

BULUTLAR VE METEOROLOJİ

İster sanatçı, ister meteoroloji uzmanı, ya da sıradan bir kimse olalım, hepimiz, atmosferin güzelliklerini beğeniyle karşılarız. Bu nedenle olsa gerek, bulutlar, bilimle sanat ve düşünce dünyası arasında bir köprü oluşturagelmış. Aristo, bulutların, “boş gezen” insanların tanrıları olduğunu yazmıştı. Bununla anlatmak istediği, bulutların, büyük düşünürlerin ve düşünen insanların esin kaynağı olduğuydu. Çağlar boyunca düşünürler, bulutlar akılcı ve inandırıcı bir biçimde sınıflandırılabilirse, doğadaki başka her şeyin açıklanabileceğine inanırlar.

Bulutlar, havada olup biten her şeyin en açık göstergeleri olduğundan, bulutların incelenmesi işinin, merak konusu olmaktan daha ötede bir ilgi alanı olmayı hakettiği düşünülebilir. Bu açıdan bakıldığında, çağdaş meteoroloji biliminin daha çok, “görünmez” hava hareketlerinin sayısal olarak tahmin edilmesine odaklanmış durumda olduğundan söz edilmesi, meteorolojiyle ilgisi olmayanlara tuhaf görünebilir.

1802 yılında bulutları ilk kez sistemli bir biçimde tanımlayan Howard, amatör bir meteoroloji uzmanıydı. Howard’ın bulut fiziği konusundaki düşünceleri, o dönemde hava ve su buharının fiziksel özellikleri konusundaki bilgi eksikliğine karşın, genel olarak doğruydular. Meteoroloji biliminin ortaya çıkışını sağlayan bu sınıflandırma sistemi, bugün de kullanılmakta. Ancak zaman içinde, bulut tiplerinin incelenmesi işi, atmosfer araştırmaları arasındaki yerini yitirdi. Günümüzde bulut araştırmaları, bulutların tiplerine göre adlandırılıp sınıflandırılmalarının çok ötesine geçti. Bugün, hem bulut modellerinde, hem de daha büyük ölçekli tahmin modellerinde bulutlar, “soyut” su kütlesi alanları

olarak kabul ediliyor. Bu alanlar, Luke Howard’ın tanımlamaya yönelik sınıflandırma sistemiyle çok az benzerlik içeriyor.

Meteorolojinin çağdaş döneminin başlangıcı olarak adlandırılabilir. 20. yüzyılın ikinci yarısında atmosfer araştırmaları, görünmez hava kütlelerinin hareketlerinin modellenmesine odaklanmıştı. Ancak, son zamanlarda, hem incelenmesi güç, hem de önemli bir konu olan, suyun atmosferdeki çevrimine yeniden dönüş yapıldığı görülüyor.

İklim değişikliği konusundaki kaygılar ve atmosferdeki sera gazlarının birikmesiyle ilgili değişimleri önceden tahmin edebilme isteği, bulutları, atmosfer ve iklim bilimlerinin ön saflarına yeniden taşıdı. Suyun yerle gök arasındaki sonsuz döngüsü, Dünya ikliminin hem bugün geçirdiği değişimlere, hem de gelecekteki değişimlerine temel oluşturuyor. Ne de olsa, gezegenin su döngüsünü besleyen atmosferdeki su sistemlerinin nicelik değerleri bilinmeden, güvenilir bir iklim tahmini de yapılamaz.

Sayısal hava tahmini ve hava tahmini analizlerine odaklanmış çağdaş meteorolojinin, İkinci Dünya Savaşı’nın getirdiği zorunluluklar sonucu ortaya çıktığı kabul ediliyor. Savaşın sona, kimi önde gelen meteoroloji uzmanları, atmosferin üst düzeylerinde yapılan gözlemlerin, atmosferin taşıma özelliklerini günü gününe değerlendirmek için yeterli niteliğe ulaştığını öne sürmüşlerdi. Bu gözlemlerin, yeni hesap aygıtları kullanılarak uygulanan ve sayısal hava tahminleri elde etmeye yarayan sayısal modeller için veri sağlamaya yeteceği umuluyordu. Bu yeni olasılıklar, meteoroloji araştırmacılarını sonraki uzun yıllar boyunca meşgul etti. Sayısal hava tahmininin, 20. yüzyılın ilk yarı-

sında düşünülenenden çok daha karmaşık bir sorun olduğu anlaşıldı. Artık, atmosferin kaotik, dinamik bir sistem olarak sürekli değişim geçirdiğini ve hava olaylarının tahmininin atmosferin herhangi bir “başlangıç” zamanındaki durumuna ilişkin kusursuz olmayan bilgilerle sınırlı olduğu kabul ediliyor. Sonuç olarak da bugün, ilginin, alanda çalışan meteoroloji uzmanları için bile hava konusunda çok az bilgi taşıyan, soyut tahmin ölçümlerinden, atmosferdeki su sistemlerinin tahmin edilebilirliğine doğru kaydığı görülüyor.

Çağdaş meteorolojinin başlangıç döneminde, meteoroloji araştırmaları, daha çok yağışları yönlendirme isteğinden kaynaklanıyordu. “Hava modifikasyonu” ya da “bulut ekimi”, o günlerde çok basit bir düşünceye dayanıyordu: Eriyince yağış artıracak buz kristallerinin oluşmasını sağlamak amacıyla, bulutların mikroskopik parçacıklarla ekilebileceği düşüncesi. 1950’lerle 1980’ler arasındaki araştırmalar, damlacıkların ve buz kristallerinin nasıl büyüdüğü ve çok daha büyük yağış parçacıklarını oluşturmak için nasıl etkileştikleri ko-

BULUT SÖZLÜĞÜ

Kümülüs sözcüğü, Latince’de “yığın” anlamına gelir. **Stratus**, “tabaka”; **cirrus**, “saç telleri”; **nimbus**, “yağış” demektir. Öte yandan, yükseklerdeki bulutlar, “**sirro**” önekini alır; orta yükseklikteki bulutlarsa, “**alto**”. Adında “**nimbo**” ya da “**nimbus**” geçen bulutlar, yağış bulutlarıdır. Alçak bulutların adlarına özgü, tek bir ek yoktur. Örneğin, **stratokümülüs**, iki farklı temel bulut biçiminin özelliklerini taşıyan bir alçak bulut tipidir.

Bulut sınıflandırma sisteminin babası Luke Howard, bulutların “sistemler” olarak düşünülebileceğini öne sürmüştü. Bulutların uzaydan, küresel görüntülerinin alınmasını sağlayan teknolojik gelişmeler sayesinde, bugün bu kavramı anlamak daha kolay. Bu görüntüler gösteriyor ki, bulutlar sistemi Howard’ın hayal bile edemeyeceği ölçeklerde bir araya gelmekte.



Bulut Tipleri

YÜKSEK BULUTLAR: Tabanı yer yüzünden 6 km ve daha yukarıda



ORTA YÜKSEKLİKTEKİ BULUTLAR: Tabanı yer yüzünden 2-6 km yukarıda



ALÇAK BULUTLAR: Tabanı yer yüzünden 2 km ve daha yukarıda



HER YÜKSEKLİKTE BULUNABİLEN BULUTLAR:



Bulutlar, atmosferde, yoğunlaşma için gerekli koşullar varsa oluşur. Genellikle troposfer tabakasında görülürler. Troposferdeki sıcaklıklar ve hava hareketleri çok çeşitli olduğu için, bulutların

yapıları ve oluşumları da farklı farklıdır.

Alçak bulutlar, bulundukları yükseklikteki sıcaklığa bağlı olarak daha düşük miktarda ısık yansıtırlar ve bu nedenle düşük kontrast oluştururlar. Dikkatlice bakıldığında çalkantı hareketlerine bağlı olarak şekillerinin sürekli değiştiği görülebilir. Yere daha yakın olduklarından, öteki bulutlara göre daha hızlı hareket ediyorlarmış gibi görünürler. Bunlar kümülüs, stratokümülüs ve stratus bulutlarıdır. Orta yükseklikteki bulutlar, yerden daha yüksek oldukları ve içerdikleri buz kristalleri nedeniyle daha parlak görünümündüdürler. Bulundukları yükseklikteki rüzgârın yönüne göre hareket ederler. Bu, yeryüzündeki rüzgârın yönüyle aynı olmak zorunda değildir. Altokümülüs, altostratus ve nimbostratus, orta yükseklikteki bulutlardır. Yüksek bulutlar, genellikle

le çok parlak görünürler; çünkü buz kristallerinden oluşurlar. Bunlar sirrüs, sirrostratus ve sirrokümülüs bulutlarıdır. Atmosferin belli yüksekliklerindeki hava koşulları ya da yerçekillerinin etkisi gibi çeşitli nedenlere bağlı olarak farklı bulut tipleri gökyüzünde aynı anda bulunabilir.

Kümülönimbus bulutları, dikey gelişme gösteren bulutlardır. Bunlar çok yüksekler kadar büyüyebilirler. Nimbostratus bulutları da kimi zaman alçak bulutlarla birlikte anılır. Çoğu kez birden fazla bulut tipi gökyüzünde bir arada bulunur. Bulut tiplerini birbirinden ayırt etmede, bulutların yükseklikleri ve biçimleri kadar renkleri de yardımcı olur. Bazı bulutlar, Güneş'in ufuk çizgisinden yüksekliğine bağlı olarak, günün farklı saatlerinde türlü renklere bürünebilirler.

nusunda yoğunlaşmıştı. Laboratuvar ortamında bulut fiziği ortaya çıktı; mikron (1 mikron=10⁶ metre) boyutlarında bulut parçacıklarını ölçmeye yarayan aygıtlar geliştirildi ve pek çok şey öğrenildi.

Ne var ki, "hava modifikasyonu" uygulamalarının sonuçları, büyük ölçüde cesaret kırıcıydı. Bu yöntemin sürdürülebilirliği konusundaki bilimsel tartışmalar, bugün hâlâ sürüyor. Bu eski anlayışla ilgili sorunlardan biri, bulutların çevresindeki ve içindeki hava hareketlerinin, yağışın miktarını ve düzenini belirlemedeki önemli rolünün göz ardı edilmiş olmasıydı. Hava modifikasyonlarının genel

anlamdaki başarısızlığının etkisi ve bilgisayarların kapasitesinin ve ulaşılabilirliğinin artmasıyla bulut modellerinin ilk biçimlerinin ortaya çıkışından sonra, bulut dinamikleri alanı, 1970'li yıllarda dinamik hareketler ve mikrofizik alanlarına dönüştü.

Bugün, ayrıntılı bulut modelleriyle, on binler ya da yüz binlerce kilometre genişliğindeki bir alandaki bulutlar tanımlanabiliyor. Bulut araştırmacıları, bugün bulutları, uydularda bulunan ve, bulutların süzdüğü Güneş ışığı miktarını ya da bulutların geniş bir elektromanyetik tayfta emdiği kızılötesi ışıının miktarını ölçen radyometreler aracı-

lığıyla gözlemliyorlar. Bu gözlemler, bulutların dikey yapısı, ne kadar su ve buz içerdiğini belirleyen radar ve lazer sistemleri verileriyle birleştiriliyor. Şimdilerde, bulut radarı taşıyan bir uydunun uza-ya gönderilmesi sayesinde, gezegenimizdeki dev dolaşım sistemlerinde bulunan su miktarının belirlenebileceği yeni bir dönem başlıyor.

A S I Z Ū L

Kaynak: Stephens, G. L., "The useful pursuit of shadows" American Scientist, Eylül-Ekim 2003.