

SÜRDÜRÜLEBİLİR SU YÖNETİMİNDE YERALTI SUYUNUN ÖNEMİ

Yard. Doç. Dr. Sevgi TOKGÖZ GÜNEŞ
sevgi.tokgoz@deu.edu.tr

Cihan GÜNEŞ
Jeoloji Mühendisi
cihan.gunes@deu.edu.tr

Canlı yaşamı için hayati öneme sahip su kaynakları üzerinde son yıllarda giderek artan oranlarda yaşanan antropojenik kirlilikler, temiz tatlı su ihtiyacını dünyadaki ve ülkemizdeki en büyük küresel ve bölgesel kaynak problemlerinden birisi haline getirmiştir. Ülkemizde temiz tatlı suyun miktar açısından en önemli kısmını yüksek oranda yeraltı suları ve çok daha az oranlarda ise yüzeysel sular oluşturmaktadır. Son yıllarda suya olan talebin artması hem yüzeysel suların hem de bazı yersel alanlarda yeraltı suyu kaynaklarının aşırı tüketilmesine neden olmuştur. Yeraltı suyu akiferinden alınan suyun yeri, genellikle kullanmaya bağlı kirlenmiş su, akiferdeki kalan su, yağış suları, yüzeysel sular veya bunların tümünün kombinasyonunda tekrar depolanması ile tamamlanır. Depolanan su özellikle Batı Anadolu'da bazı alanlarda (Küçük Menderes Havzası) tarımsal, evsel, endüstriyel atık suların ve deniz suyu girişimlerinin öncülüğünde gerçekleşmektedir. Dahası Gediz, Büyük Menderes, Bakırçay ve Simav gibi havzalarda doğal olarak derinlik artışına bağlı yüksek oranlarda bulunan jeotermal ve eskimiş suların bu karışımlara değişen oranlarda katkıları bulunmaktadır. Aslında, bazı yersel alanlardaki içme ve sulama sularında gözlemlenen arsenik, bor ve bazı ağır metal kirliliklerinin ana kaynağı bor, kömür ve metalik madenler olmasına rağmen daha geniş havzalarda da jeotermal ve eskimiş indirgen sular olabileceği son çalışmalarımızda tespit edilmiştir.

Gediz Havzası'nda Turgutlu-Alaşehir yerleşim alanları arasında kalan bölgede yapılan incelemelerimizde nitrat, bor ve arsenik gibi kirleticilerin içme ve sulama suları kalitesi açısından yeraltı ve yüzey sularında yüksek oranlarda bulunduğu tespit edilmiştir. Yeraltı sularının tamamına yakını indirgen özelliklerdedir ve sadece yüzeye yakın bazı kesimlerde yüzey ve yağış sularının kirlilikleri azaltıcı etkileri bulunmuştur. Kuyulardaki derinlik ve kullanım artışı kirliliklerin de artmasına sebep olmaktadır. Bazı alanlarda nehir sularının baskın debisini indirgen ve aşırı kirli atık suların oluşturduğu bulunmuştur. Küçük Menderes Havzası ile karşılaştırıldığında Gediz Havzası yeraltı suyu seviyeleri daha yüksek, içme ve sulama suyu kaliteleri açısından da çok daha kötü durumdadır. Hatta bazı alanlarda tuzluluk miktarları jeotermal su içeriklerinin (2000-3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) iki katına yakındır. Bu durumda Yeraltı Suyu Ölçüm Sistemleri Yönetmeliği gereği kuyulara sayaç takılması zorunluğu Küçük Menderes Havzasında uygulanabilir olmasına rağmen Gediz havzasında mevcut kirlilik ve kullanım durumları dikkate alındığında uygulamada işlevselliğini yitirecektir. Bu tür alanlarda sadece belirli bazı gözlem kuyularına kamu kurumlarınca sayaç takılarak izleme yapılması ile akiferlerden yeterli veri sağlandıktan sonra genele yayılması daha uygun bir çözüm olabilir. Ayrıca, bu tür kanun ve yönetmeliklerin çıkarılmasında daha geniş kapsam ve daha fazla veri dikkate alındığında hem daha etkin uygulanabilirlik ve katılım sağlama hem de daha bilinçli havza yönetimi ve çalışmaları (havzaya özel yönetim) yapmak çok daha yararlı olabilir.

1. Giriş

Su kaynaklarının istenilen zaman, mekan, kalite ve miktarda teminine yönelik olarak yaşanan sıkıntılar konuya ilişkin dünya çapında sürdürülebilir yönetim ilke ve kararlarının alınmasını ve uygulanmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu bağlamda, su kaynakları içerisinde gereksinim miktarına bağlı olarak büyükten küçüğe; tarım, içme-kullanma, sanayi ve enerji amaçlı kullanımlarında yeraltı suyunun payı oldukça yüksek değerlerdedir.

Su kaynakları konusunda yaşanan sorunlar devletleri konuya ilişkin ortak stratejilerin belirlendiği politikaları üretmeye yönlendirmiştir. Bunlardan en önemlisi, ülkemizin Avrupa Birliği'ne (AB) entegrasyonu sürecinde, su kaynaklarına ilişkin olarak sürekli geliştirilerek uygulama sonuçlarıyla iyileştirilen Su Çerçeve Direktifi (SÇD)'dir ki (WFD 2000/60/EC), nehir havzalarının sürdürülebilir ve entegre bir şekilde yönetilmesinin gerekliliğini vurgulamakta ve tüm sular için çevresel hedefler belirlenmektedir. SÇD ve yeraltı suyu direktifi (GWDD 2006/118/EC) antropojenik ve doğal kirlilik riski altındaki temsili tüm yeraltı suyu kütlelerinin kimyasal durumunun değerlendirilmesi için kriterleri ortaya koyan konuya ilişkin en kapsamlı çalışmalardan birisidir. Bu kapsamda, ilgili yeraltı suyu kütlelerinde (ve yüzeysel sulara) doğal arkaplan seviyesinin (NBL) belirlenmesi, "iyi durum"a ulaşma, var olan iyi durumu korumak için kalite standartlarına göre kirlilik eğilimlerinin belirlenmesi ve iyi durumu zayıflatabilecek kirleticiler için eşik değerlerin nasıl belirlenebileceğini de tanımlayan birçok farklı bilgi seviyesini dikkate alan metodoloji ve rehber dökümanlar yayımlanmıştır.

Yeraltı suyu akiferinden alınan suyun yeri, genellikle kullanmaya bağlı kirlenmiş su, akiferdeki kalan su, yağış suları, yüzeysel sular veya bunların tümünün kombinasyonunda tekrar depolanması ile tamamlanır. Örneğin, depolanan su özellikle Batı Anadolu'da bazı alanlarda (Gediz, Küçük Menderes Havzası) tarımsal, evsel, endüstriyel atık suların ve batıda deniz suyu girişimlerinin öncülüğünde gerçekleşmektedir. Gediz, Büyük Menderes, Bakırçay ve Simav gibi havzalarda doğal olarak derinlik artışına bağlı olarak yüksek oranlarda bulunan jeotermal ve eskimiş suların bu karışımlara değişen oranlarda katkıları bulunmaktadır.

2. Doğal Yeraltısu Kalitesi ve Referans Akifer

Herhangi bir bileşen için doğal yeraltı suyu kalitesi, "atmosferik, jeolojik veya biyolojik gibi doğal süreçlerle oluşmuş çözünmüş bir element, tür veya kimyasal bileşenin derişimi" anlamına gelmektedir (BRIDGE, 2013). Kavram olarak NBL'yi tanımlamada tarihsel veriler, düşey profil, benzer jeolojideki yakın alanlardan ekstrapolasyon, istatistiksel metodlar ve jeokimyasal modelleme gibi çeşitli yaklaşım metodları ile yapılmış birçok çalışma vardır. Bir kez fiziko-kimyasal süreç bilgisini uygulayarak bir eğilim ya da korelasyonun yorumlanmasını sağladığınızda, istatistiksel bir modele değil bilimsel bir modele sahipsiniz demektir (Nordstrom, 2012).

Yeraltı suyunda insan etkilerine ek olarak tamamen doğal olan prosesler sonucu da mevcut su kalitesi limitleri aşılabılır. Anormal konsantrasyonların doğal olup olmadığı ya da antropojenik kirlenmenin varlığının kantitatif ve kalitatif değerlendirmesinin yapılmasına olanak sağlayan bir referans teşkil etmek üzere başlangıç (baseline) kriterine ihtiyaç vardır. Doğal prosesleri etkileyen zaman ölçekleri ve değişimlerin gerçekleştiği oranlar, su kalitesi üzerine önemli kontroller olarak bilinmektedir.

Doğal yeraltı suyu konsantrasyonları, akifere giren sular ve akiferdeki su ile kaya arasındaki reaksiyonların bileşik sonucudur. Doğal jeokimyasal reaksiyonlara bağlı varyasyonlar, söz konusu reaksiyonların dinamiklerine bağlı olarak genellikle geniş zaman ölçeklerinde

* Bu bildiri Çevre Mühendisleri Odası adına düzenlenmiştir.

gerçekleşir. Yeraltı suyunun kimyasal özellikleri, karmaşık jeolojik, jeokimyasal, hidrojeolojik ve iklimsel faktörlerin bir fonksiyonu olarak çeşitlilik gösterir. Bu durum, geniş uzaysal ve derinlik varyasyonlarında çeşitli ölçeklerde artış yaratır. Dolayısıyla, hem bilimsel olarak hem de pratikte, akiferdeki kimyasal reaksiyonları ve gerçekleştikleri oranları anlamak sistemi bir bütün olarak tanımlamada önem kazanmaktadır.

Gediz Havzası'nda Alaşehir yerleşim alanı doğusunda bulunan yeraltı suları referans akifer tanımlamasına uyabilecek özelliklerdedir. Turgutlu-Alaşehir yerleşim alanları arasında kalan bölgede nitrat, bor ve arsenik gibi kirleticiler içme ve sulama suları kalitesi açısından yüksek oranlarda bulunmaktadır. Yeraltı sularının tamamına yakını indirgen özelliklerdedir ve sadece yüzeye yakın bazı kesimlerde yüzey ve yağış sularının kirlilikleri azaltıcı etkileri bulunmuştur. Kuyulardaki derinlik ve kullanım artışı kirliliklerin de artmasına sebep olmaktadır. Buradaki doğal ve antropojenik kirliliklerin ayrımlanmasında detaylı araştırmalara gerek vardır.

Gediz ve Küçük Menderes Havzası'nda nehir sularının baskın debisini, indirgen ve aşırı kirli atık sular oluşturmaktadır. Küçük Menderes Havzası ile karşılaştırıldığında Gediz Havzası yeraltı suyu seviyeleri daha yüksek, içme ve sulama suyu kaliteleri açısından da çok daha kötü durumdadır. Hatta, bazı alanlarda tuzluluk miktarları jeotermal su içeriklerinin (2000-3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) iki katına yakındır. Bu durumda Yeraltı Suyu Ölçüm Sistemleri Yönetmeliği gereği kuyulara sayaç takılması zorunluğu Küçük Menderes Havzası'nda uygulanabilir olmasına rağmen Gediz havzasında mevcut kirlilik ve kullanım durumları dikkate alındığında uygulamada işlevselliğini yitirebilir. Bu tür alanlarda sadece belirli bazı gözlem kuyularına kamu kurumlarınca sayaç takılarak izleme yapılması ile akiferlerden yeterli veri sağlandıktan sonra genele yayılması daha uygun bir çözüm olabilir.

3. Akifer Alıkonma Süresinin Önemi

Akiferler alıkonma sürelerine bağlı olarak temel anlamda 3'e ayrılmaktadır. Bunlar; yeni, eski ve palaeo sulardır. Sığ ve/veya hızlı sirküle olan 50 yaşından genç ve Yeni Su olarak adlandırılan akiferlerdeki yeraltı suları içme suyunun ana kaynağını teşkil eder. Bu sular çekim alanlarının bulunduğu aktif yükleme/deşarj alanlarının hidrojeolojik çevreyi oluşturan kısmının özellikle önemli bir parçasıdır. Bu nedenle, sığ akiferlerdeki taşınmayı karakterize edecek izleyici metodu baseline değerlerde karşımıza çıkacak olaylarla ilgilenmemiz konusunda önemli rol oynayacaktır. Yine de bu zor ve zaman zaman çelişkili bir iştir. Zira, ilgilenilen akiferdeki gerçek doğal kalitenin belirlenmesi zordur ve/veya bu sular hali hazırda kirletilmiş olmasına rağmen doğal özellikleri nedeniyle kalitesinin maskelenmesi söz konusu olabilmektedir.

Günümüzde, yeraltı suyu kalitesini düşüren birçok madde 200 yıl boyunca gelişen sanayileşme ile ortaya çıkmıştır. Eski Sular endüstriyel zamanlar sırasında sızmış olan suları temsil etmektedir. Dolayısıyla, bu zaman diliminden önce sızan suların saf ve kirlilik içermediği düşünülebilir. Eski yeraltı sularının kalitesi çözücü (su) ve akifer materyali arasındaki zamana bağlı jeokimyasal reaksiyonlar üzerinden belirlenir. Yeraltı suyu alıkonma süresi uzadıkça, su kaya arasındaki temas zamanı artar ve su kalitesi ölçeği genişler.

Palaeo sular ise, son buzul çağında ya da daha öncesinde yüklenen sulardır ve 10000 yıldan daha önce sızan, farklı iklimsel ve hidrojeolojik koşullarda meydana gelen sular olarak tanımlanmaktadır. Palaeo suların kalitesi bazen çok yüksek olmasına rağmen Avrupa'da olduğu üzere içme suyu tedarikinde çok küçük bir rol oynayabilir. Ne var ki, sığ akiferlerde artan kirliliğin bir sonucu olarak, bu gibi yüksek kaliteli rezervlerin kullanılması konusunda

* Bu bildiri Çevre Mühendisleri Odası adına düzenlenmiştir.

çevresel baskılar artacaktır. Çok düşük yenilenme oranlarına sahip bu suların tanımlanması gerekmektedir.

Akiferlerin alıkonma sürelerinin biliniyor olması, kalite parametrelerinin NBL değerlerinin belirlenmesinde ve özellikle doğal ve insan kaynaklı baskı ve etkilerin ayrımlanmasında kolaylık sağlamaktadır. Ör; sekiz AB ülkesinden gelen 400 yeraltı suyu örneğinde toplam organik karbon ölçümleri yapılmış ve bu ülkelerin dördünden gelen tam olarak 250 yeraltı suyu örneğindeki filtrelenmiş örneklerdeki çözünmüş organik karbon analiz edilmiştir. TOC 2.7 mg CL⁻¹'lik medyan konsantrasyonunda ve 0.1-59.4 mg CL⁻¹ aralığında bulunmuştur. Bu rakamlar yüksek organik karbon değerlerinin eski döneme ait saf akiferlerde bazen yerel olarak bulunabileceğini göstermiştir.

4. Kıyı Filtrasyonu ile Yeraltı Sularının Beslenmesi ve Deniz Suyu Girişiminin Azaltılması

Kirlenmiş olan yeraltı suyunun kalitesinin artırılmasında halen kullanılmakta olan reaktif bariyerlere benzer olarak kıyı filtrasyonu, suyun kirlenici yükünün adsorpsiyon, fizikokimyasal filtrasyon ve biyodegradasyon gibi proseslerden pasif olarak geçmesini sağlamakta ve sürekli olarak aynı kalitede ve kalitesi daha kolay artırılabilir bir su üretmeyi sağlamaktadır. Su kalitesi, akifer mineralojisi, akiferin şekli, yüzeysel suyun kalitesi (oksijen, nitrat,...), yüzeysel ve yeraltı suyu çevresindeki organik madde tipleri ve havzalardaki arazi kullanımı gibi faktörlerden etkilenmektedir.

Kıyı filtrasyonu ile sudaki askıda katı maddelerin, biyolojik olarak parçalanabilen bileşiklerin, bakterilerin, virüslerin ve parazitlerin giderilmesi, adsorplanabilen inorganik bileşiklerin bir kısmının giderilmesi ve sıcaklık değişimlerinin ve kıyı filtratında bulunan çözünmüş bileşiklerin konsantrasyonlarının dengelenmesi sağlanabilir.

Sertlik, amonyum ve çözünmüş demir ve mangan konsantrasyonlarındaki artışlar ile hidrojen sülfid ve diğer sülfür bileşiklerinin oluşumunda redoks koşullarının değişiminin sonucu olarak gözlemlenen artışlar kıyı filtrasyonun su kalitesi üzerindeki istenmeyen etkileri arasındadır.

Dünyanın birçok ülkesinde; yüksek hidrolik geçirgenliğe sahip alüvyon akiferler, sık yeraltı suyu çıkarılmasına kolaylık sağlaması, yüksek üretim kapasitesi ve talep alanlarına yakınlığı açısından su üretimi için tercih edilmektedir. Nehirlerden sızan sudan elde edilen yeraltı suyu, içme suyunun; Slovakya'da %50, Almanya'da %16, Hollanda'da ise %5'ini oluşturmaktadır.

Avrupa'da nehirler ve göllerdeki kıyı filtrasyon alanları çoğunlukla birkaç haftalık veya birkaç aylık alıkonma süreleri için dizayn edilmektedir. Burada hedef, klor eklemesine gerek kalmadan küçük bir ek arıtma sonrasında dağıtılabilecek yüksek kaliteli ve biyolojik olarak sabit bir su üretmek amacıyla, biyolojik olarak parçalanabilen çözünmüş organik karbonun, patojenlerin ve parçalanabilen iz organik kirlenicilerin yüzeysel sudan arındırılmasıdır.

Kuzey Amerika'da, daha yaygın nehir kıyı filtrasyon alanları birkaç saatten günlere, çoğunlukla birkaç haftaya kadar değişen aralıklardaki alıkonma sürelerinde dizayn edilmiştir. Kuzey Amerika uygulamalarında kıyı filtrasyonu mikroorganizma, partikül ve bazı çözünmüş organik karbonlar için sadece bir anlık arıtma olarak görülürken, Avrupa'da genellikle tüm arıtmanın önemli bir parçası olarak kabul edilmekte bu da felsefi bir fark teşkil etmektedir.

Avrupa yaklaşımının bir örneği de halkın yeraltı suyu kaynağının büyük ölçüde kıyı filtrasyonu ve yeraltı suyu reşarjına dayandığı Berlin şehrinde görülmektedir. 220 milyon m³/yıllık suyun yaklaşık %70'i bu kaynaklardan sağlanmaktadır (doğal yeraltı suyu reşarjından kalanlarla

* Bu bildiri Çevre Mühendisleri Odası adına düzenlenmiştir.

birlikte ~ %56'sı kıyı filtrasyonundan %14'ü de yeraltı suyu enjeksiyonundan). Yakınlarda birkaç nehir ve göl olmasına rağmen Berlin'de hiçbir yüzeysel su direkt olarak kullanılmamıştır ve 19. yüzyıldan beri "taze" yeraltı suyu üretmek için birkaç aylık alıkonma sürelerine sahip kıyı filtrasyonu uygulanmaktadır (Grünheid vd. 2005). Yoğun nüfuslu ve endüstriyelmiş bir bölge olan Duesseldorf'ta ise 1870'den beri kullanılmaktadır.

Geniş bir kıyı alanına sahip olan ülkemizde atık suların tekrar kullanımında ve deniz suyu girişimlerinin azaltılmasında kıyı filtrasyonunun kullanılması büyük avantajlar sağlayabilir.

5. Sonuç ve Değerlendirme

Sürdürülebilir bir yeraltı suyu yönetimi konuya bakış açısından mevcut teknolojik bilgi ve imkanları kullanmaya kadar bir çok bileşeni akılcı ve bütünlüklük uygulamalar ile kullanmayı gerektirmektedir.

Ortamdaki doğal dengeleri anlamadan yapılandırılan her türlü uygulama, dengelerin aksi yönünde ise yüksek emek, zaman, ekonomi ve doğal denge şartlarında yaşayan canlı hayatın kayıplarına neden olur.

Su kalitesindeki doğal ve insan kaynaklı değişimlerin ayrıt edilebilmesinde yeraltı suları kalite parametrelerinin doğal konsantrasyonlarının kesin tespitine ihtiyaç duyulmaktadır. Mevcut incelemelerin sonuçları, tekil örnekler ya da istatistiki işlemler ile NBL tespitlerinin ne kadar zor olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, bir suyun hangi kapsamda kirlilik içermediğine karar verebilmek için, hidrojeolojik bağlamda yeraltı suyu kalitesi üzerine kavramsal bir jeokimyasal anlayışa ihtiyaç duyulmaktadır.

Sürdürülebilir yeraltı suyu yönetiminde; yeraltı suyu kütlelerinin kalite parametrelerinde NBL'lerin tespiti edilmesi ve kontrolleri için kriterlerin oluşturulması, referans akifer tanımlamaları, bu referans akiferlerdeki su kütlelerinde kalite eğilimlerinin belirlenmesi ve bu parametrelerde etkiler sonucunda gelecekteki değişimlerin projeksiyonunu öngörebilmek için modellerin yapılması temel çalışma konularını oluşturmaktadır. Yüksek kaliteli suların korunarak, sürdürülebilir gelişimine katkıda bulunacak şekilde tüm yeraltı suyu ile ilişkili mevzuatı destekleyecek su politikalarının oluşturulması ise bu temel çalışmalar ile birlikte geliştirilmesi gereken bir diğer önemli husustur. Bu bağlamda, bilimsel araç ve yaklaşımlar ile tespit edilen doğal su kalitesini oluşturan şartların, su kalitesi yönetimi ve politikasında gelişmiş bir anlayışın oluşturulmasında başarıyla kullanılabilmesinde politika yapıcılar, karar mercileri ve son kullanıcılar ile fikir alışverişinin önemli de göz ardı edilmemelidir.

Kaynaklar

AB Su Çerçeve Direktifi, Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy, WFD 2000/60/EC, <http://ec.europa.eu/>

BRIDGE, 2013. Background cRiteria for the IDentification of Groundwater Thresholds

<http://nfp-at.eionet.europa.eu/irc/eionet-circle/bridge/info/data/en/index.htm> Accessed 15 January 2013.

Directive 2006/118/EC, GroundWater Daughter Directive (GWDD). Directive of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006 on the Protection of Groundwater against Pollution and Deterioration, OJ L372, 27 Dec 2006; 2006.p. 19-31GWDD 2006/118/EC.

Edmunds, W.M. ve Shand, P., Natural Groundwater Quality, ed., Edmunds, W.M. ve Shand., Blackwell Ltd. ISBN: 978-14051-5675-2, 2008.

Grunheid, S., Amy, G., and Martin Jekel, 2005, Removal of bulk dissolved organic carbon (DOC) and trace organic compounds by bank filtration and artificial recharge, Department of Water Quality Control, Institute for Environmental Engineering, Technical University Berlin, Sekr. KF 4, Strasse des 17. Juni 135, 10623 Berlin, Germany. UNESCO-IHE Institute for Water Education, Westvest 7, 2601 DA Delft, The Netherlands.

Nordstrom, D. K., 2012. Models, Validation, and Applied Geochemistry: Issues in Science, Communication, and Philosophy, Applied Geochem., 27,1899–1919.