

**T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

**AİLE VE TÜKETİCİ HİZMETLERİ**

**HAVA KİRLETİCİLERİNİN ÖLÇÜMÜ**

**Ankara, 2014**

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

# İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR .....	ii
GİRİŞ .....	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1 .....	3
1. HAVA KİRLETİCİLERİ.....	3
1.1. Kükürt Dioksit ve Metalik Partiküller.....	3
1.2. Atmosferdeki Metalik Partiküller .....	4
1.3. Azot Oksitler .....	7
1.4. Karbonoksitler.....	9
1.5. Ozon Foto Kimyasal Oksitleyiciler ve Hidrokarbonlar .....	9
UYGULAMA FAALİYETİ .....	12
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	14
ÖĞRENME FAALİYETİ-2 .....	15
2. HAVA KİRLETİCİLERİ ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ.....	15
2.1. Hava Kirliliği Ölçüm Araçları .....	15
2.2. Kükürt Dioksit ve Metalik Partiküllerin Ölçümü.....	17
2.3. Atmosferdeki Metalik Partiküllerin Ölçümü .....	17
2.4. Azot Oksitlerin Ölçümü .....	18
2.5. Karbon Oksitlerin Ölçümü.....	18
2.6. Ozon Foto Kimyasal Oksitleyiciler ve Hidrokarbonların Ölçümü .....	20
UYGULAMA FAALİYETİ .....	25
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	27
MODÜL DEĞERLENDİRME .....	29
CEVAP ANAHTARLARI.....	31
KAYNAKÇA.....	32

# AÇIKLAMALAR

<b>ALAN</b>	<b>Aile ve Tüketici Hizmetleri</b>
<b>DAL/MESLEK</b>	<b>Çevre Hizmetleri</b>
<b>MODÜLÜN ADI</b>	<b>Hava Kirleticilerinin Ölçümü</b>
<b>MODÜLÜN TANIMI</b>	Hava kirleticilerinin ölçümü hakkında gerekli bilgileri verildiği öğrenim materyalidir.
<b>SÜRE</b>	<b>40/24</b>
<b>ÖN KOŞUL</b>	
<b>YETERLİK</b>	Hava kirleticilerini ölçerek sonuçlarını rapor etmek
<b>MODÜLÜN AMACI</b>	<b>Genel Amaç</b> Uygun ortam ve koşullar sağlandığında; hava kirleticilerini tekniğe uygun ölçecek ve sonuçlarını rapor edebileceksiniz. <b>Amaçlar</b> <b>1.</b> Hava kirleticilerini tekniğe uygun araştırabileceksiniz. <b>2.</b> Kükürt dioksit ve partiküler molekül kirleticileri tekniğe uygun ölçebileceksiniz.
<b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b>	<b>Ortam:</b> Sınıf ortamı, İnternet ortamı <b>Donanım:</b> Yazılı, görsel yayınlar, tepegöz, konuyla ilgili afiş, broşür vb.
<b>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME</b>	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

# GİRİŞ

## **Sevgili Öğrenci,**

Son yıllarda hızlı artan dünya nüfusu, sanayileşme, şehirleşme ve bu artışa bağlı olarak artan enerji ihtiyacı fosil yakıtların kullanımının artmasına neden olmuştur. Fosil yakıtların kullanımındaki artış atmosfer pozisyonunda da gittikçe artan değişikliğe neden olmuştur. İnsanlar seçme şansı olmadan çevrelerindeki havayı solurlar. Eğer hava kirli ise hava içinde bulunan partiküller ve kirletici gazlar da solunurlar. Bu kirleticiler insanların akciğerlerine, kalbine ve diğer organlarına zarar verir. Öksürük, gözde yanma, solunum problemi ve kanser gibi pek çok hastalığa neden olmaktadır.

Hava kirleticilerinin örneğin karbonmonoksit (CO), Kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), azot oksitler (NO<sub>x</sub>), uçucu organik karbon (VOC), OZON (O<sub>3</sub>), ağır metaller, solunabilir partiküler maddenin kimyasal kompozisyonu, reaksiyon özellikleri, kısa ve uzun aralıkta difüze olma özellikleri farklıdır. Pek çok doğal fiziksel faaliyetle (volkanlar, yangınlar) atmosfere farklı kirleticiler salınmasına rağmen antropojenik faaliyetlerin (insan faaliyetleri) çevresel kirliliğin asıl nedeni olduğu belirlenmiştir.

Bu modül ile hava kirleticilerinin ölçümü ile ilgili bilgileri öğreneceksiniz.



# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

Hava kirleticilerini tekniğe uygun araştırabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Yaşadığımız çevrede hava kirliliğine neden olan kirleticileri araştırınız.
- Çevrenizde hava kirliliğine neden olan kirleticileri tespit ediniz.

## 1. HAVA KİRLETİCİLERİ

Hava kirleticilerin havaya atıldığı yere veya faaliyete kirletici kaynak adı verilmektedir. Kirlilik kaynağı; orman yangını, volkan püskürmesi vb. doğal kaynaklar ile evsel ısınma araçları, sanayi kuruluşları, taşıtlar gibi yapay kaynaklar olarak incelenmektedir. Hava kirleticiler atmosfere ulaşır, önceleri bir duman huzmesi ya da bulutu halinde taşınırken, bir taraftan da seyrelerek, çökelerek veya atmosferde reaksiyona uğrayarak ortamdaki uzaklaşmaktadır.

Doğal hava bileşimini bozan bütün maddelerin kirletici olarak tanımlanmasına karşılık, yanma reaksiyonunun doğal ürünleri olan karbondioksit ve su buharını klasik hava kirleticiler arasında saymak yanlış olur.

Ülkemizde tüketilen enerji kaynaklarının %41'i konutların ısıtılması amacıyla kullanılmaktadır. Özellikle kış aylarında görülen kirliliğin %90'ından sorumludur. Şehirlerde hava kirliliğinin %40'ını trafik oluşturmaktadır. Yazın bu oran daha da artmaktadır. Şehir merkezlerinde endüstrinin etkisi yaklaşık olarak %20 civarındadır.

### 1.1. Kükürt Dioksit ve Metalik Partiküller

Havadaki kükürtoksitler (SO<sub>x</sub>) içerisinde en önemli pay kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) gazına aittir. Kükürtoksit kirleticilerinin oluşmasının en büyük nedeni, ülkemizde de yaygın olarak tüketilen, ısınma amaçlı kullanılan kömürlerdir. Bir diğeri ise sanayilerde kullanılan kömürlerdir.

Kükürt dioksit renksiz bir gaz olup, havadaki 0,3-1 ppm seviyelerde ağızda kötü bir tat bırakmakta, 3 ppm'in üstünde ise boğucu bir hisse neden olmaktadır.

Kükürt dioksit ve partiküler madde dünyanın bütün kentsel alanlarında fosil kökenli yakıtların yanmasından oluşan hava kirleticilerinin en önemlileridir. Kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) ve partiküler madde (PM) kirletici kompleksinin bileşenlerini oluşturmaktadır.

Kükürt dioksitin havadaki varlığının en önemli sebebi, insan aktivitelerinin oluşturduğu yapay kaynaklardır. Bunun yanı sıra orman yangınları, volkan patlamaları gibi doğal kaynaklardan da az miktarda kükürt dioksit havaya verilmektedir. Atmosfere verilen kükürt konsantrasyonunun en önemli kısmı fosil kökenli yakıtların yanması sonucunda oluşur. Son yıllarda kullanılan yakıtların dikkatli seçimi veya kükürt içeriklerinin bazı işlemlerle azaltılması bu tür yakıtlardan oluşan kükürt dioksit konsantrasyonunu önemli ölçüde azaltmıştır.



**Resim 1.1: Hava kirliliğinin yapay kaynaklarından konutların ısıtılması**

Her saatte bir, yanma sonucunda oluşan kükürt dioksit emisyonlarının %0,5-10'u kükürttrioksite ( $SO_3$ ) dönüşmektedir. Kükürttrioksit ortamda bulunan nem ile reaksiyona girerek sülfürik asit ( $H_2SO_4$ ) meydana gelir. Sülfürik asit havada aerosoller halinde bulunur. Bu asit aerosollerinin ortamdaki katı partiküller, damlacıklar veya diğer kirleticilerle birleşme eğilimi oldukça fazladır. Havadaki sülfürik asitin büyük bir kısmı, yanma sonucunda oluşan kükürt dioksitten, diğer kısmı ise asit üretimi, gübre ve pigment üretimi gibi bazı endüstriyel faaliyetler sonucunda meydana gelmektedir.

Sülfürik asit ve bunun kısmi atmosferik nötralizasyon ürünü olan amonyumbisülfat havadaki aerosolün kuvvetli asit içeriğinin hemen hemen tamamını oluşturur. Havada bulunan diğer asitler ise nitrik asit ve hidroklorik asittir. Bu asitler sis damlacıkları ile birleşmediği sürece havada aerosoller halinde bulunur.

## **1.2. Atmosferdeki Metalik Partiküller**

Atmosferde gazların dışında bileşenler de bulunur. Sıvı veya katı taneciklerin gaz ortamında askıda durmasıyla oluşan toz veya partikül madde diye adlandırılan kirletici türü, ister doğal isterse yapay kaynaklı olsun; çeşitli iklimsel ve hijyenik etkileriyle önem kazanmaktadır. Bu asılı maddelerin çok ince olup havada koloidal süspansiyon oluşturmalarına aerosol denmektedir. Doğal sis olayında asıl etken bu aerosollerdir. Bunun gibi kirlenmeye bağlı yapay sis olaylarında aerosoller etkili olmaktadır.



Tozlar, katı maddelerdir ve doğrudan endüstri veya ısınma tesislerinin atık gazlarıyla havaya atılan kül, kömür, çimento tozları, kum, talaş, toprak gibi maddeler bu sınıfa girer.

- Havanın tozlu olması, yani doğal veya yapay partikül maddelerle dolu olması;
- Görüş mesafesini kısaltmakta,
- Güneş ışınlarının enerji taşıdığı dalga boylarında etkili olarak gelen enerji akışını değiştirmekte,
- İnsanı, hayvan ve bitki sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir.

Bunların dışında partiküller, yüzeyleri üzerinde adsorbladıkları diğer kirleticileri, hava normal derişiklerinin daha yükselmesine neden olarak, bu kirleticilerin zararlı etkilerinin daha yoğun hissedilmesi gibi önemli bir etkisi vardır.

Havada bulunan partiküllerin % 0,01-3'ünü sağlık yönünden çok toksik etkiler gösteren eser elementler meydana getirir. Bunların sağlık yönünden önemi insan dokularında birikime uğramalarından ve muhtemel sinerjik etkilerinden kaynaklanmaktadır. Havadan solunum yolu ile alınan partiküllere ek olarak, yenilen yiyecekler, içilen su aracılığı ile de önemli miktarda metalik partiküller maddeler vücuda alınmaktadır.

Atmosfer kirliliğinin bir bölümünü oluşturan metaller; fosil yakıtların yanması, endüstriyel işlemler, metal içerikli ürünlerin insineratörlerde yakılması sonucunda ortama yayılırlar. İnsan sağlığını geniş çapta olumsuz yönde etkileyen metaller arasında atmosferde yaygın olarak bulunan; kurşun, kadmiyum, nikel, cıva metalleri ve asbest önem taşımaktadır. Diğer metallerin bir kısmı insan yaşamında temel yünden önem taşır, diğer bir kısmının konsantrasyonu ise insan sağlığını tehdit edecek boyutta olmadığından önem göstermez. Belirli limitlerin dışında bulunabilecek her türlü metal, insan sağlığı üzerinde toksik etki gösterir. Bu eser elementlerin konsantrasyon tayinleri "Filtre Sisteminde Kütle Konsantrasyonu" ile toplanan numunelerin analitik işlemlere tabi tutulması ile gerçekleştirilir.

#### ➤ **Kurşun**

Mavimsi veya gümüş grisi renginde yumuşak bir metaldir. Atmosferdeki kurşunun yaklaşık olarak %80-90'ı; yakıtlara katkı maddesi olarak ilave edilen alkil kurşunun yanması sonucunda meydana gelir. Motorlu taşıtlarda kullanılan yakıtların yanması ile atmosfere yayılan kurşun miktarı ülkeden ülkeye, kaynaktan kaynağa değişim gösterir. Ayrıca kurşun cevherinin çıkarılması amacı ile yapılan çalışmalar, endüstriyel faaliyetler, kurşun içeren eşya ve maddelerin insineratörlerde yakılması gibi işlemlerde atmosferik kurşun emisyonuna katkıda bulunur. Havada bulunan kurşunun yeryüzünde birikimi çeşitli yollarla meydana gelir. Bu değişik birikimlere bağlı olarak kurşun maruziyet yolları değişim gösterir. Havadan solunum sistemi, yiyecek ve içeceklerden sindirim sistemi aracılığı ile vücuda girmesi söz konusudur. Havada bulunan kurşunun yaklaşık olarak %15-70'i solunum sistemi, %10'u ise gastrointestinal sistem ile vücuda alınır. Günlük olarak vücuda alınan kurşun miktarı 100-500 µg değerleri arasında değişir.

Kurşunun farklı enzim sistemleri ile etkileşim göstermesi nedeniyle birçok organ veya sistem, kurşun birikimi için odak noktalarını oluştururlar. Kandaki kurşun konsantrasyonunun 0,2 µg/ml limitini aşması durumunda olumsuz sağlık etkileri gözlenir.

Kan kurşun konsantrasyonu; 0,2 µg/ml limitini aşması ile kan sentezinin inhibasyonu, 0,3-0,8 µg/ml limitlerinde duyu ve motor sinir iletişim hızında azalma, 1,2 µg/ml limitinin aşılmasından sonra ise yetişkinlerde geri dönüşü mümkün olmayan beyin hasarları meydana geldiği belirlenmiştir.

#### ➤ **Kadmiyum (Cd)**

Gümüş beyazı renginde bir metaldir. Kadmiyum doğada çinko ile birlikte bulunur. Çinkonun rafinasyonu sırasında yan ürün olarak elde edilir. Kadmiyum bileşikleri; metallerin kaplanması, bakır gibi diğer metal alaşımlarında, alkali bataryalarında, plastiklerde stabilizer veya pigment olarak kullanılmaktadır. Kadmiyum içeren madde veya eşyaların çevreye atılması veya insineratörlerde yakılması ve kadmiyumun kullanımı sırasında yapılan aktiviteler atmosferik kadmiyum kirliliğini meydana getirir. Havadaki kadmiyum fume konsantrasyonu 1 mg/m<sup>3</sup> limitini aşması durumunda, solunumdaki akut etkileri gözlemek mümkündür.

Kadmiyumun vücuttan atılımının az olması ve birikim yapması nedeni ile sağlık üzerine olumsuz etkileri zaman doğrultusunda gözlenir. Uzun süreli maruziyetten en fazla etkilenecek organ böbreklerdir. Yapılan araştırmalarda; böbrekte biriken kadmiyum konsantrasyonunun (yaş ağırlık üzerinden) 200 mg/kg'a ulaşması durumunda, böbrek fonksiyonlarında bozulma olduğu tespit edilmiştir. Böbrekte oluşan hasarın tekrar geriye dönüşü mümkün değildir. Akciğer ve prostat kanserlerinin oluşumunda kadmiyumun etkisi kesin olarak belirlenmiştir.

Dünya Sağlık Örgütü, insan sağlığının korunması için havadaki kadmiyum konsantrasyonunun; kırsal alanlarda 1-5 ng/m<sup>3</sup>, tarımsal faaliyetlerin bulunmadığı kentsel ve endüstriyel bölgelerde 10-20 ng/m<sup>3</sup> aşılmamasını tavsiye etmektedir.

#### ➤ **Nikel**

Gümüşümsü beyaz renkli sert bir metaldir. Atmosferdeki nikel oluşum kaynaklarının başlıcasını, fuel-oil ve bunun kalıntılarının yakılması, nikel madenin işlenmesi ve rafinasyonu, belediye atık insineratörleri, kömürün yakılması oluşturur. Kömürün yanması sonucunda meydana gelen nikel sülfat emisyonu, havadaki nikel sülfat emisyonunun %20-80'ini oluşturur. Havada bulunan nikel uzun süreli maruziyetin insan sağlığına etkileri hakkında güvenilir kanıtlar tespit edilememişse de; nikel işinde çalışanlarda astım gibi olumsuz sağlık etkilerinin yanı sıra, burun ve gırtlak kanserlerine neden olduğu kanıtlanmıştır. Kanserojen etkisi nedeni ile güvenilirlik limitinin belirtilmesi mümkün değildir.



**Resim 1.2: Sanayi kuruluşlarından çıkan kirlenici gazlar**

➤ **Asbest**

Doğada bulunan bir grup kıvrımlı lifler veya silikat türevi mineraller için kullanılır. İnsan aktivitelerinden oluşan emisyonu aşağıdaki şekilde sınıflandırılır;

- Madencilik ve değirmencilik
- Asbest ürünlerinin imalatı
- İnşaat aktiviteleri
- Asbest içeren ürünlerin kullanımı ve taşınması
- Atıklar

Son yüz yıl içinde asbest kullanımı ve üretimi önemli ölçüde artmıştır. Birçok Batı Avrupa ülkesinde inşaat sektöründe kullanılan miktar, asbestin sağlık üzerindeki olumsuz etkileri hakkında yapılan tartışmalardan önce belli bir seviyede sabit kalmıştır. Şehir atmosferinde bulunan asbest emisyonunun en büyük kaynağı taşıt araçlarının fren balatalarıdır.

Birçok çalışmalarla asbestin; mezotelioma, gırtlak kanserleri ve asbesitosiz gibi sağlık etkilerini yaptığı tespit edilmiştir. Ancak, genelde bu etkiler asbest işinde çalışanlarda tespit edilmektedir. Düşük konsantrasyonlara uzun süreli maruziyet ile ilgili veriler bulunmamaktadır. Dünya Sağlık Örgütü, asbestin kanserojen etkisi nedeni ile güvenilirlik limitini belirtmemektedir. Ancak asbest maruziyetinin mümkün olduğunca asgari seviyeye indirilmesini önermektedir.

### **1.3. Azot Oksitler**

Azot oksitler havadaki en önemli kirlenici gazlardandır. Yanma sürecinde yüksek sıcaklık bölgesinde oluşan azot oksitler ile bunun daha ileri oksitlenme ürünü olan gazlarının toplamından oluşur.

Azot oksitler uçucudur ve atmosferdeki kirliliğin başlıca kaynaklarından biridir. Azot oksit gazları atmosferde rüzgâr yardımı ile çok uzun mesafelere taşınabilir. Azot oksitler, petrol gibi fosil yakıtların yanmasıyla ve uçucu organik moleküllerin güneş ışığıyla tepkimesi sonucu oluşur. Asit yağmurlarına ve solunum yolları hastalıklarına yol açar. Bitkiler için öldürücü etkisi vardır. Diazot monoksit (N<sub>2</sub>O) gülme gazı olarak da bilinir. Bu gazı soluyan kişide sarhoşluk etkisi ve kriz biçiminde gülme isteği uyandırır. Bu etkisinden tıpta anestezide yararlanılır. Roket yakıtında ve nitrik asit üretiminde kullanılan azot dioksit, oksijenle hızlı tepkimeye giren azot monoksitten elde edilir.

Gelişmekte olan ülkelerde genel olarak kükürt dioksit ve partikül madde emisyonu azalırken azot oksit emisyonu artmaktadır; çünkü bu tür ülkelerde taşıt sayısı ve sanayi artmaktadır.



**Resim 1.3: Taşıt sayısının artması**

Fosil kökenli yakıtların yanması sonucunda yüksek sıcaklıklarda meydana gelen azot oksitlerin çok az miktarını azot dioksit, en fazla kısmını da azot monoksit oluşturur. Atmosfere yayılımı; taşıt egzozları, insineratörler, kimyasal işlemler, ısınma amacı ile kullanılan bazı fosil kökenli yakıtların yanması, elektrik üretimi gibi emisyon kaynaklarından olmaktadır. İç ortamdaki azot oksit kaynakları ise; tütün içimi, gaz (likit doğal-gaz yağı gibi) yakıtları kullanan soba ve evsel cihazlardır. Belirtilen aktiviteler sonucunda dış ortama verilen azot monoksit, atmosferde azot dioksite oksitlenir. Bu oksidasyon, ozon gibi atmosferik oksitleyicilerin katalizörlüğü ile hızlanır. Gerek atmosferdeki konsantrasyonu, gerekse özelliği nedeni ile insan sağlığına en fazla olumsuz etki gösteren azot bileşiği azot dioksittir. Ülkelerin gelişmişlik statüleri; bu statünün sembol, olarak kullanılan azot oksidin konsantrasyonu ile tanımlanmaktadır.

Azot monoksit gaz halinde renksiz, likit halde iken mavi renkli olan, havanın yapısında eser miktarda bulunan bir bileşiktir. Azot dioksit gaz halinde iken kahve renkli, likit halde sarı renkli olup; havada, azot monoksitin oksidasyonu ile oluşur. Ultraviyole ışınlarını fazla miktarda absorbe etme özelliğine sahiptir. Azot monoksitin oksitlenmesi, ortamdaki azot monoksitin ve oksijenin konsantrasyonuna bağlıdır. Havadaki azot monoksitin azot dioksite dönüşümü güneş ışığı, hidrokarbon ve ozonun varlığına bağlı olarak artar.

## 1.4. Karbonoksitler

Karbonmonoksit (CO), rensiz, kokusuz ve havanın ortalama mol ağırlığına yakın mol ağırlığında bir gaz olup, hem kaynaklandığı nokta etrafında iyi dağılmayan, hem de rensiz ve kokusuz olması sebebiyle varlığı fark edilmeyen bir kirleticidir.

Fosil yakıtların kullanılması, egzoz gazları, orman yangınları ve kapalı mekânlardaki sigara dumanı gibi nedenlerle atmosfere büyük oranda karbonmonoksit (CO) gazı yayılır. Karbonoksitleri baş dönmesi ve reflekslerde yavaşlamaya sebep olur. Havada yüksek oranda bulunmaları ölümlere neden olabilir.

## 1.5. Ozon Foto Kimyasal Oksitleyiciler ve Hidrokarbonlar

Ozon doğal olarak atmosferde şimşek, yıldırım gibi elektriksel olayların sonucunda meydana gelmektedir. Ozon en kuvvetli oksitleme ajanıdır. Troposferde, güneş ışınlarının azot dioksite dolaylı etkisi sonucunda oluşmaktadır. İnsan faaliyetleri sonucunda, atmosferde önemli bir ozon emisyonu oluşmaz. Havada bulunan ozon, atmosferde kirleticiler arasında meydana gelen reaksiyonlar sonucunda oluşur.

Ozonun oluşumu ve atmosferden doğal uzaklaşma olayları güneş radyasyonunun azot dioksit üzerine etkisi sonucu bir dizi reaksiyon ile gerçekleşmektedir. Atmosferde bulunan uçucu organik bileşikler ve hidroksil radikalleri, dengedeki ozon konsantrasyonunun bozulmasına neden olur. Fotokimyasal reaksiyonlar sırasında; ozondan ayrı olarak hidrojen peroksit, nitrik asit, peroksinitratlar gibi oksitleyiciler, ikincil aldehitler, formik asit, ince partiküller meydana gelmektedir. Ozonun troposferdeki doğal (background) konsantrasyonu hava kirliliğinden uzak bölgelerde ölçülmüştür. Bu ölçümü Atlantik Okyanusu'nun 3000 metre yüksekliğinde gerçekleştirilmiş, 24 saatlik ortalama değer 120 µg/m<sup>3</sup> (0,06 ppm) olarak belirlenmiştir.

Atmosferdeki fotokimyasal reaksiyonlar sırasında, havadaki ozonun oksitleyici madde olarak kullanılması nedeni ile; ortamdaki azot dioksit konsantrasyonu artarken ozon konsantrasyonunun azalması sonucunda, ozonun bir miktarı ortamdaki uzaklaşır. Bu nedenle kentsel alanlardaki ozon konsantrasyonu kırsal alandan daha düşük seviyededir. Havadaki ozon konsantrasyonu; ozonun oluşumuna, taşınmasına, fotokimyasal reaksiyonlara, meteorolojik faktörlere bağımlı olarak değişim gösterir. Örneğin, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde en yüksek ozon konsantrasyonu tespit edilmektedir.

Ozon, peroksiasetil nitrat (PAN) gibi önemli organik ve inorganik aerosollerin oluşumuna da katkıda bulunur. Atmosferde hava kirliliğinin mevcut olduğu hallerde PAN ve homologları; azot trioksit ve asilat arasındaki reaksiyon sonunda meydana gelir.

PAN'ın oluşumu ve dönüşümü ozonunkine benzer. Bu oluşumda ilk önce PAN daha sonra ozon yer almaktadır. Ozon/PAN oranı sabit olmayıp, mevsimlere göre değişim gösterir. Avrupa'nın bazı kesimlerinde yapılan ölçümlerde maksimum PAN konsantrasyonu 80-90 µg/m<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir.

Çok kuvvetli bir oksitleyici olan ozon, her türlü biyolojik materyalle reaksiyona girmektedir. Ozonun özellikle akciğer fonksiyonları üzerinde önemli ölçüde zararlı olduğu tespit edilmiştir. Genelde, ozon maruziyeti 1-3 saatlik süreyi kapsamaktadır.  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  oksitleyici konsantrasyonuna maruziyet; göz, burun ve boğaz tahrişine, göğüs sıkışması, öksürük ve baş ağrısına neden olmaktadır. Çocuk ve gençlerde akciğer fonksiyonlarının azalmasına sebep olan konsantrasyon ise  $160-300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. Dünya Sağlık Örgütü tarafından insan sağlığının korunması için maruziyet sürelerine göre aşılmaması gereken sınır değerler; 1 saat için  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 8 saat için  $100-120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak önerilmektedir.

Hidrokarbonlar, havadaki diğer kirleticilerin birbirleri arasındaki reaksiyonlarda rol oynamaları nedeni ile kirletici olarak önem kazanmaktadır. Hidrokarbonlar adlandırılmalarından da anlaşılacağı gibi, karbon ve hidrojen atomlarından meydana gelmişlerdir. Karbonun değişken kimyası nedeni ile tabiatta metandan uzun zincirli polimerlere kadar değişik hidrokarbonlar mevcuttur. Havada bulunan hidrokarbonları kirleticilik etkisi yönünden ikiye ayırmak mümkündür. Bunlar; reaktif hidrokarbonlar ve reaktif olmayan hidrokarbonlar olarak adlandırılırlar. Fotokimyasal reaksiyona girmeyen ve bu nedenle de reaktif olmayan hidrokarbonlar olarak adlandırılan hidrokarbonların en önemlisi ( $\text{CH}_4$ ) metandır. Metan doğal olarak, biyolojik (özellikle bitkisel) aktiviteler sonucunda atmosfere yayılmaktadır. Kentsel alanlarda bulunan metan gazı ise, daha ziyade doğal gaz kullanılan yerlerde, dağıtım şebekesinden sızıntı veya gazın tam yanmaması sonucu atmosfere yayılmaktadır.

Reaktif hidrokarbonların çoğu teknolojik işlemler sonucunda atmosfere yayılmaktadır. Örnek olarak; petrol ve doğal gaz gibi yakacakların yanması sırasında açığa çıkan tam yanmamış hidrokarbonlar ile petrol ürünlerinin işlenmesi sırasında oluşan hidrokarbonlar gösterilebilir. Doğal faaliyetler sonucunda oluşan metan gazının doğal seviyesinin (background)  $0,7-1,5 \text{ ppm}$  olduğu ve diğer (reaktif) hidrokarbonların her birinin konsantrasyonunun  $0,1 \text{ ppm}$ 'den az olduğu belirlenmiştir.

Atmofere yayılan toplam hidrokarbon kirliliğinin yarıdan fazlasını metan oluşturmaktadır. Kentsel alanlarda bir saatlik ortalama maksimum konsantrasyon  $8-10 \text{ ppm}$  olarak ölçülmüştür. Avrupa ülkelerinde tespit edilen bu konsantrasyonun yarısını reaktif hidrokarbonların oluşturduğu belirlenmiştir. İnsanların teknolojik faaliyetleri sonucunda ortama verilen hidrokarbonların tamamına yakını reaktif hidrokarbonlar meydana getirmektedir. Bu reaktif hidrokarbonların çoğunun kaynağını taşıt araçları oluşturmaktadır.

Hidrokarbonların kendi toksisitelerinden daha fazla, ortamdaki diğer kirleticilerle yaptıkları reaksiyonlar sonucunda oluşan ozon, peroksiasetil nitrat (PAN), gibi fotokimyasal oksitleyicilerin çevrede önemli rol oynamaları sebebi ile hidrokarbonlar "zararlı etken" olarak kabul edilmektedirler. Reaktif hidrokarbonlar, fotokimyasal oksitleyicilerin oluşum reaksiyonlarına girerler. Bu reaksiyonlar dizisi, havadaki azot dioksitin fotolizi sonucunda meydana gelen atomik oksijenle başlar.

- Hidrokarbon maruziyeti ile ilişkin olarak, gerek insan gerekse hayvanlar üzerinde yapılan araştırma sonuçları
- Alifatik ve alisiklik hidrokarbonların  $500 \text{ ppm}$  limit değerinin üzerindeki konsantrasyonların sağlık üzerine etkileri tespit edilememiştir.

- Aromatik hidrokarbonların özellikle mukoz doku üzerinde tahriş edici etki gösterdikleri, buharlarının solunması sonucunda sistemik etki gösterdikleri ve bu etki limitinin 25 ppm olduğu belirlenmiştir.
- Havada hidrokarbonların azot oksitleri ile birlikte bulunmaları durumunda, göz irritasyonunun arttığı gözlenmiştir.
- Aldehitlerin gerek insan gerekse hayvanlarda; göz irritasyonuna, üst solunum yollarında ve deri üzerinde olumsuz etkiler yaptığı belirlenmiştir. Aldehitlerin fizyolojik etkileşim limitinin 0,06 ppm olduğu tespit edilmiştir.

Genel olarak, hidrokarbonlar havadaki fotokimyasal smog oluşumuna, göz irritasyonuna ve diğer sağlık etkilerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

## UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek hava kirleticileri konusunda bir araştırma yaparak sınıf panosu hazırlayınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Hava kirleticileri ve etkileri hakkında araştırma yapınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Yazılı ve görsel kaynaklar ile İnternette yararlanabilirsiniz.</li><li>➤ Farklı yerlerden elde ettiğiniz dokümanları düzenleyip not edebilirsiniz.</li><li>➤ Elde ettiğiniz dokümanları karşılaştırarak hava kirleticilerin çevreye etkilerinin günümüzdeki durumu hakkında değerlendirme yapabilirsiniz.</li><li>➤ Dokümanlarınızı destekleyecek görseller araştırabilirsiniz.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Hava kirleticilerin etkilerini azaltmak için alınabilecek önlemler ile ilgili araştırma yapınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Yazılı ve görsel kaynaklar ile İnternette yararlanabilirsiniz.</li><li>➤ Farklı yerlerden elde ettiğiniz dokümanları düzenleyip not edebilirsiniz.</li><li>➤ Elde ettiğiniz dokümanları karşılaştırarak hava kirleticilerin etkilerini azaltmak için alınabilecek önlemlerin günümüzdeki durumu hakkında değerlendirme yapabilirsiniz.</li><li>➤ Dokümanlarınızı destekleyecek görseller araştırabilirsiniz.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Elde ettiğiniz bilgi ve dokümanlardan yararlanarak sınıf panonuz için hazırlık yapınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Elde ettiğiniz bilgi ve dokümanları konu başlıklarına göre gruplandırabilirsiniz.</li><li>➤ Panonuz için gerekli olan kâğıt, kalem vb. gibi malzemeyi temin etmek için bir liste oluşturabilirsiniz.</li><li>➤ Dokümanlarınızı destekleyecek görselleri bilgilerle eşleştirebilirsiniz.</li><li>➤ Zaman ve enerjinizi verimli kullanmaya dikkat edebilirsiniz.</li></ul>



<p>➤ Sınıf panonuzu oluşturunuz.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Hedef kitlenin dikkatini çekmek için konu başlıklarına göre; gruplandığımız bilgi ve dokümanları farklı renklerde fon kartonu ve kalemler kullanarak düzenleyebilirsiniz.</li><li>➤ Görsel öğelerle dikkat çekebilirsiniz.</li><li>➤ Başlık veya bir slogan kullanabilirsiniz.</li><li>➤ Planlı ve düzenli çalışabilirsiniz.</li><li>➤ Zaman ve enerjinizi verimli kullanmaya dikkat edebilirsiniz.</li><li>➤ Panonuzu hedef kitlenin görebileceği bir mekânda sergilemeye dikkat edebilirsiniz.</li></ul>
<p>➤ Sınıf panonuz ile ilgili hedef kitlenin yorumlarını alarak çalışmalarınızı değerlendiriniz.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Yorumlarını almak için “Görüş Kutusu” hazırlayabilirsiniz.</li><li>➤ Yorumlarını yüz yüze görüşerek de alabilirsiniz.</li><li>➤ Anket formu düzenleyebilirsiniz.</li><li>➤ Arkadaşlarınızla çalışmanızın benzer ve farklı yönlerini tartışabilirsiniz.</li><li>➤ Değerlendirmeleri dikkate alarak bir rapor hazırlayabilirsiniz.</li></ul>

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. .... renksiz bir gaz olup, havadaki 0,3-1 ppm seviyelerde ağızda kötü bir tat bırakmakta, 3 ppm'in üstünde ise boğucu bir hisse neden olmaktadır.
2. Orman yangını, volkan püskürmesi vb. .... hava kirleticilerdir.
3. ...., doğada bulunan bir grup kıvrımlı lifler veya silikat türevi mineraller için kullanılır.
4. Hidrokarbonlar adlandırılmalarından da anlaşılacağı gibi, ..... ve ..... atomlarından meydana gelmişlerdir.
5. .... uçucudur ve atmosferdeki kirliliğin başlıca kaynaklarından biridir.
6. .... en kuvvetli oksitleme ajanıdır.
7. Atmosfere yayılan toplam hidrokarbon kirliliğinin yarısından fazlasını ..... oluşturmaktadır.
8. Reaktif hidrokarbonların çoğunun kaynağını ..... oluşturmaktadır.

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-2

## AMAÇ

Kükürt dioksit ve partiküler molekül kirleticileri tekniğe uygun ölçebileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Çevrenizde hava ölçümünün yapıldığı tesislere giderek ölçümlerin hangi araçlarla yapıldığını gözlemleyerek, rapor ediniz.

## 2. HAVA KİRLETİCİLERİ ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Hava kirliliğinin, canlı sağlığı üstünde çok büyük sağlık problemlerine neden olduğu bilinmektedir. Hava kirliliği insan sağlığını etkileyerek yaşam kalitesini düşürmektedir. Bu bağlamda, bir bölgede hava kalitesini ölçmek, o bölgede yaşayan insanların nasıl bir hava teneffüs ettiğinin saptanması açısından çok büyük önem taşımaktadır. Tabii ki unutulmaması gereken bir nokta vardır, bir bölgede meydana gelen hava kirliliği sadece o bölgede görülmeyip meteorolojik olaylara bağlı olarak yayılım göstermektedir.

Şehir içi bölgelerde hava kalitesi seviyesinin belirlenmesi için uzun süreli ve kapsamlı çalışmaların yapılması gereklidir. Bacadan ve egzozdan atılan kirleticilerin atmosferde dağılımını topoğrafik ve meteorolojik faktörler etkiler. Kirleticiler ise bölgedeki kaynak tiplerine göre değişmektedir. Bu nedenden dolayı ölçüm değerleri, bölgenin hava kalitesi seviyesini temsil edici yer ve ölçüm ağı içinde diğer istasyonlardan elde edilen verilerle karşılaştırılabilir ve mukayese edilebilir olması gerekir. Ölçüm yerlerinden elde edilen değerlerin bölgeler arası farkı da yansıtması istenir.

Dolayısıyla yoğun olan, az yoğun olan ve yoğun olmayan kirlenmeye maruz kalan bölgeler, önceden tek tek etüt edilmelidir. Ölçümlerle, nokta (sanayi), alan (konutlar) ve mobil (taşıtlar) kaynaklarının her birinin veya tümünün bölgenin, hava kalitesi seviyesi üzerine etkisi tespit edilmelidir.

### 2.1. Hava Kirliliği Ölçüm Araçları

Hava kirleticilerin ölçüm yönteminin seçimi;

- Ölçülecek maddeye,
- Kirleticinin sahip olduğu davranışlara,
- Ölçüm sonuçlarının değerlendirme amacına bağlıdır.

- Mobil laboratuvar olarak kullanılan sistem aşağıdaki cihazlardan ve özel bir araç dizaynından oluşmaktadır.
- AC 31 M Model Azotoksitleri Analizörü
  - AF 21 M Model Sülfürdioksit Analizörü
  - CO 11 M Model Karbonmonoksit Analizörü
  - O3 41 M Ozon Analiz Model
  - MP 101 M Havadaki Partiküllerin Beta Ölçüm Modeli ile İzleme
  - SCANAIR Paket Programı
  - SAM 32 A Bilgi Aktarım Sistemi
  - Ayrıca meteorolojik veriler (rüzgâr hızı ve yönü, nem ve sıcaklık, barometrik basınç ve yağmur gibi) anında ölçülebilmektedir.

Azotoksitleri, toz cihazlarından her biri hava kalitesinin tespitinde kullanılan parametreleri belirlemek amacıyla kullanılır. Birden fazla parametrenin hesaplanması için kurulacak sabit ya da gezici (mobil) istasyonlarda birden fazla cihaz bulunmaktadır.



**Resim 2.1: Mobil hava kalitesi ölçüm cihazı**

Burada amaçlanan, yapılacak çevre hava kalitesi çalışmaları için de veriler üretebilmektir. Cihazlar standart raflar içerisine yerleştirilerek uygun çalışma ve servis olanağı sağlanmış durumdadır. Bilgisayardan anlık değerler alınabilmektedir. Cihazlar otomatik kalibrasyonu yapılabilmektedir. Her istasyonda 16 değişik parametre için veri ve durum değerlendirmesi, her parametrenin 15 dakikalık ortalama değerlerinin işlenmesi, belleğe kaydedilmesi ve istasyon taraması yapılabilmektedir.

Her ölçüm istasyonunun 15, 30, 60 dakikalık, günlük ve aylık ortalamaları ile raporları da alınabilmektedir. Bu cihazlar dünya standartlarında tanımlanan yöntemlerle analiz yapan ve Dünya Standart Kuruluşları tarafından kabul gören sistemlerdir.

## 2.2. Kükürt Dioksit ve Metalik Partiküllerin Ölçümü

Kükürt dioksit, doğal olarak havada  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  konsantrasyonundan daha düşük miktarlarda bulunabilmektedir. Avrupa'da kentsel yerleşim alanlarında; kükürt dioksit yıllık ortalama miktarı genelde  $100-200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  civarındadır. Günlük ortalama miktar ise  $250-500 \mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında değişim göstermektedir. Bir saatlik maksimum ölçüm değerleri de  $1000-2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  arasında tespit edilebilmektedir.

- Kükürt dioksit konsantrasyonu
  - Test çözeltisinde Redoks
  - Kondüktometrik
  - Alev Fotometresi (FPD)
  - Tetrakloro Merkürat (TCM) yöntemleri kullanılarak ölçülür.
- Partiküler madde konsantrasyonu
  - Havada asılı partiküler madde için,
  - Filtre Sisteminde Kütle Konsantrasyonu
  - Filtre Sistemli ( $\beta$  Işınları Kırınımı)
  - Optik yöntemleri kullanılarak ölçülür.

## 2.3. Atmosferdeki Metalik Partiküllerin Ölçümü

Havada bulunan partiküllerin %0,01-3'ü, sağlık yönünden çok toksik etkiler gösteren eser elementler meydana getirir. Bunların sağlık yönünden önemi insan dokularında birikime uğramalarından ve muhtemel sinerjik etkilerinden kaynaklanmaktadır. Havadan solunum yolu ile alınan partiküllere ek olarak, yenilen yiyecekler, içilen su aracılığı ile de önemli miktarda metalik partiküler maddeler vücuda alınmaktadır. Bu eser elementlerin konsantrasyon tayinleri "Filtre Sisteminde Kütle Konsantrasyonu" ile toplanan numunelerin analitik işlemlere tabi tutulması ile gerçekleştirilir. Atmosferdeki kurşunun temel (background) konsantrasyonu  $5 \times 10^{-5} \mu\text{g}/\text{m}^3$  olarak tahmin edilmektedir. Kentsel alanlara yakın veya kentsel olmayan alanlardaki kurşun konsantrasyonu yaklaşık olarak  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür

Kadmiyum, genelde yıllık ortalama miktar, kırsal alanlarda  $1-5 \text{ ng}/\text{m}^3$ , kentsel alanlarda  $5-15 \text{ ng}/\text{m}^3$ , endüstriyel alanlarda  $15-50 \text{ ng}/\text{m}^3$  olarak belirlenmiştir. Avrupa ülkelerinde yapılan ölçümlerde, dünyanın çeşitli ülkelerinde tespit edilen miktarlar; kırsal alanlarda  $0,1-1 \text{ ng}/\text{m}^3$ , kentsel alanlarda  $1-50 \text{ ng}/\text{m}^3$ , endüstriyel bölgelerde  $1-100 \text{ ng}/\text{m}^3$  kadmiyum konsantrasyonu olarak tespit edilmiştir.

Nikel, Avrupa'nın bazı kentlerinden uzak alanlarda  $0-0,6 \text{ ng}/\text{m}^3$ , kent yakınında  $9-50 \text{ ng}/\text{m}^3$ , kentlerde ise  $60-300 \text{ ng}/\text{m}^3$  nikel konsantrasyonları tespit edilmiştir. Dış ortam havasındaki nikel konsantrasyonu  $10-20 \text{ ng}/\text{m}^3$ , günlük solunum kapasitesi  $20 \text{ m}^3$  olarak kabul edilirse, bir insanın günlük olarak aldığı nikel miktarı  $0,2-0,4 \mu\text{g}$  olarak hesaplanır. Tütün kullanımı bu miktarı artırır. Günde iki paket sigara içen bir kişinin, günde  $3-15 \mu\text{g}$  nikel alması mümkündür.  $5 \mu\text{g}/\text{litre}$  nikel içeren sudan 2 litre tüketen bir kişinin günlük olarak alabileceği nikel miktarı  $10 \mu\text{g}$ 'dır.

## 2.4. Azot Oksitlerin Ölçümü

Kırmızımsı kahverengi renklidir. Azot monoksit atmosferde oksijen ile birleşince yüksek oranda reaktif gaz formunda oluşur; bir kere oluşuktan sonra NO<sub>2</sub>, VOC gibi diğer kirlenitçilerle reaksiyona girer. Bu reaksiyonlar sonucunda, yer seviyesinde ozon oluşmasına neden olur.

Ülke	Temas Süresi	Sınır Değeri (µg/m <sup>3</sup> )
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 2.1: Dünya üzerindeki çeşitli bölgelerdeki azot oksit ölçüm süresi ve değerleri

- Azot ölçüm yöntemleri
  - UV
  - Elektrokimyasal Hücre Metodu
  - Kemilüminesans (Kimyasal Işıma)
  - Kıızıl Ötesi Ölçüm Prensipli
  - FTIR

## 2.5. Karbon Oksitlerin Ölçümü

Hava kirliliği açısından; karbonun iki önemli bileşiği karbonmonoksit ve karbondioksittir. Havadaki karbonmonoksit konsantrasyonu Nondispersive InfraRed Spektroftometre ile tespit edilmektedir.



Resim 2.2: Karbon oksitlerin ölçümünde kullanılan araçlardan Nondispersive InfraRed Spektroftometre

Karbonmonoksidin doğal (background) miktarı bölgeden bölgeye 0,01-0,23 mg/m<sup>3</sup> arasında değişim gösterir. 8 saatlik ortalama genelde 20 mg/m<sup>3</sup> (17ppm)ten düşüktür. Tespit edilen maksimum 8 saatlik ortalama konsantrasyon 60 mg/m<sup>3</sup> (53 ppm) olarak belirlenmiştir. İç ortamda ise mutfak faaliyetleri sırasında 57,5 mg/m<sup>3</sup> (50 ppm) karbonmonoksit konsantrasyonu ölçülmüştür. Dünya Sağlık Örgütü tarafından toplumun sağlığının korunması için kandaki karboksihemoglobin (CoHb) miktarının %2,5-3,0 olması önerilmektedir.

**Kandaki karboksihemoglobin miktarının %2,5-3 seviyesini aşmadığı takdirde olumsuz sağlık etkileri gözlenmemektedir.**

- Bu sınırı korumak amacıyla Dünya Sağlık Örgütünce önerilen maksimum maruziyet süreleri ve karbonmonoksit konsantrasyonları
- 15 dakika için müsaade edilen maruziyet konsantrasyonu 100 mg/m<sup>3</sup>ü aşmamalıdır.
- Ortalama zamana karşı maruziyet seviyeleri : 30 dakika için 60 mg/m<sup>3</sup> (50 ppm) , 1 saat için 30 mg/m<sup>3</sup> (25 ppm) , 8 saat için 10 mg/m<sup>3</sup> (10 ppm) dir.
- Karbondioksit konsantrasyonu
- Non Dispersive Infra-Red Absorbsiyonu
- Gaz Filtresi Korelasyon ölçüm yöntemleri ile ölçülmektedir.

Gaz filtresi korelasyon yönteminde (GFC), gaz doldurulmuş bir filtre hücresi kullanılır. Filtre hücresi ve N<sub>2</sub> gazı doldurulmuş olan filtre, dönüşümlü ve periyodik olarak ışık yoluna getirilir. Ölçüm yöntemi, gaz filtresi korelasyonu ile birleştirilen infraredteki seçici absorpsiyondur. Gaz numunesi, akış devresi başına yerleştirilmiş olan bir pompa ile çekilerek teflon toz filtresinden geçirilir ve uzun bir optik yol ile ölçüm hücresine gönderilir. İnfrared kaynağından çıkan ışın demeti CO ile doldurulmuş korelasyon hücresinden ve boş hücreden dönüşümlü olarak geçer. Daha sonra ölçüm hücresi ve dedektör önünde yerleştirilmiş olan optik filtreden geçirilir. İnfrared ışın demeti CO hücresinden geçtiğinde, CO'e spesifik olan tüm hatlar absorblanır ve ışın demeti daha sonra referans olarak görev yapar.

Karbonmonoksitin doğal (background) seviyesi 0,001-0,20 ppm'dir. Kentsel alanlardaki konsantrasyonu hava koşullarına, trafiğe, zamana ve kaynaklarından uzaklığa göre değişim gösterir. Kentsel alanlarda yapılan ölçümlerde 8 saatlik ortalama maksimum konsantrasyon 53 ppm olarak belirlenmiştir. Pik konsantrasyonlar trafiğin yoğun olduğu sabah ve akşam saatlerinde gözlenmektedir. Özellikle çok yoğun karbonmonoksit konsantrasyonları hareket halindeki taşıtların içinde, garajlarda ve trafik akışının fazla olduğu bölgelerde tespit edilmektedir.

Dolayısıyla yoğun CO maruziyetinin; özellikle şoförler, garajlarda çalışan kişiler, ve trafik polislerinde olduğu tespit edilmiştir. Örneğin yapılan ölçümlerde araba içinde maksimum 36 ppm, garajlarda 500 ppm karbonmonoksit konsantrasyonu tespit edilmiştir. İç ortamda ısıtma amacıyla kullanılan, fosil yakıt yakılan sobaların uygun olmayan koşullarda kullanılması karbonmonoksit konsantrasyonunu önemli ölçüde artırmaktadır. Yine yemek pişirme işlemleri de iç ortam kaynağı olarak önemlidir.

Bu ortamlarda yapılan ölçümlerde karbonmonoksit konsantrasyonunun 10-50 ppm arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Tütün içimi de karbonmonoksitin en önemli iç ortam kaynaklarından birini oluşturmaktadır. Karbondioksitin diğer bir özelliği de güneşten gelen ışınların değişmeden yeryüzüne ulaşmasını sağlamasıdır. Ancak bu sırada yeryüzünden gelen uzun dalga radyasyonunun bir kısmını emer.

Uzun yıllar önce, karbondioksitin yeryüzünde meydana getirdiği sera (greenhouse) etkisi ve buna bağlı olarak gelişen iklim değişikliklerine neden olduğu tespit edilmiştir. Atmosferde daha önceden 280 ppm olarak tespit edilen karbondioksit miktarı, fosil kökenli yakıtların kullanımının artması ile bugün 350 ppm'e kadar yükselmiştir.

Karbondioksit doğal veya yapay olarak yanma veya oksidasyon sonucunda oluşur. Ortama verilen karbonmonoksit, hidroksit radikalleri ile oksitlenerek karbondioksite dönüşür. Ancak bu oksitlenme uzun zaman aralığında gerçekleşen bir reaksiyonla olur.

Karbondioksitin kendisi toksik bir gaz değildir. Normal atmosfer şartlarında %0,03-%0,06 arasında değişen konsantrasyonlarda, ayrıca kaynak sularında da çözülmüş halde bulunur.

Atmosferde bulunan karbondioksit konsantrasyonu fosil kaynaklı yakıtların yanması sonucunda her yıl 2,3 ppm kadar artmaktadır. Bunun üçte biri okyanus veya derin su kaynakları ve bitkiler tarafından alınarak atmosferden uzaklaştırılmaktadır. Geri kalan 1,5 ppm ise atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonuna ilave olmaktadır. Bu miktar da atmosferin tedrici olarak ısınmasına neden olarak sera (greenhouse) etkisini her geçen gün biraz daha artırmaktadır.

## **2.6. Ozon Foto Kimyasal Oksitleyiciler ve Hidrokarbonların Ölçümü**

Ozon ( $O_3$ ), üç tane oksijen atomunun (O) birleşmesiyle oluşmaktadır. Atmosferde bulunan Azot (N), Oksijen ( $O_2$ ) ve Karbondioksit ( $CO_2$ ) gibi temel gazlara göre oldukça düşük oranda bulunan ozon, iklimi etkilemekte ve yeryüzündeki canlıların korunmasında önemli rol oynamaktadır.

Güneşten gelen yüksek enerjili ultraviyole radyasyonunun etkisiyle atmosferde oksijen molekülü ( $O_2$ ) parçalanarak, serbest oksijen atomu (O) haline dönüşmektedir. Daha sonra bu serbest haldeki oksijen atomları (O) yine ultraviyole radyasyonunun etkisiyle oksijen molekülüyle ( $O_2$ ) birleşerek ozon molekülünü ( $O_3$ ) oluşturmaktadırlar. Yüksek enerjili ultraviyole radyasyonu (UV) ozonun hem oluşumunda, hem de parçalanmasında tek başına etken bir rol oynamaktadır.

Ozon, atmosferde en yoğun olarak troposfer ve stratosfer tabakaları olmak üzere iki ayrı tabakada ve ayrı şekilde bulunmaktadır. Bunlardan ilki, stratosfer tabakası içerisinde, yerden yaklaşık 10-50 km'ler arasında doğal olarak bulunan ve atmosferdeki toplam ozonun %90'ını oluşturan stratosferik ozondur. Güneşten gelen zararlı ultraviyole radyasyonunu emmesi (tutması) nedeniyle hayati önem taşır ve iyi huylu ozon olarak isimlendirilir.



İkincisi ise; yerden yaklaşık 10-15 km'ler arasında bulunan, atmosferdeki toplam ozonun %10'unu oluşturan ve insan kaynaklı olan troposferik ozondur (endüstriyel atıklar, egzoz gazı vb). Özellikle, Azot Oksit ( $NO_x$ ) türevlerinin güneş ışığı ile tepkimeye girmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Atmosferde, stratosfer tabakası içerisinde, yerden yaklaşık 19 ile 23. km'ler arasında bulunan ve maksimum olarak da 10 ppm ozon yoğunluğuna sahip olan katmana ozon tabakası denilmektedir.

Yer yüzeyine yakın seviyede; motorlu taşıt araçları, termik santraller, endüstriyel kazanlar, rafineriler, kimyasal fabrikalardan atmosfere verilen kirleticiler, güneş ışınlarının mevcudiyetinde kimyasal olarak reaksiyona girerek ozonu oluşturur. Yer seviyesindeki ozon zararlı bir kirleticidir. Ozon kirliliği, özellikle yaz mevsiminde güneşli havalarda ve yüksek sıcaklıkta oluşur.

- Ozon kirliliği sonucu görülen sağlık problemleri
  - Solunum yoluyla vücuda girerek yumuşak dokuları tahrip eder.
  - Ozonun karaciğer ve akciğer hastalıkları
  - Gözde sulanma ve katarakt
  - Nezle, grip, astım ve bronşit

Kloroflorokarbonlar (CFC'ler), genel olarak klima sistemlerinde, buzdolaplarında köpük üretiminde (örneğin yataklar için) kullanılır. Halonlar, yangın söndürme cihazlarında kullanılır. Metil bromid, tarımda böcek ilacı olarak kullanılır.

Modern cihazlar ozon tabakasındaki incelmeyi belirleyebilmektedir. Ölçümler Güney Kutbu'ndaki (Antartika) incelmenin Kuzey Kutbu'na göre daha büyük olduğunu göstermiştir. Ozon tabakasındaki bu incelme bir şey yapılmazsa daha da büyüyecektir.



**Resim 2.3: Ozon tabakasının incelmesinin en önemli nedeni insan faaliyetleri**

1839 yılında C. F. Schönben tarafından ozonun keşfedilmesinden sonra, 1860 yılından itibaren birçok yerde yüzey ozon ölçümüne başlandı. 1913 yılında ultraviyole ölçümlerinden ozonun en fazla Stratosfer tabakası içinde olduğunu belirlenmesinden sonra, 1934 yılından itibaren de 20 km civarındaki maksimum ozon konsantrasyonunun balonlu ölçüm cihazları ile ölçümüne başlandı. Günümüzde ise Dünya Meteoroloji Teşkilatı (WMO)'nın öncülüğünde birçok ülkede, farklı yöntem ve cihazlar kullanılarak yapılmaktadır. Bunlardan başlıcaları :

### ➤ **UV fotometrik yöntemi**

Uv absorpsiyonu ölçüm tekniği; belirli dalga boyundaki UV ışınının ozon (O<sub>3</sub>) tarafından absorblanması esasına dayanır. Analiz modunda filtrelenmiş olan hava numunesi, 2 kanala ayrılır. Bunlardan biri, hava numunesi içindeki ozonu uzaklaştıran katalitik deozonizer ünitesinden geçirilerek, referans hücreye gönderilir. Diğeri ise, doğrudan numune hücresine verilir. Aynı anda numune ve referans gaz ayrı ayrı ölçülür. Numune dedektörü içinde, düşük basınçlı cıva lambasından alınan 254 nm dalga boyundaki UV ışığı ölçüm hücresine gönderilir. Absorbans, fotomultipler ve elektriksel sinyal sağlayan elektronikler tarafından ölçülür. Aynı işlem referans hücreye de uygulanır, numune dedektörü ile referans dedektör çıkışlarındaki fark; ozon tarafından absorblanan UV ışınıdır. Cihaz, internal ozon jeneratörü ile kalibre edilir. Ozon jeneratörü konsantrasyonu, potasyum iyodür (KI) yöntemi ile belirlenir.

### ➤ **Kimyasal ışımaya yöntemi**

Kimyasal ışımaya (Chemiluminescence) yöntemi; atmosferik O<sub>3</sub> konsantrasyonu, O<sub>3</sub> ile etilenin reaksiyonu sonucunda oluşan ışığın şiddetinin fotometrik olarak sürekli ölçülmesi esasına dayanır. Bu ölçümden elde edilen akım yükseltilecek şekilde rekorder gibi uygun bir veri kayıt sistemine kaydedilir. Cihazlar, dinamik O<sub>3</sub> standartları kullanılarak kalibre edilir. Ticari cihazlar, partiküler filtre, cam reaksiyon hücresi, fotomultiplier tüp ve vakum pompası içerir.

### ➤ **Absorpsiyometri yöntemi**

Çevre havası içinde bulunan toplam yükseltgeyici konsantrasyonunu, absorblama çözeltisi (nötral potasyum iyodür çözeltisi) kullanarak ölçer. Çevre havası ve absorblama çözeltisi sabit akış hızında birbiriyle temas eder, açığa çıkan iyodun absorpsiyonu ölçülebilir ve toplam yükseltgeyici konsantrasyonu tayin edilebilir. Bu analizör, filtre, tutucu, akış ölçer, gaz absorpsiyon ünitesi, çevre havası emiş pompası, absorpsiyon filtresi, absorpsiyon çözeltisi temin pompası, absorpsiyon çözelti tankı, absorbans ölçüm ünitesi, sinyal güçlendirici, kaydedici gibi birimlerden oluşur.

### ➤ **Kulonmetri yöntemi**

Örnekleme havası içindeki toplam yükseltgen madde konsantrasyonunu sürekli ölçer. Ölçümde kulonmetre, nötral potasyum iyodür çözeltisini absorblama çözeltisi olarak kullanır. Örnekleme havası ve absorbans çözeltisi, sabit akış hızında karıştıkları zaman; absorblama çözeltisi içindeki iyot toplam yükseltgen konsantrasyonu ile orantılıdır. Bu absorblama çözeltisi içindeki serbest kalan iyot elektrolitik olarak indirgenir ve örnekleme havası içindeki toplam yükseltgen madde konsantrasyonu, kazanılan kulondan elde edilebilir.



**Resim 2.4: UV Fotometrik ölçüm cihazı**

Şehir içi bölgelerde hava kalitesi seviyesinin belirlenmesi için uzun süreli ve kapsamlı çalışmaların yapılması gereklidir. Bacadan ve egzozdan atılan kirleticilerin atmosferde dağılımını, topoğrafik ve meteorolojik faktörler etkiler. Kirletici türleri ise bölgedeki kaynak tiplerine göre değişmektedir. Bu nedenden dolayı diğer istasyonlardan elde edilen verilerin karşılaştırılıp ve mukayese edilebilir olması gerekmektedir. Ölçüm yerlerinden elde edilen değerlerin bölgeler arası farkı da yansıtması istenir. Dolayısıyla yoğun olan, az yoğun olan ve yoğun olmayan kirlenmeye maruz kalan bölgeler, önceden tek tek etüt edilmelidir. Ölçümlerle, nokta (sanayi), alan (konutlar) ve mobil (taşıtlar) kaynaklarının her birinin veya hepsinin tüm bölgenin, hava kalitesi seviyesi üzerine etkisi tespit edilmelidir. Bu tür çalışmalarda, bölgede mevcut kirlenme kaynakları yanında, şehir dışından taşınan background kirletici konsantrasyonları da tespit edilebilmelidir ki; böylece şehir içi bölgede kirletici kaynakların hava kalitesi üzerine etkisi belirlenebilsin. Bu çalışmalarda, topoğrafik ve meteorolojik faktörlerin bölgenin hava kalitesi seviyesi üzerine etkileri de belirlenmelidir. Hava kalitesi ölçüm istasyonu yeri, harita üzerine işlenmelidir.

Ölçüm noktalarından elde edilen veriler, o bölgenin hava kalitesi seviyesini ve standardını sağlıklı olarak temsil edebilmelidir. Hava kalitesi ölçüm ağı hava kalitesini izleme ve halkın bilgilendirilmesine katkıda bulunmalıdır. Kirletici seviyesi, sınır değerlerini aştığında gerekli acil eylem planı devreye sokulmalıdır.

Hava kirliliği ölçüm aletlerinin numune alma girişleri, bölgeyi temsil edici noktada hava kalitesi seviyesini belirleyici yerler olmalıdır. Çevre havası ile karışmamış emisyonların ölçümünden kaçınılmalıdır. Ölçüm istasyonu, yerel emisyon kaynaklarına özellikle yakın olmamalıdır.

Kirletici konsantrasyonunun bölgeyi temsil edici olabilmesi için ozon ölçüm cihazları; ev, apartman, sanayi ve taşıtların, bacalardan çıkan emisyonların ve türbülans, vorteks, bastırma (down wash) gibi etkenlerden direk etkilenmemesi için mümkün olduğu kadar yapılardan ve ağaçlardan etkilenmeyen yerlerde, mümkünse park-bahçelerde, eğitim alanlarında veya hastane bahçelerinde, trafik yoğunluğunun çok az veya hiç olmadığı yerlerde, spor alanları, şehir meydanları ve regresyon alanlarında olması gerekir.

Yerden yükselecek toz etkisini minimize etmek ve solunum seviyesini temsil etmek üzere partikül ölçüm cihazları girişleri yerden asgari 2 metre, en fazla 15 metre yükseklikte olmalıdır. Ağaçlık bölgelerde bu yükseklik 8 metre olabilir. Hava kalitesi ölçmeleri kural olarak yer seviyesinden, (veya binadan) (veya ekili alandan) en az 3 metre yükseklikte ve binadan en az 1,5 metre mesafede yana doğru olmalıdır. Ölçüm aletlerine kolayca ulaşabilir, elektrik donanımlı ve ölçüm aletleri kalibre edilebilir. Sabit numune alma yerleri olmalıdır. Bir veya iki kişinin rahatlıkla çalışabileceği yeterli alan olmalıdır. Özellikle alan emniyetli, otomatik ölçüm aletleri kapalı alanlarda olmalı ve aletler sürekli olarak otomatik olarak kalibre edilebilir donanımda olmalıdır.

Ozonun parçalanmasına neden olan kloro flouro karbonlar (CFC) günlük hayatımızda çok sık kullandığımız organik bileşiklerdir. Böcek öldürücüler, tıraş köpükleri, deodorantlar, evcil hayvanların besin ürünleri, yangın söndürücüler, soğutucular akla ilk gelen CFC içeren maddelerdir. CFC'lerin bu kadar yaygın kullanılmalarının sebepleri zehirleyici etkilerinin olmaması, patlayıcı özellik göstermemeleridir. Yalnız bir özellikleri daha vardır. Her şeye karşı, çok uzun süre dayanırlar. Bir kez salındıktan sonra hiç bozulmadan stratosfere dek yükselirler. Buradaki hava akımlarıyla da kutuplara doğru yayılırlar. Dünyada CFC içeren ürünler yaklaşık 1.100.000 tondur. Bunların 800.000 ton kadarı ozonun azalmasına neden olur. CFC'lerin bozulma süreleri 65 ile 120 yıl arasındadır. Bunlar mor ötesi ışınlarla yok edilene dek stratosferde toplanırlar. Buradan açığa çıkan klor, ozonun yok olmasının temel nedenidir.

## UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki işlem basamaklarını takip ederek hava kirleticilerinin ölçüm yöntemleriyle ilgili bir araştırma yaparak dosya hazırlayınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Hava kirleticilerinin ölçüm yöntemleriyle ilgili inceleme yapınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Yazılı ve görsel kaynaklar ile İnternette yararlanabilirsiniz</li><li>➤ Farklı yerlerden elde ettiğiniz dokümanları düzenleyip not edebilirsiniz.</li><li>➤ Elde ettiğiniz dokümanları karşılaştırarak Hava kirleticilerinin ölçüm yöntemlerinin günümüzdeki durumu hakkında değerlendirme yapabilirsiniz.</li><li>➤ Dokümanlarınızı destekleyecek görseller araştırabilirsiniz.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Elde ettiğiniz bilgi ve dokümanlardan yararlanarak dosyanız için hazırlık yapınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Elde ettiğiniz bilgi ve dokümanları konu başlıklarına göre gruplandırabilirsiniz.</li><li>➤ Dosyanız için gerekli olan kâğıt, kalem vb. gibi malzemeyi temin etmek için bir liste oluşturabilirsiniz.</li><li>➤ Dokümanlarınızı destekleyecek görselleri bilgilerle eşleştirebilirsiniz.</li><li>➤ Zaman ve enerjinizi verimli kullanmaya dikkat edebilirsiniz.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Dosyanızı oluşturunuz.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Hedef kitlenin dikkatini çekmek için konu başlıklarına göre; gruplandığınız bilgi ve dokümanları farklı renklerde fon kartonu ve kalemler kullanarak düzenleyebilirsiniz.</li><li>➤ Görsel öğelerle dikkat çekebilirsiniz.</li><li>➤ Başlık veya bir slogan kullanabilirsiniz.</li><li>➤ Planlı ve düzenli çalışabilirsiniz.</li><li>➤ Zaman ve enerjinizi verimli kullanmaya dikkat edebilirsiniz.</li></ul>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Dosyanız ile ilgili hedef kitlenin yorumlarını alarak çalışmalarınızı değerlendiriniz.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Arkadaşlarınızla çalışmanızın benzer ve farklı yönlerini tartışabilirsiniz.</li><li>➤ Değerlendirmeleri dikkate alarak bir rapor hazırlayabilirsiniz.</li></ul>

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Hava kirleticilerinin ölçüm yöntemleriyle ilgili inceleme yaptınız mı?		
2. Elde ettiğiniz bilgi ve dokümanlardan yararlanarak dosyanız için hazırlık yaptınız mı?		
3. Dosyanızı oluşturduunuz mu?		
4. Dosyanız ile ilgili hedef kitlenin yorumlarını alarak çalışmalarınızı değerlendirdiniz mi?		

## DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi hava kirleticilerinin ölçüm yönteminin belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gerekenlerden birisi değildir?  
A) Ölçülecek maddenin cinsi  
B) Kirleticinin sahip olduğu davranışlar  
C) Ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesinin amacı  
D) Çevre koşulları
2. Aşağıdakilerden hangisi kükürt oksit konsantrasyonlarının ölçümlerinde kullanılan yöntemlerden birisi değildir?  
A) Test çözeltisinde Redoks  
B) Kondüktometrik  
C) Alev Fotometresi (FPD)  
D) AC 31 M Model Azotoksitleri Analizörü
3. Aşağıdakilerden hangisi azot oksitlerin ölçüm yöntemlerinden biri değildir?  
A) Kemilüminesans (Kimyasal Işıma)  
B) Kızıl Ötesi Ölçüm Prensibi  
C) Test çözeltisinde Redoks  
D) FTIR
4. Karbonmonoksit ölçümü hangi araçla yapılmaktadır?  
A) Nondispersive InfraRed Spektrofotometre  
B) Kızıl Ötesi  
C) Kondüktometrik  
D) Alev Fotometresi (FPD)
5. Karbonmonoksitin doğal (background) seviyesi kaç ppm'dir?  
A) 1-2 ppm  
B) 0,1-2 ppm  
C) 0,001-0,20 ppm  
D) 0,0001-0,02 ppm
6. Aşağıdakilerden hangisi ozon kirliliği sonucu insanlarda görülen sağlık sorunlarından biri değildir?  
A) Diş ve diş eti problemleri  
B) Ozon karaciğer ve akciğer hastalıklarına neden olur.  
C) Gözde sulanma ve katarakta neden olur.  
D) Solunum yoluyla vücuda girerek yumuşak dokuları tahrip eder.

7. Aşağıdakilerden hangisi kloro flouro karbonlardan (CFC) değildir?
- A) Böcek öldürücüler
  - B) Tıraş köpükleri
  - C) Deodorantlar
  - D) Sanayi bacaları ve taşıtlardan çıkan emisyonlar

## **DEĞERLENDİRME**

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.



# MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi havanın tozlu olması, yani doğal veya yapay partikül maddelerle dolu olması sonucu meydana gelen olumsuzluklardan biri değildir?  
A) Görüş mesafesini kısaltır.  
B) Güneş ışınlarının enerji taşıdığı dalga boylarında etkili olarak gelen enerji akışını değiştirir.  
C) Ozon tabakasının kalınlaşmasına neden olur.  
D) İnsanı, hayvan ve bitki sağlığını olumsuz yönde etkilemektedir.
2. Mavimsi veya gümüş grisi renğinde yumuşak bir metal olan atmosferdeki metalik partikül aşağıdakilerden hangisidir?  
A) Linyit  
B) Azot  
C) Kükürt  
D) Kurşun
3. Soluyan kişide sarhoşluk etkisi ve kriz biçiminde gülme isteği uyandıran ve bu etkisinden tıpta anestezide yararlanılan gaz aşağıdakilerden hangisidir?  
A) Diazot monoksit  
B) Kükürt  
C) Sodyum  
D) Ozon
4. Hava kirleticilerinden biri olan hidrokarbonlar hangi atomların birleşiminden oluşur?  
A) Hidrojen +ozon  
B) Azot+ oksijen  
C) Karbon+hidrojen  
D) Hidrojen+ oksijen
5. Kandaki karboksihemoglobin miktarının ne kadar olması sonucu olumsuz sağlık etkileri gözlenmektedir?  
A) %2,5 - 3  
B) %3,5 - 4  
C) %4,5 - 5  
D) %5,5 - 6
6. Klima sistemlerinde, buzdolaplarında köpük üretiminde kullanılan gaz aşağıdakilerden hangisidir?  
A) Hidrojen  
B) Oksijen  
C) Kloroflorokarbonlar  
D) Halonlar

7. Aşağıdakilerden hangisi azot oksitlerin ölçüm yöntemlerinden biri değildir?
- A) Kemilüminesans (Kimyasal Işıma)
  - B) Kızıl Ötesi Ölçüm Prensibi
  - C) Test çözeltisinde Redoks
  - D) FTIR

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	kükürt dioksit
2	doğal kaynaklar
3	asbest
4	karbon-hidrojen
5	azot oksitler
6	ozon
7	metan
8	taşıtlar

## ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	D
3	C
4	A
5	C
6	A
7	D

## MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

1	C
2	D
3	A
4	C
5	A
6	C
7	C

## KAYNAKÇA

- [www.csb.gov.tr](http://www.csb.gov.tr) (05.05.2014/ 13:53)
- [http://www.sahakk.sakarya.edu.tr/documents/hava\\_kirliligi\\_ve\\_kirleticiler\\_rapor1.pdf](http://www.sahakk.sakarya.edu.tr/documents/hava_kirliligi_ve_kirleticiler_rapor1.pdf) (05.05.2014/ 13:53)
- <http://www.rshm.saglik.gov.tr/hki/pdf/hava.pdf> (05.05.2014/ 13:53)
- <http://www.yildiz.edu.tr/~kvarinca/Dosyalar/Yayinlar/yayin020.pdf> (05.05.2014/ 13:53)
- [http://www.asm.gov.tr/UploadGenelDosyalar/Dosyalar/E%C4%9Fitim\\_%C4%B0%C5%9Fleri\\_%C4%B0le\\_%C4%B0lgili\\_%C5%9Eube\\_M%C3%BCd/FOR M\\_-\\_GENEL/havakirliligiiklimdegisikligi.pdf](http://www.asm.gov.tr/UploadGenelDosyalar/Dosyalar/E%C4%9Fitim_%C4%B0%C5%9Fleri_%C4%B0le_%C4%B0lgili_%C5%9Eube_M%C3%BCd/FOR M_-_GENEL/havakirliligiiklimdegisikligi.pdf) (05.05.2014/ 13:53)
- <http://www.saglikvakfi.org/html/cvesy.asp?id=551> (05.05.2014/ 13:53)
- [http://tr.wikipedia.org/wiki/Hava\\_kirlili%C4%9Fi](http://tr.wikipedia.org/wiki/Hava_kirlili%C4%9Fi) (05.05.2014/ 13:53)