

BUZ VE TUZ

Dr. Mahir E. Ocak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Soğuk kış günlerinde buzlanan yollar, araçların yola tutunmasını zorlaştırıyor ve kaza riskini artırıyor. Böyle zamanlarda insanların güvenli bir biçimde seyahat etmesini sağlamak için başvurulan yöntemlerin başında yolların tuzlanması geliyor. Bu yöntem, özellikle trafiğin yoğun olduğu yollarda ve kış dönemi sıcaklıklarının saf suyun donma sıcaklığı (0°C) civarında seyrettiği ülkelerde çok başarılı oluyor.

Ancak yolları tuzlamanın yararlarının yanı sıra zararları da var. Örneğin kullanılan tuzlar etraftaki bitki örtüsüne zarar veriyor, tatlı su kaynaklarının kirlenmesine sebep oluyor ve metalleri aşındırıyor. Dolayısıyla insanların sağlığını korumak amacıyla yolları tuzlarırken bilinçli davranmak, aşırı miktarda tuz kullanmamak gerekiyor.



Tuzun işlevi tam olarak nedir ve hangi koşullar altında ne kadar tuz kullanmak gerekir? Kimyanın temel yasalarından biri, saf bir sıvıya katı maddeler eklendiğinde sıvının donma sıcaklığının düşeceğini söyler. Dolayısıyla yollara serpilmiş sofranun (NaCl)

ve diğer tuzların temel işlevi sıvının donma sıcaklığını düşürmek ve böylece oluşmuş ya da oluşacak buz miktarını azaltmaktır. Hangi koşullar altında hangi tuzun ne kadar kullanılması gerektiği ise ortam koşullarına ve amaçlanan şeyin ne olduğuna bağlı olarak değişir.



Tuz, Buzu Nasıl Eritir?

Tuz olarak adlandırılan maddeler metallerle ametallerin oluşturduğu bileşiklerdir. Örneğin sodyum klorür (NaCl), magnezyum klorür (MgCl_2), potasyum bromür (KBr) ve kalsiyum bromür (CaBr_2) gibi. Tuzların suyun donma sıcaklığını düşürmesi ve aynı zamanda kaynama sıcaklığını yükseltmesi düzensizlik ile alakalıdır. Termodinamiğin ikinci yasası, kendiliğinden gerçekleşen doğal süreçlerde düzensizliğin (entropinin) zamanla artacağını söyler. İçine tuz karıştırılmış sıvı suyun entropisi saf suyunkinden daha yüksektir. Dolayısıyla sıvı suya tuz karıştırılarak entropisi artırıldığında su molekülleri için sıvı halde kalmak, katı veya gaz haline geçmeye göre daha “çekici” hale gelir. Böylece hem donma sıcaklığı düşer hem de kaynama sıcaklığı yükselir. Buzu eritmek amacıyla en yaygın olarak kullanılan tuz, sofr tuzu olarak da adlandırılan sodyum klorürdür (NaCl).

İdeal bir çözelti (çözünen madde miktarının çözen madde miktarına göre çok az olduğu bir çözelti) için, çözülmüş parçacık sayısı ile donma sıcaklığındaki düşüş arasında doğrusal bir ilişki vardır. Örneğin çözülmüş parçacık sayısı iki katına çıktığında donma sıcaklığındaki değişim de iki katına çıkar. Burada önemli bir nokta, çözüldüğünde iyonlarına ayrılan iyonik katılarla ilgilidir.

NaCl ve MgCl_2 gibi tuzlar çözüldükleri zaman iyonlarına ayrışır. Bir NaCl molekülü ayrıştığında iki iyon (bir Na^+ iyonu ve bir Cl^- iyonu), bir MgCl_2 molekülü ayrıştırdığında üç iyon (bir Mg^{2+} iyonu ve iki Cl^- iyonu) ortaya çıkar. Dolayısıyla donma sıcaklığının ne kadar düşeceğini belirleyen çözülmüş parçacık sayısı olduğu için MgCl_2 , NaCl 'ye göre daha etkin bir buz çözücüdür. Bir tuzun “eritme kapasitesi”, o tuzun bir gramının eritebildiği buz miktarı olarak tanımlanır. Ayrıca tuzun buzu hangi hızla erittiği de çok önemlidir.

Yolların Tuzlanması

Yolların tuzlanması üç ayrı koşul altında yapılabilir. Birincisi yollar zaten buzlanmış olabilir ve buzları eritmek amacıyla tuzlama yapılabilir. İkincisi yollar buzlanmamıştır ancak hava durumu tahminlerine göre kısa süre içinde buzlanması muhtemeldir ve önlem almak amacıyla tuzlama yapılabilir. Üçüncüsü, yağmakta olan ya da yağması beklenen karın sıkışarak buzlaşmasını önlemek amacıyla tuzlama yapılabilir.



Buzların Eritilmesi

Yolların zaten buzlanmış olduğu durumda, donma sıcaklığı ortam sıcaklığından daha düşük olan yoğun bir tuz çözeltisi yollara serpilir. Yollardaki buzlar eriyerek daha düzensiz yapıdaki tuzlu suya karışmaya başlar. Eriyen buzlardan gelen sıvı su, çözeltinin seyrelmesine ve

böylece donma sıcaklığının yükselmesine sebep olur. Dolayısıyla buzların erimesi ancak çözeltinin donma sıcaklığı ortam sıcaklığına eşit olana kadar devam edebilir. Bu noktadan sonra bir taraftan buzlar erirken bir taraftan da çözeltideki

su donmaya başlar ve bir süre sonra toplam buz miktarının değişmediği yeni bir denge kurulur. Bu yüzden yoldaki tüm buzların eritilebilmesi için, başlangıçtaki çözeltinin yoğunluğunun tüm buzlar eridiğinde bile çözeltinin donma sıcaklığının ortam sıcaklığının altında olacağı kadar yüksek olması gerekir. Ayrıca buz miktarının yüksek ya da ortam sıcaklığının çok düşük olduğu durumlarda doğal olarak eritme kapasitesi yüksek tuzlar kullanılır.



Buzlanmanın Önlenmesi

Eğer yollarda buzlanma yoksa ancak kısa süre sonra buzlanacağı tahmin ediliyorsa -örneğin yollar ıslaksa ve sıcaklığın 0°C'nin altına düşmesi bekleniyorsa ya da hava nemliyse ve yol çok soğuksa- önlem olarak tuzlama yapılabilir. Bu durumda kullanılması gereken tuz miktarının, yoldaki suyun donma sıcaklığını hava tahminlerine göre beklenen en düşük sıcaklığın altına düşürecek kadar olması gerektiğini düşünebilirsiniz. Ancak gerçekte lazım olan bu miktarın sadece %40'ıdır. Bu durumun nedeni, tuzun suyun donma biçimini değiştirmesidir.

Saf su (ya da herhangi bir saf madde) donarken sıcaklığı sabit kalır ve süreç sonunda sıvının tamamı katılaşır. Tuzlu su ise sıcaklığı donma noktasına düştüğünde tamamen katılaşmaz. Bunun nedeni tuzdan gelen iyonların buz içinde kendilerine yer bulamamasıdır. Buzdaki su molekülleri katmanlar içinde yer alır ve her bir katman altıgenler biçiminde organize olmuş su moleküllerinin bir araya gelmesiyle oluşur. Tuz iyonlarının buzun içine girebilmesi için ya altıgenlerin içine ya da katmanların arasına sığabilmesi gerekir. Ancak sodyum ve klor iyonları (Na⁺ ve Cl⁻) ya da kullanılan diğer tuzlardaki iyonlar çok büyüktür. Dolayısıyla oluşmaya başlayan buzun içine giremezler. Bu yüzden tuzlu su donarken oluşan katı madde sadece su molekülleri içerir.



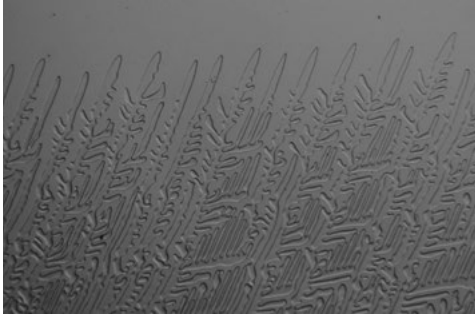
Bir miktar su donduktan sonra geriye kalan çözeltideki tuz yoğunluğu arttığı için çözeltinin donma sıcaklığı düşer ve donma durur. Sonuçta bir miktar saf buz ve tuz yoğunluğu başlangıçtakinden daha yüksek bir çözelti ortaya çıkar. Eğer sıcaklık daha da düşerse bir miktar daha su donar ve çözeltinin donma sıcaklığı daha çok düşer. Bu süreç ancak ortam sıcaklığı ötektik sıcaklığa (bir çözeltinin kararlı olduğu en düşük sıcaklığa) düşene kadar devam edebilir. Ortam sıcaklığı ötektik sıcaklığa düştükten sonra çözelti kararsızlaşır, tuz kristalleşir ve geriye kalan su tamamen donar. Sodyum klorür (NaCl), kalsiyum klorür (CaCl_2) ve magnezyum klorür (MgCl_2) çözeltilerinin ötektik sıcaklıkları sırasıyla -21°C , -56°C ve -33°C 'dir.

Tuzlu su çözeltisinin donmasıyla oluşan buzun yapısı, saf suyun donmasıyla oluşanunkine göre daha zayıftır. Görünümü ağaç dallarına benzeyen buz kristalleri, üzerlerinden geçen araçlar tarafından kolayca yok edilir. Henüz buzlanma başlamadan önce tuzlu su serpilmiş bir yolun tehlikeli hale gelmesi için çözeltinin %60'ından fazlasının buza dönüşmüş olması gerekir.

Karın Sıkışarak Buzlaşmasının Önlenmesi

Eğer kar yağıyorsa ya da yağacağı tahmin ediliyorsa yine tuzlama yaparak buzlanmanın önüne geçilebilir. Bu durumda da tüm karı eritmeye yetecek miktarda tuz kullanılması gerektiğini düşünebilirsiniz. Ancak gerçekte lazım olan sadece bu miktarın %20'sidir. Çünkü tuz, karın sıkışmasını ve böylece bir araya gelerek buzlaşmasını engeller. Buzlaşmamış karın, küreme araçları tarafından temizlenmesi ya da trafikteki araçlar tarafından yok edilmesi buza göre çok daha kolaydır. Bu yüzden görece az miktarda tuzla bile karın tehlikeli hale gelmesini engellemek mümkündür.

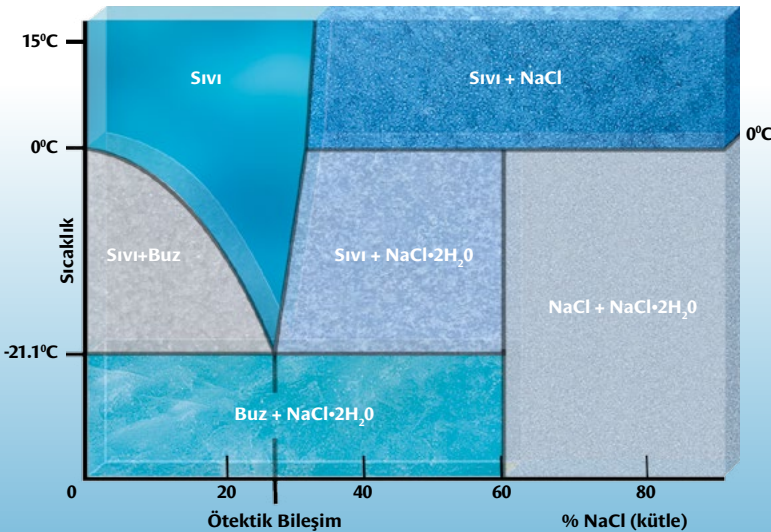
Karın üzerine bir miktar tuzlu su serpilğinde bir miktar kar erir ve geriye kalan karın mekanik özelliklerinde önemli değişiklikler olur. Sıradan karı sıkıştırarak bir kar topu yapmak çok kolaydır. Sıkışma sırasında farklı kar kristalleri bir araya gelerek birbirine bağlanır ve daha güçlü bir yapı oluşur. Fırlatılan bir kar topu havada yol alırken kolaylıkla parçalanmaz. Üzerine tuzlu su serpilenden kardan bir kar topu yapmaksa mümkün değildir. Bu durumun nedenleri tam olarak anlaşılabilmiş değil. Ancak çözünmüş tuzun kristallerin yüzeylerine tutunduğu ve kristallerin bir araya gelmesini engellediği düşünülüyor.



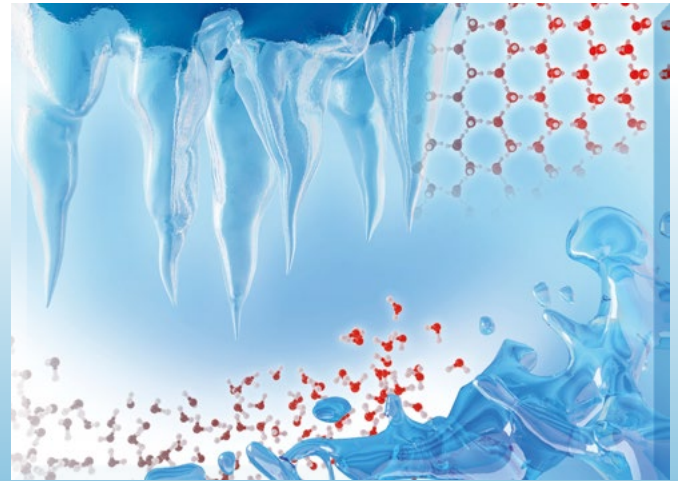
Tuzlu suyun donmasıyla oluşan buz kristalleri



Su-Tuz karışımının faz diyagramı



Sıvı su ve buzun yapıları



Yollar ilk olarak 1930'larda tuzlanmaya başla-
mıştı. 1960'lara gelindiğinde karın ve buzlanmanın
sorun olduğu neredeyse tüm ülkelerde sodyum klo-
rür kullanılarak tuzlama yapılıyordu. Daha sonraları,
magnezyum klorür ve kalsiyum klorür gibi daha çev-
re dostu tuzlar da kullanılmaya başlandı.

Yolları tuzlama teknolojisinin zamanla geliştiği
söylenbilir. İlk zamanlarda tuzlar, doğrudan katı
halde yollara serpilirdi. Bugünse tuzlar, yola daha iyi
yayılmalarını sağlamak amacıyla, suyun ya da başka
bir sıvının içinde çözülerek serpiliyor. Tuzun çözelti
içinde bulunması, serpme sırasında hortumlar kul-
lanılmasına ve böylece tuzlanmak istenen bölgeye
daha iyi "nişan alınmasına" da imkân veriyor.

Kışın buzlanmanın en çok görüldüğü yerler köp-
rülerdir. Çünkü görece sıcak bir zeminin üzerinde
duran sıradan yolların aksine, her taraftan soğuğa
maruz kalırlar. Günümüzde bazı ülkelerde köprülere,
buzlanmayı engellemek amacıyla, içinde buzlanmayı
engelleyici sprey püskürten mekanizmalar bulunan,
yüksek teknoloji ürünü kaldırımlar döşeniyor.

Yollara serpilmiş tuzun yararlı olabilmesi için ge-
reklili olacağı zamana kadar yolun üzerinde kalması
gerekir. Bu yüzden bazen serpilmiş tuzların rüzgârla
uçup gitmesini ya da yağmur sularıyla sürüklenme-
sini engellemek için tuzların yol zeminine daha sıkı
tutunmasını sağlayan maddeler de kullanılıyor. Böy-
lece yapılan işlemin daha verimli hale gelmesi sağla-
nabiliyor.

Kullanılan tuz miktarını azaltmak ve böylece
çevreye daha az zarar vermek için başvurulan yön-
temlerden biri de, döşenen asfaltın üst katmanlarına
buzlanmayı önlemeye yardımcı olan özel maddeler
eklemek.

Tuzlu su çözeltileri ancak belirli sıcaklıkların
(ötektik sıcaklığın) üzerinde kararlı oldukları için
her durumda kullanılmazlar. Örneğin sofr tuzunu
-21°C'nin altındaki sıcaklıklarda kullanmak yararsız-
dır. Bu yüzden Kanada gibi çok soğuk iklimlere sahip
ülkelerde hava sıcaklığı aşırı derece düştüğünde yol-
lar tuzlanmaz. Bunun yerine yollar mümkün olduğu
kadar buzdan temizlenir, üzerlerine çakıl, kum gibi
maddeler dökülerek araçların yol tutuşu artırılmaya
çalışılır. ■



Kaynaklar:

Wahlin, J. ve Klein-Paste, A., "A salty safety solution", *Physics World*,
[http://physicsworld.com/cws/article/
indepth/2017/dec/12/a-salty-safety-solution](http://physicsworld.com/cws/article/indepth/2017/dec/12/a-salty-safety-solution),
Aralık 2017.

Kimbrough, D., "Salting roads. The solution for winter driving",
ChemMatters, s. 14, Şubat 2006.