

Suyu Korumak

Su Üretiminde/Korunmasında Teknolojik Gelişmeler

2050 yılından sonra,

Yaklaşık 5.7 milyar insanın



yılın en az bir ayında su sıkıntısı
çekeceği tahmin ediliyor.

Yeni Su Üretim ve Kullanım Yöntemleri

Suyun üretimi, kirlı suyun arıtılarak tekrar kullanımı veya suyun daha akılcı kullanımı üzerine geliştirilen çeşitli yöntemlerin bazıları verimli ve güvenilir bir şekilde uygulanmaktadır.



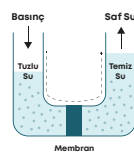
Sis Hasadı Yapılması

Havadaki su buharı/sis, hareket yönüne dik olarak konumlandırılan büyük dikey ağlardan geçirilerek yoğunlaştırılır ve böylece damlalar halinde biriken su toplama sistemine aktararak kullanımı sağlanır.



Su Buharından İçme Suyu Üretilmesi

Havadaki nemden içme suyu üretimi üzerine kurgulanan bu sistemde güneş enerjisinden yararlanarak su üretimi yapan hidro-paneller kullanılmaktadır. Güneş, saf su buharını havadan çeken fanlara güç sağlar. Panoelin içindeki sıcak hava, su buharını sıvı suya dönüştürür. Elde edilen su bağimsız bir sistemle sirküle edilebilir veya doğrudan evlere de bağlanabilir.



Tuzlu Sudan Tatlı Su Üretimi (Desalinasyon)

Bulundukları bölgelerde hem yüzeyel (az sayıda göl ya da nehrin bulunması) hem de yer altı su kaynakları açısından sorunlu kurak bölgelerdeki ülkelerin içme suyu tedariki için kullandıkları bir başka yöntem de tuzlu suların (genelde denizlerden) tuzun arındırılması (desalinasyon) işlemidir.



Atık Su Geri Kazanımı

Çeşitli kullanımlar sonucu kirlenen ve atık olarak sınıflandırılan suların geri kazanımı ile tekrar kullanılabilir hale dönüştürülmesi konusunda geliştirilen yeni arıtma sistemleri ve yöntemleri neticesinde fiziksel, kimyasal, biyolojik işlemler yanında daha verimli membranlar kullanılarak atık sular yeniden kullanılabilir.



Yağmur Suyu Hasadı

Yağmur suyu hasadı, en basit tanımlama ile yağmur suyunun toplanması ve depolanmasına yönelik bir su üretme yöntemidir. Günümüzde teknolojik gelişmelere paralel olarak geliştirilen bazı temiz su üretim teknikleri (örn: deniz suyunun arıtılması, biyooagmantasyon, vb.) ekonomik açıdan hala maliyetli olduğundan, yağmur suyu hasadı hem güvenilir hem de daha uygun maliyetli bir alternatif olarak içme ve kullanım suyu sağlamaktadır.



Bulut Tohumlama

Bulutların yağış üretme kapasitesini değiştirmeye (arttırma veya azaltma) yönelik bir hava durumu düzenleme tekniği olarak tanımlanabilecek 'bulut tohumlama', aynı zamanda yapay yağmur veya suni yağış olarak da bilinmektedir. Bu işlem, bulut yoğunlaşmasına veya buz çekirdeği oluşumuna neden olacak bazı maddelerin havaya/atmosfere atılması/dağıtılmasıyla gerçekleştirilir.

Sürekli artan nüfus, kirlilik ve su kullanım oranlarındaki artış nedeniyle, özellikle su fakiri ülkelerde temiz suya ulaşım ile ilgili sorunların giderek bir kriz boyutuna ulaşacağı beklenmektedir. Buna paralel olarak, gelecekte suyun yerini alacak yapay bir kaynak olmayacağından yola çıkarak suyun kıt bir stratejik kaynak haline geleceği de öngörülmektedir. Küresel bağlamda, su tüketiminin her geçen gün artmasıyla birlikte 2050 yılından sonra yaklaşık 5,7 milyar insanın yılın en az bir ayında su sıkıntısı çekeceği tahmin edilmektedir¹.

Dünya Sağlık Örgütü'ne göre 2 milyardan fazla insan temiz suyun çok az olduğu veya hiç olmadığı bölgelerde yaşamaktadır ki bu durum onların sağlığı, yaşam standartları ve güvenlikleri için büyük bir risk anlamına gelmektedir². Buna bir de sürekli artan nüfusu ve iklim değişikliğinin etkilerinin giderek daha da ciddi hissedilmeye başlandığı gerçeğini eklediğimizde, bu rakamın hızla artması kaçınılmaz bir gerçektir. Oysa biliyoruz ki sürekli ve yeterli temiz suya ulaşımındaki (veya bunu sağlayacak hijyen tesislerine erişim) sorunlar başta çocuklar olmak üzere insanlara kolera, tifo, dizanteri, çocuk felci ve ishal gibi ciddi hastalıkların bulaşmasına ve sonucunda toplu ölümlere neden olabilmektedir³. Düşük veya orta gelirli ülkelerdeki toplulukların temiz suya ulaşımında yaşadıkları sorunlar yanında, bazı gelişmiş (ekonomik olarak güçlü) ülkeler ise bulundukları coğrafyanın iklimsel ve/veya topografik özellikleri nedeniyle (su azlığı, yetersiz yağış, kuraklık vb.) suya ulaşımında çeşitli sorunlar yaşamaktadırlar.

Bu nedenle, ister az gelişmiş/fakir ülkeler isterse de gelişmiş ülkeler olsun tümünün içme, kullanma, sanayi ve tarımsal amaçlı temiz ve yeterli suya ihtiyaç duyduğu açıktır. İhtiyaç duyulan bu suyun doğrudan yüzey (akarsu, göl, vb.) ve yer altı kaynaklarından sağlanmasının (su azlığı, kuraklık, kirlilik vb. nedenlerle) mümkün olmadığı bölgelerde ise gelişen teknolojik gelişmelere paralel olarak son yıllarda farklı yöntemler ve teknolojiler kullanılmaya başlanmıştır. Suyun üretimi, kirli suyun arıtılarak tekrar kullanımı veya suyun daha akılcı kullanımı üzerine geliştirilen çeşitli yöntemlerin bazıları verimli ve güvenilir bir şekilde uygulanmaktadır. Bu teknolojik ve yeni su üretim ve kullanım yöntemlerinden bazıları aşağıda sıralanmıştır:

Sis Hasadı Yapılması: Çok da karmaşık olmayan bu süreçte havadaki su buharı/sis, hareket yönüne dik olarak konumlandırılan büyük dikey ağırlardan geçirilerek yoğunlaştırılır ve böylece damlalar halinde biriken su toplama sistemine aktararak kullanımı sağlanır. Oluşan damlacıklar ağıdan aşağı süzülerek içme, yemek pişirme ve yıkanma amaçlı kullanılabilir. Sadece birkaç metre karelik bir alanda sis ağı kullanılarak günde birkaç yüz litreye kadar su toplanabildiği bilinmektedir. Burada özellikle yağışların sınırlı olduğu veya yer altı kaynak sularının az olduğu ancak sisin yaygın olduğu bölgeler için bu yöntem oldukça önemli olabilmektedir⁴. Bu yöntemle toplanan su doğrudan kullanılabilir gibi üretilen sudan filtrelenerek ve/veya yer altı suyuyla karıştırılarak da yararlanılabilir. Bu teknoloji aslında çok da yeni değil ancak son gelişmeler onu daha da verimli hale getirdiği için uygulama alanları giderek artmakta ve günümüzde Şili, Peru, Güney Afrika, Gana, Eritre, Kaliforniya, Fas ve Umman gibi çok sayıda bölgede bu amaçla sis yakalama sistemleri bulunmaktadır⁵. Bir örnek olarak, Fas'ın Sidi İfni bölgesinde, özellikle tükenmeye yüz tutan yer altı suyu kaynakları nedeniyle ciddi su sıkıntısı yaşayan köy ve bölgelerde şu anda dünyanın en büyük sis toplama projesi uygulanmaktadır. Bölgedeki Boutmezguida Dağı'nın yamaçlarına yerleştirilen sis toplayıcılar sayesinde günde yaklaşık 6.300 litre su toplanmakta ve bölgede yaşayan insanlara kullanmak üzere sunulmaktadır⁶.

Ancak bu yöntemin önemli bir dezavantajı, havaya karışan tehlikeli maddelerin sisten üretilen su damlacıklarına karışması nedeniyle oluşan atmosferik kirliliktir. Bu sorunu gidermek için polimerler ve titanyum dioksit karışımı ile kaplanmış, özel olarak geliştirilmiş, sıkı örgülü metal tel kafesler kullanılmakta ki böylece damlacıklarda bulunan birçok organik kirleticinin moleküllerinin parçalanarak zararsız hale getirilmesi sağlanmaktadır.

Su Buharından İçme Suyu Üretilmesi: Havadaki nemden içme suyu üretilmesi üzerine kurgulanan bu sistemde güneş enerjisinden yararlanarak su üretimi yapan hidro-paneller kullanılmaktadır. Bu sistem, güneşin, saf su buharını havadan çeken fanlara güç sağlaması ve böylece panellerin içindeki sıcak havayı ve su buharını sıvı suya dönüştürmesine dayanmaktadır. Elde edilen su bağımsız bir sistemle sirküle edilebilir veya doğrudan evlere ve işyerlerine de bağlanabilir. Gerekli panel sayısı iklime ve evin büyüklüğüne bağlıdır. Arizona gibi kurak iklimlerdeki paneller ayda yaklaşık 90-100 litre arası su üretebilirken, Florida gibi nemli eyaletlerde bu miktar 150 litreye kadar çıkabilmektedir⁷.

Tuzlu Sudan Tatlı Su Üretimi: (Desalinasyon) Bulundukları bölgelerde hem yüzeysel (az sayıda göl ya da nehrin bulunması) hem de yer altı su kaynakları açısından sorunlu kurak bölgelerdeki ülkelerin içme suyu tedariki için kullandıkları bir başka yöntem de tuzlu sulardan (genelde denizlerden) tuzun arındırılması (desalinasyon) işlemidir. Desalinasyon işleminde ağırlıklı olarak kullanılan membran ile termal ve kimyasal yöntemlerden biriyle tuzlu suyun içilmeye uygun hale getirilmesi amaçlanmaktadır. Membranla yapılan işlemde, içerisinde bulunan yarı geçirgen yapı sayesinde tuzlu su membranlardan geçerken tuzun sudan ayrılmasına, termal yönteminde ise uygulanan ısı sayesinde suyun buharlaşarak tuzdan ayrılması ve buharlaşan suyun tekrar yoğunlaştırılarak tatlı su üretimi sağlamaya dayanmaktadır. Bu üç teknoloji içerisinde en az kullanılan olan kimyasal yöntemde ise tuzlu suya uygulanan çeşitli kimyasallarla tuzun sudan ayrılması sağlanmaktadır⁸.

Son yıllara kadar tuzdan arındırma işlemleri oldukça enerji harcamakta ve bu nedenle de işlem sonucunda yoğun sera gazı emisyonuna neden olmaktaydı. Ancak son gelişmelerle beraber desalinasyon işleminde kullanılan membranların günümüzde daha verimli hale gelmesiyle enerji tüketiminin de nispeten azaldığı bildirilmektedir. Örneğin, desalinasyon prosesinde kullanılan membranların hem üretim maliyetleri yaklaşık %90 oranında azaltılmış hem de her bir membrandan geçmesi gereken süzüntü suyu miktarı üç katına çıkarılmıştır. Bu gelişmelere rağmen, tuzun arındırılması sırasında ortaya çıkan tuz yoğunluklu atığın fazlalığı ve bunun depolanması hala önemli bir sorundur. Söz konusu bu atığın çevreye zarar vermeyecek seviyeye kadar bertaraf edilmesi konularında da yeni teknikler geliştirilmeye çalışılmaktadır⁹.

Tahmin edilebileceği üzere, desalinasyon teknolojisiyle su üretimi konusunda özellikle bazı zengin Ortadoğu ülkeleri öncülük etmektedirler. 2010'lu yılların başında küresel ölçekte 150 ülkede bulunan yaklaşık 16.000 tuz giderme tesisiyle 300 milyondan fazla insanın su ihtiyacının karşılandığı tahmin edilmektedir. Bu kapasitenin neredeyse yarısı (%49) Ortadoğu (Körfez ülkeleri) bölgesindeyken, %19'luk kısmı Amerika kıtasında, %14'lük kısmı Asya-Pasifik bölgesinde, %14'ü Avrupa'da ve %6'sı ise Afrika ülkelerindedir (ağırlıklı olarak kuzey Afrika). Yapılan projeksiyonlarda ise 2050 itibarıyla özellikle körfez ülkelerinin ihtiyaç duydukları su ihtiyacının %76'lık önemli kısmını

desalinasyon ve atık suyun yeniden kullanımından karşılayacağı belirtilmektedir. Bizim ülkemizde en bilinen ve desalinasyon yönteminin kullanıldığı örnek ise Balıkesir'in Avşa Adası'nda 2010 yılından bu yana içme suyu üreten tesistir^{9,10}.

Son yıllarda kullanımları artan teknolojik su üretme yöntemleri arasında belki de çevresel etkileri açısından en olumsuz sonuçları olan seçeneğin desalinasyon olduğu söylenebilir. Bu durumun ana nedenleri ise desalinasyon işlemi sırasında duyulan yüksek enerji gereksinimi için fosil yakıtların kullanılması ve sonucunda da atmosfere sera gazı salımıdır. Bir diğer olumsuz çıktı ise arındırma işlemi sonrasında ortaya çıkan yüksek miktarlardaki tuz ağırlıklı atıklardır. Bu atıkların genelde tekrar denize veya bazı yerlerde toprağa boşaltılması ciddi sorunlar yaratmaktadır. Tüm bu nedenlerle, seçim yapılması gerektiğinde, desalinasyon işlemine oranla çevresel sorunları nispeten daha az olan diğer yöntemlerin tercih edilmesi düşünülmelidir.

Atık Su Geri Kazanımı: Çeşitli kullanımlar sonucu kirlenen ve atık olarak sınıflandırılan suların geri kazanımı ile tekrar kullanılabilir hale dönüştürülmesi konusunda son yıllarda hızla artan yeni ve verimli teknolojik gelişmeler yaşanmaktadır. Geliştirilen yeni arıtma sistemleri ve yöntemleri neticesinde fiziksel, kimyasal, biyolojik işlemler yanında daha verimli membranlar kullanılarak atık sular yeniden kullanılabilir. Hatta bazı işlemler sonucunda bazı atık su çeşitlerinden yüksek kalitede içme suyu bile üretilebilmektedir. Atık suların arıtılmasında en popüler ve ilginç yöntemlerden birisi de doğadaki biyolojik süreçlerin taklit edilmesiyle geliştirilen "biyoaugmentasyon" olarak bilinmektedir. Bu yöntem, doğal veya üretilmiş bazı mikroorganizmaların sıvı atıklara eklenmesi yoluyla ortamda az miktarda bulunan mikropların sayısını ve bunların kirletici maddeleri parçalama yeteneğini arttırmaya veya güçlendirmeye dayanmaktadır¹¹. Bilim insanları tarafından türü ve miktarı belirlenen bu mikroorganizmalar genelde yağlar veya karbon substratları gibi kirletici maddeleri parçalayan enzimlerden ve belirli türdeki güvenli bakterilerden oluşurlar. İşlevleri gereği özellikle sıvı atıklardaki bazı kirletici maddeleri parçalayan veya ortadan kaldıran bu mikroorganizmaların, atık su arıtma işlemi bittikten sonra güvenli bir şekilde uzaklaştırmaları da gerekmektedir. Sıvı atıkların oldukça yoğun olarak olduğu endüstri/sanayi sektörlerinde bu şekilde uygulanacak geri kazanım prosesleri özellikle önemlidir çünkü bu yöntemle; yüksek kalitede su elde edilmesi, su tüketiminin engellenmesi, doğal kaynakların korunması, enerjinin korunması, tatlı su maliyetlerinin azaltılması vb. faydalar sağlanabilmektedir^{12,13}.

Yağmur Suyu Hasadı: Günümüzde teknolojik ilerlemelere paralel olarak geliştirilen bazı temiz su üretim teknikleri (örn: deniz suyunun arıtılması, biyoaugmentasyon, vb.) ekonomik açıdan hala yüksek maliyetli olduğundan, yağmur suyu hasadı yöntemi kullanarak su elde edilmesi hem güvenilir (özellikle yağışlı bölgelerde) hem de daha uygun maliyetli bir alternatif olarak içme ve kullanım suyu sağlamaktadır. Yağmur suyu hasadı, en basit tanımlama ile yağışlı dönemlerde yağmur suyunun bir kısmının toplanması ve depolanmasına yönelik bir su üretme yöntemidir. Genelde çatı benzeri yüzeylerden toplanan yağmur suyu yapay bir depoya, sarnıca, kuyuya, rezervuara yönlendirilebilir veya yer altında doğal olarak bulunan akiferlere süzdürülerek yer altı su kaynaklarının beslenmesi sağlanabilir. Burada amaçlardan biri yağışların azaldığı dönemlerde farklı amaçlarla kullanmak üzere yağış sularının biriktirilmesidir. Örneğin, yağmur suyu hasadı

tarımsal sulamada da kullanılabileceği gibi geçirimsiz alanların (beton ve asfalt) yoğun olduğu kentsel alanlarda aşırı yağışlarla oluşabilecek yüzeysel akışları ve dolayısıyla sel/taşkın olaylarını da hafifletici bir etki yaratabilir. Bu açıdan bakıldığında, yerleşim alanlarında oluşturulacak yapay su toplama sistemleri ile yağmur suyunun toplanması ve kullanılmasına, bu uygulama ile özellikle yağışların çok az olduğu ülkelerde su kıtlığı sorununun çözümüne önemli bir katkı sağlanabileceği açıktır. Yağmur suyu toplama sistemleri, yağış sularını bir varilde toplamak kadar basit de olabileceği gibi tüm bir evin kullanma suyu ihtiyacını karşılayabilecek büyüklükte sarnıçların kullanıldığı karmaşık bir sisteme de sahip olabilir. Önceleri daha çok kırsal alanlarda bahçe ve tarımsal sulama amaçlı kullanılan bu yöntemin, artık evlerde ve işyerlerinde kullanma suyu sağlamak için uygun bir alternatif haline gelmeye başladığı görülmektedir. Örneğin, Almanya ve Avustralya gibi yağmur suyu hasadının bir norm olmaya başladığı birçok ülke olduğu gibi su ayak izinin sınırlandırılması amacıyla Amerika ile bazı Avrupa ülkelerinde de yağmur suyu toplama sistemlerinin giderek popüler hale geldiği bilinmektedir. Yağmur suyu toplamanın özellikle kentsel alanlarda uygulanabilir bir teknoloji ve yöntem olduğu fikri ön plana çıkmaktadır. Bu yöntemle depolanacak su ile şehirlerdeki siteler, eğitim kampüsleri, fabrika tesisleri ve belediyeler, kullanacakları suyun tamamını veya en azından önemli bir kısmını kontrol altına alarak, yaşam ortamlarındaki ve/veya peyzaj alanlarındaki su ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde yapılandırabilirler^{14,15}.

Bulut Tohumlama: Bulutların yağış üretme kapasitesini değiştirmeye (arttırma veya azaltma) yönelik bir hava durumu düzenleme tekniği olarak tanımlanabilecek “bulut tohumlama”, aynı zamanda yapay yağmur veya suni yağış olarak da bilinmektedir. Bu işlem, bulut yoğunlaşmasına veya buz çekirdeği oluşumuna neden olacak bazı maddelerin havaya/atmosfere atılması/dağıtılmasıyla gerçekleştirilir. Bulut tohumlamada; yağış miktarını veya türünü değiştirmek, dolu olaylarını veya bunların şiddetini azaltmak, sis oluşumunu dağıtmak vb. hava durumu değişiklikleri amaçlar arasında yer alabilir. Atmosfere bırakılan kimyasal maddeler arasında en yaygın olarak gümüş iyodür, potasyum iyodür ve kuru buz yer alırken, sofr tuzu da nemi çekme yeteneğinden dolayı aynı amaçla kullanılan kimyasal ajanlardan biridir.

Bulut tohumlama uygulamasının özellikle bazı ülkelerin üst kademe yöneticileri ve yetkilileri de dahil olmak üzere pek çok savunucusu olmasına rağmen, bazı meteorologlar ve atmosfer bilimciler bu teknolojinin etkinliğini sorgulamaktadırlar. Bu nedenle, bulut tohumlama endüstrisi olumlu ve olumsuz tarafları ile her zaman bir tartışma konusu olmuştur. Bu yöntemle olumlu bakanlar yağmurda %10-15 oranında bir artış olduğunu gösteren çalışmalarla bunun etkinliğini vurgulamaktayken, bu yöntemden şüphe duyanlar ise kamu güvenliğine ve çevreye yönelik potansiyel tehlikeleri vurgulayarak bu görüşün aksini savunmaktadırlar.

Bulut tohumlamayla ilgili ilk deneyler 1946'da Amerikalı kimyager ve meteorolog Vincent J. Schaefer tarafından yapılmıştır ve o zamandan beri tohumlama işlemleri uçaklarla, roketlerle, top atışları vb. farklı araçlarla yapılmaktadır. Birçok faktörün rol oynadığı bu yöntemde, örneğin bulut tohumlama için uçak kullanılması düşünüüyorsa, uçağın gökyüzüne gönderilmeden önce atmosfer tahmincilerinin tohumlanacak doğru bulutları seçmeleri oldukça önemli ve karmaşık bir husus olmaktadır. Çünkü bu yöntemdeki işlem yukarıya yönlü iç hava akımları nedeniyle yalnızca

kümüls tipi bulutlarda işe yaramakta ve daha iyi sonuç vermektedir. Pilotlar uçaklarını bulutun alt kısmına yerleştirdikten sonra higroskopik (nem çeken) tuz parçacıkları ile yüklü fişekleri ateşleyerek, tuz parçacıklarının bulutun içindeki çok küçük su damlacıklarından daha büyük yağmur damlaları oluşturmak için bir araya gelerek çoğalmalarını ve böylelikle daha ağır oldukları için gökyüzünden düşerek yağışları oluşturmalarını sağlarlar.¹⁷

Yıllık yağış miktarı az olan bölgelerde bu yöntem, asgari düzeyde enerji kullanımı gerektirdiği için değerli bir su kaynağı oluşturur. Bir saatlik bir bulut tohumlaması 100 bin metreküpe kadar su sağlayabilir. Küresel olarak bulut tohumlayan ülke sayısı 50'den fazladır ki yukarıda da değinildiği üzere bu işlem yalnızca yağış miktarını artırmak için değil, örneğin daha soğuk bölgelerde dolu tanelerinin boyutunu küçülterek bunların mahsullere ve binalara vereceği zararı en aza indirmek amaçlı da kullanılmaktadır.¹⁶

Ancak bu teknolojik araç ilginç soruları da beraberinde getirmektedir. Örneğin, bulut tohumlama kuraklığa bir çözüm olabilir mi veya orman yangınlarıyla mücadelede yardımcı olabilir mi? Bu soruya yanıt olarak, Rusya Federasyonu ve Tayland gibi ülkelerin sıcak hava dalgalarını ve kontrol edilemeyen yangınları bastırmak için bulut tohumlama yöntemini başarıyla kullandıkları, bunun yanında ABD, Çin ve Avustralya gibi ülkelerin ise kuraklığı azaltmak ve yağış sırasında su kullanımını maksimuma çıkarmak için bu yöntemi uyguladıkları bilinmektedir.¹⁸ Birleşik Arap Emirlikleri'nde bu teknik, tarımsal kapasiteyi genişletmek ve aşırı sıcaklarla mücadele etmek için aktif olarak kullanılmaktadır. Özellikle bazı özel sigorta şirketlerinin ise doluya eğilimli bölgelerde mülk hasarını en aza indirmek için bu yöntemi geliştiren projelere fon sağladığı bilinmektedir.

Kaynaklar:

1. Achieving Clean Water and Safe Sanitation for All. United Nations, Department of Economic and Social Affairs. URL: <https://www.un.org/en/desa/achieving-clean-water-and-safe-sanitation-all>

2. Drinking-water. World Health Organization (WHO). URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

3. UN-Water. Summary progress update 2021: SDG 6 – water and sanitation for all. URL: https://www.unwater.org/sites/default/files/app/uploads/2021/12/SDG-6-Summary-Progress-Update-2021_Version-Jul-y-2021a.pdf

4. Harnessing Fog for Clean Water Collection. Mirage News (<https://www.miragenews.com/>). URL: https://www.miragenews.com/harnessing-fog-for-clean-water-collection-1066688/#google_vignette

5. Ghosh, R., Baut, A., Belleri, G. et al. Photocatalytically reactive surfaces for simultaneous water harvesting and treatment. Nat Sustain 6, 1663–1672 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01159-9>

6. Seven New Technologies That Create Clean Water for a Thirsty World <https://www.goodnet.org/articles/7-new-technologies-that-create-clean-water-for-thirsty-world>

7. Meet the Hydropanel. Source Company. URL: <https://www.source.co/hydropanel/>

8. Ekolojist. Desalinasyon Nedir? Dezavantajları Nelerdir? https://ekolojist.net/desalinasyon-nedir-dezavantajlari-nelerdir/#google_vignette

9. ORSAM (Ortadoğu Araştırmaları Merkezi). Körfez Ülkelerinin Su Sorunu ve Çözüm Yöntemleri. <https://www.orsam.org.tr/tr/korfez-ulkelerinin-su-sorunu-ve-cozum-yontemleri/>

10. Başaran, Y. 2015. Türkiye’de deniz suyundan içme suyu üretiminin maliyet değerlendirmesi. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Uzmanlık Tezi, 35s.
11. Nzila A, Razzak SA, Zhu J. 2016. Bioaugmentation: An Emerging Strategy of Industrial Wastewater Treatment for Reuse and Discharge. Int J Environ Res Public Health. 25; 13(9): 846. DOI: 10.3390/ijerph13090846.
12. Water Online. Seven Advanced Technologies To End The Clean Water Crisis. URL: <https://www.wateronline.com/doc/how-water-sanitation-technology-brings-people-clean-water-efficiently-0001>
13. Water Technology. Latest water purification technologies – top five. URL: <https://www.water-technology.net/features/latest-water-purification-technologies-top-five/>
14. Ertop, H., Kocięcka, J., Atilgan, A., Liberacki, D., Niemiec, M., & Rolbiecki, R. (2023). The Importance of Rainwater Harvesting and Its Usage Possibilities: Antalya Example (Turkey). Water, 15(12), 2194. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/12/2194>
15. Ogale, Swati. "Rainwater Harvesting System". Encyclopedia Britannica. 9 Mar. 2024. URL: <https://www.britannica.com/technology/rainwater-harvesting-system>
16. Euronews. Bilim Teknik. Dubai içme suyu üretimi için bulut tohumlama gibi teknolojileri kullanıyor. URL: <https://tr.euronews.com/next/2022/11/24/dubai-icme-suyu-uretimi-icin-bulut-tohumlama-gibi-teknolojileri-kullaniyor>
17. MGM, 2024. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Yapay Yağış ve Yağış Artırma Çalışmaları. URL: <https://www.mgm.gov.tr/genel/ss.aspx?s=yapayyagis>
18. Let’s Talk Science. What is Cloud Seeding? URL: <https://letstalkscience.ca/educational-resources/stem-explained/what-cloud-seeding>