

# HAVA KİRLİLİĞİ VE ASİT YAĞMURLARININ ÇEVRE VE İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİLERİ

Ali İhsan İlhan  
Tülay Balta  
Gürhan Rasan

**Anahtar Kelimeler:** Hava Kirliliği, Çevre, Atmosfer, Asit, Kirlenici, Sağlık, Asit yağmurları

**Özet:** Atmosferdeki kükürt ve azot oksit emisyonlarının azaltılması uzun vadede gerçekleştirilecek bir işlem olduğundan çevrede yarattıkları olumsuz etkileri nedeniyle emisyonlarının azaltılması için gereken önlemlerin vakit kaybetmeden alınmasının zorunluluğu açıkça görülmektedir. Bunun yanında acil önlem olarak bir bölgede hava kirliliği, teknolojik önlemler tespit edilerek dikkatle gözden geçirilmeli ve uygulanmalıdır.

## ATMOSFERDE ASİTLEŞMEYE NEDEN OLAN KİRLİTİCİLER

### Kükürt Oksitler (SO<sub>x</sub>)

Hava kirlenici emisyonların en yaygın olanı kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) dir. Her yıl tonlarca SO<sub>2</sub> çeşitli kaynaklardan yayınlanarak, atmosfere karışmaktadır. Bu emisyonların en önemli bölümü elektrik üretmek amacıyla çok büyük miktarlarda kükürtlü katı ve sıvı yakıtlar yakan termik santrallerden meydana gelmektedir.

2 Kasım 1986' da yürürlüğe giren "Hava Kalitesini Koruma Yönetmeliği" ne göre mahalli çevre birimlerinde uzun vadeli, maksimum SO<sub>2</sub> sınır değerleri, yıllık ortalama 60 mg/m<sup>3</sup>, kış mevsimi ortalaması 120 mg/m<sup>3</sup>, günlük ortalama 150 mg/m<sup>3</sup>, 1 saatlik ortalama 450 mg/m<sup>3</sup> tür.

### Azot Oksitler (NO<sub>x</sub>)

NO<sub>x</sub>' in atmosferdeki bulunuşu yaklaşık olarak yarı yarıya taşıt egzozu ve sabit yakma tesislerinden dolaydır. Bu gazlar atmosferde doğal gaz çevrimine girerek, nitrik asit

(HNO<sub>3</sub>) oluşumuyla sonuçlanan zincirleme reaksiyonları tamamlarlar. Atmosferdeki HNO<sub>3</sub> oluşumu ise asit yağışının oluşmasını etkiler.

Son yıllarda Danimarka’ da yapılan bir araştırmayla 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 asite dönüştüğünde yağmurun asiditesini ayrıca 4 kat artırmaktadır.

### **ASİT YAĞMURLARININ ÇEVRE ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

Asit yağmuru toprağın kimyasal yapısını ve biyolojik koşullarını etkilemektedir. Toprağın yapısında bulunan kalsiyum, magnezyum gibi elementleri yıkayarak taban suyuna taşımakta, toprağın zayıflamasına ve zirai verimin düşmesine neden olmaktadır. Toprağın asitleşmesine en çok katkıda bulunan maddeler, atmosferde birikme sonucu toprağa geçen kükürt bileşikleridir. Azot bileşikleri ise bitkilerin özümseyeceği miktardan fazla olduğu zaman toprağın asitleşmesinde rol oynamaktadır.

Asitleşmenin çevre üzerinde dolaylı olmakla birlikte yine çok önemli etkilerinden biri de, endüstriyel faaliyetler sonucu oluşan asit nemidir. Toprağa ya da göl yataklarına inmiş civa, kadmiyum ya da alüminyum gibi zehirli maddelerle tepkimeye girebilmekte ve normal koşullar altında çözünmez sayılan bu maddeler, asidik nemle tepkimenin sonucunda, besin zinciri ya da içme suyu yoluyla bitki, hayvan ve insana ulaşarak toksik etkiler yaratmaktadır. Ağaç köklerinin besin toplama yeteneğinin bozulmasının sorumlusu da gene asitleşme sonucunda toprakta harekete geçen alüminyumdur.

Büyük şehirlerin çoğunda insan yapısı bina ve anıtlara asit yağmurlarının yaptığı zararın göstergesi çoktur. Tarihi yapılar, binalar, açık metal yüzeyler, boya kaplamalar ve bazı plastikler, sülfürdioksit ve yağışın sulandırdığı bu asitten dolayı bozulma gösterir.

## **ASİT YAĞMURLARININ İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ**

Temmuz 1984’ de Berlin’ de Dünya Sağlık Örgütü’ nün (WHO) Avrupa Bölgesel Toplantısında çeşitli gruplar tarafından sunulan araştırmalar asit yağmurlarının insan sağlığı üzerindeki etkileri konusunda ilginç sonuçlar açığa çıkmıştır. Bu araştırmaların sonucu olarak asit depolanmasının insan sağlığı üzerinde dolaylı ve dolaysız olmak üzere 2 tür etkisi belirlenmiştir. Bu güne kadar yapılan araştırmalar henüz asit depolanmasının insanlar üzerinde dolaysız bir etkisini belirleyememiştir. Bununla beraber deri, göz ve solunum sistemindeki direkt etkileri dikkat çekicidir. pH 4.6’ ya kadar asitlenmiş göl sularında insan ve tavşan denekleri üzerinde yapılan araştırmalarda belirli bir takım etkiler belirlenmiş, pH’nın 4 ten düşük olduğu değerlerde gözde tahriş ve kızarıklık oluşmuştur.

Asidik zerrecikler genellikle sülfür dioksit ve nitrik oksitlerin atmosferdeki dispersiyonu ile oluşur. Sonuçta oluşan nitrik ve sülfürik asit diğer partiküller (toz, is, kurum, duman vs) üzerine yapışır. Bu partiküllerin direkt olarak solunması bu asidik yapıların doğrudan akciğerlere kadar gitmesine neden olmaktadır. Bu asidik yapıdaki tozlar ve gazlar nemli ve sıcak akciğer alveollerinde kimyasal olarak kana geçebilirler.

Asit yağmurlarının insanlar üzerindeki dolaylı etkileri yüzey ve içme suları, yer altı suları, toprak, ağır metaller, bitkiler ve balıklar üzerindeki etkilerine bağlı olarak bu unsurların kullanılması sonucunda uzun vadede insan bünyesinde asidik depolanmaya neden olur.

## **EMİSYONLARIN İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİLERİ**

Fosil kökenli yakıt kullanan enerji üretim tesislerinden kaynaklanan hava kirliliğinin “İnsan Sağlığına Etkileri” aşağıdaki başlıklar altında toplanmaktadır:

1. Akciğer Kanseri
2. Bronşit
3. Kroner Bronşit
4. Raşitizm

5. Eklem Romatizması
6. Kalp Hastalıkları
7. Göz Yanmaları
8. Nefes Darlığı
9. Çeşitli tozların vücuttaki birikiminden doğan iştahsızlık ve neticesinde, vücudun zayıf düşerek zafiyete uğraması ve hastalığın vücudun direncini zayıflatması
10. Kirli havanın altında yaşayan insanlarda aşırı derecede ihtiyarlama belirtileri görülmesi
11. Romatizma
12. Hava kirliliği içinde yaşan insanlarda cinsiyet bozukluğu başlaması
13. Suç işleme oranında artış, sinirlilik, ruhsal bozukluklar vb.
14. Kan zehirlenmesi başlar. Hamile kadınlarda daha çabuk gözükür. Hamile olduğu için zehirlenme oranı yüksektir. Erkeklerle oranla daha fazladır. Hamile kadınlar düşük yapabilir
15. Çeşitli tozların deri dokusunun üzerindeki delikleri terle birleşip kapamasıyla deri solunumuna mani olması (hava kirliliğinden dolayı vücutta solunum zorluğu başlar).

### **SO<sub>2</sub>, PM ve Asit Aerosollerinin Sağlık Üzerine Etkileri**

Kükürt dioksit, partiküler madde ve asit aerosollerini doğrudan doğruya solunum yollarını etkilerler. Kükürt dioksit ve atmosferdeki ürünleri iriten etki gösterirler. Solunan yüksek konsantrasyondaki kükürt dioksitin %95'i üst solunum yollarından absorbe olur. Bunun sonucu olarak, bronşit, amfizem ve diğer akciğer hastalık semptomları meydana gelir.

Asit aerosollerini ile partiküler maddelerin de akciğerlerden alveollere kadar taşınması nedeniyle bu kirlenmelerin bir arada bulduklarında yaptıkları olumsuz sağlık etkileri; her birinin ayrı ayrı yaptığı etkilerden daha fazladır. Bu olumsuz etkiler sonucunda ortaya çıkan önemli rahatsızlıklar arasında; pulmoner fonksiyon bozuklukları, kronik bronşit vakalarında artış, bronşiyal mukoza silialarının temizleme hızında artış, solunum yolları epitel dokusunda kalınlaşma gibi sağlık problemleri örnek olarak verilebilir.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından; halk sağlığının korunabilmesi amacıyla  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$  /10 dakika kükürt dioksit sınır değerinin aşılmaması tavsiye edilmektedir. Yapılan hesaplamalarda bu değer maksimum 1 saatlik ortalama değer olan  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'e eşdeğer bulunmaktadır.

### **Azot Dioksitin Sağlık Üzerine Etkileri**

Azot dioksitin 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 dioksit 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 etkileşimlerin 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.

### **CO'in Sağlık Üzerine Etkileri**

Karbon monoksitin oksijen taşıma kapasitesini azaltması sonucunda kandaki oksijen yetersizliği nedeniyle kan damarlarının çeperleri, beyin kalp gibi hassas organ ve dokularda fonksiyon bozuklukları meydana gelir.

### **Ağır Metallerin Sağlık Üzerine Etkileri**

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 partiküler 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, Civa metalleri ve asbest önem taşımaktadır. Diğer metallerin bir kısmı insan yaşamında temel yönden 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.

**Kurşun :** Mavimsi veya gümüş grisi renğinde yumuşak bir metaldir. Kurşunun tetraetil veya tetrametil gibi organik bileşenlerinin yakıt katkı maddesi olarak kullanılmaları nedeniyle kirlenici parametre olarak önem gösterirler. Tetraetil kurşun ve tetrametil kurşunun her ikisi de renksiz sıvı olup, kaynama noktaları sırası ile 110°C ve 200°C dir. Uçuculuklarının diğer petrol bileşenlerinden daha fazla olması nedeni ile ilave edildiği yakıtın da uçuculuğunu artırır.

Kurşunun farklı enzim sistemleri ile etkileşim göstermesi nedeniyle bir çok 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 iletim hızında azalma, 1.2 µg/ml limitinin aşılmasından sonra ise yetişkinlerde geri dönüşü mümkün olmayan beyin hasarları meydana geldiği belirlenmiştir.

Havadaki kurşun konsantrasyonu ile kandaki kurşun konsantrasyonu arasında doğrusal bir ilişki vardır. Kurşunun havadaki 1 µg /m<sup>3</sup> konsantrasyonunun kanda 0.01-0.02 µg/ml lik konsantrasyonu oluşturduğu tesbit edilmiştir.

İnsanlarda temel (background) kan kurşun konsantrasyonunun 0.04-0.06 µg/ml, kentsel alanlarda yaşayanlarda ise 0.1 µg/ml olduğu belirlenmiştir.

Dünya Sağlık Örgütü, sağlık üzerine olumsuz etkilerin gözlenmediği 0.1 µg/ml kan kurşun konsantrasyon limitinin aşılmaması amacı ile; kent havasındaki kurşun konsantrasyonunun 0.5-1 µg/m<sup>3</sup> olarak hedeflenmesini önermektedir.

**Kadmiyum** : Kadmiyum (Cd) gümüş beyazı renğinde bir metaldir. Havada hızla kadmiyum oksite dönüşür. Kadmiyum sülfat, kadmiyum nitrat, kadmiyum klorür gibi inorganik tuzları suda çözünür.

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 tesbit 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>, zirai faaliyetlerin bulunmadığı kentsel ve endüstriyel bölgelerde 10-20 ng/m<sup>3</sup>ü aşılmamasını tavsiye etmektedir.

**Nikel** : Nikel gümüşümsü beyaz renkli sert bir metaldir. Nikel bileşikleri pratik olarak suda çözünmez. Suda çözünebilir tuzları; klorür, sülfat ve nitratdır. Nikel biyolojik sistemlerde adenosin, trifosfat, aminoasit, peptit, protein ve deoksiribonükleik asitle kompleks oluştururlar.

Havadaki nikel bileşiklerinin solunması sonucunda, solunum savunma sistemi ile ilgili olarak; solunum borusu irritasyonu, tahribatı, immunolojik değişim, alveoler makrofaj hücre sayısında artış, silia aktivitesi ve immünite baskısında azalma gibi anormal fonksiyonlar meydana gelir.

Deri absorpsiyonu sonucunda allerjik deri hastalıkları ortaya çıkar. Havada bulunan nikel uzun süreli maruziyetin insan sağlığına etkileri hakkında güvenilir kanıtlar tesbit edilememişse; 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.

### **ALINABİLECEK ÖNLEMLER**

- ✓ Hava kirliliğinin yoğun olduğu büyük illerimizde kaliteli ve temiz linyitin yakılması için gerekli tedbirler alınmalıdır.
- ✓ Kentsel ısınmada doğal gazın kullanımının artırılması ve yoğun hava kirliliği yaşanan illerimize 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 zamanlarda eğitilerek, uygun yakma kurallarını öğrenmeleri sağlanmalıdır.
- ✓ Büyük ısıtma sistemlerine filtre takma zorunluluğu getirilmelidir.
- ✓ Sadece uçucu kül için elektrofiltre bulunan termik santrallere desülfürizasyon tesislerinin de zorunlu olarak kurdurulması sağlanmalıdır.
- ✓ Bina projelerinde, baca ve kazanın konacağı yer standartlara 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<sub>x</sub> için egzoz gazı resürkülasyonu uygulanmalıdır. Almanya' da olduğu gibi benzindeki kurşun miktarı 0.15 gr/lt seviyesine indirilmeli ve kademeli olarak kurşunsuz benzine geçilmelidir.



## SONUÇ

Atmosferdeki kükürt ve azot oksit emisyonlarının azaltılması uzun vadede gerçekleştirilecek bir işlem olduğundan çevrede yarattıkları olumsuz etkileri nedeniyle emisyonlarının azaltılması için gereken önlemlerin vakit kaybetmeden alınmasının zorunluluğu açıkça görülmektedir. Bunun yanında acil önlem olarak bir bölgede hava kirliliği, teknolojik önlemler tespit edilerek dikkatle gözden geçirilmeli ve uygulanmalıdır. Asit depolanması sorununa bilimsel yönden çözüm yolları ararken, zarar tespitleri yapılmalı ve ekosistem detaylı bir şekilde incelenmelidir. Ayrıca problem politik ve bilimsel olarak benimsenmelidir.