

Yüzey ve yer altı su kaynakları kirlenmesi ile çevre şartlarına göre suyun etkileri

Zekâi Şen



1947 yılında Kastamonu'nun Çatalzeytin ilçesine bağlı Samancı köyünde doğdu. İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) İnşaat Fakültesinden 1971 yılında mezun oldu. 1974 yılında İngiltere Imperial College and Technology'de doktorasını tamamladı. 1979 yılında İTÜ'de doçent, 1984 yılında Suudi Arabistan'daki Kral Abdülaziz Üniversitesi (KAÜ) Yer Bilimleri Fakültesinde profesör oldu. 1975-1982 yılları arasında İTÜ İnşaat Fakültesi, 1982-1991 yılları arasında Suudi Arabistan'da KAÜ'de Hidrojeoloji Bölümünde çalıştı. 1992- 2020 yılları arasında İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesinde çalışmalar yaptı. 2003-2014 yılları arasında İTÜ İnşaat Fakültesi Hidrolik Bölümünde çalışarak 2014 yılında emekli oldu. 2017 yılında göreve başladığı İstanbul Medipol Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi İnşaat Bölümünde çalışmaktadır.

İklimin doğrudan etkileri, hidroloji ve su kalitesini etkileyen değişkenler aracılığıyla; yağmur rejimleri, kar erimesi ve deniz düzeyi yükselmesi gibi süreçler üzerinden ortaya çıkacaktır (IPCC 2007, 2012, 2014). Dolaylı etkiler ise gıda zincirini değiştiren ve toprak erozyonunu artıran değişen bitki kalıplarından doğacaktır. Balıkçılık üzerinde etkili olan insan kaynaklı baskıların —nüfus artışı, taşkından korunma, artan su çekimi, arazi kullanımındaki değişiklikler ve aşırı balık avlama gibi— iklimsel etkilerden daha güçlü olması olasıdır. Bununla birlikte, bu baskılar önemli ölçüde birbirleriyle ilişkilidir.

İklim değişikliği su tabanlı hastalıklar üzerinde sıklıkla mikrobiyal su kalitesinin bozulduğunu gösteren bir etkiye sahiptir (Patz vd., 2004, 2005). Dünya Sağlık Teşkilatı (World Health Organization, WHO, 2023) tarafından iklim değişikliğinin dünya çapındaki ishallerin yaklaşık yüzde 2,4'ünden sorumlu olduğu tahmin edilmiştir. Kolera ENSO etkinlikleriyle ve oksijen yoksunluğundan kaynaklanan alg çiçeklenmeleriyle ilişkilendirilmiştir (Rodó vd., 2002). Koleranın mevsimleri

izlediği ve bu mevsimlere ortam ısısıyla paralellik gösterdiği ileri sürülmüştür (D'Souza vd., 2004). İklim değişikliğiyle bağlantılı olarak fırtına, sel ve siklon gibi aşırı hava olaylarının artması; fiziksel hasarlara, nüfusun yer değiştirmesine ve gıda üretimi ile tatlı suyun miktarı ve kalitesi üzerinde olumsuz etkilere yol açacaktır. Bu durum, özellikle gelişmekte olan ülkelerde bulaşıcı hastalık salgınlının görülme riskini artıracaktır.

Aslında saf su diye bir şey yoktur. Atmosferdeki karbondioksit nedeniyle bulutlardan oldukça saf olarak çıkan yağışlar atmosferdeki bu gaz ile birleşerek asitlik özelliği kazanarak saflığını yitirir. Hiç bozulmamış doğal ortamlardaki sulara çözülmüş mineraller bulunur ve bunlar o suyun doğal kalitesini artırır ve içimlerini kolaylaştırır. Dünyada tatlı su gölleri kadar tuzlu su gölleri de yaygındır ve bazı durumlarda bunlar birer su kaynağı olarak yakınlarında bulunan topluluklara hizmet verirler.

Kirlenme, doğal olarak sulara bulunması gerekli minerallerden daha yoğun olarak kimyasal ve diğer bileşenlerin

bulunması ile ortaya çıkar. Temel su kirleticileri arasında mikroplar, besleyiciler, ağır metaller, organik kimya bileşenleri, yağ, petrol ve askı maddeleri ile taşınım malzemesi bulunur. Bazı durumlarda yüksek sıcaklık da kirleticiler arasında sayılır. Bu kirleticiler, dünya genelinde su kalitesinin azalmasına neden olmakta olup, bu durum ülkelerin gelişmişlik düzeyine bağlı olarak büyük farklılık göstermeyebilir.

Yegâne fark kirli su kalitesi ölçütleri algılamasındadır. Tatlı suların kirlilik ölçütleri bir ülkenin ekonomik gelişmişliği ile de ilişkilidir. Aslında su kalitesi ekonomik ve teknolojik seviyesi ile ülke gelişmişliğinin bir işlevidir. Su kalitesi değişik insan faaliyetlerinde kullanılacak suyun miktarını da etkiler.

Aşırı Çekim

Doğanın yenileyebileceğinden daha fazla suyun çekilmesi aşırı çekim olarak nitelendirilir (Şen, 2009). Özellikle gıda ihtiyacı dolayısı ile tarımda kullanılan suyun miktarı sürekli artma eğilimindedir. Doğal su sıkıntısı çeken yörelerde



İklim değişikliği etkisinin suyu oldukça yeterli olan yerlerden daha fazla olması beklenmektedir. Su kirlenmesi ayrıca su sıkıntısını arttırıcı bir etken olarak rol oynar. Her yıl karalara ortalama 110.000 km³ yağış düşmesine rağmen, bunun yalnızca yaklaşık 12.000 km³'ü insan kullanımına uygun durumdadır. İklim değişikliğinin hâlihazırda gözlemlenen etkileri ve bazı bölgelerde gelecekte ortaya çıkması beklenen değişimlere ilişkin literatür, su kalitesi üzerindeki olası etkilerin ve su kaynaklarının karşı karşıya olduğu kırılganlıkların değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Göller ve biriktirme haznelerinde katmanlaşma kalıpları, karışım rejimleri, çözölmüş bileşikler ve özellikle de oksijeni etkileyen yüksek su sıcaklıklarına bağlı olarak sorunlar ortaya çıkacaktır.

Yağmurun artması ve sıklaşması beklenen bölgelerde kirleticiler (nitrojen, fosfor, haşere ilaçları, organik madde, ağır metaller vs.) topraktan su yapılarına akacaktır. Göller ve biriktirme haznelerindeki besin yüklerindeki artış alg çiçeklenmelerini artırarak eko-sistemleri değiştirecek ve su kaynaklarını

kötü seviye ve tat şeklinde etkileyecektir. İklim değişikliği nehirlerde su sıcaklığını artıracak ve böylece temelde balıklar olmak üzere eko-sistemler olumsuz yönde veya üretkenliğin artmasıyla olumlu yönde etkilenecektir. Göller ve biriktirme haznelerinde olduğu gibi toplam yağmur artışı ve yoğun yağış etkinliklerinin daha sık görülmesi toprak erozyonunu başlatacak ve suda bulunan askıdaki maddelere çeşitli bileşikler katacaktır.

Küresel olarak küçük kapasiteli yoksul bölgeler suyun nitelik ve niceliği üzerindeki etkilerden deniz düzeyi yükselmelerinden, aşırı hava etkinliklerinden, gıda güvenliğinden, sağlık risklerinden ve kent bölgesi hava sıcaklığı ile bağlantılı hastalıklardan daha çok etkilenecektir.

Diğer taraftan 2050 yılına kadar dünya nüfusunun yüzde 15-20'sinin su sıkıntısı altında yaşamaları beklenmektedir. Bu durum özellikle yoğun su kullanımı olan bölgelerde (su kullanımının %20'sinden fazlası yenilenebilir su kaynaklarıyla bağlantılıdır) suyun daha akılcı (rasyonel) ve kesinlikle yeniden kullanımını gündeme getirecektir. Suyun güvenli bir biçimde

yeniden kullanımı için birkaç bölgede su kalitesi sorunlarının ele alınması gerekmektedir. Bu yüzden tarımsal yeniden kullanım önemli ölçüde artacaktır.

1. Yüzey Sularında Su Kalitesi

Göller ve barajlar gibi biriktirme haznelerinde; oksijen rejimleri, oksitlenme potansiyelleri, göl katmanlaşması, karışım oranları ve o bölgedeki tüm canlı topluluğunun (biyota) gelişimi hava sıcaklığına bağlıdır. İklim değişikliği, nehirlerde su sıcaklığını etkilerken, suyun kendi kendini arıtma kapasitesini önemli ölçüde azaltacak ve biyolojik çözünme için gerekli çözölmüş oksijen miktarını düşürecektir.

Mikrobiyal kirlenme de önemli bir sorundur. Çalışmalar, iklim ile koliform yoğunluğu ve nehirlerle bu nehirlerden su alan körfezlerdeki tuzluluk düzeyi arasında ilişki olduğunu göstermektedir (Chigbu, 2004). Su kaynaklarında gözlenen kirleticilerin, özellikle organik madde artışının, büyük olasılıkla iklim değişiklikleriyle bağlantılı olduğu belirlenmiştir (Mohammadizade, 2025).

Seller sırasında su hizmetlerinin birkaç sebepten dolayı askıya alınması yaygındır ve normale dönmeleri zaman alır. Bu durum sıklıkla halkı bütün ihtiyaçları için ağır derecede kısıtlanmış su miktarına ve düşük su kalitesine mahkûm eder. Benzer şekilde atık su hizmetleri (kanalizasyon, arıtma tesisleri ve diğer temizlik tesisleri) hizmet dışı kalır ve kirlenme kaynağı işlevi görür. Kimyasal kirlenme de sanayi ya da petrol hatlarının ve depolama tanklarının bozulmasının sonucu olarak seller esnasında suya karışabilir. Seller ayrıca suların her türlü materyalle kirlenmesi ile de ilişkilidir. Su kalitesi bozuklukları biri nokta diğeri de nokta olmayan kirleticilerden kaynaklanır. Nokta kaynaklar arasında boru uçlarından verilen kirleticiler ile bir nokta civarına merkezlenen kirleticiler gelir. Noktasal olmayan kirleticiler yağışların getirdiği ve yüzey sularının toplanması sonucunda ortaya çıkar.

2. Yer Altı Sularında Su Kalitesi

Yer altı suları dünyada kaynak olarak en fazla bulunan doğal depolama hazneleri olarak bilinir (Şen, 1995). Bunların incelenmesinde jeoloji kayaçlarının özellikleri rol oynar. Yer altı suyu taşıyan tabakalara "akifer" denir. Bunun Türkçe anlamı "suya hamile kayaç"tır ve bunlara "hidrojeoloji" yapıları adı verilir. Akifer tuzlanması da yalnızca deniz seviyesi yükselmesinin neden olmadığı bir sorundur. Daha sıcak ve daha kurak dönemler, yer altı suyunun yeniden beslenmesini azaltarak tuzlu suyun tatlı su alanlarına karışmasına yol açmaktadır. Artan yağış kirlenmesinin (asit yağmuru) yer altı suyu kalitesini çeşitli şekillerde etkilemesi de mümkündür. Su kalitesini doğrudan etkileyen etmenler arasında, artan su sıcaklığı; iklim değişikliği nedeniyle kıyı yer altı su kaynaklarına deniz suyunun karışması sonucu oluşan tuzlanma; kirleticilerin yağmur suları ile taşınması (asit yağmurları) veya buharlaşma yoluyla yoğunlaşması yer almaktadır. Tüm su kalitesi problemleri arasında, yer altı suyunun tuzlanması, yalnızca akiferler ve deniz seviyesi yükselmesinden etkilenen insan sayısına bağlı olarak, su kaynakları için en ciddi sorunlardan biri olabilir. Daha fazla buharlaşma oranlarının görüleceği kıyı bölgelerinde su tuzlanması büyük bir sorun olacağı beklenmektedir. Aynı zamanda daha yüksek buharlaşma yüzünden iç karalarda da tuzlanmanın sorun olması beklenmektedir. Akiferlerde artan su çekilmesi ve süzülme esna-

İklim değişikliği yalnızca sıcaklık artışı değil, suyun kimyasını ve yaşamla bağını kökten dönüştüren bir krizdir. Artan yağış düzensizlikleri, sel ve kuraklık döngüleri; su kalitesini bozarak mikrobiyal kirlenmeyi ve hastalık risklerini büyötmektedir. Kolera gibi salgınların iklim olaylarıyla bağlantısı artık bilimsel olarak ortaya konmuştur. Su kaynakları üzerindeki insan baskısı ise bu etkileri daha da derinleştirir.

sında daha fazla kirlenme yüklenmesi sonucunda diğer su kalitesi sorunları da beklenmektedir. Değişik nedenlerle aşırı yer altı suyu çekimi de tatlı su kaynaklarının hem azalmasına hem de kirlenmesine yol açar. Özellikle yer altı sularının beslenme miktarlarından daha fazla çekilmesi sadece enerji masraflarının artmasına değil, ilave olarak su kalitesinin de giderek düşmesine sebebiyet verir.

3. Çevrede Su ve Etkileri

Çevre, doğal ya da insan kaynaklı faaliyetlerle değiştirilmiş olsun, sürekli bir değişim içindedir. Doğal çevre, insan ve diğer canlıların fiziksel olarak faydalandığı; yiyecek, içecek ve yaşamı sürdürebilmek için gerekli tüm kaynakları sağlayan bir ortam sunar. Doğal çevrenin en gerekli bileşeni olan su; sucul ve kara hayatları için temel bir maddedir. Suyun göreceli olarak var olması kendi içinde bir kısıtlamadır ve bu sebeple insan yerleşim bölgeleri ilk zamanlarda su kenarlarında kurulmuş bugün ise buralardaki su kaynaklarının yetersiz kalması durumunda sular uzak bölgelerden buralara taşınır

hâle gelmiştir. Tüm ekonomik gelişme ve faaliyetler için suyun miktarı kadar, kalitesi de büyük önem taşımaktadır. Su kalitesi de insan ve canlı hayatının sürdürülebilirliği için sınırlayıcı bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır. İlk zamanlarda suyun doğrudan kullanılması toplum için yeterli olmasına karşılık son 100 yıl içinde suyun değişik sebeplerle kirlenmesi sonucunda artık arıtma yapmadan kullanılmaz hâle gelmiştir. Artık su kaynakları ile diğer sosyoekonomik olaylar ve çevre sorunları birbirine karmaşık biçimde bağlantılı sorunlar yumağı hâlinindedir. Bir taraftan su kalitesinin korunması için değişik önlemler alınırken diğer taraftan da su kaynaklarının kirlenmesi istenilen seviyede önlenememektedir. Bunun neticesinde insan ve canlı hayatının kalitesi de oldukça karmaşık bir süreç olarak ortaya çıkmakta ve bunun iyileştirilmesi için epey gayret sarf edilmektedir. Miktar kadar kalite de artık sürdürülebilir hayat için bir şarttır. Kalitedeki iyi olmama canlı hayatını, ekosistem ve çevreyi arzu edilmeyen yönlerde etkilemektedir.

Doğal ve henüz insan etkisine uğramamış bir ortamda, çevre şartları korunabilir ve canlılar buna uyum sağlayabilir; özellikle su kaynaklarının korunmasıyla, doğal sürdürülebilirlik sağlanabilir. Bu nedenle, bir bölgenin coğrafi özellikleri, fiziksel yapısı ve çevresi, insanların o alanı kendi faaliyetleriyle aşırı derecede etkilememe bilincine ulaşmalarını sağlayabilir. Canlı kütle değişik kara canlılarını ihtiva eder ve bunların her biri o yerdeki yağış, sıcaklık, nem, doğal yüzey örtüsü ile bağlantılıdır. Mesela yüksek enlemlerdeki ormanlık yerler ve donmuş alanlar sıcaklığın düşük olması dolayısı ile ne tarım ne de endüstri çalışmaları için pek uygun değildir. Bu tür faaliyetlerin sıcaklığın daha fazla olduğu orta enlemlerde ve ekvatora yakın tropikal bölgelerde olmasında yarar vardır. Böylece, mevcut doğal yüzey şekilleri ve örtüleri, hangi tür faaliyetlerin doğayla daha uyumlu şekilde yürütülebileceğini gösterir. Arazi kullanımının doğrudan etkisinde çevrenin rolü büyüktür ve buralarda gerektiği kadar ekonomik faaliyetlerde bulunulmalıdır. İnsan kaynaklı salgıların dışında doğal iklim elemanlarının değişkenliği de buralardaki çevre şartlarını etkileyerek miktar ve kalite bakımından değişikliğe uğramasına sebep olabilir. Bunu özellikle yağış desende ortaya çıkabilecek etkilere ortaya koyabilir. Doğanın kendisine sürdürülebilir bir hayat şartı temin etmesi için insanların da bu yerlerin kendi kurallarına ve uyarlanabilme derecelerine göre etkinliklerini göstermele-



ri gereklidir. Bu doğal yöreler insanın yapay faaliyetlerinden doğrudan etkilenerek içinde bulunan su ve diğer kaynakların bozulmasına yol açabilir. Kendisinden ölçüsüzce istifade edilen, kirlenilen ve doğallığının derecesi azaltılan yörelerde tatlı su kaynakları dâhil tüm doğal zenginliklerin bu etkilerden hizmet verebilme sınırları aşağı çekilmiş olur. Kaynakların bir kere kötüleşmeye başlamasıyla, birbirine bağlı çeşitli bileşenlerin etkileşimi sonucunda doğa ve doğal kaynaklar arasında suların da gittikçe önü alınmayacak bir biçimde kötüleşmesinin yolu açılmış olur. Bu kötüleşmeler insanın sosyal hayatı ile ekonomik faaliyetlerini bozar ve diğer canlılarında ekosistemlerinin kendisine hizmet edemez hâle gelmesine meydan verir.

Yeryüzünde kirlenmiş sular dolayısı ile ortaya çıkan ve yayılan hastalıklar sonucunda binlerce kişi ölmektedir.

İşte bunun önlenmesi için tatlı su kaynaklarının muhafaza edilmesine önem verilmelidir. İklim değişikliği ise bu bozulma sürecini hızlandıran ek bir etken olarak rol oynamaktadır. Bu nedenle, bir bölgenin doğal çevresi, coğrafi ve iklimsel özellikleriyle birlikte sosyal ve ekonomik faktörler de göz önünde bulundurularak, insan kaynaklı kirlenmenin önlenmesine titizlik gösterilmelidir. Tatlı su kaynaklarının kalitesinin kötüleşmesine meydan verebilecek etkenleri şöylece sıralayabiliriz: 1) Kirlenme, 2) Aşırı su çekimi, 3) Çevrenin kötüleştirilmesi, 4) Farklı canlı türlerinin dengesinin bozulması.

Bu etkenler tekil olarak iklim değişikliği ve su kaynaklarının kötüleşmesine tesir etmezler ve kendi aralarında da etkileşimleri vardır. İşte bu türlü bir yapı etkileşiminin incelenmesinin oldukça

zor olduğunu gösterir. Genel olarak su kaynakları kalitesinin kötüleşmesinde bunların birkaçı bir arada etki yapmaktadır.

4. Su Kaynaklarının Nicelik ve Nitelik Yönleri

Noktasal kaynak kirlenmesine ilişkin olarak atık su arıtması su kalitesi için önemli bir itici güçtür. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerdeki atık su arıtmadaki artışın gelecekte iyileşmesi beklenebilir. Organik mikro-kirleticilerin (endokrin maddeleri) yerüstü ve yer altı sularında artan yoğunlaşmalar hâlinde görülmesi beklenmektedir. Bunun sebebi insan kaynaklı kimyasalların üretimi ve tüketiminin gelecekte hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde artması ihtimalidir. Bu kirleticilerden bazıları günümüz atık su arıtma teknolojisi ile



Dünya genelinde suyun miktarı kadar kalitesi de hızla tehdit altındadır. Aşırı su çekimi, kirlenme ve iklim değişikliği birlikte hareket ederek tatlı su kaynaklarını geri dönüşü zor bir sürece sürüklemektedir. Özellikle gelişmekte olan bölgelerde bu durum; hastalıklar, gıda güvenliği sorunları ve yaşam kalitesinde ciddi düşüşler anlamına gelir. Üstelik PFAS gibi kalıcı kimyasallar, suyun görünmeyen ama en tehlikeli kirleticileri arasında yer almaktadır. Suyun korunması artık yalnızca çevresel değil, doğrudan insan sağlığını koruma mücadelesidir.

yok edilememektedir. Gelişmekte olan ülkelerde besinlerin, ağır metallerin ve organik mikro-kirleticilerin noktasal salımlarında büyük bir artış beklenmektedir. Gelişmiş ülkelerde tarım alanlarında besinler ve haşere ilaçlarının yaygın salımları önemli bir kirlenme kaynağı olmaya devam edecektir.

Artan CO₂, mevcut fotosentezin optimizasyonunu daha yüksek hava sıcaklıklarına kaydıracak ve su kullanım verimliliği ile kuraklık direncini artıracaktır. Toprak ve su kalitesi, hastalıklar ve haşereler kaynak rekabeti gibi birçok faktör deney ortamında gözlemlenen kazanımları azaltmaktadır. Arazide yapılan deneyler ekosistem süreçlere ilişkin anlayışımızı geliştirmek ve tahmin modellerini sınamak için gerekli verileri sağlar. Ayrıca yönlendirmeli deneylerde iklim değişikliği faktörleri küçük arazi bölgelerine uygulanır. İklim değişikliği senaryosunun tahmin ettiği iklimdeki aşamalı değişikliklere karşı olarak bu deneylerde etki faktörlerindeki değişiklikler aniden gerçekleşir. Ekosistemlerin karmaşık yapısı iklim parametrelerindeki değişikliklere geciken reaksiyon

ve geri beslemeler, bu parametreleri kontrol etme güçlükleri ve oldukça yavaş büyüme süreçleri, özellikle çok yıllık bitki sistemlerinde, iklim etkilerinin doğrudan ölçümünü karmaşık hâle getirmektedir. Araştırmalar, yükselen CO₂ konsantrasyonlarının fotosentezi artırarak bitki üretkenliğini yükselttiğini ve su ile besin zincirlerinde değişikliklere yol açtığını gösteren önceki gözlemleri teyit etmekte ve genişletmektedir.

Kereste üretimi bir yana orman kompozisyonundaki uzun vadeli değişikliğin görünüm, su kalitesi, toprak erozyonuna karşı koruma, tatil ve turizm gibi ekolojik hizmetler açısından değeri çok az veya en yüksek ihtimalle ortada olacaktır. Nehir kıyısı ormanları sellerin önlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Üstelik iklim değişikliği tohum, sert kabuklular, avlanma, reçine, eczacılıkta, botanik ilaçlarında ve kozmetik sanayisinde kullanılan bitkiler gibi yarı piyasa hizmetleri üzerinde önemli etkiler yapabilir.

İklim değişikliği ve deniz düzeyi yükselmesinin -özellikle biyofizik etkilerle karşılaştırıldığında- sosyal veya kültürel sistemler

açısından potansiyel sosyoekonomik etkilerini değerlendirmede daha sınırlı bir ilerleme kaydedilmiştir. Hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde kıyı altyapısı, ulaşım tesisleri, enerji iletim sistemleri, kıyı kaynakları ve aynı zamanda atık tesisleri, septik tank sistemleri, su kalitesi ve arzı üzerinde etkileri vardır.

İklim değişkenleri, özellikle yağış ve hava sıcaklığı, içme suyu kaynaklı hastalıklar, gıda kaynaklı hastalıklar ve kıyı suyu kalitesi sorunları ile bağlantılıdır. Hava, kara ekosistemleri ve insan sağlığı arasındaki bağlantılar, özellikle kemirgenlerden insanlara geçen hastalıklar açısından önemlidir. Örneğin hantavirüs, küçük kemirgenleri etkileyen ve solunum yoluyla veya kemirgenlerin salgı ve dışkılarıyla temas sonucu insanlara geçebilen bir virüstür; semptomları arasında yüksek ateş, baş ağrısı, mide bulantısı ve kusma yer almaktadır. Ayrıca bazı önemli sıtma taşıyıcıları, acı su bulunan sulak alanlarda yetişir ve bu nedenle bu habitatlar hastalığın yayılmasını etkileyebilir (artırabilir veya azaltabilir).

Su ile bağlantılı hastalıklar bulaşma rotasıyla sınıflandırılabilir; böylelikle sudan kaynaklanan (bağırsakla ilgili) ve suda yıkananları (hijyen eksikliği) birbirinden ayırmak mümkün olur. İklim değişkenliği suyun hem varlığını hem de kalitesini etkileyebilir. İyileştirilmiş suya ulaşma, hâlâ aşırı derecede önemli bir küresel sağlık sorunu olmayı sürdürmektedir. Yağış ve yerüstü suyu varlığındaki değişiklikler küresel iklim değişikliği etkisinin başlıca kaygı verici sorunlarıdır. Mevcut iklim ve sağlık sonuçlarını (temelde ishal hastalığını) değerlendirirken, değerlendirmeye alınacak dört ana husus vardır: 1) Suyun varlığı ile ishal hastalıklarına bağlı sağlık yükü arasındaki bağlantılar, 2) Aşırı yağışların (yoğun yağış veya kuraklığın) şebeke suyu veya yerüstü suyunda su tabanlı hastalık salgınlarını kolaylaştırmadaki rolü, 3) Hava sıcaklığı ve akışın kıyı, tatil ve yerüstü sularının mikrobiyolojik kirlenmesi üzerindeki etkileri, 4) Hava sıcaklığının ishal hastalığı üzerindeki doğrudan etkileri.

Atık suyun ve sulama suyunun yeniden kullanımı gibi su kıtlığı ile mücadele önlemlerinin insan sağlığı açısından etkileri vardır. Atık su sulaması için su kalitesi kılavuzları, patojenik organizmalardan gelen sağlık riskini önlemek ve ürün kalitesini teminat altına almak gayesi ile hedeflenmelidir. Ancak gelişmekte

olan ülkelerin büyük çoğunluğunda kırsal ve yarı kentsel bölgelerde, sulama için kanalizasyon ve atık suların kullanımı yaygın bir uygulamadır ama dışkı ve ağız yolu ile hastalık bulaşmasının da kaynağıdır. Birçok ülkede; su kalitesi, hava kalitesi, gıda güvenliği ve güvenliliğinin etkileneceği ve gelecekte iklim değişikliği sebebi ile daha da fazla etkileneceği ortaya konulmuştur.

Su kalitesi sorunları ve bunların etkileri gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde daha çok mikrobiyal bakış açısından farklıdır. Bu farklılıklar iklim değişikliğinin olumsuz etkileriyle birlikte artacaktır. Gelişmiş ülkelerde taşkın ve aşırı yağmurlar ile bağlantılı su tabanlı hastalıklar çok iyi işletilen su ve kanalizasyon hizmetleri sayesinde büyük ölçüde azaltılmıştır ancak gelişmekte olan ülkelerde bunun tersi görülmektedir.

5. PFAS Nedir?

Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency - EPA), tarafından açıklandığına göre perfloroalkil ve polifloroalkil maddeler, PFAS olarak bilinir. Burada sunulan bilgiler, EPA'nın PFAS'a yönelik belirli eylemlerinin ve PFAS ile ilgili diğer yeni olayların ayrıntılarını anlamak için gereken önemli arka plan bilgilerinin bir kısmını açıklamayı amaçlamaktadır. Aşağıda internetten alınan bilgiler ışığı altında PFAS'ın ne olduğu kısaca açıklanmıştır. Ayrıca, PFAS ile kirlenmiş toprak, su veya biyolojik katıların ürün yetiştirmek, gıda amaçlı hayvanları beslemek veya balık ya da diğer deniz ürünlerini yetiştirmek için kullanılması, PFAS'ın gıda tedarikine girmesine yol açabilir. Ters ozmos (RO) sistemi, filtrelenmemiş suyu yarı geçirgen bir membrandan basınçla geçirir. Membran, PFAS gibi kirleticileri engelleyen küçük gözeneklere sahiptir ancak temiz suyun diğer tarafa akmasını sağlar. Ters ozmos, kirleticileri gidermek için en kapsamlı su arıtma yöntemlerinden biridir.

Bu maddeler karaciğer hasarı, tiroid hastalığı, obezite, doğurganlık sorunları ve kanser gibi sağlık sorunlarına yol açabilmektedir. Perfloroalkil ve polifloroalkil maddeler (PFAS) su geçirmez giysilerde, kozmetik ürünlerde, mobilyalarda, leke tutmayan ürünlerde ve yangın önleyicilerde de bulunuyor. Kimyasalların hamilelik sorunları, karaciğer hastalığı, kanser ve diğer hastalıklarla bağlantılı olduğu bilimsel olarak ispatlandı.

Not: Bu yazının büyük bir kısmı yazar tarafından yazılan ve kaynak listesinde gösterilen eserlerden alıntılar içermektedir.

Kaynaklar

Chigbu, P., Gordon, S., & Strange, T. (2004). *Influence of inter-annual variations in climatic factors on fecal coliform levels in Mississippi Sound. Water Research, 38*(20), 4341-4352.

D'Souza, R. M., Becker, N. G., Hall, G. M., & Keith, B. A. (2004). *Does ambient temperature affect foodborne disease? Epidemiology.*

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2007). *Summary for policy makers. In S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, & H. L. Miller (Eds.), Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.*

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2012). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. In C. B. Field, V. Barros, T. F. Stocker, D. Qin, D. J. Dokken, K. L. Ebi, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, G.-K. Plattner, S. K. Allen, M. Tignor, & P. M. Midgley (Eds.), A special report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.*

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). *Climate change 2014: Synthesis report. In R. K. Pachauri & L. A. Meyer (Eds.), Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC.*

Mohammadzade, A. (2025). *The impact of climate change on soil organic matter. Journal of Agricultural Sciences and Engineering, 7*(2), 61-65.

Patz, J. A., Daszak, P., Tabor, G. M., Aguirre, A. A., Pearl, M., Epstein, J., Wolfe, N. D., Killpatrick, A. M., Foutopoulos, J., Molyneux, D., & Bradley, D. J. (2004). *Unhealthy landscapes: Policy recommendations on land use change and infectious disease emergence. Environmental Health Perspectives, 112*, 1092-1098.

Patz, J. A., & Kovats, R. S. (2005). *Hotspots in climate change and human health. British Medical Journal, 325*, 1094-1098.

Rodo, X., Pascual, M., Fuchs, G., & Faruque, A. S. (2002). *ENSO and cholera: A nonstationary link related to climate change? Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 99*(20), 12901-12906.

Şen, Z. (1995). *Applied hydrogeology for scientists and engineers. Taylor & Francis/CRC Press.*

Şen, Z. (2009). *İklim değişikliği, tatlı su kaynakları ve Türkiye. Su Vakfı Yayınları.*

Şen, Z. (2022). *İklim değişikliği ve Türkiye. Çevre, Şehir ve İklim Değişikliği Dergisi, 1*(1), 1-19.

World Health Organization (WHO). (2023). *Drinking water. World Health Organization.*