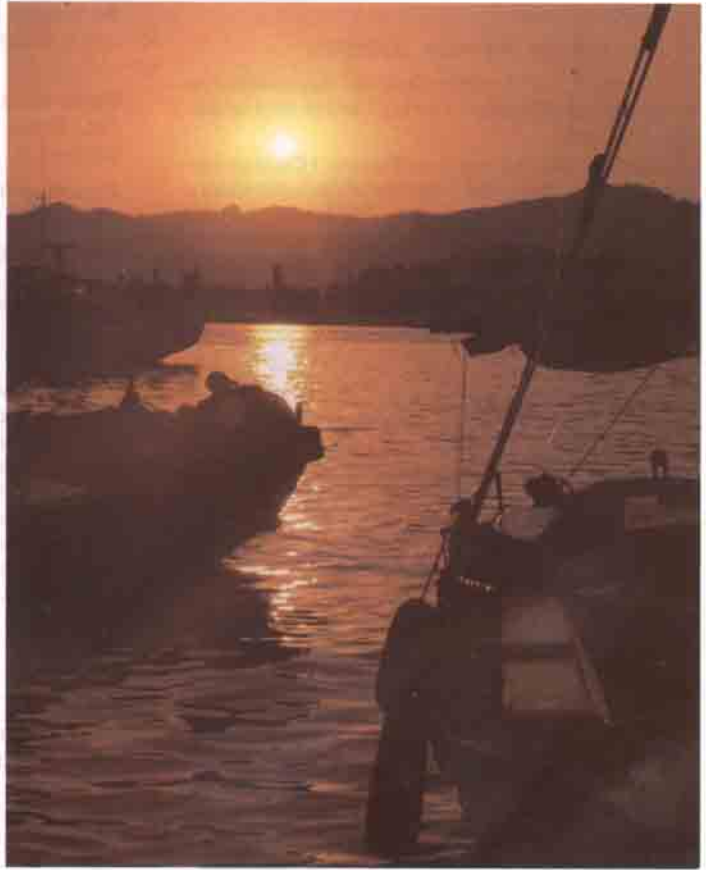


GÖK YÜZÜNÜ KIZILA BOYAYAN KİRLİLİK

Güneş'in, akşam üzeri batarken, gök yüzünde oluşturduğu kırmızılık, birçok kimsenin ilgisini çekmektedir. Fakat sizce bu kırmızılık doğal mıdır? Günün sonunda, Güneş'in ve gök yüzünün aldığı renk, atmosferdeki kirlilikten kaynaklanmaktadır.

George DISSANAİKE



Akşam üzeri, gök yüzünün o rengarenk görünüşü ve Güneş'in batışı hiçbir ressamın tıpatıp benzerini çizemeyeceği kadar güzel bir manzaradır. Ama, gün batımının o muhteşem manzarasının atmosferdeki kirlilik yüzünden oluştuğunu çok az kimse bilmektedir. Gün batımında Güneş'in rengi, şehirlerde ve kırlık temiz bölgelerde değişiktir. Hatta seyrek de olsa bazı yerlerde, volkan patlamalarından çıkan tozlar ve küller de gök yüzünün rengini değiştirir ve Güneş, mavi ve hatta yeşil bile görünebilir.

Açık, temiz atmosferin olduğu yerlerde gün batımı renkleri parlak ve canlıdır. Güneş parlak sarı renktedir ve çevresindeki atmosfer de sarı ve turuncunun çeşitli tonlarını içermektedir. Güneş batıp kaybolunca da renkler düzenli olarak turuncudan maviye döner. Alçaktaki bulutlar da Güneş'in ışıklarını battıktan sonra bile yansıtmaya devam ederler. Daha yukarılardaki ince bulutlar ise, yansıttıkları güneş ışığıyla, gök yüzünün mavisini karıştırarak açık mor, leylak renginde görünürler.

Dakikalar sonra ise, gök yüzü ta aşağıdan en yukarılara kadar mavinin o nefis tonlarıyla bezenir.

Fakat, aerosol şeklindeki kirlenici maddelerin gök yüzünü kapladığı, ileri derecede sanayileşmiş böl-

gelerde, gök yüzündeki renkler biraz önce anlattıklarımızdan oldukça farklıdır. Buralarda güneş yuvarlağı, turuncu-kırmızı ve gök yüzü de donuk kırmızı renktedir. Kirliliğin az veya çok olmasına göre de kırmızının tonları değişir. Bazen Güneş'in batmasından sonra, batıda gök yüzü iki belirli renk tabakasına ayrılır: Yer yüzüne hemen yakın kısımlar donuk kırmızı ve daha üst kısımlar da puslu mavi. Kirliliğin çok fazla olduğu bir günde ise, Güneş donuk kırmızı bir yuvarlak olarak görünür ve bazen de daha batış çizgisine ulaşmadan kaybolur gider.

Fakat ilk anlattığımız yerlerde Güneş niye sarı ve gök niye mavi görünmektedir? Bu sorunun açıklamasını ilk defa 19. yy.'ın sonunda Lord Rayleigh yaptı. Dünya üzerindeki bir kimse, gök yüzünü, atmosferin saçtığı güneş ışınları ile görür. Parlak temiz bir havada, saçılmayı sadece görünen ışığın dalga boyundan çok küçük olan hava molekülleri (en çok oksijen ve azot) etkiler. Böyle bir durumda Rayleigh'in teorisine göre saçılma öncelikle, spektrumun mavi ışığın bulunduğu kısmını, yani görünen ışığın kısa dalga boyunu etkiler ve gök yüzü mavi görünür. Atmosfer içinden geçen güneş ışını, saçılma esnasında mavi ışığın büyük bir kısmını kaybeder ve bu nedenle de Güneş, beyaz ışıktan mavi ışığın çıkartılmasıyla oluşan parlak sarı renkte görünür.

Rayleigh'in teorisine göre, ışığın dalga boyu düştükçe saçılma miktarı artmaktadır. Buna göre en kısa dalga boyulu ışık olan mor, en fazla saçılacaktır. İndigo (gri-koyu mavi arası bir renk) ve yeşil ışık ise daha az saçılacaktır. Peki ama biz gök yüzünü mavi görüyoruz da niye mor veya indigo renkte görmüyoruz? Saçılan ışık, atmosferde yol alırken enerjisini tekrar tekrar saçılarak kaybeder. Bu enerji kaybı en fazla kısa dalga boylarında gerçekleşir. Mor ve indigo güçlü bir şekilde saçılırlar ve güçlülükle emilirler. Gök yüzü, karakteristik "gök mavisi" rengini veren mavi bölgedeki renklerin karışımı bir renktir.

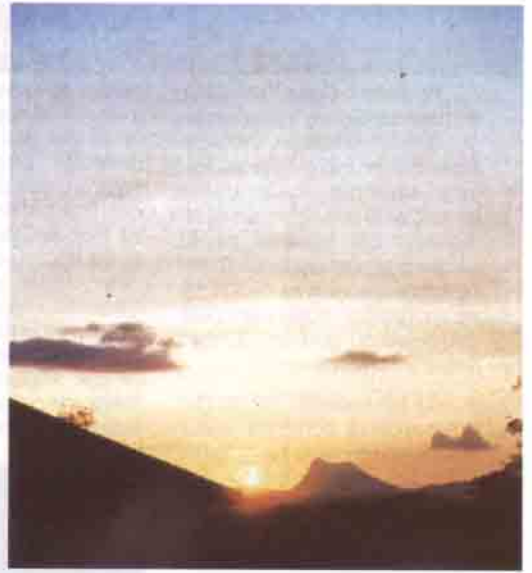
Saçılmadan ayrı olarak, güneş ışığı atmosferdeki özellikle ozon ve su buharı molekülleri tarafından emilime de uğrar. Güneş ışığı, atmosferin tabakalarından geçerken uğradığı saçılma ve soğrulma sonucu enerjisini kaybetmiş olarak yer yüzüne ulaşır. Bu enerji kaybı da bize, doğuşu ve batışı sırasında seyretmemiz için Güneş'e bakma imkânı sunar. Ama Güneş'e gündüz vakti doğrudan bakmak tehlikelidir.

Bir kimse, şafakta veya akşamın alacakaranlığında, Güneş'i, atmosferin özellikle yere yakın daha yoğun tabakalarından geçerek oblik olarak yere ulaşan güneş ışınlarıyla görür. Bu ışık, birçok saçılma ve soğrulmaya uğraması nedeniyle, kişiye yoğunluğunu oldukça kaybetmiş bir şekilde ulaşır ve Güneş daha az parlak görünür. Öğleyin ise kişiye ulaşan güneş ışınları, yer yüzü ile yaklaşık 90 derecelik bir açı yapacak şekilde, atmosferi en kısa şekilde kat ederek ulaşır. Sonuçta da güneş ışığının yoğunluğu çok fazla azaltılamaz ve günün diğer saatlerine göre gözü daha fazla kamaştırır.

Güneş'in batmasından hemen önce, Güneş'in etrafında parlak kırmızı bir halka görünür. Bu halka veya diğer adıyla hale, özellikle yere yakın hava içerisinde bulunan ve hava moleküllerinden daha büyük olan toz veya kül parçacıkları nedeniyle olur. Halenin büyüklüğü, güneş yuvarlağının çapının yaklaşık üç katı kadardır. Halenin büyüklüğü, ışığın dalga boyuna ve havadaki toz veya kül parçacıklarının büyüklüğüne bağlıdır. Ve ortalama olarak da bir toz parçacığı 25 mikrometre büyüklüğündedir. Güneş'in battığı sıralarda görülen bu hale, gün batımından önce yağın bir yağmurla hava temizlenir ise görülememektedir.

Lord Rayleigh, atmosferin kirlenmesi problemi üzerinde pek durmamıştı. Onun teorisi sadece, ışığın saçılmasının, saçıcı parçacıkların büyüklüğünün artmasıyla daha da fazlaşacağını savunuyordu. Fakat Rayleigh'in teorisi hava molekülleri gibi, ışığın dalga boyundan daha küçük parçacıklar için geçerli olmaktadır. Teori, 0,025 mikrometreden daha büyük parçacıklar için yetersiz kalmaktadır. Bugünün endüstri dünyasında havadaki parçacıklar 0,01-10 mikrometre arası değişen kül, is, duman ve toz parçacıklarından oluşmaktadır. Rayleigh'in saçılma teorisi bu parçacıkların etkilerini açıklayamamaktadır.

1908'de Gustav Mie, daha büyük parçacıkları da içine alan bir genel teori ortaya attı. Teori kısaca, at-



Doğal güzellik: Temiz bir atmosferdeki renkler.



mosferde yeterli miktarda var ise, büyük parçacıkların saçılmayı etkileyeceğini savunmaktadır. Mie'nin saçılma teorisi, kentlerin üzerindeki kirli havanın etkisini açıklamaktadır ve bunu basit bir deneyle ispat edebilirsiniz (Kutu Yazı). Bu deney de göstermektedir ki, büyük parçacıklar ışığın büyük bir kısmını saçmaktadır ve bu saçılma etkisi de dalga boyuna bağlıdır. Saçılma ışığın spektrumunun yeşil sarı bölümünde de en az mavi bölümlerde olduğu kadar büyüktür.

Bu nedenle, bir şehirde olduğu gibi, kirlenmiş birçok hava tabakasından geçen güneş ışığı daha az

Laboratuvarda Gün Batımı

Bu deney, değişik atmosfer şartlarında, Güneş'in oluşturduğu renkleri gösteren, oldukça kolay bir deneydir. Burada, koloidal sülfür parçacıkları içeren bir solüsyon atmosferi temsil etmektedir. Dar, yuvarlak, beyaz bir ışık huzmesi solüsyon üzerine odaklanır ve arka tarafta bir ekran üzerine düşürülür. Disk şeklindeki bu görüntü Güneş'i temsil etmektedir.

Az bir koloidal parçacığın bulunduğu ilk durumda, sülfür taneciklerinin dalga boyu, ışığın dalga boyundan küçüktür. Solüsyondan geçen ışık parlak sarı renkte ve saçılan ışık da açık mavi renktedir. Bu ilk durum ge-

nellikle hava molekülleri içeren, temiz bir atmosferdeki Güneş'in ve havanın rengini göstermektedir. Oluşan mavi renk "gök mavisinden" daha koyudur. Normal atmosferde indigo ve mor renkler çok fazla saçılmaya uğramakta ve emilmektedirler. Buna karşılık solüsyon içerisinde indigo ve mor renkler ise çok az emilmektedirler. Saçılan ışığı emecek solüsyon kabı çok küçüktür ve solüsyon miktarı da çok azdır. Bu nedenle indigo ve mor renkler, mavi

renkle beraber yollarına devam ederler. Renk bu yüzden koyu görünmektedir.

Solüsyona daha fazla sülfür eklendikçe, sülfür parçacıkları birleşirler ve büyürler. Ve ışığın spektrumunun yeşil-sarı kısmında bulunan renkler daha fazla saçılmaya uğrarlar. Işık daha



parlak ve daha beyaz görünür. Sadece silik bir mavilik görülebilir. Aynı zamanda solüsyon içerisinde ilerleyen ışık yoğunluğunu daha da kaybeder ve kırmızı görünmeye başlar. Sülfür eklenip parçacıklar büyüdükçe, en son durumda olduğu gibi, oldukça fazla kirlenmiş atmosferi temsil eden renkler elde edilir.



Tüp içerisinden geçip, ekrana yansıyan ışık Güneş'i, solüsyon da atmosferi temsil eder. Parçacıkların büyümesi de kirliliğin artmasını temsil eder.



yoğun olacaktır ve mavi, sarı ve yeşil bileşenlerini kaybeden beyaz ışığın son şekli olan kırmızı renkte görünecektir. Saçılmaya ek olarak ozon ve su buharı gibi moleküllerin oluşturduğu bir de soğurma olayı vardır. Bu olayın sonucu olarak güneş yuvarlağı da puslu turuncu-kırmızı renkte görünecektir.

Peki kirliliği bir atmosferde gök yüzünün rengi nasıldır? Atmosferdeki kirlenici maddeler, daha yoğun tabakalar yere yakın olacak şekilde atmosferde çeşitli tabakalar oluştururlar. Güneş ışığı bu tabakalardan geçerken giderek soluk ve turuncu-kırmızı renk alır. Saçılmış güneş ışığı, kısa dalga boylu renklerinin çoğunu kaybeder ve daha çok kırmızı olarak görünür.

Gün batımının rengi ve parlaklığı büyük oranda bulunduğunuz yere, mevsime ve her gün atmosferde meydana gelen bölgesel değişikliklere bağlıdır. Yüksek bir yerde bulunan kimse normalden oldukça farklı bir gün doğuşu ve gün batımı izleyecektir.

Güneş doğarken, Güneş'in saçılmaya uğramış ışıkları, Güneş yükselmeden önce görünür. Gün batımında olduğu gibi bu ışık huzmesinin rengi atmosferin şartlarına bağlıdır. Güneş doğmadan önce görülen, turuncu-sarı, mor ve koyu mavi renkler, doğu tarafında atmosferin temiz olduğuna işarettir. Güneş doğunca gök yüzü büyük oranda mavi renkte görür-



Güneş doğmadan önce gök yüzü büyük oranda aydınlanmaktadır.

nür. Sadece yer yüzüne yakın ufak bir kısımda turuncu ve sarı renkler görülebilir.

Bilgili ve alışkın bir göze sahip bir kimse, akşam üstü gök yüzüne bakarak, havanın kirliliği hakkında kolaylıkla bir fikir edinebilir. Doğal kirlenmenin de bazı etkileri vardır. Özellikle volkanlar büyük miktarlarda kül, sıcak gaz ve buharı gök yüzüne fırlattıklarında, çok ince kül ve toz parçacıkları yaklaşık 15-20 kilometre yüksekliğinde bir tabaka oluştururlar. Bu tabaka, güneş ışığının parlaklık veren etkilerini büyük oranda sağlar. Bu etki, patlamadan 1-2 yıl sonrası-na kadar bile devam edebilir.

ASİT ÜRETEN KARINCALAR



Şimdilik Formik asidin düştüğü bölgelere ne gibi olumlu olumsuz etkileri var bilinmiyor. Oysa doğada gereksiz ve boş hiçbir şey yaratılmamıştır. Eğer öyle olmuş olsaydı, yüzyıllardır varlığını sürdüren bu karıncaların buldukları her yeri tahrip etmeleri gerekirdi. Hatta diyebiliriz ki, keşke endüstrileşmenin getirdiği çevre ve doğal denge problemleri de bu karıncalarinki gibi kalsaydı.

Çevrelerin gayretleri sonunda asit yağmuru çok kullanılan bir deyim oldu. Artık dünyanın fazla endüstrileşmiş bölgelerine düşen yağmurun nitrik ve sülfirik asit gibi aşındırıcılarla kirlendiği haberi fazla ilgi çekmiyor. Asitli yağmur, binaları aşındırıyor, gölleri asitlendiriyor ve bitkilere zarar veriyor. Ekolojik dengenin bozulmasına sebep oluyor. Atmosfere karışan kükürt ve azotun büyük miktarını, otomobil egzozları ve elektrik santrallerinin uzun bacaları boşaltıyor. Atmosferde de tabii kimyevi reaksiyonlar, onları aside dönüştürüyor.

Fakat asit yağmurları, trafikten ve elektrik santrallerinden uzak bölgelere düşüyor. Bunun sebebi, atmosferik asitlerin oluştukları yerlere, nispeten yakın olan havadan daha uzağa akma eğiliminde olmalarıdır. Daha da önemlisi bu bölgelerdeki kirliliğin çoğu, Amazon havzasında olduğu gibi, ne sülfirik ne de nitrik asittir. Bu, formaldehitin atmosferik bir yan ürünü ve kirlenici bir gaz olan formik asittir. Formik asitin iyi bilinen tabii bir kaynağı var: Formisin karıncaları. Bu karıncaların böyle adlandırılmalarının nedeni formik asit keseleri taşımalarıdır. Bu asidi kendilerini savunmak ve koku yo-

luyla diğer karıncalarla haberleşmek için üretirler. Asit her bir karıncanın vücut ağırlığının % 5'ini oluşturur. Tek bir karıncanın fazla bir önemi olmayabilir. Atmosfer kimyacısı T.Graedel, bunun yüz trilyon karıncayla çarpıldığına büyük bir yekün tutacağını iddia ediyor. Zoolog Cornell'le çalışan Graedel, karıncaların her yıl yaklaşık 350 milyar ons formik asit çıkardığını hesaplamıştır. Dünyada karıncaların çok olduğu yerlerde, karıncaların salgıladığı asit miktarı atmosferdeki formik asitin yaklaşık yarısı kadardır. Bu yüzden, Formisin Karıncalarının yaşadığı ve asit yağmurundaki yaklaşık % 50 asidin formik asitten oluştuğu Amazon'da, karıncalar bu işten sorumludurlar. Graedel, buluşunun atmosfer bilimini tamamen değiştirmeyeceğini kabul ediyor. Fakat Maryland Üniversitesi'nden atmosfer kimyacısı Russell Dickerson "İyi bir çalışma, Amazon gibi bölgelerde atmosferin nelerden oluştuğunu anlamak açısından önemli, çünkü yağmur ormanları biyolojik olarak fazlaca üreten bölgelerdir ve dünya iklimi üzerinde de önemli bir etkiye sahiptirler" diyor.

Discover Eylül 91'den çev.: Ayhan ŞAHİN

1983'teki Krakatoa patlamasından sonra insanlar, mavi ve yeşil Güneş gördüklerini, bundan başka daha birçok olayla karşılaştıklarını rapor etmişler. Bu etkiler, Mie'nin saçılma teorisini desteklemektedir; her biri ışığın dalga boyundan büyük parçacıkların oluşturduğu bir toz bulutu izleyici ile Güneş arasına girer ve meydana gelen saçılma, ışığın büyük bir kısmının izleyiciye ulaşmasını önler. Mie'nin teorisine göre, 0,85 mikrometre büyüklüğündeki parçacıklar için ışığın bir kısmı spektrumun mavi bölgesinde kaybedilirken, 1,1 mikrometre büyüklüğündeki parçacıklar için ışığın bir kısmı daha spektrumun yeşil bölgesinde kaybolur. Volkandan çıkan kül, tozlar ve endüstriyel duman bu ölçülerdeki parçacıkları içer-

mektedir. Eğer şartlar uygunsa, Güneş bu durumlarda mavi veya yeşil görülebilir.

İster yapay, ister doğal olsun, kirlenme, bu güzel görüntüleri oluşturma dışında başka hiçbir avantaja veya güzelliğe sahip değildir. Kirliliğin tek güzel yönü, işte bu renkli göze hoş gelen etkileridir. Ama biz her ne kadar göze hoş gelse de gün batımında gök yüzünü kırmızıya boyayan bu kirlilikten büyük oranda sorumluyuz. Ve gelecek nesillere tertemiz, parlak ve gerçek renginde bir gün batımı seyretme lezzetini de sunmalyız.

**New Scientist 19 Ekim 1991'den çev.:
Nurullah OKUMUŞ**