

SU KİMYASI, SUDAKİ SAFSIZLIKLAR VE SUYUN ARITILMASI

A. SU KİMYASI ve SUDAKİ SAFSIZLIKLAR

Su kimyası, suyun arıtılması ve deiyonize su elde edilmesiyle ilgili karşılaşabileceğimiz temel kavramlar ve tanıtıcı bilgiler aşağıda özetlenmiştir:

Su, bileşiminde hidrojen ve oksijen bulunan kararlı bir moleküldür. $H_2 + 1/2 O_2 \rightarrow H_2O$ su moleküllerinin dipol özelliğinden dolayı kuvvetli bir çözücü olması sebebiyle de doğada saf olarak bulunması çok zordur. Örneğin; yağmur suyunda; yağmurun yeryüzüne düşerken atmosferden çözerek aldığı oksijen, azot, karbondioksit, hidrojen sülfür vs. gibi gazlar bulunmaktadır. Dünyadaki su kaynaklarını yeraltı ve yüzey suları olarak iki başlık altında toplayabiliriz. Yeraltı sularında yerküre katmanında bulunan kalsiyum, magnezyum, demir, silis vs. gibi çeşitli maddeler bulunmaktadır. Yeraltı suları buldukları bölgenin jeolojik yapısına, yeraltı katmanının durumuna ve kaynağın derinliğine bağlı olarak değişik nitelikler gösterirler. Nehir, göl gibi yüzey suları da aynı şekilde buldukları bölgenin jeolojik yapısına bağlı olarak değişik nitelikler gösterirler. Yeraltı sularının yüzey sularına göre en büyük avantajları çevre kirliliğinden daha az etkilenmeleri ve bünyelerinde daha az miktarda askıda katı madde ihtiva etmelidir.

Tatlı sular, yüzeysel su kaynakları ve yeraltı aküferlerinden temin edilir. Yüzeysel su kaynakları, genel olarak bulanık ve tortuludur ve sulama amaçlı kullanımlar dışında mutlaka filtrasyon gereklidir. Yeraltı suları ise, çözülmüş madde konsantrasyonu açısından oldukça zengindir. Yeraltı katmanları arasındaki süzülme esnasında yüksek miktarda katı madde, çözülmüş formda yeraltı suyuna karışır. Yeraltı sularının TDS açısından zengin olma sebebi de budur. Yeraltı sularında genelde rastlanan TDS değeri 600 – 900 mg/lt TDS'dir.

1. SULARIN ÖZELLİĞİNİ BELİRLEYEN TANIMLAR

Yeraltı ve yüzey sularının özelliklerini, içeriklerinde bulunan çözülmüş katı maddeler yani katyonlar (kalsiyum, magnezyum, demir gibi + değerlikli elementler) ve anyonlar (klorür, bikarbonat, karbonat, silis gibi - değerlikli element ve moleküller), askıda katı maddeler (kil, çamur vs.), organik maddeler, renk ve koku veren maddeler ile çözülmüş gazlar (oksijen, karbondioksit, hidrojen sülfür vs.) belirlemektedir. Suların özelliklerini belirleyen tanımlar aşağıda belirtilmiştir.

a) Suyun pH Değeri:

pH suyun asitlik veya bazlık durumunu gösteren logaritmik bir ölçüdür. Çözeltide bulunan H^+ iyonu konsantrasyonunu ifade eder. Saf su H^+ ve OH^- iyonları açısından dengededir ve pH değeri 7'dir. pH, H^+ iyonlarının elektrik potansiyellerine bağlı olarak veya renk indikatörleri (örneğin; fenolfitalein) ile ölçülebilir.

pH<7 ise ortam asidik,
pH>7 ise ortam baziktir.

Çevre Mühendisliği uygulamalarında sık kullanılan pH değeri, su temininde, kimyasal koagülasyon, dezenfeksiyon, sertlik giderme ve korozyon kontrolü gibi işlemlerde önem taşır. TS-266'ya göre, içme sularında pH 6,5 – 8,5 tavsiye edilen değerdir. Bu parametre içme suyunun güvenliği hakkında doğrudan bilgi vermez. Düşük pH'lı ve düşük TDS'li sular, korozif oldukları için borulardaki birtakım zehirli metalleri çözebilirler. Yüksek pH'a sahip sularda ise pH'ı yükselten kimyasalların zararlı olup olmadığı belirlenmelidir. pH, suyun içeriğindeki H⁺ (Hidrojen) iyonlarının konsantrasyonunun eksi logaritmasıdır. $pH = \text{Log} [1/ (H^+)]$ diğer bir deyişle, suyun pH değeri suyun asitlik - bazlık özelliğini belirleyen bir kavramdır. Hamsuyun pH değerini, suyun içeriğindeki bikarbonat, karbonat, hidroksit ve karbondioksit belirler. Su, asidik, nötr veya bazik olarak tanımlanır. pH 0-7 arası asidik (pH azaldıkça asidik özellik artar.), 7 nötr (asit yada baz özelliği yok) 7 - 14 arası bazik (pH artıkça bazik özelliği artar.) olarak nitelendirilir. Hidroklorik Asit (HCl), Sülfürik Asit (H₂SO₄), ve Karbonik Asit (H₂CO₃) asitlere, Sodyum Hidroksit (NaOH), Potasyum Hidroksit (KOH) bazlara örnek olarak verilebilir.

b) İletkenlik (Kondüktivite):

İletkenlik bir sıvıdaki iyonların elektrik akımı iletim miktarını ölçerek, sıvı içerisindeki iyon konsantrasyonunu belirtir. Yani, sıvının iletkenliği, sıvı içindeki toplam çözülmüş katı madde miktarıyla doğru orantılıdır. İletkenlik birimi, direnç biriminin tersi olup s/cm'dir.

c) Sertlik:

Suyun sertliği, evsel, ticari ve endüstriyel kullanımlarda en çok rastlanan problemdir. Suyu sertlik veren mineraller daha çok suda çözülmüş olarak bulunan kalsiyum ve magnezyum mineralleridir.

Sertlik, su içinde çözülmüş (+2) değerlikli iyonların (Ca⁺², Mg⁺², Sr⁺², Fe⁺², Mn⁺² vb.) varlığının sonucudur. Ca⁺² ve Mg⁺² iyonları doğal sularda diğer iyonlardan daha fazla bulduklarından, çoğunlukla sertlik, Ca⁺² ve Mg⁺² iyonlarının konsantrasyonlarının toplamı olarak ifade edilir. Diğer iyonlar genellikle kompleks formda oldukları için sertliğe fazla bir katkıları olmaz.

Bir suyun sertliği, sabunu çökeltme kapasitesinin ölçüsüdür. Sabun suda yaygın olarak kalsiyum ve magnezyum iyonları ile çökeltilir. Diğer bazı metallerin iyonları da (Al, Fe, Mn, Sr, Zn) sabunu çöktürmekle beraber bunlar genelde kompleks formda oldukları için sertliğe fazla katkıları olmaz.

Sularda sertlik ikiye ayrılır:

- i. **Geçici Sertlik:** Sudaki kalsiyum ve magnezyum bikarbonat tuzlarının miktarını belirler. Su ısıtıldığında geçici sertlik veren maddeler karbondioksit vererek, ayrışır ve kalsiyum karbonat ve magnezyumhidroksit çökerek sudan ayrılırlar. Bu şekilde ısıtılarak giderilen sertliğe "**Geçici Sertlik**" denir.

ii. **Kalıcı Sertlik:** Magnezyum ve kalsiyum sülfat, nitrat ve klorür tuzlarından oluşan sertliğe ise “**Kalıcı Sertlik**” denir. Kalıcı sertliği oluşturan tuzlar ısı ile ayrılmazlar.

Toplam sertlik değeri çeşitli birimler ile ifade edilebilir.

Alman sertliği (dH),
Fransız sertliği (FrH)
Amerikan sertliği ppm (CaCO₃) gibi.

Bu sertlik birimlerinin arasındaki bağıntılar aşağıda verilmektedir:

1 dH (Alman sertliği) = 1,78 FrH (Fransız sertliği) = 17,8 ppm CaCO₃
Amerikan sertliği 1 Fr sertliği = 10 mg/lit CaCO₃ sertliği

Fransız sertliği (Fr) veya mg/lit CaCO₃ ülkemizde yaygın olarak sertlik sınıflandırmasında kullanılan birimlerdir. Suyun içindeki sertlik iyonlarının konsantrasyonunu tanımlamada kullanılır.

Suyun sertlik sınıflaması şu şekilde verilebilir.

Çok yumuşak	0 – 5 Fr
Yumuşak	5 – 10 Fr
Orta sert	10 – 20 Fr
Sert	20 – 30 Fr
Çok sert	>30 Fr

İçindeki CaCO₃ dikkate alınarak sular sertlik derecelerine göre, aşağıdaki gibi de sınıflandırabilirler.

Toplam sertlik (mg CaCO ₃ /lt)	Sınıflandırma
0-75	yumuşak su
75-100	orta sertlikte su
100-300	sert su
>300	çok sert su

Sertlik artışı, suyun iletkenliğinin de artmasına sebep olur. Sertlik giderilirse;

- Sabun ve deterjan sarfiyatı azalır.
- Korozyon kontrolüne yardımcı olur.
- Taşlaşmanın önüne geçilir.

Sertlik giderme yöntemleri;

- Kireç-soda yöntemi
- Sodyum hidroksit ile muamele
- Sodyum sülfatla yumuşatma
- İyon değiştirme gibi yöntemler kullanılır.

Sertliği giderilmiş sulara genel anlamda **yumuşak su** adı verilir.

Yumuşak bir suya sahip olmak tasarruf sağlar. Endüstriyel kullanımlarda ısıtıcı ve proses teçhizatı, eşanjör, kazan ve borularda kireçlenmeyi önleyerek daha iyi bir ısı transferi, daha az yakıt veya soğutma suyu kullanımı, kireçlenmeden oluşan boru, eşanjör tıkanmaları, basınç ve akışkan debisi düşümleri önlenmiş olur. Evsel kullanımlarda ve temizlik sektöründe daha az sabun ve temizlik malzemesi kullanılır. Su tesisatı daha uzun ömürlü olur. Sert su tesisatta mineral kalıntılara yol açar. Yumuşak suda ise bu kalıntılar olmaz. Tıkanmadan oluşan su debisi düşmesi ve basınç azalmasıyla karşılaşmaz. Sert suda kalorifer tesisatındaki kireçlenme yakıt tüketiminin artmasına sebep olur. Yumuşak su kullanıldığında su ısıtma araçları daha uzun ömürlü hale gelir. Yumuşak su sert suyun bıraktığı tortu ve kireç birikintilerini bırakmaz. Isıtıcınızda kireç kalıntıları olmadığından en az %20 enerji tasarrufu sağlanır. Su kullanan tüm cihazların ömrü uzar. Kahve, çay makinasından, nemlendirici buhar makinasına kadar, tüm araçların kullanım ömrü uzar. Yumuşak suyun insan cildi üzerinde de yararları vardır. Yumuşak suyla banyo yapıldığında cilt daha yumuşak olur. Ciltde sabun kalıntıları kalmaz. Cildin doğal yağı minerallerle kaplanmadığı için ciltler daha yumuşak ve sağlıklı olur. Sert sularda sabun çökeleği banyo veya duş sonrasında insan derisine yapışır. Deri gözeneklerini tıkar ve saç tellerini kaplayarak sertleştirir. Deriye yapışan bu kütle, bakteri üremesi için elverişli bir ortam yaratır. Cildi temizlemek için daha az sabuna ihtiyaç duyulur. Bu özellikler daha küçük çocuklar için de önemlidir. Küçük yaşlarda ciltler sabun ve temizlik ürünlerine karşı daha hassastır. Yumuşak suyla az miktar sabun ve şampuan uzun süre kullanılır. Saçlar sertlik veren minerallerden oluşan bir tabakayla örtülmediğinden daha yumuşak olur ve kolay şekillenir. Bu ise kolay taranmayı ve karışmamayı sağlar. Yumuşak su kullandığınızda fark ettiğiniz ilk şey daha az temizlik malzemesi kullanıyor olmamızdır. Bulaşık deterjanı, şampuan, çamaşır deterjanı ve sabunu daha az kullanırsınız. Bunun sebebi yumuşak suyun çok güçlü temizleyici bir güç olmasıdır. Daha az temizlik malzemesi kullanılıp daha iyi sonuç alınır. Elbiseler ise yumuşak su ile temizlendiğinde uzun ömürlü ve parlak olur. Sert su mineralleri kumaşta bırakır. Bu ise onların donuk ve kirli görünmesine neden olur. Ayrıca, banyo ve mutfak teçhizatlarında bardak ve tabaklarda lekeler ve çizgiler oluşmaz. Sert suyun bıraktığı film tabakası ve sabun kalıntıları olmadığı için kirli yerler ve duvarlar daha kolay ve hızlı temizlenir.

d) Toplam Çözünmüş Katı Madde (Total Dissolved Solids (TDS)):

Toplam Çözünmüş Madde (TDS) suların mineral ve iyon zenginliğini gösteren önemli parametrelerden birisidir. Çünkü, tabiatta sular, kaynaklarına göre, TDS konsantrasyonları açısından farklılıklar gösterirler. 1500 mg/lt TDS konsantrasyonu "Tatlı Su" kaynakları için üst limittir. 5000 mg/lt TDS'ye sahip sular genel olarak "Acı Su" olarak tabir edilirken daha fazla TDS içeren sular "Tuzlu Su" olarak tanımlanır.

Sularda yüksek oranda TDS bulunması (>2000 mg/Lt) hemen her kullanım amacı için suda iyon giderme işlemini gerektiren bir durumdur. Bu tip bir su, endüstriyel veya sosyal su temininde kısıtlı amaçlar haricinde kullanılamayacağı gibi, sulama suyu amaçlı olarak da kullanılamaz.

Sudaki toplam çözülmüş katılar, inorganik tuzları ve az miktarda organik maddeleri içerirler. Gerek yüzey suları, gerekse yeraltı suları ilişkide oldukları toprak ve taş malzemeden mineral çözerler. Çözülmüş inorganik maddeler, suda iyon olarak bulunur. Suda bilinen en genel iyonlar aşağıdaki gibidir:

KATYONLAR	ANYONLAR
Ca ⁺²	HCO ₃ ⁻
Mg ⁺²	Cl ⁻¹
Na ⁺	SO ₄ ⁻²
Fe ⁺²	NO ₃ ⁻
Mn ⁺²	CO ₃ ⁻²

Bunların yanında sular ağır metal iyonlarını (kurşun, civa, kadmiyum vb.) ve organik maddeleri de içerebilirler. Çözülmüş organik kimyasallar, pestisitler, herbisitler gibi küçük miktarlarda bile insan ve hayvanlar üzerinde toksik etki gösterirler. Trihalometanlar (THM) ve dioksin gibi suda çözülmüş organik maddelerin çoğu kanser yapıcıdır. Bu tip organikler suda çözülmüş iyon formunda ve düşük konsantrasyondadırlar.

Yukarıda bahsedilen iyonlar, suda elektrik iletimini sağlarlar. Yüksek değerlerde bu özellik, metal yüzeyler için koroziftir. Aşırı TDS borular içinde tabakalaşmaya da sebep olabilir. İçme suyundaki yüksek konsantrasyonları ishal etkisi gösterebilir.

Toplam çözülmüş katılar, sadece reverse osmosis ve demineralizasyon prosesleri ile uzaklaştırılabilir. Yumuşatıcılar TDS'i gidermez.

TDS'i çok düşük olan sular, agresif ve koroziftirler. Dolayısıyla, özel kullanımlarda tedbir alınmalıdır. Örneğin; bu sular depolanacaksa deponun metal yerine, plastik olması tercih edilmelidir.

TDS Sudaki toplam çözülmüş katı madde miktarını belirler. İletkenlik ile arasında aşağıdaki belirtildiği gibi bir orantı vardır;

$$\text{TDS ppm (g/ton)} = 0,50 \times \text{ilet } \mu\text{s/cm}$$

Saf sularda;

$$\text{TDS ppm (g/ton)} = 0,68 \times \text{ilet } \mu\text{s/cm}$$

İletkenliği 1000 s/cm den küçük sularda;
TDS ppm (g/ton) = 0,75 x ilet μ s/cm

İletkenliği 1000 - 4000 s/cm olan sularda;
TDS ppm (g/ton) = 0,82 x ilet μ s/cm

e) Alkalinite:

Suyun içeriğinde bulunan hidroksit (OH), karbonat (CO₃) ve bikarbonatlar (HCO₃) suyun alkalitesini oluşturur. Alkalinite, P (Fenol Alkalinite) ve M (Metil Alkalite) alkaliniteleri ile belirlenir.

P (Fenol Alkalinite) değeri : Hidroksit (OH) + 1/2 Karbonat (CO₃)

M (Metil Alkalinite) değeri : Bikarbonat (HCO₃) + Hidroksit (OH) + Karbonat (CO₃) olarak belirtilir.

f) Klorür (Cl):

Suyun içerisindeki klorür iyonlarının konsantrasyonu gösterir. Kazan ve soğutma suyu devrelerinde konsantrasyon sayısının ve blöf miktarlarının belirlenmesinde önemli bir rol oynar.

Klorür, tüm doğal veya kullanılmış sularda çok yaygın bir şekilde bulunan iyon türüdür. Sulara yeraltı formasyonlarından çözünme yolu ile ya da tuzlu su – tatlı su girişimleri sonucu katılabilir. İnsan ürününden günde kişi başına ortalama 6 gr kadar klorür atılmaktadır. Klorürün normal konsantrasyonlarında bir sağlık sakıncası yaratmadığı bilinmektedir. Ancak, 250 mg/l'ten yüksek konsantrasyonlarda tuz tadı oluşmaktadır. Klorür suyun iletkenliğini artırdığı için korozyonu kolaylaştırır. Konsantrasyonların yüksek olduğu sularda klorür; tat, korozif eğilim ya da yumuşatma prosesine ters etki ile varlığını gösterir.

g) Demir (Fe):

Özellikle yüksek basınçlı derecede ısı olan sistemlerde (buhar kazanı gibi) demir depozitlerinin oluşması açısından dikkat edilmesi gereken demir iyonlarının kaynağı hamsuyun kendisi veya sistemlerdeki korozyondan kaynaklanan korozyon ürünleridir. Bu açıdan hem hamsuyun ıslahında, hem de sistemlerin korozyona karşı korunmasında demir miktarlarına dikkat edilmelidir.

h) Silis (SiO₂):

Özellikle yüksek basınçlı buhar kazanları ve buhar türbin sistemleri olmak üzere, tüm buhar kazanları ve soğutma sistemlerinde kışır oluşumu yapabilecek olan ve suyun doğal içeriğinde bulunan anyonlardan birisidir.

Pek çok suda silis SiO₂ bulunmaktadır. Bu çok doğaldır. Çünkü doğada en çok bulunan element silis olup, kazan taşlarını oluşturur. Kazan taşları içinde en tehlikeli olanı budur. Bu taşların kalsiyum sülfat ve kalsiyum karbonattan oluşan taşlara nazaran ısı transfer kabiliyeti on kat daha azdır.

Silisyumdioksit SiO₂ formülü ile ifade edilir. Sert ve camsı bir mineraldir. Kum, kuartz, kumtaşı ve granit gibi çeşitli formlarda bulunur. Aynı zamanda, pek çok bitki ve hayvanın iskelet yapısında da bulunmaktadır.

Silikatlar ise; silisyum ve oksijen ile kombine olmuş, alüminyum, kalsiyum, magnezyum, demir, potasyum, sodyum vb. metal bileşikleridir. Silikatlar tuzlarda olduğu gibi sınıflandırılır. Silikatlar; asbest, mika, talk pudrası gibi çeşitli gruplara ayrılır. Kolloidal ve kristal halde bulunabilirler. Kolloidal halde iken koagülasyon + filtre prosesleri ile arıtılabilirler, kristal halde bulunduğu ise kimyasal ve fiziksel arıtımı zordur.

i) Sülfat:

Sülfat, çevre sularına doğal yollardan karışan en önemli iyonlardan biridir. Bütün doğal sularda değişen miktarlarda sülfat bulunur. Bazı endüstriyel atık suların sülfat miktarı fazla olup, doğal sulara karıştıklarında onların da sülfat miktarını artırır. Sülfür bileşikleri, çeşitli reaksiyonlar sonunda oluşturdukları tat, koku, toksidite ve korozyon gibi problemleriyle önemli kirletici durumdadırlar. Suda yüksek sülfatın anlamı; yüksek sertlik, yüksek sodyum tuzu ve yüksek asiditedir. Sodyum sülfat ve magnezyum sülfat, insanlarda müshil etkisi gösterdiklerinden 250 mg/lit üst sınırla sınırlandırılmıştır. Hayvanlar için ise bu sınır 1000 mg/l olarak belirlenmiştir. Bunun yanında sülfatlar suya acımsı tat verirler. Sülfatlar, kazan sularında CaSO₄ ve MgSO₄ çökeltileri oluşturduğundan, bu tip sularda çok düşük miktarlarda tutulmalıdırlar. Evsel atık suların uzaklaştırdığı beton kanallarda, anareobik koşulların oluşması ve bakteri faaliyetleri ile SO₄⁻² H₂S'e dönüşür. H₂S kanalın üst bölümünde toplanır ve rutubetle birleşerek, H₂SO₄ oluşturur. Bu olay, borularda korozyonun ve parçalanmanın en büyük sebebidir. Sülfatlar çimento ile birleştiklerinde de büyük kristallerin meydana gelmesine ve bu nedenle borunun şişmesine ve parçalanmasına sebep olurlar. Korozif etkisinin izlediği konsantrasyon 100-250 mg/lit olarak belirlenmiştir. Sülfat arıtım yöntemleri reverse osmosis, distilasyon, oksidasyon veya anyon değiştirici olarak sayılabilir.

j) Demir ve Manganez:

Demir ve manganez yeraltı sularında hemen her zaman, yüzeysel sularda ise yılın bazı aylarında yüksek konsantrasyonlarda bulunmaları nedeniyle içme ve kullanma suları bakımından sorun yaratmaktadırlar. Demir ve manganez (manganez) suda çözünmeyen (Fe^{+3} ve Mn^{+4}) ile çözünen (Fe^{+2} ve Mn^{+2}) hallerinin her iki şeklinde de bulunmaktadır. İki değerlikli demir ve manganez, genellikle yeraltı sularında bulunur.

Gerçekte demir doğal sularda şu şekilde bulunur:

Çözünür demir iyonları.

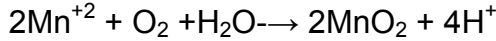
Demir iyonları (asidesi yüksek sularda çözünür).

Demir hidroksit (doğal veya alkali sularda çözünmezler).

Demir oksit.

Organik bileşiklerde kombine halde veya demir bakterileri bünyesinde bulunur.

Su, hava ile temas ettiğinde CO_2 havaya karışırken moleküler oksijen suya karışmaya başlar. Oksijen, demir (Fe^{+2}) iyonlarını oksitleyerek, Fe^{+3} 'e dönüştürür. Bu bileşik çözünmez jelatimsi bir yapıya sahiptir ve bulunduğu yüzey üzerinde birikimler yapar. Aynı şekilde Mn^{+2} iyonları da Mn^{+4} 'e dönüşürler.



Demir ve manganezin yüksek konsantrasyonlarda olması, su iletim hatlarında demir bakterilerinin çoğalmasına neden olur. Bu bakteri kütleleri suya kırmızı-kahverengimsi renk verirler. Demir bakterilerinin çoğaltılmasıyla borularda kesit daralması, boru, vana, su saatleri gibi aksamaların tıkanması problemleri ortaya çıkar. Ayrıca, borularda biriken bakteriler zamanla tutunduğu ortamdan koparak, suyun kirlenmesine sebep olur. Demir ve manganez bakterilerine örnek olarak crenotrix, gallionella, leptothrix verilebilir.

Demir ve manganez içme sularında istenmeyen renk ve bulanıklığa sebep olurlar. Su borularının iç cidarlarında birikerek, kesit daralmasına ve tıkanmalara yol açarlar. Aynı zamanda çamaşır, kumaş ve porselen eşya üzerinde konsantrasyonları yüksek sular; kağıt, deri, dokuma, plastik, gıda gibi sanayilerde kullanıldıklarında ürünün renk ve tadında değişmelere sebep olduklarından istenmezler.

k) Diğer Katyon ve Anyonlar:

Suyun içeriğinde yukarıda belirtilen maddeler haricinde, su kaynağının bulunduğu yerin jeolojik yapısına bağlı olarak suyun içeriğinde katyonlar (mangan, bakır vs.) ve anyonlar (sülfat, nitrat vs.) gibi çeşitli maddeler suyun içerisinde çözülmüş halde bulunur. Bunlar, yukarıda belirtildiği gibi Toplam Çözülmüş Katı Maddeler kapsamında incelenir.

l) Çözülmüş Gazlar:

Suyun atmosferle teması esnasında atmosferde bulunan gazları çözerek, bünyesine aldığı oksijen, karbondioksit, azot vs. gazlardır. Özellikle oksijen ve karbondioksit bizim açımızdan en önemli gazlar olarak öne çıkmaktadır.

m) Çözülmüş Oksijen:

Çözülmüş oksijen su içinde çözülmüş halde bulunan oksijen konsantrasyonu olup, katot reaksiyonu verir. Tatlı sularda 1 atm basınçta, havanın oksijeninin çözünürlüğü 0 °C'de 14,6 mg/l ve 35 °C'de 7mg/l'dir. Oksijen suda çok az çözünen bir gaz olduğundan çözünürlüğü, verilen sıcaklıkta atmosfer basıncı ile doğrudan değişmektedir.

Bir suyun içerdiği çözülmüş oksijen miktarı şu faktörlere bağlıdır;

- i. Yüksek basınç altında, oldukça yüksek miktarda oksijen çözünür. Basınç azaltıldığı zaman azaltılma oranı kadar gaz çıkışı olur.

Oksijenin çözünürlüğü doğrudan doğruya kısmi basınçla ilgilidir. (Henry Kanunu)

Henry Kanunu; Sabit sıcaklıkta, sıvı içinde çözünen gaz miktarı doğrudan basınç miktarına bağlıdır.

Örnek olarak; sıcaklık sabit kalmak şartıyla, oksijenin 1 gr'ı suyun 100 cm³'ünde çözünürse (atmosferik basınç altında), oksijenin 2 gr'ı da, atmosferik basıncın iki katında çözünür.

- ii. Sudaki mineralin miktarı, oksijeni çözme yeteneğini etkiler. Distile su, yüksek mineral içerikli suya göre daha çok oksijen absorblayabilir. Deniz suyu ve kuyu suları, taze yüzey sularına göre daha az çözülmüş oksijen içerirler.

n) Azot:

Azot doğal dolanımı olan, bakteriler tarafından besi kaynağı olarak kullanılan ve kimyasal yollardan değişik oksidasyon kademelerinde bulunan ve sularda sık sık görülen bir parametredir.

Azot Türleri

NH ₃ -N	:	Amonyum Azotu
Org-N	:	Organik Azot
NO ₂ -N	:	Nitrik Azotu
NO ₃ -N	:	Nitrat Azotu

Amonyak doğal sularda genellikle amonyum (NH₄) halinde bulunur ki buna **serbest** veya **tuz halindeki amonyak** denir. Sularda amonyak, kimyasal ve fiziksel olaylar veya mikroorganizma faaliyetleri sonucunda oluşur. Kimyasal ve fiziksel olaylar sonucunda oluşan amonyağın sağlığa zararı yoktur. Ancak, mikroorganizma faaliyetleri sonucunda oluşan amonyak organik madde kaynaklı olma ihtimali bakımından tehlikelidir. 0.5 ppm'den büyük değerlerde amonyak kirliliğin belirtisidir.

Nitrit (NO₂); İçme suyunda kesinlikle istenmez. Güneş ışığı ve bazı bakteriler nitratları nitrite dönüştürülür.

Nitrat (NO₃); Azotlu organik bileşiklerin son yükseltgenme ürünleridir. Kuyu sularında nitrat genelde daha fazla bulunur. Özellikle bebeklerde blue-baby denilen hastalığa neden olur. Vücudu morarmaya başlayan bebeklerde bu hastalık ölüme dahi neden olabilir.

Nitratlar suya topraktan geçmiş olabilir. Fakat amonyak ve nitritten kaynaklıysa tedbir alınmalıdır. Çünkü nitritlerin mevcudiyeti suda kirlenmeyi ifade eder. Nitritler yüksek miktarda organik madde ile bulunursa daha büyük bir kirlenme sözkonusudur. Amonyak da bazı bakteri türlerinin çoğalmalarına sebep olur ki bunlar suya kötü koku verirler.

Bu azot türleri alıcı ortama aşırı miktarlarda verildiklerinde organizmalar tarafından kullanılırlar. Bu alıcı ortam içerisini de ötrofikasyona (alg patlaması sonucu oksijen azlığı) sebep olur. Biriktirme haznelerinde alg patlamasını önlemek için hazneye giren azot, fosfor ve karbon konsantrasyonlarını azaltmak ve ışığı kontrol etmek gerekir. Ayrıca, haznedeki algleri çeşitli kimyasal maddelerle öldürmekte çözüm yollarından biridir. Ancak haznedeki canlı hayatı da göz önünde bulundurulmalıdır.

Azot Giderme Metodları olarak aşağıdaki yöntemler sayılabilir:

- i. Nitrifikasyon ve denitrifikasyon ile biyolojik tasfiye,
- ii. Yüksek pH'ta havalandırma,
- iii. İyon değiştirme,
- iv. Reverse-Osmosis.

o) Florür:

Sularda bulunan florür, miktarına bağlı olarak faydalı veya zararlı olabilir. İçme suyu için tavsiye edilen değer 1 mg/lt'dir. Bu değer dışlar için faydalı olduğu ve diş çürümelerini azalttığı bilinmektedir. Bunu yanında 9 yaşın altındaki çocuklarda yapılan bir araştırma, 2 mg/lt florür içeren suyun dişlerde kahverengi lekeler bıraktığını, 4 mg/lt florür içeren suyun ise kemik bozukluklarına sebep olduğunu göstermiştir. Bu durumda araştırma sonuçlarına göre 1 mg/lt'den fazla florür bulunan sular arıtılmalıdır.

Florür Arıtma Yöntemleri olarak aşağıdaki işlemler sayılabilir:

- i. Reverse Osmos,
- ii. Alüminyum sülfat, magnezyum veya kalsiyum fosfat gibi kimyasallarla arıtım.
- iii. Aktif karbon, aktif alüminyum oksidi, granüler trikalsiyum fosfat yatakları veya iyon değiştirici reçinelerle süzme.

Birinci arıtım metodu pek çok avantaja sahiptir. İkinci arıtım yöntemi ayrıntılı arıtma, dikkatli kimyasal dozlama ve pH kontrolüne gereksinim duyar. Üçüncü arıtım ayrıntılı kontrol istemez. Burada florür absorbe edilir.

p) Bulanıklık:

Bulanıklık askıda katı madde içeren suların ışık geçirgenliğinin bir ölçüsüdür. Bulanıklığın nedeni; suyun içindeki askıda maddelerden, gözle görünecek büyük tortulara kadar her şey olabilir. Kum, kil, silis, kalsiyum karbonat, demir, mangan, sülfür vb. gibi maddeler bulanıklığa neden olurlar. Özellikle; nehir sularında yüksek olan bulanıklık, yağmurlarla taşınan topraktan veya nehre karışan evsel-endüstriyel atık sulardan kaynaklanır. Ayrıca, bu kirlenme sırasında organik maddeler kadar inorganik maddeler de suya karışır. Bu maddelerin bulunması suda bakteri oluşumunu destekler.

Bakteri oluşumu da suda bulanıklığı artırır. Örneğin; azot, fosfor gibi maddeleri kullanan algler büyüyerek, suda bulanıklığa sebep olurlar. Aynı zamanda suda sıcaklık artışı da mikroorganizma faaliyetlerini hızlandırır. Sonuç olarak bulanıklığın nedeni; tamamen inorganik maddeler olabileceği gibi doğadaki pek çok organik de olabilir.

Bulanıklık içme ve kullanma suyu temini için 3 ana nedenle önemlidir.

İçilen suyun mutlaka berrak olması istenir. Çünkü sudaki bulanıklık, canlı faaliyetlerinin olması ile veya muhtemel bir kirliliğe su karışması ile ilişkilendirilir ve sağlık tehlikesi mevcut olabilir. Bu nedenle içme sularında bulanıklık istenmez.

Bulanıklığın artması, suyun filtrasyon maliyetini de artırır. Yüksek bulanıklık kum ve kartuş filtreleri kullanılamaz hale getirebilir, yıkama ve değiştirme süreleri kısılır, maliyeti artar. Yüksek bulanıklık olan sularda kimyasal koagülasyonla bulanıklığa neden olan askıda maddeleri yumaklaştırarak, kum filtrelerinde veya kartuş filtrelerle tutabiliriz.

r) Renk:

Sularda renk; yapraklar, kozalaklı ağaç meyveleri, ağaç ve sebze artıkları gibi organik maddelerin suyla temasında çözünmeleriyle meydana gelir. Bu sular pek çok askıda madde ihtiva ederler.

Suya renk veren hücreler; tanin, hümik asit ve hümattır (ligninin parçalanması ile). Bazan demir, suda ferrik humat formunda bulunarak, yüksek renk potansiyeli oluşturur.

Doğal olarak renk içeren sular, negatif değerlidir. Bu yüzden trivalent metalik iyonların (demir, alüminyum gibi) koagülasyonu ile renk arıtımı yapılabilir.

Suların organiklerden kaynaklı rengine “**gerçek renk (true color)**” denir. Bunun dışında özellikle yüzey sularında askıda maddelerden oluşan renk gözlenebilir. Bu da “**görünen renk (apparent color)**”tir.

s) Koku ve Tad:

Sudaki koku ve tat problemi pek çok faktöre bağlıdır. Bunlar;

Organik madde,
Canlı organizma faaliyetleri,
Demir, mangan ve korozyonun metalik ürünleri,

Fenol gibi endüstriyel atık kirliliği,
Klorlama,
Yüksek mineral konsantrasyonu,
Çözünmüş gazlardır.

Genel olarak; yukarıdaki faktörlere bağlı tat ve koku problemi içme ve kullanma suları için rahatsızlık vericidir. Bazı organik ve inorganik maddeler (aldehitler, ketonlar, sülfür içeren organik bileşikler, H₂S, CH₄ gibi gazlar) özellikle, kanalizasyonlar gibi kapalı sistemlerde kötü kokuya sebep olurlar.

Koku konsantrasyonunu ifade etmek için aşağıdaki terimler kullanılır;

ATC : **Kesin Eşik Konsantrasyonu:** İnsanların %100'ü tarafından algılanabilen minimum konsantrasyon.

TDN : **Eşik Koku Numarası:** Konsantrasyonu ATC'ye indirebilmek için yapılan seyreltme sayısı.

TLV : **Eşik Limit Değeri:** 40 yıllık çalışma hayatı içerisinde insanların günde 8 saat, haftada 5 gün, yılda 50 hafta maruz kalabildiği maksimum konsantrasyon.

MAC : **Maksimum Müsaade Edilebilir Konsantrasyon:** Asla aşılması gereken maksimum konsantrasyon.

Ağızda hissedilen tat duygusu ise aslında koku, tat ve sıcaklığın bir bileşimidir. Eğer su numunesi belirgin bir koku ve sıcaklık içermiyorsa, hissedilen duygu gerçek tat olarak ifade edilir. Demir, mangan, potasyum, klor, potasyum permanganat gibi oksidantlarla etkisiz hale getirilebilir.

t) İçilebilir Suyun Özellikleri:

Su; kokusuz, renksiz, berrak ve içimi hoş olmalıdır. Sularda fenoller, yağlar gibi suya kötü koku ve tat veren maddeler bulunmamalıdır. Su tortusuz ve renksiz olmalıdır.

Su; hastalık yapan mikroorganizma ihtiva etmemelidir. Suda bulunan vibrio cholera, salmonella typhi, hepatit virüsü gibi mikroorganizmalar sudan geçerek hastalığa sebep olurlar. İçme sularının kesinlikle bakteriyolojik kirlilik taşımaması gerekir.

Suda sağlığa zararlı kimyasal maddeler bulunmamalıdır. Bazı kimyasal maddeler zehirli etki yapabilir.

Arsenik, kadmiyum, krom, kurşun, civa gibi.. Bunun yanında baryum, nitrat, florür, radyoaktif maddeler, amonyum, klorür gibi maddeler sınır değerlerinin üzerinde sağlığa olumsuz etkileri olan maddelerdir. Aynı zamanda bazıları suya kirli suların karıştığına göstergesidir.

Sular kullanma amaçlarına uygun olmalıdır. İçme suyu ve sanayide, kullanma sularında demir, manganez ve sertlik değerleri önemlilik arz eder.

Sular agresif olmalıdır. Suların agresifliği, serbest karbondioksit (CO₂) ile bikarbonat (HCO₃⁻) iyonunun dengede olmasından ileri gelir.

Suların agresifliği boruların korozyonuna sebebiyet verir. Ayrıca, boruların aşınması halinde borudan ayrılan elementler su kalitesinin bozulmasına sebep olur.

Suyun sınıflandırılmasında, Türk Standartları'ndan (TS-266)'da geçen ~40 adet parametreden yararlanılmaktadır. Bu parametrelerin analiz edilmesi sonucunda suyun kullanım amacına göre uygunluğu değerlendirilebilir. Bu parametrelerden sadece birisinin standart değerler dışına çıkması suyun içme suyu olarak kullanılmasını engeller

u) Mikroorganizmalar:

Mikroorganizmalar (bakteriler, virüsler, protozoalar vb..) son derece küçük organizmalardır. Bazıları konvansiyonel mikroskoplarda dahi gözükmezler. Yeryüzündeki bütün bakteriler 0.5 mikrondan büyüktür. Suda bulunan bazı mikroorganizmalar hastalık yapıcıdır. Aşağıda bazı mikroorganizmaların isimleri ve sebep oldukları zararlar kısaca açıklanmıştır.

İçme suyunda bulunan bazı bakteriler;

- | | |
|------------------------|---|
| Salmonella | : Yiyecek zehirlenmelerine sebep olur. |
| Shigella | : Bakteriyel dizanterinin sebep olur. |
| Vibrio organizmalar | : Koleraya sebep olur. |
| Campylobacter bacteria | : Mide ve bağırsaklarda yaşar. Ülsere sebep olabilir. |
| Sülfür bakterisi | : Suyu çürük yumurta kokusu verir. Son derece hızlı bir biçimde korozyona sebep olur. |
| Actinomyces | : Suyu kötü koku ve tat verir. |

Cryptosporidiosis: Bu bir tür tek hücreli parazitin neden olduğu hastalığın adıdır. Günümüze kadar bunun bilinen bir tedavisi yoktu. Söz konusu organizma, boyut olarak 3 mikron çapındadır. Bu parazit çoğu kimyasal dezenfektana ve ultraviyole ışınına karşı dayanıklıdır. Ancak 1 mikron filtre veya ters ozmoz membran teknolojisi ile tutulması mümkündür.

Giardiasis: Tek hücreli bir bakterinin neden olduğu hastalığın adıdır. Bir çok zararlı bakteri ancak vücuda birkaç yüz tane beraber girdiğinde hastalık yaparken, bu bakterinin bir tanesi hastalığın başlangıcı için yeterlidir. Serin ve rutubetli ortamlar bu bakterinin sevdiği ortamlardır. Giardiasis daha çok çocuklarda görülür. Çünkü yetişkinler zamanla bağışıklık kazanabilmektedir. Çoğunlukla gastrointestinal hastalıkların nedenidir.

Suda hastalık yapıcı bakteriler olup olmadığı sadece testle anlaşılabilir. Bu testlerin yılda en az bir kez tekrarlanması gerekir. Testin yapılacağı en iyi zaman sonbaharın sonu ve yazın başlarıdır. Hastalık etkenleri olan yukarıda belirtilen mikroorganizmaların bakteriyolojik analizleri zordur. Bu yüzden gösterge indikatör mikroorganizmalar kullanılır. Bunlar;

Koliform bakterisi (özellikle E-koli olarak bilinen E scherichia)
Streptococcus Faecalis
Clostridium Perfringens sporları.

E-kolinin sularda bulunması, zararlı organizmaların varlığının bir işaretidir. Dışkının 1 gr'ında $10^8 - 10^9$ adet E-koli bulunur. Bu sebeple bir içme suyu kaynağı tahlil edildiğinde E-koli bulunmuşsa, bu suyun insan, memeli hayvan veya kuşların dışkılarıyla kirlendiği anlaşılır. Zararlı mikroorganizmaların giderilmesinde, yani dezenfeksiyonunda çeşitli yöntemler kullanılır.

Bunlar kısaca;

Klorla arıtım (tek adımlı yöntem): Klor konsantrasyonu 1 mg/lt olacak şekilde dozlama yapılır ve fazla klor aktif karbon filtre ile alınır.

Ozonla arıtım: Ozon suya enjeksiyonu yapılır.

Ultraviyole ile arıtım: Su ultraviyole cihazından geçirilir ve ultraviyole ışığı bakterileri zararsız hale getirir.

Distilasyon: Su kaynatılır.

Yukarıda anlatılan sistemlerin hiçbiri mükemmel değildir. Her birinin avantaj ve dezavantajları bulunur. Ozon, dezenfektan olması ve hızlı etki etmesine karşın son derece kararsız bir bileşiktir. Bunun yanında üretiminin pahalı olması gibi de bir mahsuru vardır. Ultraviyole de etkisi hızlı dezenfeksiyon araçlarındandır.

Klor kuvvetli ve ozona kıyasla daha kararlı bir dezenfektandır. Ancak suya koku ve tat verir. Bu koku ve tat aktif karbonla alınabilir. Klor etkisini, su gerçek anlamda kullanılıncaya kadar sürdürür. Ozon ve ultraviyolede bu tür bir etki söz konusu değildir. Bu yüzden ultraviyole üniteleri kısa hatlarda ve genelde depo çıkışlarında kullanılır. Distilasyon ise enerji maliyeti çok yüksek olduğundan ekonomik değildir.

Dezenfeksiyonun etkili olabilmesi için dezenfektanın sudaki mikroplarla tam temasının sağlanması gerekir. Ancak özellikle kanalizasyon atıklarındaki patojenler sudaki katı maddelerin içine girerek dezenfektandan kurtulabilmektedir. Bu nedenle, içme suyu olarak kullanılacak sularda bulanıklığın düşük değerlerde olması istenir.

Ayrıca, son yıllarda iyice gelişmiş ve yaygınlaşmaya başlamış olan çağdaş filtrasyon teknolojilerinden mikrofiltrasyon, ultrafiltrasyon, membran, nanofiltrasyon ve reverse-osmos yöntemleriyle her çeşit virüs ve bakterinin tutulması, sudaki istenilen komponentlerin ve iyonların ayrılması imkanı vardır.

Sudaki Hangi Kimyasal Maddeler Ne Tür Rahatsızlığa Neden Olabilir:

Bu konuda aşağıdaki liste verilebilir;

- Arsenik** : Karaciğer ve ciltte kötü huylu tümör oluşumu, kramplar, spazmlar, sinir sistemini etkiler.
- Baryum** : Uzun süreli uyarıcı kas reaksiyonları, sinir blokajı
- Benzen** : Kanser, lösemi, anemi
- Kadmiyum** : Bronşit, anemi, mide rahatsızlıkları
- Karbon Tetraklorid** : Merkezi sinir sistemi baskısı, mide, karaciğer ve böbreklerde hasar, koma ve ölüm
- Klordan** : Karaciğer ve böbrek hasarı
- Klorobenzen** : Solunum sisteminde iritasyon, merkezi sinir sisteminde depresyon

Kloroform	: Karaciğer, böbrek ve kalp etkileri
Kromyum	: Böbrek hasarı, kanser
Bakır	: Mide iritasyonu, çocuk ve bebek ölümü, Wilson hastalığı
Dikloroetilen	: Mide bulantısı ve baş dönmesi
Etilendibromid	: Doğurganlığın azalması
Florit	: Yüksek dozlarda iskelet sistemi hasarı
Heptaklor	: Tümör oluşumu
Lindan	: Kronik karaciğer hasarı, anemi, lösemi
Merkür	: Böbrek yetmezliği, ölüm
Metilen Klorid	: Zehirli
Nikel	: Hiperglisemin, mide ve sinir sistemi rahatsızlıkları
Pentaklorofenol	: İştah kaybı, solunum yetmezliği, uyuşma, koma ve ölüm
PCB	: Cilt ve karaciğer hasarı, mide bulantısı, kilo kaybı, koma, ölüm
Selenyum	: Kanserojen, mukusta tahribat
Sülfat	: Laksatif etki
Tetrakloroetilen	: Merkezi sinir sistemi etkisi, uyuşma, ölüm
Toluen	: Uyuşturucu etki, gözlerde ve solunumda iritasyon
Toksafen	: Akciğer hasarı
Trikloroetan	: Uyuşturucu etki, merkezi sinir sisteminde depresyon, bilinç kaybı, ölüm
Trikloroetilen	: Merkezi sinir sisteminde depresyon, koordinasyon kaybı, bilinç kaybı
Trihalometan	: Kas ve sinir sisteminde etki, bilinç kaybı

- Vinilklorid** : Merkezi sinir sisteminde depresyon, görme ve işitme kaybı, ölüm
- Ksilen** : Mukoz yapı iritasyonu, akciğer tıkanması, böbrek yetmezliği
- Çinko** : Kas sertliği ve acı, iştah kaybı, mide bulantısı
- Kurşun** : Sinir sisteminde, böbreklerde, üreme sisteminde hasar.

Kurşun insan sağlığı için ciddi bir risktir. Suya kurşun kurşunlu borulardan ve contalardan karışabilir. Kurşun insanlarda, hipertansiyon, duyma zorluğu, anemi, böbrek hastalığı ve zeka kaybı yapar. Kurşunun sudan giderilmesi ancak ters ozmoz ünite veya su yumuşatma ünitesi ile mümkündür.

Yumuşatılmış suyun içindeki sodyum:

Normal sağlıklı insanlar için problem yoktur. Ancak, sodyum kısıtlamalı diyetli hastalarda dikkat edilmesi gereklidir. Çünkü yumuşatma sistemlerinde özellikle 30 Fr seviyesinden daha sert suların yumuşatılması esnasında fazla miktarlarda sodyum iyonu verilmektedir.