

ÇEVRE JEOLJİSİ

I. ATMOSFER

1952 Aralık ayının ilk haftasında, Londra'da hava öylesine durgundu ki bulutlar güneş ışığının büyük bir bölümünü geriye yansıtmaktaydılar. Nem oranı birden %80'lere kadar fırlamış ve sıcaklık öğlen sırası -1C'ye kadar düşmüştü. Kalın bir sis tabakası oluşmuş, soğuk ve rutubet evlerin daha fazla ısıtılmasını gerektirmişti. Evlerde kullanılan yakıt genelde kömür olduğundan, kül, SO₂ ve is (kurum) miktarı oldukça artmıştı. Durgun hava sadece evlerden gelen değil otomobillerden çıkan zararlı partiküllerle dolmuştu. Krizin doruğa ulaştığı dönemde, görüş mesafesi oldukça düşmüş öyle ki otomobiller gündüz sırasında bile farlarını yakmak zorunda kalmışlardı. 4 - 10 Aralık tarihleri arasında, hava kirliliğinden yaklaşık 4000 kişi ölmüştü. Sis kuşatması nihayet havanın değişmesine neden oldu ve böylece hava kirliliği biraz olsun azaldı. İnsanoğlunun neden olduğu bu problemi çözen insan faaliyetleri değil yine doğanın ta kendisiydi. Sanayi devriminin başlangıcından bu yana ve hatta daha önceleri, insanlar Londra ve diğer büyük şehirlerde yaşamları sürdürmekteydi ancak yanlış olan bir şey vardı.

Atmosferimiz büyük miktarda kirliliği absorbe etme kabiliyetine sahiptir. Kirletici maddelerin başına üç şey gelebilir: rüzgarlar ile taşınabilir, yağış ile yeryüzüne inebilir veya kimyasal olarak atmosferdeki zararsız maddelere dönüşebilirler.

1952 Londra sis krizinde, SO₂'in atmosferdeki ortalama bulunma süresi yaklaşık 5 saatti ve SO₂ atmosfer tarafından hızlı bir şekilde dönüşüme tabii tutuldu. Durgun hava şartları evlerde yakılan kömür ve otomobillerde yakılan benzin ile birleştiğinde, atmosferin kirliliği yok etme veya kirletici maddeleri başka bileşiklere dönüştürme gücünü aşmış ve hatta SO₂'i ortadan kaldırıcı hızlı doğal mekanizmalar bile işlemez hale gelmişti. Bunun sonucunda, SO₂ havada asılı kalmış ve sis asidik bir özellik kazanmış ve özellikle yeşil habitat başta olmak üzere insan ve diğer organizmaları olumsuz şekilde etkilemiştir.

1952 Londra sis krizi dönüm noktası bir olaydı. Sonunda, insan faaliyetleri atmosferin atıkları doğal bir şekilde ortadan kaldırma kabiliyetini aşmıştı. Yakılmakta olan fosil yakıtlar havaya partikül eklemiş bunlar da sis oluşmasına ayrıca görüş mesafesinin ve güneş ışığının azalmasına neden olmuştur. 1952 öncesi Londra sisleri ile ünlü bir şehirdi. Fakat bilinmeyen şey kömür yakılmasının sis oluşumunu arttırmada oynadığı roldü. 1952 yılından bu yana, Londra'da ısınmada kömür yerine daha temiz olan doğal gaz kullanılmaktadır.

I.1. HAVA KİRLİLİĞİNİN TARİHÇESİ

İnsanlar çok eskilerden beri hem insanoğlunun sebep olduğu hem de doğal yolla oluşan atmosferik kirlenmenin farkındadırlar. Hava kirliliğinin kontrol edilmesine yönelik çıkartılan ilk kanun 1273'de İngiltere Kralının Londra'da yumuşak kömürün kullanılması için Parlamenteoyu ikna etmesi ile başlamıştır. Çıkarılan bu kanun öylesine katıydı ki, bir kişi devamlı olarak uyarılmasına rağmen yasaklanan kömür kullanmaktan idam bile edilmişti. "Dumanlı-Sis" terimi ilk defa 1905 yılında bir sağlık konferansı sırasında bir doktor tarafından duman ve sis karışımı sonucu ortaya çıkan kötü hava kalitesini vurgulamak üzere ortaya atılmıştır. 1550 yılında Leonardo da Vinci, bitkilerden atmosfere yayılan malzemelerde oluşan mavi bir pusun varlığından bahsetmiştir. Leonardo da Vinci'nin gözlediği şey nedeni bugün bile hala tam olarak anlaşılamayan doğal bir fotokimyasal dumanlı-sistir.

Asit yağmuru ilk kez 17. Yy.da tanımlanmıştır. 18. Yy.da ise asit yağmuru ve dumanlı-sisin Londra'daki bitkilerde bazı tahribata neden olduğu bilinmekteydi. 18. Yy.da Sanayi devriminin başlamasıyla, hava kirliliği daha da dikkat çekmiş ve 19. Yy.ın ortalarında da, özellikle Amerikan iç savaşından sonra, hava kirliliğine olan ilgi artmıştır.

1930 yılında Belçika'daki Mesue vadisi ve 1948 yılında da Pennsylvania Donora'daki kirlilik olaylarından sonra hava kirliliği üzerindeki bilimsel çalışmalara hız verilmiştir. Mesue vadisi kirliliği yaklaşık bir hafta devam etmiş, 60 ölüm vakası ve sayısız sağlık problemi ile sonuçlanmıştır. Pennsylvania Donora'daki kirlilik ise 20 ölüm vakası ve 14.000 insanın sağlığını kaybetmesine neden olmuştur. İnsanlar Donora vakası ile, meteorolojik şartlar ile tehlikeli dumanlı-sis olayı arasında bir ilişki olduğunun farkına varmışlardır. Bu görüş 1952 Londra vakası ile daha da güçlenmiş ve bu tarihten itibaren hava kalitesini arttırmaya yönelik çeşitli önlemler alınmaya başlanmıştır. Günümüzde, 1977 Temiz Hava Eylem'i ile çıkartılan kanunlar Birleşik Devletlerde atmosfere olan emisyonu bir derecede azaltmış olmasına rağmen hava kirliliği halen bir çok bölgede istenilen seviyenin çok altındadır.

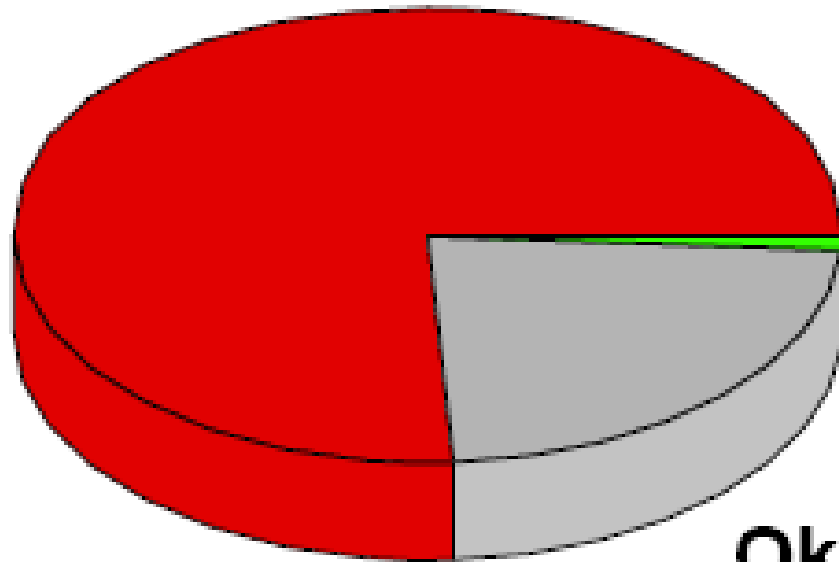
I.2. HAVA KİRLİLİĞİ ÖZELLİKLERİ

Atmosfer en büyük kaynaklarımızdan biridir. Havanın Yeryüzü üzerinde lokal rüzgarlar veya hava eşikleri şeklinde hareketi üzerimizdeki havanın devamlı olarak yenilenmesini sağlamaktadır. Atmosfer karmaşık bir kimyasal fabrika gibidir. İçerisinde hala tam olarak anlaşılamayan reaksiyonlar gerçekleşmektedir. Bu reaksiyonların çoğu güneş ışığı ve yaşam tarafından üretilen bileşikler tarafından etkilenmektedir. Kimyasal kirleticiler yanlış zamanda, yanlış yerde ve yanlış bileşimlerdeki bileşikler olarak düşünebilir. Bir kimyasal madde uzağa taşınıyor ve açığa çıkartılan miktarına göre daha az seviyelerde ise, herhangi bir kirlenme sorunu yaşanmayacaktır. Doğal olarak veya insan yolu ile atmosfere yayılan kirleticiler sadece atmosfer içinde değil hidrolojik ve jeokimyasal döngüler içinde de azaltılabilir. Bunun yanı sıra, atmosferi terk eden kirleticiler su ve jeolojik fenomenler içinde kirlenmeye neden olurlar.

Yeryüzünde hayatın başlamasından itibaren, atmosfer kimyasal elementler için önemli bir kaynak olmuş ve atıkların çökmesi için de bir ortam teşkil etmiştir. Fotosentez yapan en eski bitkiler atmosfere oksijen yaymışlardır. Atmosferik oksijenin uzun vadede yükselmesi de yüksek metabolizma hızı ve hızlı enerji kullanımı gerektiren daha yüksek yaşam formlarının gelişmesini ve ayakta kalmasını sağlamıştır. Soluduğumuz hava %78 azot, %21 oksijen, %0.9 argon %0.03 CO₂ ve metan, ozon, hidrojen sülfid, CO, nitrojen ve kükürt oksitlerinin de dahil olduğu diğer iz element ve bileşiklerden oluşmaktadır. Moleküler argon, asal ve durgun gazlar dışında Yeryüzü atmosferindeki diğer bütün bileşikler ya biyolojik faaliyet sonucu ortaya çıkmışlar ya da büyük ölçüde biyolojik süreçler tarafından etkilenmişlerdir.

Atmosfer Kimyası

Nitrojen 76%



Argon 1%

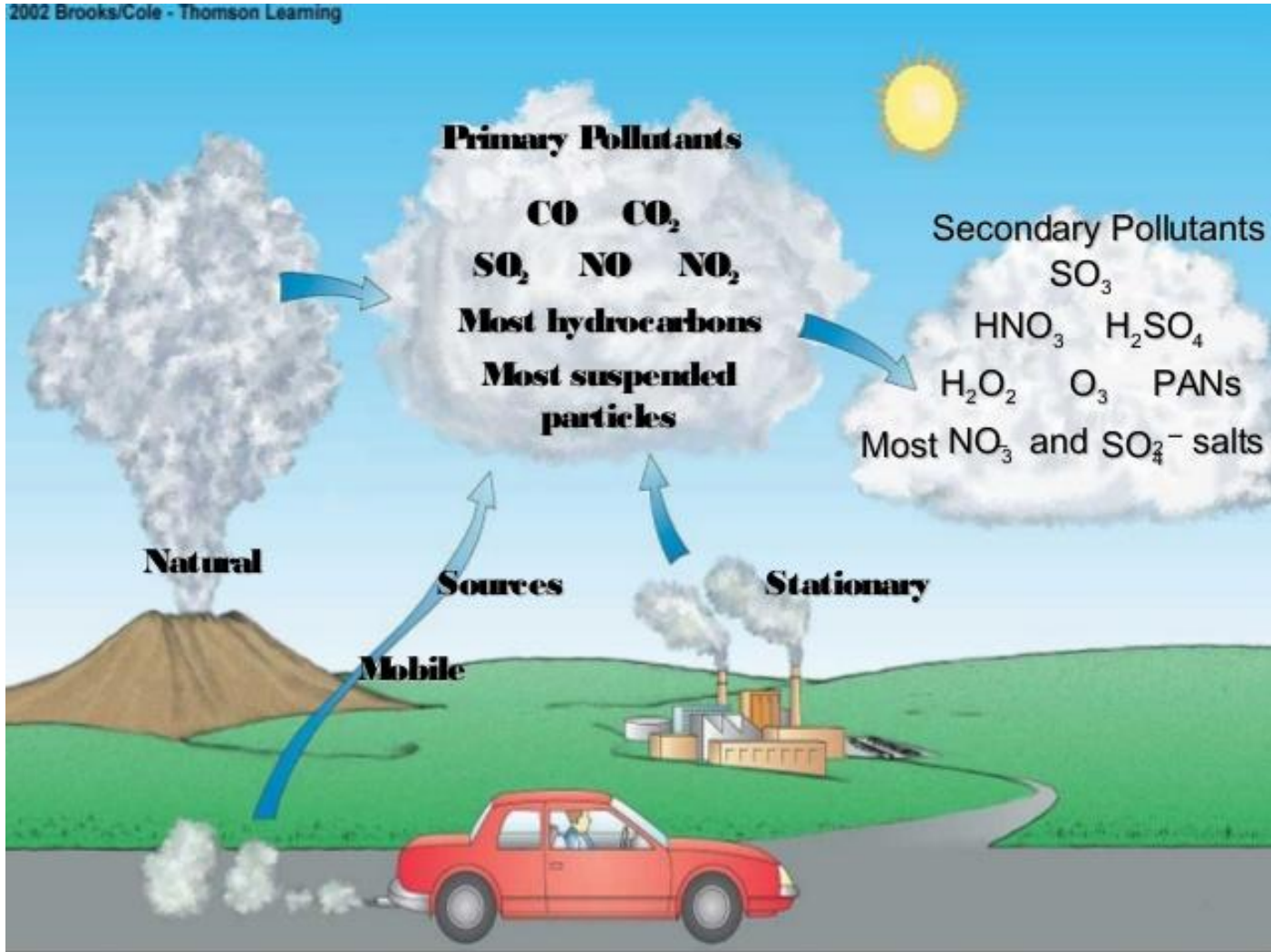
Oksijen 23%

Havanın kirlenmesine neden olan iki ana kirletici grubu vardır: primer ve sekonder kirleticiler. Primer kirleticiler havaya direkt olarak yayılanlardır, bunlar partiküller, kükürt oksitler, CO, azot oksitler ve hidrokarbonlardır. Sekonder ya da ikincil olanlar ise primer kirleticiler ve normal atmosferik bileşikler arasında geçen reaksiyonlar sonucu ortaya çıkan kirleticilerdir. Örneğin, yerleşim yerleri üzerindeki ozon, primer kirleticiler ile doğal atmosferik gazlar arasındaki reaksiyonlar sonucunda oluşmaktadır. Bu yüzden, ozon primer kirlenmenin olduğu bölgelerde havanın parlak ve güneşli olduğu zamanlarda ciddi bir kirlilik problemi yaratmaktadır.

Birleşik Devletlerde hava kirliliği problemlerinin yaklaşık %90'na neden olan primer kirleticiler partiküller, hidrokarbonlar, CO, azot ve kükürt oksitlerdir (Tablo 1). İnsanoğlunun neden olduğu işlevler vasıtasıyla, Birleşik Devletlerde her yıl 250 ila 300 milyon ton bu tür malzeme atmosfere girmektedir. Yaklaşık bunun yarısı CO olup diğer dört unsur ise %8 ile %15 arasında bir değerdedir. İlk bakışta, birkaç yüz milyon malzemenin çok olduğu düşünülebilir, ancak bu malzemenin atmosfer içinde eşit bir şekilde dağılması durumunda, bunun ağırlık yüzdesi atmosferde sadece 3 ppm kadar olacaktır (1 ppm milyonda bir parça). Ne yazık ki, atıklar eşit bir şekilde dağılmamaktadır. Bunlar lokal veya bölgesel olarak üretilmektedir. Bu nedenle, kirlenme kaynaklarının iki ana çeşidinin bilinmesinde yarar vardır. Bunlar **noktasal** ve **noktasal olmayan** kaynaklardır. Büyük bir santral bacası noktasal kaynağa örnek olarak verilebilir. Noktasal olmayan kaynağa örnek ise Los Angeles, California'da trafiğin en yoğun olduğu anda tüm otomobillerden açığa çıkan egzoz gazlarıdır.

I.3. HAVA KİRLİLİĞİNİN NOKTASAL KAYNAKLARI VE DUMANLI-SİS (SMOG)

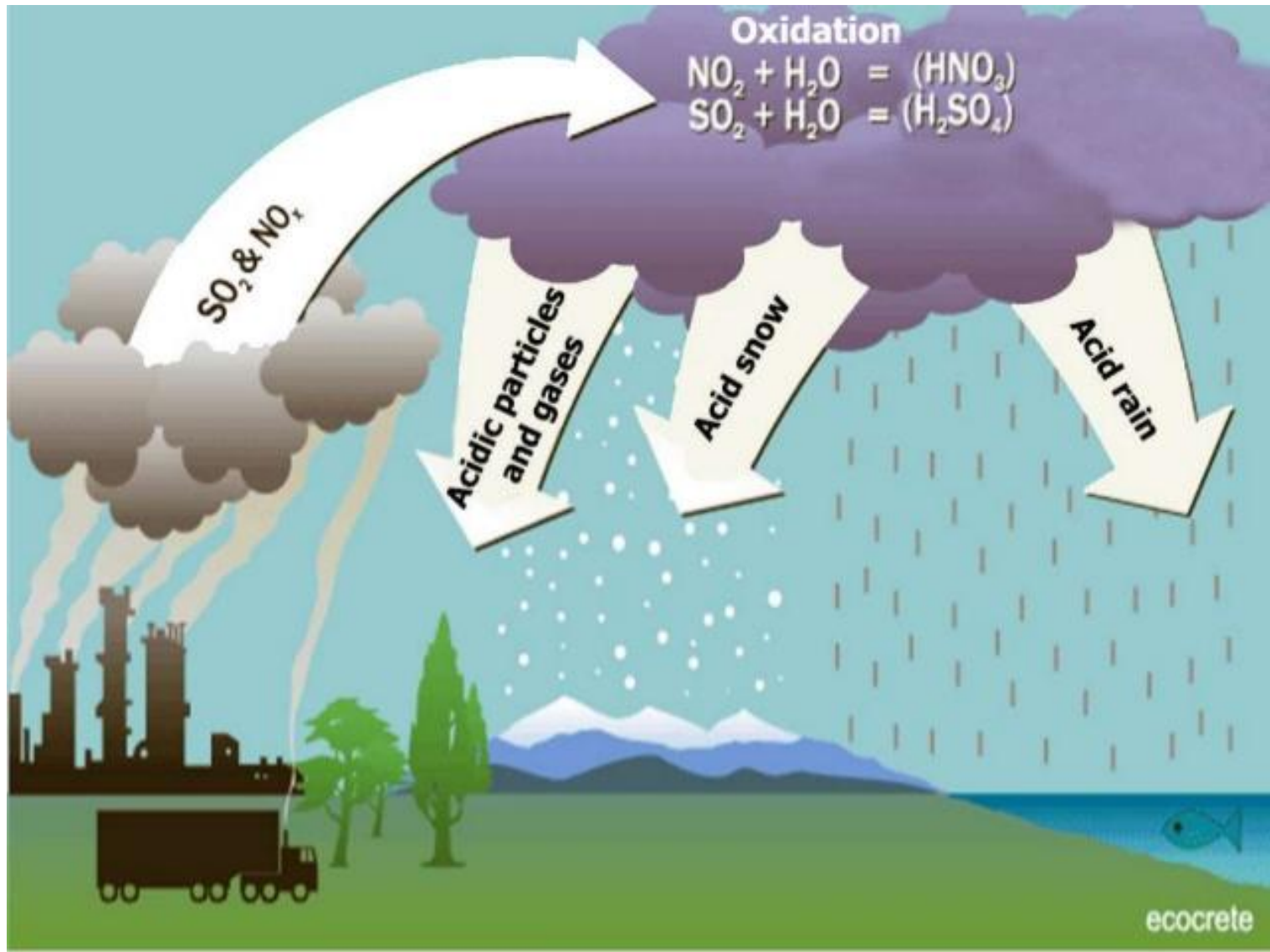
Sudbury'deki (Ontario) nikel ve bakır izabe tesisleri hava kirliliğinin noktasal kaynaklarına verilebilecek en güzel örnektir. Sudbury'de birbirine birkaç km uzaklıkta 3 adet izabe tesisi, 13 adet maden, 1 tane açık işletme, 6 tane yoğunlaştırma fabrikası, 2 adet demir-çelik fabrikası ve 1 tane de bakır rafinerisi bulunmaktadır. Bu bölgedeki cevher yüksek miktarda kükürt (S) içermekte olup buradaki izabe tesisi, muazzam miktarda SO₂ ile birlikte içinde nikel, bakır, ve canlılara toksik olan diğer metallerin de bulunduğu partikülleri atmosfere yaymaktadır. 1970 yılında buradaki fabrikalardan sadece biri 2.7 milyon ton SO₂'i atmosfere salmıştır. Bununla birlikte, nikel kirlenmesinin fabrikadan 50 km uzaklıktaki topraklarda etkili olduğu gözlenmiş ve SO₂'den kaynaklanan asit yağmurunun ve ağır metal içeren partiküllerin 50 yıldan beri Sudbury'i çevreleyen ormanlara büyük ölçüde zarar verdiği ortaya çıkarılmıştır. Yaklaşık 250 km² lik bir alan bitki yaşamı için elverişsiz bir hale gelmiştir. Bölgede ormanlara verilen tahribat yaklaşık 3500 km² lik bir alanı kapsamaktadır. Kirliliği azaltmak için öngörülmuş önlemlerden biri olarak fabrika bacalarının yükseltilmesi sorunu çözeceği yerde daha da arttırmıştır. Daha önceleri lokal olarak gözlenen asit yağmuru daha geniş alanları etkilemiştir.



I.4. ASİT YAĞMURU

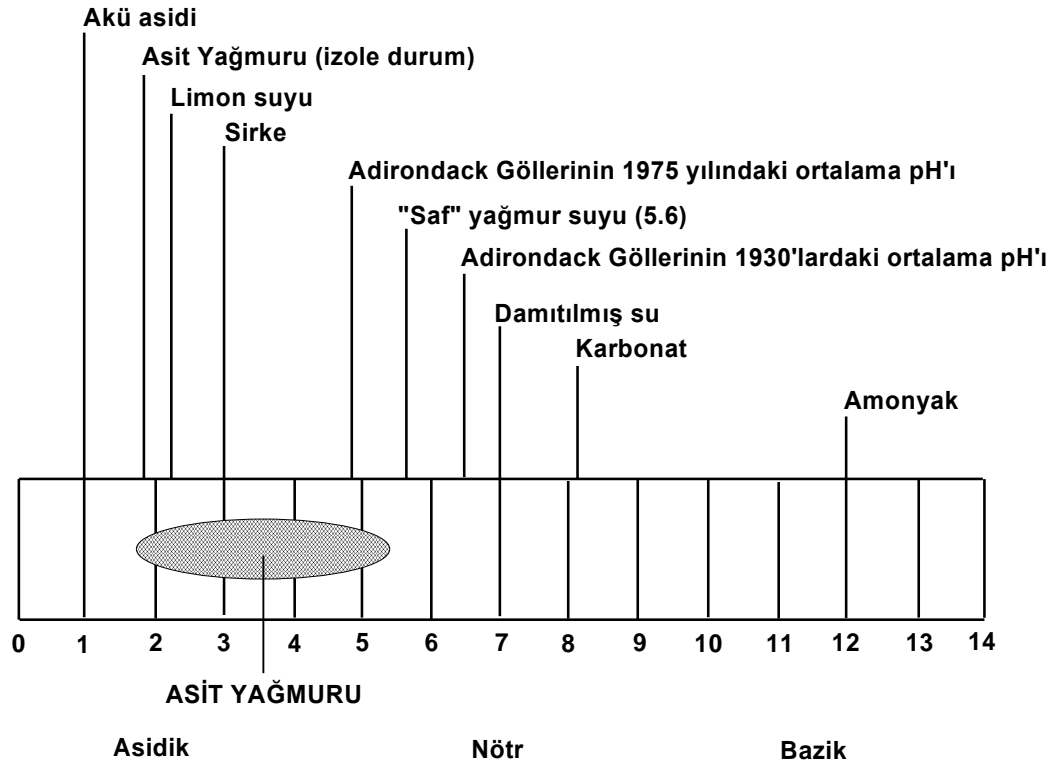
Yüksek miktarda fosil yakıt kullanımı ve cevher izabesi lokalin ötesinde sorunlar yaratmaktadır. Bu tür noktasal kaynakların etkileri bölgesel olarak yayılım gösteren *asit yağmuruna* neden olmaktadır. Fosil yakıtlar ve cevherlerin birçoğu kükürt içermektedir. Kükürt yakıtların yakılması ve cevherlerin zenginleştirilmesi sırasında kükürt dioksit dönüşmektedir. Normal havada gerçekleştirilen herhangi bir yüksek sıcaklık işlemi azot oksit de üretmektedir. Kükürt dioksit ve azot oksitler su ile birleşerek sülfürik ve nitrik asitleri oluştururlar. Sadece 1977'de, Birleşik Devletlerde 27.4 milyon ton SO₂ ve 23 milyon ton azot oksit atmosfere verilmiştir.

Kükürt ve azot oksitler ana kaynaklar olmalarına rağmen, asit yağmur probleminde rol oynayan başka asitler de vardır. Örneğin, kömür yakılan güç santrallerinden hidroklorik asit (HCl) kömür veya petrol yakan güç santrallerinden de kükürt oksit atmosfere yayılmaktadır. Azot oksit ise hem sabit hem de otomobiller gibi hareketli kaynaklardan ortaya çıkmaktadır. 1977'de atmosfere verilen azot oksidin yaklaşık %56'sı güç santrallerinde yakılan fosil yakıtlar ve diğer sabit kaynaklar nedeniyle olmuştur. Buna karşın %40 ise ulaşım ile ilişkili kaynaklardan açığa çıkmıştır. Fosil yakıt kullanımının önümüzdeki birkaç 10 yıl içinde (özellikle kömür) dramatik olarak artacağı tahmin edilmektedir. Asit yağmuru kaynaktan itibaren rüzgar yönünde geniş bir şekilde ilerler. İngiltere, Almanya ve diğer batı Avrupa ülkelerinde üretilen kükürt dioksitler Norveç ve İsveç'te ciddi asit yağmur sorunlarına neden olmaktadır. Kuzey Amerika'da, ABD ve komşusu olan Kanada'daki endüstriyel nokta kaynakları asit yağmurunun daha kuzeydeki Labrador ve Arktik Okyanusa kadar ilerlemesini sağlamıştır. Son 20 yıl içinde, noktasal kaynaklara yakın yerlerdeki lokal hava kirliliğinin azaltılmasına yönelik çalışmalar genellikle daha uzun bacaların yapılması şeklindeydi, ancak bu lokal etkileri azaltmakla birlikte küresel etkilerin daha da artmasına yol açmıştır. Günümüzde ise, asit yağmuru fabrika bacalarına filtre yerleştirilmesi ile çözümlenmeye çalışılmaktadır.



Bütün yağmur suları az da olsa asidiktir. Çünkü su atmosferik CO₂ ile reaksiyona girer ve karbonik asidi (H₂CO₃) oluşturur. Bu saf yağmur suyunun pH'ı yaklaşık 5.6'dır. Asit yağmur, pH'ın 5.6'dan düşük olduğu yağış olarak tanımlanır. pH ölçeği logaritmik olduğundan, 3'lük pH değeri pH değeri 4'den 10 defa ve pH değeri 5'den ise 100 defa daha asidiktir. Otomobil aküsünün pH'ı 1'dir. Bir keresinde, Wheeling'de (Batı Virginia) yağmur suyunun pH'ı 1.5 olarak ölçülmüştür. Bu da hemen hemen mide asidinin pH'na eşit olup sirke ve limon suyundan ise daha asidiktir.

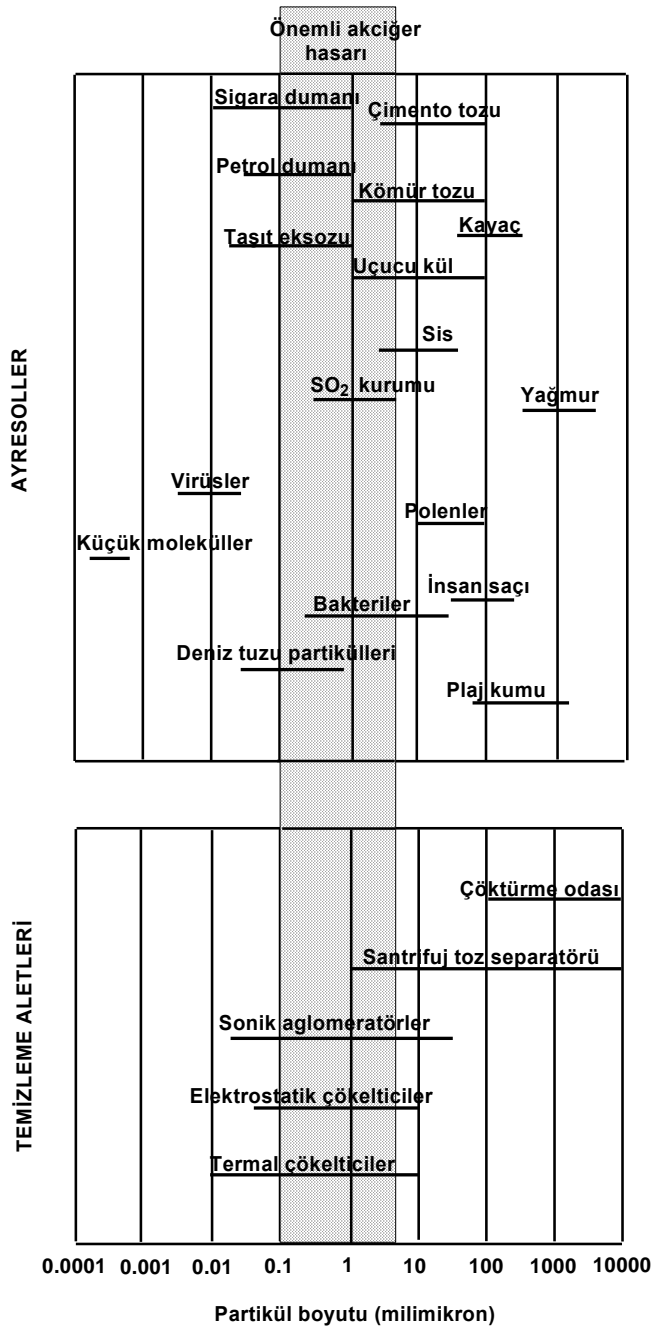
Fosil yakıtların önümüzdeki yüzyıldan itibaren tükeneceği göz önüne alındığında, asit yağmuruna ilişkin sorunların da ortadan kalkabileceği akla gelebilir. Bu da jeolojik zaman ölçeğinde çok küçük bir yeri kapsadığından kısa vadeli bir etki olarak düşünülebilir. Ancak, biyolojik etkiler beklenenden daha uzun süreli olabilir. Örneğin, Norveç nehirlerinde somon balığı bir kez yok oldu mu bir daha hiçbir zaman ortaya çıkmayabilir.



I.5. HAVA KİRLİLİĞİNİN NOKTASAL OLMAYAN KAYNAKLARI VE DUMANLI-SİS

Hava kirliliğinin çok küçük kaynaklarda üretilen ancak çok geniş alanlar üzerinde etkisi olabilen tipine **noktasal olmayan kaynaklar** denmektedir. Nerede olursa olsun, hava kirliliği yaratan birden fazla kaynak varsa, duman oluşma potansiyeli yüksektir. Dumanın oluşup oluşmayacağı topoğrafya ve hava şartlarına bağlıdır. Çünkü bu faktörler kirleticilerin kaynaktan itibaren taşınma hızlarını ve havada zararsız bileşiklere dönüştürülmelerini belirlemektedir. Üretim hızı kimyasal dönüştürme hızını veya taşıma hızını aştığına, tehlikeli şartlar her an beklenmelidir. Dağlar ile çevrili şehirler açık düzlüklerde kurulmuş şehirlere nazaran çok daha fazla duman problemi yaşamaktadır (örneğin, Denizli). Çok fazla sıcaklık değişimi gibi hava şartlarının hakim olduğu şehirlerde de duman önemli bir sorun haline almıştır. Çevrili dağlar ya da ani sıcaklık değişimleri kirletici maddelerin rüzgar ve hava sistemleri ile taşınmasına olanak tanımamaktadır. Başlıca üç tip duman vardır. Fotokimyasal duman, sülfürlü duman ve partikül duman. Fotokimyasal dumanın (Los Angeles tipi kahverengi hava) gelişmesi direkt olarak otomobil kullanımı ile ilgilidir. Sülfürlü duman (Londra tipi duman) santrallerde önemli miktarda kömür veya petrol yakılması ile ilgilidir. Partikül dumanın önemi günümüzde daha yeni anlaşılmaya başlanmıştır. Otomobil, evsel gaz ısıtıcıları ve güç santralleri gibi fosil yakıt kullanan kaynaklar çok küçük boyutlarda partikül üretmektedir. Bu partiküller kaynaktan ayrıldıklarında 0.1 mikron kadar bir yarıçapa sahiptirler (1 mikron = 10^{-6} m). Tablo 2'de çeşitli ayresollerin boyutları ve bunları ortadan kaldırmak için kullanılacak temizle aletleri verilmektedir.





Partikül boyutları ve bunların yok edilmesi için kullanılan temizleme aletleri