışarak sıcaklığı düşürülmüş baca gazını oluşturur. Bu baca gazı emişinde bulunan ve multisiklonlardan oluşan baca gazı temizleme bölümünde küllerinden arandıktan sonra baca tarafından emilerek ihtiyaç durumuna göre MDF tesisleri tarafından kurutma prosesine gönderilir.

Enerji tesisinin toplam kapasitesi 41,5 MW (35,69 GCAL) olup bu tesisten Fabrikaların Kızgıny yağ ihtiyacı (5 MW), Buhar İhtiyacı (16 MW), Kurutucu Sıcak Gaz İhtiyacı (20,5 MW) karşılanmaktadır. Bu enerjilerin karşılanması için belirlenen yanmada Grade (Alt Beslemeden) elek altı, saha atığı, hurda MDF, atık lifler ve MDF Kenar çıtalaları yakılacak olup, bu yakıt yükü 7,6 ile 22,5 MW arasında değişebilmektedir. Türbiks denilen noktada ise testere ve zımpara tozları yakılmaktadır. Testere tozları yakıldığında yakıt miktarına göre yük 1,7 ile 3,5 MW

arasında, zımpara tozları yakıldığında yakıt miktarına göre yük 2 ile 15,5 MW arasında değişebilmektedir.

Sistemde ısı harcaması aşağıdaki şekildedir; Kurutucuda sıcak gaz kullanımından dolayı, Kızgın yağ ve Kurutucu toplam ısısı, dizayn ısısından %13 daha azdır. Buna göre toplam ısı ihtiyacı $38 \times 0,87 = 32,9 \text{ MW}$ ' a düşecektir. Bunun %4' ü ısı kaybı olacağı düşünüldüğünde toplam ısı ihtiyacı yaklaşık 34 MW dir. Tesislerde yakılan yakıtların toplam ısı değerleri mevcut duruma göre 34,1 MW tır. Tesis tarafından yapılan yakıt kapasite hesabı tablo 3.1' de verilmiştir.

Tablo 3.1. Yakma kapasitesine göre yakıt sarfiyatları

	Dış ortam sıcaklığı	Yakma Kapasitesi			
		Kütleli yakıt miktarı	Izgara	Testere tozu brülörü	Zımpara tozu brülörü
	°C	kg/h	MW	MW	MW
Maksimum ızgara kapasitesi	20	7.125	22,8	0,0	0,0
Maksimum zımpara toz brülörleri kapasitesi	20	2.960	0,0	0,0	15,5
Maksimum testere toz brülörleri kapasitesi	20	752	0,0	3,5	0,0
Maksimum ilave edilebilecek zımpara toz brülörü kapasitesi	20	955	0,0	0,0	5,0

3.2. Yakıtlara ait bilgiler

Tesislerde yakılan yakıtlar ve ısı değerleri aşağıdaki gibidir,

Katı yakıtlar; Katı yakıt olarak elek altı, saha atığı, hurda mdf, atık lifler ve MDF1 Kenar çیتالarı kullanılmaktadır. Toplamda ısı değeri 18.5MW olmaktadır. Şöyle ki;

➤ Elekaltı miktarı üretime giden odunun %7'si olarak alınmıştır. Buna göre MDF1 elekaltı miktarı saate 1305 kg' dır. MDF2 elekaltı miktarı saate 1800 kg' dır. Toplamda saatte 3105 kg'dır. 1 kg Elekaltı ısı değeri 300 kcal/h kabul edilmiştir. Isıl değeri aşağıdaki hesapla 11 MW olarak tespit edilmiştir.

$$3105 \text{ kg} * 300 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = 9.315.000 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

➤ Saha atığı üretimde kullanılan odun miktarının %5' i olduğu düşünülmüştür. Buna göre yaklaşık saatte 2.000 kg 'dır. 1 kg saha atığının ısı değeri yaklaşık olarak 2500 kcal / h olarak kabul edilmiştir. Isıl değeri aşağıdaki hesapla 5 MW olarak tespit edilmiştir.

$$2000 \text{ kg} * 2500 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = 5.000.000 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

➤ MDF1 kenar çıtası, atık lifler, hurda MDF, kaplama ve marangozhane tozları saatte 500 kg civarında yakacak madde üretmektedir. 1 kg MDF1 kenar çıtası, atık lifler, hurda MDF, kaplama ve marangozhane tozu ısı değeri 2500 kcal/ h olarak kabul edilmiştir. Isıl değeri aşağıdaki hesapla 1,5 MW olarak tespit edilmiştir.

$$500 \text{ kg} * 2500 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = 1.250.000 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

➤ Testere Tozu; Testere tozu olarak MDF1 ve MDF2 tesislerinden ve parke tesislerinden oluşan kenar kesme ebatlama ünitelerinin tozları kullanılacaktır. Toplam ısı değeri 3,5MW olmaktadır. MDF1 testere tozu miktarı saatte 200 kg'dır. 1 kg MDF1 Testere tozu 4000kcal/h olarak kabul edilmiştir. Isıl değeri aşağıdaki hesapla 1 MW olarak tespit edilmiştir.

$$200 \text{ kg} * 4000 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = 800.000 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

➤ MDF2 testere tozu miktarı saatte 385 kg'dır. 1kg MDF2 testere tozu 4000 kcal/h olarak kabul edilmiştir. Isıl değeri aşağıdaki hesapla 1,8 MW olarak hesaplanmıştır.

$$385 \text{ kg} * 4000 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = 1.540.000 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

➤ Parke testere tozu miktarı saatte 200 kg'dır. 1kg parke tozunun 4.000 kcal/h kabul edilmiştir. Isıl değeri aşağıdaki hesapla 1 MW olarak hesaplanmıştır.

$$200 \text{ kg} * 4000 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = 800.000 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

➤ Zımpara Tozu; Zımpara tozu olarak MDF1 ve 2 zımpara ünitelerinin tozu kullanılacaktır. Zımpara tesisleri saatte 2.300 kg toz üretmektedir. 1kg zımpara tozu 4500 kcal/h kabul edilmiştir. Isıl değeri aşağıdaki hesapla 12,1MW olarak hesaplanmıştır. MDF1 zımpara tozu miktarı saatte 1.200 kg'dır. Isıl değeri 6,3 MW'tır.

$$1200 \text{ kg} * 4500 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = 5.400.000 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

MDF2 testere tozu miktarı saatte 1.100 kg'dır. Isıl değeri 5,8 MW'tır

$$1100 \text{ kg} * 4500 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} = 4.950.000 \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

Tesise ait yakıtların içeriklerini gösteren bilgiler Tablo 3.2'de sunulmuştur.

Tablo 3.2. Tesise ait yakıt katı madde analiz sonuçları.

Yakıt Adı	Tam Kuru Madde Miktarı (%)	İnorganik Madde Miktarı (%)
MDF LAM	94,03	0,368
Odun Yongası	88,71	0,311
Ağaç Kabuğu	90,02	0,657
MDF Lifi	96,16	0,538
Zımpara Tozu	94,31	0,514

Tesise ait yakıtların ağır metal içeriklerine dair veriler Tablo 3.3'de sunulmuştur.

Tablo 3.3. Tesise ait yakıtın ağır metal içeriği analiz sonuçları.

	MDF LAM	Odun Yongası	Ağaç Kabuğu	MDF Lifi	Zımpara Tozu
Pb	0,3	0,2	0,3	0,6	0,2
Cd	0,04	0,05	0,04	0,09	0,6
Ni	0,9	0,9	0,9	1,8	0,6
Al	132	111	112	949	92,4
Fe	93,6	85,2	90,9	676	82,3
Ca	3564	3920	3759	8555	2707
Na	381	116	106	150	54
K	1356	1220	1220	2153	1143
Zn	6,4	3,39	6,34	9,11	4,76
Cu	1,5	1,6	1,6	2,6	1
Mg	345	330	332	828	332
P	172	142	144	334	149
Cr	0,98	0,77	0,93	1,72	0,39
Mn	59,5	59,9	57,5	168	78,4
Si	0,9	0,7	10	1,7	0,5
Ti	5,1	1	0,9	50	2,6
As	0,1	0,1	0,1	0,1	0
Hg	0,05	0,03	0,11	0,2	0,27
V	0,2	0,2	1	1,1	1,1

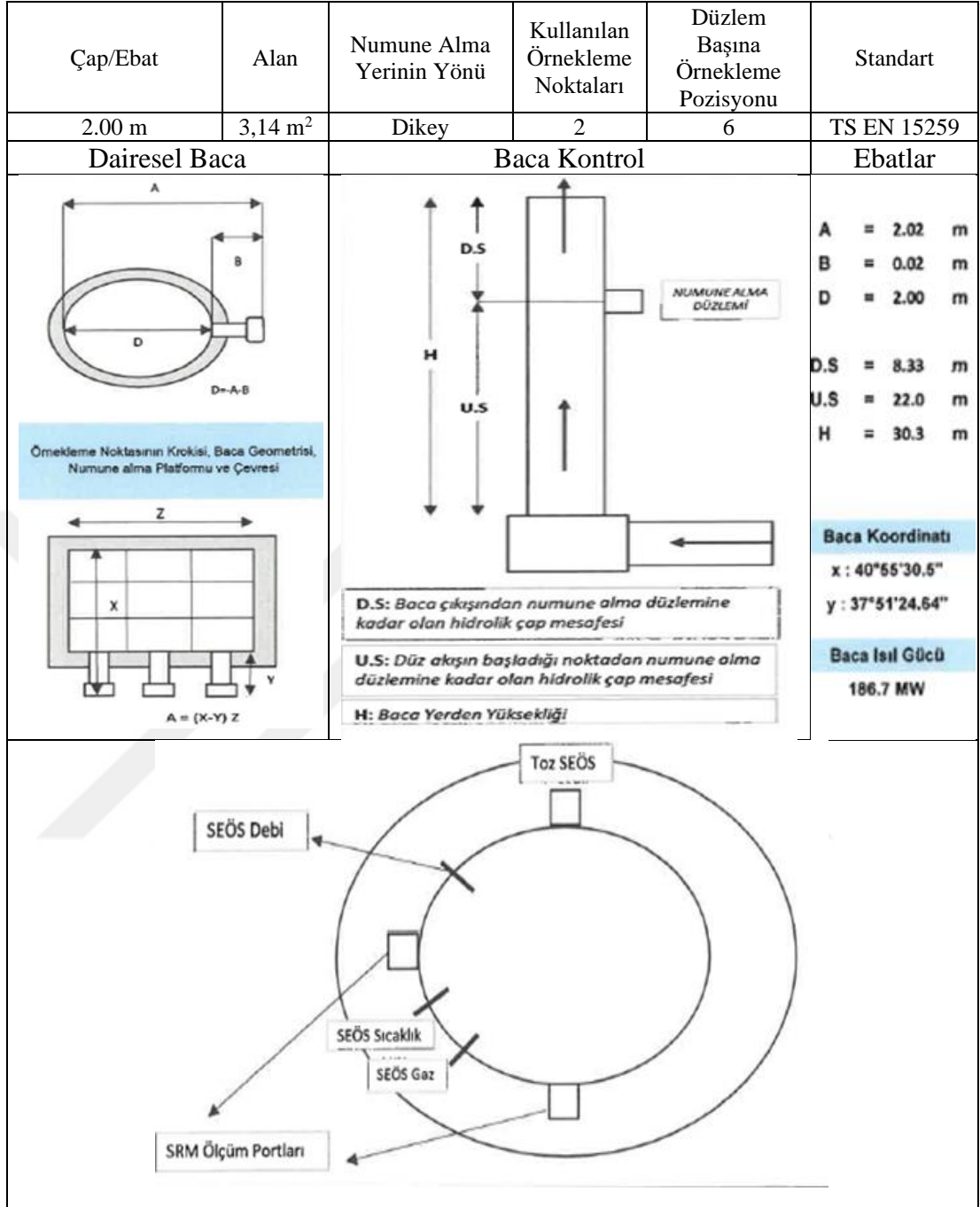
3.1. Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemine (SEÖS) Ait Bilgiler

Enerji tesisi 41,5 MW kurulu güce sahip olup 20 Aralık 2014 tarihli ‘‘Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği’’ nin Ek-2 / A 2.2.7 maddesine göre birinci grup tesisler sınıfına girmektedir. CO, O₂, PM (Toz), Hız, Debi parametreleri sürekli ölçülmektedir. Kullanılan cihazlara ait teknik bilgiler tablo 3.4’ te verilmektedir.

Tablo 3.4. Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemine Ait Cihazlara Dair Bilgiler

Parametre	Hız ve Debi	O ₂	CO	Toz
Tip	İn-situ	Ekstraktif Kuru Gaz	Ekstraktif Kuru Gaz	İn-situ
Üretici	DURAG	SİEMENS	SİEMENS	DURAG
Model	D-FL 100	Ultramat 23	Ultramat 23	D-R 290 M
Seri No	1230756	N1-C7-657	N1-C7-657	1230198
Çalışma Prensibi	Fark Bsnç	Elektrokimyasal	NDIR	Optik
Çalışma Aralığı	0-40 m/sn	0-25%	0-750 mg/m ³	0-200 mg/m ³
Sertifika Aralığı	0-40 m/sn	0-25%	0-75 mg/m ³	0-15 mg/m ³
Ham Veri Birimi	m/sn	%	mg/m ³	mg/m ³
Ham Verilerin Referans Koşulları	0°C 1013,25 hPa	0°C 1013,25 hPa	0°C 1013,25 hPa %6 O ₂	0°C 1013,25 hPa %6 O ₂
Sinyal Çıkışı	Dijital	Dijital	Dijital	Dijital
Numune Alma Noktası	Zeminden 22 Metre Yukarıdadır.			
SEÖS Konumu	Zeminde Yer Almaktadır.			

SEÖS’ün yerleştirildiği baca 30 metre yüksekliğinde 2 metre iç çapındadır. Baca malzeme olarak 6 mm kalınlığında hardox sacdan dikey olarak imal edilmiş olup dış çeperinde herhangi bir izolasyon malzemesi bulunmamaktadır. Bacaya ait teknik detaylar şekil 3.3’ te, bacaya ait dış görünüş fotoğrafı şekil 3.4’ te verilmiştir.



Şekil 3.3. Bacaya ait teknik detaylar



Şekil 3.4. Baca dış görünüşü ve Ekipman Yerleşimi

4. BULGULAR

4.1. Standart Gazın Belirsizliği

Standart gazların belirsizliği, laboratuvarında kullanılan kalibrasyon gazlarının belirsizliğinden oluşturmaktadır. Tablo 4.1 de TSE EN 17225 standardına sahip gazlara ait sertifika değerleri ve ölçüm belirsizlikleri tipi değerleri aşağıda verilmiştir. Belirsizliğe katkı ile ilgili hesaplamalar, standart belirsizlik dikdörtgen dağılım olarak karekök üçe bölünerek hesaplanmıştır.

Tablo 4.1. Kalibrasyon Gazları Sertifika Değerleri

Kirletici Gaz	Birim	Sertifika değerleri
CO	50,124 PPM	% 2
CO	150,52 PPM	% 2
CO	401,5 PPM	% 2
CO ₂	%2	% 2
CO ₂	%5	% 2
CO ₂	%7,5	% 2
O ₂	%7,5	% 0,2
O ₂	%15	% 0,2

4.2. Deneysel Tekrarlanabilirlik Belirsizliği

Deney yapmaya yetkili personel tarafından yapılan metot validasyonu çalışmaları sonucunda deneysel tekrarlanabilirlik belirsizliği her üç konsantrasyon için hesaplanmış ve standart sapma sonuçları ile birlikte Tablo 4.2’de verilmiştir.

4.2.1. Karbonmonoksit Deneysel Tekrarlanabilirlik Belirsizliği

Karbonmonoksit deneysel tekrarlanabilirlik belirsizliği hesapları için SEÖS’e 50,124 ppm, 150,52 ppm, 401,5 ppm konsantrasyonunda ve TSE EN 17025’e göre sertifikalandırılmış kalibrasyon gazları kullanılmıştır. Gazlar SEÖS ‘e verilmiş ve sonuçlar kayıt edilmiştir. SEÖS’ten alınan verilere göre değişik kalibrasyondaki gazlara SEÖS’ün verdiği tepkilerin ortalaması Tablo 4.2’ de verilmiştir.

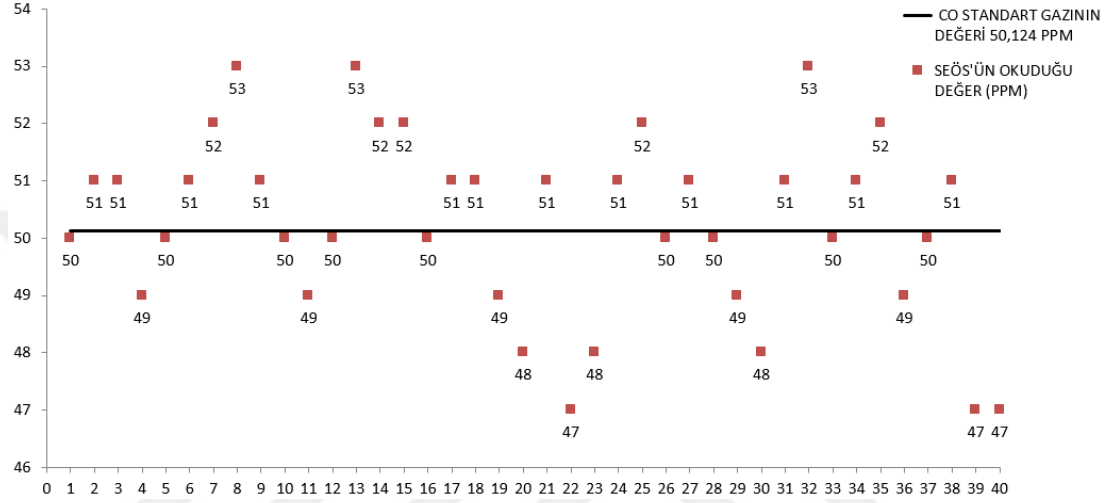
Tablo 4.2. Karbonmonooksit Tekrarlanabilirlik Belirsizliği Hesaplama Tablosu

	CO(50,124 ppm)	CO(150,52 ppm)	CO(401,5 ppm)	CO ölçümü
ORTALAMA	50,275	150,4	400,6	255,175
SD	1,601	2,436	3,506	3,34
%RSD	3,18	1,62	0,87	1,31

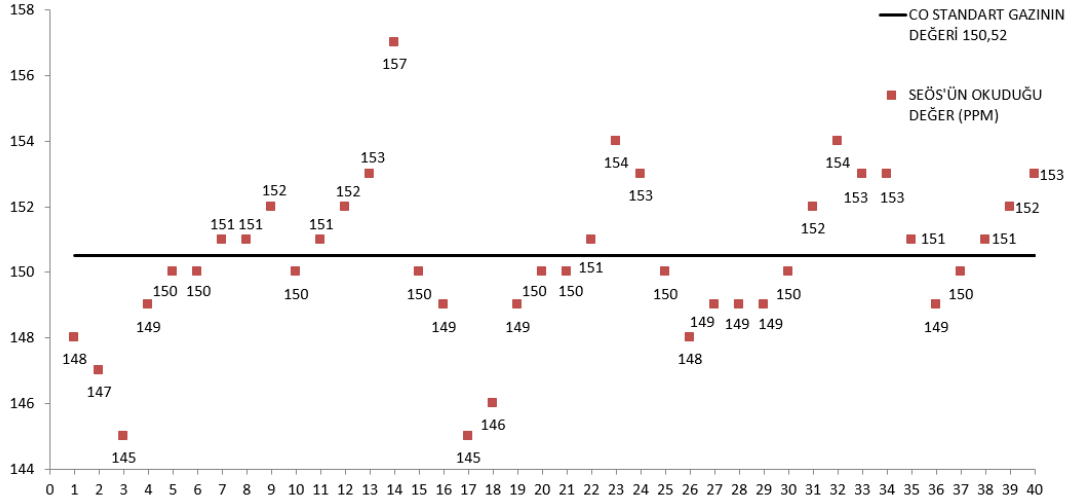
SEÖS'e verilen 50,124 ppm içeriğe sahip standart gazın SEÖS tarafından okunması sonucu elde edilen ölçümlere dair dağılım grafiği şekil 4.1 de verilmiştir.

SEÖS'e verilen 150,52 ppm içeriğe sahip standart gazın SEÖS tarafından okunması sonucu elde edilen ölçümlere dair dağılım grafiği şekil 4.2 de verilmiştir.

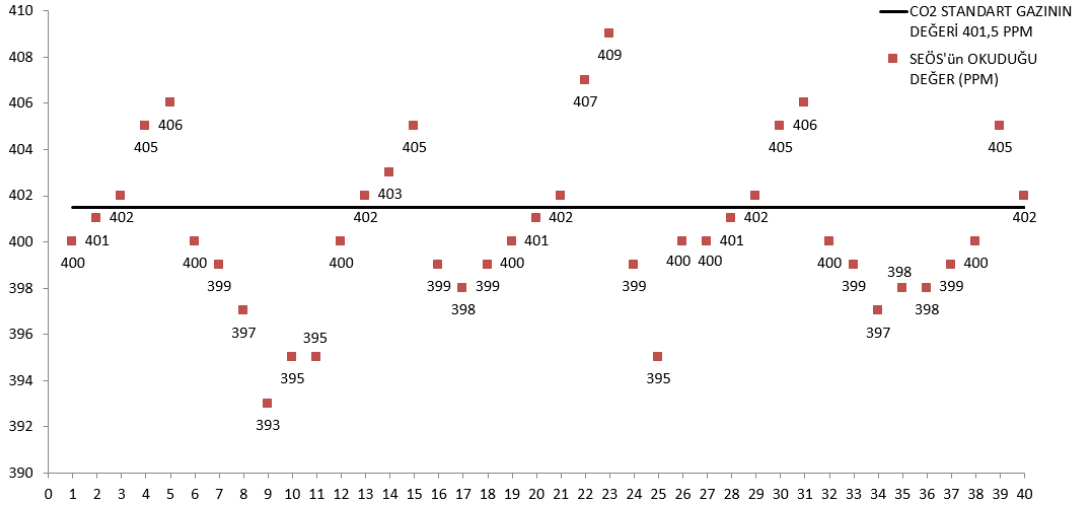
SEÖS'e verilen 401,5 ppm içeriğe sahip standart gazın SEÖS tarafından okunması sonucu elde edilen ölçümlere dair dağılım grafiği şekil 4.3 de verilmiştir



Şekil 4.1. 50,124 ppm'lik standart karbonmonoksit gazının SEÖS'e okutulması sonucu elde edilen değerlerin dağılım grafiği



Şekil 4.2. 150,52 ppm'lik standart karbonmonoksit gazının SEÖS'e okutulması sonucu elde edilen değerlerin dağılım grafiği



Şekil 4.3. 401,52 ppm'lik standart karbonmonoksit gazının SEÖS'e okutulması sonucu elde edilen değerlerin dağılım grafiği

4.2.2. Karbondioksit Deneysel Tekrarlanabilirlik Belirsizliği

Karbondioksit deneysel tekrarlanabilirlik belirsizliği hesaplama işlemleri için SEÖS'e %2,01 %5,07 ve %7,58 konsantrasyona sahip ve TSE EN 17025 standartlarına uygun olarak sertifikalandırılmış karbondioksit kalibrasyon gazları kullanılmıştır. Belirtilen gazlar SEÖS 'e verilmiş ve sonuçlar kayıt edilmiştir. SEÖS'ten alınan verilere göre değişik konsantrasyondaki gazlara SEÖS'ün verdiği tepkiler Tablo 4.3' te verilmiştir.

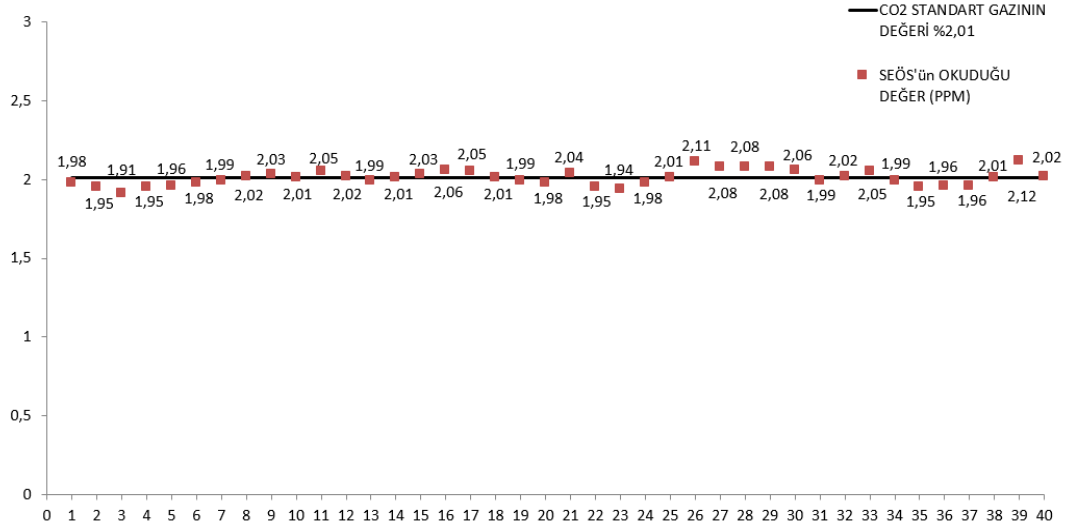
Tablo 4.3. Karbondioksit Tekrarlanabilirlik Belirsizliği Hesaplama Tablosu

	CO2 (%2,01)	CO2 (%5,07)	CO2 (%7,58)
SD	0,04	0,132	0,111
%RSD	1,99	2,60	1,46

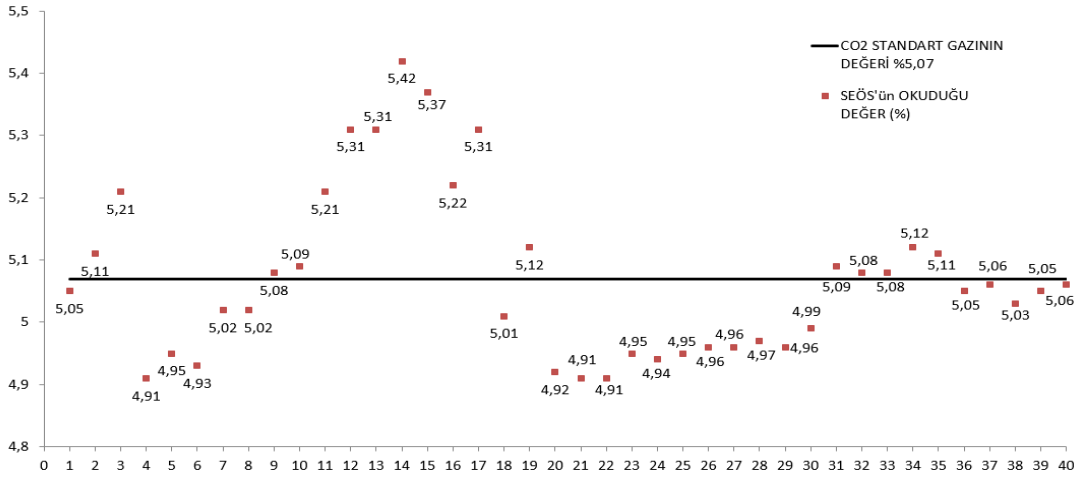
SEÖS'e verilen %2,01'lik konsantrasyon içerisine sahip standart karbondioksit gazının SEÖS tarafından okunması sonucu elde edilen ölçümlere dair dağılım grafiği şekil 4.4 de verilmiştir.

SEÖS'e verilen %5,07'lik konsantrasyon içerisine sahip standart karbondioksit gazının SEÖS tarafından okunması sonucu elde edilen ölçümlere dair dağılım grafiği şekil 4.5 de verilmiştir.

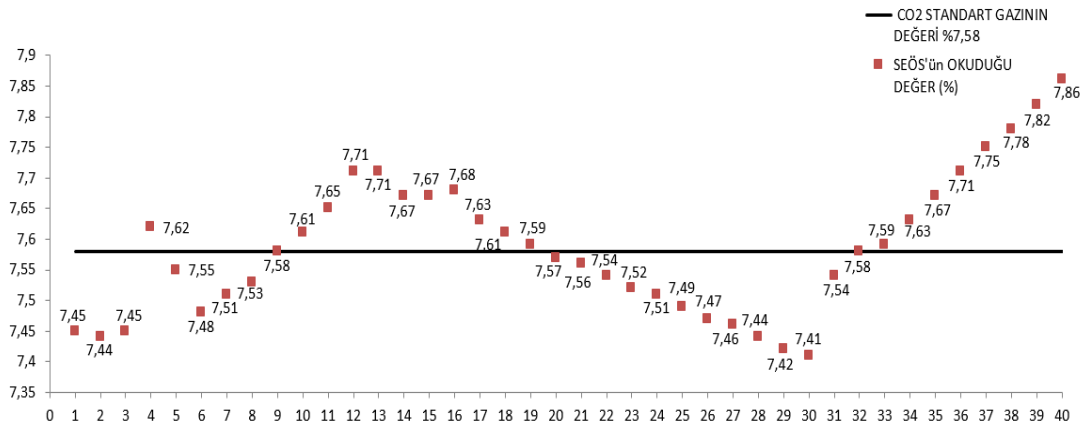
SEÖS'e verilen %7,58'lik konsantrasyon içerisine sahip standart karbondioksit gazının SEÖS tarafından okunması sonucu elde edilen ölçümlere dair dağılım grafiği şekil 4.6 de verilmiştir.



Şekil 4.4. %2,01 'lik standart karbondioksit gazının SEÖS'e okutulması sonucu elde edilen değerlerin dağılım grafiği



Şekil 4.5. %5,70 'lik standart karbondioksit gazının SEÖS'e okutulması sonucu elde edilen değerlerin dağılım grafiği



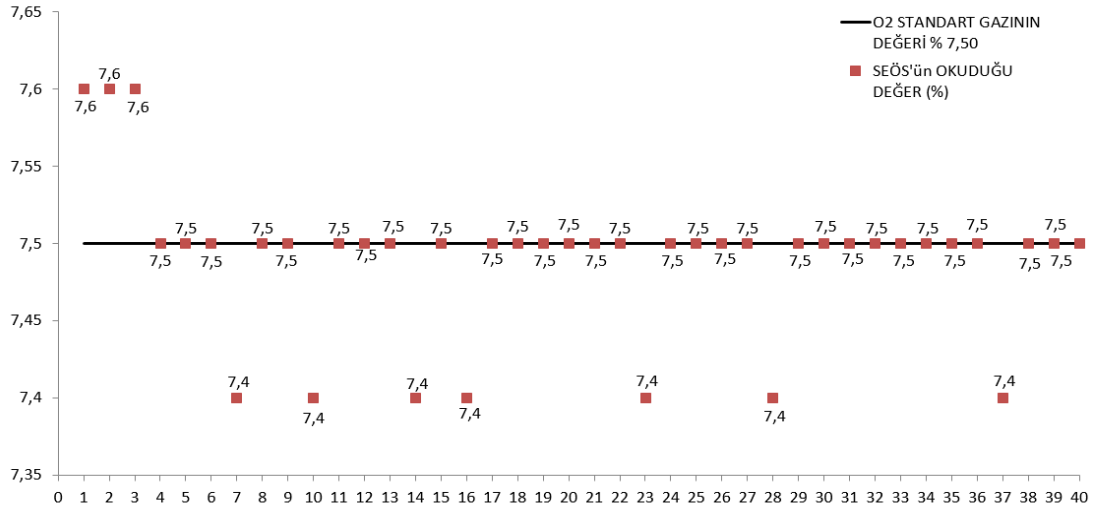
Şekil 4.6. %7,58 'lik standart karbondioksit gazının SEÖS'e okutulması sonucu elde edilen değerlerin dağılım grafiği

4.2.3. Oksijen Deneysel Tekrarlanabilirlik Belirsizliği

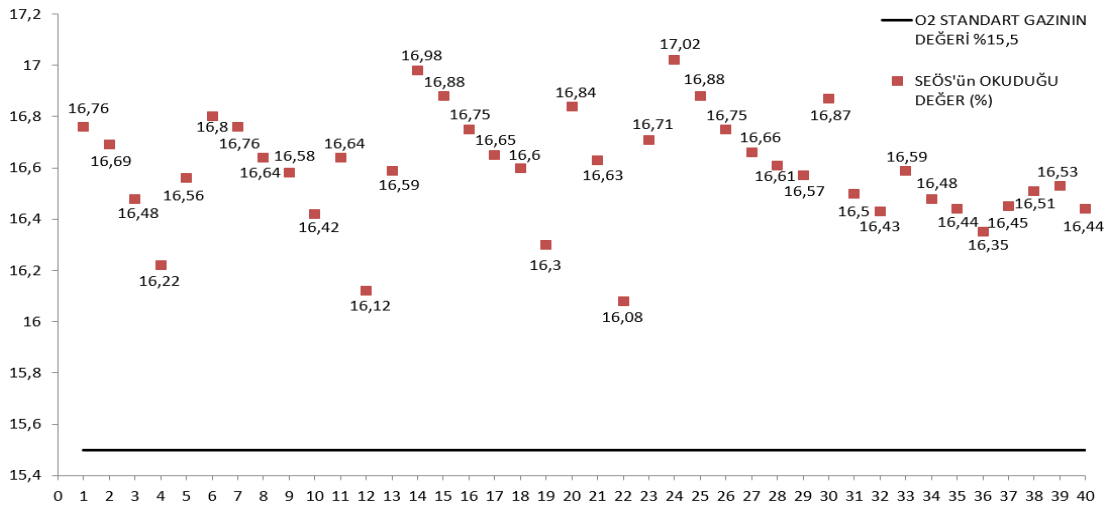
Oksijen deneysel tekrarlanabilirlik belirsizliği hesaplama işlemleri için SEÖS'e %7,5 ve % 15 konsantrasyona sahip ve TSE EN 17025 standartlarına uygun olarak sertifikalandırılmış karbondioksit kalibrasyon gazları kullanılmıştır. Belirtilen gazlar SEÖS 'e verilmiş ve sonuçlar kayıt edilmiştir. SEÖS'ten alınan verilere göre değişik konsantrasyondaki gazlara SEÖS'ün verdiği tepkiler Tablo 4.4' te verilmiştir.

Tablo 4.4. Oksijen Tekrarlanabilirlik Belirsizliği Hesaplama Tablosu

Ölçüm no	O ₂ (7,50%)	O ₂ (15%)	O ₂ ölçümü
ORTALAMA	7,49	14,975	16,594
SD	0,03	0,08	0,21
%RSD	0,41	0,54	1,28



Şekil 4.7. %7,5 'lik standart oksijen gazının SEÖS'e okutulması sonucu elde edilen değerlerin dağılım grafiği



Şekil 4.8. %15,5 'lik standart oksijen gazının SEÖS'e okutulması sonucu elde edilen değerlerin dağılım grafiği

4.3. Girişim Yapan Gazların Belirsizliği

Girişim yapan gazların belirsizliğinin belirlenmesi amacı ile cihaz üreticisi firma tarafından girişim yapan gazlar verilmiştir. Bu çalışmalarda elde edilen değerlere göre CO, CO₂, O₂ hücresi için değişik konsantrasyonlardaki O₂, NO_x, SO_x, H₂O, C₃H₈ gazları cihaza verilmiştir. Buna karşılık cihazın okuduğu değer sıfırdır. Cihaz Üreticisinin 'in kendi verilerine göre elde edilen tüm girişim değerleri %1'dir.

Gazların girişiminden kaynaklı belirsizlik ile ilgili tekli ve karışım gazları ile yapılan deneylerde belirsizlik değerleri %1 den küçüktür. Bu nedenle genişletilmiş belirsizlik hesaplamalarında ihmal edilecek düzeydedir.

4.4. Ölçüm Yapılan Ortam Sıcaklığından Gelen Belirsizlik

Ortam sıcaklığından kaynaklanan belirsizlik, 2 °C dereceden 42,3 °C'ye kadar yapılan analiz çalışmalarında cihazın ortam havasından etkilenmediği tespit edilmiştir. Bu nedenle ortam sıcaklığının belirsizliğe etkisi maksimum %0,5 olduğundan bu değer belirsizlik hesaplarında ihmal edilecek kadar küçük bulunmuştur. Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından Ordu ili genel sıcaklık ortalaması verilerine göre 1959-2020 yılları arasında en yüksek ortalama sıcaklık ağustos ayında 27,4 °C, en düşük sıcaklık ortalaması ocak ayında 3,9°C olarak verilmiş olup cihazları bu sıcaklıklardan etkilenmediği belirlenmiştir.(Meteoroloji Genel Müdürlüğü "İllere Ait Mevsim Normalleri Tablosu" <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ORDU> , 1959-2020 ortalamaları)

Cihazın bulunduğu kabin 18 °C olacak şekilde sabit bir ısıda tutulmaktadır.

4.5. Basıncın Belirsizliğe Etkisi

CO, CO₂, O₂ parametreleri için farklı basınç seviyelerinde ölçümler yapılmıştır. Buna göre elde edilen ölçüm değerlerinden ortaya çıkan sonuçlara göre basıncın ölçüm sonuçlarını etkilemediği belirlenmiştir. Bu nedenle basınç, belirsizliğe etkisi en fazla % 1 olarak tespit edilmiştir olmayan bir parametre olarak belirlenmiştir.

4.6. Kişiden Kaynaklanan Belirsizlik

SEÖS, Otomatik ölçme sistemine göre çalışmakta ve değerler dijital olarak görüntülenip hafızaya alınmaktadır. Bu sırada kişiden kaynaklanan ölçme belirsizliği gerçekleşmemektedir. doğru bakım yapılmaması durumunda ölçüm sistemlerinde belirsizlik meydana gelebilecektir. Bu tür belirsizliklerin oranı maksimum %1'dir.

4.7. Sensörden Kaynaklanan Ölçme Belirsizliği

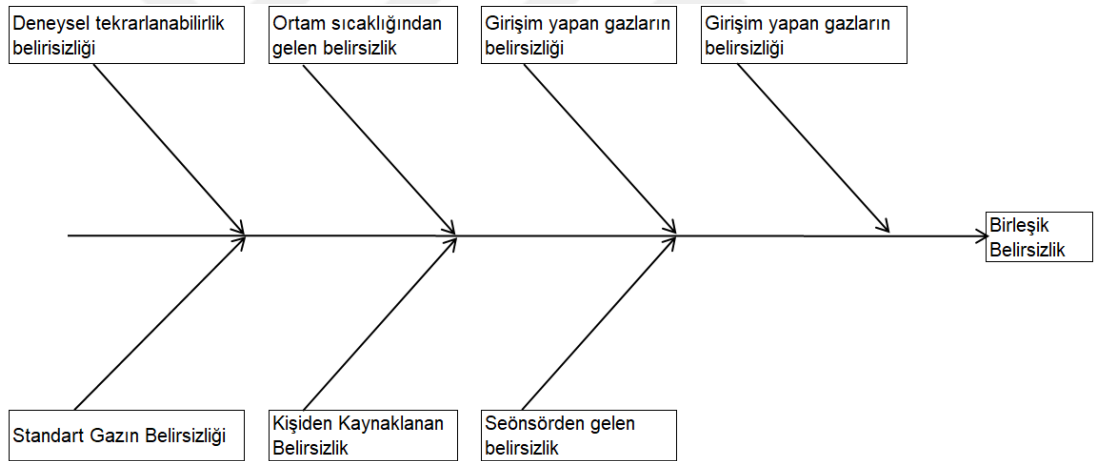
Cihazlarda kullanılan sensörlerden kaynaklı ölçüm belirsizliği değeri üreticiden üreticiye değişmektedir. Örneğin ölçüm belirsizliği SIEMENS ULTRAMAT 23 Cihazı için cihaz üreticileri tarafından $CO \leq 200$ ppm için belirsizlik RSD değeri $\pm\%5$, $CO > 201$ ppm için belirsizlik RSD değeri $\pm\%10$, CO_2 için RSD değeri $\pm\%1,3$ O_2 RSD değeri $\pm\%0,8$ olarak verilmiştir. Tezde kullanılan sensör belirsizliklerine ait bilgiler ihaz bilgileri kısmında verilmiştir.

4.8. Belirsizlik Bileşenleri ve Belirsizlik Hesaplamaları

Belirsizlik bileşenleri incelendiğinde en çok belirsizliğin cihazın sensörlerinden, kalibrasyon tüplerinden ve tekrarlanabilirlikten geldiği görülmektedir. Diğer belirsizlik bileşenleri bunlara göre küçük kaldığından hesaplama dışında bırakılmıştır.

4.8.1. Karbonmonoksit Belirsizlik Bileşenleri ve Belirsizlik Hesaplamaları

Karbonmonoksit parametresine etki edecek belirsizlik bileşenleri tablo Şekil 4.9' da sunulmuştur.



Şekil 4.9. Karbonmonoksit Belirsizlik bileşenleri

Belirsizlik hesaplamaları sonucunda Karbonmonoksit (CO) belirsizliklerinin performans kriterleri ve yapılan ölçümler sonucunda elde edilen sonuçlara dair bilgiler Tablo 4.5 'de verilmiştir.

Tablo 4.5. CO Belirsizlik bileşenlerin sınır değerlerle karşılaştırılması

Belirsizlik Tipi	Performans Kriteri	Sonuç
Standart gazın belirsizliği	-	%2
Deneysel tekrarlanabilirlik belirsizliği	Maks %5	%3,90
Ortam sıcaklığından gelen belirsizlik	≤ % 0,5	< % 0,5
Kişiden Kaynaklanan Belirsizlik	≤ % 1	< % 1
Ortam Basıncından gelen belirsizlik	≤ % 1	< % 1
Girişim yapan gazların belirsizliği	Maks % 3	≤ % 1
Seönsörden gelen belirsizlik	-	CO≤200 ppm → ±%5 CO>201 ppm → ±%10

Karbonmonoksit için;

$$U(Tek)=\sqrt{3,18^2 + 1,62^2 + 0,87^2 + 1,31^2} = 3,90$$

a) CO ≤ 200 ppm

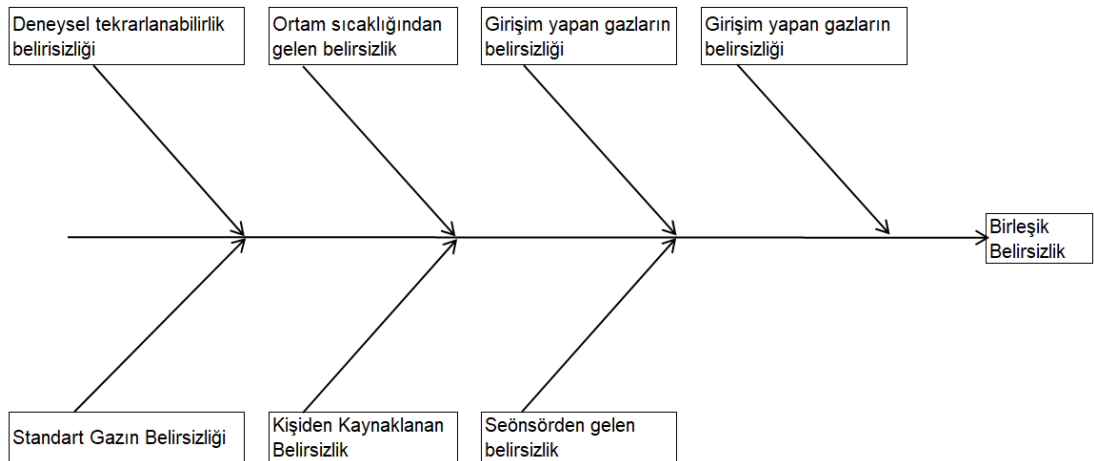
$$U(x)=\sqrt{U\left(\frac{5}{\sqrt{3}}\right)^2 + U\left(\frac{2}{\sqrt{3}}\right)^2 + (3,90)^2} = 4,18$$

a) CO ≥ 201 ppm

$$U(x)=\sqrt{U\left(\frac{10}{\sqrt{3}}\right)^2 + U\left(\frac{2}{\sqrt{3}}\right)^2 + (3,90)^2} = 4,38$$

4.8.2. CO₂ Belirsizlik Bileşenleri ve Belirsizlik Hesaplamaları

Karbendioksit parametresine etki edecek belirsizlik bileşenleri tablo Şekil 4.10' da sunulmuştur.



Şekil 4.10. Karbendioksit Belirsizlik bileşenleri

Belirsizlik hesaplamaları sonucunda Karbonmonoksit (CO₂) belirsizliklerinin performans kriterleri ve yapılan ölçümler sonucunda elde edilen sonuçlara dair bilgiler Tablo 4.6 'da verilmiştir.

Tablo 4.6. CO₂ Belirsizlik bileşenlerin sınır değerlerle karşılaştırılması

Belirsizlik Tipi	Performans Kriteri	Sonuç
Standart gazın belirsizliği	-	%2
Deneysel tekrarlanabilirlik belirsizliği	Maks %5	% 0,697
Ortam sıcaklığından gelen belirsizlik	≤ % 0,5	< % 0,5
Kişiden Kaynaklanan Belirsizlik	≤ % 1	< % 1
Ortam Basıncından gelen belirsizlik	≤ % 1	< % 1
Girişim yapan gazların belirsizliği	Maks % 3	≤ % 1
Seönsörden gelen belirsizlik	-	±% 1,3

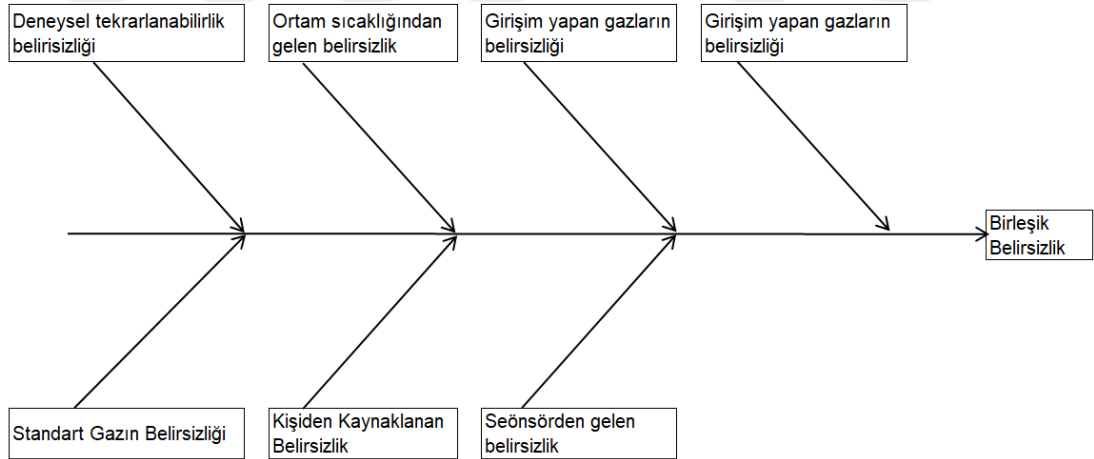
Karbondiyoksit için;

$$U(Tek)=\sqrt{0,04^2 + 0,132^2 + 1,111^2} = 0,697$$

$$(x)=\sqrt{U\left(\frac{1,3}{\sqrt{3}}\right)^2 + U\left(\frac{2}{\sqrt{3}}\right)^2 + (0,1)^2} = 1,903$$

4.8.3. O₂ Belirsizlik Bileşenleri

Oksijen parametresine etki edecek belirsizlik bileşenleri tablo Şekil 4.11' de sunulmuştur.



Şekil 4.11. Oksijen Belirsizlik bileşenleri

Belirsizlik hesaplamaları sonucunda Oksijen gazı (O₂) belirsizliklerinin performans kriterleri ve yapılan ölçümler sonucunda elde edilen sonuçlara dair bilgiler Tablo 4.6 'da verilmiştir.

Tablo 4.7. O₂ Belirsizlik bileşenlerin sınır değerlerle karşılaştırılması

Belirsizlik Tipi	Performans Kriteri	Sonuç
Standart gazın belirsizliği	-	%2
DeneySEL tekrarlanabilirlik belirsizliği	Maks %2	%1,45
Girişim yapan gazların belirsizliği	Maks % 3	≤ % 1
Ortam sıcaklığından gelen belirsizlik	≤ % 0,5	< % 0,5
Kişiden Kaynaklanan Belirsizlik	≤ % 1	< % 1
Ortam Basıncından gelen belirsizlik	≤ % 1	< % 1
Seönsörden gelen belirsizlik	-	±%0,8

Oksijen için;

$$U(Tek)=\sqrt{0,41^2 + 0,54^2 + 1,28^2} = 1,45$$

$$U(x)=\sqrt{U\left(\frac{0,8}{\sqrt{3}}\right)^2 + U\left(\frac{0,2}{\sqrt{3}}\right)^2 + 1,45^2} = 1,23$$

4.9. Genişletilmiş Belirsizlik

Genişletilmiş belirsizlik k=2, % 95 güvenilirlik aralığı için iki aralıkta ayrı ayrı hesaplanarak Tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.8. % 95 güven aralığı tablosu

Parametre	CO ≤ 200 ppm	CO > 201 ppm	CO ₂	O ₂
Bileşik Belirsizlik (%)	4,18	4,38	1,903	1,23
Genişletilmiş Belirsizlik (k=2) % 95	±% 8,36	±% 8,76	±% 3,80	±% 2,46

4.10. Belirsizliklerin Raporlanması

Baca gazındaki belirsizlik miktarları; belirsizlik hesapları ile birlikte Örnek olarak Tablo 4.9' da belirtildiği gibi raporlanacaktır;

Tablo 4.9. Belirsizlik hesaplamalarına esas raporlamalar

Gazın Cinsi	Raporlama Niteliği	Raporlanacak veri
CO miktarı:	k=2 ve % 95 güvenilirlik düzeyinde	50,275 ± 8,36 ppm raporlanır.
CO miktarı:	k=2 ve % 95 güvenilirlik düzeyinde	150,4 ± 8,36 ppm raporlanır
CO miktarı	k=2 ve %95 güvenilirlik düzeyinde	401,5 ± 8,76 ppm raporlanır
CO ₂ miktarı:	k=2 ve % 95 güvenilirlik düzeyinde	%2,01 ± %3,80 raporlanır
CO ₂ miktarı:	k=2 ve % 95 güvenilirlik düzeyinde	%5,07 ± %3,80 raporlanır
O ₂ miktarı:	k=2 ve % 95 güvenilirlik düzeyinde	%7,50 ± %0,41 raporlanır.
O ₂ miktarı:	k=2 ve % 95 güvenilirlik düzeyinde	%15,5 ± %0,54 raporlanır.

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Günümüzde farklı alanlarda bir çok test, analiz ve ölçüm yapılmaktadır. Bu işlemlerin sonucunda elde edilen veriler daha başka çalışmalarda bir çok verinin üretilmesine kaynak olabilmekte ve kritik kararların verilmesi aşamalarında referans olarak alınabilmektedir. Bu hususlar gözönüne alındığında her test, analiz ve ölçüm işleminden elde edilen veri uluslararası platformda geçerliliği kabul edilmiş aralıklarda güvenilirlik seviyesinde olmalıdır. Özellikle iklim değişikliği etkilerinin giderek arttığı günümüzde küresel ısınmaya en çok katkıyı sağlayan sera gazı emisyonlarının salınımının önlenmesi için ilk önce prosesin doğru belirlenerek emisyonların ölçülmesi gereklidir. Bu nedenle ulusal ve uluslararası mevzuatlarda çevre etkisi yüksek olan prosesler belirlenmiş ve bu proseslerdeki emisyonların çeşitli periyotlarda ölçülerek takip edilmesi kanunlarla hükme bağlanmıştır. Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemleri; emisyon azaltıcı sistemlerin etkinliğini sürekli olarak izlemek, büyük yakma tesislerinden kaynaklanan emisyonları izlemek, emisyonlarında dalgalanmaların çok fazla olduğu tesislerde sürekli emisyon izlemesi yaparak total olarak emisyonları belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Bu nedenle Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemlerinde ölçüm belirsizliklerinin doğru olarak belirlenmesi sera gazları miktarlarının daha doğru belirlenmesine katkı sağlayacaktır.

Bu çalışmada Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemlerinde genel olarak kabul görmüş belirsizlik türlerinden standart gazın belirsizliği, deneysel tekrarlanabilirlik belirsizliği, girişim yapan gazların belirsizliği, ölçüm yapılan ortam sıcaklığından gelen belirsizlik, basıncıtan gelen belirsizlik, kişiden kaynaklanan belirsizlik, metottan gelen belirsizlikler incelenmiştir.

Standart gazın belirsizliği ile ilgili olarak TS EN 17025 standardına uygun olarak hazırlanmış standart gazlar için üretici firmanın sağladığı sertifikasyonda belirttiği üzere CO, CO₂, O₂ gazları için gaz derişiminin %2 ' si oranında belirsizlik öngörölmüştür. Bileşik belirsizlik hesaplamalarında bu değer baz alınarak bileşik belirsizlik hesaplamaları yapılmıştır ve standart gaz belirsizliklerinin ulusal standartlarda kabul edilebilir düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

Tekrarlanabilirlik belirsizlikleri çalışmalarıda Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemlerinde CO ,CO₂ ,O₂ standart gazları ile SEÖS arasında her bir standart gaz için 40' ar adet paralel ölçümler yapılmış ve sonuçlar tüm gazlar için k=2 katsayısı ve %95

güven aralığında raporlanmıştır. Tekrarlanabilirlik belirsizliklerinde tüm gazlar için belirlenen sapmaların kabul edilebilir seviyelerde olduğu tespit edilmiştir.

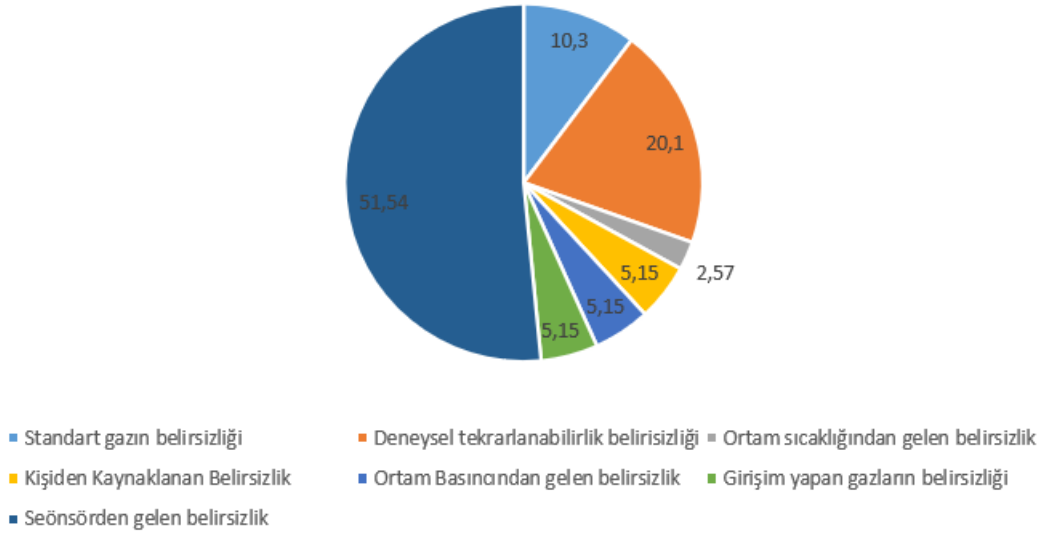
Girişim yapan gazların belirsizliği çalışmalarında sistemde ölçümü yapılacak gazların konsantrasyonunu girişim sonucunda düşürecek veya artıracak herhangi bir gaza rastlanmadığından bu belirsizlik türü maksimum % 1 olarak belirlenmiştir. Girişim yapan gazların belirsizliğinde beklenen maksimum belirsizlik %3 olduğundan standart gazın sertifika değerleri ve kalibrasyon hattı incelendiğinde belirsizliklerin kabul edilebilir seviyelerde olduğu görülmüştür.

Ölçüm yapılan ortam sıcaklığından gelen belirsizlik çalışmalarında proseste sıcaklık farkı oluşturacak noktalar incelenmiştir. Numune gazın şartlandırıcı ünitesine 180 °C sıcaklıktaki ısıtmalı hat ile yoğunlaşmadan geldiği, şartlandırıcı ünitelerinde standart olarak 0-5 °C sıcaklık aralığında soğutulup gaz içindeki nem'in tamamını tutucuda tutulduğu belirlenmiştir. Bu şartlarda sistemde sıcaklık kaynaklı bir belirsizliğe rastlanmamıştır. Sistemin geçmiş hata kayıtlarına bakıldığında ısıtmalı hat ve şartlandırıcı ünitelerin bağlı olduğu scada ekranında geçmiş yıllarda hata verisi tespit edilmemiştir. Bu nedenle sistemde sıcaklık açısından maksimum %0,5 belirsizlik oluşmaktadır.

Basıncın belirsizliğe etkisi incelendiğinde Sürekli Emisyon Ölçüm Sisteminin numune gazı ayrı bir hat kullanılarak ortalama 5 m/sn hız ile bacadan çektiği ve ortalama 0,1 bar basınçta analizöre ulaştırdığı belirlenmiştir. Sistemde basınç değişikliği oluşturacak herhangi bir unsur bulunmadığından basınç ile ilgili maksimum % 1 oranında belirsizlik oluştuğu belirlenmiştir.

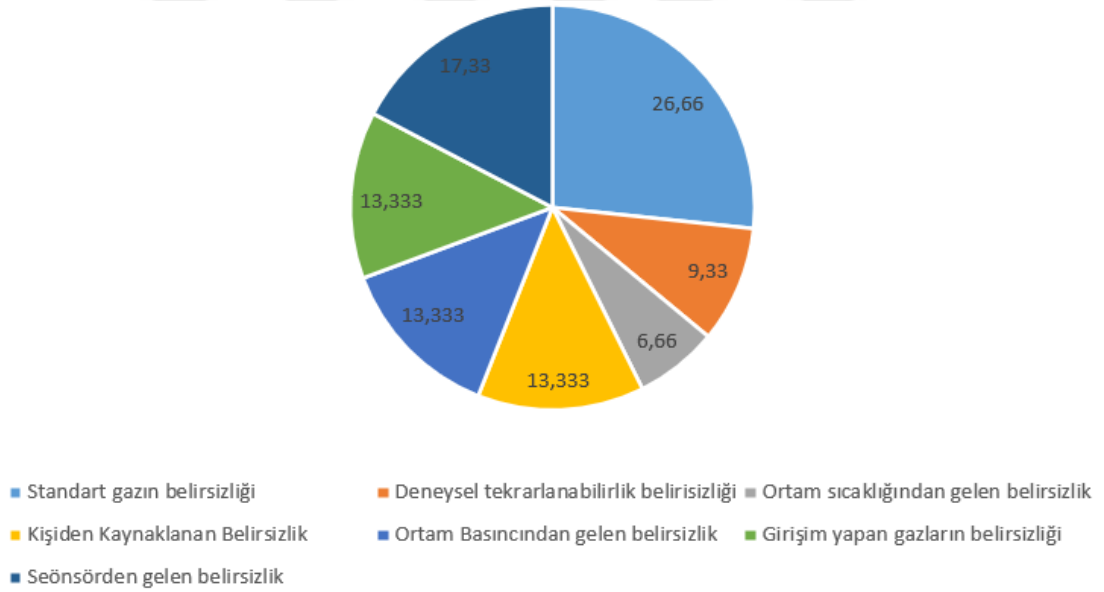
Kişiden kaynaklanan belirsizlikler incelendiğinde Sürekli Emisyon Ölçüm Sisteminin tamamını oluşturan cihazların KGS1 aşamalarına uygun olarak kurulduğu tespit edilmiştir. Sistemin geri kalanı tamamen cihaz ve mekanik ekipman olduğundan kişi kaynaklı bir belirsizlikler, bakım aşamasında bakım personelinin cihazların numune toplama hatlarında ve analiz bölümlerinde yaptığı bakım sırasındaki hatalı uygulamalar sonucunda meydana gelebilecektir. Bu nedenle kişiden kaynaklanan belirsizliklerin % 1 seviyelerinde olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 5.1'de karbonmonoksit gazı belirsizlikleri yüzdelik dağılım grafiği verilmiştir. Karbonmonoksit gazı için en fazla sensörden kaynaklanan belirsizlik öne çıkmıştır.



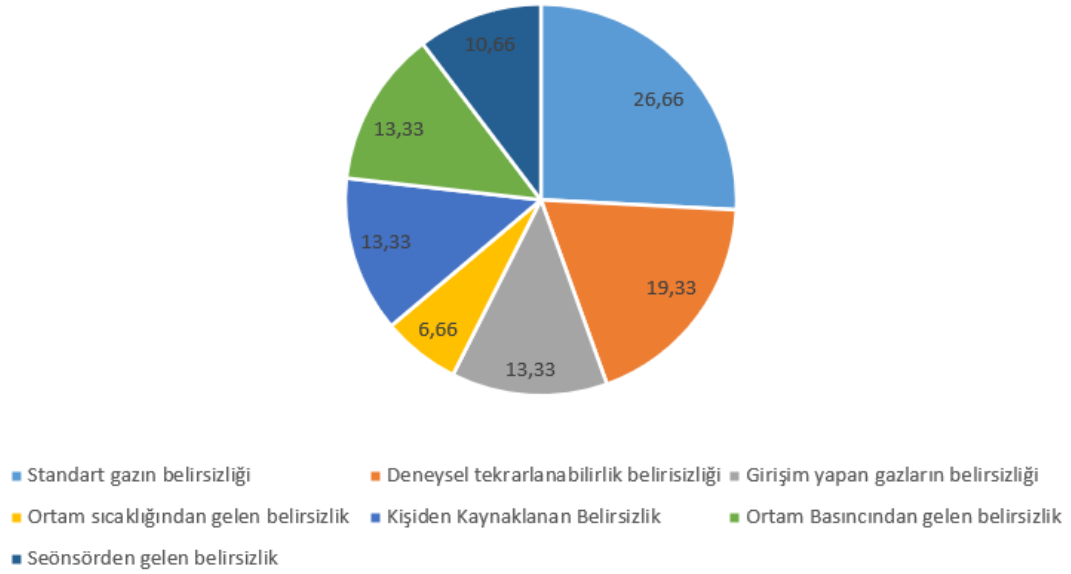
Şekil 5.1. Karbonmonoksit gazı belirsizlik cinslerine göre yüzdeleri dağılım grafiği

Şekil 5.2’de Karbondioksit gazı belirsizlikleri yüzdeleri dağılım grafiği verilmiştir. Karbondioksit gazı için en fazla standart gazdan kaynaklanan belirsizlik öne çıkmıştır.



Şekil 5.2. Karbondioksit gazı belirsizlik cinslerine göre yüzdeleri dağılım grafiği

Şekil 5.3’de Oksijen gazı belirsizlikleri yüzdeleri dağılım grafiği verilmiştir. Oksijen gazı için en fazla standart gazdan kaynaklanan belirsizlik öne çıkmıştır.



Şekil 5.3. Oksijen gazı belirsizlik cinslerine göre yüzdelik dağılım grafiği

Fakat şu hususlara dikkat edilmesi önerilir;

SEÖS'lerde numune gaz iletim sistemlerinde meydana gelecek herhangi bir kaçak, sistemde öngörülemeyen belirsizliklere neden olabilecektir. Bu nedenle SEÖS işletiminde KGS-3 aşaması oldukça dikkatli bir şekilde uygulanmalıdır.

Numune taşıma hattı olan ısıtmalı hatta meydana gelebilece herhangi bir yoğunlaşmanın fark edilememesi hattın geçen gazın sıcaklığının değişmesine ve sisteme nem gitmesine neden olabilecektir. Bu durumda ısıtmalı gaz taşıma numune hattının çok uzun seçilmeli ve maksimum 0,5 metre aralıklarla hatta termometre ile sıcaklık ölçümü günlük olarak yapılmalıdır. Aksi takdirde sıcaklık farkından dolayı yoğunlaşmalar meydana gelebilecek ve belirsizlikler oluşabilecektir.

Gaz analizörü iki saatte bir atmosfer gazı ile otomatik olarak kalibrasyon yapmaktadır. Dış ortamdan hortum ile analizör içine dış atmosfer havası çekilerek kalibrasyon yapılmaktadır. Eğer hortum kapalı bir alan içerisindeyse ve kapalı alanda atmosfer havası karışım oranları korunamıyorsa kalibrasyon yanlış yapılacaktır ve belirsizlik oluşacaktır. Bu durumdaki belirsizliklerin oluşmaması için analizöre bağlı olan otomatik kalibrasyon hortumunun atmosferden direkt çektiğinden emin olunmalı ve hatta tıkanıklık olmadığı garanti altına alınmalıdır.

Sürekli Emsiyon Ölçüm Cihazları verileri Mili Amper (MA) seviyelerinde küçük elektrik voltajları ile analizöre veri ilettiğinden (0-10 Metre) yakın çevredeki elektromagnetik dalga yayıcı kaynakların faaliyetlerinden etkilebilmektedir.

Elektromagnetik etki sonucu elektrik voltajı ile iletilen her türlü veri gerçek değerlerden uzaklaşabilmektedir. Sonuç olarak ölçüm verilerinde yüksek oranda belirsizlikler oluşacaktır. Bu nedenle Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemlerinin kurulu bulunduğu alanın etrafında yüksek düzeyde elektromagnetik dalga yayıyıcı kaynak bulunmamalıdır.



KAYNAKÇA

- Avrupa Çevre Ajansı (EEA), (2020). Avrupa’da Sıfır Kirliliğe Doğru Erişim:01.15.2021, <https://www.eea.europa.eu/tr/publications/aca-isaretler-2020avrupa2019da-sifir>.
- Alberta Environmental Protection Environmental Service (1998). Continuous Emission Monitoring System (CEM) Code Pub. No: Ref. 107, ISBN: 0-7732-5038-7, (Page 32). Retrieved July 12, 2021; from <https://open.alberta.ca/dataset/21a8abb5-0d6b-4dd3-91de0c610585192d/resource/4eee3d5882264b9887816d2e442119cf/download/23698431998continuousemissionmonitoringsystem.pdf>.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), (2019). Hava Kirliliği Kaynakları ve Hava Kirliliğinin Boyutları, Erişim: 18.06.2021, <https://kiathm.csb.gov.tr/sayfa=14>.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), (2008). Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği,Erişim:01.02.2021,<https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=12188&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), (2014), Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrol Yönetmeliği,Erişim:10.06.2021,<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/12/20141220-2.htm>.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB), (2011), Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemleri Tebliği Erişim:02.03.2021, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/10/20111012-6-1.pdf>.
- EC, Cleaner air fol all, [Accessed:April,2021] http://ec.europa.eu/environment/air/cleaner_air.
- European Environment Agency Glossary, (EEA Glossary) (2019). Air Pollution, Accessed: 13th July 2021 <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary/air-pollution>.
- European Standarts 14181 (EN), (2014), 14181:2014-Stationary source emissions. Quality assurance of automated measuring system.
- European Standarts 15267-1 (EN), (2009), 15267-1:2009-Air quality-Certification of automated measuring systems-Part1: İntikal assessment of the AMS manufacturer’s quality management system and certification surveillane for the manufacturing process.
- European Standarts 15267-2 (EN), (2009), 15297-2:2009-Air quality-Certification of automated measuring systems-Part2: İntial assessment of the AMS manufacturer’s quality management system and certification surveillane for the manufacturing process.
- European Standarts 15267-3 (EN) (2008), 15267-3 Air quality-Certification of automated measuring systems-Part3: Performance criteria and test procedures for automated measuring systems for monitoring emissions from stationary sources.
- European Standarts İSO 14956 (EN) (2002), Air quality-Evaluation of the suitability of a measurement prosedüre by comparison with a required measurement uncertainty.
- Enviroment Agency (June 2015), Quality assurance of continuous emission monitoring systems, (Page 26-67)
- European Commission Directore-General Climate Action, Directore C-Climate Strategy, Govenmance and Emissions from non-trading sectors Unit C.2-Governance and Effort Sharing (27 November 2017), “The Monitoring and Reporting Regulation – Continuous Emissions Monitoring Systems (CEMS)”, MRR Guidance document No. 7, (Page 17-32)
- Government Of Western Australia Department of Enviroment Regulation (March 2016), Continuous Emission Monitoring System (CEM) Code, for Stationary Source Air Emissions,168 St. Georges Terrace, Perth, Western Astralar, (Page 44-45).

- Jon G. Ayres, Roy M. Harrison, Robert L. Maynard, Roger O. Mc Clellan and Gordon L. Nichols (2010), Environmental Medicine, Accessed: 10th May 2021 https://books.google.com.tr/books?id=EknOBQAAQBAJ&pg=PA73&lpg=PA73&dq=are+specified+by+indicator+concentration,+averaging+time,+and+statistical+from.+The+latter+used+to+determine+compliance+and+is+too+complex+for+coverage+here.+However,+suffice+it+to+note+that+both+the+specific+numerical+level+and+the+statistical+from+determine+the+stringency+of+the+standard.&source=bl&ots=gAjEWBCD3Q&sig=ACfU3U1pRdxxGJmUAUeShV_LIQ2yQi2q1A&hl=tr&sa=X&ved=2ahUKEwjBgPeqr9b0AhUNsKQKHSryAxsQ6AF6BAgCEAM#v=onepage&q&f=false , (Page of 73,74)
- Jean Poulleau, Cécile Raventos, Philippe Fayolle, Emmanuel Fiani (04 April 2014); Robustness of the QAL2 calibration (EN 14181) uncertainty on the results given by a calibrated AMS, Accessed: May, 2021, (Page 1-8) <https://hal-ineris.archives-ouvertes.fr/ineris-00973351>.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü, İllere Ait Mevsim Normalleri Tablosu ,1959-2020 ortalamaları, Erişim: 07.07.2021, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceleristatistik.aspx?m=ORDU>,
- Tosun, E. (2017), Türkiye'nin 2009-2016 Yılları Arasındaki Hava Kalitesi Verilerinin Değerlendirilmesi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, (s.35-36), Ankara.
- Türk Akreditasyon Kurumu (TÜRKAK) (2019), Metodun Geçerli Kılınması ve Doğrulanması için Bilgilendirme Kılavuzu'. (Erişim: 11.06.2021), (Sayfa 26-27), https://secure.turkak.org.tr/TURKAKSITE/docs/bilgilendirme_kilavuzlari/METODUN_GE%C3%87ERL%C4%B0_KILINMASI_VE_DOGRULANMASI_ICIN_BILGILENDIRME_KILAVUZU_20052019_1625.pdf
- United States Environmental Protection Agency (EPA) (2015), Accessed: 10th May 2021, <https://www.epa.gov/amtic/air-monitoring-methods-criteria-pollutants>.

ÖZ GEÇMİŞ

Bedrihan GÜLEÇ, Merzifon Lisesi'ni bitirdikten sonra Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nden 2012 yılında mezun oldu. 2018 yılında OMÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Çevre Mühendisliği Yüksek Lisans programını girdi. Mezuniyetinden bu yana Yönetim Sistemleri Yöneticisi olarak görev yapan Bedrihan GÜLEÇ, orta derecede İngilizce bilmektedir. Temel ilgi alanları, müzik ve mühendislik ekonomisidir.

İletişim Bilgileri

Öğrenci no :20250169

ORCID ID : 0000-0003-0353-1993

Yayınlar:

1. GÜLEÇ B, (2021, Nisan). " Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemlerinde (SEÖS) Ölçüm Belirsizliklerinin Hesaplanması", 1. Uluslararası Sağlık ve İklim Değişikliği Kongresi.