

**T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAVADAKİ AZOT OKSİTLERİN BARBİTÜRİK ASİT
METODU İLE ANALİZİNİN ARAŞTIRILMASI**

Burcu BAHADIR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA ANABİLİM DALI
ANALİTİK KİMYA PROGRAMI**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Adnan AYDIN**

İSTANBUL 2010

**T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAVADAKİ AZOT OKSİTLERİN BARBİTÜRİK ASİT
METODU İLE ANALİZİNİN ARAŞTIRILMASI**

Burcu BAHADIR
(141520420089002)

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA ANABİLİM DALI
ANALİTİK KİMYA PROGRAMI**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Adnan AYDIN**

İSTANBUL 2010

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince bilgi birikimi ve deneyimiyle en büyük desteğim olan ve kendisinden bu çalışmam boyunca çok fazla şey öğrendiğim sayın hocam Prof.Dr. Adnan AYDIN'a

Çalışmalarımı huzurlu bir laboratuvar ortamında sürdürmeme katkısı olan Artek Mühendislik Çevre Ölçüm ve Danışmanlık Hizm. Ltd. Şti. genel müdürü sayın Ufuk MALAK'a,

Çalışmamın tüm laboratuvar ve araştırma aşamalarında bana her türlü desteği ve yardımı esirgemeyen sevgili arkadaşlarım Burcu KARGI'ya, Özlem DEMİRBAŞ'a ve Pınar SAĞLIK'a

Çalışmam boyunca benden maddi ve manevi hiç bir desteklerini esirgemeyen ve her zaman yanımda olduklarını bildiğim annem Ayşe BAHADIR'a, babam Kemal BAHADIR'a ve eşim Behnan TARAKÇI'ya sonsuz teşekkürler ve son olarak bu çalışmamı kızım Mine Berra TARAKÇI'ya ithaf ediyorum.

Haziran 2010

Burcu BAHADIR

İÇİNDEKİLER

	SAYFA
ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ	viii
BÖLÜM I.GİRİŞ VE AMAÇ	1
BÖLÜM II. GENEL BİLGİLER	2
II.1. HAVA KİRLİLİĞİNE GENEL BAKIŞ	2
II.1.1. Hava Kirletici Kaynakları	5
II.1.1.1. Isınma Kaynaklı Kirleticiler.....	5
II.1.1.2. Motorlu Taşıtlı Kaynaklı Kirleticiler.....	7
II.1.1.3. Sanayi Kaynaklı Kirleticiler.....	8
II.1.2. Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığına Zararları	8
II.1.2.1. Kükürt Dioksitinin Sağlık Üzerine Etkileri.....	10
II.1.2.2. Partikül Maddelerin Sağlık Üzerine Etkileri.....	11
II.1.2.3. Karbon Monoksitinin Sağlık Üzerine Etkileri.	12
II.1.2.4. Azot Oksitlerinin Sağlık Üzerine Etkileri.	14
II.1.3. Hava Kirliliğine Karşı Alınabilecek Önlemler	17
II.2. AZOT OKSİTLER	18
II.2.1. Azot Oksitlerinin Çeşitli Ortamlarda Tayini İçin Yapılan Bazı Çalışmalar	23
II.2.1.1. Deniz Suyu Ve Doğal Sularda Nitrit Ve Nitratın Spektrofotometrik Tayini.....	23
II.2.1.2. Suda Nitritin Spektrofotometrik Tayini.....	24
II.2.1.3. Atmosferde Azot Dioksit Ve Yağmur Suyu İle İnsan Tükürüğünde Nitritin Spektrofotometrik Tayini.....	24

II.2.1.4. 3-Nitroanilin Kullanımı İle Kirilenmiş Sularda Nitritin Spektrofotometrik Tayini.....	25
II.2.1.5. Gıda Ve Suda Nitritin Spektrofotometrik Tayini.....	25
II.2.1.6. Havadaki Azot Oksitlerin Ölçümü.....	25
II.2.1.7. Kemiluminesans Metot İle NO _x Tayini.....	25
II.2.1.8. Ekstraksiyon- 4-Nitroanilin ve Naft-1-ol Kullanarak Nitritin Mikrogram Seviyesinin Spektrofotometrik Tayini.....	26
BÖLÜM III. TEZ ÇALIŞMASI	27
II.1. GENEL BİLGİLER	27
III.1.1. Çalışma Hakkında	27
III.2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	28
III.2.1. Kullanılan Reaktifler.....	28
III.2.2. Kullanılan Materyaller.....	28
III.2.3. Nitrit İçin Analitik Eğri Eldesi.....	28
III.2.4. Ödenemeler.....	31
III.2.4.1. Azot Dioksit Absorpsiyon Düzenegi	31
III.2.4.2. Ödenemelerin Yapılışı.....	32
III.2.4.3. Uygun Gaz Tutma pH'ının Bulunması İçin Diğer Denemeler	34
III.2.5. Gaz Tüpü/Akışölçer ve Absorpsiyon Düzeni Kullanarak Azot Dioksit Tutulması.....	39
III.2.5.1. Kullanılan Reaktifler	39
III.2.5.2. Kullanılan Cihazlar.....	40
III.2.5.3. Kalibrasyon Çalışmaları	40
III.2.5.4. Sonucun İrdelenmesi.....	41
III.2.3. Cıvalı Gazometre Yapımı, Azot Dioksit Absorpsiyonu Ve Nitrit Tayini.....	41
III.2.3.1. Kullanılan Reaktifler	41
III.2.3.2. Kullanılan Cihaz ve Malzemeler	41
III.2.3.3. Nitrit İçin Analitik Eğri Eldesi	42
III.2.3.4. Hesaplamalar.....	47
BÖLÜM IV. SONUÇLAR.....	50
IV.1. TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRME.....	50

KAYNAKLAR..... 52

ÖZGEÇMİŞ

ÖZET

HAVADAKİ AZOT OKSİTLERİN BARBİTÜRİK ASİT METODU İLE ANALİZİNİN ARAŞTIRILMASI

Bu çalışma, havadaki azot oksitlerin barbitürük asit metodu ile analizinin araştırılmasını kapsar. Havadaki azot oksitlerin (NO_x) büyük bölümünün azot monoksit (NO) ve azot dioksitten (NO_2) oluştuğu kabul edilmiş ve havadaki nitrit miktarı hesaplanmıştır. Havadaki azot oksit miktarının tespit edilmesi için, öncelikle havadaki nitrit miktarı bu metotla analiz edilmiş ve azot oksitlerin miktarının hesaplanması amaçlanmıştır.

Yıkama şişesinde bulunan barbitürük asit çözeltisi içine hava numunesi çekilmiş ve nitritin spektrofotometrik olarak analizi yapılmıştır. Analiz esnasında birçok pH değerinde denemeler yapılmış, absorbans ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen absorbans değerlerinden nitritin miktarı hesaplanmıştır. Böylece bu metot için uygun pH değeri saptanmıştır. Kalibrasyon kontrol çalışmaları yapılmış ve sonuç olarak bulunan nitrit miktarından havadaki toplam azot oksitlerin miktarı hesap yoluyla bulunmuştur.

Haziran, 2010

Burcu BAHADIR

ABSTRACT

THE RESEARCH OF DETERMINATION OF NITROGEN OXIDES IN AIR WITH BARBITURIC ACID METHOD

This study aims to determine the nitrogen oxides in air which were analyzed with barbituric acid method. Generally we have accepted that most of the nitrogen oxides in air form nitrogen monoxide (NO) and nitrogen dioxide (NO₂) and the amount of nitrite in air has been calculated. To determine nitrogen oxides in air, first of all nitrite amount has been analyzed in air with this method and then calculation of the total nitrogen oxides in air has been planned.

The air sample has been aspirated to the barbituric acid solution in impinger and analyzed nitrite by spectrophotometric. During the analysis lots of tests have been done for the suitable pH value and realized absorbance measurements. Nitrite amount has been calculated from the obtained absorbance values. Consequently, suitable pH value has been calculated for this method. Calibration control studies have been done and in conclusion amount of total nitrogen oxides in air have been determined from the analyzed nitrite amount by calculation.

June, 2010

Burcu BAHADIR

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>SAYFA NO</u>
Şekil II.1. PM boyutunun insan saçı ve plaj kumu karşılaştırılması	12
Şekil II.2. Fabrikalardan atmosfere yayılan kirlilik	19
Şekil II.3. Havaya ulaşan azot oksitler	20
Şekil III.1. Kalibrasyon standart çözeltileri	29
Şekil III.2. UV spektrofotometre	30
Şekil III.3. Nitrit analizi için analitik doğru	31
Şekil III.4. Oluşturulan düzenek	33
Şekil III.5. Yüksek konsantrasyonlu nitrit analizi için analitik doğru	43
Şekil III.6. Gazometre ve örnek alma düzeneği	44
Şekil III.7. Ortamdaki barometre	45
Şekil III.8. NO ₂ gazı tüpü	45
Şekil III.9. Cıva dolu kolonlar	46
Şekil III.10. Nem tutucu	46
Şekil IV.1. Barbitür asidi içermeyen değişik pH'lardaki çözeltilerde azot dioksidin nitrit halinde tutulma verimleri	51

TABLO LİSTESİ

	<u>SAYFA NO</u>
Tablo II.1. Uzun ve kısa vadeli sınır değerler.....	4
Tablo II.2. Kükürt dioksit ve havada asılı partiküler maddelere yönelik sınır değerleri.....	5
Tablo II.3. Kükürt dioksit ve havada asılı partiküler maddelere yönelik kış sezonu ortalama sınır değerleri ve hedef sınır değerleri.....	5
Tablo II.4. Kömür yanması sonucu oluşabilecek SO ₂ için emisyon faktörleri....	6
Tablo II.5. Kömür yanması sonucu oluşabilecek partiküler madde için emisyon faktörleri.....	7
Tablo II.6. Kömür yanması sonucu oluşabilecek uçucu maddeler (UOM) için emisyon faktörleri	7
Tablo II.7. Kükürt dioksitin insan sağlığı üzerine etkisi.....	10
Tablo II.8. Kükürt dioksit ile ilgili sınır değerler.....	11
Tablo II.9. Karbon monoksitin sağlık üzerine etkisi.....	13
Tablo II.10. Karbon monoksit için sınır değerler	13
Tablo II.11. Kısa süreli NO ₂ konsantrasyonunun insanlara etkisi	14
Tablo II.12. Çeşitli ülkelerde uygulanan azot oksitler için sınır değerler.....	16
Tablo II.13. Azot dioksitin insan sağlığı üzerine etkisi.....	16
Tablo III.1. Konsantrasyon-absorbans değerleri.....	30
Tablo III.2. Yapılan çalışmalar.....	39
Tablo III.3. Konsantrasyon-absorbans değerleri	42
Tablo III.4. Yapılan çalışmalar.....	48

BÖLÜM I

GİRİŞ VE AMAÇ

Hava kirliliği; canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyen ve/veya maddi zararlar meydana getiren havadaki yabancı maddelerin, normalin üzerindeki miktar ve yoğunluğa ulaşmasıdır.

Bir başka deyişle hava kirliliği; havada katı, sıvı ve gaz şeklindeki yabancı maddelerin insan sağlığına, canlı hayatına ve ekolojik dengeye zarar verecek miktar, yoğunluk ve sürede atmosferde bulunmasıdır. İnsanların çeşitli faaliyetleri sonucu meydana gelen üretim ve tüketim aktiviteleri sırasında ortaya çıkan atıklarla hava tabakası kirlenerek, yeryüzündeki canlı hayatı olumsuz etkilemektedir. Hava kirliliğine neden olan gazların başında azot oksitler gelir. Azot oksitler genellikle NO ve NO₂ şeklinde havada bulunurlar. Bu çalışmanın amacı, havadaki azot oksitlerin miktarını barbitürik asit reaktifi kullanarak spektrofotometrik yolla tayin etmektir. Barbitürik asit ile nitrit miktarı tayin edilir ve daha sonra hesap yoluyla azot oksitlerin miktarı tespit edilir. Çalışma sürecinde önce laboratuvar ortamında barbitürik asit kullanarak nitrit tayini için bir dizi denemeler yer alır. Bu denemeler, analiz için uygun pH, reaksiyon süresi, uygun reaktif miktarının tespitini ve kalibrasyon çalışmalarını kapsar. Ayrıca daha önce uygulanan metotların dedeksiyon limitlerinin daha hassas hale getirilmesi yönünde çalışmalar sürdürülmüştür.

BÖLÜM II

GENEL BİLGİLER

II.1. HAVA KİRLİLİĞİNE GENEL BAKIŞ

Hava, yeryüzünü çevreleyen ve atmosferi oluşturan gazların bir karışımıdır. Saf hava, hacimce %21 oksijen, %78 azot, eser miktarda karbon dioksit ve su buharı içerir. Soluduğumuz hava saf değildir. Hava, doğal kaynaklar veya insan aktiviteleri ile atmosferde bırakılan kimyasal ve biyolojik binlerce maddelerle kirlenir.

Günümüzde hava kirliliği giderek daha da endüstrileşen ülkelerde büyük şehirler başta olmak üzere ciddi bir sorun haline gelmiştir. Tanım olarak hava kirliliği çeşitli kaynaklarca üretilen ve insan sağlığı üzerine olumsuz etkilere sahip bazı maddelerin solunan havada kabul edilebilir sınır konsantrasyonların üzerinde var olması şeklinde özetlenebilir. Havada partikül yada aerosol şeklinde bulunabilen bu kirleticilerin anatomik ve fiziksel özellikleri yanında bireyin maddeye maruz kaldığı süreç de önem taşır. Bu kirleticiler atmosferde başka kirleticiler üretmek üzere reaksiyona girebilir. Bunlar, partikül madde (PM), ozon, kükürt dioksit, karbon monoksit, azot oksitler, uçucu organik bileşikler, sülfür, sülfat ve nitrattır.

Sanayinin, trafiğin ve insanların yoğun olduğu bölgelerde zararlı maddeler, izin verilen sınırların çok üstüne çıkmaktadır. Los Angeles ve çevresindeki yerlerin bir bölümü 365 günün %90'ında duman ve sis karışımı bir kirli havayla kaplı haldedir. Kimyasal bileşimi ve ısıyı böyle düşen bir iklimin doğurduğu sonuçlar da bilinmektedir. Hava kirliliği olmayan yerlerle karşılaştırıldığında, hava kirliliği olan bir yerde iki kat daha fazla insan kronik bronşitten şikayet etmektedir. Hava kirliliğinin sonucu olan azot oksitler özellikle bitki örtüsüne zarar verir (asit yağmuru). Hava kirliliğinin ormanlara da oldukça zararı vardır. 1989'a değin Almanya'daki ormanların %50'sinin hasta olduğu belirlenmiştir. İsveç'te ise asit yağmuru nedeniyle 18000 göl zarar görmüştür, 4000 göl ise artık ölü sayılmaktadır.

Güney Kutbu üzerindeki ozon katmanı 1970'lerin ortasından bu yana her yıl biraz daha inceliyor. Bu katmanın başka yerlerde de incelendiği, örneğin 1969-86 arasında Almanya üzerindeki bölümünün %3 oranında azaldığı belirlenmiştir. Ozon

katmanındaki bu azalmaya klor, flor ve karbon gazları yol açmaktadır. Yeni Zelanda'da ozon katmanının %7'sinin ortadan kalkması sonucu mor ötesi ışınlarda %14 oranında bir artış olacağı, bunun da deri kanseri hastalıklarını %28 oranında arttıracığı hesaplanmıştır. Mor ötesi ışınların artması ayrıca biyolojik etkinlikte de azalmaya, dolayısıyla yiyecek maddesi üretiminde önemli düşüöşlere yol açmaktadır.

Ölkemizde 1930 yılında kabul edilen 1593 sayılı Umumi Hıfzısıhha Kanunu'nun 268-275. maddelerinde bahsedilen Gayrı Sıhhi Müesseseler ile ilgili hükümlerle ilk kez çevre sağlığı konusunda yaklaşım gösterilmiştir. 1957 yılında gündeme gelen Ankara hava kirliliği konusu değişik hükümet programlarında söz konusu edilmiştir. Ölkemizde hava kirliliği çalışmaları ilk olarak 1961 yılında Sağlık Bakanlığı bünyesinde, Ankara'da iki adet yarı otomatik kükürt dioksit ve duman ölçer cihazla başlatılmıştır. 9 Ağustos 1983 tarihinde 2873 sayılı Çevre Kanunu yürürlüğe girmiştir. Bu kanun; çevrenin korunması, iyileştirilmesi, kırsal ve alanlarda arazinin ve doğal kaynakların en uygun şekilde kullanılması, doğal ve tarihsel zenginliklerin korunarak bugünkü ve gelecek kuşakların sağlık, uygarlık düzeylerini korumak amacıyla alınacak önlemler ve düzenlemeleri kapsamaktadır. Hava Kalitesi'nin Korunması Yönetmeliği; 2 Kasım 1986 tarih ve 19269 sayılı resmi gazetede yayınlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu yönetmelik "Her türlü faaliyet sonucu atmosfere yayılan is, duman, toz, gaz, buhar ve aerosol halindeki emisyonları kontrol altına almak, insanı ve çevresini hava alıcı ortamdaki kirlenmeden doğacak tehlikelerden korumak, hava kirlenmeleri sebebi ile çevrede ortaya çıkan umum ve komşuluk münasebetlerine önemli zararlar veren olumsuz etkileri gidermek ve bu etkilerin ortaya çıkmamasını sağlamak amacıyla ve çevre kanunu hükümleri gereğince çıkarılmıştır.

Bu yönetmelik; amaç, istisnalar, tanım, hava kalitesi sınır değerleri, hedef sınır değerleri, özel koruma alanlarında bazı hava kirleticileri için özel sınır değerler, kirleticilerin ölçüm ve tespiti ile ilgili esaslar, izne tabi tesisler için emisyon sınırları gibi hava kirliliği ile ilgili bilgileri kapsamaktadır. Uluslararası kuruluşlar ve ölkelerce yapılan araştırmalar sonucunda hava kirliliğini oluşturan kirleticilerin insan sağlığını olumsuz yönde etkilemeyecek "Güvenilirlik Sınır Değerleri" tespit çalışmaları yapılmış ve elde edilen bu değerlere "Standart Limit Değerler" adı verilmiştir. Aynı paralelde hava kalitesinin korunması yönetmeliğinde de çeşitli kaynaklardan ortama verilebilecek kirleticilere yönelik sınır değerler belirtilmektedir. Tablo II.1, 2 ve 3'te sırası ile Kısa ve Uzun vadeli Sınır Değerler, Kükürt Dioksit ve

Havada Asılı Partiküler Maddelere yönelik Kış Sezonu Ortalama Sınır Değerleri ve Hedef Sınır Değerleri belirtilmektedir. Uzun vadeli sınır değer; yıl boyunca yapılan ölçümler sonucunda elde edilen değerlerin ortalaması olan ve aşılmaması gereken değerdir. Kısa vadeli sınır değer ise; günlük ölçümler sonucu elde edilen değerlerin ortalaması olup, aşılmaması gereken sınır değerlerdir.

Tablo.II.1. Uzun Ve Kısa Vadeli Sınır Değerler

	Birim	Uzun Vadeli Sınır Değerler	Kısa Vadeli Sınır Değerler
1.Kükürt dioksit (SO ₂), (SO ₃ dahil)			
a- Genel	µg/m ³	150	400(900)
b- Endüstri bölgeleri	µg/m ³	250	
2.Karbon Monoksit(CO)	µg/m ³	10000	30000
3.Azot Dioksit (NO ₂)	µg/m ³	100	300
4.Azot Monoksit (NO)	µg/m ³	200	600
5.Klor (Cl ₂)	µg/m ³	100	300
6.Hidrojen Klorür (HCl) ve anorganik klorürler (Cl)	µg/m ³	100	300
7.Hidrojen Florür (HF) ve anorganik florürler (F)	µg/m ³	-	10(30)
8.Ozon (O ₃) Fotokimyasal Oksitleyiciler	µg/m ³	-	(240)
9.Hidrokarbonlar (HC)	µg/m ³	-	140(280)
10.Hidrojen Sülfür (H ₂ S)	µg/m ³	-	40(100)
11.Asılı Partiküler Madde (PM) (< 10 µm)			
a- Genel	µg/m ³	150	300
b- Endüstri bölgeleri	µg/m ³	200	400
12.PM içinde Pb bileşikleri	µg/m ³	2	-
13.PM içinde Cd bileşikleri	µg/m ³	0,04	-
14.Çöken Tozlar (10 mikrondan büyük partiküller dahil)			
a- Genel	mg/m ² gün	350	650
b- Endüstri bölgeleri	mg/m ² gün	450	800
15.Çöken Tozlarda Pb bileşikleri	mg/m ² gün	500	-
16.Çöken Tozlarda Cd bileşikleri	mg/m ² gün	7,5	-
17.Çöken Tozlarda Tl bileşikleri	mg/m ² gün	10	-

NOT: Parantez içindeki rakamlar referans maksimum saatlik sınır değerlerdir.

Hava kirliliğinin boyutlarının tespiti ve kontrol tekniklerinin sonuçlarının izlenebilirliği sürekli ölçümlerle sağlanabilir. Ölçüm sonuçlarını yorumlayabilmek için hava kirliliğini oluşturan kirleticilerin özelliklerinin oluşumlarının, sağlık etkilerinin bilinmesinde yarar vardır.

Tablo.II.2. Kükürt Dioksit ve Havada Asılı Partiküler Maddelere yönelik Sınır Değerleri

	SINIR DEĞERLERİ
Kükürt Dioksit	250 µg/m ³
Asılı Partikül Madde	250 µg/m ³

Tablo.II.3. Kükürt Dioksit ve Havada Asılı Partiküler Maddelere yönelik Kış Sezonu Ortalama Sınır Değerleri ve Hedef Sınır Değerleri

	SO ₂ (µg/m ³)	PM (µg/m ³)
Yıllık Aritmetik Ortalama	60	60
Kış Sezonu (Ekim-Mart) Ortalaması	120	120
Maksimum 24 Saatlik Değer	150	150
1 Saatlik Değer	450	-

II. 1. 1. Hava Kirletici Kaynakları

Şehir içi bölgelerde hava kirletici kaynaklarını aşağıdaki şekilde sınıflandırmak mümkündür;

- Isınma ve sanayide kullanılan yakıtlar,
- Sanayi tesisleri,
- Ulaşımındaki motorlu taşıtlar,
- Diğerleri (çöp depolama alanları, kanalizasyon, arıtma tesisleri v.b.)

II. 1. 1. 1. Isınma Kaynaklı Kirleticiler

Isınmada kullanılan yakıtın ve yakma sistemini türüne bağlı olarak değişmektedir. Kükürt oksit bileşikleri katı, sıvı ve gaz yakıtta bulunan kükürt bileşiklerinin yanması sonucu meydana gelir. Ülkemizde çıkarılmakta olan kömürlerde kükürt içeriği genellikle %1'in üzerindedir. Kömürdeki kükürt, yanma esnasında önemli oranda (yaklaşık %90-99) kükürt dioksite (SO₂ gazı) ve az bir oranda da (yaklaşık %1-10) kükürt trioksite (SO₃ gazı) dönüşmektedir. Oluşan SO₃ gazı yüzdesi çok düşük olduğu için toplam kükürt oksitler, genelde kükürt dioksit olarak ifade edilmektedir. Bacadan atılan kükürt oksit miktarı yakıt içinde bulunan kükürt miktarına bağlı olarak değişmektedir. Kükürt dioksit doğal olarak havada 5 µm/m³ konsantrasyonundan daha düşük miktarlarda bulunabilir.

Yanma esnasında oluşan kükürt oksitler, ülkemizde özellikle büyük şehirlerde, son yıllara kadar yaşanmış olan genel hava kirliliği probleminin de temelini oluşturmaktaydı. Fakat son yıllarda yapılan düzenlemelerle, özellikle ülkemizde çıkarılmakta olan kömürlerin çeşitli proseslerle iyileştirilmesi sonucu, kükürt içeriği

%1.5 veya daha aşağı seviyelere çekilmiştir. Çoğu ithal kömürlerdeki kükürt içeriği ise zaten %0.9'un altında bulunmakta veya kükürt içeriği %0.9'un altında olan kömürlerin ithaline izin verilmektedir.

Kömürün yanması sonucu oluşabilecek kükürt oksit miktarı, emisyon faktörleri ile hesaplanabilir. Tablo II.4'te ifade edilen emisyon faktörleri incelendiğinde, birim miktar kömürün yanması sonucu oluşabilecek kükürt dioksit kirlenici gazı emisyonunun, doğrudan kömür içindeki kükürt miktarına bağlı olduğu görülmektedir. Bu açıdan ısınma veya enerji üretimi amacıyla kullanılacak kömürlerde kükürt içeriği bakımından yüzdesel bir sınırlama getirmek zorunlu olmaktadır. Isınmada kullanılan sıvı yakıtlar içindeki kükürt için de benzer sınırlamalar getirmek gereklidir.

Tablo .II.4. Kömür yanması sonucu oluşabilecek SO₂ için emisyon faktörleri

Sektör (Yanma prosesi)	Emisyon Faktörleri (kg SO ₂ / ton yakılan kömür)	
	Taş kömürü	Linyit kömürü
Evsel/Endüstriyel/Enerji santralleri	19.5×S	15×S

S: Kömürdeki kükürt yüzdesi

Isınmada kullanılan katı yakıt içinde bulunan külün bir kısmı partikül madde (PM) olarak yanma gazları ile atmosfere atılmaktadır. Bacadan atılan uçucu kül miktarı, yakma işlemine (soba, kazan v.b.) bağlı olarak değişmektedir.

Tablo II.5.'teki PM emisyon faktörleri incelendiğinde; birim miktar kömürün yanması sonucu oluşacak PM emisyonu ısınma maksatlı evsel kullanımda kömürün kül yüzdesinden bağımsız olmasına karşın; endüstriyel ve enerji santrallerindeki kullanımlarda kömürdeki kül yüzdesi ile doğrudan orantılı artış göstermektedir.

Yanma işlemi esnasında, yanma odası (soba veya kalorifer kazanı) sıcaklığı 350 °C'ye ulaştığında kömürdeki uçucu organik maddeler serbest kalmaya başlar ve bir kısmı yanma reaksiyonlarına girip karbon dioksit ve su buharına dönüşerek; bir kısmı da yanmadan gaz fazına (baca gazına) geçer. Kurum, katran gibi yüksek molekül ağırlıklı uçucu organik maddeler tam yanmadan atmosfere atılmaları daha muhtemeldir. Dolayısıyla, kirlenici emisyonları açısından bakıldığında, basit olarak uçucu organik madde yüzdesi değil, fakat organik madde türleri (düşük veya yüksek molekül ağırlıklı olmalarına göre) önem kazanmaktadır.

Tablo.II.5. Kömür yanması sonucu oluşabilecek partiküller madde için emisyon faktörleri

Sektör (Yanma prosesi)	Emisyon Faktörleri (kg PM/ ton yakılan kömür)	
	Taş kömürü	Linyit kömürü
Evsel/Endüstriyel/Enerji santralleri	7.5	7.5
	5×A	3.1×A
	5×A	3.1×A

A: Kömürdeki kül yüzdesi

Tablo.II.6.'daki uçucu organik madde emisyon faktörleri incelendiğinde, kömürdeki uçucu organik madde yüzdesinden bağımsız olarak, evsel ısınma maksatlı kömür kullanımı esnasında; her 1 ton kömür yakılması sonucu, 10 kg gibi önemli miktarda uçucu organik madde emisyonu gerçekleşmektedir.

Tablo.II.6. Kömür yanması sonucu oluşabilecek uçucu organik maddeler (UOM) için emisyon faktörleri

Sektör (Yanma prosesi)	Emisyon Faktörleri (kg UOM/ ton yakılan kömür)	
	Taş kömürü	Linyit kömürü
Evsel/Endüstriyel/Enerji santralleri	10	10
	0.5	0.5
	0.5	0.5

Katı, sıvı ve gaz yakıtlardaki karbonun eksik yanması sonucu karbon monoksit gazı oluşur.

II. 1. 1. 2. Motorlu Taşıtlı Kaynaklı Kirlenmeler

- Partikül madde (özellikle motorinli taşıtlardan ileri gelmektedir.)
- Karbon monoksit, yakıt/hava karışımında özellikle zengin karışım esnasında meydana gelir. Taşıtlı hızı ve yaşı karbon monoksit emisyonunu etkiler. Taşıtlı yaşı arttıkça ve taşıtlı hızı düştükçe egzozdan atılan karbon monoksit emisyonu artmaktadır.
- Azot oksitler, yakıt/hava karışımında özellikle fakir karışım esnasında meydana gelir.

II. 1. 1. 3. Sanayi Kaynaklı Kirleticiler

- Partikül madde, çeşitli tesislerdeki üretim esnasında ve özellikle katı yakıt kullanım sonucu meydana gelir. Çimento, madencilik ve demir çelik sanayi gibi tesislerde üretim işlemleri esnasında önemli miktarda partikül emisyonu oluşur. Bu tür kirleticiler mutlaka arıtılmalıdır.
- Kükürt dioksit, enerji ve bazı işletme tesislerinde kullanılan katı veya sıvı yakıtlarda bulunan kükürdün yanması sonucu oluşur. Termik santraller enerji üretim tesisleri sınıfına girmektedir.
- Azot oksitler, başta termik santraller olmak üzere gübre sanayi gibi tesislerden önemli miktarda oluşur.
- Karbon monoksit, enerji ve bazı işletme tesislerinde kullanılan katı ve sıvı yakıtların yanması esnasında oluşur.
- Uçucu organik maddeler, başta petrokimya sanayi olmak üzere çeşitli sanayi tesislerinde oluşmaktadır.

II. 1. 2. Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığına Zararları

İnsan günde ortalama 13000-16000 litre veya ömrü boyunca 400-500 milyon litre hava solumaktadır. Dolayısıyla temiz veya kirli hava insan sağlığı için oldukça önemlidir.

Hava kirlenmesine neden olan kirleticileri birincil ve ikincil kirleticiler diye iki grup altında toplamak mümkündür. Kaynaktan doğrudan atmosfere atılan kirleticilere birincil kirleticiler, atmosferde çeşitli reaksiyonlar sonucu oluşan kirleticilere ikincil kirleticiler denir. Kükürt dioksit, kükürt trioksit, partikül maddeler, karbon monoksit, azot monoksit, hidrojen klorür ve hidrojen florür gibi kirleticiler birincil kirleticilerdir. Asit yağmuru, nitrat, sülfat, foto kimyasal smog (ozon, PAH ve azot dioksit) gibi kirleticiler ikincil kirletici grubuna girer.

Hava kirletici konsantrasyonu, ppm, ppb, mg/m³, µg/m³ olarak ifade edilmektedir. ppm'in (milyonda bir demektir) µg/m³'e dönüşümü,

$$\mu\text{g}/\text{m}^3 = \frac{\text{ppm} \times \text{MA} \times 10^3}{62.36 \times (\text{T}/\text{P})}$$

denklemini ile tespit edilebilir. Burada;

MA: Kirleticinin molekül ağırlığı (g/mol),

T: Ölçülen Sıcaklık (°K),

P: Ölçülen Basınç (mm Hg).

Dünyada her yıl hava kirliliğinden 3 milyon insan ölmektedir. Bu değer dünyadaki toplam ölümün (ortalama 55 milyon) %5'ini oluşturmaktadır. Ölümlerin %90'ı gelişmekte olan ülkelerde görülmektedir.

Hava kirliliğinin sağlık üzerindeki olumsuz etkileri sonucu,

- Akciğer kanser vakalarında artış,
 - Kronik astım kriz sıklığında artış,
 - Göğüs daralması sıklığında artış,
 - Öksürük/balgam sıklığında artış,
 - Üst solunum sistemi akut bozukluğunda artış,
 - Göz, burun ve boğaz tahribatında artış,
 - Soluk alma kapasitesinde düşüş,
 - Artan ölüm,
 - İş veriminde ve üretiminde düşüş,
 - Sağlık tedavi masrafında artış
- olduğu gözlenmiştir.

Özellikle hava kirliliğinin yoğun olduğu illerde ve trafiğin yoğun olduğu cadde, yol ve meydanlarda dışarıda egzersiz (koşu ve yürüyüş gibi) yapılmamalıdır. Çünkü egzersiz esnasında daha derinden ve daha sık aralıklarla soluk alındığından vücuda daha fazla kirletici girer. Bu kirleticiler kolayca karaciğere kadar ulaşır.

Ucuza alınan kalitesiz yakıt ve yakma sisteminin kullanılması sonucu oluşan kirleticilerin sağlık üzerinde yaptığı tahribatın tedavisi ve iş verimi maliyeti çok yüksektir. Kalitesiz yakıt ve yakma sistemi kullanımı sonucu dünyada binlerce insan hava kirliliğinden ölmektedir. On binlerce insan hasta olmaktadır.

II. 1. 2. 1. Kükürt Dioksitin Sağlık Üzerine Etkileri

Kükürt dioksit asidik bir gazdır. Nemle birleşme meylinindedir. Kükürt dioksitle kirlenmiş hava solunduğu zaman; kükürt dioksit burun, geniz ve boğazdaki nemle reaksiyona girerek solunum sistemindeki sinirleri tahrip eder. Solunum yolu tahriş edildiğinde, refleks öksürük krizleri, göğüs sıkışması olur. Özellikle astım, kronik akciğer hastalığı bulunan kişilerde solunum yollarının daralmasına ve kronik solunum hastalığına neden olur. Kükürt dioksit insan sağlığı üzerine yaptığı olumsuz etkiler Tablo.II.7.'de verilmiştir.

Tablo.II.7. Kükürt Dioksitin İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi

SO ₂ (ppm)	Maruz Kalma Süresi	Etkileri
0.037-0.092	Yıllık ortalama	185 µg/m ³ duman konsantrasyonu ile birlikte, solunum yolları ve akciğer hastalıklarında artışlar.
0.007	Yıllık ortalama	Yüksek partikül konsantrasyonu ile birlikte, çocuklarda solunum yolları hastalıklarında ilerleme.
0.11-0.19	24 saat	Düşük partikül konsantrasyonunda, yaşlı kimselerde solunum yolları hastalıklarında artış.
0.19	24 saat	Büyüklerde kronik solunum yolları hastalıklarında ilerleme.
0.19	24 saat	Düşük partikül konsantrasyonunda, ölüm oranlarında artış görülebilir.
0.25	24 saat	750 µg/m ³ duman konsantrasyonu ile birlikte, günlük ölüm oranlarında artış görülebilir (İngiltere). Hastalanmalarda ani artış.
0.5	10 dakika	Astım hastalarında egzersiz (hareket) halinde solunum direncinin artması.
5	24 saat	Sağlıklı kimselerde solunum direncinin artması.
10	10 dakika	Bronkospasm.
20		Göz tahrişi, öksürme.

Türkiye, Dünya Sağlık Teşkilatı ve A.B.'nin kükürt dioksit için koyduğu sınır değerler Tablo.II.8. 'de verilmiştir.

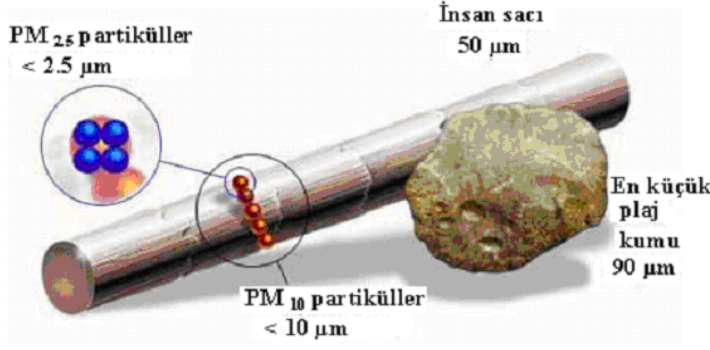
Tablo.II.8. Kükürt Dioksitle İlgili Sınır Değerleri

Ülkeler	Koruma Gerekçesi	Ortalama Süre	Limit Değer	Marjinal Tolerans
Türkiye		24	400 µg/m ³	
Avrupa Topluluğu (A.B.)	İnsan Sağlığını Korumak	1 saat	350 µg/m ³	Bir yıl içinde 24 defadan fazla olamaz
	Halk sağlığını Korumak	24 saat	125 µg/m ³	Bir yıl içinde üç defadan fazla bu değer aşılamaz
	Ekosistem	Yıllık Kış ayı	20 µg/m ³	
Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO)		10 dakika	500 µg/m ³	
		24 saat	125 µg/m ³	
		yıllık	50 µg/m ³	
A.B.D. EPA		Yıllık	80 µg/m ³	
		4 saat	365 µg/m ³	

II. 1. 2. 2. Partikül Maddelerin Sağlık Üzerine Etkileri

Havadaki partikül maddeler (PM); ısınma, motorlu taşıtlar ve endüstriyel tesislerde katı/sıvı yakıtların yakılması ile bazı endüstriyel tesislerde üretim işlemi esnasında oluşur. Karbon içeren yakıtların tam yanmaması sonucu duman meydana gelir. Toz boyutu 100-0.1 µm, smog boyutu 0.5-0.001 µm ve gaz boyutu 0.01-0.00001 µm arasında değişir. Ayrıca SO₂ ve NO_x gazları atmosferde reaksiyona girerek sülfat ve nitrat partikülleri haline dönüşürler. Isınmada kullanılan katı ve sıvı yakıtların tam yanmaması sonucu partikül maddeler oluşur. Partikül maddeler, asit tozları (nitrat ve sülfat gibi), organik kimyasallar, metaller, toprak veya toz partikülleri, bakteri, küf, mantar, deniz suyunun buharlaşması ile ortaya çıkan tuzlar ve alerjik polenlerden oluşmaktadır.

Partikül madde çapı küçüldükçe sağlık üzerindeki olumsuz etkisi o kadar artmaktadır. Bu tür partiküller akciğere kadar ulaşır. Bazıları kana dahi karışabilir. Cıva, kurşun, kadmiyum gibi ağır metaller oldukça zehirli ve kanser yapıcı kimyasallar içeren partikül maddeler sağlık açısından çok tehlikelidir.



Şekil.II.1. PM Boyutunun İnsan sacı ve Plaj Kumı Karşılaştırılması

Birçok farklı bileşikten oluşmuş olan partikül maddeler akciğerdeki nemle birleşerek aside dönüşmektedir. Duman bileşenlerinde olan çinko amonyum sülfat, akciğerde sülfürik aside dönüşmektedir. Kurum, uçucu kül, benzin ve dizel egzoz partikülleri benzo (a) pyrene gibi kanser yapıcı maddeler içerdiklerinden bunların uzun süre solunması durumunda kanser yaptığı bilinmektedir.

II. 1. 2. 3. Karbon Monoksitin Sağlık Üzerine Etkileri

Karbon monoksit, renksiz, kokusuz, zehirli, tatsız ve aşındırıcı olmayan bir gazdır. Karbon monoksit suda az çözünen ve normal şartlarda havadan daha az yoğun olan bir gazdır.

Karbon monoksit, yakıt içindeki karbonun eksik yanması ile yani yanma bölümünde yeterli hava olmadığı zaman meydana gelir. Atmosferdeki karbon monoksit konsantrasyonu genel olarak yaz aylarında daha düşük, kış aylarında ise daha yüksektir. Çünkü kış aylarında ilaveten ısınma amacıyla yakıt kullanılmaktadır. Şehir içi bölgelerde karbon monoksitin birincil ana kaynağı motorlu taşıtlar ve ısınma tesisleri, ikincil önemli kaynağı ise; katı atık depolama tesisleridir. Depolama tesislerinde oluşan metan gazları atmosferde okside olarak karbon monoksite dönüşürler. Karbon monoksitin atmosferde bozunma süresi yaklaşık 2.5 aydır.

Karbon monoksit çok zehirli bir gazdır. Karbon monoksitle zehirlenmenin ilk belirtisi, gribe benzer. Baş ağrısı, uyuklama, yorgunluk, nefes kesilmesi, bulantı ve baş dönmesi şeklinde de etkisini gösterebilir. Karbon monoksitten zehirlenen çoğu kişi grip olduğunu zannederek yanılır. Takip eden etkisi bilinçsizlik, solunum hastalığı ve ölümdür. Karbon monoksitin sağlık üzerindeki en önemli etkisi; kalp ve beyin gibi canlı organizmalara oksijen verme kapasitesini azaltmasıdır. Karbon monoksitin sağlık üzerine etkisi Tablo.II.9. 'da verilmiştir.

Tablo.II.9. Karbon monoksitin sağlık üzerine etkisi

Karbon Monoksit (ppm)	Süre (saat)	COHb (%)	Etkisi
40	2	2	
200	2-3	5	Orta şiddetli baş ağrısı, yorgunluk, bulantı ve baş dönmesi
400	1-2		Ciddi baş ağrısı,
10 – 15	≥8	≈2,5	Sinir sisteminde aksaklık
30	≥8	5	Piskomotor sisteminde aksamalar.
100	8	≈10	Baş ağrısı, baş dönmesi, kardiyağ, ve pulmoner fonksiyonlarda aksaklıklar.
		20	Kardiyovasküler sistemde arızalar elektrokardiyografik anormallikler.
		40	Hareket halindeyken düşmeler.
		60	Baygınlık, geri dönüşümün meydana gelmesi halinde ölüm
		80	Ölüm
3200	5-10 dakika		Baş ağrısı, baş dönmesi, bulantı ve maruz kalma bir saat devam ederse ölüm
6400	1-2 dakika		Baş ağrısı, baş dönmesi, bulantı ve maruz kalma 20-30 dakika devam ederse ölüm
12 800	1-3 dakika		Ölüm

COHb : Karbosik hemoglobin

Türkiye’de ve çeşitli ülkelerde uygulanan karbon monoksit için uygulanan sınır değerler Tablo.II.10.’da verilmiştir.

Tablo.II.10. Karbon monoksit için sınır değerleri

Ülke	Süre	Sınır Değer (µg/m ³)
Türkiye	24 saat	30.000
	Yıllık	10.000
AB	8 saat	10.000
Dünya Sağlık Teşkilatı	15 dakika	100.000
	30 dakika	60.000
	1 saat	30.000
	8 saat	10.000
A.B.D. EPA	1 saat	40.000
	8 saat	10.000

Karbon monoksit için Türkiye’ye ait sınır değerleri A.B. standartlarına göre çok yüksektir. Bu değerlerin kademeli olarak yeniden düzenlenmesi gereklidir.[2]

II. 1. 2. 4. Azot Oksitlerin Sağlık Üzerine Etkileri

NO, NO₂, N₂O₂ (diazot dioksit) ve benzeri bileşiklerin tümü NO_x olarak tanımlanmaktadır. Azot oksitler kandaki hemoglobin ile birleşmektedir. Ciğerdeki nemle birleşerek nitrik asit oluştururlar. Oluşan asit miktarının konsantrasyonunun azlığı nedeniyle etkisi de az olmaktadır. Ancak zamanla birikerek solunum yolu hastalıkları bulunan kişiler için tehlike oluşturmaktadır .

Nitrat konsantrasyonunun 10 mg/L'yi aşması bebeklerde methemoglobinemia hastalığına yol açmaktadır. Bu hastalık, “ mavi bebek sendromu” olarak da bilinmektedir. Bu durum bebeklerin sindirim sistemlerinde henüz nitratı gidecek enzimlerin gelişmemiş olmasından kaynaklanmaktadır. Nitrit, kimyasal (özellikle klorla dezenfeksiyon uygulamalarında) ya da enzimatik olarak aminlerle de reaksiyona girer ve kanserojen olan nitrosaminleri oluşturur.

Azot oksitler içinde NO; kokusuz bir gazdır. Akciğerlerin çalışmasını bozar, mukoza zarını tahriş eder ve felç yapıcı etkisi vardır. Nitrik asit oluşumuna sebep olur. Çevre koşullarında kararsızdır ve oksijenle birleşerek NO₂'ye dönüşür. Maksimum işyeri atmosferi değeri (MAK) 9 mg/m³ tür.

NO₂; keskin kokulu kırmızı kahverengi karışımı bir gazdır. Düşük yoğunlukta olması halinde bile akciğeri tahriş eder, dokulara ve mukoza zarına zarar verir. MAK değeri 9 mg/m³ tür.[4]

Azot oksitlerin insan sağlığı üzerindeki etkisi özet halinde Tablo.II.11.'de verilmiştir.

0.01 ppm'in altındaki azot dioksit konsantrasyonlarında 2-3 yaş arası çocuklarda bronşit vakalarında artış gözlenmiştir. Azot dioksit konsantrasyonu 150 ppm (285 µg/m³) veya üzerinde öldürücü etkiye sahiptir. Azot dioksit akciğeri tahriş eder ve solunum enfeksiyonuna neden olur.

Azot dioksitin yukarıda bahsedilen direkt etkisi dışında, fotokimyasal reaksiyona girmesi ve yanmış hidrokarbonlarla birlikte zincirleme reaksiyona girmesi sonucu fotokimyasal smog ve bununla birlikte fotokimyasal oksidantlar (ozon ve PAH) oluştururlar.

Tablo.II.11. Kısa Süreli NO₂ Konsantrasyonunun İnsanlara etkisi

Etki	NO ₂ konsantrasyonu		Ek süresi
	mg/m ³	ppm	
Koku eşliğinde	0.23	0.12	Derhal
Eşik değeri koyuluk adaptasy. İçin	0.14	0.075	Belgelenmemiş
	0.50	0.26	Belgelenmemiş
Artan solunum yolu direnci	1.3 – 3.8	0.7 – 2.0	20 dak.*
	30 – 3.8	1.6 – 2.0	15 dak.
	2.8	1.5	45 dak.**
	3.8	2.0	45 dak.***
	5.6	3.0	45 dak.+
	7.5 – 9.4	4.0 – 5.0	40 dak.++
	9.4	5.0	15 dak.
	11.3 – 75.2	6.0 – 40.0	5 dak.
Akciğer difüzyon kapasitesindeki azalma	7.5 – 9.4	4.0 – 5.0	15 dak.

* Temas 10 dakikalıktır. Temasın bitiminden 10 dakika sonra akış direncine etki gözlenir.

** Bu konsantrasyonda kronik solunum hastalıkları meydana gelir.

*** Kronik solunum hastalıkları oluşur.

+ Etkileşim oluşur.

++ Temas süresi 10 dakikaya uzadığında, 30 dakika sonra en büyük etki akış direncidir.

Yaz aylarında şehir içi bölgelerde yer seviyesinde ozon oluşumunun habercisi azot dioksittir. Azot oksitler ayrıca göz tahrişine, üst solunum sisteminde enfeksiyona (özellikle çocuklarda), astımın şiddetlenmesine, bronşitin artmasına neden olur. Azot oksitler, boğaz ve akciğeri olumsuz etkiler.

Birçok azot oksit bileşiği vardır. Ama genel olanı azot monoksit (NO) ve azot dioksittir (NO₂). Azot monoksit ile azot dioksit (NO_x) diyebiliriz. Avrupa Birliği ülkelerinde bir saatlik azot dioksit konsantrasyonu 400 µg/m³ aştığında alarm verilmektedir. Özellikle motorlu taşıt kullanımında kısıtlamalar yapılmaktadır.

Türkiye’de ve çeşitli ülkelerde uygulanan azot oksitler için sınır değerleri Tablo.II.12. ’de verilmiştir.

Tablo.II.12. Çeşitli Ülkelerde Uygulanan Azot Oksitler İçin Sınır Değerleri

Ülke	Temas Süresi	Sınır Değeri ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Türkiye	24 saat	300
	Aylık	100
Dünya Sağlık Teşkilatı	1 saat	200
	Yıllık	40
AB	1 saat	200
	Yıllık	30
A.B.D. EPA	Yıllık	100

Tablo.II.12.'de görüldüğü gibi Türkiye'nin sınır değerleri çok yüksektir. Kademeli olarak bir geçişin yapılmasında yarar vardır. Azot dioksitin insan sağlığı üzerine yaptığı olumsuz etki Tablo.II.13'de verilmiştir. Tablo.II.13.'de de görüldüğü gibi azot dioksitin konsantrasyonu yanında temas süresinin de oldukça etkili olduğu anlaşılmaktadır .[2]

Tablo.II.13. Azot Dioksitin İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi

NO ₂ (ppm)	Süre	Etkiler
0.12	-	Koku algılama sınırı
0.3	3.75 saat	FVC ve FEV de küçük artışlar (%5-9)
1.5-2	2-3 saat	Sağlıklı yetişkinlerde havayla artan solunum yolu şikayetleri
1	15 dakika	Bronşitli kişilerin solunum yollarında direncin artması
2.5	2 saat	Sağlıklı kişilerde solunum yollarında direncin artması
5	15 dakika	Akciğerde gaz alış-verişinin engellenmesi
10	-	Koku algılanmasının engellenmesi
50	-	Geri dönüşümlü bronşiyolitisi
150	-	2-3 hafta içinde bronşiyolitisi fibrosa obliterans sonunda ölüm
≥ 2	1-3 saat	Akciğer fonksiyonlarında değişme

Azot oksitin sağlık üzerine etkileri; çeşitli kesimlerdeki bireylere değişik konsantrasyonlar uygulanması ile tespit edilmiştir.

3000-9400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ konsantrasyonlarına 10-15 dakika süre ile maruziyet sonucunda; normal ve bronşitli kişilerde akciğer fonksiyon değişimleri gözlenmiştir.

Azot oksit maruziyeti sonucunda oluşan şikayetler; normal ve sağlıklı kişilerde 1880 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ konsantrasyonundan itibaren başlarken, astımlı kişilerde aynı şikayetler 940 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ konsantrasyon seviyesinden itibaren başlamaktadır.

Azot dioksitin bulunduğu ortamlarda diğer kirleticilerin ve özellikle ozonun bulunması durumunda, bu kirleticiler arasında oluşan reaksiyonlar nedeniyle insan sağlığında olumsuz etkileşmelerin arttığı belirlenmiştir. Bir haftadan bir aya kadar olan sürede 1880 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'den az konsantrasyona maruziyette; bronşiyel ve pulmoner bölgelerdeki hücrelerde anormal değişiklikler, 940 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ konsantrasyona maruziyette ise akciğerlerin bakteriyel enfeksiyonlara karşı hassasiyetinin artması ve biyokimyasal değişimler gözlenmektedir.

II. 1. 3. Hava Kirliliğine Karşı Alınabilecek Önlemler

- Hava kirliliğinin yoğun olduğu büyük illerimizde kaliteli ve temiz linyitin yakılması için gerekli tedbirler alınmalıdır.
- Kentsel ısınmada doğal gazın kullanımının arttırılması ve yoğun hava kirliliği yaşanan illerimizde doğal gazın götürülmesi gerekmektedir.
- Yakıtların tekniğe uygun olarak yakılabilmesi için kazanın, yakıtın yanma özelliğine göre standartlarına uygun olarak üretilmesi ve uygun yanma şartlarının sağlanması gerekmektedir.
- Kazan yakıcıların periyodik zamanlarında eğitilerek, uygun yakma kurallarını öğrenmeleri sağlanmalıdır.
- Büyük ısıtma sistemlerine filtre takma zorunluluğu getirilmelidir.
- Sadece uçucu kül için elektro filtre bulunan termik santrallere desülfirizasyon tesislerinin de zorunlu olarak kurdurulması sağlanmalıdır.
- Bina projelerinde, baca ve kazanın konacağı yer standartlarına uygun olmalı ve ısı yalıtımına önem verilmelidir.
- Motorlu taşıtlar için; karbüratör ayarı şartı getirilmeli portatif CO ve HC için kurşuna dayanıklı katalizörler veya oksidasyon katalizörleri kullanılmalı, sekonder hava NO_x için egzoz gazı resürkülasyonu uygulanmalıdır. Almanya'da olduğu gibi benzindeki kurşun miktarı 0.15 g/L seviyesine indirilmelidir ve kademeli olarak kurşunsuz benzine geçilmelidir .[3]

II. 2. AZOT OKSİTLER (NO_x)

Azot Oksitler, azotun oksijenle yaptığı bileşiklere verilen addır. Azot oksitler uçucudur ve atmosferdeki kirliliğin başlıca kaynaklarından biridir. Petrol gibi fosil yakıtların yanması yanmasıyla ve uçucu organik moleküllerin güneş ışığı ile tepkimesi sonucu oluşurlar.[5]

NO_x 'in atmosferdeki bulunuşu yaklaşık olarak yarı yarıya taşıt egzozu ve sabit yakma tesislerinden dolaydır. Bu gazlar atmosferde doğal gaz çevrimine girerek, nitrik asit (HNO_3) oluşumuyla sonuçlanan zincirleme reaksiyonları tamamlarlar. Atmosferdeki HNO_3 oluşumu ise asit yağışının oluşmasını etkiler.

Azot monoksit (NO) ve azot dioksitin (NO_2) toplamı azot oksitleri (NO_x) oluşturur. Azot oksitler genellikle (%90 durumda) NO olarak dışarı verilir. NO_2 , NO 'nun ozon veya radikallerle (OH veya HO_2 gibi) reaksiyonu sonucunda çabucak oluşur.

Son yıllarda Danimarka'da yapılan bir araştırma ile amonyak buharlaşmasının güneş radyasyonuna maruz kaldığında atmosferdeki nitrik asit oluşumuna katkısının ihmal edilemeyecek boyutta olduğu belirlenmiştir. Yağmurun amonyum içeriği toprakta, su havzalarında ve göllerde nitrifikasyon yapan bakteriler ve oksijen sayesinde amonyum nitrit aside dönüştüğünde yağmurun asiditesini ayrıca 4 kat arttırmaktadır.[3]

Azot, yedi çeşit oksit meydana getirir; simetrik azot trioksit (NO_3), asimetrik azot trioksit (O-O-N-O), diazot trioksit (N_2O_3), diazot tetraoksit (N_2O_4) ve diazot pentaoksit (N_2O_5). Bunlardan hava kirleticisi olarak en önemlileri azot monoksit (NO) ve azot dioksit (NO_2)'dir. Bunlar beraberce ($\text{NO}+\text{NO}_2$) NO_x olarak belirtilmektedir. Her iki gaz da yüksek konsantrasyonlarda (> 50 ppm) toksin ve öldürücü etki gösterirler ancak atmosferdeki konsantrasyonları bu seviyenin çok altında olduğundan esas olarak akciğer ve solunum sistemi üzerinde olumsuz etkileri söz konusudur. Atmosferde kirliliğe neden olan azot oksit (NO) ve azot dioksittir (NO_2).[4]

Azot oksit gazları atmosferde rüzgar yardımı ile çok uzun mesafelere taşınabilir.



Şekil.II.2. Fabrikalardan Atmosfere Yayılan Kirlilik

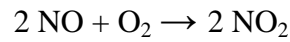
Azot oksitler daha çok asit fabrikaları tarafından atmosfere salınmaktadır. Buralarda görülen kahverengi bulutların NO_2 'den ileri geldiği bilinmektedir. Renksiz bir gaz olan NO , çok kolay bir şekilde oksitlenmek suretiyle NO_2 'e dönüşebilmektedir. NO_2 kırmızı kahve renkli, keskin ve nahoş kokulu, kuvvetli zehir etkisinde bir gazdır. Bu gazın etkisiyle bitkilerde ortaya çıkan belirtiler, yaprak kenarlarında kahve ve koyu kahve renkli yanmalar ve lekelerdir. İleri aşamalarda yapraklar solmakta, klorofil ve nişasta yok olmakta ve karotinler parçalanmaktadır. Genellikle $50 \text{ mg NO}_2/\text{m}^3$ konsantrasyonunun bitkiler için zararlı olduğu, $30 \text{ mg NO}_2/\text{m}^3$ konsantrasyonun ise insanlar için sınır değeri olduğu belirtilmektedir.[6] Azot dioksit (NO_2), oksijenle hızlı tepkimeye giren azot monoksitten (NO) elde edilir.[5]

NO , genellikle biyolojik proseslerin bir ürünüdür. N_2O , yanma proseslerinde ortaya çıkar. Gıda koruyucusu, gübre, deterjanda nitritin kullanımı ve kömür gazında bir bileşen olan nitrit ciddi çevre kirliliğine neden olmaktadır.

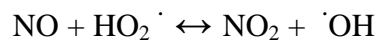


Şekil.II.3. Havaya Ulaşan Azot Oksitler

Nitritler oldukça tehlikeli bileşiklerdir. İkincil ve üçüncül aminlerle reaksiyona girerek kanserojen *N*-nitroso bileşiklerini oluştururlar. Diğer azot oksitler kirlenmiş atmosferde çok düşük konsantrasyonlarda bulunurlar. NO, fosil yakıtların yanması esnasında oluşur. Daha sonra atmosferde oksitlenerek daha zehirli ve aşındırıcı olan NO₂'e dönüşür.

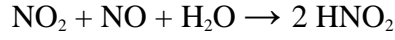
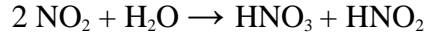


NO'nun NO₂'ye dönüşmesiyle NO konsantrasyonu azalır. Reaksiyon oldukça yavaş gerçekleşir, güneş ışınının etkisiyle ve havadaki hidrokarbonlar, aldehitler, karbon monoksit (CO) ve diğer bileşikler yoluyla NO hızla NO₂'ye oksitlenir. NO, hidroperoksit radikalleri (HO₂') ile reaksiyon verir. NO₂ ve hidroksil radikali (·OH) oluşturur:

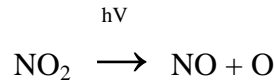


NO çoğunlukla hidroksit iyonu ile birleşerek nitrit asidini (HNO₂) oluşturur. Hidrokarbon ve oksijenli bileşikler ile hidroksit iyonunun reaksiyonu yoluyla oluşan organik radikaller, NO'nin NO₂'ye oksitlenmesinde CO'ten daha önemli rol oynar.

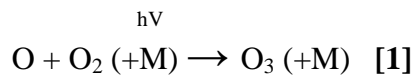
NO₂'nin troposferde bulunma süresi yaklaşık 1 gün olmakla birlikte alanın temiz ve kirliliğiyle farklılık göstermektedir. Kirlilik kaynaklarından uzak olan temiz bölgelerde, NO₂ bir iki gün içinde OH ile reaksiyona girerek nitrik aside (HNO₃) dönüşür. NO₂, su ile HNO₃ ve HNO₂'yi verir. Ayrıca NO ve su ile birlikte HNO₂'yi verir:



Bu reaksiyonun hızı, ortam sıcaklığına bağlı olarak çok yavaştır hatta sıcaklığın stabil olmadığı durumlarda NO₂'nin taşınması durabilir. Önceden yağmur yoluyla oluşan nitrat aerosolleri, HNO₃ üretimini engelleyebilir. Yağmur suyunda nitrat konsantrasyonunun %10'u kadar nitrit bulunur. Yağmurdan gelen NO₂'in bekleme süresi, güney yarım kürede 2 gün iken kuzey yarım kürede 6 gün olarak hesaplanmıştır. HNO₃'in bekleme süresinin ise yağmur sularındaki ölçümler ile 10 gün olduğu tespit edilmiştir. NO₂, fotoliz ile NO'e dönüşür. NO₂ güneş ışığını absorplayarak NO ve oksijen atomuna dönüşür:

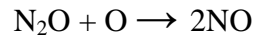
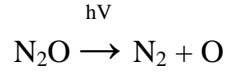


Oksijen atomları, çoğunlukla moleküler oksijen ile reaksiyon vererek havada ozonu (O₃) oluşturur:



Biyolojik denitrifikasyon prosesler sonucunda oluşan azot protoksit (N₂O), stratosferdeki sabit bir konsantrasyon ile 0,25-0,4 ppm aralığında ölçülerek

atmosferde gösterilir. N₂O, troposferde fotokimyasal smog reaksiyonlarının bir ürünü olmadığını için kimyasal olarak NO ve NO₂'den daha inerttir. Buna rağmen stratosferdeki atomik oksijenle reaksiyon ve fotoliz yoluyla ayrıştırılır.



Toprak, bitki ve aerosoller üzerinden yüzey reaksiyonları ile N₂O taşınır. Bazı topraklardan atmosfere geçer ki bu oran henüz tespit edilememiştir. Bu topraklar genellikle bakteriyel olayların gerçekleştiği topraklardır. Stratosferde N₂O'nun yaklaşık %95'inin bozulmasıyla reaksiyon yoluyla kimyasal olarak inert olan N₂'ye dönüştürülürken sadece %5'i de reaksiyon ile NO'ya dönüştürülür. Buna rağmen bu reaksiyonun sonucu olarak O₃'ü parçalayan stratosferik NO için N₂O birincil kaynaktır. Atmosferik ozon (O₃) konsantrasyon bu yüzden denitrifikasyonun biyolojik prosesiyle kontrol edilir. Eğer insan aktivitelerinin sonucu olarak denitrifikasyon oranı artarsa, N₂O'nun üretilmesi beklenir ki bunun da sonucu olarak stratosferdeki NO_x'in artar ve böylece O₃'teki tüketimde rol oynar. Atmosferik etkiye N₂O'nun katkısından dolayı bu da olası N₂O artışı ile ilgili olarak başka bir nedendir.

Mevzuatın sıkı olması nedeniyle, son yıllarda çeşitli ısı kaynaklarından çıkan dumanlardan NO_x taşınması gittikçe artarak önem kazanmıştır. Bu nedenle, örnek olarak, birçok ülkede büyük yanma atölyelerinden NO_x emisyonları büyük ölçüde azaltılıyor. Hidrokarbonlar, H₂, CO ve NH₃ gibi uygun indirgenme ajanları ile NO_x indirgenmesi tamamlanır. Ancak uygun işletme koşulları altında karbon materyallerinde (kömür, aktive edilmiş karbon vb.) olduğu gibi diğer katı indirgeyiciler kullanılır.

Bu nedenle karbon ve aktive edilmiş karbonlar, NO indirgenmesi için ucuz olası indirgenme ajanları olarak kullanılır. Karbonun bu amaçla kullanılması gaz reaktantların kullanımından daha avantajlı ve daha az maliyetlidir. Ancak NO-karbon reaksiyon sıcaklığının azaltılması için katalist kullanılmalıdır ki en elverişli katalist literatürdeki çalışmalara bakılacak olursa potasyumdur. NO'nun indirgenmesi için potasyum içerikli aktive edilmiş karbonlar ve kömür tozunun kullanılır. [1]

II.2.1. Azot Oksitlerin Çeşitli Ortamlarda Tayini İçin Yapılan Bazı Çalışmalar

Literatürde azot oksitlerin tayini için birçok kabul edilebilir metot bulunmaktadır. Bu metotlar genelde kullanıma bağlı olarak sınıflandırılmış olup;

- Ultraviyolede doğrudan spektrofotometrik ölçümler
- Spesifik iyon elektrotlar
- Nitron, 2,4-ksilenol, metilen mavisi, kromotropik asit veya brusin kullanımını içeren spektrofotometrik ölçümler
- Nitratın nitrite indirgenmesi ve bunu takiben diazotizasyon ve bağlanma yoluyla azo boyar madde oluşumu
- Nitrat ve nitritin amonyağa indirgenmesi şeklinde belirtilmiştir.

Nitrit iyonu, azot döngüsünde önemli bir basamaktır. Nitrit, bazı kimyasal gübrelerdeki gibi endüstriyel azot atıkları veya pamuklu kumaşların biyolojik bozunmaları sırasında oluşur. Havadaki azot oksitler, asit yağmurlarının bir birleşimi olan nitrit iyonuna dönüştürülür. İkincil amin üzerindeki hareket, potansiyeli bilinen N-nitrozaminlerin oluşumuna neden olur. Ayarlamalarla sınırlandırılan yiyecek ve içilebilir sulardaki basamaklar için gerekli olan metahemoglobinin oluşumuna neden olur. İçme sularında nitritin kabul edilebilir maksimum değeri 0,06 mg/L olarak belirtilmiştir. Nitrit ve amonyak, organik kirlilik ve bakteriyel aktiviteler için bir göstergedir. Eser miktardaki nitrit analizleri için birçok analitik metot bulunmaktadır. Metotların çoğu, güçlü azo boyar maddelerin oluşumunu esas alır. Azo boyar madde formu, diazotizasyon sıcaklığı, birleşim zamanı ve pH'a bağlıdır. Gerçek aminlerin toksitliği kimyagerler için oldukça önemli bir noktadır. Birleşim süresi uzundur. Bazı işlemlerde azo boyar maddeleri, özel bir katı kolonun üzerinde konsantrasyonu veya özel bir çözücüyle ekstraksiyonu yoluyla duyarlılığı artırılır. [8]

II.2.1.1. Deniz Suyu Ve Doğal Sularda Nitrit Ve Nitratın Spektrofotometrik Tayini

Nitratın varlığında nitrit tayini, azo boyar madde oluşumu ve diazotizasyon reaksiyonu yoluyla spektrofotometrik olarak tayin edilir. Aynı zamanda elektrokimyasal metotlarla da tayin edilebilir. Aynı şekilde nitrat da nitrite indirgenebilir ve elektrokimyasal olarak tayin edilebilir. Yüksek miktarda nitrat ile birlikte düşük miktarda nitrit olduğu zaman önce nitrit tayini yapılır sonra nitrat, hidrazin veya bir kadmiyum (Hg) redüktör ile indirgenir böylece toplam nitrat artı nitrit miktarı tayin edilir ve farkı alınarak nitrat miktarı hesaplanmış olur. Buna

rağmen nitrit, nitrattan fazla ise nitrit elimine edildikten sonra tayin gerçekleştirilir. Nitrat ve nitrit varlığında oldukça kolay kolorimetrik olan bu metot kullanılır. Bu metot, nitrat ve nitritin hidroksilamine pH 3.4'te ve Ferrosin varlığında Demir(III) ile ürünün reoksidasyonunda çinko amalgam redüktör yoluyla indirgenmesini içerir. Nitritin yüksek miktarında sodyum azotür ile tercih edilen bir reaksiyon ile elimine edilir. Bu metot, hidroksilamine dayanarak Demir(III)'ün oldukça renkli olan nitrit veya nitratın orijinal miktarı ile orantılı olarak absorptivite veren Demir(II)-Ferrosin kompleksine indirgenmesini gerçekleştirir. Nitrat ve nitritin görünen molar absorptivitesi $4.21 \times 10^4 \text{ L.mol}^{-1}.\text{cm}^{-1}$ 'dir. Nitrat ve nitritin indirgenmesi pH yoluyla önemli ölçüde değiştirilir. Nitrat ve nitritin her ikisi de 3.2-3.5 pH aralığında hidroksilamine ve amonyağa indirgenir. Hidroksilamin, azot okside Demir(III) ile yükseltgenir. Ancak amonyak yükseltgenmez. Çıkan hidroksilamin miktarı $\text{pH} > 4.5$ ve $\text{pH} < 2.7$ 'de oldukça düşer. Yüksek pH değerinde nitratın indirgenmesi tamamlanamaz ve düşük pH değeri de amonyak oluşumuna uygun olmaz. Bu nedenle pH değeri ± 0.1 hassasiyetle kontrol edilerek 3.2 ve 3.5 arasında muhafaza edilmelidir. [7]

II.2.1.2. Suda Nitritin Spektrofotometrik Tayini

Uygun reaksiyon şartları altında suda nitritin spektrofotometrik tayini için hızlı, kolay, seçici ve hassas bir metot geliştirildi. Violurik asidi yani ikincil azotu vermek için, nitrit asidik çözeltide barbitürik asit ile reaksiyona girer. Nitritin 0,00-3,22 ppm konsantrasyon aralığında 310 nm dalga boyunda Beer Kanunu'na uymaktadır. R.S.D. değeri 2.32% ve standart sapmasının birleştirilmesi ile molar absorptivite $15330 \pm 259,7$ (95%) olarak bulunur.

Bu metot nitrit ve barbitürik asidin reaksiyonunu esas alır. Su numunesinde analiz yaparken önce numunenin pH'ı 5 olacak şekilde asetik asit ilave edilir. Daha sonra barbitürik asit eklenir ve karıştırılarak reaksiyona girmesi beklenir. Son olarak absorptivite okumak için pH'ı 5.5 olacak şekilde NaOH eklenir ve spektrofotometre ile ölçüm yapılır [8].

II.2.1.3. Atmosferde Azot Dioksit ve Yağmur Suyu İle İnsan Tükürüğünde Nitritin Spektrofotometrik Tayini

Bu metot, nitritin asidik ortamda sülfatazol ile reaksiyonundan bir diazonyum katyonu oluşturarak daha sonra N-(1-naftil)etilendiamin dihidroklorür ile birleşerek

stabilitesi yüksek menekşe renkli azo boyar maddeyi oluşturmasını esas alır. Reaksiyon ürünü 546 nm'de maksimum bir absorbans verir. Metodun kolaylığı, ekstra ekstraksiyon veya pH kontrolüne gerek kalmadan oda sıcaklığında bir reaksiyonun tamamlanması için azo boyar madde ürününün yüksek stabilitesi ile açıklanır. Asidik ortamda nitritin sülfatiazol ile diazotizasyonu ve NEDA ile birleşerek 546 nm'de maksimum bir absorbansa sahip olan kıvılcık-mor renkli bir renk verir. [9]

II.2.1.4. 3-Nitroanilin Kullanımı İle Kirli Sularda Nitritin Spektrofotometrik Tayini

Bir diazonyum katyonu oluşturmak için hidroklorik asit varlığında 3-nitroanilin ile nitritin reaksiyonu gerçekleştirildikten sonra kararlı mor renkli boya oluşturmak için N-(1-naftil)etilendiamonyum klorür ile birleşir. Sıcaklık ve pH kontrolüne gerek kalmadan uygulanabilen kolay bir metottur. Bakır(II), Demir(III) ve sülfid girişimleri ortamda olmadığı sürece oldukça uygulanabilir bir metottur. [10]

II.2.1.5. Gıda Ve Suda Nitritin Spektrofotometrik Tayini

Asidik ortamda indikatör olan Nil mavisi ile reaksiyonu esas alınarak nitritin mikrogram seviyesinde spektrofotometrik olarak tayin edilir. Reaksiyon, 4.5 dakika kadar belirli bir sürede 595 nm'de spektrofotometrik olarak gerçekleşir. Anyon ve katyon girişimleri olmayan bir çalışmadır. Nil mavisi, asidik çözeltide nitritin varlığında reaksiyon verdiğinde yeşil bir renk oluşur. [11]

II.2.1.6. Havadaki Azot Oksitlerin Ölçümü

Bu metoda göre NO₂'nin diazonyum tuzu oluşturmak için sülfanilik asit ile reaksiyonu sonucunda N-(1-naftil)-etilendiamin dihidroklorür ile birleşir ve koyu renkli bir azo boyar madde oluşturur. NO₂ örneğinin belirli bir kısmı renkli ürün olarak 550 nm'de ölçülür. Bu çalışma havadaki nitritin 40-1,5 µg/m³ konsantrasyon aralığında tayini için kullanılabilir. Girişim yapabilen sülfür dioksit ve azot dioksit çok küçük değerlerde olduğu için ihmal edilebilir. [12]

II.2.1.7. Kemiluminesans Metot İle NO_x Tayini

Azot oksidin (NO) atmosferik konsantrasyonu, atmosferik basınç altında veya indirgenen nitrik oksit ve ozon arasında kemiluminesans reaksiyon yoluyla ölçülür. Azot dioksit (NO₂), azot dioksidin azot okside dönüşümünden sonra azot oksit

cinsinden ölçülebilir. Hava numuneleri, cihazdaki azot oksit cevabını tanıtmak için doğrudan analizöre çekilir; sonra valf açılır ve hava numunesi dönüşümün olacağı kısma giderek NO₂, NO'ya kantitatif olarak dönüştürülür. Daha sonra dedektör toplam azot oksitlerin(NO_x) sinyalini ölçer. Toplam NO_x'ten NO sinyali çıkarıldığında NO₂'nin miktarı bulunabilir. Bu yerdeğiştirme işlemi, birçok ticari cihazlarda elektronik olarak yapılır. Tüm ölçümler için toplam süre bir dakikadan azdır.

II.2.1.8. Ekstraksiyon- 4-Nitroanilin ve 1-Naftol Kullanarak Nitritin Mikrogram Seviyesinin Spektrofotometrik Tayini

Nitrit iyonu, hidroklorik asitte 4-nitroanilin ile reaksiyona girerek 4-nitrofenildiazonyum klorür oluşturulur ve bu da bazik ortamda 1-naftol ile birleşerek mor azo boyar maddesi verir. Boya daha yüksek alkol ortamında ekstrakte edilebilir. Bu ekstraksiyon, prosesi, nitritin spektrofotometrik olarak mikrogram miktarının tayini için kullanılır. Çalışılan alkollerden (bütanol, pentanol, izopentanol, heksanol ve oktanol) heksanol, en uygun ekstrakt olarak bulundu. Mavi heksanol ekstrakt 605-615 nm'de maksimum bir absorpsiyon gösterir. Diazotizasyon için gerekli reaksiyon şartları, kararsız iyonların etkisini ve tüm renk gelişimini etkiler. Uygun maskeleyen ajanı kullanılan bu metot ile birçok ortak iyon engellenir. Bu metot, nehir suyu numunelerinde nitrit tayini için oldukça uygundur.

Oluşan boyar madde rengi, reaksiyonda iki basamaktan oluşur. İlk basamakta; hidroklorik asit ortamında 4-nitroanilin, 4-nitrofenildiazonyum klorüriyonunun oluşumu için nitrit iyonu ile reaksiyona girer. İkinci basamakta; diazonyum iyonu, azo boyasını oluşturmak için 1-naftol ile birleşir. Bu azo boyası, daha yüksek alkolde ekstraksiyonunda mavi olur ve bazik çözeltide mor renkli olur. [13]

BÖLÜM III

TEZ ÇALIŞMASI

III.1. GENEL BİLGİLER

III.1.1. Çalışma Hakkında

Bu çalışmada, havadaki azot dioksit (NO_2) konsantrasyonunun son analiz aşamasında barbitürik asit yöntemini [8] kullanarak spektrofotometrik olarak tayini esas alınmıştır. Analiz sırasında sulu çözeltide tayin edilen nitrit (NO_2^-) miktarından hesap yoluyla havadaki azot dioksit (NO_2) miktarı bulunmaktadır. Havadaki azot oksitlerin başlıca (NO_x) azot monoksit (NO) ve azot dioksitten (NO_2) oluştuğu kabul edilmektedir. Bu nedenle NO 'nun hava oksijeni ile NO_2 'e dönüşümünün yavaşlığından yararlanarak NO_2 'nin suda nitrit iyonu vermesinden ve geliştirilmiş olan analiz yöntemine göre barbitürik asit ile gerçekleşen reaksiyon ürününün spektrofotometrik değerlendirilmesi yolu ile azot dioksit (NO_2) konsantrasyonu tespit edilmektedir.

Nitrit iyonu tayini sırasında, içinde belirli miktarda nitrit iyonu içeren bir dizi standard çözelti hazırlanmış ve bu çözeltilerin spektrofotometrede UV-görünür alan absorbansları ölçülerek kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Bu kalibrasyon eğrisi, içeriği bilinen bir standard nitrit çözeltisi ile kontrol edilmiştir.

Tez çalışması sırasında bilinen miktarda katı NaNO_2 'den üretilen NO_2 kullanılarak ön denemeler yapılmıştır. Ön denemelerde, gazın absorbe edileceği çözeltinin bileşimi ve sonuçların uyumu araştırılmıştır. Daha sonra bir saf azot dioksit gaz tübüne bağlı bir gazometre cihazı ile bir absorpsiyon düzeneği kurulmuştur. Gazometrede mevcut NO_2 gazının sabit basınç ve sıcaklıkta hacmi ölçülerek belirli pH daki reaktif çözeltisinden geçirilmesiyle ele geçen çözeltinin gerekli işlemlerden sonra absorbansı ölçülmüş ve kalibrasyon grafiği kullanılarak değerlendirme yapılmıştır.

III.2.YAPILAN ÇALIŞMALAR

III.2.1.Kullanılan Reaktifler

- Ana sodyum nitrit çözeltisi (2.174×10^{-2} M) : 105-110°C'de 4 saat bekletilen ve desikatörde soğutulan analitik saflıktaki sodyum nitrit (NaNO_2)' den 1.5000 g alınarak pH'ı 5 olan asetat tamponu içinde çözülür ve bakteriyel üremeleri engellemek için 0.1 mL kloroform eklenerek asetat tamponu ile 1000 mL'ye tamamlanır. Böylece 1 mg NO_2^- / mL içeren ana nitrit çözeltisi hazırlanmış olur.
- Standard sodyum nitrit çözeltisi I (2.174×10^{-5} M) : 1 mL ana sodyum nitrit çözeltisinden alınarak pH'ı 5 olan asetat tampon çözelti ile 1000 mL'ye seyreltilir. 1 μg NO_2^- / mL içeren çözelti elde edilir.
- Standard sodyum nitrit çözeltisi II (2.174×10^{-4} M) : Ana sodyum nitrit çözeltisinden 10 mL alınarak pH'ı 5 olan asetat tampon çözelti ile 1000 mL'ye seyreltilir. 10 μg NO_2^- / mL konsantrasyonunda nitrit içeren bir çözelti elde edilir.
- Barbitürik asit çözeltisi (5×10^{-4} M) : 0.064 g barbitürik asit ($\text{C}_4\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_3$) pH'ı 3.20 olan asetat tamponunda 1000 mL'ye tamamlanarak hazırlanır.
- 5 N ve 10 N sodyum hidroksit (NaOH) çözeltileri.
- 0.1 N Asetik asit (CH_3COOH) çözeltisi.
- Asetat tampon çözeltileri ($+\text{CH}_3\text{COOH}$) : pH'ları 3.20 ; 5.0 ve 5.50 olan tampon çözeltiler hazırlanır.
- Tüm çözeltiler nitritsiz su ile hazırlanır.

III.2.2.Kullanılan Materyaller

- Spektrofotometre : Hach Lange marka DR 5000 model tek ışık yollu UV-görünür alan spektrofotometre
- pH metre : Hach Lange marka Sension I model pH metre

III.2.3. Nitrit İçin Analitik Eğri Eldesi

Standard nitrit çözeltilerinden nitrit içeren bir dizi kalibrasyon çözeltisi hazırlandı. Bu çözeltiler nitrit derişimleri 0-100 μg NO_2^- / L arasında olacak şekilde hazırlanmıştır. Şahit olarak nitrit içermeyen destile su kullanılmıştır.

10 μg /L; 20 μg /L; 30 μg /L; 40 μg /L; 50 μg /L; 60 μg /L; 70 μg /L; 80 μg /L; 90 μg /L ve 100 μg /L NO_2^- içeren kalibrasyon çözeltilerini hazırlamak için 100 mL'lik

balon jöjelere sırasıyla standard sodyum nitrit I çözeltilisinden (1 µg NO₂ / mL) 1 mL; 2 mL; 3 mL; 4 mL; 5 mL; 6 mL; 7 mL; 8 mL; 9 mL; 10 mL ilave edilir. Her bir standarda hazırlanan 5x10⁻⁴ M'lık pH 3.20 olan barbitürik asit çözeltilisinden 30 mL ilave edilir ve yarım saat kadar oda sıcaklığında bekletilir. Aynı işlemler şahit için de uygulanır.



Şekil.III.1. Kalibrasyon standart çözeltileri

Daha sonra her balona 5,6 mL 5 N NaOH çözeltilisi eklenir ve pH metre ile kontrol edilerek pH'lar 5.50'ye asetat/asetik asid tampon çözeltilisi ile ayarlanır. Tüm çözeltiler 100 mL'ye pH 5.5 tampon çözeltilisi ile seyreltilir. Bu şekilde hazırlanan kalibrasyon çözeltilerinin 310 nm dalga boyunda 1.00 cm'lik ışık yollu kuartz küvetlerde spektrofotometrik olarak absorbansları ölçülür. Elde edilen absorbans değerlerinden analitik eğri oluşturulur.



Şekil.III.2. UV spektrofotometre

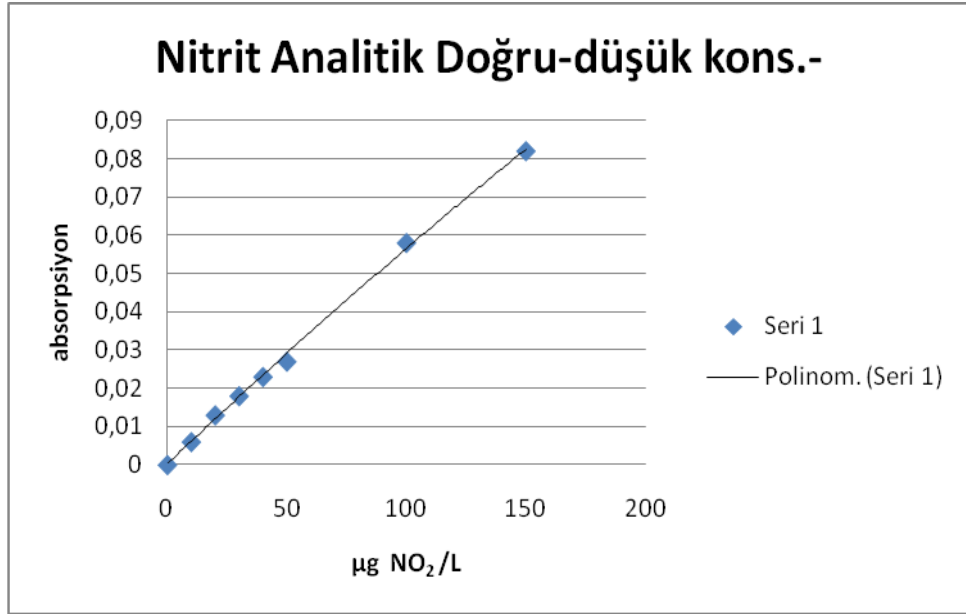
- **Analitik Eğrinin Çizilmesi**

Absorbans ölçümlerinde şahit çözelti olarak destile su kullanılmış ve standartlara yapılan işlemler aynen şahide de uygulanmıştır. Şekil III.3'te verilen analitik eğri, 0-100 µg /L (ppb) arasındaki nitrit içeren çözeltilerle yapılan ölçümlerle elde edilmiştir. Aşağıda her standart çözeltinin okunan absorbans değerleri verilmiştir.

TabloIII.1. Konsantrasyon-Absorbans Değerleri

Ölçüm Derişimi (µg NO ₂ ⁻ / L)	Çözeltilisinin Abs.
0	0*
10	0,006
20	0,013
30	0,018
40	0,023
50	0,027
100	0,058
150	0,082

* Şahit (0 µg NO₂/L içeren) için 0,065 absorbans elde edilmiş ve sıfırlanmıştır. Absorbans değerleri şahide göre verilmiştir.



Şekil.III.3. Nitrit Analizi İçin Analitik Doğru (Beer Kanunu'na Uygunluk) ($\text{mg NO}_2/\text{L} = 1817,9 A^2 + 1667,8 A - 0,0224$; $R^2 = 0,9985$)

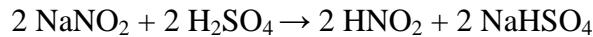
III.2.4. Ödenemeler

III.2.4.1. Azot Dioksit Absorpsiyon Düzenegi

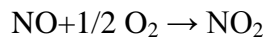
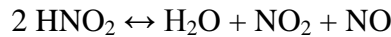
Denemelerde kullanılan absorpsiyon düzenegi, azot dioksit gazının hava ile sürüklenerek reaksiyona girme yolu ile tutuklanacağı çözeltiyi içeren bir yıkama şişesinden ibarettir.

Azot dioksit üretimi üç boyunlu bir balon içinde katı sodyum nitrit üzerine derişik sülfat asidi eklenmesi ile yapılmaktadır. Açığa çıkan azot oksitleri hava pompası yardımı ile balondan taşınmakta ve gaz karışımı yıkama şişesi içindeki gaz tutucu çözültiden geçirilmektedir.

Reaktörde önce serbest nitrit asidi (HNO_2) oluşmakta; onun bozunması

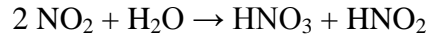


ile azot oksitleri açığa çıkmaktadır.



Azot monoksidin azot diokside hava ile dönüşmesinin yavaş olduğu, bu yüzden azot monoksid oksidasyonunun absorpsiyon işlemi süresi içinde tam olamayacağı, azot monoksidin azot diokside dönüşümü için özel bir oksidasyon yıkayıcısına gerek olduğu literatürde kaydedilmiştir. [14]. Gaz karışımını sürüklemek için kullandığımız hava oksijeni yardımıyla ve reaksiyon süresini de uzun tutarak denemelerimizdeki azot monoksidin azot diokside yükseltgenmesi sağlanmıştır.

Nitrit asidinin bozunması ile oluşan gaz karışımından hava yardımı ile sürüklenen tüm NO₂, absorpsiyon şişesindeki su ve varsa baz ile reaksiyona girerek ortamın pH'ına bağlı olarak HNO₃ + HNO₂ veya NO₂⁻ + NO₃⁻ karışımlarını vermektedir.



Spektrofotometrik tayin yönteminde yukarıdaki reaksiyonlarda oluşan nitrit asidi (HNO₂) veya nitrit pH 3.20'de barbitürik asit ile reaksiyona girmektedir. Nitrit (NO₂) ile başlangıçtaki nitrit asidi (HNO₂) veya NaNO₂ arasındaki mol oranının 1/2 olduğu görülmektedir.

III.2.4.2. Öndenemelerin Yapılışı

Nitrit içeriği bilinen ana çözeltinin kullanılması ile istenen miktarda azot dioksid üretilerek, gaz tutucu çözeltilerden geçirildi. Örneğin barbitür asidli denemenin yapılışında aşağıdaki adımlar izlendi:



Şekil.III.4. Oluşturulan Düzenek

1. İkinci yıkama şişesinin içine 30 mL pH'ı 10 olan barbitürik asit çözeltisi konulur.
2. Üç boyunlu balona 2,5 mL 1 mg NO_2^- / mL içeren ($2,174 \times 10^{-2}$ M NaNO_2) ana standard nitrit çözeltisi konulur.
3. Ayırma hunisine 5 mL derişik sülfat asidi (H_2SO_4) eklenir.
4. Hava pompası çalıştırılarak sistemde hava kaçağı olup olmadığı kontrol edilir.
5. Hava kaçağı yok ise ayırma hunisinin musluğu açılarak sodyum nitrit üzerine sülfat asidi ilavesi yapılır. Hafif kahverengimsi bir duman çıkar ve reaksiyon gerçekleşir.
6. Gaz hava ile yıkama şişesindeki 30 mL pH'ı 10 olan barbitürik asit çözeltisine veya taşınır.
7. Reaksiyon bittikten sonra hava pompası, I. yıkama şişesi ve bağlantı borularında açık renkte de olsa kahverenkli gaz kalmayınca kadar yaklaşık 40 dakika çalıştırılır; daha sonra kapatılır ve yıkama şişesindeki örneğin pH'ı 11 mL asetik asit ile 3.20'ye ayarlanır ve yarım saat kadar oda sıcaklığında bekletilir. Süre sonunda örneği pH'ı 5.50 oluncaya kadar 33,2 mL NaOH ilavesi yapılır ve pH 5.50 olarak ayarlanır. Bu örnek, son hacim 100 mL olacak şekilde pH 5.5 tamponu ile seyreltilir.

8. Örneğin 310 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak absorbans ölçümü yapılır. Okunan absorbans değeri kalibrasyon grafiğinde yerine konarak örnekteki nitrit miktarı tespit edilir. Hesap yolu ile alınan nitrit miktarı ile bulunan nitrit miktarı karşılaştırılır.

III.2.4.3. Uygun Gaz Tutma pH'nın Bulunması için Diğer Denemeler

1. Uygun pH değerini bulmak için 2,5 mL ana nitrit çözeltisi (1 mg NO₂⁻ / mL) ile başlayarak bir dizi deneme yapıldı ve uygun olan değer ile çalışılmaya karar verildi.

Barbitürik Asid İçermeyen Değişik pH lardaki Çözeltilerde Absorpsiyon

2. İlk olarak pH'ı 8 olan 100 mL CH₃COONa (CH₃COOH ve NaOH ile oluşturuldu) içeren çözeltilere yaklaşık 40 dakika gaz örnek çekildi. Yıkama şişesindeki çözeltilerden alınan 10 mL üzerine pH 3.20'ye getirilen 30 mL barbitür asidi eklenip, gerekiyorsa asetik asit seyreltik çözeltisi ilavesi ile son çözeltinin pH'ı 3.20'ye ayarlandı ve yarım saat kadar beklendi. Çözeltilere 5 N NaOH çözeltisi ilavesiyle pH'ı 5.5'a ayarlanarak son hacim 100 mL'ye tamamlandı ve 310 nm'de absorbans ölçüldü ve kalibrasyon eğrisinde yerine konduğunda 0,118 absorbans değerine karşılık gelen değer; **Şekil III.3.**'teki kalibrasyon grafiğine göre 222,09 ppb'dir.

Absorpsiyon çözeltilesindeki nitrit miktarı $222,09 \text{ ng/mL} \times 100 \text{ mL} \times 10(\text{seyreltme faktörü}) = 0,22209 \text{ mg NO}_2^-$ dir.

Azot dioksit oluşturma kabına konulan çözelti 2,5 mg NO₂ içermektedir. Bu miktarda nitrit, $2,5 \text{ mg} / 46 \text{ g/mol} = 0,054347 \text{ mmol}$ 'dür.

Analizle belirlenen nitrit miktarı $0,22209 \text{ mg} / 46 \text{ g/mol} = 0,004828 \text{ mmol}$ 'dür.

2 mol NaNO₂ den 1 mol NO₂ oluştuğuna göre (Bakınız: denklemler) analizlenen nitrit mol sayısının karşılığı $2 \times 0,004828 \text{ mmol} = 0,009656 \text{ mmol NaNO}_2$ dir.

Sonuç olarak, NaNO₂ den ortaya çıkan NO₂ gazının nitrit anyonu halinde tayin edilebilme verimi, pH'ı 8 olan sodyum asetat çözeltisinde yapılan absorpsiyon ile % 17,76 olmaktadır.

3. pH'ı 5 olan 100 mL CH₃COONa+CH₃COOH (CH₃COOH ve NaOH ile oluşturuldu) içeren çözeltiye numune çekildi. Aynı işlemler tekrar edildi.

Ölçülen absorbans değeri 0,114 absorbans birimidir. Kalibrasyon grafiğinden elde edilen sonuç ise; 213,732 ppb'dir.

Absorpsiyon çözeltisindeki nitrit miktarı $213,732 \text{ ng/mL} \times 100 \text{ mL} \times 10$ (seyreltme faktörü) = 0,2137 mg NO₂⁻ dir.

Azot dioksit oluşturma kabına konulan nitrit miktarı 2,5 mg NO₂ içermektedir. Bu miktarda nitrit, $2,5 \text{ mg} / 46 \text{ g/mol} = 0,054347 \text{ mmol}$ 'dür.

Analizle belirlenen nitrit miktarı $0,21373 \text{ mg} / 46 \text{ g/mol} = 0,004646 \text{ mmol}$ 'dür.

2 mol NaNO₂ den 1 mol NO₂ oluştuğuna göre (Bakınız: denklemler) analizlenen nitrit mol sayısının karşılığı $2 \times 0,004646 \text{ mmol} = 0,009292 \text{ mmol}$ NaNO₂ dir.

Sonuç olarak, NaNO₂ den ortaya çıkan NO₂ gazının nitrit anyonu halinde tayin edilebilme verimi, pH'ı 5 olan sodyum asetat/asetik asid çözeltisinde yapılan NO₂ absorpsiyonu ile % 17,09 olmaktadır.

4. Bir sonraki çalışmada asetat/asetik asid çözeltisinin pH değeri 4,5 olarak ayarlanmıştır. Bu çözeltinin absorbansı 0,142 absorpsiyon birimidir. Kalibrasyon doğrusunda bu değere karşılık gelen nitrit konsantrasyonu 273,461 ppb'dir.

Absorpsiyon çözeltisindeki nitrit miktarı $273,461 \text{ ng/mL} \times 100 \text{ mL} \times 10$ (seyreltme faktörü) = 0,27346 mg NO₂⁻ dir.

Azot dioksit oluşturma kabına konulan nitrit miktarı 2,5 mg NO₂ içermektedir. Bu miktarda nitrit, $2,5 \text{ mg} / 46 \text{ g/mol} = 0,054347 \text{ mmol}$ 'dür.

Analizle belirlenen nitrit miktarı $0,27346 \text{ mg} / 46 \text{ g/mol} = 0,00594 \text{ mmol}$ 'dür.

2 mol NaNO₂ den 1 mol NO₂ oluştuğuna göre (Bakınız: denklemler) analizlenen nitrit mol sayısının karşılığı $2 \times 0,00594 \text{ mmol} = 0,0119 \text{ mmol}$ NaNO₂ dir.

Sonuç olarak, NaNO₂ den ortaya çıkan NO₂ gazının nitrit anyonu halinde tayin edilebilme verimi, pH ı 4,5 olan sodyum asetat çözeltisinde yapılan absorpsiyon ile % 21,89 olmaktadır.

5. Kullanılan asetat/asetik asid çözeltisinin pH değeri 4 olarak ayarlandığında ise elde edilen absorbands değeri 5 defa seyreltildikten sonra 0,068 olarak bulundu ve bu absorpsiyon örnekte 608,97 ppb nitrit konsantrasyonuna denk gelmektedir.

Absorpsiyon çözeltisindeki nitrit miktarı $608,97 \text{ ng/mL} \times 100 \text{ mL} \times 10$ (seyreltme faktörü) = 0,60897 mg NO_2^- dir.

Azot dioksit oluşturma kabına konulan nitrit miktarı 2,5 mg NO_2 içermektedir. Bu miktarda nitrit, $2,5 \text{ mg} / 46 \text{ g/mol} = 0,054347 \text{ mmol}$ 'dür.

Analizle belirlenen nitrit miktarı $0,60897 \text{ mg} / 46 \text{ g/mol} = 0,01324 \text{ mmol}$ 'dür.

2 mol NaNO_2 den 1 mol NO_2 oluştuğuna göre (Bakınız: denklemler) analizlenen nitrit mol sayısının karşılığı $2 \times 0,01324 \text{ mmol} = 0,0265 \text{ mmol}$ NaNO_2 dir.

Sonuç olarak, NaNO_2 den ortaya çıkan NO_2 gazının nitrit anyonu halinde tayin edilebilme verimi, pH ı 4 olan sodyum asetat çözeltisinde yapılan absorpsiyon ile % 48,76 olmaktadır.

6. Asetat/asetik asid çözeltisinin pH değeri 3 olarak ayarlandığında gerekli işlemlerden sonra absorbands 0,15 olarak okundu ve bu değer, 291,05 ppb konsantrasyonunda olan nitrit karşılığıdır.

Absorpsiyon çözeltisindeki nitrit miktarı $291,05 \text{ ng/mL} \times 100 \text{ mL} \times 10$ (seyreltme faktörü) = 0,29105 mg NO_2^- dir.

Azot dioksit oluşturma kabına konulan nitrit miktarı 2,5 mg NO_2 içermektedir. Bu miktarda nitrit, $2,5 \text{ mg} / 46 \text{ g/mol} = 0,054347 \text{ mmol}$ 'dür.

Analizle belirlenen nitrit miktarı $0,29105 \text{ mg} / 46 \text{ g/mol} = 0,0063 \text{ mmol}$ 'dür.

2 mol NaNO_2 den 1 mol NO_2 oluştuğuna göre (Bakınız: denklemler) analizlenen nitrit mol sayısının karşılığı $2 \times 0,0063 \text{ mmol} = 0,0126 \text{ mmol}$ NaNO_2 dir.

Sonuç olarak, NaNO_2 den ortaya çıkan NO_2 gazının nitrit anyonu halinde tayin edilebilme verimi, pH ı 3 olan sodyum asetat çözeltisinde yapılan absorpsiyon ile % 23,18 olmaktadır.

7. pH = 2,5 olan absorpsiyon çözeltisinin kullanılmasıyla ele geçen örneğin absorbansı 0,125 olarak bulunmuş olup, bu değerin karşılığında 236,857 ppb nitrit konsantrasyonunun varlığı belirlenmiştir.

Absorpsiyon çözeltisindeki nitrit miktarı $236,857 \text{ ng/mL} \times 100 \text{ mL} \times 10$ (seyreltme faktörü) = 0,236857 mg NO_2^- dir.

Azot dioksit oluşturma kabına konulan nitrit miktarı 2,5 mg NO_2 içermektedir. Bu miktarda nitrit, $2,5 \text{ mg} / 46 \text{ g/mol} = 0,054347 \text{ mmol}$ 'dür.

Analizle belirlenen nitrit miktarı $0,236857 \text{ mg} / 46 \text{ g/mol} = 0,00514 \text{ mmol}$ 'dür.

2 mol NaNO_2 den 1 mol NO_2 oluştuğuna göre (Bakınız: denklemler) analizlenen nitrit mol sayısının karşılığı $2 \times 0,00514 \text{ mmol} = 0,0103 \text{ mmol}$ NaNO_2 dir.

Sonuç olarak, NaNO_2 den ortaya çıkan NO_2 gazının nitrit anyonu halinde tayin edilebilme verimi, pH ı 2,5 olan sodyum asetat çözeltisinde yapılan absorpsiyon ile % 18,95 olmaktadır.

8. pH = 2,1 olan absorpsiyon çözeltisinin kullanılmasıyla ele geçen örneğin 0,106 absorbans verdiği gözlemlendi ve 197,19 ppb nitrit konsantrasyonu belirlendi.

Absorpsiyon çözeltisindeki nitrit miktarı $197,19 \text{ ng/mL} \times 100 \text{ mL} \times 10$ (seyreltme faktörü) = 0,19719 mg NO_2^- dir.

Azot dioksit oluşturma kabına konulan nitrit miktarı 2,5 mg NO_2 içermektedir. Bu miktarda nitrit, $2,5 \text{ mg} / 46 \text{ g/mol} = 0,054347 \text{ mmol}$ 'dür.

Analizle belirlenen nitrit miktarı $0,19719 \text{ mg} / 46 \text{ g/mol} = 0,00428 \text{ mmol}$ 'dür.

2 mol NaNO_2 den 1 mol NO_2 oluştuğuna göre (Bakınız: denklemler) analizlenen nitrit mol sayısının karşılığı $2 \times 0,00428 \text{ mmol} = 0,00857 \text{ mmol}$ NaNO_2 dir.

Sonuç olarak, NaNO_2 den ortaya çıkan NO_2 gazının nitrit anyonu halinde tayin edilebilme verimi, pH ı 2,1 olan sodyum asetat çözeltisinde yapılan absorpsiyon ile % 15,77 olmaktadır.

pH 10 daki Barbitürük Asid Çözeltisinde Absorpsiyon

9. Daha sonra barbitürük asidin konsantrasyonu 10 kat arttırıldı (5×10^{-3} M) ve pH'ı 10 olacak şekilde NaOH çözeltisi ile ayarlandı. Gaz geçirilen absorpsiyon çözeltisinin son hacmi 50 mL dir. 2,5 mL nitrit ana çözeltisinden üretilen gaz çözeltiden geçirildi ve yıkama şişesindeki örneğin pH'ı 11 mL asetik asit ile 3.20'ye ayarlandı; yarım saat kadar oda sıcaklığında bekletildi. Süre sonunda örneğin pH'ı 5.50 oluncaya kadar 33,2 mL NaOH ilavesi yapıldı ve pH 5.50 olarak ayarlandı. Son hacim 100 mL olacak şekilde pH 5.5 tamponu ile örnek seyreltildi. Örnek 310 nm' de 0,359 absorbans gösterdi. Bu değer, kalibrasyon aralığının dışında olduğu için örnek 50 kat seyreltildi ve hesaplamalarda bu seyrelme dikkate alındı. 50 kat seyreltilmiş örneğin absorbansı 0,098 olarak ölçüldü. Bu absorbans, ölçüm örneğinde 180,88 ppb 'ye; seyrelmemiş örnekte ise 9044,06 ppb değerine karşılık gelmektedir. 100 mL son hacimde 0,9044 mg NO_2^- bulunmaktadır. 100 mL son hacim, 50 mL olan tüm absorpsiyon çözeltisinden hazırlandığından, absorbe edilerek ölçülebilen nitrit miktarı 0,9044 mg dır.

Azot dioksit oluşturma kabına konulan nitrit miktarı 2,5 mg NO_2 içermektedir. Bu miktarda nitrit, $2,5 \text{ mg} / 46 \text{ g/mol} = 0,054347 \text{ mmol}$ 'dür.

Analizle belirlenen nitrit nmiktarı ise $0,9044 \text{ mg} / 46 \text{ g/mol} = 0,01966 \text{ mmol}$ 'dür.

2 mol NaNO_2 den 1 mol NO_2 oluştuğuna göre (Bakınız: denklemler) analizlenen nitrit mol sayısının karşılığı $2 \times 0,01966 \text{ mmol} = 0,03932 \text{ mmol}$ NaNO_2 dir.

Sonuç olarak, NaNO_2 den ortaya çıkan NO_2 gazının nitrit anyonu halinde tayin edilebilme verimi, pH ı 10 olan barbitürük asid çözeltisinde yapılan absorpsiyon ile % 72,35 olmaktadır.

Bu değer ortalama değer olup 4 denemenin ortalamasıdır. Tablo III.3 'de bu çalışmaların sonucunda elde edilen sonuçlar bulunmaktadır.

Tablo III.2. Yapılan Çalışmalar

Analiz Sayısı	Seyreltilmiş Örneğin Absorbans Değerleri	Seyreltilmiş Örneğin Konsantrasyonu (µg/L)	Örneğin Konsantrasyonu
1	0,096	176,42	8820,9
2	0,098	180,14	9007
3	0,099	182,00	9100
4	0,099	182,00	9100
Ortalama	0,098	180,14	9007

Standart sapmalar hesaplanıp, relatif standard sapma (RSD) % 1,47 olarak bulunmuştur.

Bu sonuç, oldukça iyi bir sonuçtur. Böylece uygun pH değeri ve azot dioksit absorpsiyonunda kullanılabilen absorpsiyon çözeltisinin bileşimi bulunmuş oldu.

III.2.5. Gaz tübü/akışölçer ve Absorpsiyon Düzeni Kullanarak Azot Dioksit Tutulması

III.2.5.1. Kullanılan Reaktifler

- Ana sodyum nitrit çözeltisi (2.174×10^{-2} M) : 105-110°C’de 4 saat bekletilen ve desikatörde soğutulan analitik saflıktaki sodyum nitrit (NaNO_2) çözeltisinden 1.5 g alınarak pH’ı 5 olan asetat tampon içinde çözülür ve bakteriyel üremeleri engellemek için 0.1 mL kadar kloroform eklenerek 1000 mL’ye tamamlanır. Böylece 1 mg NO_2^- / mL içeren çözelti hazırlanmış olur.
- Standard sodyum nitrit çözeltisi I (2.174×10^{-5} M) : 1 mL ana sodyum nitrit çözeltisinden alınarak pH’ı 5 olan asetat tampon çözelti ile 1000 mL’ye seyreltilir. 1 µg NO_2^- / mL içeren çözelti elde edilir.
- Standard sodyum nitrit çözeltisi II (2.174×10^{-4} M) : Ana sodyum nitrit çözeltisinden 10 mL alınarak pH’ı 5 olan asetat tampon çözelti ile 1000 mL’ye seyreltilir. 10 µg NO_2^- / mL içeren çözelti elde edilir.
- Barbitür asidi çözeltisi (5×10^{-4} M) : 0.064 g barbitür asidi ($\text{C}_4\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_3$) pH’ı 10 olan asetat tamponunda 1000 mL’ye tamamlanarak hazırlanır.

- 5 N ve 10 N sodyum hidroksid (NaOH) çözeltisi
- 0.1 N Asetik asid (CH₃COOH) çözeltisi

III.2.2.2.Kullanılan Cihazlar

- Spektrofometre : Hach Lange marka DR 5000 model tek ışık yollu UV-görünür alan spektrofotometre
- pH metre : Hach Lange marka Sension I model pH metre
- Gazometre : 0,0001 m³ hassasiyetli cihaz.

III.2.2.3.Kalibrasyon Çalışmaları

Şekil III.3.'te anlatılan kalibrasyon yenilendi.

- Kalibrasyon Kontrol Çalışması

Oldukça kolay olan bu düzenek ile kalibrasyon kontrolü yapılmak amaçlanmıştır. Ortaya gazometre cihazımızı yerleştirdik ve gaz giriş ağzına basınçlı tüp içindeki NO₂ gazı bağlandı ve çıkış kısmına da pH'ı 10 olan barbitürik asit çözeltisi yerleştirildi. Gaz tüpünün önüne de bir akışölçer yerleştirildi ve gazı hafif bir şekilde açarak gazın gazometrenin içerisinden çözeltiliye geçişine müsaade edildi ve gazometreden okunan hacim değeri formülde yerine konarak kalibrasyondan karşılık gelen değer ile karşılaştırıldı. Birçok çalışma gerçekleştirildi. Ancak en uygun koşullar tespit edildi.

Gazometreye giden gazın basıncı 0,035 bar olacak şekilde ayarlandı. Sıcaklık 25,6°C olarak ölçüldü. Gazometre'den barbitürik asit çözeltisine 0,0005 m³ gaz geçirildi. Daha sonra pH'ı 10 olan 5x10⁻³ barbitürik asit çözeltisinden 30 mL balon jöjeye eklendi ve 0,1 N asetik asit çözeltisinden 11 mL ekleyerek pH'ı 3.20'ye indirildi ve reaksiyonun gerçekleşmesi için 45 dakika beklendi. Bu süre sonunda absorbans ölçümü yapmak için pH değerleri 33,2 mL 5 N NaOH içeren çözelti ile 5.5'a ayarlandı ve hacimler 100 mL'ye tamamlanarak absorbansları ölçüldü.

III.2.2.4. Sonucun İrdelenmesi

Azot dioksit gaz tüpü ve akışölçer ile tüp içindeki basınç ile akışölçer verilerini kullanarak yapılan hesaplamala sonucunda, bu düzeneğin sabit basınç ve akış sağlamada başarılı olmadığı görülmüştür.

III.2.3. Cıvalı Gazometre Yapımı, Azot Dioksit Absorpsiyonu ve Nitrit Tayini

III.2.3.1.Kullanılan Reaktifler

- Ana sodyum nitrit çözeltisi (2.174×10^{-2} M) : 105-110°C'de 4 saat bekletilen ve desikatörde soğutulan analitik saflıktaki sodyum nitrit (NaNO_2) çözeltisinden 1.5 g alınarak pH'ı 5 olan asetat tampon içinde çözülür ve bakteriyel üremeleri engellemek için 0.1 mL kadar kloroform eklenerek 1000 mL'ye tamamlanır. Böylece 1 mg NO_2 / mL içeren çözelti hazırlanmış olur.
- Standard sodyum nitrit çözeltisi I (2.174×10^{-5} M) : 1 mL ana sodyum nitrit çözeltisinden alınarak pH'ı 5 olan asetat tampon çözelti ile 1000 mL'ye seyreltilir. 1 μg NO_2 / mL içeren çözelti elde edilir.
- Standard sodyum nitrit çözeltisi II (2.174×10^{-4} M) : Ana sodyum nitrit çözeltisinden 10 mL alınarak pH'ı 5 olan asetat tampon çözelti ile 1000 mL'ye seyreltilir. 10 μg NO_2 / mL içeren çözelti elde edilir.
- Metalik Cıva
- Barbitür asidi çözeltisi (5×10^{-4} M) : 0.064 g barbitür asidi ($\text{C}_4\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_3$) pH'ı 10 olan asetat tamponda 1000 mL'ye tamamlanarak hazırlanır.
- 5 N ve 10 N sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi
- 0.1 N Asetik asid (CH_3COOH) çözeltisi
- Nem tutucu olarak silikajel

III.2.3.2.Kullanılan Cihaz ve Malzemeler

- Spektrofometre : Hach Lange marka DR 5000 model UV spektrofotometre
- pH metre : Hach Lange marka Sension I model pH metre
- NO_2 gazı tüpü : 80 ppm, 7,5 L NO_2
- Şeffaf korozyona dayanıklı esnek bağlantı boruları
- Vakum pompası

III.2.3.3. Nitrit İçin Analitik Eğri Eldesi

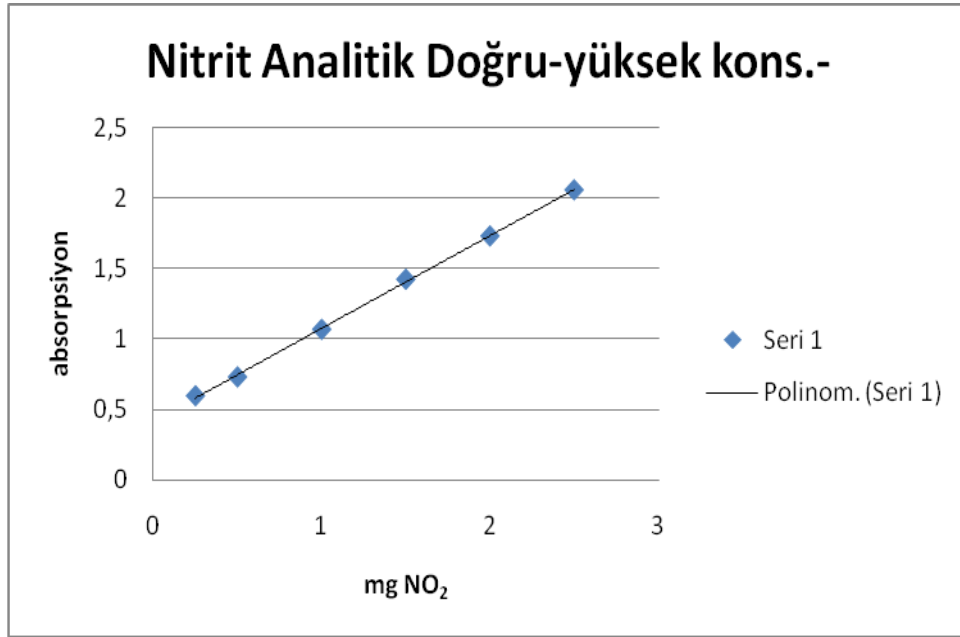
- Yedi adet 100 mL'lik balon jöje alınarak nitrit standartları ve şahit hazırlanır. Balon jöjelere önce 30'ar mL pH'ı 10 olan barbitür asidi çözeltisi ilave edilir.
- Daha sonra ana standarttan sırayla balon jöjelere 25µL; 50µL; 100µL; 150µL; 200µL; 250µL ilave edilerek 0,25; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 ve 2,5 mg NO₂ / L 'lik kalibrasyon standartları hazırlandı.
- Her balon jöjeye yaklaşık 11 mL CH₃COOH (asetik asit) ilave edilerek pH'ları 3.2'ye ayarlandı ve 45 dakika kadar beklendi.
- Süre bitiminde her bir balona yaklaşık 33,2 mL NaOH eklenerek pH'ları 5.5'e ayarlandı.
- Spektrofotometre ile 310 nm dalga boyunda absorbans değerleri kaydedildi. Aynı işlemler şahit için de gerçekleştirildi ve kalibrasyon eğrisi elde edilmiş oldu.
- Tüm standartların konsantrasyon ve verdiği absorbans değerlerini kullanarak kalibrasyon eğrisi hazırlanır.

TabloIII.3. Konsantrasyon-Absorbans Değerleri

Conc. (mg NO ₂ ⁻ / L)	Abs.
0	0*
0.25	0,594
0.5	0,728
1.0	1,066
1.5	1,422
2.0	1,73
2.5	2,058

* Şahit çözelti (0 mg NO₂ / L için 0,43 absorbans elde edilmiş ve cihaz sıfırlanmıştır.)

Elde edilen verilerle kalibrasyon grafiği çizildi (Şekil III.5).



Şekil.III.5. Yüksek konsantrasyonlu nitrit analizi için analitik doğru ($\text{mg NO}_2/\text{L} = 0,0102 A^2 + 1,4919 A - 0,6167$ $R^2 = 0,9995$)

- Kalibrasyon Kontrol Çalışması
 - ❖ Cıvalı gazometre oluşturmak için düzenek hazırlanır.
 - ❖ Önce iki eşit uzunlukta derecelendirilmiş cam kolonlar alttan şeffaf bir boruyla bağlanarak U şekline getirilirler ve kolonlar iki ayrı spora tutturulurlar.
 - ❖ Daha sonra kolonlardan birinin ucuna ayırma hunisi yerleştirilir. Diğer ucuna ise bir adet üçlü musluk yerleştirilerek; üçlü musluğun bir ucuna pH'ı 10 olan barbitür asidi çözeltisi yıkama şişesi içinde yerleştirilir, diğer ucuna ise vakum pompası yerleştirilerek sistemde kaçak olması engellenir.
 - ❖ Barbitürik asit çözeltisi ile vakum pompası arasında bir adet ikili musluk daha yer alır. Barbitür asidi çözeltisinin bulunduğu yıkama şişesinin giriş kısmı, içinde silikajel bulunan nem tutucuya bağlıdır ve oradan da NO₂ kalibrasyon gazı tüpüne bağlanır.



Şekil.III.6 Gazometre ve örnek alma düzeneği

- ❖ Bu arada ortama basıncı ölçmek için bir barometre yerleştirilir.



Şekil.III.7. Ortamdaki barometre

*Gaz olarak 7.5 L NO₂ gazı(%99.9 saf) tüpü kullanıldı.



Şekil.III.8. NO₂ gazı tüpü

- ❖ Cam kolonların içi metalik cıva ile dolduruldu.



Şekil.III.9. Cıva dolu kolonlar

- ❖ Aşağıda Şekil III.8’de nem tutucu gösterilmektedir.



Şekil.III.10. Nem tutucu

- ❖ Gaz tüpü kapalı iken cıva kolonuna giriş vanası da kapalı tutulur.
- ❖ Vakum pompası çalıştırılır ve barbitürik asit içeren yıkama şişesine bağlanan vana ve mohr pensi açılır.

- ❖ Barbitürük asit çözeltisinin yıkama şişesinin borusundan yükselmesi izlenir. Vakuma bağlı olan mohr pensi sıvı seviyesine bakılarak dikkatlice sıkılır. Vakumla yıkama şişesinin şilifine kadar sıvı, pompa yardımıyla çekilir.
- ❖ Daha sonra vana kapatılır. Böylece ortamda gaz kalmaması sağlandı.
- ❖ Pompa kapatılarak vakum işlemi sona erdi.
- ❖ Kolondaki cıva seviyesi ayarlanarak üçlü musluğun boğumuna kadar cıva yükseltilir. Bu arada kolondaki cıva seviyesi kaydedilir. Sonra üçlü musluğun yönü cıva kolonuna doğru açılır.
- ❖ NO₂ gazı yavaşça açılır ve ikili musluk da açılır böylece cıva dolu olan kolonlara gaz geçmesi sağlanır ve iki kolon arasındaki cıva seviyesi ölçülür, hacim kaydedilir.
- ❖ Daha sonra musluk yavaşça barbitürük asit çözeltisine doğru çevrilir. Hacmini bildiğimiz gazı çözeltiye gönderiyoruz.
- ❖ Gaz çözeltiden geçirilir.
- ❖ Bu arada dış basınç barometre ile ölçülür ve kaydedilir.
- ❖ Ortam sıcaklığı ölçülür ve denge halinde cıva seviyeleri arasındaki mesafe ölçülür ve hacim kaydedilir.
- ❖ pH değeri asetik asit ilavesiyle 3,2'ye indirilir. Yaklaşık 30-40 dakika beklenir.
- ❖ Bekleme süresi bittikten sonra pH değeri NaOH ile 5,5 olacak şekilde ayarlanır ve absorbans okuması yapılır. Absorbans değerleri kalibrasyon eğrimizin üzerinde çıktığı için çözeltiler 10 kat seyreltildi.
- ❖ Bu çalışma birkaç defa tekrarlanır.
- ❖ Okunan absorbans değerleri Şekil III.5.'teki kalibrasyon grafiğinde yerine konarak elde edilen konsantrasyon değerleri bulunur.
- ❖ Daha sonra uygulanan çalışmalar hesap yoluyla da doğrulanarak kontrol edilmiş olur ve verim yüzde olarak hesaplanır.

III.2.3.4. Hesaplamalar

Aşağıdaki tabloda yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen absorbans değerleri ve onlara karşılık gelen NO₂ miktarları bulunmaktadır.

Tablo III.4. Yapılan Çalışmalar

Absorbans Değerleri	Seyreltilmiş numunenin Konsantrasyonu (mg NO ₂ / L)	Numunenin Konsantrasyonu
1,156	1,122	11,22
1,163	1,1322	11,32
1,148	1,109	11,09
1,159	1,126	11,26
1,165	1,135	11,35

Tablo III.3.'teki değerlerin ortalaması alınarak hesap yoluyla elde edilen değerler arasındaki karşılaştırma yapılır ve bu çalışma ile elde edilen verim hesaplanır.

Bu çalışmalar sonucu elde edilen ortalama konsantrasyon değeri ise;

$$(11,22 + 11,32 + 11,09 + 11,26 + 11,35) / 5 = 11,25 \text{ mg NO}_2/\text{L}' \text{ dir.}$$

Aşağıdaki verileri kullanarak formülde yerine koyduğumuzda çıkan sonuçla elimizdeki bu konsantrasyon değerini kıyaslayarak kalibrasyonumuzun kontrolünü yapmış ve gazometremizin doğruluğundan emin oluruz.

$$P = 76,7 \text{ cm-Hg} = 1,0092 \text{ atm}$$

$$V_2 = 15,4 \text{ mL}$$

$$V_1 = 14 \text{ mL}$$

$$\Delta V = 15,4 - 14 = 1,4 \text{ mL} = 0,0014 \text{ L}$$

$$t = 17,3^\circ\text{C} = 290,3 \text{ K}$$

$$PV = nRT$$

$$1,0092 \times 0,0014 \times 0,999 = n \times 0,082 \times 290,3$$

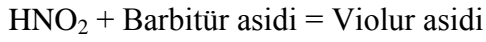
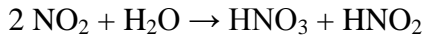
$$n = 5,929 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$$n = m / m_A \Rightarrow m = n \times m_A$$

$$m = 0,00005929 \times 46 \text{ g NO}_2/\text{mol}$$

$$m = 0,00273 \text{ g NO}_2 \text{ (geçen)}$$

Aşağıdaki denklemlere göre, 2 mol azot dioksitten 1 mol violur asidi oluşmaktadır.



Absorpsiyon çözeltisinden geçirilen gazdaki NO₂ mol sayısından başlayarak çözeltide olabilecek nitrit mol sayısı hesaplanırsa, 0,00005929 mol NO₂ (gaz) x 0,5 mol HNO₂ / mol NO₂ = 2.96x10⁻⁵ mol NO₂ (HNO₂ halinde) bulunur. Bu değer, 1,3616 mg NO₂⁻ e karşılıktır.

Bu arada yapılan absorpsiyon sonucu elde edilen ortalama NO₂ konsantrasyonu (11,25 mg NO₂/L) olup, absorpsiyon çözeltisi 100 mL'ye tamamlandığı için örnekteki nitrit konsantrasyonu,

$$(11,25 \text{ mg NO}_2/\text{L} / 1000 \text{ mL}) \times 100 \text{ mL} = 1,125 \text{ mg NO}_2^- \text{ olarak bulunur.}$$

Sonuç olarak, yaptığımız bu çalışmada gaz halindeki azot dioksidin violur asidine dönüşme verimi;

1,125 / 1,36 = 0,8272 olarak bulunmuştur. Yani bu çalışma ile ortalama olarak % 82,72 verim elde edilmiş oldu.

BÖLÜM IV

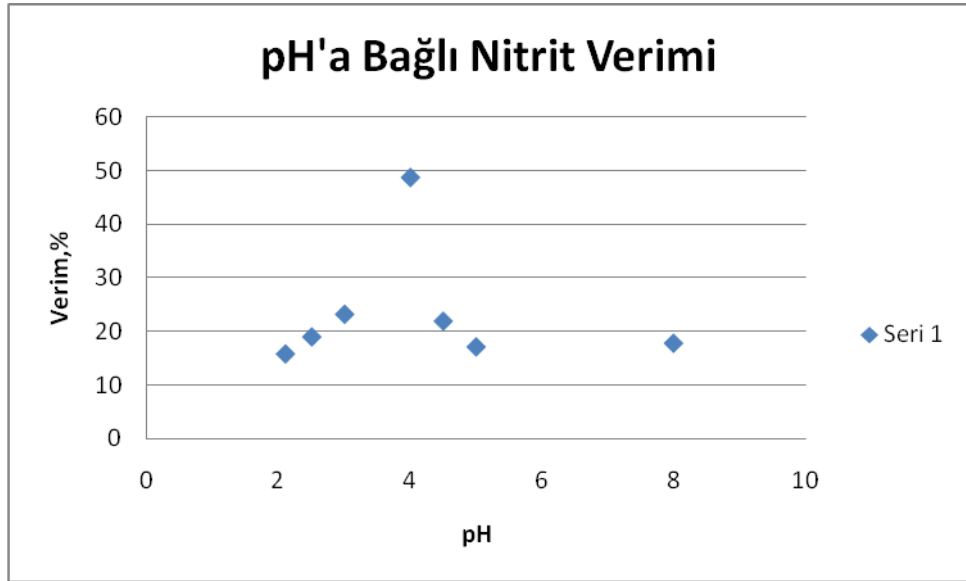
SONUÇLAR

IV.1. Tartışma Ve Değerlendirme

Bu çalışma ile bazik barbitürük asit çözeltisinde gaz halindeki azot dioksidin nitrit halinde %82 verim ile tutulabildiği ve daha sonra spektrofotometrik olarak analiz edilebildiği görülmüştür. Nitritin, barbitür asidi çözeltisine geçirilmesi için farklı PH lardaki çözeltilerle çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda her pH da nitritin farklı miktarlarının çözeltiye geçtiği gözlemlenmiştir. Nitrit asidi ile reaksiyon veren barbitür asidinin ortamda bulunmasının faydalı olduğu ve absorpsiyonu kuvvetlendirdiği belirlenmiştir. Bu nedenle absorpsiyon şişesindeki barbitür asidi çözeltisinin pH değerleri değiştirilerek uygulama tekrarlanmıştır. En uygun durum, absorpsiyon şişesine konan barbitür asidi çözeltisinin pH'ının 10 olduğu durumdur. Çözeltiden azot dioksit geçirildikten sonra çözelti pH'ı 3.20'ye indirilerek violur asidi oluşumu sürdürülmekte ve normal çalışma sırasına devam edilmektedir. Yapılan çalışmalarda nitritin ancak barbitür asidinin bulunduğu bazik bir çözeltiye yüksek oranda geçtiği tespit edilmiştir.

Barbitür asidi içermeyen çözeltilerde azot dioksit gazından nitrit vermek üzere absorpsiyon ve spektrofotometrik ölçüm işlemleri çok değişkenli olup, kontrolü zor ve dolayısıyla güvenilirliği düşük bir analiz olarak ortaya çıkmaktadır. Absorpsiyon çözeltisinin niteliği, NO₂ absorpsiyonun verimliliğine etki etmektedir. Örneğin %14 asetik asid çözeltisinde absorbe edildikten sonra önce %0,02 lik sulfanilik asid ve 15 dakika sonra %0,002 lik N-(1-naftil)-etilendiamin dihidroklorür eklenerek yapılan analizde NO₂ molü başına nitrit mol sayısı 0,48 iken, NO₂ gazının yukarıdaki kenetleme karışımının %0,5 sulfanilik asid + %0,002 N-(1-naftil)-etilendiamin dihidroklorür 'ün asetik asildi çözeltisinden geçirilmesi ile nitrit mol sayısı 0,64-0,72 gibi değişik oranlarda olmaktadır [15].

IV.1’de barbitür asidi içermeyen çözeltilerde azot dioksidin nitrit haline dönüşüm verimi verilmiştir.



Şekil.IV.1. Barbitür asidi içermeyen değişik pH’lardaki çözeltilerde azot dioksidin nitrit halinde tutulma verimleri.

Bazı çalışmalarda bu çalışmamızda yaptığımız gibi ($\text{NO}+\text{NO}_2$) karışımı NO_2 ’e tamamen dönüştürülmemiş; fakat iki yıkayıcı kullanarak ikinci yıkayıcıda oksidasyon işlemi yapmışlardır [16].

Çalışmamızın sonucunda, nitrit anyonunun barbitür asid ile violur asidi vermek üzere reaksiyona girmesinden faydalanan analitik yöntemin [8] gaz halindeki azot dioksidin havada veya diğer gaz ortamlardan örneklemeler yapılarak analiz amacıyla uygulanabileceği ve düzeltici çarpım faktörü olarak (1/0,8272) kullanılabilceği ortaya konmuştur.

KAYNAKLAR

- [1] A.L. , “Simultaneous N₂O and NO Reduction Over Carbon Supported Catalysts” , Solano 80(2003)153-159.
- [2] Öztürk, M. , “Şehir İçi Bölgelerde Hava Kirliliğinin Sağlık Üzerine Etkileri” , Çevre Ve Orman Bakanlığı, ANKARA,(2005).
- [3] İlhan, A.İ. ; Dündar, C. ; Öz, N. ; Kılınç, H. , “Hava Kirliliği Ve Asit Yağmurlarının Çevre Ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri” , Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü,(2004).
- [4] Haşimoğlu, C. , “Dizel Motorlarında Azot Oksit (NO_x) Kontrol Yöntemleri”, S.Ü. Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, KONYA,(2008)42031.
- [5] www.boyutpedia.com
- [6] Brohi, A. ;Karaman, M.R. , “ Azotlu Gazların (N₂, N₂O, NO₂, NO, NH₃) Atmosferik Dönüşüm Olayları Ve Çevrede Yol Açtığı Olumsuz Etkiler”, G.Ü. Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Ekoloji Çevre Dergisi, TOKAT(1995)16.
- [7] Bajic, J.Stanley ; Jaselskis, Bruno , “Spectrophotometric determination of nitrate and nitrite in natural water and sea-water ” , Loyola University of Chicago, Department of Chemistry, Chicago, U.S.A. (1984) IL 60626.
- [8] Aydın, Adnan ;Ercan, Özgen ;Taşcıoğlu, Sülün , “A Novel Method For The Spectrophotometric Determination Of Nitrite In Water” , Talanta 66(2005)1181-1186.
- [9] Helaleh, Murad I.H. ;Korenaga, Takashi, “Sensitive Spectrophotometric Determination Of Nitrite In Human Saliva And Rain Water And Of Nitrogen Dioxide InThe Atmosphere” , University of Tokushima, Faculty of Integrated Arts and Science, Tokushima, JAPAN(2001)53-8.

- [10] Rathore, H.P.S. ; Tiwari, S.K. , “Spectrophotometric determination of nitrite in polluted waters using 3-nitroaniline” , Department of Chemistry, Aligarh Muslim University, , INDIA, Elsevier 242(1991) 225-228.
- [11] Ensafi, Ali A. ; Keyvanfard, M. , “Selective Kinetic Spectrophotometric Determination Of Nitrite In Food And Water” , Isfahan University of Technology, Isfahan, IRAN , Elsevier 65(2000) 159-163.
- [12] McNulty, J.A. ; Moore, R.T. , “Environmental Pollution” , U.S.A. , Elsevier 116(2002)S7-S16.
- [13] Bajeva, Anil K. ; Nair, Jagadeesan ; Gupta, V.K. , “Extraction-Spectrophotometric Determination Of Sub-microgram Amounts Of Nitrite Using 4-Nitroaniline And Naphth-1-ol” , Department of Chemistry, Ravishankar University, INDIA, Analyst 106(1981) 955-959.
- [14] Shnidman, L, and Yeaw,J.S, Am. Gas Assoc. Proc, 24 (1942) 277.
- [15] Saltzman B.E.:”Colorimetric Microdetermination of Nitrogen Dioxide in the Atmosphere”, Analytical Chemistry, 26 (1954) 1949-1955.
- [16] Lyshkow N.A.; U.S.Patent 3,667,918 June 6, 1972, assigned to Pollution Monitors,Inc.

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Hatay Antakya'da doğdum. İlköğretimi Reyhanlı Eşref Mursaloğlu İlkokulu'nda okudum. Ortaokul ve liseyi okuduğum Özel Hatay Doğuş Lisesi'nden 1999 yılında okul 2.'si olarak mezun oldum. 1999 yılında girdiğim Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Kimya Öğretmenliği Bölümünden 2004 yılında mezun oldum. 2005 yılında Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalında Yüksek Lisans yapmaya hak kazandım. Yabancı Dilim İngilizcedir.

2006 yılından bu yana Artek Mühendislik Çevre Ölçüm ve Danışmanlık Hizm. Ltd. Şti.'nde laboratuvar bölümünde analist olarak çalışmaktayım.