

Asit Yağmurları

Evlerimizde kullandığımız sayısız eşyayı üreten fabrikalar, evlerimizde ve bu fabrikalarda kullanılan elektriği üreten santraller, tarım ürünlerinin üretildiği uçsuz bucaksız tarlalar, bizleri kimi zaman sevdiklerimize kavuşturan kimi zaman okula, işe götüren taşıtlar. Hayatımızı kolaylaştıran etrafımızdaki bunca şeyin aslında doğaya nelere mal olduğunu biliyor muyuz? Çalıştırılan her otomobilin, boşa yakılan lambaların, bilinçsizce kullanılan gübrelerin, günlük hayatta kullandığımız sanayi ürünlerinin yol açtığı zararlardan sadece biri asit yağmurları...



Asit yağmurlarından zarar görmüş ağaçlar ve arka planda asit yağmurlarının oluşmasındaki önemli etmenler olan, fosil yakıt tüketen fabrikalar.

Asit yağmuru terimi ilk olarak 1852'de İskoç kimyager Robert Angus Smith tarafından Endüstri Devrimi'nin önemli şehirlerinden Manchester'a (İngiltere) düşen yağıştaki asit oranının artmasını tanımlamak için kullanılmış. Smith, sanayileşme ve kullanılan fosil yakıtlar sonucunda artan hava kirliliği ile asit yağmurları arasındaki ilişkiyi keşfetmiş. Asit yağmurları 1852 yılında keşfedildiği halde 1960'ların sonuna kadar bu olgu hakkında geniş çaplı gözlem ve araştırma yapılmamış. Ta ki bilim insanları nehirlerdeki ve göllerdeki asitlik artışını ve büyük sanayi bölgelerinin çevresindeki bitkilerde meydana gelen tahribatı gözlemleyene kadar.

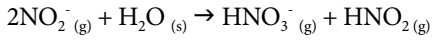
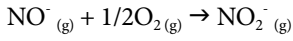
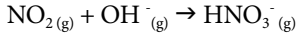
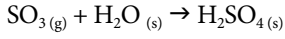
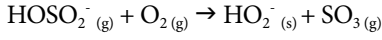
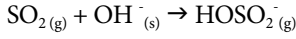
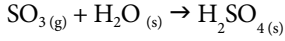
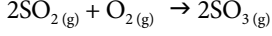
Normalde yağmur suyu asit özelliğindedir, pH'sı 5,5-5,6 arasında değişir. Bu, atmosferde bulunan karbon dioksitin (CO₂) yağmur suyuyla etkileşime girerek karbonik asit (H₂CO₃) meydana getirmesinden kaynaklanır.

$H_2O_{(s)} + CO_{2(g)} \rightarrow H_2CO_{3(s)}$ pH'sı normal yağmur suyunun sahip olduğu 5,5-5,6'lık pH düzeyinin altında olan yağmurlar asit yağmuru olarak tanımlanır. Asit yağmuru, doğal ve antropojenik (insan kaynaklı) kaynaklardan gelen kükürt dioksit (SO₂) ve azot oksit (NO_x) gazlarının bulutlardaki su damlacıkları içinde çözünerek daha sonra yağış olarak yer yüzüne incek olan bu su kütlelerinin asitliğini artırması sonucu oluşur. Bu gazların atmosferde su, oksijen ve asit özelliğindeki birtakım kimyasallarla tepkimeye girmesi sonucunda sülfürik asit (H₂SO₄) ve nitrik asit (HNO₃) oluşur. Kükürt dioksit ve azot oksit gazları kirletici kaynaklardan yayıldıktan sonra hâkim rüzgârlar tarafından ülke sınırlarının dışına hatta bazen yüzlerce kilometre uzağa taşınabilmektedir. Araştırmalara göre Kanadâda görülen asit yağmurlarının % 50-% 70'i ABD'den kaynaklanmakta, ABD'de görülen asit yağmurlarının ise % 2-% 10'luk dilimi Kanadâdan kaynaklanmaktadır.

Nitrik asidin çoğu atmosfere salınan azot oksit gazlarından kaynaklıdır. Fakat tarımsal uygulamaların da asit yağmurlarına etkisi vardır ki bu, amonyaktan kaynaklanır. Toprakta ürün kalitesini artırmak için kullanılan gübreler fosfor (P) ve azot (N) bakımından zengindir. Gübre sanayisinde çoğu gübreler Haber-Bosch adı verilen bir işlem sonucu elde edilir. Bu işlemde, havadan alınan reaktif olmayan azot (N₂), reaktif olan amonyağa (NH₃) çevrilir.

Amonyak ise ya doğrudan buharlaşarak bulut kütleleri içinde ya da dolaylı bir şekilde yüzey sularıyla taşınarak bazı kimyasal olaylar sonucu nitrik asiti (HNO_3) oluşturur.

Kükürt dioksitin ve azot oksitlerin yağmur sularını asitlendiren asitlere dönüşmesi, birkaç çeşit tepkiyle meydana gelir.



Asit yağmurlarının günümüzde bilinen başlıca sorumluları volkanlar, karada (çoğunlukla bataklık-larda) ve denizde meydana gelen oksijensiz çürümeler (doğal etmenler) ve kontrolsüz tarım uygulamaları (aşırı ve kontrolsüz gübreleme) nedeniyle oluşan amonyak, sanayi faaliyetlerinde, termik santrallerde ve ulaşım araçlarında fosil yakıtların kullanılmasıyla oluşan kükürt dioksit ve azot oksit gazlarıdır (insan kaynaklı etmenler).

Dünya çapında kükürt dioksit salımlarında azalma gözlemlenirken gelişmekte olan ülkelerde artan taşıt sayısına bağlı olarak azot oksit gazlarının salımı artıyor. Yeni araştırmalar, son yıllarda oluşan asit yağmurlarının özellikle yerleşim yerlerine yakın olanlarının çoğunun, azot oksitlerden kaynaklandığını gösteriyor.

Asit yağmuru ve asit birikimi, son 20 yıl içinde bölgesel ölçekte önemli çevre problemlerinden biri olarak kabul ediliyor. Bilhassa İskandinav ülkelerinde, Kanada'da ve ABD'nin kuzeydoğu eyaletlerinde sulak yaşamda, bitkilerde ve toprakta olumsuz değişmelere yol açıyor. Çeşitli ülkelerde asit yağmurlarının etkilerini azaltmak amacıyla yasal düzenlemeler yapılıyor.

Asit yağmurları aslında daha genel bir olgu olan asit birikimi ve taşınımının sonuçlarından biridir. Asit birikimi, ıslak birikim ve kuru birikim şeklinde olabilir. Islak birikim asit özelliği gösteren mad-



SPL

delerin bulutlardaki su kütlelerine nüfuz etmesiyle oluşur, pH'sı 5,6'nın altında olan asit özelliğindeki sular atmosferden yağmur, kar, sulusepken ve dolu vasıtasıyla yeryüzüne taşınır. Yeryüzüne ulaşan bu sular canlılar üzerinde zararlı etkiler yaratır. Etkinin şiddeti suyun asitlik derecesine, kimyasal içeriğine ve tamponlama (asitliği yüksek maddeleri, kendi asitlik derecesi değişmeyecek ya da çok az değişecek şekilde barındırabilme) kapasitesine ve bu etkiye maruz kalan organizmaların özelliklerine bağlı olarak değişir. Asit özelliği taşıyan aerosollerin, parçacıkların ve gazların atmosferde ve atmosfer yoluyla daha sonra karada birikimi ise kuru birikim olarak adlandırılır.

Asit yağmurlarından zarar görmüş bir ağaç.

Asit yağmurları sonucu aşınmaya uğramış bir taş kabartma.

SPL



Kuru birikim yağan yağmurların asitliğini artırabil­diği gibi yeryüzünde yağışlarla taşınarak yüzey sularında asitlenmeye de sebep olabilir. Bu yüzeysel su ise diğer su kaynaklarına karışarak asitlenme yaratabilir. Atmosferdeki asitliğin yaklaşık olarak yarısının kuru birikim biçiminde yeryüzüne döndüğü düşünülüyor.

Asit yağmurları insan sağlığına, yüzeysel sulara (göller ve akarsulara), sularda yaşayan canlılara, ormanlara, otomobil kaplamalarına, binalara, heykel­lere, tarihi eserlere zarar verebiliyor.

Canlılar Üzerindeki Etkiler

Asit yağmuru, balıkların zarar görmesine ve öl­mesine, biyolojik çeşitliliğin azalmasına, su kaynak­larına akarken toprakta bulunan ağır metallerin (ör­neğin alüminyumun) göllere ve akarsulara karışma­sına sebep olur. Hem artan asitlik hem de artan ağır

Çizim: Ahmet Beşir Sancar



metal konsantrasyonu su canlılarında doğrudan ze­hir etkisi yapar. Ayrıca artan asitlik ve ağır metal dü­zeyleri canlılar üzerinde kronik strese neden olur. Bu da canlıların genel sağlığında ve çevreye uyum yete­neklerinde sorunlara yol açar.

Asit yağmurunun en zararlı etkilerinden biri göller üzerinde görülür. Asit yağmurlarının taşıdığı asitleri tamponlamaya yardımcı olan kalsiyum kar­bonat, magnezyum karbonat gibi maddeler göller­de az miktarda bulunduğundan bu alanlar özelli­kle risk altındadır. Sadece az sayıda tür ani pH de­ğişimlerinde hayatta kalabilir, bu nedenle asit yağ­murlarından etkilenen göllerdeki balık popüla­syonları tamamen yok olabilir. Asitleşme ayrıca ge­nel olarak tür çeşitliliğini de azaltır. Hassas havzala­rın içinde, bahar aylarında karların erime dönem­lerinde meydana gelen balık ölümleri, asitlenme et­kisiyle ilişkilendiriliyor.

ABD’de kirliliği düşürmek, ozon tabakasının in­celmesini engellemek ve asit yağmurlarının etkilerini azaltmak amacıyla 1980 yılında “Temiz Hava Yasası” (The Clean Air Act) yasası çıkartılmış. Bu yasa kap­samında “Asit Yağmuru Programı” (The Acid Rain Program) oluşturulmuş; bu sayede 1990–2008 yılları arasında kükürt salımlarında % 70’e varan azalma sağlanmış. Bu gelişmeden sonra Kanadadaki yağ­murların asitliği azalmış, ancak daha önceki asit yağ­murlarından etkilenen Ontario Gölü’nde kayda de­ğer bir iyileşme gözlemlenmemiş. Sualtı yaşamı teh­dit eden okyanus asitlenmesinde ise asit yağmurla­rının karbondioksite göre çok daha az etkili olduğu kabul ediliyor.

Yapılan araştırmalar asit yağmurlarının orman­larda tahribat yaratarak ağaçların büyümelerini ya­vaşlattığını ve hatta ölümlerine sebep olabildiğini gösteriyor. Asit yağmurları çoğu zaman çevre sorun­larından kaynaklı başka etmenlerle de birleşerek or­manlar üzerinde stres oluşturuyor. Asit yağmurları ağaçlara birkaç şekilde zarar veriyor. Öncelikle asit­liği yüksek suyla temas eden yapraklar ve gövde do­kuları yıpranıyor. Ayrıca ağaçların topraktan faydalı maddeleri alması zorlaştığı gibi zehirli etkisi olan ba­zı maddeleri alması kolaylaşıyor.

Asit yağmurunun başka bir etkisi de, toprakta be­sin olarak kullanılan bazı minerallerin çözünme­si (demineralizasyon). Demineralizasyon sonucun­da asitliği yüksek olan sular toprakta bulunan yarar­lı mineralleri ve besinleri çözerek bitki örtüsünden uzaklaştırır ve yüzey akışı ile derelere, akarsulara ve göllere taşır. Aynı zamanda asit yağmuru toprak için­de bulunan zehirli maddelerin (ağır metaller, örne­ğin alüminyum) serbest hale geçmesine neden olur.

Tamponlama kapasitesi yüksek topraklar asit yağmurlarının zararlı etkilerini belli ölçüde bertaraf edebilir. Yine de bu özellik dış dokuların asit yağmurdan göreceği zararı engelleyemez. Özellikle yüksek bölgelerde bulunan ormanlar daha fazla bulut ve sis ile çevrelenme eğilimindedir, bu yüzden eğer nemli hava kütleindeki asitlik yüksekse bu ormanlar daha fazla aside maruz kalır.

Nesneler Üzerindeki Etkiler

Asit yağmurları otomobil boyalarına da ciddi şekilde zarar verebiliyor. Otomobil endüstrisinde çevresel serpinti olarak tabir edilen etmenler arasında yer alan asit yağmurlarının özellikle yeni boyanan araçların boyalarında aşınma yarattığı biliniyor. Yapılan araştırmalarda otomobillerin bu şekilde hasar gören bölgelerinde asit yağmurdan kaynaklı yüksek miktarda sülfata rastlanmıştır.



Bir kısmı (sağ tarafı) asit yağmurdan zarar görmüş bir çam iğnesinin boyuna kesitinin ışık mikroskopundaki görüntüsü.

Asit yağmurları ve asit özelliğindeki parçacıkların kuru birikimi ayrıca metallerin korozyonuna, çeşitli boya ve yapı malzemelerinin (örneğin mermer, kireçtaşı) dokularının bozulmasına neden olabiliyor.

Asit yağmurlarına sebep olan sülfat ve nitrat parçacıkları aynı zamanda görüş mesafesini de azaltır. ABD'nin doğu kesimlerinde görüş mesafesinin düşmesi nedeni % 50-%70 oranında sülfat parçacıklarından kaynaklanıyor. Batı kesimlerinde ise görüş mesafesinin düşmesinde genellikle nitrat önemli rol oynuyor.

İnsan Sağlığı

Asit yağmurları normal yağmurlardan farksızdır. Normal yağmurlar gibi görünür, tadı normal bir yağmur damlasınıninkine benzer ve aynı hissi verir. Asit yağmurları insanlara doğrudan büyük zararlar vermez. Yine de normalin üstünde bir asitliğin zararlı etkilerinin olması kaçınılmaz bir durumdur. Örneğin yapılan deneylerde pH'sı 4'ün altındaki göl sularına giren insanların ve tavşan deneklerin gözlerinde tahriş ve kızarıklık saptanmıştır. Ayrıca asit yağmuruna sebep olan kükürt dioksit ve azot oksit gazları da insanlara zarar verir. Bu gazlar atmosferde sülfat ve nitrat parçacıklarına dönüşerek rüzgârlar sayesinde uzun mesafeler kat edebilir ve solunum yoluyla akciğerlere nüfuz eder. Bu parçacıkların insan sağlığı, özellikle de akciğer ve solunum sistemi üzerindeki olumsuz etkileri birçok araştırma tarafından ortaya konmuş. Asit yağmurlarının yüzey, yeraltı ve içme sularında, toprakta, bitkilerde ve balıklar üzerinde sebep olduğu ağır metal birikimi de insan sağlığını dolaylı olarak olumsuz yönde etkiler. Bu kaynakları besin ve su temini amacıyla kullanan insanlarda ağır metaller olumsuz durumlara, hatta ölümcül hastalıklara sebebiyet verebilir.

Olası Çözümler

Peki bu kadar olumsuz sonuçları olan asit yağmuru sorunuyla ilgili neler yapılabilir? Yağmurlar her yeri etkileyebileceği için olumsuz sonuçları önlemek yerine asit yağmurlarının oluşmasını önleyecek tedbirlerin alınması gerekiyor. Fabrikaların ve termik santrallerin bacalarına uygun arıtma sistemlerinin takılması ve usulüne uygun biçimde kullanılması alınabilecek tedbirlerin başında geliyor. Ayrıca otomobillerde uygun katalitik dönüştürücüler kullanılmalı, araçların bakımları zamanlarında yapılmalı. Özel araç kullanımından mümkün olduğunca kaçınılmalı, ki bu aynı zamanda karbon salımının azalmasına da katkıda bulunacak bir önlem. Enerji ve yakıt israfını en aza indirmek, alternatif enerji kaynaklarına yönelmek de yine hem asit yağmurlarını engellemeye hem de karbon salımlarını azaltmaya yönelik olarak benimsenmesi gereken stratejiler arasında.

Kaynaklar

Acid Rain-Research Summary, EPA 600/8-79-028, 1978.
Downing, R., Ramankutty, R. ve Shah, J., "RINS-ASIA: An Assessment Model for Acid Deposition in Asia", The World Bank, s. 11, 1997.
Schofield, C. L., "Effects of Acid Rain on Lakes", ASCE Environmental Impact Analysis, Acid Rain, 1979.
Özler S. ve Akdağ E., "Barbaros Bulvarı Üzerinde Taşıt Kaynaklı Emisyon Envanterinin Hesaplanması,

Emisyonların Çevreye ve İnsan Sağlığına Olan Etkilerinin İncelenmesi", Yıldız Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Lisans Bitirme Tezi, 2010.
<http://www.epa.gov/acidrain/effects/http://www.nature.com/news/2005/050810/full/news050808-10.html>
<http://www.nature.com/news/2007/070903/full/news070903-3.html>
<http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=acid-rain-caused-by-nitrogen-emission>



Semih ÖZLER

1987'de Karabük'te doğdu. 2005 yılında Alaplı Anadolu Lisesinden mezun olduktan sonra Yıldız Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümüne girdi. 2009 yılında Erasmus değişim öğrencisi olarak Finlandiya Oulu Üniversitesi'nde bulundu. Halen Yıldız Teknik Üniversitesi 4. Sınıf öğrencisidir.



Eray AKDAĞ

1987 yılında İstanbul'da doğdu. 2005 yılında Küçükçekmece Lisesi'nden mezun olduktan sonra Yıldız Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümüne girdi. Halen Yıldız Teknik Üniversitesi 4. Sınıf öğrencisidir.