

Kaynağından Şişeye

İÇİLEBİLEN SUYUN YÖNETİMİ

Cemil Alkan [*Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Kimya Bölümü*]

Derya Kahraman Döğüşçü [*Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Kimya Bölümü*]

Özgül Gök [*Hakkari Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü*]

Yapısı hayli basit olan su molekülü hayatı sürdürülebilir kılar. Bilim ve teknolojinin son sürat ilerlediği çağımızda insanlığı bekleyen önemli sorunların başında kullanılabilir su kaynaklarının yetersizliği geliyor. İleride ortaya çıkması muhtemel enerji soru-

nunu çözmek için fosil enerji kaynakları yerine yenilenebilir alternatif enerji kaynakları kullanılabilir, ancak suyun yerine kullanılacak alternatif bir madde yoktur. Bu nedenle su kaynaklarının etkili bir şekilde kullanılması gerekir.



Suyun yönetimi doğal kaynak sularının, evsel atık suların ve endüstriyel atık suların yönetimi olarak sınıflandırılır. Suyun iyileştirilebilmesi için biyolojik, kimyasal ve fiziksel arıtma yöntemleri yaygın olarak kullanılır. Biyolojik arıtma organik ve inorganik bileşiklerin biyodestekli tepkimelerle parçalanması veya dönüşümü anlamına gelir. Organik/inorganik yüzeylere tutunma, oksidasyon, kirliliğe neden olan maddelerin yüksek enerjili ışınlar ile bozundurulması, radyo dalgaları uygulaması ve parçalanma ürünlerinin uzaklaştırılması ise kimyasal arıtma yöntemlerinden bazılarıdır. Çöktürme, filtreleme, eleme, yüzeyden sıyırma, havalandırma, gaz uzaklaştırma ve dengeleme de fiziksel arıtma yöntemleri arasındadır.

1992'de Rio de Janeiro'da düzenlenen BM Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda Birleşmiş Milletler (BM) Genel Kurulu tarafından suyun giderek artan öneminden dolayı her yıl 22 Mart'ın Dünya Su Günü olarak kutlanmasına karar verildi.

1993'ten bu yana ve her yıl farklı temalarla kutlanmakta olan Dünya Su Günü bu yıl "Su İçin Doğal Çözümler" mesajı ile kutlanıyor.

İçme Suyunun Kalitesi

Su tüketmenin insan sağlığına faydası tartışılmaz bir gerçek. Uzmanlar günde en az 1,5-2 litre su tüketmek gerektiğini söylüyor. Yer altı suları, göller, rezervuarlar, kanallar, atmosferik su üretimi, yağmur suyu toplama, sis toplama ve deniz suyu insanlığın başlıca içme suyu kaynaklarıdır.

İçme sularının berrak, renksiz, hastalık yapıcı organizmalardan ve zararlı kimyasallardan arındırılmış ve yeterli derecede yumuşak olması gerekir. İçme suyunda sertliği oluşturan en önemli maddeler kalsiyum ve magnezyum katyonlarıdır. Sertlik birimi Fransız Sertlik Derecesi'dir. 10 mg kalsiyum karbonatın 1 litre suya verdiği sertlik, 1 Fransız Sertlik Derecesi olarak tanımlanır. İçme suyunda 50 Fransız Sertlik Derecesi'ne kadar sertliğe izin verilir. Ancak içme suyunun sertlik değerinin 10-20 Fransız Sertlik Derecesi aralığında olması hedeflenir. İçme sularında bu şartların sağlanması için çeşitli standartlar geliştirilmiştir. 17 Şubat 2005 tarihli Resmi Gazete'de, içme suları ile ilgili 25730 sayılı bir yönetmelik (İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik) yayımlanmıştır.

İçme suyunun kalitesini Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO), Avrupa Birliği ve ayrıca ülkemizde uygulanan TS-266 standart değerleri de denetler. İçme suyu standartlarına bir göz atalım: İçme suyunda Koliform grubu bakteriler, *Clostridium perfringens*, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Escherichia coli* gibi mikrobiyolojik kirleticiler olmasına hiçbir organi-

zasyon izin vermezken, WHO 100 ml sudaki toplam koloni sayısının 22°C'de 20'ye, 37°C'de ise 5'e kadar kabul edilebileceğini bildiriyor. İçilebilir suyun pH'sı 6,5-9,5, iletkenliği 2500 µS/cm, nitrat miktarı 50 ppm (1 l'deki mg miktarı), nitrit miktarı 0,5 ppm olmalı. Bor miktarı ise WHO tarafından 1 ppm'e diğer organizasyonlar tarafından 2 ppm'e kadar kabul edilebilir bulunuyor. İçme suyunda nikel, arsenik, kadmiyum, krom, kurşun, selenyum, antimon, mangan gibi ağır metallerin kabul edilebilir miktarları 0,1 ppm'den daha düşük. Kabul edilebilir miktarlar demir ve alüminyumda 0,2, bakırda ise 2 ppm düzeyinde. Sodyum ve kalsiyum iyonları zararsız ve 200-500 ppm düzeylerine kadar kabul edilebilir. Amonyum iyonu da 0,5 ppm'e kadar kabul edilebilir. Karşıt iyonlardan siyanür ve bromat 0,1 ppm'nin altında kabul görünürken, klor ve sülfat 250 ppm'e kadar makul görülüyor. Florür için limit 1,5 ppm'dir. İçme suyunda organik maddeler (örneğin benzen) bulunması 0,001 ppm'e kadar zararsız kabul ediliyor. Ayrıca içme suyu renk ve bulanıklık bakımından da belirli standartlara uygun olmalı.

Şebeke Sularının İşlenmesi

Şebeke suları çok sayıda saflaştırma basamağı içeren işlenmiş sulardır. Büyük şehirlerdeki su arıtma basamaklarından biri klorlamadır ve tüm Avrupa ülkelerinde oksitleme için klorlama yerine ozonlama yapılır. Klor en yaygın dezenfektandır, sular-

daki doğal organik maddeler ile tepkimeye girerek dezenfeksiyon yan ürünleri oluşturur. Dezenfeksiyon yan ürünlerinin en yaygın iki türü olan trihalometan (THM) ve haloasetik asit (HAA) bileşikleri insan ve çevre sağlığı açısından hayli sakıncalıdır. Dezenfeksiyon yan ürünlerinin oluşumunu etkileyen faktörler şunlardır: Toplam organik karbon miktarı, suyun pH değeri, suya verilen klor miktarı, dezenfektan maddenin cinsi ve işlem sırasındaki suyun sıcaklığı.

Yapılan çalışmalarda toplam THM miktarı ile mide kanseri ve kalın bağırsak kanseri arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki olduğu ortaya koyulmuş. THM'lere bağlı olarak oluşan sağlık sorunlarının giderilmesi için alternatif dezenfeksiyon yöntemlerinin kullanılması (ozonlama, klordioksit), THM oluşumunu artıran faktörlerin denetim altında tutulması ve THM'nin oluşuktan sonra giderilmesi (aktif karbon kullanılması) gibi önlemler alınabilir.



Evlerde içme suyunun arıtılması için kullanılan sistemlerde ters ozmoz ve iyon değiştirici reçine sistemleri kullanılıyor. Ozmoz sıvı maddenin az yoğun ortamdan çok yoğun ortama geçişidir. Eğer arıtılmamış su ve temiz su sadece suyun her iki yöne geçişine izin veren bir membran ile ayrılacak olursa, temiz su tarafından bir miktar su ozmotik basınç dengesini oluşturmak üzere yoğun ortama hareket edecektir. Ters ozmoz sistemlerinde arıtılmamış su tarafından genellikle suya belli bir akış debisi kazandırılarak- ozmotik basınçtan daha fazlası sağlanır ve bu durumda arıtılmamış su tarafından temiz su tarafına geçiş olur. Diğer yöntem ise iyon değiştirici reçine kullanılmasıdır. Bu yöntemde suda safsızlığa neden olan pozitif yüklü iyonlar reçinede hidrojen iyonlarıyla yer değiştirir.

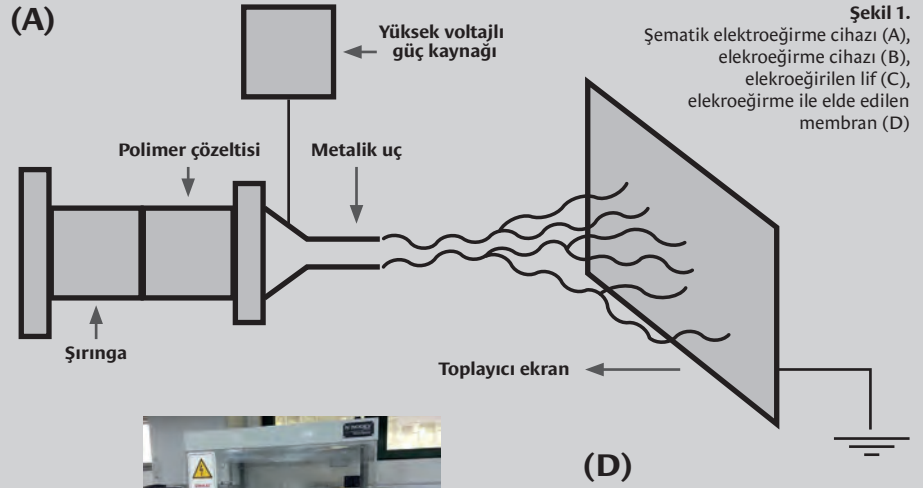
Bu iki yöntemin birbirlerine göre üstün özellikleri ve dezavantajları var. Ters ozmozla üretilen suyun saflığı sabittir, ancak deiyonize suda rejenerasyon noktasına yaklaştıkça saflık kötüye gider. Ters ozmoz membranları bakterileri, virüsleri, algleri ve katı parçacıkları engelleyebilir. Deiyonize sistemler ise sadece iyonları engellemek için kullanılır. Ters ozmoz sistemleri daha ekonomiktir ve deiyonize su sistemlerine göre daha az bakım gerektirir. Ancak ters ozmoz sistemleri geri kazanım olmaksızın %15-35 civarında atık su üretir. Deiyonize sistemler atık su üretmez.



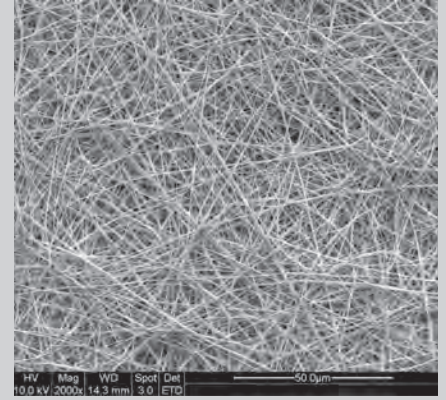
Suyun Arıtılması

Su arıtma süreci katı parçacıkların, patojenlerin ve iyonların ayrılması gibi birbirini izleyen çok sayıda basamaktan oluşur. Günümüzde yer altı ve yer üstü kirleticilerin artması sonucu su arıtma konusunda yeni teknolojilerin ortaya çıkması zorunlu hale gelmiştir. Bunlardan biri olan elektroejirme teknolojisiyle üretilen nano boşluklu membranlar, su arıtmanın değişik safhalarında kullanılır.

(C)



(B)



Polietilen Teraftalat (PET) ve Polikarbonat (Damacana) Şişelerdeki Sular Tehlikeli midir?

PET şişelerin su içmek için kullanılması tehlikeli olduğu yönünde bilimsel bir veri yok. Bu şişelerde plastikleştirici olarak bilinen zararlı ftalat bileşikleri kullanılmaz. PET şişe örneklerinde yapılan çalışmalarda üretim sırasında katalizör olarak kullanılan antimon bileşiğinin eser miktarda suya salındığı görülmüş. Ancak salım değerleri son derece düşük olduğundan PET'in insan sağlığına zararlı kimyasal mad-

de saldığı kabul görmüyor. Bu nedenle dünyanın hiçbir yerinde pet şişelerin kullanılmasını düzenlemeye yönelik bir yasal uygulama yok. Tabiatta yok olma süreleri son derece uzun olduğu için PET şişeler çevresel açıdan tehlikeli. Bu şişelerin geri dönüşüm amacıyla toplanması konusunda yasal düzenlemeler var.

Polikarbonat yani damacana şişelerin hammaddeleri arasında kanserojen özelliği olduğu

bilinen Bisphenol A bileşiği var. Ancak bu madde tepken olduğundan suya salınmıyor. Hormonal değişikliklere sebep olduğu bilinen Bisphenol A, polikarbonat damacanalara nazaran bazı kâğıt ürünlerinde daha fazla bulunuyor. Polikarbonat kullanat türü bir plastik olmadığından çevresel açıdan da bir tehdit olarak değerlendirilmez. Tabii organik maddelerin güneş altında bozunabildiği akıldan çıkarılmamalıdır.

Parçacık Filtreleme

Elektroegirme yöntemiyle üretilen membranlarda büyüklüğü bir kaç mikron olan boşluklar vardır. Bu sayede daha büyük parçacıklar bütünüyle filtrenir. Mikro parçacıkların uzaklaştırılmasıyla ilgili bir çalışmada polisülfon denilen bir madde elektroegirme yöntemiyle 4,6 µm genişliğinde boşlukları bulunan bir kumaşa dönüştürülmüştür. Bu kumaşla 7, 8 ve 10 µm büyüklüğündeki parçacıklar %99 oranında uzaklaştırabilmiştir. Çalışmada büyüklükleri 5 µm'ye kadar olan parçacıkların filtrenmesi ise aynı yöntemle üretilmiş ancak sonrasında ısı ile modifiye edilmiş poly(vinyliden flüorür) kumaşlar kullanılarak %90 oranında başarılmıştır.

Zararlı Bileşiklerin Uzaklaştırılması

Gelişmekte olan çoğu ülkede, hızlı endüstrileşme ve madencilik faaliyetleri içme sularının ağır metallerle kirlenmesine neden olur. Ağır metal iyonları mikrofiltrasyonla uzaklaştırılmaz. Bunları uzaklaştırmak için elektroegirme yöntemi yüzeyde tutunma mekanizması ile çalışır. Yüzey alanı çok genişletilmiş olan filmler metallerin tutunması için daha fazla yüzey alanı sağlar. Su açık ve birbirleriyle bağlantılı olan kanallardan akarken, metal iyonları nanolif gövdede bulunan uygun yerlere tutunur.

Arsenik (As) kanserojen özelliği olduğu bilinen bir ağır metaldir ve taban sularını ciddi oranda kirletir.



Bir çalışmada kitosanın demir iyonları ile fonksiyonlandırıldığı elektroegirilmiş bir kumaş, kirlenmiş sudan arseniği ayırmak için kullanılmış ve %90'dan fazla arsenik (pH 4,3-7,3) ayrıştırılmış. Nanofiber membrana tutunma, yüzeydeki pozitif yükün negatif As iyonunu tutmasıyla alakalıdır. Bazik ortamda lif iyonları negatife döndüğünde arsenik iyonları itileceğinden tutunma gerçekleşmemiştir.



Şebeke suları işlenmiş su olarak kategorize edilir. Piyasada satılan içme sularının çoğu ise kaynağında doğrudan şişelenen kaynak sularıdır.

Bu sular belli periyotlarda standartlara uygunluk açısından test edilir.

Herhangi bir filtreleme durumunda su işlenmiş sayıldığından bu tip sular sarı şeritli etiketlerin bulunduğu şişelerde satılır.

Tuz uzaklaştırma

Çok fazla karasal su kaynağı bulunmayan ülkelerde içme suyunun deniz suyundan üretilmesi gerekir. Bazen endüstriyel atık sudan da tuz ayırtmak gerekebilir. Bu durumlarda tuzun sudan ayırtılmasını sağlayacak bir teknolojiye ihtiyaç duyulur. Ters ozmoz gibi teknolojiler bu imkânı sağlamakla birlikte maliyetin yüksek olması nedeniyle daha etkili sistemlerin üretilmesi için çalışmalar devam ediyor.

Henüz ultrafiltrasyon (0,1-0,01 µm) ve nanofiltrasyon (0,01-0,001 µm) için porları yeterince küçük elektroğirilmiş dokumasız membranlar üretilmiyor. Bunun yerine elektroğirilmiş membran destek malzemesi olarak kullanılıyor ve üzerine tuz iticiliği sağlayan ince bir film yerleştiriliyor. Ultrafiltrasyon veya nanofiltrasyon ayırma yüzeyine göre geliştirilir. Elektroğirilmiş yüzey burada ayırma sağlayan yapı için ideal bir genişletilmiş yüzey oluşturur. Elektroğirilmiş nano ve

ultra filtrasyon sistemleri kuramsal olarak günümüzde kullanılan membran filtrelerden çok daha hızlı ayırma kabiliyetine sahip olacaktır. Bilim insanları 2016'da yaptıkları bir çalışmada elektroğirilmiş poliamid 6 nanoliflerin üzerine piperazine veya m-phenylenediamine uygulayarak ayırma yüzeyini oluşturdular. Üretilen malzeme kalsiyum klorürü (CaCl₂) %97,4 ve deniz tuzunu (NaCl) %96,3 oranında uzaklaştırdı. Bilim insanları trietilamin uyguladıkları bir başka çalışmada nanofiber ince filminden 22,5 L/m²/h hızla su arıtma sağladı. Bu çalışmalar deniz suyunun da yaklaşık aynı hızla %98 oranında saflaştırılabileceğini ispatlamıştır.

Tuz uzaklaştırma konusunda son yıllarda grafen bazlı membran yapılar üzerine değerlendirmeler de yapıldı. Grafen, nano ölçekli plakaları ve üstün mekanik özellikleri nedeniyle su arıtma konusunda üstün yeteneklere sahipti. Grafen nano ölçekte olması sayesinde hem parçacıkları ve virüsleri ayrırabiliyor

hem de tuz iticiliği sayesinde suyun sertliğinin sebebi olan kalsiyum ve magnezyumu ayrıştırabiliyor. Tabii bu yapı deniz suyunun ayrıştırılmasında da hayli başarılı olmuştur. Ayrıca çürümeye karşı da dayanıklı olduğundan uzun ömürlüdür. Ne var ki grafen son derece pahalı olduğundan kullanımı henüz mümkün değil. Bilim insanları grafenin ucuz yoldan üretimini sağlayabildiğinde grafen membranlar da hayatımızda yer almaya başlayacak.

Su arıtma konusunun güncelliğini koruyacağı hatta geleceğin en önemli araştırma konularından biri olacağı öngörülüyor.

Günümüzdeki en büyük çevre sorunlarının başında sürdürülebilir su yönetimi ve temiz su ihtiyacı geliyor. Bu sorun sadece su ihtiyacının ya da su kirliliğinin olduğu yerel alanları değil küresel olarak tüm dünyayı ilgilendirir. Mevcut kaynakların bulunması, geliştirilmesi, işlenmesi ve bakımı, yerel yönetimlerden merkezi yönetimlere herkesin birlikte çalışmasını gerektiren bir konudur. ■

İçme suyu arıtma



Kaynaklar

Ayoob, S., Gupta, A. K., Bhat, V. T., "A Conceptual Overview on Sustainable Technologies for the Defluoridation of Drinking Water", *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, Cilt 38, Sayı 6, s. 401-470, 2008.

Burkhard, R., Deletic, A., Craig, A., "Techniques for water and wastewater management: A review of techniques and their integration in planning", *Urban Water*, Cilt 2, s.197-221, 2000.

Jiuhui, Q., "Research progress of novel adsorption processes in water purification: A review", *Journal of Environmental Sciences.*, Cilt 20, Sayı 1, s. 1-13, 2008.

Jin-Woo, K., Hyung-Mo, M., Steve, T., Hyun-Ho, L., "Highly effective bacterial removal system using carbon nanotube clusters", *Proceedings of the 2009 4th IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems*, 2009.

Rai, P. K., "Heavy Metal Phytoremediation from Aquatic Ecosystems with Special Reference to Macrophytes", *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, Cilt 39, Sayı 9, s. 697-755, 2009.

Simpson, D. R., "Biofilm processes in biologically active carbon water purification", *Water Research*, Cilt 42, Sayı 12, s. 2839-2848, 2008.