

HAVA KİRLİLİĞİ



FOTOĞRAFLAR CEVDET ÇAĞAN

Büyüamin TRAŞ*, Ahmet Levent BAŞ*

Hava kirliliği yeni bir konu olmayıp, ateşin ilk olarak kullanıldığı taş devrinden günümüze kadar uzanan ve problem olma niteliği gün geçtikçe artan bir sorundur. Günümüzde özellikle kış aylarında büyük yerleşim merkezlerinde hayatı ciddi olarak etkilemektedir. Isınmak amacı ile kömürün kullanımı, sülfürlü dumanın oluşumuna ve kirliliğe yol açmış, bu durum şehirleşmeye paralel olarak büyümüştür. Bununla beraber oluşan kirliliğin önlenmesi için gösterilen gayret ve çözüm yollarının aranması da yeni değildir. Londra'da kömürün kullanımının 13. yy'da yasaklanması, bu konuya ilişkin çarpıcı bir örnektir.

Endüstrileşme ve teknolojik gelişmeler hava kirliliğine yeni boyutlar kazandırmıştır. Petrolün kullanıma girmesi ile, petrol sahaları, rafineriler ve sentetik kimyasal madde üretiminin temel ögesi olan petrokimya üniteleri tesis edilmeye başlanmıştır. Ayrıca zengin maden yataklarının bulunduğu alanlarda maden ocakları açılmış, maden tasfiye fırınları kurulmuştur. Bu unsurların peşi sıra taşıt araçlarının oluşturduğu kirlilik üçüncü derecede yer alır. Egzoz gazının fotokimyasal ürünleri, bilhassa durgun meteorolojik havalarda kendini iyice belli eder. Bu temel etmenlerin kirliliğe katkıları ne yazık ki gözardı edilmiştir. Ekonomik gelişmişliğin göstergesi

olarak, fabrika bacaları ile övünen insanoğlu, yaşadığı çevreye verdiği zararı hiç düşünmemiştir. Büyük yerleşim birimlerinin her geçen gün artması, şehirleşmenin çarpık gelişimi, hava kirliliğini gündün güne körüklemiştir.

Hava Kirliliğinin Kaynakları ve Tipleri

Hava kirliliğine CO % 52, SO₂ % 18, hidrokarbonlar % 12, partiküler maddeler % 10, NO₂ % 6 oranında katkıda bulunur. Bu kirleticilerin % 90'ını oluşturan beş büyük kaynağın ise % 60'ını taşımacılık, % 18'ini endüstriyel kökenli faaliyetler, % 16'sını ısıtma merkezleri, % 13'ünü termik santraller ve % 3'ünü artık çöpler oluşturur.

Hava kirliliği kavramı iki kısımda incelenir: Bunlardan ilki "Azalan Tip Hava Kirliliği"dir. "Londra Tipi Hava Kirliliği" olarak da adlandırılır. Tamamen yakılmamış kömürden kaynaklanır. Azalan tip hava kirliliği, kimyasal tabiatlıdır. Bu tip hava kirliliğine sülfat ve fosfat üzerinden üretim yapan çeşitli fabrikaların etkisi fazladır. Üretim sonucu açığa çıkan SO₂, SO₃ ve H₂S atmosferde sülfatlara dönüşür. İkinci tip hava kirliliği ise "Fotokimyasal Hava Kirliliği" olarak bilinir ve hidrokarbonlar, nitrojenoksitler ve fotokimyasal oksidantlarla karakterizedir. Egzoz gazı ürünlerin atmosferde etkileşimi sonucu şekillenir. Genellikle sık ve yoğun yerleşim bölgelerinde oluşur. Bu gibi alanlarda güneş ışığı ve meteorolojik şartların anı değişimleri, havada tutulan kitlelerin fotokimyasal reaksiyonlarına neden olur. Hava kirlili-

* Dr., S.Ü. Veteriner Fakültesi Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı.

** Arş.Gör., S.Ü. Veteriner Fakültesi Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı.

ğinin oluşumu ve yoğunluğu üzerinde, meteorolojik şartlar gözardı edilemeyecek bir öneme sahiptir. Bunlardan en önemlisi inversiondur (ters dönme). Normalde atmosferin alt tabakası, üst tabakasından daha sıcaktır inversion sonucu sıcak hava yükselir; fakat soğuk hava pozisyonunu değiştirmeyerek konumunu muhafaza eder. Sonuç olarak durgun, ağır bir hava kitlesi oluşur ve kirlenmelerin konsantrasyonu normalin üzerine çıkar. Bu durumun normale dönmesi için uzun bir zamana ihtiyaç duyulur.

Hava kirliliği kaza sonucu da oluşabilir. Bu durumun bir örneği, 1984 yılında Hindistan'da yaşanmıştır. Bhopal şehrindeki bir pestisit fabrikasında, kaza sonucu yaklaşık 40 ton metilisosyanid havyaya karışmış ve 2000 kişinin ölümüne ve binlerce kişinin hastalanmasına yol açmıştır.

Azalan Tıp Hava Kirliliği

Azalan tıp hava kirliliğinin karakteristiklerinden olan SO₂, fosil yakacakların yakılması ve birtakım metallerin işlenmesi sırasında değişik partiküllerle birlikte atmosfere bırakılır. Bu partiküllerden çoğu, SO₂'den çok daha iritan olan H₂SO₄ dönüşümüne katkıda bulunma yeteneğine sahiptirler. Hacimleri mikrometreden küçük olan ve geniş bir yüzey alanına sahip olan bu partiküller, ayrıca çinko ve vanadium gibi metallerle zenginleşirler. Partiküler tabakada bulunan bu metaller SO₂'yi H₂SO₄'e çevirirler. Atmosferdeki H₂SO₄ amonyum sülfat ve amonyum bisülfatin kaynağı SO₂'dir. Bu küçük sülfat aerosoller atmosferde uzun süre taşınabilir; bunun yanında zehirlenmelere ve sağlık üzerinde ciddi problemlere yol açabilirler. Asit yağmurlarına katkıda bulunarak İskandinavya, Kanada ve İngiltere'de olduğu gibi önemli ekolojik problemlerin oluşmasına neden olurlar.

SO₂'nin farelerde, sıçanlarda ve böceklerde ölüme yol açtıkları bilinmektedir. Kükürtdioksitin hayvanlarda kronik uygulamaları (50, 100, 300 ppm dozunda ve 6 saat boyunca), tracheada epitelyal hasara, goblet hücrelerinde yıkıma, mukoz bezlerin hipertrofinde (büyüme) ve mukoz tabakada kalınlaşmaya sebep olmuştur. Bilindiği gibi bu bulgular kronik bronşitinin patolojisini oluşturan önemli noktalar-
dır. SO₂'nin 5 ppm'lik tek dozu gözlerde irritasyona ve salivasyona (tükürük salgısının artması), 40 ppm'lik düzeyin 8 saatlik uygulaması ise 24 saat içinde kanamalara ve amfizeme (doku ve organlarda hava birikimi) neden olur. Deney hayvanlarında SO₂'nin kronik uygulamaları dalakta dehidraz(1) ve karbohidraz(2), çeşitli organlarda Vit.C konsantrasyonunda ayrıca kolinesteraz(3) seviyesinde azalmaya, plazma S-sülfonat seviyesinde artışa yol açar.

Sülfirik Asit (H₂SO₄)

Deney hayvanları ve küçük memeli hayvanlar H₂SO₄ inhalasyonuna çok duyarlıdır. 18-60 mg/m³ konsantrasyondaki H₂SO₄'ün toksisitesi, 0°C'ta daha da artar. Bu sebeple kış aylarında daha büyük tehlike söz konusudur. H₂SO₄ bronş spazmı, laryn-

geal spazm, akciğer kanaması, kapillar genişleme gibi bozukluklara yol açar. Bazen de ölüme neden olur. H₂SO₄'ün konsantrasyonu ve maruz kalınan süre, ölümün şekillenmesi üzerinde etkilidir. Ölüm, solunum yolları spazmı sonucu oluşur.

Partiküler Sülfatlar

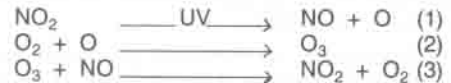
Partiküler sülfatlardan olan, çinko amonyum sülfatin iritan etkisi, partiküler hacmi azaldıkça artar. Histamine benzer etki oluşturur; fakat şiddeti daha azdır. Diğer bir partiküler sülfat olan amonyum sülfat ise histamin salıverilmesine yol açar. Başlıca partiküler sülfatların, kısmi iritan potansiyelleri aşağıdaki gibidir:

Sülfirik asit	: 100	Amonyum bisülfat	: 3
Çinko amonyum sülfat	: 33	Sodyum sülfat	: 0,7
Ferrik sülfat	: 26	Magnezyum sülfat	: 0,7
Çinko sülfat	: 19	Bakır sülfat	: 2
Amonyum sülfat	: 10		

Fotokimyasal Hava Kirliliği

Fotokimyasal hava kirliliği, bir seri atmosferik reaksiyonun sonucu şekillenir. Bu kirliliğin ana bileşimini ozon, nitrojen oksitler, aldehitler, peroksiasetil nitratlar ve hidrokarbonlar oluşturur. Hidrokarbonların konsantrasyonları, sirkülasyondaki hava toksikolojik seviyeye ulaşmadığı için, hava kirleticisi olarak kabul edilmez. Ancak fotokimyasal dumanın şekillenmesine yol açan reaksiyonlara girdiğinden önem arzeder. Kompleks bir yapı olan atmosferdeki reaksiyonlar, kirlenmelerin bu partiküler karışımlarının şekillenmesine katkıda bulunur.

Kısa dalga boylu UV ışınları, yer yüzünün birkaç km yakınına kadar ulaşır. Bu ışınlar doğrudan emilimle O₂'yi O₃'e dönüştürürler. Kirlenmiş atmosferde yoğun bir şekilde bulunan oksidantların başında, ozon (O₃) gelir. Kısa dalga boylu UV ışınları yer yüzüne ulaşamaz; ulaşanlar ise NO₂ tarafından emilir. Bu emilim olayı esnasında aşağıdaki reaksiyonlar şekillenir.



Reaksiyonlar sonucu NO₂ yeniden şekillendiği için, olay bir siklustur ve sürekli olabilir. Bu siklus, kirlenmiş havadaki ozonun mevcudiyetini açıklayabilir; ama, ozon konsantrasyonundaki sürekliliği açıklayamaz. Ozonun büyük bir kısmı, NO ile girdiği reaksiyonda yıkılır. Başka bir ifadeyle eşit miktarda NO ve ozon şekillenir ve yıkılır.

Hidrokarbonlar, özellikle olefinler ve substitue aromatik reaktantların ilavesiyle önemli bir konuma gelebilirler. Bileşiklerin O₂ ile okside olmaları sonucu, ayrıca serbest radikallerin NO ile reaksiyona girmeleri sonucu fazla miktarda NO₂ teşekkül eder. Bu sebeple 1. ve 3. denklemden gösterilen reaksiyonların dengesi, NO seviyesi azaldığı sürece NO₂ ve

NO₃ lehine bozulur. Bu reaksiyonlar, oldukça kompleks yapıdadırlar. Reaksiyonlar esnasında oluşan serbest radikaller, birçok değişime uğrarlar.

Aldehitler, hidrokarbonların fotooksidasyonunun ana ürünleri olarak ozonla veya NO₂ atomları ile ya da serbest radikallerle reaksiyona girmesi ile şekillenir. Formaldehit ve akrolein şehir atmosferinde yoğun olarak bulunur. Bütün aldehit türevlerinin yaklaşık % 50'si formaldehit'e % 5'i akroleindir.

Peroksiasetil nitrat (PAN) atmosferde, peroksiasetil radikallerinin NO₂ ile reaksiyonu sonucu oluşur. Kimyasal formülleri CH₃COONO₂ şeklindedir. Benzerleri mevcut olabilir; fakat şehir atmosferinde en çok tespit edilen PAN'dır.

Ozon (O₃)

Fotokimyasal kirlenmenin meydana geldiği toplu yerleşim alanlarında, şekillenebilecek ozon seviyesinin, deney hayvanları üzerindeki etkileri, değişik araştırmalara konu olmuştur. Bu hayvanlar üzerinde oluşabilecek etkiler morfolojik, fonksiyonel ve biyokimyasal değişiklikleri kapsar.

Ozonun deney hayvanları üzerindeki LC₅₀(4) değeri, 20-50 ppm'dir Toksikitesi, çevre ısısına bağlı olarak artış gösterir. Genç hayvanlar ozona karşı duyarlıdır. Ozonun istenmeyen etkileri, solunum sistemi üzerinde yoğunlaşır. Akciğerlerdeki ödeme bağlı olarak ölüm şekillenir. Yine akciğerler üzerinde morfolojik ve fonksiyonel değişikliklere sebep olabilir. Bu değişikliklere sebep olan ozon konsantrasyonunun eşik değeri 0.3 ppm'dir. Fagositoz mekanizmasının inhibisyonuna bağlı olarak, bakteriyel enfeksiyonlara karşı duyarlılık artar. Ozona maruz kalan bireylerde, bronkokonstrüktif (bronş düz kaslarının kasılması) ajanlar olan histamin, asetilkolin ve alerjenlere karşı olan hassasiyet artar.

Radyasyonun neden olduğu biyokimyasal etkilere benzer etkiler oluşur. Akciğer glutation(5) ve dehidrojenaz(6) seviyeleri azalır. Siçanlarda 2 ppm miktarındaki ozonun 4-8 saat uygulaması ile protein ve nonprotein sülfidril gruplarında azalma şekillenir. Akciğer dokusunun fizyolojik işlevlerinde değişime neden olur. Hücrelerin yaralanması ve/veya ölümü ile enzim aktivitesinde depresyon meydana gelir. İnsan alyuvarlarının ozon ya da ozonidril ile in vitro inkübasyonu, ozondan kaynaklanan rolünü göstermek için yeterlidir. Belirtelen bütün bu noktaların yanı sıra, deney hayvanlarında 0.2 ppm ozon neonatal ölümleri artırmaktadır.

Nitrojen Dioksit (NO₂)

Akciğerler üzerinde ozona benzer etkilere neden olur. Genellikle, silaj yapımında ortaya çıktığı için özellikle, çiftçiler için problem olma niteliği taşır. Akciğer hasarı ile karakterize olan ve "Silo Dolduran" ismi ile anılan rahatsızlığa neden olur. Ayrıca, NO₂, akciğer hastalıklarına karşı duyarlılığın artmasına yol açar. Çocuklar, NO₂'ye erişkinlerden daha hassastır. Siçanlarda LC₅₀ değeri bir saat için 166 ppm, dört saat için ise 88 ppm'dir.



Ankara'da yaşanan hava kirliliği, geçen yılları aratmasa da yine de pek içaçıcı değil.

Kirli havada bulunan NO₂, dispne (nefes darlığı), lakrimasyon (göz yaşı salgısının artması), salivasyon ve hırıltılı solunum gibi semptomlara yol açar. Sebep olduğu başlıca patolojik bulgular ise met-hemoglobinemi, böbreklerin renginde koyulaşma, iskelet kaslarında nekroz (hücre ölümü), ayrıca akciğerlerde hiperemi, ödem (dokularda sıvı birikimi), hemorajı (kanama), fibrin depozisyonu, hiperplazi ve amfizem olarak belirtilmektedir. Tavşanlarda akut ve kronik olaylarda sonucu akciğerlerin kollagen ve elastin yapısında değişikliğe neden olduğu gözlenmiştir.

Aldehitler

Değişik aldehit türevleri, kirli havada hidrokarbonların fotooksidasyonunda ara ürün olarak şekillenir. Bu konu başlığı altında değerlendirilecek iki ana aldehit fraksiyonu, formaldehit ve akroleindir. Kirli havadaki aldehitlerin % 50'sini formaldehit, % 5'ini ise akrolein oluşturur. Bunlar fotokimyasal dumanın neden olduğu göz irritasyonuna ve kokuya katkıda bulunurlar.

Formaldehit birinci derecede irritandır. Suda çözünebilir yeteneğine sahip olduğu için burun, üst solunum yolları ve göz müköz membranlarını irrite eder. İnsanlar 0.5-1.0 ppm düzeyinde formaldehiti kokusu ile, 2-3 ppm'i orta derecede irritasyonu ile ve 4-5 ppm düzeyindekini ise dayanılmazlığı ile algılayabilirler.

Formaldehitin 3.5-15 ppm konsantrasyonunun rodentlerde (kemirgenlerde) burun kanserine neden olduğu belirtilmektedir. Buna paralel olarak formaldehitin, yoğun olarak bulunduğu alanlarda çalışan insanlarda, burun kanseri insidensinin arttığı gözlenmiştir.

Akrolein ise doymamış bir aldehit olduğundan, formaldehite nazaran daha irritandır; 1 ppm'in altındaki konsantrasyonları solunum yolu mukozaları ve gözde irritasyona neden olur. Akrolein siçan karaciğerinde alkalen fosfataz(7), tirozin-ketoglutarat transaminaz(8) aktivitesinde artışa sebep olduğu bilinmektedir. Bununla beraber irritan etkisine bağlı olarak adrenal sistem uyarılır ve glukokortikoidlerin hipersekresyonu (salgını) şekillenir.

Solunum yolları belirtileri atropin, epinefrin, isoproturonol ve aminofilin tarafından kısmen ya da tamamen ortadan kaldırılabılır.

Karbonmonoksit (CO)

CO toksikolojik olarak kimyasal asfeksiyantlar (solunum yetersizliğine yol açan maddeler) sınıfında değerlendirilir. Toksikolojik etkisi karboksihemoglobine yol açmasından kaynaklanır. Karboksihemoglobinin (COHb) sigara içmeyen insanlardaki normal konsantrasyonu % 0.05'tir. Bu değer "Hem" metabolizmasından ve CO'nun değişik kaynaklardan endojen olarak üretilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Eksojen olarak CO'nun alınması kandaki COHb miktarını artırır.

Kandaki COHb seviyesi 30 ppm CO alındığında % 5'e, 20 ppm CO alındığında % 3'e ve 10 ppm CO alındığında ise % 2'ye yükselir. Bu değerlere yaklaşık 8 saatte ulaşılır. Normal yerlere göre motorlu taşıtların yoğun olarak bulunduğu karayollarında CO konsantrasyonu 3 kat, büyük yerleşim merkezlerinde ise 5 kat daha fazladır. Ekspres yollar üzerindeki taşıt araçlarının sebep olduğu CO seviyesi, kasaba trafiğinin yol açtığı CO miktarına eşittir. Bir çalışmada yer altındaki garajlarda, tünellerde ve anayol üzerindeki tünellerde CO konsantrasyonu 87 ppm olarak ölçülmüştür. COHb miktarının % 5'e ulaşması psikomotor aktivitenin bozulmasına sebep olurken, bu değer üzerinde ise kardiyovasküler sistemde aksamlara yol açar. Kalp normal kapasitesinin üzerinde çalışmaya zorlanır ve koroner kan akımında yavaşlama olur. Buna bağlı olarak da miyokardiyumun oksidatif metabolizması bozulur. CO'nun düşük seviyelerine adapte olan insanlarda hemotokrit değeri, hemoglobin miktarı ve kan volümü artar.

Oto Egzozu ve Sentetik Duman

Akciğerlerin alveoler dokusunda yapısal değişikliklere neden olur. 1-3.8 ppm ozonlanmış oto egzoz dumanı farelerde akciğer kanserine neden olur. Akciğer yapı ve fonksiyonunda bozukluklar oluşur ve ayrıca bakteriyel duyarlılık artar.

Hava Kirliliğinin İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri

Hava kirliliği zaman zaman belirli seviyelere yükselir. Bu seviyeler de insan sağlığı ve yaşam için tamamen zararlı bir hal alır. 1930'da Belçika'da, 1948'de Pensilvanya'da, 1952'de ise İngiltere'de kirlilik oranları eşik değerlerin üzerine çıkmış ve Belçika'da 65, Pensilvanya'da 20, İngiltere'de 4000 kişinin ölümü ile sonuçlanmıştır. Dünyada meydana gelen birçok olayda bölge üzerindeki meteorolojik şartlar ölüm ve hastalık oranlarının artmasına neden olmuştur.

Hava kirliliğinin neden olduğu ölümler daha çok yaşlı, kalp ve solunum sistemi hastalığı olan kişilerde meydana gelir. Duman seviyesinin 0.75 mg/m³'e, SO₂'nin 0.25 ppm'e ulaştığı durumlarda aşırı ölümlerin gözlemlendiği belirtilmektedir.

Hava kirliliği toplu yerleşim alanlarında yaşayan insanlarda akut nonspesifik solunum yolu hastalıkları, kronik solunum yolu hastalıkları, akciğer amfizemi, bronşial astma ve akciğer kanseri gibi hastalıkların oluşumuna katkıda bulunur.

Çeşitli bilim dalları kirliliğin önlenmesinde ve zararlı etkilerin tanınmasında faydalı olur. Meteoroloji, durgun ve ağır havalarda kirlleticilerin akümülasyonunu ayrıca rüzgârın etkisi ile meydana gelebilecek yayılma hakkında bilgi verir. Mühendislik bilimleri, kaynaklardan kirliliğinin kontrolü için teknolojik gelişmeleri temin eder. Toksikoloji, kirleticici kimyasal maddelerin bilinen konsantrasyonlarının deney hayvanı ve insanlar üzerindeki patolojik, biyokimyasal ve fizyolojik değişimleri hakkında bilgi verir. Epidemiyoloji, kirliliğin bilinen seviyelerinin halk sağlığı ile ilişkisi hakkında bilgi verir. Bitki patolojisi, saha ve serada yetişen bitkiler üzerinde değişik kirleticilerin etkilerini araştırır. Ekonomi ise meydana gelen kayıplar ve kirliliğin kontrolü amacıyla yapılması gereken harcamaları belirler.

DİPNOTLAR

- (1) Liyazlar grubunda bulunan ve maddelerden su çıkaran enzim.
- (2) Karbonhidratları hidrolize eden enzim.
- (3) Asetilkolin kolin ve asetik asite parçalayan enzim.
- (4) LC₅₀ (Letal Konsantrasyon 50): Denemeye alınan hayvanların % 50'sinde ölüme yol açan toksik madde miktarı.
- (5) Glutatin: Bitki ve hayvan dokusunda oksijen taşınmasında rol oynayan biyoaktif madde.
- (6) Dehidrogenaz: Bir maddenin H⁺ iyonunu başka bir maddeye aktaran enzim.
- (7) Alkalen fosfataz: Fosforik asit esterlerini parçalayan enzim.
- (8) Tirozin-ketoglutarat transaminaz: Tirozinin amino grubunu ayıran enzim.

SİZ OLSAYDINIZ

(Satranç Dünyası'nın çözümleri.)

Çözüm I: 1..Ae4 Şf5 2.Ag5 Ad4 (2..Kh6 3.Ke5 Şe5 4.Af7 ya da 2..Ag5 3.Ke5 Şe5 Fg7 var.) 3.Şe3 Kb8 4.Fg7 Kb3 5.Şf2 Şg5 6.Fe5 Af3 7.Fc3 Şg4 8.Kc5 Ah2 9.Şg2 Af3 10.Kc4 kazanır (Muray-Gutman, Paris 1987).

Çözüm II: 1..Af4!! 2.Şf4 Fe5!! 3.Şf3 (3.Şe5 Ag6 mat) 3..Fd4 4.Fd4 Kd4 5.Ac1 Kb6 6.Ae2 Ac6 7.c5 Kb3 8.Şf2 Kg4 9.Ka6 Ab4 10.Ka7 Şg6 11.Ac1 Kb1 kazanır (Hulak-Nogueiras, Wijk aan Zee 1987).

Çözüm III: 1..Ae5 Vd6 2.Kf7! Kf7 3.Vh6 Şg8 4.Vh8 Şh8 5.Af7 Şg8 6.Ad6 kazanır (Barbero-Rüetchl, Lugano 1987).