

## Hava, su buharını taşır mı?

Edindiğimiz yanlış bilgileri düzeltmekte ne kadar tutucuyuz?

Doç. Dr. Mikdat Kadioğlu

Kadioglu @ itu.edu.tr

Bir meteoroloji doçenti olarak bu sene ÖYS girecek olan kızıma sınavın Sözel Bölümünde Coğrafya soruları arasında yer alan “İklim Bilgisi” konusunda biraz yardımcı olabilirim diye düşünüyordum. Bunun için önceki yıllarda ÖSS ve ÖYS’de sorulmuş iklim bilgisi sorularını incelemeye başladım. İtiraf etmeliyim ki pek çok soruyu takılıp kaldım. Daha çok, yıllardır yüksek lisans seviyesinde derslerini verdiğim, bulut ve yağış fiziği ile ilgili soruları anlamakta problemlerim oldu. Bazı fiziksel kavramların yanlış ifade edildiğine inandığım bu tür ÖSS sorulardan iki tanesini bu yazının sonunda bulabilirsiniz.

Bu iki sorunun üzerinde durduğu konu web’deki “Yanlış Meteoroloji” sayfasında Steen M. Babin’in “Bilim insanları çoğu kez on ya da yüz yıl kadar eski olan çalışmalarını hiç dikkate almamaktadır. İnsanlar edindikleri yanlış bilgileri düzeltmekte tutucu davranarak direnmektedir.” iddiasını ispatlamak için kullandığı konu ile aynı olduğu da dikkatimi çekti. Steen M. Babin’in aşağıdaki havadaki su buharı ve bağıl nem ile ilgili açıklamalarını okuduktan sonra yazının sonundaki ÖSS sorularına bir göz atmanızda yarar var diye düşünüyorum.

18. y.y. sonlarına doğru bir çok kişi, buharlaşma işlemi suyun “çözülebilmesi” için ortamda hava olmasının gerekli olduğunu düşünüyordu. “Doymuş buhar basıncı” terimi de hava da “çözülebilecek” suyun, hava sıcaklığına göre değişen ve teorik olarak belirlenebilen, bir üst sınırı olduğu düşüncesinden doğmuştur. Aynı zamanda sıcak havada, soğuk havadakinden daha fazla su buharının çözülebileceği gibi yanlış bir düşünce de yaygındı. DeLuc ve Dalton’un 18. y.y. sonlarında yaptıkları çalışmalar ile bu düşünceleri çürütmüştür. 1802 yılında Dalton yayınladığı bir makalesinde bu konuları açıklığa kavuşturmuştur. Dalton, bir gazın (kısmi) basıncının ortamdaki diğer gazların varlığından bağımsız olduğunu gösterdi. Çünkü hava, genellikle boş alanlarda (“boşluklarda”) bulunur ve havadaki her bir gaz ortamda yalnızmış gibi hareket eder. Gazların çoğu diğer bir gazın içinde sınırsız bir şekilde çözülebilir (Ostwald, 1891). Bir denge halinde, bir sıvı üzerindeki su buharının miktarı, sadece ve tamamen, sıvının sıcaklığına bağlıdır. John Dalton, havadaki su buharı basıncının havadan bağımsız olduğu sonucuna varmıştır (Brutsaert, 1991; Cardwell, 1968; Greenaway, 1966; Ostwald, 1981; Dalton, 1803).

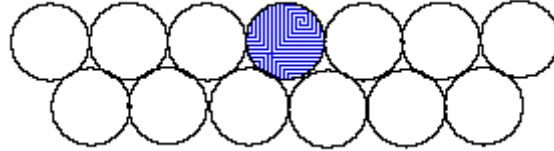
Bütün bu bilimsel çalışmalara rağmen bugün bir çok kişi hala “doymuş” havanın, taşıyabileceği en yüksek su buharı miktarını taşıdığını ve sıcak havanın soğuk havadan daha fazla su buharı taşıyabileceğini düşünmektedir. Maalesef bu yanlış düşünceler bir çok ders kitabına da girmiştir. Bu meteorolojik bilgilerin yanlışlığı, matematiksel olmayan ve kolay anlaşılır bir şekilde Bohren (1987) tarafından da açıklanmıştır. Fakat, yanlış bir şekilde yerleşmiş bilgileri düzeltmek henüz mümkün olamamıştır.

Hava, ne su buharını “tutar” ne de su buharı hava içinde “çözülür”. İşin gerçekte böyle olduğu, basit bir deney ile de gösterilebilir. İyi bir şekilde izole edilmiş kapalı bir kutu içine, birinde saf su ve diğerinde deniz suyu olan geniş ağızlı iki bardak koyalım. Bu bardakları, içlerindeki sıvıların aynı atmosferik sıcaklık ve basınca sahip olması için yan yana koyalım. Eğer hava su buharını “taşıyor” idiyse, bardaklardaki sıvıların ikisi de aynı doymuş buhar basıncına sahip olmalıdır. Bununla birlikte, içinde deniz suyu bulunan

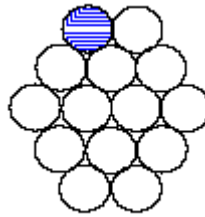
bardaktaki tuzlu suyun üzerindeki doymuş buhar basıncı, saf suyun üzerindeki buhar basıncından daha düşüktür. Tuzlu sudaki tuz iyonları bazı su moleküllerinin yerini alarak suyun yüzeyinden buharlaşabilecek olan su moleküllerinin sayısını azaltır. Bu yüzden, suda tuz bulunması, saf suya nazaran, tuzlu sudan olan buharlaşmanın hızını azaltır. Bu, neden doymuş buhar basıncının tuzlu su üzerinde, saf su üzerindeki nazaran daha az olduğunu açıklamaktadır. Deneyde kutudaki sıvıların başlangıçta aynı hava içinde olmasının bu farklılıkta herhangi bir rol oynamadığına dikkat ediniz.

“Doymuş buhar basıncı” gerçekte yanlış bir isimlendirme ve yanlış kullanılan bir deyimdir. “Doyma”, Dalton’dan önce literatüre yerleşmiş bir kelimedir. Bunun yerine gerçekte “denge buhar basıncı” deyimini kullanılmalıdır. Çünkü tanımından da anlaşılacağı üzere denge buhar basıncı, su hal değiştirirken oluşan su buharı basıncıdır. Sıvı suyun sıcaklığı ne kadar yüksek ise, sıvı su molekülleri o kadar çok enerjiktir. Diğer bir deyişle, su molekülleri ne kadar enerjiktir ise, su yüzeyinden o kadar kolay kaçabilirler. Bu, böylece buharlaşma miktarını ve dolayısı ile doymuş veya denge buhar basıncını artırır. Buradan görüldüğü gibi, su yüzeylerinin doymuş veya denge buhar basıncı miktarlarında hava sıcaklığının herhangi bir rolü yoktur. Su yüzeylerinin üzerindeki hava sadece suyun sıcaklığına bağlı olarak ısınır veya soğur. “Doyma”, buharlaşma hızının yoğunlaşma hızına eşit olduğunda oluşur ve hava su yüzeyi ile dengededir.

Bağıl nem, çok yaygın olarak kullanılan bir meteorolojik değişkendir. İsminden de anlaşıldığı gibi bağıl nem, havadaki su buharının mutlak bir ölçüsü değildir. Bağıl nem, saf suyun düz yüzeyi üzerindeki doymaya ve dolayısı ile saf-düz su yüzeyinin sıcaklığına bağlıdır. Düz bir yüzey üzerinde, su moleküllerini su yüzeyinden kaçmaya zorlayan moleküllerin ısı enerjisine zıt olarak, komşu su moleküllerinden bir su molekülü üzerine uygulanan kuvvetler su molekülünü yerinde tutmaya çalışır. Aşağıda içi koyulaştırılmış dairenin en yakın dört komşuya sahip olduğuna dikkat ediniz.



Bir küçük su damlacığı gibi su yüzeyleri eğri olduğunda, su moleküllerinin düz su yüzeyine nazaran sahip oldukları en yakın komşu su molekülü sayısı daha azdır. Bulut içinde, damlacıklar mikrometrenin on binde biri kadar küçük olabilir ve sadece bir kaç düzine su molekülü içerirler. Aşağıdaki şekilde gösterilen koyu dairenin en yakın üç adet su molekülü ile komşu olduğuna dikkat ediniz.



Şüphesiz, sıvı su içinde moleküller üç boyutludur ve üç boyutlu hareketlerde bulunurlar. Bu yüzden yukarıdaki şekiller biraz yanıltıcı olabilir. Bu şekillerin, ortalama durumu göstererek olay hakkında size bir fikir verdiklerini unutmayınız. Yüzey gerilmesi üzerine eğriliğin bu etkisi, Lord Kelvin tarafından keşfedilmiştir. En yakın komşu su molekülü ne kadar az sayıda olursa su molekülünü, su yüzeyinde tutan çekim kuvvetleri de o kadar az olur. Böyle bir durumda, bir su molekülü için kendisini damlacık içinde tutmak isteyen moleküller arası kuvvetlerden kaçmak daha kolaydır. Bağıl nem saf-düz su yüzeyine göre hesaplandığından, damlacık ile dengede olan havanın bağıl nemi damlanın eğriliğine (diğer bir deyişle damlanın büyüklüğüne) bağlı olarak % 100 çok daha büyüktür. Bu durum, bulut içinde sıkça oluşur ve “süper doyma” olarak adlandırılır. “Süper doyma” da yanlış kullanılan bir terimdir. Süper doyma, termodinamik olarak kararlı bir durumdur ve bu durumun hiç bir “süper” tarafı da yoktur. Sadece sıvı su ile buhar arasındaki denge şartları değişmiştir. Düz yüzeylere benzer bir şekilde, buharlaşma ve yoğunlaşma hızları eşit olduğunda ve hava su ile dengedeysen damlacık üzerinde “doyma” oluşur. Her ne kadar bu durum süper doyma olarak adlandırılırsa da, hava gerçekte su buharı miktarını taşımak veya tutmakta hiç zorlanmaz. Eğer temiz ve düzgün bir kupa saf su buharı koyarsanız, yoğunlaşma gerçekleşmeden önce kupta % 300’den daha yüksek değerde bağıl nem oluşturabilirsiniz. Atmosferde yoğunlaşma çekirdeği rolü oynayan (tuz, toz, vb. gibi) çeşitli partiküllerin bulunmasının çok büyük faydaları vardır. Yoğunlaşma çekirdekleri, sıvı bulut damlacıkları içinde eriyik olarak bulunur. Eriyikler yukarıda bahsedildiği gibi suyun denge buhar basıncını azaltır. Eriyik moleküllerin sıvı-buhar ara kesitinde bulunmasının anlamı buharlaşma için daha az su molekülünün mevcut olmasıdır. Bunun da böyle olması canlılar için büyük bir şanstır. Bunun aksi bir durum olsaydı, atmosferde çok daha fazla su buharı olurdu (diğer bir deyişle hava çok daha fazla nemli olurdu). Dünya atmosferinde, sadece bulut içinde bağıl nem nadiren % 101-102’yi geçer. Bulutların dışında ve yer yüzeyi yakınında, bağıl nem % 100’ü geçmez.

#### **Hatırlanması gereken noktalar:**

1. Bağıl nem, atmosferin su buharı içeriğinin mutlak bir ölçüsü değildir. Atmosferin nem içeriğini, karışma oranı, özgül nem veya çığ noktası sıcaklıkları daha iyi ifade ederler. Karışma oranı, birim kuru hava kütlelerinin içindeki su buharı kütleleridir. Özgül nem, birim nemli hava kütlelerinin içindeki su buharı kütleleridir. Çığ noktası sıcaklığı, basınç ve karışma oranı sabit tutularak, hava parselinin doyması için nemli havanın sıcaklığının düşürülmesi gereken sıcaklıktır.
2. Bağıl nem saf-düz su yüzeylerine göre hesaplandığından, bağıl nemin (örneğin, bulut içindeki buz kristallerine göre) % 100’den daha büyük olması mümkündür. Bununla birlikte, Dünya atmosferinde yoğunlaşma çekirdeklerinin (tuz, toz, vb. gibi) bulunmasından dolayı, yer yüzeyinde bağıl nem % 100’ü ve bulut içinde de % 102’yi geçmez.
3. Hava, molekülleri arasında büyük mesafeler olan gazlar karışımıdır. Bu nedenle hava büyük miktarda su buharı içerebilir. Su buharı havada “çözülmez” ve hava su buharını “tutmaz”. Su buharı havada sadece “bulunur”, hava tarafından taşınmaz.
4. Bulut damlacıklarının ve havanın sıcaklıkları yaklaşık olarak aynı olmasından dolayı, bulut damlacıklarının denge buhar basıncı sadece hava sıcaklığına bağlıymış gibi yanlış bir düşünce de doğmuştur. Bulut damlacıklarının denge buhar basıncı, sadece bulut damlacıklarının sıcaklığına bağlıdır.

Şimdi bütün bu bilgiler ışığında aşağıdaki iki ÖSS sorusunu incelemenizi öneriyorum.

## 1994 ÖSS

### 1- Sıcaklık arttıkça havanın taşıyabileceği su buharı miktarı da artar.

Aşağıdakilerden hangisi bu durumun sonuçlarından biridir?

- A) Orta kuşakta karaların batı kıyılarının çok yağış alması
- B) Havanın bulutsuz olduğu kış günlerinde günlük sıcaklık farkının fazla olması
- C) Yeryüzünden ısı kaybının fazla olduğu kış gecelerinde don olayının görülmesi
- D) Havanın nemli olduğu yerlerde bitki örtüsünün gür olması
- E) Gündüz, sis yoğunluğunun gecedan daha az olması

## 1996 ÖSS

### 2- Sıcaklık arttıkça havanın taşıyabileceği su buharı miktarı da artar.

Aşağıdakilerden hangisi bu bilgiyle açıklanamaz?

- A) Gündüz, sis yoğunluğunun gecedan daha az olması
- B) Kutup bölgelerinde yağışın az olması
- C) Sıcak çöllerde bağıl nemin düşük olması
- D) Bir dağ aşarak oluşan fön rüzgarlarının kurutucu etki yapması
- E) Havanın bulutsuz olduğu günlerde günlük sıcaklık farkının fazla olması

## Kaynaklar

1. Steen M. Babin'nin <http://fermi.jhuapl.edu/people/babin/vapor/index.html>
2. Adams, A.W., 1973: *A Textbook of Physical Chemistry*. Academic Press, New York, 1079 pp.
3. Bohren, C.F., 1987: *Clouds in a Glass of Beer: Simple Experiments in Atmospheric Physics*. Wiley Pub., New York, 195 pp.
4. Brutsaert, W., 1991: *Evaporation into Atmosphere: Theory, History, and Applications*. Kluwer Academic Publishers, Boston, 299 pp.
5. Cardwell, D.S.L., ed., 1968: *John Dalton and Progress of Science*. Manchester University Press, Manchester, UK, 352 pp.
6. Dalton, J., 1803: *Memoirs Manchester Phil. Soc.*, 5, 550.
7. Greenaway, F., 1966: *John Dalton and the Atom*. Cornell University Press, Ithaca, NY, 244 p.
8. Ostwald, W., 1891: *Solutions*. Longmans, Green, and Co., New York, NY, 316 pp.
9. Rogers, R.R., and M.K. Yau, 1989: *A Short Course in Cloud Physics*. Pergamon Press, New York, 293.