

şüm sırasında moleküller arasındaki kimyasal bağlar kırılarak yeni maddelerin oluşması sağlanır.

II. SU KİRLİLİĞİ KONTROLÜ

Dünya nüfusunun hızla artması, suya olan ihtiyacın giderek artmasına neden olmaktadır. Bununla birlikte bu ihtiyacın karşılandığı su kaynakları sınırlıdır. Buna ek olarak, artan endüstriyel ve ticari faaliyetler sonucu oluşan katı veya sıvı atıklar mevcut su kalitesinin bozulmasını hızlandırmaktadır. Dolayısıyla, mevcut suyun miktar ve kalite olarak korunması veya kontrol edilmesinin önemi her geçen gün daha da artmaktadır.

İnsanların üretim ve tüketim faaliyetlerinin her aşamasında atıklar oluşmaktadır. Bu atıklar atmosfer, su ve toprak ortamlarını kirleterek ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Kanalizasyon veya fabrika atıklarının çıkış ağzlarına inşa edilen atıksu arıtma tesisleriyle noktasal kirletici kaynakların kontrol edilmeleri kolay olmasına karşın, tarım arazilerinden yüzey akış yoluyla taşınan gübre ve pestisitlerin oluşturduğu noktasal olmayan kirletici kaynakların kontrol edilmeleri oldukça zordur. Bu kaynaklar geniş alanları kapladıkları için, atıksu arıtma sistemleri gibi teknolojik önlemlerle kontrol edilmeleri de neredeyse mümkün değildir. Bu nedenle tarımsal faaliyetlerde gübre ve pestisitlerin uygulama zamanı ve miktarlarının doğru saptanarak kontrol altına alınmaları daha etkin ve ucuz bir yoldur.

Yüzey ve yer altı sularının kalitesi, yörenin nüfus yoğunluğuna, endüstriyel ve ticari faaliyetlere, arazi kullanım durumuna, ekolojik ve hidrolojik yapı ile su kirliliği kontrolü konusunda alınacak tedbirlere bağlıdır. Atıksularda bulunan mikroorganizmalar (patojenler ve virüsler), organik maddeler, nütrientler (azot ve fosfor), ağır metaller (kurşun, krom ve kadmiyum), inorganik tuzlar, askıda katı maddeler (bitki artıkları, humus ve doğal gübreler) ve organik kimyasalların (herbisit, pestisit ve yağlar) su kaynaklarına karışması sonucu oluşan olumsuz çevre koşulları (toksik ve oksijensiz ortam) su ve toprak canlılarının ölmesine ve dolayısıyla ekolojik dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Ayrıca, doğal bitki örtüsünün tahrip edilmesi ve yanlış tarımsal uygulamalar erozyon ve sediment taşınımını artırarak su kaynaklarının kirlenmesine neden olmaktadır. Bu maddelerin su kaynaklarına karışmasını önlemek veya minimuma indirmek, su kirliliği kontrolünün ilk ve en önemli aşamasıdır. Su kirliliği kontrolünde, problemlerin bilimsel ve teknolojik boyutu kadar ekonomik boyut da önemlidir. Eldeki kısıtlı kaynakların optimum bir şekilde kullanılmaları ile su kaynaklarının korunma ve iyileştirilmesi için kanalizasyon ve atıksu arıtma tesislerinin inşası belirli bir yatırımı gerektirmektedir.

Yerel yönetimlerin su kirliliği kontrol bölümleri, yıllık olarak su kalitesini izler, analiz eder ve sonuçları bir rapor halinde yayınlar. Buna ek olarak, akar-

sulardaki biyolojik faaliyetler ve sediment kirliliği seviyeleri gibi birçok gözlemler de yapar. Su kirliliği kontrol bölümünün görevi, atık suları toplamak ve artırmak, su kalitesini korumak, toplumun sağlık ve güvenliğini muhafaza etmek ve halkı su kirliliğine karşı bilgilendirmektir. Su kirliliği kontrol programının amacı, su kalitesi standartlarını belirlemek ve uygunluğunu kontrol etmek, kritik çevresel parametreler geliştirerek onlarla ilgili veri tabanı oluşturmak, ulusal kanalizasyon şebekesi döşemek, kirletici deşarjını önlemek, petrol ve kimyasal dökülmelerine mani olmak, noktasal olmayan kirletici kaynaklarını yönetmek, atık suları artırmak, toprak erozyonu ve sediment taşınımını kontrol etmek ve su kalitesi standartlarını belirlemek gibi görevleri içermektedir.

A. İçme Suyu Temini ve Arıtımı

Su temin işleminin ilk aşaması, yeterli miktarda ve kalitede su sağlayabilecek bir kaynağın seçimidir. Bu kaynak genellikle bir akarsu veya göl olabileceği gibi bir yer altı veya pınar suyu da olabilir. Günümüzde su kaynaklarının çok yetersiz olduğu birçok Arap ülkesinde yaygın bir uygulama alanı olan deniz veya okyanus suyunun arıtılması da bir başka su kaynağını oluşturmaktadır. Yüzeysel su kaynakları miktar olarak, yer altı ve pınar su kaynakları ise kalite bakımından daha iyidir.

Su kaynaklarının oluşum ve devamlılığında önemli bir yeri olan hidrolojik döngünün (Chow ve ark., 1988) yeterince anlaşılması (bkz. Ekosistem bölümü), su kaynakları yönetimi ve su temininde oldukça önemlidir.

Su arıtımının amacı, kirliliği olan yüzey veya yer altı suyunu artırmak insanlar tarafından güvenli bir şekilde kullanılabilir hale getirmektir. Tipik bir su arıtma sistemi; su kaynağı, su pompası, kimyasal ekleme havuzu, flokülasyon havuzu, çöktürme havuzu, kum filtresi ve klorlama veya florlama havuzu birimlerinden oluşmaktadır. Su arıtma işlemi ise, mekanik filtrasyon, koagülasyon/ flokülasyon/sedimentasyon, sedimentasyon/aktif karbon/oksidasyon/nötrleme/ters ozmos veya membran filtrasyonları, distilasyon, dezenfeksiyon ve yumuşatma aşamalarından oluşmaktadır (USEPA, 1988). Mekanik filtrasyonda arıtma tesisine alınacak suyun içerisindeki ağaç yaprakları ve dalları, plastik şişe, ahşap parçaları ve hayvan artıkları gibi büyük parçalar ızgara ile sudan uzaklaştırılır. Ön sedimentasyonda tesis alınacak suyun içerisindeki çökelebilen sediment parçacıkları yerçekimi ile çöktürülür. Koagülasyon/flokülasyon/ sedimentasyon işlemlerinde askıda katı maddeler ve çözünmüş kimyasal maddeler sudan uzaklaştırılır. Tesise alınan su, silt ve kil kolloit parçacıkları nedeniyle oldukça bulanıktır. Bu parçacıklar elektrik yükü ve bunun sonucu olarak daima hareket halinde olduklarından birbirlerini iterler ve birleşmezler. Bu bireysel parçacıkları önce nötr hale ge-

tirdikten sonra yapışkan hale getirerek daha büyük parçacıklar oluşturmak amacıyla suya alüminyum sülfat eklenir. Alüminyum yüksek seviyede pozitif elektrik yüküne sahip olduğu için, negatif yüklü silt ve kil kolloitlerini çekerek daha büyük parçacıklar oluşturma işleminde yaygın olarak kullanılır. Alüminyum iyonları aynı zamanda hidroksit iyonları ile birleşerek alüminyum hidroksit denen çok kaygan bir katı oluştururlar. Alüminyum hidroksit bileşikler nötr haldeki parçacıklarla birleşerek daha da büyük parçacıklar oluşur ve bu işleme flokülasyon denir. Flokülasyon havuzu, normal hızda dönen büyük belirli sayıda karıştırıcılardan oluşmaktadır. Flokülasyon işlemi sonucunda oluşan büyük parçacıklar bir çökeltme (sedimentasyon) tankında çöktürülür. Çökelen bu parçacıklar, çökeltme tankının tabanında çamur oluşturur.

Filtrasyonla bir önceki aşamada temizlenemeyen katı maddeler ve küçük parçacıklar sudan temizlenir. Filtrasyon işlemi, sedimentasyon, aktif karbon, oksidasyon, nötrleme ve ters ozmos veya membran filtrasyonu gibi çeşitleri içermektedir. Çökeltme işlemi sırasında sudaki çok küçük parçacıklar hala çökelmediği için su kum filtrelerden geçirilir (sedimentasyon filtrasyonu). Su, kum tabakası ve onun altındaki drenlerden geçerken askıdaki katı maddeler kum tabakası tarafından tutulur ve belirli bir zaman sonra filtre görevi gören kum tabakasının gözenekleri tıkanır. Bu filtrelerin belirli aralıklarla temizlenmesi gerekir. Büyük ve yavaş kum filtrelerin aksine, günümüzde daha küçük hızlı kum filtreleri kullanılmaktadır. Bu sistemde, su çakıl ve filtrelerden geçirilerek temiz bir kuyuda depolanır. Aktif karbon filtrasyonu, bakteriler, demir, kurşun, mangan ve bakır gibi çözünmüş metaller ile klor, nitrat ve florür gibi maddeleri gidermez. Aktif karbon filtreleri, taneli veya blok karbondan yapılmış, sudaki kirleticileri adsorbe eden büyük yüzey alanı ve süngerimsi bir yapıya sahiptir. Aktif karbon filtresi kullanılarak buharlaşan organik kimyasallar ve pestisitler giderilir. Aktif karbon filtresinin etkinliği, içerisindeki karbon miktarına ve filtreden akan suyun hızına bağlıdır. Oksidasyon filtrasyonu, sudaki demir, mangan ve hidrojen sülfidi uzaklaştırmak için kullanılır. Nötrleme filtrasyonu, suyun filtre tabanındaki kalsiyum karbonattan geçirilerek suyun pH'ını veya asitliğini ayarlamak için kullanılır.

Distilasyon, atık sulardaki nitratları azaltmak ve sodyum, potasyum, magnezyum klorür, sülfat ve karbonat tuzlar ile organik ve askıda katı maddeleri gidermek için kullanılır.

Filtreleme işleminden sonra su genellikle klor veya ozon ile dezenfekte edilerek içerisindeki mikroorganizmalar ve patojenler öldürülür veya zararsız hale getirilir. Ayrıca, suya kötü koku veren hidrojen sülfid ve diğer gazlar sudan uzaklaştırılır. Günümüzde birçok su arıtma sisteminde dezenfekte işlemi için klor yerine flor kullanılmaktadır. Suya eklenecek uygun miktardaki flor, çocuk ve yetişkinlerde diş çürümelerini azaltacaktır. Ultraviyole ışınlama ile suları dezenfekte etmek kısmen yeni bir metottür. Ultraviyole ışınlama suyun

tat ve kokusuna herhangi bir olumsuzluk yapmamaktadır. Ultraviyole ışınları dezenfekte ışını üreten bir cıva buhar lambası tarafından üretilmektedir. Dezenfekte ışın birimi mikrowat-saniye/cm²'dir ve bu değer 20000 civarında olduğu zaman patojenik bakterilerin çoğu ölmektedir, fakat virüsleri öldürmek için bu değer 45000'e çıkabilir. Ultraviyole su arıtma cihazı, silindirik cıva lambayı içeren paslanmaz bir silindir odasından oluşmaktadır. Su, odanın bir tarafından girip içerisinden akar ve birkaç saniye içinde diğer taraftan çıkar. Ultraviyole ışınların suyun her bir parçacığından geçmesi için su bir film şeridi şeklinde yavaş akması ve askıda katı madde ve organik madde içermemesi gerekir. Arıtılan su, kapalı su borusu şebekesine pompajla dağıtılır. Çoğu zaman su doğrudan şebekeye verilmek yerine önce yüksek yerdeki bir depoya verilir ve oradan yerleşim yerine dağıtılır (Vesilind, 1975).

Yumuşatma işleminde suyun sertliğine neden olan kalsiyum ve magnezyum mineralleri sudan uzaklaştırılır.

Su arıtma işleminin değişik aşamalarında çeşitli kimyasallar kullanılır. Koagülasyon/flokülasyon/sedimentasyon işlemlerinde alüminyum sülfat, demir sülfat, kalsiyum hidroksit ve sodyum alüminat kullanılır. Filtrasyonda anyonsu ve katyonsu polimerler, kalsiyum hidroksit ve kalsiyum karbonat kullanılır. Dezenfeksiyon işleminde, gaz veya sıvı klor, sodyum hipoklorit, kalsiyum hipoklorit ve ozon kullanılır. Yumuşatma işleminde ise kalsiyum karbonat kullanılır. Arıtma işlemleri sırasında ortaya çıkan sıvı, katı ve gaz formundaki organik ve inorganik atıkların yönetimi, su kaynaklarının tekrar kirlenmemesi için oldukça önemlidir. Genelde bu atıklar doğrudan su kaynaklarına drene edilmektedir.

B. Atıksuların Toplanması ve Arıtımı

Atıksuların arıtılmadan önce toplanması, yerleşim yerinin özelliklerine göre farklılık göstermektedir. Kırsal alanlarda atıksular, betondan yapılan septik tanklarda biriktirildikten sonra arazide uygun bir yere boşaltılır. Septik tanklar, katı parçacıkları tabanda çöktürerek sıvı fazdan uzaklaştırmayı sağlar. Araziye boşaltılan ve yer altına sızan su miktarı, tanktan dışarı çıkan atıksu miktarı ve toprağın cinsine bağlı olarak değişir. Septik tank sisteminin inşasında göz önünde bulundurulması gereken en önemli nokta, toprağın atık suyu adsorbe etme kapasitesidir. Bu amaçla, septik tank sistemi inşa edilmeden önce ilgili yerde sızma testleri yapılmalıdır. Nüfusun yoğun olduğu şehirlerde çok miktardaki atık suyun doğrudan toprağa verilmesi, özellikle yöredeki içme suyu kullanıcıları açısından büyük tehlike oluşturmaktadır. Dolayısıyla, atıksuların kanalizasyon borularıyla şehirden uzak bir yere taşınması gerekir. Kanalizasyon boruları genellikle beton, kast demir, kil veya asbestli çimento-dan yapılır ve içerisindeki atık suyun yerçekimi ile akması için daima aşağı

doğru eğimli döşenir. Kanalizasyon boruları açık kanal prensiplerine göre inşa edildikleri için boruların eğimi oldukça önemlidir. Bununla birlikte bazı durumlarda pompaj kullanılması gerektiği için kanalizasyon boruları basınca dayanıklı inşa edilir.

Günümüzde kanalizasyon atıkları göl veya akarsuya bırakılmadan önce arılır. Atıksu arıtımında amaç; sudaki katı maddeler, organik ve mineral maddeler (azot ve fosfor), pestisitler, kimyasal oksijen ihtiyacı, biyolojik oksijen ihtiyacı, hastalık yapan mikroorganizmalar ve diğer bazı kirleticileri azaltmak veya tamamen yok etmektir. Herhangi bir su kaynağına çok miktarda atıksu veya organik madde eklendiği zaman suda çözünmüş oksijen seviyesi düşer ve su canlılarının yaşamını tehdit eder. Sudaki organik maddeler, mikroorganizmalar tarafından parçalanarak daha az veya tamamen zararsız hale getirilir. Atıksuların kalitesini tanımlamada 5 günlük biyolojik oksijen ihtiyacı (BO₅) yaygın olarak kullanılmaktadır. BO₅, sudaki mikroorganizmaların organik maddeleri parçalamak için 5 gün boyunca kullandıkları oksijen miktarını ifade etmektedir ve genellikle 100-300 mg/L arasında değişmektedir. Ayrıca, atık sularındaki azot ve fosfor gibi mineral maddeler ve metaller de miktarlarına göre su kalitesini önemli derecede etkilemektedir. Koliform bakterileri, suda hastalık yapıcı organizmaların göstergesi olarak kullanılmaktadır. Atıksu arıtma sistemleri, BO₅, katı maddeler, bitki besin elementleri (azot ve fosfor) ve mikroorganizmalar için izin verilebilir sınır değerlerine sahiptir ve bu sınır değerlerini aşmayacak şekilde arıtma işlemi yapılması gerekir.

Bir atıksu arıtma tesisi genel olarak, ızgara, kum ve katı parçacık tutucu, ilk çöktürme havuzu, havalandırma havuzu, son çöktürme havuzu ve ileri seviyede arıtma gibi unsurlardan oluşmaktadır. Atıksu arıtma işlemi temelde dört aşamadan oluşmaktadır: Birinci, ikinci, üçüncü ve ileri seviye arıtmadır. Fiziksel arıtma olarak adlandırılan birinci aşamada, atık suyun içerisindeki ağaç dalları ve yapıları, plastik şişeler, kağıt ve yiyecek parçacıkları, kum, çakıl ve diğer yüzücü maddeler gibi büyük parçaların arıtma sistemindeki pompaj ve ekipmanlara zarar vermemesi için seyrekle aralık (yaklaşık 2-3 cm) ızgarada tutulur, öğütülür ve atık sudan uzaklaştırılır. ızgaradan geçen ve hala büyük sayılabilecek parçacıklar bir ızgara içerisindeki motor gücüyle döndürülen bıçaklar yardımıyla öğütülerek daha küçük (0.2-0.4 cm) parçacıklara dönüştürülür. Atıksu bir çöktürme havuzunda belirli bir süre tutularak askıda ki katı maddelerin dibe çökmesi beklenir. Dibe çöken çamursu atık boru ile uzaklaştırılarak ayrı bir arıtma işlemine tabi tutulur. Atıksu katı maddelerinin uzaklaştırılması ve işlenmesi atıksu arıtma işleminin önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Daha sonra atıksu içerisindeki organik maddeler arıtılır.

Biyolojik arıtma olarak tanımlanan ikinci aşamada, atık sudaki yüksek enerjili organik maddeler mikroorganizmalar tarafından besin maddesi olarak tüketilir ve bu işlem sırasında biyolojik oksijen ihtiyacı (BOI) ortaya çıkmakta-

dir. Biyolojik arıtmamanın amacı, enerji seviyesini düşürerek BOI'nı azaltmaktır. Bu aşama için üç farklı yaklaşım kullanılmakta olup bunlar; sabit film, askıda film ve lagün sistemleridir. Sabit film sistemlerinde mikroorganizmalar küçük kaya parçacıkları, kum veya plastik üzerinde yetiştirilir ve atıksu bunların üzerine serpilerek içerisindeki besin maddelerinin mikroorganizmalar tarafından tüketilmeleri sağlanır. Damlatmalı filtreler, dönen biyolojik diskler ve kum filtreler sabit film sistemlerine örnektir. Askıda film sistemlerinde atıksu karıştırılarak mikroorganizmaların askıda kalması sağlanır. Mikroorganizmalar sudaki organik madde ve besinleri yedikten ve askıda birkaç saat kaldıktan sonra çamur olarak dibe çökerler. Aktif çamur, uzun havalandırmaya, oksidasyon havuzu ve kesikli batch reaktör sistemleri askıda film sistemlerine örnektir. Aktif çamur sistemleri, mevcut organik madde miktarının mikroorganizmaya oranı ilişkisinden yararlanarak tasarlanır. Bu iki parametreye değerinin belirlenmesi oldukça zor olduğundan uygulamacılar aynı işlem için, BOI'nın askıdaki katı maddeye oranını kullanmaktadır. Bu oran düşük ve havalandırmaya süresi uzun ise, mikroorganizmalar mevcut yiyecekte en iyi şekilde yararlanacakları için, artırma işlemi çok verimli olacaktır. Bu sistemde az miktarda atık madde oluşacağı için deşarj problemi de minimum olacaktır. Aktif çamur sisteminin başarısı, mikroorganizmaların ayrılması ve çökeltme işleminin başarısı ile doğru orantılıdır. Lagün sistemleri, atıksuların doğal ayrışmaları için birkaç ay tuldükleri sığ havuzlardır. Bu sistemler atık suları artırmak için doğal havalandırmaya ve mikroorganizmaların avantajlarını kullanmaktadır.

Üçüncü aşama artırma işleminde, temizlenmiş atık sudaki mikroorganizmalar ve patojenler klor, flor, ozon veya ultraviyole ışınlarla dezenfekte edilir. Ayrıca, suya kötü koku veren hidrojen sülfid ve diğer gazlar sudan uzaklaştırılır. Ultraviyole ışınlama ile suları dezenfekte etmek kısmen yeni bir metottur ve bu metotta ilgili bilgi bir önceki bölümde verilmiştir.

İleri derece arıtmamanın amacı, önceki üç aşamada sudan uzaklaştırılmayan azot ve fosfor gibi besin maddeleri ile organik ve toksik maddeleri sudan temizlemektir. BOI'nı gidermek amacıyla oksidasyon havuzu ve aktif karbon adsorpsiyonu metotları kullanılmaktadır. Oksidasyon havuzu metodunda, fabrikalardan elde edilen atıksu aerobik olarak faaliyet gösteren büyük havuzlarda depolanır. Alglerin karbondioksit ve güneş ışığını kullanarak ürettiği oksijene ek olarak havadan alınan oksijen, aerobik bakteriler tarafından organik maddeleri parçalamak için kullanılır ve son ürün olarak karbondioksit ve su elde edilir. Bu karbondioksit ek olarak anaerobik bakterilerin organik maddeleri parçalamaları sonucu oluşan karbondioksit, algler tarafından kullanılır ve döngü bu şekilde devam eder gider. Aktif karbon adsorpsiyonu metodunda, aktif hale gelen bir karbon üzerine küçük kolloit parçacıkları yapışır ve birtakım kimyasal reaksiyonlar meydana gelir. Atıksu, içerisinde aktif karbon bulunan kapalı bir kolonun içerisinde aşağıdan yukarıya doğru geçirilir-

ken çeşitli maddeler karbon tarafından tutularak temizlenir. Ayrıca bu metotta organik ve inorganik maddeler de atık sudan uzaklaştırılır. Ters ozmos yönteminde, içerisinde organik ve inorganik kirlenimler bulunan atıksu filtre görevi gören yarı geçirgen bir membrandan geçirilerek sudaki çözülmüş ve askıda katı maddeler temizlenir. Suda çözülmüş katı azot, suyun pH'ı artırılarak elde edilen amonyak gazının buharlaşmasıyla sudan uzaklaştırılmış olur. Ayrıca, nitrobakter ve nitrosomonas gibi bakteriler azotu nitrat iyonuna (NO_3^-) dönüştürdükten sonra havasız ortamda tutularak elde edilen azot gazı (N_2)'nin atmosfere uçmasıyla da azot atık suların uzaklaştırılmış olur. Atıksulardaki fosfor, kalsiyum hidroksit (Ca(OH)_2) ve alüminyum sülfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) kullanılarak uzaklaştırılır.

C. Su Kalitesinin Kontrolü

1. Su Kalitesinin Belirlenmesi

a. pH

Su molekülleri (H_2O veya HOH) kimyasal olarak oldukça kararlı olmalarına karşın, iyonlarına ayrışarak çözeltide hidrojen (H^+) ve hidroksil (OH^-) iyonlarına dönüşme eğilimindedir. Bir çözeltinin pH'sı, o çözeltinin hidrojen iyon konsantrasyonunun bir ölçüsüdür. Bir çözeltide H^+ konsantrasyonunun fazla ve OH^- konsantrasyonunun az olması o çözeltinin asidik, H^+ konsantrasyonunun az ve OH^- konsantrasyonunun fazla olması ise bazik olduğunu gösterir. Her iki iyon konsantrasyonunun birbirine eşit olduğu durumda ise çözelti nötr olarak adlandırılır. Suyun pH'sı, sudaki H^+ konsantrasyonunun negatif logaritmasına eşittir ve şu şekilde ifade edilir:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] = \log \frac{1}{[\text{H}^+]}$$

Bu iyonların (H^+ ve OH^-) konsantrasyonları suyun 1 litresindeki molü (mol/l) olarak ifade edilir ve iyon konsantrasyonlarının çarpımı daima sabittir:

$$[\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = K_w = 10^{-14}$$

Eşitlikte K_w suyun iyon çarpım sabitidir. pH değeri bilinen bir çözeltideki H^+ konsantrasyonu ise şu şekilde hesaplanabilir:

$$[\text{H}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

pH'in 7'den küçük olması $[\text{H}^+]$ 'in yüksek ve çözeltinin asidik olduğunu, pH'in 7'den büyük olması $[\text{H}^+]$ 'in düşük ve çözeltinin bazik olduğunu gösterir.

rir. Nötr bir çözeltide ise $[H^+] 10^{-7}$ 'dir veya pH 7'ye eşittir. Suyun pH'sı değişik metotlar kullanılarak belirlenmesine rağmen günümüzde elektronik cihazlar yaygın olarak kullanılmaktadır. pH, pH metre denen ve uygun bir elektroda sahip elektronik cihazla ölçülür. Hidrojen iyon konsantrasyonuna karşı duyarlı olan elektrotlar, gelen sinyali elektrik akımına dönüştürürler. Diğer bir metot ise renk değişimine uğrayan asit-baz indikatörünü kullanmaktır. Yaygın olarak kullanılan indikatör ise pH kağıdıdır. Bazılık, suya standart bir asit çözeltisi ekleyerek ve iki farklı kimyasal indikatörünün renk değiştirmesi için gerekli olan çözelti miktarı ölçülerek belirlenebilir.

pH'in 7'den küçük olduğu asidik koşullarda yüzey veya yer altı suyunda bulunan metalik parçalar aşınmaya (korozyon) maruz kalırlar. pH'in 11'in üzerinde olduğu durumlarda korozyon minimumdur. Suyun asidik-bazik özelliklerini kavramak, su kimyasını anlamamın temelini oluşturmaktadır. Bazılığın artması, biyolojik faaliyetleri hızlı bir şekilde artırarak solunum ve çürümeden dolayı atmosfere daha fazla karbondioksit bırakılmasına neden olmaktadır. Su organizmaları ve biyolojik artma işlemleri, pH'in izlenmesi veya kontrol edilmesini gerektirir.

b. Çözünmüş Oksijen

Oksijen suda az çözünbilmesine karşı sudaki balıklar, bitkiler ve aerobik bakterilerin hepsi solunum için gerekli olan oksijeni sudan karşılarlar. Oksijen suya atmosferden direkt absorbe edilerek veya algler ve su bitkilerinin fotosentezi sonucu suya alınır ve organik maddelerin ayrışması ve solunum sonucu tüketilir. Normal sıcaklıklarda suda çözünabilen maksimum oksijen miktarı yaklaşık 9 mg/L'dir ve bu miktar sıcaklık arttıkça hızlı bir şekilde azalmaktadır. Organik maddelerin ayrışması sırasında mikroorganizmalar oksijeni tüketmektedirler. Böylece, akarsular ve göllerde ötrofikasyona neden olan aşırı organik maddeler oksijen açığına neden olur. Özellikle, organik maddenin çok ve çözünmüş oksijen (ÇO) seviyesinin düşük olduğu yaz aylarında durgun sularda yaşayan canlılar daha çetin yaşam mücadelesi vermektedir. Dolayısıyla, kaliteli bir suda aerobik biyolojik ayrışmanın olabilmesi için yeterli kadar oksijenin bulunması gerekir. ÇO seviyesinin 5 mg/l'nin altına düşmesi su canlılarında strese neden olmakta, birkaç saat için 1-2 mg/l'nin altına düşmesi durumunda ise çok sayıda balık ölmektedir.

Akarsuyun hacmi ve hızı, iklim, sudaki organizmaların cinsi ve sayısı, deniz seviyesinden yükseklik, çözünmüş veya askıdaki katı maddeler, sudaki organik maddenin miktarı ve organik atıklar gibi faktörler suda ÇO miktarını etkilemektedir. Hızlı akan nehir veya şelalelerde suyun havalanması ve hatta oksijenle doymun hale gelebilmesine karşı, hareket etmeyen sularda oksijen sadece yüzeyde bulunmakta ve derine sızamamaktadır. Sudaki ÇO miktarı

sıcaklık artışına bağlı olarak azaldığı için yaz aylarında kış aylarına oranla oksijen miktarı daha azdır. Fotosentez sırasında bitkiler suya oksijen verir fakat solunum esnasında sudan oksijen alır. Bakteriler ve funguslar, sudaki organik maddeleri ayrıştırırken oksijeni kullanırlar. Dolayısıyla, sudaki organizmaların cinsi (bitki, bakteri veya fungus) ÇO konsantrasyonunu etkilemektedir. Deniz seviyesine yakın bölgelerde atmosferik basınç yüksek olduğu için, oksijen suda daha kolay çözünür. Düşük seviyedeki çözünmüş veya askıdaki katı maddeler, oksijenin suda daha kolay çözünmesine neden olmaktadır. Organik madde içeriği yüksek olan sular alg popülasyonunu artırır ve bunların ölmesi sonucu bakteriler bunları ayrıştırırken sudaki çözünmüş oksijeni tüketirler. Kanalizasyon atıkları ve gübrelerde bulunan azot ve fosfor, mikroorganizmalar için besin kaynağıdır. Sudaki ÇO miktarı mikroorganizmaların çeşitliliğini de etkiler.

c. Biyolojik Oksijen İhtiyacı

Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), bir litre sudaki organik maddenin aerobik mikroorganizmalar (bakteriler) tarafından ayrıştırılması sırasında tüketilen oksijen miktarını ifade eder. Kağıt fabrikaları, besin üretim ve işleme fabrikaları ve su arıtma tesislerinden akarsulara ve göllere atılan aşırı organik maddeler ile tarımsal alanlar ve kentlerde kullanılan gübrelerdeki azot ve fosfor akarsulara ve göllere karışarak ayrışmaları sonucunda bakteri popülasyonu ve bunun bir sonucu olarak da BOİ artar. Organik madde miktarı azaldıkça, BOİ da azalacaktır. BOİ'nin artmasıyla sudaki mevcut oksijen bakteriler tarafından tüketileceği için ÇO seviyesi düşer ve sudaki balıklar, böcekler ve diğer canlılara yeterince oksijen kalmaz. Böylece, su kaynaklarındaki biyolojik çeşitlilik azalır.

BOİ'ni ölçmek için test edilecek sudan eşit miktarlarda iki şişe alınır ve oksijenle doymurmak için hacmi bilinen arıtılmış su ile çözeltir. Sıcaklık, zaman ve ışık alınan örnekler üzerinde etkili olduğu için, alınan örneklerin eşit koşullar altında değerlendirilmesi gerekir. Sıcaklığın artması, metabolik faaliyetleri arttıracığı için oksijen tüketimini de arttıracaktır. Kullanılan oksijen miktarı zamana bağlı olarak da artmaktadır. Şişenin ışık alması durumunda şişede bulunan algler ışığı ve oksijeni kullanarak organik maddeyi parçalar. Şişenin birindeki oksijen konsantrasyonu oksijen metre ile ölçülür ve diğer şişedeki konsantrasyon 5 gün sonra ölçülmek üzere şişenin ağzı sıkıca kapatılarak kapalı bir yere konur. Birinci şişe okumasından ikinci şişe okuması çıkartılarak BOİ hesaplanır. Beş-gün BOİ (BO₅) yaygın olarak kullanılmakla birlikte, 2-gün, 10-gün veya herhangi bir gün için BOİ da hesaplanabilir. BOİ seviyesinin 1-2 mg/L olması iyi olarak değerlendirilmekte ve bu durumda suda çok organik madde yoktur. BOİ seviyesinin 3-5 mg/L olması suyun kısmen temiz oldu-

ğunu gösterir. BOI'nın 6-9 mg/L olması suyun kirlendiğini gösterir. BOI'nın >100 mg/L olması suyun organik madde ile oldukça kirlendiğini gösterir.

d. Kimyasal Oksijen İhtiyacı

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), belirli miktardaki organik maddenin kimyasal madde ile ayrıştırılması (oksidasyon) sırasında tüketilen oksijen miktarıdır ve genellikle mg/L olarak ifade edilir. BOI'nda organik maddenin ayrıştırılması bakterilerle sağlanırken, KOI'nda aynı işlem kimyasal madde kullanılarak yapılmaktadır. Oksidasyon işlemi, oksitlenme yeteneğinin yüksekliği ve çok değişik örneklerde kolaylıkla kullanılabilmesi nedeniyle genellikle potasyum dikromat ($K_2Cr_2O_7$) kullanılır. Bu maddenin belirli bir miktarı, ölçülmüş olan örneğe katılır ve karışım kaynatılır. Bu işlemin kimyasal denklemi:



Reaksiyonun solundaki ilk bileşik organik maddeyi ifade etmektedir. Kaynamadan sonra kalan dikromata, demirli amonyum sülfat eklenerek ölçülür. Başlangıç ve kaynamadan sonraki dikromat arasındaki fark, organik maddenin oksidasyonunda kullanılan dikromatı verir. BOI'nı saptarken belirli bir gün (2,5, 10 veya diğer) beklemek gerekir, fakat KOI'nı belirlemede bu süre daha kısadır. BOI'nın aksine, KOI'nı belirlerken tüm organik madde ayrıştırıldığı için, KOİ değerleri BOİ değerlerinden daima daha büyüktür (Vesilind, 1975).

e. Koku ve Renk

Koku ve renk suyun fiziksel özelliklerindedir. Bu iki parametre, daha ziyade suyun estetiği ile ilgilidir ve suyun insan sağlığına etkisini belirtmez. İnsanların suyun kokusunu algılama kabiliyetleri farklıdır. İnsanın birine göre su septik kokusu verirken, koku alma duyununu kaybetmiş diğerine göre hiç bir olumsuzluk hissedilmeyebilir. Soğuk ve sıcak suyun her ikisi de belirli bir kokuya sahip olmalarına karşı, insanlar sıcak suyun kokusunu daha kolay fark ederler. Hava ile temas halindeki su, koku kimyasallarını havadan almaktadır. Örneğin, buzdolabındaki su, aynı ortamda bulunduğu yiyecek veya içeceklerin kokusunu absorbe eder. Akarsular ve göllerdeki mikroskobik bitkiler (algiler) koku kimyasalları üretir. Yapraklar ve diğer bitki atıkları gibi çürüyen organik maddeler, suya çimensi veya ağaçsı bir koku verirler. Tarımsal veya endüstriyel kirlenmeye maruz kalan sular, koku kimyasallarını içerir ve genellikle petrol ürünleri veya plastik kokusu verirler. Sudaki organik maddeler veya atıklar, kötü koku ve rengin temel kaynağını oluşturmaktadır. Suyun kokusu, kokulu su örneğinin kokusuz su ile koku fark edilmeyinceye kadar seyreltilerek belirlenir. Bu ölçüm daha ziyade sübjektif bir ölçümdür.

Suyun rengini tanımlama kişiden kişiye değişir. Gökkyüzü koşulları, o anki zaman, su yüzeyi koşulları, askı maddeleri ve suya bakış açısı gibi değişik faktörler, insanların suyun rengini algılamalarını etkiler. Askı maddelerinin az olduğu açık güneşli bir günde su mavi görünmesine karşı, aynı su bulutlu günde gri renklidir. Güneş doğarken veya batarken suyun rengi koyu olmasına karşı, güneş tepede veya tepeye yakın olduğu zamanlarda, mavi veya mavi-yeşil renge bürünmektedir. Düz yüzeyli sular renksiz görünmesine karşı, dalgalı sular renkli görünmektedir. Bulanık suya güneş ışıkları yönünde bakıldığı zaman normal su renginde gözükmesine karşı, tepeden bakıldığında bulanıklığın derecesine göre su farklı renklerde görünebilmektedir. Suyun rengi, içerisindeki çözünmüş veya askı maddelerinin cinsine ve miktarına bağlı olduğu için onun kalitesi hakkında bir fikir verir. Ayrıca su, bazı renkleri diğerlerinden daha fazla absorbe eder. Örneğin, su molekülleri kırmızı ışığı absorbe etmesine karşı, mavi ışığı onun kadar absorbe etmez. Sonuçta, su mavi ışığın çoğunu geri yansıtır. Göller ve okyanuslardaki askı maddeleri ve canlı ve cansız bitki ve hayvan atıklarının varlığı mavi ışığın geri yansıtılarak onların mavi görünmelerine neden olmaktadır. Sudaki askı maddelerinin cinsine bağlı olarak su farklı renklerde görünebilir. Çamurlu akarsular kırmızı ışığı mavi ışıktan daha fazla yansıtıkları için, kahverengi olarak görünürler. Organik madde içeriği yüksek göller ışığın tamamına yakını absorbe ettiği için siyah renkli görünebilir. Suyun rengi, standart renklerle karşılaştırma yoluyla ölçülür.

f. Katı Madde

Toplam çözünmüş katı maddeler, suyun belirli bir hacmindeki mineraller, tuzlar, metaller veya çözünmüş anyonlar ve katyonlardır ve mg/L olarak ifade edilir. Ağaç yaprakları ve dalları, endüstriyel atıklar, kalsiyum bikarbonat, azot, fosfor, sülfür ve diğer mineraller, deniz suyu sızıntısı, yollarda buz çözüme amacıyla kullanılan tuzlar, kanalizasyon atıkları, içme suyu artırımında kullanılan kimyasallar, taşkın suyu ve tarımsal alanlardaki yüzey akışlar, toplam çözünmüş katı maddelerin kaynağını oluşturmaktadır. Toplam katı madde, çözünmüş ve askıdaki katı maddelerin toplamına eşittir. Tuz veya çay şekerinin bir bardak suda çözünmeleri çözünmüş maddeye, küçük toprak taneliklerinin suda çözünmeden askıda kalması ise askıda katı maddeye örnektir. Katı askı maddeleri, ağaç atıkları gibi suda çözünmüş veya çökelmiş maddelerin dışındaki maddelerdir. Genelde, toplam çözünmüş katı inorganik madde konsantrasyonu sudaki pozitif yüklü katyonlar (kalsiyum, magnezyum, sodyum, demir ve manganez) ile negatif yüklü anyonların (karbonat, bikarbonat, klor, sülfat ve nitrat) toplamından oluşmaktadır. Suda çözünmüş elektrik yükü bu iyonlar, suyu iyi bir elektrik ileticisi haline getirir. Saf suyun elektriksel iletkenliği sıfır iken, toplam çözünmüş katı madde konsantrasyonu arttıkça suyun elektriksel iletkenliği de artmaktadır. Genel olarak bu iyonlar insan sağlığına karşı bir tehdit oluşturmazlar. Çok az rastlansa da bu inorganik iyonların

bazıları toksik etkiye sahiptirler. Buna ek olarak su kaynakları, pestisit gibi tarımsal faaliyetler sonucu suya karışan çözünmüş organik kirleticileri de içerebilir. Klor, sülfat, bakır, demir, mangan, çinko ve toplam çözünmüş katıların suyun estetik kalitesini etkileyen iyon kirleticilerdir.

Su bir filtreden geçirildiğinde filtreden geçen maddeler çözünmüş, filtrenin üzerinde kalan maddeler ise askı maddesi olarak adlandırılır. Katı maddeler, yüksek sıcaklıkta buharlaşan ve buharlaşmayan diye de iki kısma ayrılır. Organik maddeler yüksek sıcaklıkta yandığı için buharlaşan, inorganik maddeler ise buharlaşmayan gruba örnektir. Bir su örneğindeki buharlaşan katı askı maddeleri yakıldıktan sonra tekrar tartılarak belirlenebilir. İkisi arasındaki ağırlık farkı buharlaşan askı katı maddesidir.

Suda istenmeyen tat ve kokunun oluşmasına neden olduğu, su arıtma sistemlerindeki filtreleri tıkadığı, suyun sertliğini artırarak borularda problemlere neden olduğu ve sucul yaşamı etkilediği için, sulardaki toplam çözünmüş katı madde miktarının düzenli olarak test edilmesi gerekir. Suda çözünmüş toplam katı madde miktarı, değişik metotlarla sudan uzaklaştırılabilir. Su, karbon filtre veya ters ozmoz yöntemindeki yarı-geçirgen membranlar geçerken birçok bileşik filtre tarafından tutulur. Saflaştırma yönteminde su kaynatılarak buharlaştırılır ve su buharı soğuk bir yüzeye çarptırılıp yoğunlaştırılarak tekrar sıvı hale dönüştürülür. Katı maddeler buharlaşmayacağı için tabanda çöker. İyonlara ayırıştırma yönteminde su, pozitif ve negatif elektrotlar arasında geçerken iyon seçici membranlar pozitif iyonların negatif elektrotta, negatif iyonların da pozitif elektrotta doğru ayrışmasını sağlar. Böylece, yüksek safılıkta iyonize olmuş su elde edilir. Amerikan Çevre Koruma Ajansı (USEPA), toplam çözünabilir katı madde konsantrasyonunun maksimum 500 mg/L olması gerektiğini belirtmiştir. Bu değer 1000 mg/L'den yüksek olursa insanların o suyu kullanmalarının sağlık açısından sakıncalı olduğu ifade edilmiştir.

g. Besin Elementleri (Azot ve Fosfor)

Azot atmosfer gazının % 78'ini oluşturduğundan, bitkiler ve hayvanlar için temel besin kaynağıdır. Azot değişik formlarda olabilir ve azot döngüsü ile bu form değişmektedir (Brady ve Weil, 2002). Hayvanlar bitkileri yerler ve azotlu bileşiklerin bir kısmı amonyak şeklinde dışarıya atarlar. Ayrıca, ölen bitkiler ve hayvanlar çürüdüğüce, proteinler amonyağa (NH_3) dönüşürler. Amonyak, özel bakteriler yardımıyla nitrit (NO_2^-) ve nitrate (NO_3^-) dönüşür. Bu olaya nitrifikasyon denir. Bitkiler büyümeleri için gerekli azotu topraktan nitrat ve amonyum (NH_4^+) formunda alırlar. Çevrede nitrat birikimini önlemek için bazı bakteriler nitratı azot gazına dönüştürürler ve bu olay denitrifikasyon olarak adlandırılır. Bazı baklagiller ve çim bitkileri havadaki azot gazını alarak toprakta bitkilerin kullanması amacıyla yararlı organik azota dönüştürür.

Bazı bakteriler de aynı işlemi, yani, havadaki azot gazını nitrat formuna dönüştürebilir. Bu işleme azot fiksasyonu denir. Azot döngüsü, canlı organizmalar arasında besin ve enerji döngülerinin önemli bir parçasıdır ve karmaşıktır. Normalde ekolojik çevrede azot döngüsü sağlıklı bir şekilde devam etmekte, fakat zamanla tarımsal alanlarda aşırı derecede kullanılan gübrelerden, kanalizasyon atıklarındaki besin maddelerinden ve hayvan atıklarından kaynaklanan aşırı azotu dönüştürmekte ekolojik çevre yetersiz kalmaya başlar. Sonuçta, su kaynakları azot bakımından zenginleşerek ötrofikasyon meydana gelmektedir. Bu olay sonucu su organizmalarına toksik olan yüksek seviyelerde amonyak ve nitrit oluşmaktadır. Organik maddelerin çürümesi sırasında sudaki oksijen, mikroorganizmalar tarafından hızlı bir şekilde tüketilerek metan, hidrojen sülfür ve diğer zararlı gazlar oluşmaktadır. Azot bileşikleri suda çözümlenmeleri için su ile hareket etmelerine karşı, fosfor toprak parçacıklarına yapışmaktadır.

Azotun bütün bu formları kolorimetrik tekniklerle analitik olarak ölçülebilir. Herhangi bir iyon bazı bileşiklerle birleşir ve bir renk oluşur. Bu rengin yoğunluğu, ilgili iyonun konsantrasyonu ile doğru orantılıdır. Renk, Nessler tüpü yardımıyla görsel karşılaştırma yoluyla ya da fotometrik olarak ölçülür. Fotometrik sistem, bir ışık kaynağı, bir filtre, örnek ve fotoselden oluşmaktadır. Sadece belirli dalga boylarına sahip ışık filtreden geçebilir. Yüksek konsantrasyonda kimyasal içeren renkli bir örnek, çok az bir ışığın geçmesini sağlar (Vesilind, 1975).

Fosfor, çözünmüş inorganik mineral, organik parçacıklar ve çözünmüş organik bileşikler şeklinde bulunabilir. Hava ile toprak arasında fosfor alış-verişi olmaz ve belirli bakteriler ancak döngüsünü yapar. Aşırı fosfor, azot gibi su kaynaklarında hızlı bitki büyümesi sonucu oksijen yetersizliği ve organik madde birikimini teşvik ederek benzer problemlere neden olmaktadır. Ancak, fosfor genelde toksik etkiye sahip değildir (Brady ve Weil, 2002).

Atık sularında fosfor, organik ve inorganik formlarda bulunabilir. Organik fosforun kaynağı yiyecek ve evsel atıklar, inorganik fosforun kaynağı ise sentetik deterjanlardır. Doğadaki fosforun tamamı, biyolojik faaliyetler sonucu bitkiler tarafından tekrar kullanılmak üzere inorganik forma dönüşür. Asit çözeltide örnek kaynatılarak inorganik forma dönüştürüldükten sonra kolorimetrik yöntemle toplam fosfor miktarı ölçülebilir.

Herhangi bir su kaynağında azot ve fosfor konsantrasyonu arttıkça, alg popülasyonu artar, oksijen azalır, balıklar ölür, suyun berraklığı azalır ve suyun arıtılma işlemleri sırasında problemlerle karşılaşılır. İçme sularındaki aşırı nitrat, yetişkinlerde bir problem oluşturmamasına karşı, özellikle bebeklerde sağlık problemlerine neden olmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri Halk Sağ-

lıği Servisi, insan sağlığı için maksimum nitrat konsantrasyonunu 10 mg/l olarak belirlemiştir.

h. Mikrobiyolojik Ölçümler

Tifo ve kolera gibi hastalıklar suyuyla insanlara bulaşır. Mikrobiyolojik ölçümler, koliform adı verilen bir grup bakteri indikatörü kullanılarak yapılır. Koliform bakteriler kolaylıkla elde edilebilir, basit bir test ile kolaylıkla belirlenebilir ve genellikle zararsız ve yaygın olarak bilinen patojenlerden daha uzun süre yaşarlar. Suda çok sayıda koliform bakterisinin varlığı, o suyun patojenik organizmaları içerebileceğini gösterir, fakat patojenin kesin var olduğu anlamına gelmez. Suda her bir organizmanın neden olduğu hastalığı tespit etmek kolay değildir. Ayrıca, ayrıntılı bakteriyolojik analiz için gerekli teknikler de karmaşık ve zaman alıcıdır. Suyun bakteriyolojik kalitesini ölçmede en yaygın olarak kullanılan metot, fekal kirlenmenin olduğu durumlarda daima mevcut olan koliform bakteri için test yapmaktır. Koliform bakterisini ölçmede kullanılan metotlar: membran filtrasi testi, çoklu tüp fermentasyon testi ve standart kap sayımıdır. Membran filtre yönteminde, su örneği steril düz yüzeyli bir filtreden geçirilerek koliform bakterisi yakalanır. Koliform konsantrasyonu koliform/ml olarak ifade edilir. Standart kap sayımı yönteminde, gerekli besin elementleri içeren steril el kalınlığındaki yumuşak madde su örneğine daldırılır, inkübe edilir ve koloniler sayılır. Uygun bir şekilde korunan ve geliştirilen bazı yer altı su kaynakları, arıtmaksızın içme suyu bakteriyolojik standartlarını karşılayabilir. Buna karşı, yerüstü su kaynakları kullanılmadan önce daima klorlama yoluyla dezenfekte edilmelidir. Yer altı su kaynaklarında demir bakterisi suda tat ve koku problemlerine neden olabilir.

2. Su Kalitesi Yönetimi ve Standartları

Su kalitesi yönetiminin amacı, kullanılmayacak derecede kirlenmiş olan su kaynaklarını gerekli düzenlemelerle kullanılabilir hale getirmek ve temiz su kaynaklarının kirlenmesini engellemektir. Her bir su kaynağının ne amaçla kullanılacağı belirlendikten sonra bu amaca uygun su kalitesi parametrelerinin hangi sınırlarda olacağı açıkça belirlenmelidir. Belirlenen standartlar kanunlarla desteklenerek su kaynağına deşarj yapmakta olan belediye veya sanayi kuruluşlarının atık sularını standartlara uygun olarak deşarj yapmaları sağlanmış olur. Ülkemizde, iç sulara ve denizlerde kirlenmenin önlenmesi ve su ürünlerinin korunması amacıyla 1971 yılında "1380 Sayılı Su Ürünleri Kanun ve Tüzüğü" çıkarılmıştır. Kanun, Tarım Bakanlığına bağlı Kuruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir. Su kaynaklarına karşı kirlenme yükleri belirlenen standart değerlere ulaşmış ise yeni deşarjlara izin verilmez veya mevcut deşarjlar arttırılır (Karpuzcu, 2004).

Su kalitesi standartlarını belirlemedeki amaç akarsu, göl veya yer altı su kaynaklarında çeşitli kirlenme konsantrasyonlarının üst sınırlarını belirlemektir. Su kalitesi standartlarını belirlemeden önce, suların kullanım amaçlarına göre sınıflandırılması ve buna bağlı olarak kirlilik sınırlarının belirlenmesi gerekir. Su kalitesi kriterleri, su kalitesi parametrelerinin konsantrasyon veya elektriksel iletkenlik gibi değerlerini ifade eder. Su kalitesi standartları ise, su canlıları ve insan sağlığını korumak için sudaki maddelerin maksimum konsantrasyonlarını belirleyen düzenlemelerdir. Ülkemizde, 1982 Anayasasının 56'ncı maddesinde 'Sağlıklı bir çevrede yaşama hakkı' kavramı, ilk kez 11 Ağustos 1983 tarihinde 2872 sayılı Çevre Kanunu ile yasalaştırılmıştır. Bu kanunun 8, 9, 11, 12 ve 13. maddelerini kapsayan "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği" 1987 yılında da yasalaşmıştır. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği 2004 yılında bazı değişikliklerle son halini almıştır. Kentsel yerleşimlerdeki endüstrilerde oluşan atıksuların su kaynaklarına deşarjından önce belirlenen arıtma kriterlerine uygun olarak arıtma yapıp yapılmadığının kontrol edilmesi ve kriterlere uygun arıtma yapmayan sanayicilerin cezalandırılması gerekir. Ayrıca, kent içi atıksu sistemleri veya kanalizasyonlardan oluşan atıksular benzer şekilde arıtılmalı, aksi taktirde ilgili kurum veya kuruluş cezalandırılmalıdır. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, analiz yöntemleri, teknik esaslar, tehlikeli ve zararlı maddeler, idari esaslar ve ödemeler ve toplu atıksu altyapı tesisleri gibi yönergeleri içermektedir (Uslu ve Türkman, 1987).

Su kalitesi ile ilgili kurumlar, akarsu kalitesi ve sıvı atık kalitesi olmak üzere iki çeşit standart kullanmaktadır. Akarsu standartları, akarsularla ilgili su kalitesi standartlarını içermektedir. Örneğin, bir akarsuda çözünmüş oksijen seviyesinin 5 mg/L olması isteniyorsa, o akarsuya karşı su atıklarının bu standardı sağlayacak şekilde kontrol edilmesi gerekir. Genel olarak sıvı atık standartlarını belirlemek ve kontrol etmek kolay olmasına karşı, hangi sıvı atığın ne oranda kontrol edileceğini belirlemek oldukça zordur. Amerika Birleşik Devletlerinde bile su kalitesini düzenleyen kanunlar bazı eyaletlerde 1965 yılından önce yapılmışsa da, ülke genelinde kanunlar bu tarihten sonra yapılmaya başlanmıştır. Bu tarihte ABD Kongresi, Su Kalite Kanununu (Water Quality Act) çıkartmış ve her eyaletin kendi su kalitesi standartlarını belirlemesini ve eyaletteki akarsuları bu standartlara göre sınıflandırmasını istemiştir. Birçok eyalet, Tablo 1.1'de verilen standartları benimsemiştir.

Tablo 1.1. Tipik akarsu kalitesi standartları.

Akarsu sınıfı	Kullanıldığı Yer	ÇO (mg/L)	Koliform bakterisi
A	İçme suyu	>5	<50/100 ml
B	Su sporları ve balıkçılık	>4	<500/100 ml
C	Su ile temas gerektirmeyen sporlar, yüzme yapılmaz, balıkçılık	>4	<5000/100 ml
D	Tarımsal ve endüstriyel amaçlı, fakat balıkçılık, yüzme ve içme suyu olarak kullanılmaz	>3	-

Kaynak: Vesilind, 1975.

1969 yılında Ulusal Çevre Koruma Ajansı (NEPA) kanunu kongreden geçirilmiş ve çevresel konular üzerinde büyük bir etki yapmıştır. Bu kanun, bütün çevre kuruluşlarının herhangi bir proje yapmadan önce çevre etki değerlendirmesi raporu hazırlamasını zorunlu kılmıştır. 1972 yılında ulusal düzeyde Temiz Su Yönetimi kanunu çıkarılmış ve bu kanunla 1985 yılına kadar sularda 'sıfır atık' politikası benimsenmiş ve böylece su atılmadan önce içindeki zararlı maddelerin tamamının alınması amaçlanmıştır. 1977 yılında Temiz Su Yönetimini iyileştirme yasası çıkarılmasıyla bütün atıkların uzaklaştırılmadan önce en iyi kirlilik kontrol teknolojisi kullanılarak arıtılması amaçlanmıştır. Günümüzde Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (USEPA), yaklaşık 100 çeşit toksik kirleticinin atık limitlerini belirlemede yetkili ve sorumludur (Vesilind, 1975).

USEPA, halk sağlığı ile ilgili ulusal birinci kalite içme suyundaki maksimum kirleticici konsantrasyonu standartlarını belirleyen düzenlemeleri yapmakla yetkili ve sorumlu bir kurumdur. Ulusal ikinci kalite içme suyu standartları tat, koku, renk ve suyun diğer bazı estetik özellikleri ile ilgili zorunlu olmayan federal düzeydeki önerilerdir. USEPA'nın içme suyu kalite standartları Tablo 1.2'de verilmiştir. Ülkemizde uygulanan içme suyu standartları TS266 çerçevesinde belirlenmiş olup 1997 yılında yürürlüğe girmiştir (Tablo 1.3). Amerikan standartlarında organik kirleticilerin ayrı ayrı olarak sınır değerleri belirtilmesine karşın TS266 da ayrı ayrı belirtilmemiştir. İnorganik kirleticiler ve bunlara ait değerler benzerlik göstermektedir.

Tablo 1.2. USEPA içme suyu kalite standartları (Birimleri belirtilmeyen parametrelerin birimi mg/L'dir)

Kirleticici	EPA Standartları		
	1	2	3
Organik kirleticiler			
Aldikarb	0.007	0.007	
Atrazin	0.003	0.003	
Benzin	0.005	0	
Karbondotetraklorid	0.005	0	
Endrin	0.002	0.002	
Etilbenzin	0.7	0.7	
Hezoklorobenzen	0.001	0	
Lindane	0.0002	0.0002	
Monoklorobenzen	0.1	0.1	
Tetrakloroetilen	0.005	0	
Toluene	1.0	1.0	
Toxaphene	0.003	0	
Triklorobenzen	0.07	0.07	
Trikloroetilen	0.005	0	
Vinilklorid	0.002	0	
Xylenes	10	10	
Toplam trihalometan	0.10	0	
İnorganik kirleticiler			
Arsenik	0.05	-	
Baryum	2	2	
Kadmiyum	0.005	0.005	
Kromyum	0.1	0.1	
Bakır	1.3	1.3	1.0
Siyanid	0.2	0.2	
Florid	4.0	4.0	2.0
Kurşun	0.015	0	
Civa	0.002	0.002	
Nikel	0.1	0.1	
Azot olarak nitrat	10	10	
Azot olarak nitrit	1.0	1.0	
Selenyum	0.05	0.05	