

**T. C.  
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI**

**İÇME SUYU ARITIMINDA YAYGIN OLARAK  
KARŞILAŞILAN SU KALİTE PROBLEMLERİ VE  
ARITIMI İÇİN ÇÖZÜM ÖNERİLERİ**

**- UZMANLIK TEZİ -**

**HAZIRLAYAN:  
TUĞBA CANAN OĞUZ**

**ANKARA – 2015**

**T. C.  
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI**

**İÇME SUYU ARITIMINDA YAYGIN OLARAK KARŞILAŞILAN SU  
KALİTE PROBLEMLERİ VE ARITIMI İÇİN ÇÖZÜM ÖNERİLERİ**

**- UZMANLIK TEZİ -**

**HAZIRLAYAN:  
TUĞBA CANAN OĞUZ**

**TEZ DANIŐMANI:  
DOÇ.DR MEHMET ÇAKMAKÇI  
YTÜ ÖĞRETİM ÜYESİ**

**ANKARA – 2015**

## İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER .....	ii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
DENKLEM LİSTESİ .....	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. İÇME SUYU KALİTESİ .....	2
2.1. İçme Suyunda Karşılaşılan Kirleticiler ve Kaynakları.....	2
2.1.1. Su kaynağından ileri gelen kirleticiler .....	4
2.1.2. Birincil öncelikli parametreler.....	6
2.1.2.1. Nitrat .....	6
2.1.2.2. Florür .....	8
2.1.2.3. Bakır.....	9
2.1.2.4. Bor .....	10
2.1.2.5. Nikel .....	11
2.1.2.6. Arsenik.....	12
2.1.2.7. Kadmiyum .....	14
2.1.2.8. Krom .....	15
2.1.2.9. Kurşun .....	17
2.1.2.10. Selenyum.....	18
2.1.2.11. Civa .....	19
2.1.2.12. Baryum .....	20
2.1.2.13. Siyanür .....	22
2.1.2.14. Fenoller .....	24
2.1.2.15. Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH).....	26
2.1.2.16. Pestisitler.....	27
2.1.3. İkincil öncelikli parametreler .....	28
2.1.3.1. pH.....	28
2.1.3.2. Renk .....	29

2.1.3.3.	Toplam askıda katı madde (AKM) .....	30
2.1.3.4.	Sıcaklık.....	31
2.1.3.5.	İletkenlik .....	32
2.1.3.6.	Koku.....	33
2.1.3.7.	Alüminyum .....	35
2.1.3.8.	Demir.....	36
2.1.3.9.	Mangan .....	38
2.1.3.10.	Çinko .....	39
2.1.3.11.	Kobalt.....	40
2.1.3.12.	Sülfat .....	41
2.1.3.13.	Klorür .....	43
2.1.3.14.	Anyonik Yüzey Aktif Maddeler .....	44
2.1.3.15.	Fosfatlar .....	45
2.1.3.16.	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) .....	45
2.1.3.17.	Çözünmüş Oksijen (ÇO) .....	46
2.1.3.18.	Toplam Kjeldal Azotu (TKN) ve Amonyak Azotu (NH <sub>3</sub> -N) ....	47
<b>3.</b>	<b>TÜRKİYE'YE ÖZGÜ KİRLETİCİLER İÇİN İÇME SUYU KALİTE STANDARTLARININ BELİRLENMESİ .....</b>	<b>50</b>
3.1.	Türkiye'ye Özgü Kirleticilerin Literatür Taraması .....	50
3.1.1.	Uluslararası alanda belirlenmiş olan standartlar için kullanılan metodoloji.....	50
3.1.2.	Türkiye'ye özgü kirleticiler için uluslararası alandaki uygulamaların taranması neticesinde bulunan değerler .....	52
3.1.3.	Türkiye'ye özgü bitki koruma ürünleri için uluslararası alandaki uygulamaların taranması sonucu bulunan standart değerler.....	60
3.2.	Literatürde Olmayan Kirleticiler İçin Standart Hesaplamaları .....	62
<b>4.</b>	<b>SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>69</b>
	<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>89</b>

## **KISALTMALAR**

AB: Avrupa Birliği

ABD: Amerika Birleşik Devletleri

AC: Aktif Karbon

ED: Elektrodializ

GAC: Granüler Aktif Karbon

İTASHY: İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik

İYKDY: İçme Suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik

MF: Mikrofiltrasyon

NF: Nanofiltrasyon

TCU: Gerçek renk birimi (True Color Unit)

TO: Ters Osmoz

UF: Ultrafiltrasyon

USEPA: United States Environmental Protection Agency (ABD Çevre Koruma Ajansı)

UV: Ultraviyole

WHO: World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)

## ÇİZELGE LİSTESİ

<b>Tablo 2-1</b> İçme Suyu Problemleri ve Kaynakları (Gray, 2008, s. 66) .....	3
<b>Tablo 2-2</b> Derin göl ve barajlarda termal tabakalaşma (Gray, 2008, s. 84) .....	5
<b>Tablo 2-3</b> Klor, klordioksit ve ozonla siyanür giderim karşılaştırması.....	23
<b>Tablo 2-4</b> Bazı klorofenoller için tat ve koku eşik değerleri (WHO, 2011, s. 224) .....	25
<b>Tablo 2-5</b> İçme suyunda renk yapan bazı maddeler .....	29
<b>Tablo 2-6</b> Kokuya sebep olan kimyasallar ve muhtemel kaynakları .....	33
<b>Tablo 2-7</b> Kokuya neden olan 4 ana alg grubu ve neden oldukları koku türleri .....	34
<b>Tablo 3-1</b> Türkiye'ye özgü kirleticiler için uluslararası alandaki uygulamaların taranması neticesinde bulunan değerler .....	53
<b>Tablo 3-2</b> Türkiye'ye özgü bitki koruma ürünleri için uluslararası alandaki uygulamaların taranması sonucu bulunan standart değerler .....	60
<b>Tablo 3-3</b> Örnek bir kimyasal için tür, toksisite deney/gözlem süresi ve toksisite değerleri	62
<b>Tablo 3-4</b> Uluslararası alanda standardı bulunamayan kirleticiler için standart hesaplama sonuçları.....	65
<b>Tablo 3-5</b> Türkiye için önerilen parametreler ve standartları (I. ve II. Grup).....	71
<b>Tablo 3-6</b> Türkiye'ye özgü kirleticiler ve önerilen standartlar (Grup III).....	81
<b>Tablo 3-7</b> Türkiye'ye özgü kirleticiler ve önerilen standartlar (Grup IV).....	85

## ŞEKİL LİSTESİ

<b>Şekil 2.1</b> Katı maddelerin sınıflandırılması.....	31
<b>Şekil 2.2</b> Aerobik şartlarda kirlenmiş sularda azot formlarının değişimi .....	48

## DENKLEM LİSTESİ

<b>Denklem 2-1</b> Nitrat ve nitrit birlikte değerlendirme denklemi.....	7
<b>Denklem 3-1</b> TDI hesaplaması .....	51
<b>Denklem 3-2</b> Kılavuz değer (GV) hesaplaması .....	52
<b>Denklem 3-3</b> NOAEL/NOEL değerleriyle TDI hesaplama .....	63



## ÖZET

Sağlıklı ve güvenli içme suyu temini için; suyun kaynaktan son tüketileceği noktaya kadar bütünsel bir yaklaşımla ele alınması gerekliliğinden yola çıkılarak, içme suyunda yaygın olarak karşılaşılan kirleticiler tek tek incelenerek içme suyu kalitesine kapsamlı bir bakış açısı sunulmaya çalışılmıştır.

Hâlihazırda izlenen kirleticiler, sağlığa olan etkilerine, estetik ya da işletimsel kaygıların önemine göre önceliklendirilmiştir. İnsan sağlığı açısından direk olumsuz etkisinin olduğu bilinen ve bu maksatla limit değer belirlenen kirleticiler birincil öncelikli olarak belirlenmiştir. Estetik, işletme ya da dağıtım şebekesi açısından meydana gelebilecek olumsuzluklar sebebiyle limit değer belirlenen ve belirlenen bu değerlerin çok üzerindeki değerlerde insan sağlığına olumsuz etkilerinden bahsedilebilecek kirleticiler ise ikincil öncelikli olarak belirlenmiştir. Kirleticilerin her biri için su kaynağında, şebekede ya da işletimde karşılaşılan durumlarına ve karşılaşılan konsantrasyon aralıklarına, insan sağlığına olan etkilerine, analiz ve arıtma yöntemlerine ayrıntılı olarak yer verilmiş, bu bilgiler ışığında ilgili parametreler için arıtılabilirliklerine göre arıtma sınıfı limit değerleri önerilmiştir.

Türkiye genelinde hâlihazırda izlenen parametrelerin ayrıntılı incelemesine ilave olarak, ülke özelinde çalışılarak tespit edilmiş olan kirleticilerin ve bitki koruma ürünlerinin uluslararası uygulamada kullanılan standartları araştırılmış, standardı mevcut olmayanlar için Türkiye genelinde kullanılmak üzere standart hesaplamaları yapılarak, belirlenen limit değerler için öneriler yapılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** içme suyu, içme suyu kalitesi, kirleticiler, bitki koruma ürünleri

## **ABSTRACT**

Based upon the necessity of handling drinking water from the source to the consumer point with a holistic approach, common contaminants in drinking water studied individually to present a comprehensive perspective for drinking water quality, in order to supply healthy and safe drinking water.

Currently monitored contaminants prioritized for health effects, aesthetic or operational consideration. Contaminants known for their direct adverse health effects, categorized as primary contaminants. Limit value determined due to problems arising from aesthetic, operational or distribution network concerns and providing this value is far less than the health consideration limit value, the contaminant categorized as secondary contaminants. Contaminants encountered from the source, distribution network or operational considerations were examined for health effects, analyse or treatment methods and in the light of this information, treatment type limit values were determined according to the treatability of the contaminant.

In addition to review of the currently monitored contaminants in Turkey, standards were searched for the contaminants and plant protection products studied as country specific. The standard calculations were made for the contaminants that were not standardized by international practice and recommendations were made for the determined limit values.

**Keywords:** drinking water, drinking water quality, contaminants, plant protection products

## 1. GİRİŞ

Suya ulaşım hakkı, en temel insan haklarından biridir. Uluslararası metinlerde de yer aldığı gibi; herkesin yeterli, güvenli, kabul edilebilir, fiziksel olarak ulaşılabilir ve maddi olarak karşılanabilir suya erişim hakkı vardır. Ancak günümüzde yaklaşık 700 milyon insan güvenilir içme suyu erişiminden yoksundur. Her yıl 1,8 milyon insan kolera gibi diareik (ishalli) hastalıktan yaşamını yitirmektedir.

“Yeterli, güvenli ve kabul edilebilir su” tanımı; dönemsel, coğrafik ve ekonomik koşullara bağlı olarak değişim göstermektedir. Gelişmemiş toplumlarda öncelik dezenfeksiyon yöntemleri ile mikrobiyolojik açıdan güvenli suya ulaşmak iken, gelişmiş toplumlarda su kaynaklarındaki kirliliğin daha karmaşık ve büyük boyutlarda olması ve gelişmiş toplumların “sağlıklı su” beklentisinin zaman içerisinde gelişim göstermesi ile güvenli kabul edilen suların taşınması gereken koşullar da artmaktadır. Yalnızca mikrobiyolojik kaynaklı akut etkileri değil, kronik etkileri (kanserojenik, nörolojik vb.) olabilecek kirleticiler için de araştırmalar yapılmakta, olumsuz etkisi olan/olma potansiyeli taşıyanlar için de önlemler alınmaya çalışılmaktadır.

Tez çalışması kapsamında mevcut içme suyu parametrelerinin, genel özellikleriyle birlikte sağlığa olan etkilerine ve arıtma yöntemlerine, uluslararası alanda faaliyet gösteren kuruluşların önerilerine ve farklı ülke uygulamalarına yer verilmekte, Türkiye genelinde hâlihazırda yerüstü içme suyu kaynakları için kullanılan kalite sınıfları olan A1, A2 ve A3 sınıflarına karşılık gelen standart değerler önerilmektedir.

Mevcut izlenen parametrelere ilave olarak, Türkiye’ye özgü kirletici ve bitki koruma ürünleri için literatür araştırması ile uluslararası uygulamalarda yer bulan standartlar tespit edilmektedir. Hâlihazırda standardı tespit edilemeyen kirleticiler için, uluslararası alanda kabul edilerek kullanılan “günlük tolare edilebilir değer” ve “kılavuz değer belirleme” formülleri ile hesaplamalar neticesinde, Türkiye’ye özgü kirleticiler için Türkiye’ye özgü standartlar belirlenmektedir.

## 2. İÇME SUYU KALİTESİ

İçme suyu kalitesi, 19. yüzyılın sonundan 20. yüzyılın başlangıcına kadar, kolera, tifo ve paratifo gibi bulaşıcı hastalıklara yol açan patojenler açısından ele alınmaktaydı. Sudan geçen ya da su bağlantılı hastalıkların kontrolü günümüzde de önemini korumaktadır. Ancak, 1950 ve 1960'larda, bazı metallerin toksik etkilerinin anlaşılması ve endüstriyel/tarımsal olarak organik kimyasalların üretimi ile kullanımının yaygınlaşması sebebiyle, içme suyundaki kimyasal kirleticilerin kontrolünün de önem arz ettiği fark edilmiştir. 1960'larda bu organik kimyasalların yaban hayatı üzerindeki ciddi etkisinin fark edilmesi, insanlar üzerinde oluşturabileceği potansiyel toksik etkisi ya da kanserojen özellikleri nedeniyle endişeye yol açmıştır.

Patojenlerin çok kısa (24-48 saat) sürede etkisi görülürken, içme suyundaki kimyasal kirleticilerin etkileri daha çok orta (1-5 yıl) ya da uzun (> 10 yıl) sürede ortaya çıkmaktadır (Gray, 2008, s. 65). Bu nedenle daha önce benimsenen mikrobiyolojik esaslı yaklaşımın yerini, içme suyu kalitesinin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin de dikkate alındığı daha kapsamlı bir yaklaşıma bırakmıştır.

Günümüzde ise insan faaliyetleri neticesinde oluşan kirleticilerin sayılarının hızla artışı ve bunların insan sağlığına olan etkilerine ilişkin bilgi birikiminin artması nedeniyle içme suyunda takip edilmesi gereken maddelerin sayısında da oldukça büyük bir artış söz konusudur. Bunun yanı sıra, kirleticilerin ülkeden ülkeye, hatta ülke içinde yerel anlamda dahi farklılık gösterebilmesi nedeniyle, ilerleyen zamanlarda daha yerel ölçekte kirletici tespiti ve bu kirleticiler için tedbir alınması söz konusu olabilecektir.

### 2.1. İçme Suyunda Karşılaşılan Kirleticiler ve Kaynakları

İçme suyunda görülen kirleticiler sadece kaynağa ulaşan ve oradan içme suyuna karışan maddelerden oluşmamaktadır. İçme suyunu bu kirleticilerden arındırmak amacıyla yapılan arıtma işlemleri süresince de kimyasallar ilave edilmekte ya da çeşitli malzemelere temas etmekte ve bu şekilde de çeşitli kimyasallar ve bunların yan ürünleri içme suyuna karışmaktadır. Üçüncü bir kaynak olarak da içme

suyu artıma tesisinden çıkan suyun son tüketiciye ulaşana kadar geçirdiği süreçte ilave edilen kimyasallar ve bu aralıkta temas ettiği malzemeler sayılabilir.

İçme suyunun, sağlıklı ve güvenilir şekilde son tüketiciye ulaşabilmesi için, tüm bu kaynaklardan gelen kirleticilerin doğru tespit edilmesi, tespit edilen kirletici miktarları göz önüne alınarak uygun arıtma yapılması ya da yerinde kontrolün sağlanması gibi tedbirlerin alınması gereklidir.

**Tablo 2-1** İçme Suyu Problemleri ve Kaynakları (Gray, 2008, s. 66)

<b>Su Kaynağı</b>	<b>İçme Suyu Arıtma Tesisi</b>	<b>Şebeke Sistemi</b>	<b>Tesisat</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nitrat</li> <li>• Pestisit</li> <li>• Endüstriyel çözücüler</li> <li>• Koku ve tat</li> <li>• Demir</li> <li>• Manganez</li> <li>• Patojenler</li> <li>• Sertlik</li> <li>• Alg toksinleri</li> <li>• Radyoaktivite</li> <li>• Arsenik</li> <li>• Farmasötikler ve kişisel bakım ürünleri</li> <li>• Endokrin bozucu bileşikler</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alüminyum</li> <li>• Renk</li> <li>• Klor</li> <li>• Koku ve tat</li> <li>• Demir</li> <li>• Trihalometanlar</li> <li>• Patojenler</li> <li>• Florür</li> <li>• Nitrit</li> <li>• Akrilamit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sediman</li> <li>• Renk</li> <li>• Asbest</li> <li>• Koku ve tat</li> <li>• Demir</li> <li>• PAHlar</li> <li>• Patojenler</li> <li>• Hayvanlar/biyo film</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurşun</li> <li>• Bakır</li> <li>• Çinko</li> <li>• Koku ve tat</li> <li>• Korozyon</li> <li>• Patojenler</li> <li>• Asbest lifleri</li> </ul>

### 2.1.1. Su kaynağından ileri gelen kirleticiler

Yüzeysel su kaynaklarının kalite ve miktarı iklimsel ve jeolojik faktörlerin birleşimine bağlıdır. Yağışlarla birlikte toz, polen, kül (volkanlardan), bakteri, mantar sporları ve hatta zaman zaman daha büyük organizmaların da dâhil olduğu kayda değer miktarda katı madde içme suyu kaynaklarına taşınmaktadır. Denizlerden pek çok tuz, evsel ve endüstriyel atmosferik deşarjlardan organik çözücüler ya da asit yağmurlarına sebep olan azot ve sülfür oksitler gibi geniş aralıktaki kimyasallar da yağmurlar vasıtasıyla, yılın belli zamanlarında ve farklı konumlara düşerek su kaynaklarını etkilemektedir.

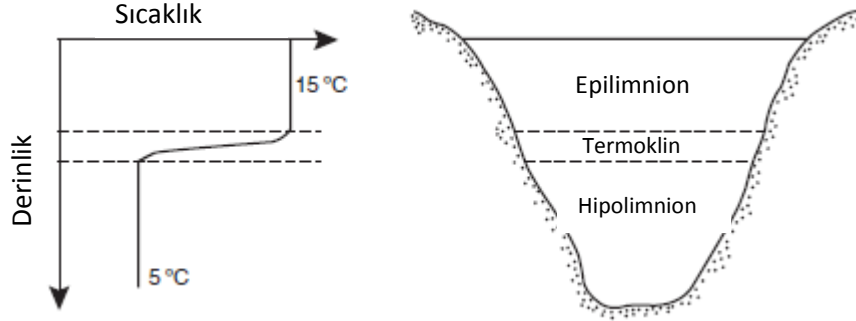
Yüzeysel sulardaki kalite ve miktarı, aynı zamanda havzanın jeolojisine bağlı olarak da etkilenir. Genel olarak, kireç taşı ve kalker yapıdaki havzalarda duru ve sert sular; granit gibi geçirimsiz kayaların ağırlıklı olduğu havzalarda ise bulanık ve yumuşak sular görülür. Bu tür farklılıklar, kireç ve kalker yapıdaki alanlardaki nehirlerin, kaynak suyu olarak doğması ya da akiferlerden nehir yatağının beslenmesi sebebiyle oluşur.

Pek çok gölün giriş ve çıkışı olup, bu durum sebebiyle yavaş akışlı nehirlerle benzetilebilirler. Su uzun süre gölde/barajda kaldığında, bakteriyel aktivite neticesinde suda bulunan organik madde ile fiziksel flokülasyon ve durultma prosesleriyle küçük partiküler madde giderimi sağlanarak su daha temiz hale gelir. Suyun depolanması ile kalitesinde iyileşme gözlenir ancak bu durum aynı zamanda alg popülasyonunun nehirlerle nazaran durgun suda çok daha fazla olmasına ve derin göl/barajların özellikle yaz dönemi termal olarak tabakalaşmasına bağlı olarak suyun kalitesini olumsuz olarak da etkileyebilmektedir.

Termal tabakalaşma sudaki yoğunluk farkından dolayı oluşmaktadır. Suyun en yoğun hali 4° C'de olup, bu sıcaklığın diğer iki tarafında da suyun yoğunluğu daha düşüktür. Yaz dönemi boyunca güneş suyun yüzeyini ısıtır ve yoğunluk düştüğünden daha soğuk ve yoğun olan su gölün/barajın alt tabakasında kalır. Su ısınmaya devam ettiğinde, üst kısımda daha sıcak olan epilimnion ve daha soğuk olan hipolimnion şeklinde iki belirgin tabaka oluşur. Yoğunluktaki farklılıklar sebebiyle, termoklin olarak bilinen statik sınır tabaka sayesinde bu iki tabaka karışmayıp birbirinden ayrı

kalırlar.

**Tablo 2-2** Derin göl ve barajlarda termal tabakalaşma (Gray, 2008, s. 84)



Epilimnion tabakası rüzgâr sayesinde karıştığından tabakanın her yerinde sıcaklık aynı kalır. Bu tabaka hem sıcak olduğundan hem de güneş ışınlarını direk aldığından alglerin gelişimi için uygun hale gelir. Eğer alg gelişimi için azot ve fosfor gibi yüksek miktarda besi elementleri tarımsal yüzey akışı vb. ile suda mevcut haldeyse, ötrofikasyon adı verilen büyük miktarlarda alg gelişimi tüm epilimnion tabakada gözlenir. Daha ciddi durumlarda suyun renginde de büyük değişimler görülebilir. Bu tabakada genellikle su duru ve oksijen oranı yüksek haldedir. Ancak ötrofikasyon meydana geldiğinde, istenmeyen tat ve koku oluşumu ile bazı türlerden salınan toksinler sebebiyle sudan giderilmesi gereklidir. Algler gün ışığının varlığında fotosentez ile oksijen üretir ancak geceleri solunum yaptığında sudaki tüm oksijeni tüketebilir. Bu da balık ölümlerine ve arıtma tesisinde sorunlara sebep olabilir.

Hipolimnion tabakasında ise çok az karışım ve hareket olduğundan, çok çabuk durgun ve oksijensiz hale gelir. Üst tabakalardan gelen ölü algler ve organik madde çökerek bu alt tabakaya iner. Hipolimnionda oksijen tamamen tüketildiğinden oluşan anaerobik koşullar altında demir, mangan, amonyak, sülfatlar, fosfatlar ve silika sedimandan suya doğru geçiş yapar, nitrat ise azot gazına indirgenir. Bu durum suyun içme suyu maksatlı kullanımını uygunsuz hale getirir. Çünkü bu şekilde su demir ve mangan sebebiyle renk ve kötü tat şikayetlerine sebep olacak, amonyak klorla birleşerek oksijeni daha hızlı tüketip, besin elementi gibi davranarak ötrofikasyonun oluşumuna (fosfor ve silika da benzer etkiyi gösterir) ortam hazırlayacak, sülfatlar da klorla reaksiyonu neticesinde oksijen azalmasının yanı sıra kötü koku ve tat meydana getirecektir.

## 2.1.2. Birincil öncelikli parametreler

İnsan sağlığına direk olumsuz bir etkisi olan ve bu etki sebebiyle limit değer belirlenmiş olan parametreler öncelikli parametreler kapsamına alınarak değerlendirilmiştir. Her bir parametrenin genel özellikleri, insan sağlığına olan etkileri, analiz ve arıtma yöntemleri ele alınarak irdelenmiş, elde edilen bilgiler ışığında kalite kategorileri için öneriler geliştirilmiştir (II. Grup Parametreler, Tablo 4-1).

### 2.1.2.1. Nitrat

#### *Genel özellikler*

Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), çevrede doğal olarak bulunur ve önemli bir bitki besinidir. Tarımsal faaliyetlerden, katı atık sızıntı sularından, endüstriyel deşarjlardan ve atıksu deşarjı ile septik tanklar da dâhil olmak üzere insan ve hayvan dışkılarındaki azotlu atıkların oksidasyonu sonucu yerüstü ve yer altı sularına ulaşabilir. Yeni çalışmalarda nitrat seviyelerindeki ani artışların yalnızca gübre kullanımındaki artış gibi sebeplerin değil, fosil yakıtların yanması sonucu salınan azot oksitler ( $\text{NO}_x$ )'lerin de sebep olduğu tespit edilmiştir (Gray, 2008, s. 116).

İdeal koşullarda toprağa uygulanan azotun % 50-70'i bitki tarafından alınır, % 2-20'si uçarak kaybolur. % 15-25'lik kısmı organik maddeyle ya da kil tanecikleri ile birleşir. Kalan % 2-10'luk kısmı ise yerüstü ya da yeraltı sularına ulaşır (Gray, 2008, s. 117). Pek çok ülkede nitrat seviyeleri yerüstü su kaynaklarında 10 mg/L'yi geçmemekle birlikte (WHO, 2011, s. 3), yeraltı sularında nitrat konsantrasyonlarının 1300 mg/L konsantrasyona kadar ulaşabildiği tespit edilmiştir (NHMRC, 2014, s. 458).

Akarsularda nitrat konsantrasyonları, yeraltı sularına nazaran daha hızlı değişim gösterir. Yüzeysel akış dönemlerinde yüksek konsantrasyonların görüldüğü mevsimsel bir değişim düzeninde gerçekleşir. Bu durum özellikle, toprakta azot seviyelerinin arttığı kuru geçen bir yaz sonrası yağışlı sonbahar mevsiminde ortaya çıkar (Gray, 2005, s. 291).

Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) genellikle suda dikkate değer konsantrasyonlarda bulunmamakla birlikte; nitrat içeren ve oksijen açısından fakir içme suları, galvanize



çelik borularda durgun haldeyken, *Nitrosomonas* bakterileriyle nitrit formuna dönüşebilir. Nitrat ve nitritin bu yakın ilişkisi sebebiyle, nitrat için 50 mg/L ve nitrit için 3 mg/L belirlenen limit değerlerin yanı sıra, bir de nitrat-nitrit birleşik bir değerlendirme yapılarak oranlarının toplamının 1'i geçmemesi için limit belirlenmiştir. Bu değerlendirmenin formülü aşağıda verilmiştir:

$$[ \text{NO}_3^- / 50 ] + [ \text{NO}_2^- / 3 ] \leq 1$$

**Denklem 2-1** Nitrat ve nitrit birlikte değerlendirme denklemi

### ***Sağlık üzerine etkileri***

Nitrat, vücut içinde nitrit formuna döner ve sağlığa olumsuz etkisi olabilecek iki kimyasal reaksiyona uğrayabilir. Özellikle altı aylık ve daha küçük bebeklerde mavi bebek sendromuna (methemoglobinemia) ve nitrosamit/nitrosamin formlarına dönüşerek muhtemel kanserojenik etkiye sebep olabilir (AWWA, 2011, s. 2.41).

### ***Arıtma yöntemleri***

Nitrat gideriminde; kimyasal indirgeme, biyolojik nitrifikasyon, iyon değişimi, ters ozmos, distilasyon ve elektrodiyaliz yöntemleri kullanılabilir. 5 mg/L ve altındaki değerlere, yerüstü sularında biyolojik denitrifikasyon; yer altı sularında ise iyon değişimi yöntemleriyle ulaşmak mümkündür (WHO, 2011, s.399).

Biyolojik denitrifikasyon ile etkili bir nitrat giderimi sağlanabilir. Bu proseste nitrat, anoksik şartlarda bakteriler vasıtasıyla azot gazına indirgenir. Ancak etkili bir yöntem olmasına karşın, hem bakteri hem de organik besin kaynağının sudaki kirleticiler olması ve aynı zamanda bu kirleticilerin de sudan giderimi gerekli olduğundan, içme suyu arıtımı için kullanımı fazla kabul görmemektedir (Quasim, 2000, s. 776).

İyon değişimi yöntemiyle % 90 ve üzeri nitrat giderim mümkündür (De Zuane, 1997, s. 91). Nitratın tamamını gidermek mümkün olmamakla birlikte, ters ozmos ünitesinin öncesinde iyon değiştirme sistemi kullanılarak % 99 oranında giderim sağlanabilmektedir (Gray, 2008, s. 433).

Diğer yöntemlerle kıyaslandığında iyon değiştirme yöntemi en ekonomik ve en uygulanabilir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Ancak iyon değişimi ile içme suyu

arıtımının yapılması neticesinde içme suyu kompozisyonunda değişim meydana gelmekte olup, uzun dönemli uygulamaların insan sağlığına olan etkisi bilinmemektedir (Gray, 2008, s. 433).

### **2.1.2.2. Florür**

#### ***Genel özellikler***

Flor; korozif, açık yeşilimsi sarı renkte, gaz halinde bulunan ve bilinen en reaktif ametal elementtir. Yüksek reaktivitesi sebebiyle element halinde değil florür bileşikleri şeklinde doğada yaygın olarak bulunur.

Florür genellikle, doğal kaynakların aşınması, gübre ve alüminyum fabrikalarından kaynaklanan değarjlar nedeniyle su kaynaklarında görülebilir. Yeraltı sularında 10 mg/L'ye kadar, hatta florür içeren minerallerce zengin alanlarda daha da yüksek konsantrasyonlarda görülebilmektedir (WHO, 2011, s. 370). Yerüstü sularında ise endüstriyel değarjlar ya da florür konsantrasyonu yüksek yeraltı sularıyla etkileşim sebebiyle florür gözlenebilir.

#### ***Sağlık üzerine etkileri***

Florürün, düşük konsantrasyonlarda (min. 0,5 mg/L) diş çürüklerine karşı korumada fayda sağladığı bilinmekle birlikte, insanlar için gerekli bir element olduğuna dair henüz kesin bir kanıt bulunmamaktadır.

Düşük konsantrasyonlarda diş çürüklerini engelleyen florür, yüksek konsantrasyonlarda (0,9-1,2 mg/L) diş florozi, daha yüksek konsantrasyonlarda ise (3-6 mg/L) iskelet florozi gibi rahatsızlıklara sebep olmaktadır (WHO, 2004, s. 5).

Florür için içme suyu limit değeri belirlenirken, diğer kaynaklardan (gıda veya hava) alınan florür miktarları da dikkate alınmalıdır. İçme suyu dışında başka kaynaklardan alınan florür miktarı 6 mg/gün değerini geçiyorsa, 1,5 mg/L olarak belirlenen içme suyu limit değeri yerel ölçekte daha düşük bir değer olarak belirlenmelidir (WHO, 2011, s. 373).

#### ***Arıtma yöntemleri***

Florür; koagülasyon (>% 50), aktif alum (>% 80) ve membran (>% 80) prosesleri ile arıtılabilmektedir. Konvansiyonel bir yöntem olmamakla birlikte, aktif

alüm ile 1 mg/L değerine ulaşılabilir (WHO, 2011, s. 371).

### **2.1.2.3. Bakır**

#### ***Genel özellikler***

Bakır doğal su kaynaklarında, eğer metal içeren alanlarla temas söz konusu değil ise, genellikle düşük konsantrasyonlarda bulunmaktadır. Su kaynaklarında, kaya aşınması ya da endüstriyel kaynaklı olarak görülebilir. Arıtılmış içme suyunda ise bakır ve pirinç borulardan kaynaklanabilir.

1 mg/L üzerindeki konsantrasyonlarda çamaşır ve sıhhi tesisat gereçlerinde lekelenmelere (mavi/mavi-yeşil) sebep olabilir; 2,5 mg/L'yi aşan konsantrasyonlarda ise suya istenmeyen acı bir tat verir (WHO, 2011, s. 341). Daha yüksek konsantrasyonlarda (4-5 mg/L) suyun rengi de değişime uğrayabilmektedir (Gray, 2008, s. 27.6).

#### ***Sağlık üzerine etkileri***

Bakır; besin olarak gerekli bir element olup, eksikliğinde kansızlığa, iskelet bozukluklarına, sinir sistemi bozulmasına ve üreme anormalliklerine sebep olur.

Yüksek dozlarda bakır alımında ise, sindirim sistemi rahatsızlıkları (bulantıyla birlikte), karaciğer ve böbrek hasarları gibi etkilere sebep olabilir (AWWA, 2011, s. 2.37). WHO tarafından 2003 yılında insan sağlığı için tespit edilen sınır değer 2 mg/L'dir.

#### ***Arıtma yöntemleri***

Koagülasyon/filtrasyon, iyon değiştirme, kireçle yumuşatma, ters ozmos gibi arıtma prosesleri ile giderilmesi mümkündür. Bu yöntemlerin bakır giderim verimleri;

- Koagülasyon/filtrasyon: % 60-95
- İyon değişim: % 95
- Kireçle yumuşatma: % 90-96
- Ters ozmos: % 90-99

şeklinde sıralanabilir (De Zuane, 1997, s. 75).

#### **2.1.2.4. Bor**

##### ***Genel özellikler***

Bor bileşikleri cam, sabun, deterjan, kozmetik, ilaç, pestisit ve yapay gübre yapımında ve alev yavaşlatıcı olarak kullanılabilir. Bor bileşiklerinin

Bor öncelikli olarak, borat ve borosilikat içeren kayalar ve topraklardan süzülme gibi doğal yollarla yeraltı sularında görülebilmektedir. Bor, Doğu Avrupa'daki su kaynaklarında 20 mg/L konsantrasyonlara kadar görülebilmekte iken, dünya bor rezervleri açısından ilk sırada yer alan Türkiye'nin boraks madenlerinin yoğun olduğu bir bölgede (Kütahya, Hisarcık köyü civarı) bor konsantrasyonları 2-29 mg/L değerleri arasında ölçülmüştür (Çöl ve Çöl, 2003).

Yerüstü sularında borat konsantrasyonu daha çok atıksu deşarjlarından kaynaklanmakta olup, ev temizlik ürünleri sebebiyle oluşan bu durum, kullanımın azalmasına bağlı olarak su kaynaklarında görülme oranlarını da düşürmektedir. İçme suyu kaynaklarındaki bor konsantrasyonları çevrenin jeolojisi ve atıksu deşarjlarına bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte, içme suyundaki konsantrasyonu genel olarak 0,5 mg/L'nin altındadır (WHO, 2011, s.323).

##### ***Sağlık üzerine etkileri***

Borun toksik etkisi yetişkinlerde baş ağrısı, kusma, ishal, heyecan ve depresyon; çocuklarda ise daha çok havale, kanama gibi beyin zarı tahribi etkileri görülür, parmak uçlarında görülen pembe renk, bor ile zehirlenmeye işaret eden karakteristik görünüşlerdir (Demirtaş, 2010, s. 1).

İçme sularının yüksek oranda bor minerali içermesi, sindirim sisteminde bazı rahatsızlıklara yol açabilmektedir. Karaciğerde büyüme ve şişmeye, sinir sisteminden kaynaklanan benzeri sorunlara yol açmaktadır (Cantürk, 2002).

##### ***Arıtma yöntemleri***

Koagülasyon, çöktürme ve filtrasyon gibi konvansiyonel yöntemler ile etkili bir bor giderimi mümkün değildir. Demir ve alüminyum koagülantları ile giderim yapılamazken, sodyum alüminat ve kireçle % 90 giderim sağlamak mümkündür (WHO, 2009, s.12).

Kil ve metal oksitlerle adsorpsiyon gibi alternatif yöntemler ile % 90 giderim, aktif karbonla ise pH 8-9'da ve giriş konsantrasyonu 5 mg/L olan bir suda % 60 civarında giderim sağlanabilir (WHO, 2009, s.13). Ancak granüler karbonun kapasitesi, diğer iyonların varlığında oldukça düşebilmekte ve bu da granüler aktif karbonla giderimin elverişsiz bir yöntem olmasına neden olmaktadır.

pH 5,5-8'de 50 mg/L giriş konsantrasyonunun bora özgü iyon değiştirici reçinelerle çıkış suyu kalitesi <1 µg/L'ye kadar düşürülebilir. Ters ozmosla bor giderimi konusunda yapılan bir çalışmada giderimlerin % 43 ve % 78 arasında değiştiği, deniz suyunun arıtıldığı başka bir çalışmada ise ters ozmos tesisinin % 78-92 giderim verimine sahip olduğu tespit edilmiştir (WHO, 2009, s.13).

#### **2.1.2.5. Nikel**

##### ***Genel özellikler***

Nikel parlak beyaz, sert ve ferromanyetik bir metaldir. Doğada genellikle saf metal halinde değil, sülfidler, arsenitler, antimonitler, oksitler ve silikatlar halinde bulunur. Oksidasyona olan dayanıklılığı sebebiyle paslanmaz çelik kaplamada ve nikel alaşımlarının üretiminde kullanılır.

Nehir ve göllerdeki nikel konsantrasyonları oldukça düşüktür ve genellikle ortalama olarak 10 µg/L'nin altındadır (ATSDR, 2005, s. 3). Nikel taşıyan kayaların çözünmesi sonucu bazı yer altı sularında da bulunabilir. Ancak içme suyunda birincil olarak tesisat ve boru kaynaklı olarak bulunur.

İçme sularındaki nikel miktarı genellikle 0,02 mg/L'nin altındadır. Nikel, musluk ve tesisattan suya geçen nikel ile 1 mg/L konsantrasyona ulaşmakla birlikte, doğal ya da endüstriyel kaynaklardan dolayı nikel birikiminin olduğu özel durumlarda daha yüksek konsantrasyonlar da görülebilir (WHO, 2011, s. 397).

##### ***Sağlık üzerine etkileri***

Nikel hayvanlar için gerekli bir element olmakla birlikte, beslenme açısından eksikliği insanlar için bir sorun olarak nitelenmemiştir. Nikel; çinko, manganez ve krom gibi maddelerle kıyaslandığında düşük toksisiteye sahip bir elementtir ve dokularda birikimi gözlenmez.

Endüstride çalışan işçilerin yanlışlıkla 1,63 g/L nikel sülfat ve nikel klorür

içeren suyu yanlışlıkla içmeleri neticesinde, işçilerde bulantı, kusma, ishal, baş dönmesi, halsizlik, baş ağrısı, nefes kesilmesi ve geçici körlük gibi semptomlar görülmüştür. Ancak ağız yoluyla alınan nikelin uzun süreli maruziyet ve kanserojenik etkisine ilişkin yeterli veri mevcut değildir.

Nikel için “gözlenebilen en düşük etki değeri (LOEL)”, boş mide durumu için hesaplanarak 12 µg/kg vücut ağırlığı ve bu değerden de içme suyu kılavuz değeri olan 0,07 mg/L belirlenmiştir (WHO, 2011, s. 397).

### ***Arıtma yöntemleri***

Konvansiyonel arıtma yöntemlerinden kimyasal koagülasyon, çöktürme ve filtrasyon ile % 35-80 arasında giderim sağlamak mümkündür. Yüksek pH ve yüksek bulanıklık değerlerinde nikel giderim verimi artar (WHO, 2005, s. 15). Yeraltı sularında hareketli olan doğal olarak oluşan nikelin giderimi ise iyon değişimi ya da adsorpsiyon ile gerçekleştirilebilir (WHO, 2011, s. 397). Bu yöntemlerin yanı sıra ters ozmos ve kireçle yumuşatma yöntemleri ile de nikel giderimi yapılabilir.

### **2.1.2.6. Arsenik**

#### ***Genel özellikler***

Arsenik gümüş-beyaz renkte, kırılğan, kristal yapıda, yarı-metal katı bir kimyasal elementtir. Bakır, kurşun, çinko, demir, mangan, uranyum ve altın madenlerinde yapılan işlemler neticesinde bulunur. Kurşunsuz pil, seramik, boya, ilaç, cam ve elektronik ekipmanlar için alaşım yapımı ile meyve bahçelerinin ve pamuk tarlalarında pestisit olarak kullanılmış olup, günümüzde yalnızca organik arseniğin pamuk için kullanımına izin verilmektedir. Arseniğin en yaygın kullanımı (% 90) ise ahşap koruyucuların üretimi içindir (Gray, 2008, s. 194).

Doğada genel olarak -3, 0, +3, +5 oksidasyon formunda ve çoğunlukla sülfürler, metal arsenitler ya da arsenatlar halinde bulunur. Yerüstü sularında daha çok arsenat (+5) formunda bulunurken, yeraltı sularında anaerobik koşullarda ise daha reaktif ve toksik olan arsenit (+3) formunda görülür.

Arsenik, suda doğal olarak 1-2 µg/L konsantrasyonlarda görülse de, doğal kaynaklı olarak (volkanik kayalıklar vs.) bu konsantrasyonların çok üzerine (12 mg/L) çıkması da mümkün olabilmektedir.

### ***Sağlık üzerine etkileri***

Arseniğin insanlar için gerekli bir element olduğuna dair henüz kanıtlanmış bir bilgi mevcut değildir. Ancak arseniğin belli konsantrasyonların üzerinde insan sağlığına olumsuz etkileri söz konusu olup, insan vücuduna arsenik alımı en çok içme suları vasıtası ile gerçekleşmektedir. Arsenik formlarından arsin en toksik formdur ve onu arsenit, arsenat ve organik bileşikler takip eder (WHO, 2011c, s. 5).

İlk semptomları karın ağrısı, kusma, ishal, kas ağrısı ve halsizlik ile cilt kızarmasıdır. Bu semptomları genellikle eller ve ayaklardaki hissizlik ve karıncalanma, kaslarda kramp ve sivilce gibi döküntüler takip eder. Bir ay içinde ise el ve ayaklarda uyuşmaya ilave olarak yanma, palmoplanter hiperkeratoz (ciltte görülen bir rahatsızlık), tırnaklarda Mees'in çizgileri, motor ve duyuşsal tepkilerde gerileme gibi semptomlar görülebilir. Kronik arsenisizm işaretleri cilt lezyonları, periferik nöropati, cilt kanseri, mesane ve akciğer kanseri ile periferik arter hastalığı olup, arsenikle kirlenmiş içme sularını tüketenlerde görülmektedir (WHO, 2011c, s. 5).

WHO tarafından arıtma performansı ve analitik ölçülebilirlik açısından geçici olarak 0,01 mg/L değeri limit değer olarak belirlenmiştir.

### ***Arıtma yöntemleri***

Genel olarak 5 µg/L ve altındaki arsenik konsantrasyonları teknik olarak arıtılması uygulanabilir görünse de dikkatli ve etkin kontrollü bir proses yönetimi gerektirmektedir (WHO, 2011, s. 315). Ancak 10 µg/L konsantrasyona ulaşılması, konvansiyonel yöntemler için çok daha gerçekçi görünmektedir.

Arsenit (+3), pH 6-9 arasında nötr yüzey yüküne sahiptir ve bu hidrofilik form kolay giderilemez. Arsenat (+5) ise doğal pH değerlerinde negatif yüzey yüküne sahiptir ve etkin şekilde giderilebilir. Bu sebeple arsenik gideriminde ilk adım oksidasyon ile arsenit formunu arsenata çevirmektir. Oksidasyon işlemi için klor, permanganat, ozon ve klor dioksit etkili oksidantlardır. Ancak havalandırma ve kloraminler arsenitin oksidasyonu için etkin yöntemler değildir (USEPA-DWTD URL 1).

Oksidasyon işleminden sonra koagülasyon/filtrasyon, aktif alum, iyon

değişimi, ters osmoz ve kireçle yumuşatma ile giderim yapılabilir. Bu giderim yöntemleriyle ilgili daha ayrıntılı bilgiler aşağıdadır:

Cöktürme: Koagülantlarla çözünmeyen formda floklar oluşturup, filtreden geçirerek bertarafı mümkündür. Demir klorür ile % 81-100, alum ile % 85-92 arasında giderim sağlanabilir. Bu yöntemle giderimde de arsenat arsenite göre daha kolay giderilmektedir.

Direk filtrasyon: oksidasyon/filtrasyon ve koagülasyon/filtrasyon yöntemleri arsenik gideriminde oldukça etkilidir (% 75-90). Saha uygulamalarında özellikle düşük bulanıklık değerleri olan yeraltı sularına uygulanır.

Adsorpsiyon: Adsorpsiyonla arsenik gideriminde etkili olan faktörler pH, adsorbantların ön arıtımı ve suda bulunan diğer iyonlar ve organik bileşiklerdir. Bu yöntemle arsenat arsenite oranla 20 kat daha kolay adsorbe edilmektedir

İyon değişimi: Arsenikle kirlenmiş doğal yer altı suyu tipik olarak yüksek pH'dadır. Bu da iyon değişimine, diğer metotlara göre, avantaj sağlamaktadır. Arsenat formunu iyon değişimi yöntemi ile gidermek mümkünken, arsenit için bu yöntemle giderim söz konusu değildir.

Membran prosesi: Çözünmüş arsenik için sentetik membranlar kullanılabilir. Nanofiltrasyonla arsenat giderimi % 90 ve üzeri, arsenit giderimi ise % 10 oranlarında kalmıştır. Ters osmozla ise bu oranlar arsenat için % 95 ve üzeri, arsenit için ise % 65 civarlarında olmaktadır.

Biyolojik ayırma yöntemi: Yukarıda bahsi geçen giderim yöntemlerinden pek çoğu için bakteriler katalizör görevi görebilmektedir ancak yine de arseniğin sudan uzaklaştırılmasında henüz yeterli bir bilgi bulunmamaktadır.

#### **2.1.2.7. Kadmiyum**

##### ***Genel özellikler***

Yumuşak, mavi-beyaz metalik bir elementtir. Çinko, kurşun, bakır gibi metallerin üretimi esnasında yan ürün olarak, pillerde, kaplamalarda, seramiklerde, plastiklerde, fotoğrafçılıkta, insektisitlerde ve çeşitli alaşımlarda kullanılır. Madencilik, endüstriyel işlemler dışında katı atık sızıntı sularından kaynaklı olarak da su kaynaklarına karışabilmekte, galvanize borular sebebiyle de içme suyunda görülebilmektedir.



Kirletilmemiş doğal su kaynaklarında genellikle 1 µg/L'nin altında bulunur (WHO, 2011, s. 327). Yeraltı sularında, yerüstü sularına nazaran daha yüksek konsantrasyonlar görülür. Dünya çapında 110 istasyonda yapılan ölçümlerde, en yüksek değer 100 µg/L olarak Peru'da görülmüştür (WHO, 2011d, s. 2).

### ***Sağlık üzerine etkileri***

Kadmiyum ağırlıklı olarak böbreklerde birikim yapar ve insanda 10-35 yıl arası uzun bir biyolojik yarılanma ömrüne sahiptir. Uzun süre düşük seviyede alınan kadmiyum bu birikim sebebiyle böbreklerde, akciğerde, karaciğer ve sinir sisteminde hasara, kemiklerde hassasiyete ve kolay kırılmaya, bazen de farklı tiplerdeki kanserlere neden olabilir. İçme suyu ile alınan çok yüksek seviyedeki kadmiyum, mideyi tahriş eder, kusma ve ishale bazen de ölüme dahi yol açabilmektedir (ATSDR, 2012, s. 5). Kadmiyumun ağızdan alınması halinde kanserojenik ya da genotoksik etkisinin olduğuna dair yeterli kanıt söz konusu değildir.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nun insan sağlığı açısından yaptığı değerlendirmeler neticesinde 0,003 mg/L kılavuz değer olarak belirlenmiştir. Ancak USEPA limit değer olarak 0,005 mg/L'yi kabul etmiştir.

### ***Arıtma yöntemleri***

USEPA tarafından kabul edilen en uygun arıtma yöntemleri; koagülasyon/filtrasyon, kireçle yumuşatma, ters ozmos, iyon değişimidir. Bu yöntemlere ilave olarak nanofiltrasyon ve elektrodiyaliz yöntemi de kadmiyum gidermede kullanılabilecek yöntemler olarak sayılabilir. Bu yöntemler kullanılarak 0,002 mg/L kadmiyum seviyesi sağlanabilmektedir (WHO, 2011, s. 495).

Kireçle yumuşatma ile % 98 (pH 8,5-11,3) ve demir III klorür ile koagülasyonda % 90 giderim (pH >8) sağlanabilmektedir (National Health and Medical Research Council [NHMRC], 2014, s. 458).

### **2.1.2.8. Krom**

#### ***Genel özellikler***

Krom; grimsi-beyaz renkte, kristal yapıda, çok sert, metalik bir kimyasal elementtir. Doğada krom (III) ve krom (VI) olarak bulunur ve krom (VI) formu daha

çözünür olması sebebiyle daha hareketli ve değişkendir (Gray, 2008, s. 197).

Krom (III) doğal olarak en çok görüldüğü form olup, pek çok toprak ve kayada bulunan bu çözünmeyen hali, hava şartları, oksidasyon ve bakteriyel aktivite ile çözünebilen krom (III) tuzlarına dönüşmektedir. İnsanlar için gerekli bir element olan krom (III) tuzları; katalizör, boya pigmenti, fungusit, seramik ve cam yapımı ile deri tabaklamada kullanılır.

Krom (VI) ise doğada daha seyrek olarak bulunur ve sudaki varlığı endüstriyel ve evsel atıksu değarjı kaynaklıdır. Krom (III)'ün aksine insan için gerekli bir element olmayıp, sağlığa zararlı olarak gösterilen etkiler kromun bu formuna atfedilmektedir. Krom (VI) bileşikleri; krom alaşımları ve krom metal üretimi için metalürji endüstrisinde ve oksitleme ajanı olarak kimya endüstrisinde kullanılmaktadır.

İçme suyundaki konsantrasyonları 0,002 mg/L'den daha az olmakla birlikte, 0,12 mg/L seviyesine kadar konsantrasyonlarda tespit edilmiştir (WHO, 2011, s. 340).

İnsan sağlığına zararlı olan krom formu olan krom (VI)'nın ölçüm zorluğu sebebiyle, toplam krom olarak ölçülmektedir. Ancak WHO tarafından geçici olarak belirlenen limit değerin (0,005 mg/L) aşılması durumunda krom (III) ve krom (VI)'nin daha ileri analizlerle ayrı ayrı ölçülmesi tavsiye edilmektedir (NHMRC, 2014, s. 544).

### ***Sağlık üzerine etkileri***

Krom (III) insan için gerekli bir element olup, yüksek dozlarda vücuda alımı halinde herhangi bir olumsuz etkisi gözlenmemiştir. Ancak krom (VI)'nın insan vücudu için gerekli bir element olmamasının yanı sıra, yüksek dozlarda solunması halinde akciğer kanserine sebep olduğu epidemiyolojik çalışmalar neticesinde kanıtlanmıştır (NHMRC, 2014, s. 544). Ağız yoluyla alımında insan sağlığına olan etkilerine ilişkin yeterli bir çalışma henüz olmadığından, geçici (ve ihtiyati) olarak WHO tarafından 0,05 mg/L değeri belirlenmiştir. Ancak USEPA'nın belirlediği limit değer 0,1 mg/L'dir.

### ***Arıtma yöntemleri***

Krom (III) koagülasyon/filtrasyon, kireçle yumuşatma, ters osmoz (% 100) ve iyon değişimi (% 68-100) metotlarıyla etkin olarak giderilebilir (DWTD, 2014). Bu

yöntemlere ilave olarak nanofiltrasyon ve elektrodializ yöntemiyle de giderimi mümkündür.

Krom (VI)'nın giderimi için ise koagülasyon/filtrasyon (% 100), kireçle yumuşatma (% 98,8), ters ozmos ve iyon değişimi (% 95-100) etkin metotlardır (DWTD, 2014). Bu yöntemlere ilave olarak nanofiltrasyon ve elektrodializ (% 15-99,6) yöntemiyle krom (VI) giderimi mümkündür.

### **2.1.2.9. Kurşun**

#### ***Genel özellikler***

Kurşun; oldukça yumuşak, ağır, kolay işlenebilir, mavi-gri metalik bir elementtir. Kurşun-asit akümülatörleri, lehim, alaşım, kablo yalıtımı, boya pigmenti, pas önleyici, plastik dengeleyici yapımında kullanılmaktadır.

Yerüstü ve yeraltı sularında ortalama 0,01 mg/L (0,04 mg/L'ye kadar çıkabilir) konsantrasyonlarda bulunur. Endüstriyel ya da madencilik kaynaklı olarak lokal kirlilik etkisi görülmekle birlikte genellikle yüksek konsantrasyonlar tesisat kaynaklıdır. İçme sularında genellikle 5 µg/L altındaki değerlerde bulunur, ancak kurşun tesisatı olan yerlerde daha yüksek konsantrasyonlarda (> 100 µg/L) görülebilir (WHO, 2011, s. 383).

#### ***Sağlık üzerine etkileri***

Kurşunun insanlar için etkileri soluma ya da ağız yoluyla alınsa da aynıdır ve çocuklar ile yetişkinler için kurşun zehirlenmesi öncelikle sinir sistemini etkiler. Kurşuna maruziyet neticesinde parmaklarda, bileklerde güçsüzlük, kan basıncında artış, kansızlık gibi etkiler görülebilmektedir. Yüksek seviyedeki maruziyette ise beyin ve böbreklerde ciddi hasarlara hatta ölüme neden olabilir (ATSDR, 2007, s. 6).

Kurşunun insanlar için kanserojenik etkilerine ilişkin kesin bir kanıt olmamakla birlikte insanlar üzerindeki bazı çalışmalar ile hayvanlar üzerinde yapılmış çalışmalar neticesinde, Uluslararası Kanser Araştırma Kuruluşu (The International Agency for Research on Cancer- IARC) inorganik kurşunu insanlar için “muhtemel kanserojenik” olarak kabul etmiştir. Organik kurşun bileşiklerinin kanserojenik olarak sınıflandırılabilmesi için ise yeterli kanıt henüz bulunmamaktadır.

### ***Arıtma yöntemleri***

İçme suyundaki kurşun konsantrasyonları; koagülasyon, filtrasyon ve kireçle yumuşatma ile giderilebilmektedir. Bu yöntemlere ilave olarak aktif karbon, iyon değiştirme, ters ozmos (% 90) sayılabilir.

İçme suyu şebekesi/tesisatından kaynaklı kurşun konsantrasyonları için, koroziviteyi azaltmak için pH'ı ve klor seviyelerini düşürmek gibi önlemler de alınabilir.

### **2.1.2.10. Selenyum**

#### ***Genel özellikler***

Gri/kırmızı renkte, sülfür grubunun ametalik bir kimyasal elementidir. Doğal ve insan faaliyetleri kaynaklı olarak doğada bulunabilir. Cam, pigment, kimyasal, ilaç, fungusit, elektrikli aygıtlar ve lastik endüstrisinde kullanılmaktadır.

Su kaynaklarında selenyum konsantrasyonları genellikle düşük olup, yerel jeokimya, pH ve demir tuzlarının varlığına bağlı olarak değişmektedir. İçme sularında genellikle 10 µg/L'in çok altındaki konsantrasyonlarda bulunmakla birlikte yeraltı suyu konsantrasyonları 6 mg/L'ye kadar çıkabilmektedir (NHMRC, 2014, s. 1001).

#### ***Sağlık üzerine etkileri***

Selenyum insan vücudu için (diğer bazı canlılar için de) gerekli besin elementlerinden biridir (çok düşük konsantrasyonlarda). Selenyum eksikliğinde Keshan hastalığı adı verilen çok odaklı kalp kası iltihabı (multifokal miyokard) ve Kaschin-Beck hastalığı adı verilen kondrodistrofi görülebilmektedir. Ayrıca selenyumun antikanserojen olduğuna ilişkin çalışmalar da mevcuttur (WHO, 2011e, s. 5).

Yüksek miktarlarda selenyum alınması durumunda sindirim sistemi ile ilgili rahatsızlıklar, cildin renk değişimi, diş, saç ve tırnak kaybı, tırnak anomalileri ve periferik sinirlerde değişiklikler görülebilmektedir (WHO, 2011, s. 414). Çok yüksek sodyum selenat ya da sodyum selenit dozlarının (kazara/isteyerek) alınması, anında medikal tedavinin olmaması halinde hayatı tehdit edecek seviyede olabilir. Belirlenen limitlerin çok az miktarda aşıldığı dozların uzun süreli alımında dahi saç kaybı ve tırnaklarda şekil bozuklukları görülebilir (ATSDR, 2003, s. 4).

Farklı selenyum bileşiklerinin toksisiteleri de farklıdır. Selenit ve selenat, selenyum sülfata göre çok daha fazla toksik etki göstermektedir.

### ***Arıtma yöntemleri***

Suda en çok bulunan selenyum formları selenit (IV) ve selenat (VI)'tır. Selenitten selenata dönüşüm yavaş olup, her iki formu da birlikte bulunabilir. Her ikisi de kolaylıkla okside olmaz ya da indirgenemez. Selenatın sudan koagülasyon gibi yöntemlerle giderimi, selenite göre daha zor olması sebebiyle, selenitin selenata oksidasyonu istenmeyen bir durumdur. Arıtma koşullarında selenyumun ozon, klordioksit ve kloraminler ile reaksiyona girmesi pek mümkün değildir.

Koagülasyon (IV), kireçle yumuşatma, ters ozmos, elektrodializ (IV), iyon değişimi (VI), adsorpsiyon (inorganik medya ile) yöntemleri USEPA tarafından mevcut en iyi arıtma yöntemleri olarak belirlenmiştir.

Aktif alümin ile adsorpsiyon yöntemi ile % 98 (pH <5), ters osmoz ve nanofiltrasyon yöntemleri ile % 95 giderim mümkündür.

### **2.1.2.11. Civa**

#### ***Genel özellikler***

Gümüş-beyaz, ağır ve metalik bir kimyasal elementtir. Doğada en az bulunan elementlerden biri olan civa serbest halde nadir olarak görülmekte olup, genellikle sülfürlü bileşikler halinde bulunur. Civa bileşiklerini iki kategoriye ayrılabilir: suda genellikle çözünmeyen inorganik civa tuzları ve en bilineni metil civa olan organik civa bileşikleri. İnorganik civa sedimentteki bakterilerin aktivitesi neticesinde metil civaya dönüşür ve besin zincirine katılır (NHMRC, 2014, s. 792). Klorun elektrolitik üretiminde, elektronik aletlerde, diş amalgamlarında, fungusitlerde, antiseptiklerde, koruyucu maddelerde, farmasötiklerde ve civa bileşiklerinde kullanılmaktadır.

Yüzey sularında civa konsantrasyonları 2 µg/L ve daha azı nehirlerde, 10 µg/L konsantrasyonları da küçük göl ve rezervuarlarda görülmektedir (De Zuane, 1997, s. 86).

#### ***Sağlık üzerine etkileri***

İnorganik civa bileşikleri böbreklerde birikir ve oldukça uzun bir biyolojik

yarılanma ömrüne sahiptir. İnsanlarda inorganik civa bileşiklerinin kısa/uzun süreli temas sonucu toksik etkileri daha çok böbreklerde görülmektedir. Akut civa zehirlenmelerinde, kanamalı gastrit ve kalınbağırsak iltihabının yanı sıra en büyük zarar böbreklerde görülür. Civa (II) klorürün ise doku hasarının olduğu yerlerde iyi huylu tümör oluşturma potansiyeli olduğu kanıtlanmıştır.

Organik civa bileşiklerinin kirlenmemiş içme suyu kaynaklarında bulunması beklenmemekle birlikte, inorganik civa ile kıyaslandığında toksik etkileri daha ciddidir. Metil civanın yağda çözünürlüğü inorganik civaya göre çok daha yüksek olması sebebiyle vücuttaki pek çok sisteme (beyin, omirilik, plësenta vb.) girebilmektedir (NHMRC, 2014, s. 793). Metil civa zehirlenmelerinin başlıca etkileri (Minamata hastalığı) ise çok ciddi ve kalıcı nörolojik bozukluklara ve zihinsel engellere sebep olabilmektedir.

WHO'nun 1984'de belirlediği 0,001 mg/L değeri, organik ve inorganik civanın toplamıdır. Ancak 2004 yılında yapılan değerlendirme ile sadece inorganik civa için standart 0,006 mg/L olarak belirlenmiştir. Bunun sebebi olarak içme suyu kaynaklarında civanın daha çok inorganik formda bulunması gösterilmiştir.

### ***Arıtma yöntemleri***

İçme suyundan civa (inorganik) gideriminde koagülasyon, kireçle yumuşatma, aktif karbon ve membranlar (ters ozmos) kullanılarak % 80 ve üzeri giderim sağlanabilir (WHO, 2011f, s. 168). Bu yöntemlere ilave olarak iyon değişimi ve elektrodializle de civa giderimi mümkündür.

### **2.1.2.12. Baryum**

#### ***Genel özellikler***

Gümüş-mavi renkte, havayla temas ettiğinde gümüş-sarı renge dönen, kolay işlenebilen metalik bir kimyasal elementtir. Klorürlü ve nitratlı bazı baryum tuzları suda çözünebilir. Ancak karbonatlı, florürlü, fosfatlı ve sülfatlı olanlar suda çözünmeyen yapıdadır.

Baryum bileşikleri plastik, kauçuk, elektronik, çelik, optik ve tekstil endüstrilerinde kullanılmaktadır. Ayrıca seramik cilalarında, cam ve kağıt yapımında, ilaçlarda, kozmetiklerde ve rodentisitlerde (kemirgen öldürücü) kullanılabilir.

(NHMRC, 2014, s. 418).

İçme sularında genellikle volkanik ve tortul kayalar gibi doğal kaynaklı olarak görülmekte olup, çoğunlukla 0,1 mg/L'nin altındaki konsantrasyonlarda görülmektedir. 1 mg/L'nin üzerindeki konsantrasyonları ise yeraltı suyu kaynaklıdır (WHO, 2011, s. 320).

### ***Sağlık üzerine etkileri***

Suda çözünebilen baryum bileşiklerinin yüksek miktarda ağız yoluyla alınması sonucunda, kalp ritminin bozulması ve felç görülebilir. Daha az miktarlarda ve kısa süreliğine alınan baryum neticesinde ise kusma, karın krampları, ishal, nefes almada zorluk, kan basıncında düşüş/yükseliş, yüzde hissizlik ve kas güçsüzlüğü gibi etkiler gözlemlenebilir (ATSDR, 2007, s.4).

Baryum kemiklerde, kaslarda, böbreklerde ya da diğer dokularda birikme yapmaz, hatta kalsiyumdan daha çabuk vücuttan atılır (De Zuane, 1997, s.65).

Hayvanlar ve insanlar üzerinde yapılan çalışmalar neticesinde, baryumun kanser yaptığına dair kanıt bulunamaması sebebiyle, Uluslararası Kanser Araştırma Merkezi (IARC) baryumu kanserojenik maddeler arasında sınıflandırmamıştır.

WHO tarafından insan sağlığı için 0,7 mg/L limit değeri belirlenmiş olup, USEPA ve Avustralya (NHMRC, 2014, s. 418)'nin içme suyu için belirlediği değeri 2 mg/L'dir. Kılavuz değeri hesaplamasında yeterli ve güvenilir veri olmadığından, ilave bir katsayı kullanan WHO, belirlediği değerin oldukça ihtiyatlı olduğunu ifade etmektedir (WHO, 2011, s. 321).

### ***Arıtma yöntemleri***

Konvansiyonel yöntemlerle baryum giderimi mümkün olmamaktadır. Ancak pH 10-11 aralığında kireçle yumuşatma yöntemiyle etkin bir giderim (> % 90) sağlanabilir. İyon değişimi (% 95), elektrodializ ve ters ozmos yöntemleri de baryum giderimi için kullanılacak yöntemler arasında sayılabilir.

Arıtılabilirlik açısından 0,1 mg/L'nin ulaşılabilir olduğu bilgisini veren WHO ile mevcut teknoloji ve su kaynakları göz önüne alındığında, içme suyunda ulaşılacak en düşük seviye olarak 2 mg/L'nin değerinin tespit edildiğini ifade eden USEPA'nın yaklaşımları birbirleriyle çelişmektedir.

### 2.1.2.13. Siyanür

#### *Genel özellikler*

Siyanür (CN<sup>-</sup>), karbon atomunun üçlü bağ ile azot atomuna bağlanarak oluşan ve siyano grubu olarak adlandırılan bileşiklerdir. Organik, inorganik ya da sentetik çeşitleri mevcuttur. Siyanürler; altın ve gümüş çıkarma işlemlerinde, plastik, çelik, elektrokaplama, malzeme endüstrisinde, sentetik elyaf ve kimyasallarda kullanılmaktadır.

Kaynağın kirlenmesi ya da siyanoglikozit sentezleyen bazı bitkilerin doğal bozunumu neticesinde, içme sularında görülebilir. *Chromobacterium violaceum* bakterisi ve *Anacystis nidulans* siyanobakterisi gibi bazı mikroorganizmalar, serbest siyanür üretebilir. Kirlenmemiş su kaynaklarında, serbest siyanür konsantrasyonları genellikle 0,01 mg/L'nin altındadır (NHMRC, 2014, s. 560).

Siyanürlerin kokusu badem, acı badem kokusuna benzer ve sudaki koku tespit seviyesi 0,17mg/L'dir.

#### *Sağlık üzerine etkileri*

Yüksek siyanür miktarlarına kısa süreli maruziyet neticesinde, beyin ve kalp hasarı, hatta koma ve ölüm dahi görülebilir. Az miktarlardaki siyanürün ağız yoluyla alınması neticesinde bile, kısa sürede panzehir tedavisi yapılmadığında ölüme karşılaşılabılır.

Siyanür zehirlenmesinin ilk etkileri ani ve derin solunum, nefes darlığı, havale (nöbet) ve bilinç kaybıdır (ATSDR, 2006, s.5). Bu semptomlar, alınan miktarlara bağlı olarak ani gelişebilir. Siyanürün insanlarda ya da hayvanlarda kansere sebep olduğuna dair bir tespit ise yoktur.

Siyanür için 1958 yılından günümüze 0,01mg/L değeri ile 0,2 mg/L değeri arasında zaman içinde azalan ve yükselen limitler belirlenmiştir. WHO'nun 2009 yılında yapmış olduğu ve hala güncel olan değerlendirme neticesinde sağlık açısından bir standart belirlenmesine gerek görülmemiştir.

Siyanür için kısa süreli maruziyette sağlık açısından limit değer olarak 0,5 mg/L hesaplanmış olup, bu limit 5 günlük süre için geçerlidir (WHO, 2011, s.343). İçme suyunda bulunan siyanürün öncelikli kaynağı siyanojen klorür olup, dağıtım sisteminde ya da sindirildiğinde kolaylıkla siyanüre dönüştüğünden ve siyanürün içme



suyundaki konsantrasyonları oldukça düşük seviyede olduğundan, klorla dezenfeksiyonun yan ürünü olarak meydana gelen siyanojen klorürü de içeren toplam siyanür için uzun süreli maruziyet limitinin belirlenmesine gerek görülmemiştir (WHO, 2009, s.14).

### **Arıtma yöntemleri**

Siyanürün oksitlenmesi sonucu siyanat ve ardından azot gazı oluşur. Bu sebeple siyanürün gideriminde oksidasyon önemli bir yer tutar. Bir nehir suyunda bulunan 100, 250 ve 500 µg/L konsantrasyonlarındaki siyanürün oksidasyonunun incelendiği bir laboratuvar çalışmasında klor, klordioksit ve ozon karşılaştırılmıştır. Tablo 2-3’de karşılaştırmanın özeti yer almaktadır.

**Tablo 2-3** Klor, klordioksit ve ozonla siyanür giderim karşılaştırması

Oksidant	Doz (mg/L)	Temas süresi (sa)	Verilen giriş CN konsantrasyonları (µg/L) için arıtma sonrası CN konsantrasyonları (µg/L):		
			100	250	500
Klor	NH <sub>2</sub> Cl	2	95	240	475
	Kırılma Noktası	2	65	165	364
	Kırılma Noktası+1 mg/L	2	<5	<5	<5
	Kırılma Noktası+2 mg/L	2	<5	<5	7
Klor dioksit	0,5	2	60	173	330
	1	2	60	150	330
	2	2	48	115	320
Ozon	1	0,5	25	18	<5
	2	0,5	12	15	16
	3	0,5	13	11	12

Serbest siyanür içeren çözeltiliye klor uygulaması neticesinde, hemen siyanojen klorür oluşumu gözlenir. Bu nedenle siyanürün azota okside olabilmesi için 2 aşamalı bir arıtma gereklidir. İlk aşamada, klorlama pH 11,5 ve üzerine ayarlanır. Böylece siyanojen klorür oluşmadan, siyanür siyanat formuna oksitlenebilir. İkinci aşamada ise pH 5-8 arasına indirilerek siyanatın azot gazına oksidasyonu sağlanır (WHO, 2009, s. 13).

Ozon ise alkali ortamda siyanürle çok hızlı reaksiyon verir ancak siyanat iyonunun ozonla oksitlenmesi çok daha yavaş gerçekleşmektedir. Siyanür gideriminde

ozon kullanımı, atıksuda bulunabilecek çok daha yüksek konsantrasyonlar (>20 mg/L) için daha uygundur (WHO, 2009, s. 11).

Siyanürün klordioksit ile oksidasyonu sonucu yalnızca siyanat formu oluşabilir, klordioksit siyanatı oksitleyemez.

Bir diğer siyanür giderme yöntemi ise aktif karbondur. Aktif karbonla siyanür giderimi pH'a bağlıdır. pH 10'da 8 saat sonunda, 265 mg/L siyanür çözeltisi, 1,5 g/L karbon ile giderimi % 50 oranında, pH 7'de ise yaklaşık % 90 giderim (aynı koşullar altında) gerçekleşmiştir (WHO, 2009, s. 11).

USEPA kimyasal oksidasyon, iyon değiştirme ve ters ozmos yöntemlerini mevcut en iyi teknolojiler olarak belirlemiştir.

#### **2.1.2.14. Fenoller**

##### ***Genel özellikler***

Fenol renksiz ve kristal yapıda olup, karbolik asit veya hidroksil benzen de denilen, çok yönlü organik bir bileşiktir. Başlıca üç tipte bulunur: monohidroksifenoller, kresoller, polihidroksifenoller.

Fenoller doğal olarak kömür katranında bulunmakla birlikte, sentetik olarak da üretilebilmektedir. Fenol; ilaçlarda, boyalarda, reçinelerde ve diğer ticari ürünlerde geniş ölçüde kullanılmaktadır. Ayrıca deterjan imalatında kullanılan alkil fenoller de, fenolden elde edilmektedir. Fenoller endüstriyel deşarjların yanı sıra, ağaç ürünlerinin doğal bozunumu, biositler ve evsel atıksu deşarjlarından da kaynaklanabilmektedir (Nemerov et. al., 2009, s. 62).

Suda oldukça çözünebilir olan fenol, eğer su klorlanmayacak ise 100 µg/L konsantrasyona kadar kabul edilebilirdir (Nemerov et. al., 2009, s. 62). Ancak klorlama neticesinde oluşabilecek yan ürünler nedeniyle suda toplam fenol içeriği 1 µg/L konsantrasyonun altında olmalıdır (De Zuane, 1997, s. 164).

AB standartlarına göre fenol, "yüksek miktarda bulunması istenmeyen maddeler" arasında listelenmiş ve en yüksek izin verilebilir konsantrasyon 0,5 µg/L C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>OH olarak belirlenmiştir (klorla reaksiyon vermeyen fenoller hariç olmak üzere).

Fenollü sular klorlandıktan sonra esas reaksiyon ürünü olarak 2 ve 4 klorofenol, 2, 4 diklorofenol ve 2, 4, 6, triklorfenol meydana gelir. Klorofenoller genellikle çok düşük konsantrasyonlarda dahi suda tat ve koku oluşumuna neden

olabilmektedir.

**Tablo 2-4** Bazı klorofenoller için tat ve koku eşik değerleri (WHO, 2011, s. 224)

<b>Klorofenoller</b>	<b>Tat eşik değeri (µg/L)</b>	<b>Koku eşik değeri (µg/L)</b>
2-klorofenol	0,1	10
2,4-dichlorofenol	0,3	40
2,4,6-triklorofenol	2	300

### ***Sağlık üzerine etkileri***

Fenolün akut toksisitesinin olduğu bilinmekle birlikte, içme suyundan yüksek seviyede fenol tüketimi beklenmediğinden ve eşik değer toksik seviyenin oldukça altında olduğundan, gerek WHO gerekse USEPA tarafından sağlık açısından limit bir değer belirlemeye gerek görülmemektedir.

Fenollerin yüksek konsantrasyonlarda ağız yoluyla vücuda alınması neticesinde ciddi sindirim sistemi hasarı ve hatta ölüm gözlenebilir. Fenollerin klorla reaksiyonu sonucu oluşan yan ürünlerin sağlığa olumsuz etkileri mevcut olup bunlar için limit değerler belirlenmiştir. Örneğin 2,4,6-Trichlorophenol için hayvanlar üzerinde yapılan çalışma sonucu lenfoma ve lösemiye sebep olduğu belirlendiğinden “Grup 2B: insanlar için muhtemel kanserojenik” olarak sınıflandırılmış ve WHO tarafından 0,2 mg/L limit değer belirlenmiştir (WHO, 2011, s. 338). Benzer şekilde pentaklorofenol (PCP)’de Grup 2B altında sınıflandırılmış ve 0,009 mg/L limit değer kabul edilmiştir (WHO, 2011, s. 408).

### ***Arıtma yöntemleri***

Klor dioksit, ozon ve potasyum permanganat, fenolik bileşiklerin ön arıtımı için uygun yöntemlerdir (Nemerov et. al., 2009, s. 62). AWWA klorlama noktasında fenol konsantrasyonunun 0,002 mg/L’nin altında olmasını tavsiye etmektedir. 0,2-0,3 mg/L olan klordioksit dozlamaları ile çoğu kötü tat yapan fenolik bileşiklerin parçalanmasını sağlayabilecektir (Nemerov et. al., 2009, s. 177).

Klorofenol bileşikleri ise klordioksit, ozon ve aktif karbon yöntemleri ile giderilebilmektedir.

### **2.1.2.15. Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH)**

#### ***Genel özellikler***

Polisiklik (polinükleer) aromatik hidrokarbonlar (PAH), karbon ve hidrojen atomunun iki ya da daha fazla aromatik zincirle oluşturduğu çeşitli organik bileşiklerin oluşturduğu bir grubu temsil eder. Pek çok PAH, çeşitli yanma prosesleri sonucu (orman yangınları, fosil yakıtların yanması vb.) ve piroliz kaynaklarından atmosfer yoluyla çevreye giriş yapar. Ancak düşük çözünürlüğü ve partiküler maddeye olan çekimi nedeniyle genellikle suda kayda değer konsantrasyonlarda görülmez.

İçme suyunda PAH (özellikle fluoranthene) konsantrasyonlarının ana kaynağı, içme suyu dağıtım şebekesinde boruları korozyondan korumak için kullanılan kömür katranı kaplamasıdır.

Kirlenmemiş yer altı sularında PAH seviyeleri 0-5 ng/L, kirlenmiş olanlarda 10 µg/L'dir. İçme suyundaki tipik konsantrasyonları ise 1ng/L ile 11 µg/L'dir (WHO, 2011, s. 411).

#### ***Sağlık üzerine etkileri***

Toksikolojik çalışmalar daha çok benzo(a)pyrene (BaP) üzerine yoğunlaşmıştır. Uluslararası Kanser Araştırma Kurumu (IARC) BaP'nin sınıfını "Grup 2B"den "Grup 1 (insanlar için kanserojenik)"e çıkarmıştır. Diğer PAH türlerinin de kanserojen etkisi/potansiyeli olmakla birlikte en zararlısı BaP'dir.

PAH'lar vücut tarafından hızlıca adsorbe edilir ve yağda çözünebilir özellikte olmaları sebebiyle yağ dokularına geçebilir. Ancak çok çabuk metabolize olup, genellikle vücutta birikme yapmazlar (Gray, 2008, s. 160)

WHO (2003) tarafından BaP'nin insan sağlığı açısından limit değeri 0,0007 mg/L olarak belirlenmiştir. Florantin için ise 4 µg/L ve üzeri insan sağlığı için zararlı kabul edilmekle birlikte, içme suyunda bulunan konsantrasyonları bu değerin çok altında bulunması sebebiyle uyulması gereken bir limit değer belirtilmemiştir (WHO, 2003b, s. 18).

#### ***Arıtma yöntemleri***

Koagülasyon, çöktürme ve filtrasyon ile yüksek konsantrasyonların bile verimli giderimi mümkündür. Konvansiyonel yöntemlerin yanı sıra granüler aktif

karbonla da efektif giderim (% 99,9) sağlanabilir.

#### **2.1.2.16. Pesticitler**

##### ***Genel özellikler***

Pesticitler; insektisitler, herbisitler, algisitler veya fungusitler olarak sınıflandırılacak kimyasallardır. Suda çözünürlükleri değişken olmakla birlikte, pek çoğunun toprak parçacıklarındaki organik maddelere sıkıca bağlanması sebebiyle yerüstü ve yeraltı sularına girişleri yavaş olur.

Pek çok pestisit türü klorlu bileşikler halinde olduğundan, tarımsal kullanımında ve aynı zamanda çevresel mevcudiyetinde de daha dirençlidir. Fümigant pestisitler suda daha çözünür olmaları sebebiyle içme suyu kaynaklarında kirlilik oluşturmaktadır. Lindan, klordan ve DDT gibi lipofilik organoklorür pestisitlerin yasaklanmış olmaları sebebiyle içme suyu sistemlerinde belli bir konsantrasyonun üzerinde nadir görülürler. Ancak sıklıkla nehir sedimentlerinde ve yağda biyobirikimi sebebiyle besin zincirinde görülebilirler (AWWA, 2011. s. 2.51).

##### ***Sağlık üzerine etkileri***

Pesticitlerin genel olarak sağlığa olan etkileri arasında öncelikle karaciğer ve böbrek hasarı, sinir, bağışıklık ve üreme sistemi fonksiyonlarında bozukluk ve doğum kusurları sayılabilir. Daha az ciddi etkileri ise sinir sistemine olan ve baş dönmesi, bulantı ve yorgunluk gibi spesifik olmayan semptomlar sıklıkla görülür (AWWA, 2011, s. 2.51).

Düşük seviyeli miktarlara uzun süreli maruziyet durumunda doğum kusur riskleri ve kanser riskinde artış görülebilir. Epidemiyolojik çalışmalarda, çiftçiler arasında yumuşak doku tümörlerinde ve lenfoid kanserlerde oluşum oranlarının arttığı tespit edilmiştir. Pek çok pestisit bozunma ürünleri ve metabolitleri ana pestisite göre daha az zararlıdır ancak bazıları için benzer ya da daha fazla toksik etki söz konusu olabilmektedir.

##### ***Arıtma yöntemleri***

Granüler aktif karbon (GAC) ve ozonlama ile verimli bir giderim sağlanabilir.

### **2.1.3. İkincil öncelikli parametreler**

İnsan sağlığına direk olumsuz bir etkisi olmayan ya da olsa bile estetik, işletimsel veya dağıtım şebekesi açısından gerekli olan limit değerinin; insan sağlığına olan olumsuz etki limit değerinden daha sıkı olan parametreler “ikincil öncelikli parametreler” kapsamına alınarak değerlendirilmiştir. Her bir parametrenin genel özellikleri, insan sağlığına olan etkileri, analiz ve arıtma yöntemleri ele alınarak irdelenmiş, elde edilen bilgiler ışığında kalite kategorileri için öneriler geliştirilmiştir (I. Grup Parametreler, Tablo 4-1).

#### **2.1.3.1. pH**

##### ***Genel özellikler***

Suyun asitlik veya bazlık durumunu gösteren logaritmik bir ölçüdür. Çözeltide bulunan H<sup>+</sup> iyonu konsantrasyonunu ifade etmektedir. pH 7 olduğunda (25°C) nötr, pH < 7 ise asidik ve pH > 7 ise baziktir. Düşük pH suda acı metal bir tada ve korozyona sebep olurken, yüksek pH değerleri ise suda kaygan hisse, soda tadına ve tortulara neden olur.

İçme suyu olarak kullanılacak ham suda pH değeri 4 ve 9 arasında olması beklenmekle birlikte, karşılaşılan değerler daha çok 5,5 ve 8,6 arasındadır. Ham suda karbonat ve bikarbonatların varlığına bağlı olarak 7 den büyük değerler olması beklenir.

pH’ın insan sağlığı üzerinde direk bir etkisi olmamakla birlikte, işletme açısından en önemli su kalite parametrelerinden biridir. pH’ın su kimyasındaki rolü korozivite, alkalinite, sertlik, klorlama, koagülasyon ve CO<sub>2</sub> dengesi ile bağlantılıdır.

##### ***Sağlık üzerine etkileri***

pH’ın insanlar üzerinde direk bir etkisi söz konusu değildir.

##### ***Arıtma yöntemleri***

Arıtılmış suda pH değeri asidikse, metal şebeke borularının ve evsel boru tesisatının korozyonuna; bazik ise, dağıtım sistemindeki tuzların çökmesine ve dolayısıyla debide düşüslere sebep olabilmektedir (Gray, 2008, s253). Bu nedenle arıtılmış suda pH ayarlaması oldukça önemlidir.

pH arıtma proseslerinin verimli çalışmasında da oldukça önemli bir faktördür. Klorun bakteri ve virüs giderme verimi düşük pH'larda daha iyi olmakla birlikte, düşük pH'larda (pH 7 ve altı için) korozif etkiye sebep olmaktadır. Ayrıca yüksek pH'larda THM oluşumu daha yüksektir (özellikle 8,5 değeri üzerindeyse) (De Zuane, 1990, s.29).

pH değerleri arıtma süresince proses ihtiyacına göre kimyasal madde ilaveleri ile ayarlanabilir. pH değerini arttırmak için kireç, sodyum karbonat ve kostik soda; pH değerini düşürmek için ise sülfürik asit ve hidroklorik asit ilave edilir.

Dezenfeksiyon öncesi suyun pH'nın artırılması için genel olarak sodyum karbonat ve sodyum hidroksit kullanılmaktadır. Ancak düşük pH değerlerinin arttırılmasında kalsiyum ve magnezyum karbonat kullanılması, hem suyun daha az korozif olması, hem de sodyum ile kıyaslandığında kalsiyum ve magnezyumun sağlık açısından faydaları sebebiyle tercih edilmesi daha uygundur.

### 2.1.3.2. Renk

#### *Genel özellikler*

İçme suyunda normal şartlarda görünür seviyede renk olmamalıdır. İnsanlar genellikle 15 TCU (true colour unit) seviyesi üzerindeki rengi fark edebilirler (WHO, 2011, s.224).

İçme suyunda renk genellikle, topraktan kaynaklı renkli organik maddenin (özellikle hümik ve fülvik asitler) varlığından dolayı oluşmaktadır. Bunun dışında demir ve diğer metallerin varlığında (doğal etkenlerle veya korozyon sebebiyle olarak) ya da su kaynağının endüstriyel kaynaklı deşarjlarla kirlenmesi sonucunda suda renk gözlenebilir.

İçme sularında renk oluşumuna sebep olabilecek bazı maddeler Tablo 2-4'de verilmiştir.

**Tablo 2-5** İçme suyunda renk yapan bazı maddeler

Hümik asit (kahve-siyah)	Bakır (> 4-5 mg/L mavi/mavi-yeşil renk verir)
Fülvik asit (sarı-kahve)	Demir (kırmızı-kahve,pas rengi)
Toplam çözünmüş madde	Mangan (gri-siyah/siyah-kahve)

Alüminyum (mavimsi, süt rengi)	Mikroorganizmalar
--------------------------------	-------------------

Çözünmüş organik maddelerden kaynaklanan renk “gerçek renk” ve askıda katıların katkısı ile oluşan renk ise “görünen renk” olarak adlandırılmaktadır.

### ***Sağlık üzerine etkileri***

İçme suyunda insan sağlığı açısından herhangi bir limit değer belirlenmemiştir. Ancak, özellikle dikkate değer bir değişim söz konusu ise, sudaki renk varlığının kaynağı iyi araştırılmalıdır.

### ***Arıtma yöntemleri***

Renk gideriminde; ozon, klor, klordioksit gibi kimyasallarla oksidasyon yönteminin yanı sıra koagülasyon, flokülasyon ve filtrasyon da etkin giderim sağlayabilmektedir. Bu yöntemlere alternatif/ilave olarak aktif karbon, UV, UF ve NF gibi yöntemler de renk gideriminde kullanılabilir.

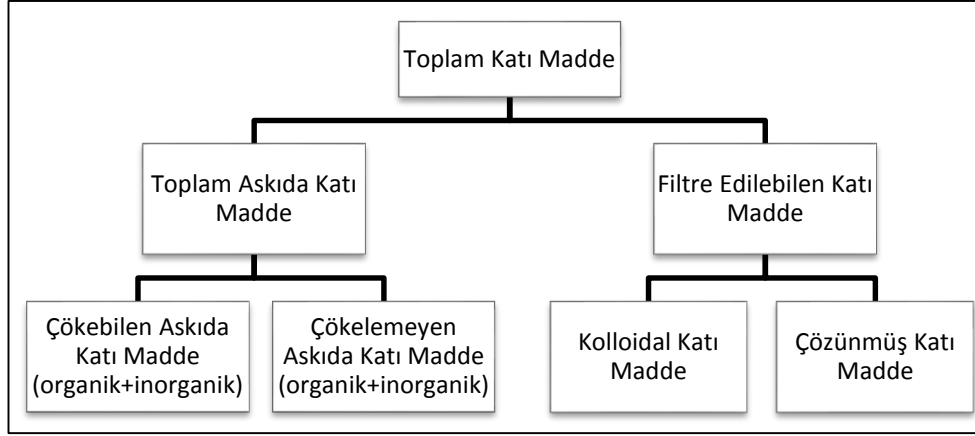
### **2.1.3.3. Toplam askıda katı madde (AKM)**

#### ***Genel özellikler***

Askıda katı madde, askıda (süspansiyonda) bulunan ve durgun şartlarda kendi ağırlıkları nedeni ile çökebilecek durumda olan katı maddeler için kullanılır. Yerçekimi etkisiyle sudan daha ağır olan katı maddeler çöker.

Boyutları 10 nm ile 0,1 µm aralığında değişen katı maddelerin, 0,45 µm gözenek çapındaki filtreden geçemeyen kısmı askıda katı maddeleri oluşturmaktadır. Filtreden geçebilen 1 µm'den küçük maddeler ise koloidal madde dediğimiz katıyı oluşturmaktadır. Katı maddelerin sınıflandırılması **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**'de verilmiştir.





**Şekil 2.1** Katı madelerin sınıflandırılması

### ***Sağlık üzerine etkileri***

Yüksek miktardaki askıda katı madde, mikroorganizmaların askıda katılara tutunarak yaşamaları için uygun bir ortam oluşturması nedeniyle, virüs, parazit ve bazı bakteriler gibi hastalık yapıcı mikroorganizmaların varlığına işaret ettiğinden dolayı, sağlık açısından içme suyunda olması istenmez. Bu organizmalar bulantı, kramplar, ishal gibi kısa dönemli belirtilere sebep olabilir.

Askıda katı maddelere, ağır metaller ve hidrofobik kimyasallar (pek çok pestisit vb.) adsorbe olabildiğinden dolayı da sağlık açısından dikkat edilmesi gereken bir parametredir (AWWA, 2011).

### ***Arıtma yöntemleri***

Askıda katı madde gideriminde; durultma, koagülasyon, flokülasyon, filtrasyon, aktif karbon, MF ve UF yöntemleri kullanılabilir.

#### **2.1.3.4. Sıcaklık**

##### ***Genel özellikler***

Su kaynakları; iklimsel koşullar, su kaynağının özellikleri gibi pek çok faktörün etkisiyle farklı sıcaklıklarda olabilir. Genel olarak, su sıcaklığının 16°C'den düşük olması tercih edilir (Nemerow et. al, 2009).

Sıcaklık; suyun yoğunluğu, viskozitesi, yüzey gerilimi, çözünürlüğü gibi parametrelerin yanı sıra, kimyasal, biyokimyasal ve biyolojik aktiviteyi etkileyebilme

potansiyeli olması sebebiyle su arıtma tasarımında oldukça önemli bir parametredir (Crittenden et. al., 2005). Yüksek su sıcaklıkları mikroorganizma gelişimini ve tat, koku, renk ve korozyon problemlerini arttırabilmektedir (WHO,2011, s. 230).

### ***Sağlık üzerine etkileri***

Su sıcaklığının insan sağlığı üzerinde direkt olumsuz etkisi olmamakla birlikte, soğuk sular içilebilirlik açısından daha çok tercih edilmektedir.

### **2.1.3.5. İletkenlik**

#### ***Genel özellikler***

İletkenlik, su kalitesi için gösterge bir parametre olup, suyun elektrik akımını iletme kabiliyetinin bir ölçüsüdür. İletkenlik yaygın olarak kirlilik izlemesinde kullanılmaktadır. Doğal nehirlerin ve göllerin iletkenlikleri genellikle 10-1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  seviyesinde olmaktadır. Bu seviyenin üzerindeki değerler ise kirlilik olduğunu gösterir.

Fenol, alkol ve şeker gibi organik bileşikler elektrik akımını iyi iletmediklerinden, suda bulduklarında düşük iletkenliktedirler. Ancak, klor, nitrat, sülfat ve fosfat anyonları ya da sodyum magnezyum, kalsiyum, demir ve alüminyum katyonlar gibi inorganik çözülmüş katıların varlığında suyun iletkenliği artmaktadır (Spellman, 2003).

### ***Sağlık üzerine etkileri***

İletkenliğin insan sağlığı üzerinde, içme suyu tüketimi yoluyla bağlantılı bir etkisinin olduğuna dair bir veri bulunmamaktadır (WHO, 2011).

### ***Arıtma yöntemleri***

İletkenlik seviyesinin artışı kalsiyum, magnezyum ve demir gibi katyonlar sebebiyle ise yumuşatma yapılarak giderilebilir. Eğer sorun sodyum, potasyum vb. konsantrasyonların artışından dolayı ise öncelikli arıtma önerisi ters ozmos ve distilasyon ünitesidir.

### 2.1.3.6. Koku

#### *Genel özellikler*

Koku, içme suyunda estetik açıdan bulunması istenmeyen bir parametre olmasının yanı sıra, suda kirlilik meydana getiren maddelerin tespitinde iyi bir gösterge olarak görev yapabilmektedir. İçme sularında; doğal inorganik ve organik kimyasal kirlenici, biyolojik, sentetik kimyasal, korozyon ya da su arıtma kaynaklı koku oluşumu meydana gelebilir.

**Tablo 2-6** Kokuya sebep olan kimyasallar ve muhtemel kaynakları

<b>Koku</b>	<b>Koku Yapan Bileşik</b>	<b>Muhtemel Kaynak</b>
Toprağımsı/küf	Geosmin 2- Methylisoborneol 2-Isopropyl-3-methoxy pyrazine Mucidin (mantar önleyici) 2, 3, 6-Trikloroanisol	Aktinomisetler; mavi-yeşil alg
İlaç veya klorofenolik	2-Klorfenol 2,4-Diklorfenol 2,6- Diklorfenol	Fenollerin klorlama sonrası yan ürünleri
Yağlı	Naftalin Toluen	Yol akıntılarından kaynaklı hidrokarbonlar; su borularındaki bitümlü kaplamalar
Balık, pişmiş sebze ya da çürük lahana	Dimetiltrisülfür Dimetildisülfür Metil merkaptan	Alg veya bitki bozulması
Meyvemsi ve hoş kokulu	Aldehitler	Ozonlama yan ürünleri

İçme suyunda kokunun kaynağını belirlemek her zaman kolay olmayabilir (Tablo 2-6). Kokuya sebep olan nedenler aşağıda özetlenmiştir (Gray, 2005, s.287 ).

1. Bitki bozulması: algler bozulduğunda balık, çim ve küf kokusuna neden olur. Bazı türler canlıyken ciddi organoleptik sorunlara yol açmaktadır.
2. Küf mantarı ve aktinomisetler: küf ve toprak kokusu üretir. Borularda fazla bekleyen sularda ve suyun sıcak olduğu durumlarda görülebilir.
3. Demir ve sülfür bakterisi: her iki bakteri de tortu oluşturur ve çürüdükçe kötü bir koku verir.
4. Endüstriyel atıklar: endüstriden kaynaklı pek çok atık ve yan ürünler, suda ilaç veya kimyasal koku verebilir.
5. Klorlama: klorun kendisi suya koku vermemekle birlikte sudaki bileşiklerle reaksiyona girdiğinde oluşan ürünler kokuya neden olabilir.

**Tablo 2-7** Kokuya neden olan 4 ana alg grubu ve neden oldukları koku türleri

<b>Alg Grupları</b>	<b>Koku Türü</b>
Mavi-Yeşil Algler (Cyanophyceae)	Çimenimsi bir koku, hücreler parçalandıkça domuzumsu hatta septik bir koku oluştururlar.
Diatomlar (Bacillariophyceae)	Bu türler yağ salgıladıklarından balıgımsı ya da aromatik bir koku verirler.
Yeşil Algler (Chlorophyceae)	Balıgımsı ya da çimenimsi bir koku
Yeşil-Kahve Algler (Chrysophyceae)	Keskin bir koku verir. <i>Uroglenopsis</i> çok güçlü balıgımsı, <i>Synura</i> düşük sayılarda salatalık, orta sayılarda balıgımsı ve yüksek sayılarda iken domuzumsu bir koku verir.

İçme suyu kaynağında oksijen azalması sonucu (yeraltı suyu ya da göllerin hipolimnion tabakası), sülfür oluşur ve 0,5 mg/L konsantrasyonda bile hoş olmayan kokuya neden olur (Gray, 2008, s. 187).

#### ***Sağlık üzerine etkileri***

Kokunun sağlık üzerine direk bir etkisi olmamakla birlikte suda olması

istenmeyen maddelerin/mikroorganizmaların varlığına işaret ettiğinden, bu maddelerin sağlık açısından olumsuz etkileri söz konusu olabilir.

### ***Arıtma yöntemleri***

Koku gibi estetik problemler genellikle koagülasyon, sedimentasyon ve klorlama gibi konvansiyonel arıtma proseslerinin optimizasyonu ile engellenebilir. Ancak daha özel bir arıtmanın gerekmesi halinde; havalandırma, granüler/toz aktif karbon ve ozonlama gibi prosesler, kokuya neden olan organik ve bazı inorganik kimyasalların gideriminde verimli yöntemlerdir (WHO, 2011, s. 230).

### **2.1.3.7. Alüminyum**

#### ***Genel özellikler***

Alüminyum element formunda doğal olarak bulunmamakla birlikte, yeryüzünde üçüncü en çok bulunan metaldir. Tüm toprak, bitki ve hayvan dokusunda bulunur. Podzolizasyon (podzolleşme) olarak bilinen prosesle alüminyum,  $Al(OH)_3$  formunda toprakta daha alt katmanlara taşınır ve bu taşınma sonucunda çözünebilir formdaki alüminyum ( $Al^{3(aq)}$ ) yüzeysel sulara ulaşır.

Alüminyum metali inşaat, otomotiv, uçak endüstrilerinde, metal alaşımlarının üretiminde, elektrik endüstrisinde ve pişirme aletleri ile yiyecek paketlemede kullanılmaktadır. Alüminyum bileşikleri ise; antasitler, antiperspirantlar ve gıda katkı maddeleri gibi endüstriyel ve evsel ürünler ile aşılarda kullanılmaktadır.

Nötral pH seviyesinde alüminyumun çözünebilirliği düşük olduğundan, su kaynaklarında çözülmüş alüminyum konsantrasyonu çoğunlukla düşük olup, genellikle konsantrasyonları 0,001-0,05 mg/L arasında değişmektedir. pH 4,5 altında ve pH 7,5 üzerinde alüminyum konsantrasyonu hızlı şekilde artmaktadır. Asidik sularda 0,5-1 mg/L arasında değişen değerlerde görülmektedir. Asit maden drenajında ise 90 mg/L konsantrasyonları gibi daha aşırı değerler görülebilir.

İçme suyunda belli konsantrasyonların üzerindeki alüminyum, renk ve koku oluşumuna sebep olabilir. Suda çözülmüş alüminyum konsantrasyonunun 0,2 mg/L değerini aştığı durumlarda, pH'a bağlı olarak, şebekede alüminyum hidroksit beyaz jelatinimsi formda çökerek, suyun süt görünümlü bir hal almasına neden olur.

### ***Sağlık üzerine etkileri***

Alüminyum yiyecek, içme suyu gibi geniş bir kullanım alanına sahip olmasına karşın ağız yoluyla vücuda alınmasında akut toksik etkisiyle ilgili çok az bulgu mevcuttur.

1988 yılında kayıtlara geçen bir vakada; alüminyum sülfat kullanan bir içme suyu arıtma tesisinden kaynaklı olarak yüksek miktarda alüminyum seviyelerine yaklaşık 5 gün boyunca maruz kalan nüfus üzerinde gözlenen semptomlar, baş dönmesi, kusma, ishal, ağız ülseri, deri ülseri, deri kaşıntısı ve eklem ağrıları tespit edilmiştir (WHO, 2010, s. 9).

Bazı çalışmalar yüksek seviyede alüminyum alınmasında Alzheimer hastalığının gelişebileceğini gösterse de, bu bulguların doğru olmadığını gösteren çalışmalarda mevcuttur. Bu nedenle alüminyumun Alzheimer hastalığı ile ilişkisine dair henüz kesin bir bilgi yoktur (ATSDR, 2008, s. 5).

Sağlık açısından limit değer olarak 0,9 mg/L belirlenmiştir (WHO, 2011, s. 311). Ancak estetik açıdan içme suyunda bulunması önerilen değerler bu değerden daha düşük olduğundan sağlık açısından belirlenen değer kullanılmamaktadır.

### ***Arıtma yöntemleri***

Koagülasyon, flokülasyon ve filtrasyon gibi konvansiyonel yöntemlerle alüminyum giderimi mümkündür. Koagülant olarak alüminyum kullanan bir arıtma tesisi çıkışında bile, eğer iyi işletiliyorsa, 0,1 mg/L ve daha az konsantrasyonlara ulaşılabilir (NHMRC, 2014, s. 380).

İçme suyu arıtma tesisinde alüminyum kullanımı ve çıkış suyunda da alüminyum problemi söz konusu ise, koagülantın değişmesi ya da pH ile ilgili yapılacak düzenlemeler ile alüminyum konsantrasyonları kontrol altına alınabilir.

### **2.1.3.8. Demir**

#### ***Genel özellikler***

Demir, yerküre yapısında en çok bulunan metallere biridir. Demire doğada element olarak çok nadir rastlanmakla birlikte, oksijen ve sülfür içeren bileşiklerle Fe<sup>+2</sup> ve Fe<sup>+3</sup> demir iyonları birleşerek oksitleri, hidroksitleri, karbonatları ve sülfatları oluşturur. Demir, doğada en çok oksitlenmiş haliyle bulunur.

Doğal tatlı su kaynaklarındaki konsantrasyonu 0,5-50 mg/L arasında değişen değerlerde bulunabilir (WHO, 2011, sf.381). Kaya ve minerallerin aşınmasından, asidik maden su drenajından, katı atık sızıntı sularından, atıksu deşarjlarından ve demir ile ilgili endüstrilerden kaynaklı olarak sularda bulunabilir (Health Canada, 1978). Demir ayrıca, demir bileşenli koagülantların kullanımı ya da su dağıtımında çelik ve dökme demir boruların korozyonu sonucu içme suyunda bulunabilir.

40 µg/L demir ( $Fe^{+2}$  olarak) konsantrasyonları, distile suda tatma yöntemiyle tespit edilebilir. Toplam çözünmüş madde içeriği 500 mg/L olan bir mineralize kaynak suda, tat ile tespit edilme eşik değeri 0,12 mg/L'dir. 0,3 mg/L ve altı değerlerde suyun tadında genellikle dikkate değer bir değişiklik hissedilmez. Çamaşır ve seramikler üzerinde leke oluşması da 0,3 mg/L üzerindeki demir konsantrasyonlarında görülmektedir. Ancak 0,05-0,1 mg/L değerleri üzerinde, boru sistemlerinde bulanıklık ve renk oluşumu gözlenebilir. (WHO, 2003, s.3).

İçme suyu kaynaklarında, demir (II) tuzları kararsız yapıda olup, çözünmeyen demir (III) hidroksit formuna geçerek, pas rengi silt şeklinde çöker.

Demir ayrıca su şebekesinde istenmeyen bakteriyel gelişime (demir bakterileri) ve borularda çamurumsu bir kaplama şeklinde tortu oluşmasına neden olabilir.

### ***Sağlık üzerine etkileri***

Demir, özellikle demir (II) oksit durumundayken, insan vücudu için gerekli elementlerden biridir. Demir, 3 mg/L ve üzerine çıkmadığı takdirde insan sağlığına olumsuz etkisi bulunmamaktadır. Ancak tat eşik değerinin bu değer çok altında kalması sebebiyle insan sağlığı açısından limit değer önerilmemiştir.

### ***Arıtma yöntemleri***

Demir arıtma yöntemlerinin genel prensibi, demir (II) formunun oksitlenmesi ile çözünmeyen formdaki demir (III)'e dönüştürülmesi ve çözünmeyen yeni formun sudan uzaklaştırılmasıdır.

Havalandırma ve kimyasal oksidasyon yöntemi ile demirin oksidasyonu sağlanır ve bunun neticesinde de çözünmeyen formda demire dönüşerek çökebilir hale getirilir. En sık kullanılan kimyasal oksidantlar; oksijen, klor, permanganat, ozon, klor dioksittir (AWWA, sf. 5,6). Yüksek demir konsantrasyonlarında klordioksit kullanımı,

inorganik yan ürün oluşturması nedeniyle, uygun olmayabilir.

Havalandırma, kimyasal oksidasyon, durultma, yumaklaştırma, filtrasyon, iyon değiştirme MF/UF, yeraltına besleyerek kuyudan çekme gibi farklı yöntemler demir konsantrasyonuna, sudaki diğer kirletici çeşit ve miktarları gibi etkenlere bağlı olarak tek başına ya da diğer yöntemlerle birlikte kullanılabilir.

### **2.1.3.9. Mangan**

#### ***Genel özellikler***

Mangan, yerküre yapısında en çok bulunan metallerden biridir, genellikle demirle birlikte görülür. Ancak sudaki konsantrasyonları demire oranla daha düşüktür.

Demir ve çelik alaşımların üretiminde, okside edici olarak temizlikte, ağartmada ve dezenfeksiyonda (potasyum permanganat olarak), çeşitli ürünlerin içeriğinde kullanılmaktadır.

Ham suda genellikle 0,001-0,6 mg/L aralığında bulunmakla birlikte; 1 mg/L'yi aşan konsantrasyonlarda, manganlı minerallerin oksijensiz ortamda suyla teması ya da bakterilerin aktivitesi söz konusudur (De Zuane, 1997, s.126).

0,1 mg/L değerini aşan konsantrasyonlarda istenmeyen tat ile borularda ve çamaşırlarda lekelere neden olur. 0,02 mg/L gibi düşük konsantrasyonlarda su borularında tabaka oluşturabilir, bu da zamanla siyah çökelti halinde birikme yapabilir. Pek çok ülke, renk değişimiyle birlikte gelen sorunlar sebebiyle, mangan için 0,05 mg/L standart değer belirlemiştir (WHO, 2011a, s.1).

#### ***Sağlık üzerine etkileri***

Mangan, insanların ve hayvanların fonksiyonlarının sağlıklı işlemesi (pek çok hücre sel enzimin çalışması ve pek çoğunun da aktive olabilmesi) için gerekli bir elementtir (WHO, 2011a, s.1).

Sağlık açısından 0,4 mg/L konsantrasyonda limit değer belirlemek mümkün olmakla birlikte (WHO, 2011, s. 387), mangan içme suyu kaynaklarında genellikle bu konsantrasyonların çok daha altında bulunduğundan ve suyun tüketici tarafından kabul edilebilirliği (tat, leke, borularda birikme vb.) de bu konsantrasyonun altında kaldığından sağlık açısından limit bir değer belirlenmesine gerek görülmemiştir. Ancak yüksek konsantrasyonlarda mangan alımı neticesinde olumsuz fizyolojik



etkiler, özellikle nörolojik etkiler gözlemlenebilir (Gray, 2005, 289).

### ***Arıtma yöntemleri***

Konvansiyonel arıtma, iyon değişimi, ters ozmos, kireçle yumuşatma ve kimyasal çöktürme yöntemleriyle mangan giderimi mümkündür.

Demir giderim metoduyla benzer şekilde, öncelikle çözünebilir formdaki mangan (II) oksidasyonla çözünmeyen mangan (IV) formuna dönüştürülerek çökebilir hale getirilir. Manganın oksidasyon potansiyeli demire göre düşük olması sebebiyle, basit havalandırma ile demir oksidasyonu yaygın olarak kullanılabilirken, mangan (II) için bu yöntem yeterli seviyede yükseltgenme sağlamamaktadır.

Koagülasyon yöntemi ile % 50 ve üzeri; klorlama, ozonlama ve membran yöntemleri ile de % 80 giderim sağlayarak 0,05 mg/L değerini yakalamak mümkündür (WHO, 2011f, s. 167). Oksidasyon ve filtrasyon yöntemleriyle 0,05 mg/L değerleri içme suyu için sağlanabilir (WHO, 2011a, s.14)

### **2.1.3.10. Çinko**

#### ***Genel özellikler***

Çinko, hemen hemen tüm yiyecek ve içme sularında tuz ve organik bileşik formunda bulunabilen gerekli bir iz elementtir (WHO, 2011, s. 229). Korozyonu önlemek için galvanizlemede kullanılmasının yanı sıra; boya, lastik ürünler, kozmetikler, ilaçlar, yer kaplama malzemeleri, plastikler, mürekkep, sabun, tekstil ürünleri ve elektrik malzemeleri gibi pek çok ürünün hazırlanmasında kullanılabilir.

Yerüstü ve yeraltı sularındaki çinko konsantrasyonları normalde sırasıyla 0,01 mg/L ve 0,05 mg/L'nin altındadır (Gray, 2008, s. 403). Yüksek konsantrasyonlar, çinko madenlerinin çıkarıldığı yapısında metal bulunan alanlarda görülebilir. Çinkonun içme sularındaki öncelikli kaynağı, galvanize çelik tanklar ve tesisat borularının korozyonu olup, bu durum düşük pH'lı sulardan kaynaklanmaktadır. Galvanize çelik borulardaki bu korozyon, çok az miktardaki bakır (0,1 mg/L) konsantrasyonlarında bile önemli miktarda artmaktadır (Gray, 2008, s. 403). Ayrıca içme suyundaki çinko seviyelerinin tesisat kaynaklı olarak yüksek olması (>0,1 mg/L) suda kadmiyum konsantrasyonlarının da arttığının göstergesi olabilir.

Çinkonun 4 mg/L (çinko sülfat olarak) civarındaki tat eşik değerinin

üzerindeki konsantrasyonları suya istenmeyen buruk bir tat vermektedir. 3-5 mg/L yi geçen konsantrasyonlarda, bulanıklık (donukluk) görülebilir ve kaynatıldığında yağlı bir film tabaka oluşturabilir (WHO, 2011, s. 229).

### ***Sağlık üzerine etkileri***

3 mg/L'yi geçen çinko seviyeleri suda bulanıklığa ve tatta değişikliğe neden olması sebebiyle tüketici tarafından kabul edilmeyebilir (WHO, 2011, s. 229). Ancak, içme suyunda 20 mg/L'ye kadar olan çinko seviyelerindeki tüketimde herhangi bir hastalık etkisi tespit edilmediğinden WHO tarafından sağlık açısından limit bir değer belirlenmemiştir. Ancak 25 ve 40 mg/L arasındaki çok daha yüksek konsantrasyonlarda bulantı ve kusma görülebilmektedir (Nemerov et. al., 2009, s. 68).

### ***Arıtma yöntemleri***

Son tüketicinin musluk suyunda tespit edilmesi, daha çok borulardaki korozyondan kaynaklıdır ve korozyon önleyici tedbirler ile kontrol altına almak mümkündür. Ayrıca sudan çinko giderimi için kireçle yumuşatma ile pH 9,5-10 değerlerinde % 60 giderim (suda 0,1 mg/L seviyelerine ulaşmak) mümkündür. Alum koagülasyonu ile pH 6,5-7 değerlerinde % 30 oranında giderilebilir (NHMRC, 2014). Bu yöntemlerin dışında; iyon değişimi, ters ozmos (% 96-98) ve elektrodiyaliz yöntemleri kullanılabilir.

### **2.1.3.11. Kobalt**

#### ***Genel özellikler***

Sert, kırılğan, demir ve nikel benzeyen metal kimyasal bir elementtir. Metal elektrokaplama ve cam, porselen, emayenin alaşımı olarak kullanılmaktadır. Antropojenik kaynaklar olarak; fosil yakıtların yanması, atıksu çamuru, fosfat gübreleri, madencilik ve kobalt bileşiklerini işleyen endüstriler sayılabilir.

Yerüstü ve yeraltı sularında kobalt konsantrasyonları düşük olup; bozulmamış alanlarda 1 µg/L'in altında, yerleşim alanlarında ise 1-10 µg/L arasında bulunabilmektedir (WHO, 2006, s. 4). Tarım ve maden alanlarında ise 100-200 mg/L'ye kadar yükselebilir.

Kobalt içme suyunda nadir olarak tespit edilmektedir. İçme suyundaki kobalt

konsantrasyonları genellikle 0,1-5 µg/L arasında değişmektedir (WHO, 2006, s.11).

### ***Sağlık üzerine etkileri***

Kobalt insan sağlığı için gerekli bir element olup, insan yaşamı için elzem olan vitamin B<sub>12</sub>'nin de bir bileşenidir. İnsan sağlığına olumsuz etkisi ise 1 mg/kg miktarın üzerinde başlamaktadır. Yüksek kobalt seviyelerinde sindirim sisteminde (bulantı, kusma ve ishal) rahatsızlıklar ile karaciğer hasarı gibi olumsuz etkiler görülebilmektedir (ATSDR, 2004).

Volfram karbürlü kobalt metali “yüksek ihtimalle kanserojenik (grup 2A)”, volfram karbürsüz kobalt ve kobalt sülfat ile diğer çözünebilir kobalt (II) tuzları ise “muhtemel kanserojenik (grup 2B)” sınıfındadır.

Ancak içme suyundan vücuda alınabilecek miktarları ihmal edilebilecek seviyede olduğundan, insan sağlığına ilişkin bir standart belirlenmemiştir.

### ***Arıtma yöntemleri***

İyon değişimi (% 99), adsorpsiyon (% 98), granüler aktif karbon (% 99) kobalt gideriminde kullanılabilir yöntemlerdir. Bu yöntemlerin yanı sıra sülfonlu polimer ile birlikte ultrafiltrasyon kullanıldığında % 98 verimle giderim mümkün olabilmektedir.

### **2.1.3.12. Sülfat**

#### ***Genel özellikler***

Sülfürik asitin tuz ya da ester hali olup, element sülfürün en çok üretilen kimyasal formudur. Doğal olarak pek çok mineralde bulunur. Sülfatlar ve sülfürik asit ürünleri gübre, kimyasal, boya, cam, kâğıt, sabun, tekstil, fungusit, insektisit ve ilaç yapımı ile madencilikte, odun hamurunda, metal ve kaplama endüstrilerinde, atıksu arıtımında ve deri işlemede kullanılmaktadır.

Su kaynaklarında dünya çapında su izleme istasyonları ile yapılan ve 1990 yılında yayımlanan bir çalışmada, sülfatın tatlı sulardaki tipik değeri 20 mg/L olduğu, nehirlerde 0-630 mg/L arasında, göllerde 2-250 mg/L arasında ve yeraltı sularında 0-230 mg/L arasında değişen konsantrasyonlarda olduğu tespit edilmiştir (WHO, 2004b, s. 2).

İçme sularındaki sülfat seviyelerinin, arıtma çıkışında kaynaktaki seviyelerin üstüne çıkması mümkündür. İçme suyu arıtımında kullanılan kimyasallar (alüminyum sülfat vs.) sebebiyle Kanada'nın Ontario eyaletinde kaynakta 12,5 mg/L ölçülen sülfat konsantrasyonu, arıtma çıkışında 22,5 mg/L ölçülmüştür (WHO, 2004b, s. 2).

Sülfatın tat eşiği, sülfat tuzu olarak 250 mg/L olarak verilebilir (WHO, 2004b, s. 6). Anoksik koşullarda, sülfat indirgeyen bakteriler tarafından sülfat sülfite indirgenir ve hidrojen sülfid oluşumuna bağlı olarak istenmeyen tat ve kokunun yanı sıra şebekede korozyona artışına sebep olabilir (NHMRC, 2014, s. 1019).

### ***Sağlık üzerine etkileri***

Sülfatın sağlık üzerine olan etkilerinin belirlenmesi için yapılan çalışmalarda, farklı bölgelerdeki sülfat seviyelerinin insan sağlığı açısından oluşturduğu etkilerin çeşitliliği sebebiyle, belirli bir akut maruziyete tepki dozu henüz belirlenmemiştir. Ancak yüksek sülfat seviyelerinde (600 mg/L ve üzeri için) sülfatın ishal etkisinin olduğu bilinmektedir. Bu nedenle 500 mg/L ve üzerine çıkan sülfat seviyelerinin içme suyu kaynaklarında tespit edilmesi halinde, sağlık yetkililerinin bilgilendirilmesi önerilmektedir (WHO, 2011, s. 419).

Yüksek sülfat seviyelerine uzun süreli maruziyette, insanların zamanla adaptasyon gösterdiği tespit edilmiştir (USEPA, 1999, s. 2). Bu nedenle yüksek sülfat seviyelerinde gösterilen olumsuz belirtilerin yerel halk dışında, düşük sülfat seviyelerine alışık olan turist, geçici misafir ya da yeni taşınan sakinlerde görülmesi daha muhtemeldir. Bir başka ihtimal ise içme suyu kaynağının değiştirilmesi ya da sülfat değerleri yüksek yeni kaynakların ilavesi neticesinde benzer etkilerin görülmesi söz konusu olabilir.

### ***Arıtma yöntemleri***

Pek çok sülfat tuzu suda oldukça çözünebilir olması sebebiyle konvansiyonel yöntemlerle giderilemez. Nanofiltrasyon, ters ozmos ve elektrodializ gibi membran prosesleri ile ya da iyon değişimi yöntemi ile giderimi mümkündür.

Ters ozmos prosesinde kalsiyum sülfat, kalsiyum karbonatla birlikte tıkanma problemlerine sebep olabilir. Bu durumda ters ozmos öncesi yumuşatma işlemi uygulanabilir (De Zuane, 1997, s. 110).

İçme suyu arıtımında alüminyum sülfatın kullanılması durumunda, su kaynağındaki konsantrasyonlara ilave olarak 20-50 mg/L arasında çıkış suyundaki konsantrasyonlarında artış görülebilir (De Zuane, 1997, s. 110). Sülfat aynı zamanda dezenfeksiyon verimini de etkileyebilir. Bakiye klorun tutulması ile dezenfeksiyon verimini düşürebilir.

### **2.1.3.13. Klorür**

#### ***Genel özellikler***

Klorürler, klorun bileşikleridir. Sodyum klorür; kostik soda, klor, sodyum klorit ve hipoklorit gibi endüstriyel kimyasalların üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Potasyum klorür ise gübre üretiminde kullanılmaktadır.

İçme sularında klorür doğal kaynaklardan, kanalizasyondan, endüstriyel deşarjlardan (galvaniz tesisleri, su yumuşatma üniteleri, petrol kuyuları, rafineriler ve kağıt üretimi) ve buz çözücü tuzlar ile tuz girişiminin de dahil olduğu kentsel yüzeysel akıştan kaynaklı olarak görülebilir.

Yüzey sularında klorür konsantrasyonu genellikle 100 mg/L'nin altında olup; özellikle tuzlu su girişi mevcut ise, yeraltı sularında daha yüksek konsantrasyonlarda görülebilir (NHMRC, 2014, s. 504).

Klorür konsantrasyonlarının 250 mg/L'yi aşması halinde suya tuzlu bir tat verebilir. Ancak tüketiciler zamanla bu konsantrasyon üzerindeki değerlere de alışabilir (WHO, 2003a, s. 3).

#### ***Sağlık üzerine etkileri***

Klorür, vücut sıvılarının ozmotik aktivitesine katkı sağlayan, hem insanlar hem de hayvanlar için gerekli bir maddedir (NHMRC, 2014, s. 505).

Sağlıklı bireyler, tatlı su kaynaklarından gelmesi kaydıyla yüksek miktarlarda alınan klorüre tolerans gösterebilir. Klorürün yüksek miktarlarda uzun vadeli alımına ilişkin yeterli bilgi bulunmamakla birlikte, hayvanlarda yapılan çalışmalarda, klorür iyonundan ziyade sodyum klorürle bağlantılı olarak yüksek tansiyona sebep olabileceği tespit edilmiştir (WHO, 2003a, s. 3).

İnsan sağlığına olumsuz etkisine dair henüz yeterli bir bilgi olmadığından, WHO tarafından sağlık açısından bir limit değeri belirlenmemiştir.

### ***Arıtma yöntemleri***

Klorür, suyun elektriksel iletkenliğini arttırması sebebiyle korozivitesini de arttırır ve alkaliniteye bağlı olarak dağıtım sisteminde metal boruların korozyonuna sebep olabilir.

Klorür konvansiyonel arıtma yöntemleriyle giderilememektedir. Ters ozmos (> % 90) ve elektrodializ yöntemleriyle giderimi sağlanabilir.

### **2.1.3.14. Anyonik Yüzey Aktif Maddeler**

#### ***Genel özellikler***

Alkil benzen sülfonat (ABS) ve lineer alkilat sülfonat (LAS) gibi yüzey gerilimli ve metilen mavisiyle reaksiyon veren maddeleri içerir. Sudaki deterjan veya köpük yapıcı maddelerin ve dolayısıyla kanalizasyon karışmasının bir göstergesidir. Biyolojik olarak ayrışması oldukça zor olan alkil benzen sülfonat (ABS) yerini, daha çok lineer alkilat sülfonat (LAS)'a bırakmıştır. 1 mg/L üzeri konsantrasyonlarda suda köpürmeye ve tatta değişikliğe sebep olmaktadır.

ABS ve LAS deterjanları fosfat içerdiğinden, su kaynaklarına ulaşması halinde bitki yaşamını verimli hale getirerek, mevcut oksijenin bitkiler tarafından kullanılmasına ve diğer sucul canlı yaşamının zarar görmesine neden olmaktadır.

#### ***Sağlık üzerine etkileri***

WHO tarafından insan sağlığı açısından limit bir değer belirlenmemekle birlikte, içme suyundaki konsantrasyonlarının köpürmeye ya da tat problemlerine yol açmayacak seviyelerde olması gerektiği belirtilmiştir. USEPA ise köpüren maddeler için estetik kaygılarla 0,5 mg/L limit değerini belirlemiştir.

### ***Arıtma yöntemleri***

İçme suyundan yüzey aktif madde giderimi için aktif karbon kullanılarak adsorpsiyon yöntemiyle giderimi sağlanabilir. Ayrıca nanofiltrasyon ve ters ozmos membran prosesleri ile de verimli bir giderim sağlanabilir (AWWA, 2011, s. 11.6).

### **2.1.3.15. Fosfatlar**

#### ***Genel özellikler***

Fosforik asidin bir tuzu olan fosfat, doğada apatit minerali olarak bilinen fosfat kayalarında bulunur. En yaygın bulunan formları orto-fosfat, polifosfat ve organik fosfatlardır.

Fosfatlar yaygın olarak kimyasal gübre yapımının yanı sıra, özel cam, porselen, kabartma tozu ve deterjanların yapımında kullanılmaktadır. Ayrıca polifosfatlar kazan taşı ve korozyon önleyici olarak kullanılabilir.

Su kaynaklarında fosfatlar, minerallerle temas sonucu doğal kaynaklı olarak ya da gübre kullanımı, kanalizasyon ve endüstriyel deşarjlar sonucu insan faaliyetleri kaynaklı olarak bulunabilir. Yeraltı suları daha yüksek konsantrasyonlarda fosfat bulundurma olasılığı daha yüksektir.

#### ***Sağlık üzerine etkileri***

Fosfor kemik ve dişlerin inorganik bileşeni olması dolayısı ile insan vücudu için gerekli bir elementtir. Günlük fosfor ihtiyacı miktarı, kalsiyum ihtiyacıyla aynı olup, alınabilecek en yüksek miktar 800 mg/L olarak belirlenmiştir (De Zuane, 1997, s. 130).

Fosforun su kaynaklarında bulunan miktarlarının düşük olması sebebiyle WHO ve USEPA insan sağlığı için limit değer belirlememiştir.

#### ***Arıtma yöntemleri***

Fosfor, kimyasal çöktürme, biyolojik arıtma ve membran prosesleri ile giderilebilmektedir.

### **2.1.3.16. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)**

#### ***Genel özellikler***

BOİ, aerobik koşullar altında, bozunabilir organik maddenin bakteriler tarafından stabilize edilebilmesi için gerekli olan çözülmüş oksijen ihtiyacı miktarını ifade eder. KOİ ise kuvvetli bir oksidant ile stabilize olabilecek organik maddenin

oksijen karşılığının bir ölçüsünü ifade eder.

Her iki ölçüt de suyun kirlenme miktarı hakkında bir fikir verir. KOİ kısa sürede analizinin yapılabilmesi sebebiyle pratik olarak BOİ'nin ikamesi olarak kullanılabilmeyle birlikte, biyolojik olarak okside olabilen ya da biyolojik olarak inert organik maddenin arasındaki farkı gösterememesi en büyük dezavantajıdır.

İçme suyu kaynakları için her iki parametrenin de izlenmesine gerek yoktur. Ancak ham suyun kirliliğine ilişkin değerlendirme yapmak için KOİ ölçümleri kullanılabilir.

### ***Sağlık üzerine etkileri***

İnsan sağlığı açısından direk olarak bir olumsuz etkisi olmamakla birlikte, belli değerlerin üzerinde olması halinde suyun kirlendiğine ve sağlığa olumsuz etkisi olabilecek başka zararlı maddelerin varlığına işaret eder.

### **2.1.3.17. Çözünmüş Oksijen (ÇO)**

#### ***Genel özellikler***

Suyun çözünmüş oksijen (ÇO) içeriği; ham su sıcaklığına, arıtmaya ve şebekede gerçekleşen kimyasal/biyolojik proseslere bağlı olarak değişir. İçme suyunun ÇO konsantrasyonu genellikle yeterlidir ancak derin depolardan çekilmesi, şebekede kayda değer oranda mikroorganizma gelişiminin olması ya da uzun süreli yüksek su sıcaklığının söz konusu olması halinde, içme suyundaki oksijen konsantrasyonları düşebilmektedir (NHMRC, 2014, s. 640).

Düşük oksijen konsantrasyonlarında veya anoksik koşullarda, istenmeyen anaerobik mikroorganizma gelişimi sebebiyle, suyun estetik kalitesinin olumsuz etkilenmesinin yanı sıra boru ve tesisatlardaki korozyon da artış göstermektedir. Bu mikroorganizmalardan, mangan indirgeyen bakteriler siyah mangan tortuları üreterek borularda birikme ve çamaşırlarda lekelenmeye sebep olabilmektedir. Sülfat indirgeyen bakteriler, hidrojen sülfür üreterek, içme suyuna çürük yumurta kokusu verebilmektedir. Nitrat indirgeyen bakteriler ise, sağlık açısından daha zararlı olan nitrit üretebilmektedir (NHMRC, 2014, s. 640).

Estetik kaygılar sebebiyle (tat, koku, korozyon) % 85 ve üzeri doygunluk, içme suyu için kılavuz değer olarak verilebilir.



### ***Sağlık üzerine etkileri***

İnsan sağlığı üzerinde direk bir etkisi olmamakla birlikte, içme suyunda düşük konsantrasyonlarda olması halinde boru ve tesisatın korozyonuna ve bu da kurşun, bakır ve kadmiyum gibi metallerin konsantrasyonlarında artışa sebep olabilmektedir. Ayrıca hidrojen sülfür ve nitrit artışı da söz konusu olabilir.

### ***Arıtma yöntemleri***

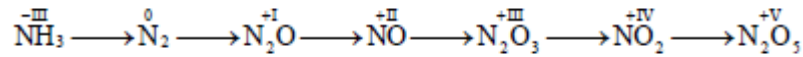
Havalandırma ve ozonlama ile oksijen konsantrasyonu arttırılabilir.

### **2.1.3.18. Toplam Kjeldal Azotu TKN) ve Amonyak Azotu (NH<sub>3</sub>-N)**

#### ***Genel özellikler***

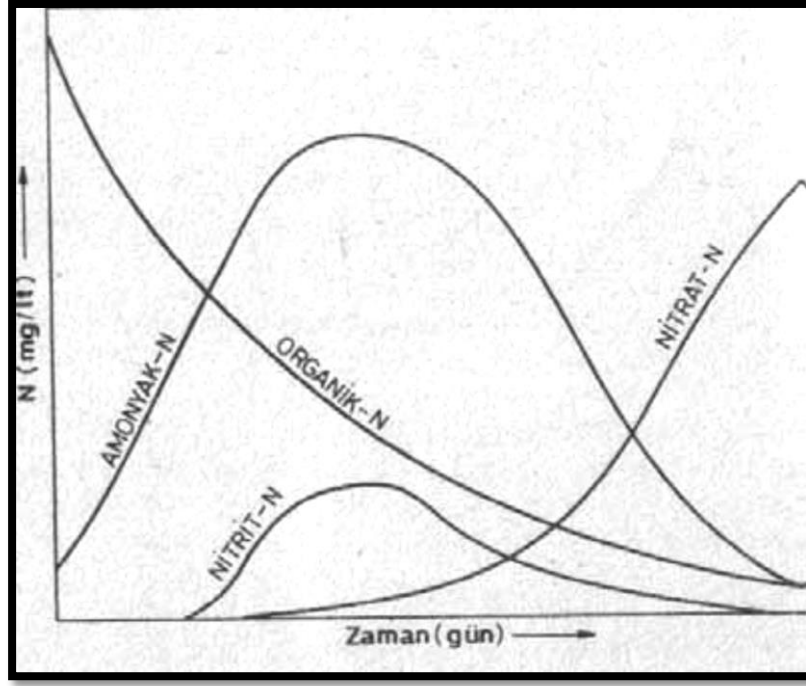
Azot elementi, doğal döngüsü olan, bakteriler tarafından tüketilmek suretiyle veya kimyasal yollardan değişik oksidasyon/redüksiyon kademelerinde farklı bileşikler oluşturabilir. Su kaynaklarında kirlenmenin bir göstergesi olarak kullanılmaktadır.

Azotlu bileşikler organik ve inorganik yapıda ve çok farklı oksidasyon seviyelerinde bulunabilir:



TKN ve amonyak azotu parametreleri organik azotu ölçmeye yardımcı parametrelerdir. TKN analiz metodunda, organik azot parçalanarak amonyağa dönüştürülür ve sudaki mevcut amonyakla birlikte ölçülerek TKN azotu bulunur. Tespit edilen TKN-N miktarından mevcut amonyak azotu miktarı çıkarıldığında ise organik azot belirlenmiş olur.

Suda organik azotun ve amonyak azotunun önemi, her ikisinin varlığının taze kirlenmenin bir göstergesi olmasıdır. Taze kirlenmiş suların büyük bir bölümü organik azot ve amonyak formundadır (Şekil 3.2). Zamanla organik azot, amonyak azotuna dönüşür ve ortam aerobik ise amonyak da nitrit ve nitrata dönüşür (Toröz, 2013, s. 636). Azotun büyük oranda nitrat formunda olması kirlenmenin eski olduğuna işaret eder.



**Şekil 2.2** Aerobik şartlarda kirlenmiş sulara azot formlarının değişimi

Yerüstü ve yer altı sularında doğal amonyak seviyeleri genellikle 0,2 mg/L'nin altındadır. Anaerobik yer altı sularında 3 mg/L'ye kadar konsantrasyonlar görülebilir.

İçme sularında amonyak bulunması halinde bakır boru ve tesisatta korozyona ve banyo malzemelerinde bakır lekelerine sebep olabilmektedir. Ayrıca bakteri ve alg gelişimine de yardımcı olmakla birlikte, sudaki nitrit konsantrasyonunun da artışına sebep olabilir. Sudaki amonyağın koku eşiği 1,5 mg/L'dir, ancak korozyon eşiği 0,5 mg/L'dir (NHMRC, 2014, s. 397).

### ***Sağlık üzerine etkileri***

Amonyağın insanlar üzerinde toksik etkisinin görülebilmesi için alınan konsantrasyonların, vücudun detoksifikasyon kapasitesinden yüksek olması gereklidir. Yüksek miktardaki amonyak alımlarında, metabolizmanın asit-baz dengesi bozularak glikoz toleransı etkilenir ve dokuların insülin hassasiyeti azalır (NHMRC, 2014, s. 397).

### *Arıtma yöntemleri*

Kimyasal veya biyolojik oksidasyon ile içme suyu kaynaklarındaki amonyak konsantrasyonları azaltılabilir.

### **3. TÜRKİYE'YE ÖZGÜ KİRLETİCİLER İÇİN İÇME SUYU KALİTE STANDARTLARININ BELİRLENMESİ**

#### **3.1. Türkiye'ye Özgü Kirleticilerin Literatür Taraması**

Türkiye'ye özgü olarak belirlenmiş olan kirleticilerin, dünya genelinde uluslararası otoritelerce ve bu konuda uzmanlaşmış ülkelerin ilgili kurumlarınca belirlenen değerler taranmıştır. Öncelikle genel kabul gören metodoloji incelenmiş, kabul gören varsayımlar ve farklılıkları değerlendirilmiştir.

##### **3.1.1. Uluslararası alanda belirlenmiş olan standartlar için kullanılan metodoloji**

Toksisitenin pek çok çeşidi için, hiçbir olumsuz etkinin görülmediği bir dozun var olduğu düşünülmektedir. Toksik etkisi olan kimyasallar için bu dozdan yola çıkarak günlük tolare edilebilecek miktarlar, yapılmış olan çalışmalardan en uygun olanında bulunan en hassas değer kullanılarak hesaplanır.

Günlük tolare edilebilir değer (TDI) hesaplamalarında ömür boyu kullanımda tolare edilebilecek miktar dikkate alınır. Ancak TDI hesaplamasında kullanılan "belirsizlik katsayısı (UF)" ile de kısa süreli maruziyette TDI değerinin aşılmasının insan sağlığına olumsuz etkisinin olmasının önüne geçilmiş olunur.

TDI hesaplamasında kullanılan NOAEL değeri, sağlığa olumsuz etkinin tespit edilmediği deney ya da gözlem ile bulunan tek bir çalışmanın neticesinde belirlenen maksimum doz ya da konsantrasyondur. LOAEL ise tespit edilebilen olumsuz bir etkinin gözlemlendiği en düşük doz ya da konsantrasyonu ifade eder. LOAEL değerinin kullanılacağı durumlarda NOAEL değerine dönüşüm için bir belirsizlik faktörü kullanılır. BMD/BMDL değeri ise, verilen belirli dozların sağlık üzerinde meydana getirdiği artışın oranı (% 5-% 10) üzerinden hesaplanır. BMDL kritik etki için tüm doz-cevap eğrisi üzerinden ve istatistiksel kuvvetler ile verinin kalitesi de göz önüne alınarak belirlendiğinden belirsizlik katsayısını dahil etmeden TDI hesaplamasında kullanılabilir.

Belirsizlik katsayısı (UF) için, türler arası farklılık, türler içi farklılık, veritabanının veya çalışmaların yeterliliği ile oluşacak etkinin ciddiyetine ve niteliğine göre değerlendirme yapılır. Bu dört faktörün her biri için 1-10 arasında belirlenen

değerler TDI hesaplaması için kullanılabilir. Genel nüfusun maruziyeti için yapılan hesaplamalarda, hayvanlar üzerinde yapılan deneylerdeki kritik etkiler için genellikle belirsizlik faktörü 100 değerinde alınır.

Kimyasal özel ayarlama faktörü (CSAF) ise kimyasalın etki şekline göre, türler arasında ya da farklı maruziyet yolları (solunum, ağız yoluyla alma vb.) arasındaki ekstrapolasyon yapmak üzere kullanılabilir. Aşağıdaki denklem (3.1) günlük tolare edilebilir değer hesaplaması yapılarak ilk aşama tamamlanır.

$$TDI = \frac{NOAEL \text{ veya } LOAEL \text{ veya } BMDL}{UF \text{ ve/veya } CSAF}$$

**TDI (tolerable daily intake):** günlük tolare edilebilir değer

**NOAEL (no-observed adverse effect level):** hiçbir zararlı etki görülmeyen seviye

**LOAEL (lowest observed adverse effect level):** zararlı etki görüldüğü en düşük seviye

**BMDL (lower confidence limit on the benchmark dose):** gösterge doz alt güven sınırı

**UF (uncertainty factor):** belirsizlik faktörü

**CSAF (chemical specific adjustment factor):** kimyasal özel ayarlama faktörü

### **Denklem 3-1** TDI hesaplaması

TDI hesaplaması sonrası; vücut ağırlığının, günlük tolare edilebilir miktarın içme suyundan alınan kısmının ve günlük tüketilen içme suyu miktarı kabulleriyle kılavuz değer hesabı yapılır.

Kılavuz değeri hesaplanmak istenen maddenin, günlük tolare edilebilir miktarının % kaçının içme suyundan alındığıyla ilgili yapılan çalışmalarda, pestisitlerin çoğunlukla gıda yoluyla alınması sebebiyle, oranlar % 1 değere kadar düşürülebilir. Ancak gıda yoluyla alımın düşük olduğu durumlarda (dezenfeksiyon yan ürünleri gibi) bu oran % 80'e kadar çıkabilir. Ancak yeterli verinin olmadığı durumlarda, kimyasalların içme suyundan alınan miktarlarının oranı % 20 olarak kabul edilebilir. Daha önceki yıllarda WHO tarafından bu değer % 10 olarak hesaplanmakta iken, bu değer fazla ihtiyatlı olduğu düşünülerek % 20 değerinin alınmasına karar verilmiştir (WHO, 2011, s. 163).

Kılavuz değer hesaplamasında, WHO tarafından yetişkinlerin kilosunu için 60 kg varsayımı yapılmış olup, farklı ülkelerde farklı varsayımlar kabul edilebilmektedir. Örneğin Avustralya, WHO'nun kabul ettiği değerin gelişmekte olan ülkeler için geçerli olduğu gerekçesiyle, ülke genelinde kullanılmak üzere belirlenen kılavuz değer hesaplarında ortalama yetişkin kilosunu 60 kg olarak kabul etmiştir. Günlük tüketilen içme suyu miktarı ise 2 litre olarak varsayılmıştır. Bu varsayımda da ülkeler arası kabullerde farklılıklar görülebilir. Soğuk ve nemli ülkelerde daha düşük miktarlar kabul edilebilmektedir.

İkinci aşama olan kılavuz değer (GV) hesaplaması aşağıdaki denklem (3.2) kullanılarak yapılır.

$$GV = \frac{TDI \times bw \times P}{C}$$

*GV (guideline value)*: kılavuz değer

*bw (body weight)*: vücut ağırlığı

*P (fraction of the TDI allocated to drinking water)*: günlük tolare edilebilir miktarın içme suyundan alınan kısmı

*C (daily drinking water consumption)*: günlük tüketilen içme suyu miktarı

### **Denklem 3-2 Kılavuz değer (GV) hesaplaması**

#### **3.1.2. Türkiye'ye özgü kirleticiler için uluslararası alandaki uygulamaların taraması neticesinde bulunan değerler**

“Tehlikeli Madde Kirliliğinin Kontrolüne İlişkin Proje (TMKK)” kapsamında belirlenmiş olan Türkiye'ye özgü 99 kirletici için uluslararası alandaki uygulamaların taraması yapılmıştır. Bu tarama neticesinde, 33 adet kirleticinin içme suyu standardı, insan sağlığına olan etkisi ve arıtma yöntemleri tespit edilerek, Tablo 3-1'de verilmiştir.

**Tablo 3-1** Türkiye’ye özgü kirleticiler için uluslararası alandaki uygulamaların taranması neticesinde bulunan değerler

<b>Kimyasal Adı (Nihai Durum)</b>	<b>CAS no</b>	<b>WHO (µg/L)</b>	<b>USEPA (µg/L)</b>	<b>AVUSTRALYA / JAPONYA/ KANADA (µg/L)</b>	<b>Arıtma Yöntemi</b>	<b>İnsan Sağlığına Olabilecek Etkileri</b>
<b>Stiren; Vinilbenzen</b>	100-42-5	20	100		GAC ile 0,02 mg/L değerine ulaşılabilir.	Akut toksisitesi düşüktür. Karaciğer, böbrek ya da dolaşım sistemi sorunlarına yol açar. IARC Grup 2B (kanser yapma ihtimali olan) altında değerlendirilmektedir.
<b>1,4-diklorobenzen</b>	106-46-7	300	75		Havayla sıyırma yöntemi ile 0,01 mg/ L değerine ulaşılabilir.	Kansızlık, karaciğer, böbrek ya da dalak hasarı ve kanda değişiklikler görülebilir.
<b>Fenitrotiyon (ISO); O,O- dimetil O-4-nitro- m-tolil fosforotiyolat</b>	122-14-5	8		7 (Avust.)	Ozonlama ve ileri oksidasyon yöntemleriyle verimli giderim sağlanabilir.	Boyun, kol ve bacak, solunum sistemi kaslarını etkileyen kas zayıflığı.
<b>Poliklorlubifeniller (PCB'ler)</b>	1336-36-3		0,5		-	Deride değişiklik, timüs bezi problemleri, bağışıklık eksikliği, üreme ya da sinir sistemi sorunları ve kanser riskinde artış gözlenebilir.
<b>Klorotalonil</b>	1897-45-6	İçme suyunda bulunma ihtimali düşük		50 (Avust.)	Arıtımıyla ilgili yeterli bir bilgi yoktur.	Ağız yoluyla ve deriyle temasta akut toksitesi düşüktür. Hayvanlar üzerindeki çalışmalarda kısa süreli maruziyette böbrek ve karaciğer ağırlığında artma, uzun süreli maruziyette az miktarda böbrek toksitesi ile kanser ve genotoksisite etkisi olduğu belirlenmiştir.

<b>Aldrin</b>	309-00-2	Aldrin+diel drin: 0,03		aldrin + dieldrin: 0,3 (Avust.)	Koagülasyon, ozonlama ve GAC ile 0,02 µg/L değerine ulaşılabilir. Klorla ya da AC ile %100 giderim mümkündür.	Merkezi sinir sistemini ve karaciğeri etkiler, kanserojen etkisi tespit edilmediğinden Grup 3 (insanlar için kanserojen olarak sınıflandırılmamıştır) altında değerlendirilmektedir.
<b>Diazinon</b>	333-41-5			4 (Avust.)	UV, oksidasyon, ileri oksidasyon ve ozon gibi oksidasyon prosesleri ile AC, NF ile de verimli giderim sağlanabilir. Ancak klorla temas halinde yan ürün oluşturabilir.	Vücutta birikme yapmaz, akut etkisi; sarsıntı, bitkinlik, koma, kas koordinasyon bozukluğu, uzun süreli maruziyette sinir sistemi toksisitesi görülebilir.
<b>DDT (toplam)</b>	50-29-3	1		9 (Avust.)	0,1 µg/L değeri konvansiyonel ve GAC ile sağlanabilir.	Hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalarda karaciğer tümörleri gözleendiğinden Grup 2B altında değerlendirilmektedir.
<b>Permetrin</b>	52645-53-1	300		200	İçme suyundan giderimiyle ilgili yeterli bilgi mevcut değildir.	Biyoakümülyasyon yapma oranı düşüktür. Akut etkileri, sinir sistemi zehirlenmesi sonucu, sarsıntı, felç; kısa süreli maruziyette sinir sistemi toksisitesi; uzun süreli maruziyette, karaciğerde, merkezi ve çevresel sinir sisteminde olumsuz etkiler ve serum glukoz seviyelerinde artış görülebilir. IARC tarafından Grup 3 (kanserojenik olarak sınıflandırılmaz) altında değerlendirilmektedir.
<b>1,3-diklorobenzen</b>	541-73-1			estetik olarak 20 (Avust.)	Dolgu kule havalandırmaıyla ya da GAC ile %90 giderim sağlanabilir ve 0,001 mg/L değerine ulaşılabilir.	Kronik toksisitesiyle ilgili herhangi bir bilgi yoktur.



<b>Fentiyon</b>	55-38-9			7 (Avust.)	Bu kimyasalın yapısına göre aktif karbonla verimli bir giderim sağlanabilir.	Akut etkileri; merkezi ve çevresel sinir sistemine olan etkileri, aşırı telaş, bronkokonstriksiyon, baş ağrısı, kusma ve diğer davranışsal değişikliklerdir.
<b>Karbontetraklorür</b>	56-23-5	4	5	2 (Kanada) 3 (Avust.)	0,001 mg/L havayla sıyırma yöntemi kullanılarak sağlanabilir. Ayrıca GAC ile de giderimi mümkündür.	Toksitesinin ilk etkileri karaciğer ve böbrekte gözlenir. IARC Grup 2B altında (kansere yapma ihtimali olan) altında değerlendirmektedir.
<b>Serbest CN</b>	57-12-5	200	200	80 (Avust.) 10 (Japonya)	USEPA kimyasal oksidasyon, iyon değiştirme ve ters ozmos yöntemlerini mevcut en iyi teknolojiler olarak belirlemiştir. Kırılma noktası üzerinde klor dozlaması (+1/+2 mg/L) ile % 98'lere varan giderim mümkündür. Aktif karbonla pH 7'de ise yaklaşık % 90 giderim	İlk etkileri ani ve derin solunum, nefes darlığı, havale (nöbet) ve bilinç kaybıdır.
<b>EDTA</b>	60-00-4	600		250	0,01 mg/L ozonlama ile birlikte GAC kullanımında ulaşılabilecek değerdir.	Vücutta birikme yapmaz. Sindirim sisteminde çinkonun absorpsiyonunu engelleyerek çinko eksikliğine sebep olabilir.
<b>Dieldrin</b>	60-57-1	Aldrin+dieldrin: 0,03		0,3 (Avust.)	0,02 µg/L değerine koagülasyon, GAC ya da ozonlama ile ulaşılabilir. Klorlama ile % 30, aktif karbonla ise % 85 giderim sağlamak mümkündür.	Hayvanlar üzerinde yapılan uzun süreli çalışmalarda karaciğer tümörlerinin oluşumuna sebep olduğu, ayrıca saç kaybı, ishal, karında şişlik ve sarsıntı gibi etkilerin görülebileceği belirlenmiştir. Kısa süreli maruziyette, yüksek miktarlarda alımda kas spazmları ve havale görülebilir.
<b>Endrin</b>	72-20-8	0,6	2		0,2 µg/L değerine GAC kullanılarak ulaşılabilir.	Öncelikli olarak etkisini merkezi sinir sistemi üzerinde gösterir. Ayrıca

						karaciğer problemlerine de sebep olur. Endrinin kanserojenik olduğuna dair yeterli toksikolojik veri mevcut değildir.
<b>Alüminyum</b>	7429-90-5	900 (sağlık)	50-200 (estetik)	100-200 (Avust.) 200 (Japonya)	Konvansiyonel yöntemlerle koagülant olarak alüminyum kullanan bir arıtma tesisi çıkışında bile, eğer iyi işletiliyorsa, 0,1 mg/L ve daha az konsantrasyonlara ulaşılabilir.	Akut etkileri baş dönmesi, kusma, ishal, ağız ülseri, deri ülseri, deri kaşıntısı ve eklem ağrılarıdır. Alüminyumun Alzheimer hastalığı ile ilişkisine dair henüz kesin bir bilgi yoktur.
<b>Demir</b>	7439-89-6	200	300	300 (Avust., Kanada, Japonya)	Havalandırma, kimyasal oksidasyon, durultma, yumaklaştırma, filtrasyon, iyon değiştirme, MF/UF yöntemleriyle giderilebilir.	3 mg/L ve üzerine çıkmadığı takdirde insan sağlığına olumsuz etkisi bulunmamaktadır.
<b>Gümüş</b>	7440-22-4		100 (ikincil kirletici)	100 (Avust., sağlık açısından)	Konvansiyonel yöntemlerle (koagülasyon) ve kireçle yumuşatma yöntemiyle giderilebilir.	Gümüş zehirlenmesinin en bilinen klinik belirtisi deride, saçta, ağızda ve gözde mavi-gri metalik renk değişimidir.
<b>Antimon</b>	7440-36-0	20	6	6 (Kanada) 3 (Avust.)	Konvansiyonel yöntemlerle giderilemez. İçme suyundaki konsantrasyonlar genellikle metal borular ve tesisattan kaynaklı olarak görüldüğünden, bu kaynaklardaki yan ürün kontrolü ile gerçekleştirilebilir.	Hayvan araştırmalarında, kalpte, karaciğerde, böbrekte ve dalakta biriktiği gözlenmiştir. Ayrıca kan şekerini düşürür ve kolesterol seviyelerini artırır. Çözünebilir formdaki antimon (III) tuzları genotoksik etkisi görülmüştür. IARC antimon trioksit için insanlar için muhtemel kanserojenik (Grup 2B) olarak belirlemiştir.
<b>Arsenik</b>	7440-38-2	10	10	10 (Avust, Japonya, Kanada)	Konvansiyonel yöntemler, adsorpsiyon, iyon değişimi, membranlar ile giderilebilir.	İlk semptomları karın ağrısı, kusma, ishal, kas ağrısı, halsizlik, cilt kızarması, eller ve ayaklarda hissizlik

						ve karıncalanma, kaslarda kramp ve sivilce gibi döküntülerdir. Kronik arsenisizm işaretleri cilt lezyonları, periferik nöropati, cilt kanseri, mesane ve akciğer kanseri ile periferik arter hastalığıdır.
<b>Baryum</b>	7440-39-3	700	2000	2000	Konvansiyonel yöntemlerle giderilemez. Ancak pH 10-11 aralığında kireçle yumuşatma yöntemiyle etkin bir giderim sağlanabilir. İyon değişimi (% 95), elektrodializ ve ters ozmos yöntemleri de kullanılabilir.	Kısa süreli maruziyette alınan baryum neticesinde ise kusma, karın krampları, ishal, nefes almada zorluk, kan basıncında düşüş/yükseliş, yüzde hissizlik ve kas güçsüzlüğü gibi etkiler gözlemlenebilir. Yüksek miktarda ağız yoluyla alınması sonucunda, kalp ritminin bozulması ve felç görülebilir.
<b>Berilyum</b>	7440-41-7	12	4	60	-	Berilyumun ağız yoluyla alımında insan sağlığına olan etkileriyle ilgili yeterli bilgi olmamakla birlikte bağırsak lezyonlarına yol açabilmektedir.
<b>Bor</b>	7440-42-8	2400		4000	Konvansiyonel yöntemlerle etkin bir bor giderimi mümkün değildir. Adsorpsiyon, iyon değiştirme, ters ozmos yöntemleriyle giderim sağlanabilir.	Borun toksik etkisi yetişkinlerde baş ağrısı, kusma, ishal, heyecan ve depresyon; çocuklarda ise daha çok havale, kanama gibi beyin zarı tahribi etkileri görülür, parmak uçlarında görülen pembe renk, bor ile zehirlenmeye işaret eden karakteristik görünüşlerdir. Ayrıca karaciğerde büyüme ve şişme, sindirim sisteminde bazı rahatsızlıklara yol açabilir.
<b>Krom</b>	7440-47-3	50	10	50 (Avust., Kanada, Japonya)	KROM VI: Konvansiyonel yöntemlerle etkili bir giderim mümkün (%100). Kireçle	Ağız yoluyla alımında insan sağlığına olan etkilerine ilişkin yeterli bir çalışma henüz bulunmamakla birlikte,

					yumuşatma (% 98,8), ters ozmos ve iyon değişimi (% 95-100) etkin metotlardır. İlave olarak NF ve ED (% 15-99,6) ile de giderilebilir.	yüksek dozlarda solunması halinde akciğer kanserine sebep olduğu epidemiyolojik çalışmalar neticesinde kanıtlanmıştır.
<b>Bakır</b>	7440-50-8	2000 (sağlık) 1000 (estetik)	1300 1000 (secondary)	2000 (sağlık açısından, Avust.) 1000 (estetik açıdan, Avust., Kanada, Japonya)	Koagülasyon/filtrasyon (% 60-95), iyon değiştirme (%95), kireçle yumuşatma (% 90-96), ters ozmos (%90-99) gibi arıtma prosesleri ile giderilmesi mümkündür.	Yüksek dozlarda bakır alımında ise, sindirim sistemi rahatsızlıkları (bulantıyla birlikte), karaciğer ve böbrek hasarları gibi etkilere sebep olabilir.
<b>Çinko</b>	7440-66-6	3000 (estetik) 20000 (sağlık)	5000 (estetik)	5000 (Kanada) 3000 (Avust.) 1000 (Japonya)	Konvansiyonel yöntemlerle verimli giderilemez. Ayrıca sudan çinko giderimi için kireçle yumuşatma (suda 0,1 mg/L seviyelerine ulaşmak mümkündür), iyon değişimi, ters ozmos (% 96-98) ve elektrodializ yöntemleri kullanılabilir.	Yüksek konsantrasyonlarda bulantı ve kusma görülebilmektedir.
<b>1,1-Dikloroetan</b>	75-34-3			30 (Avust.)	Havalandırma ya da adsorpsiyon (GAC) ile giderilebilir.	IARC Grup 3 (kanserojenik olarak sınıflandırılmaz) altında değerlendirilmiştir.
<b>Trikloroetilen (TRI)</b>	79-01-6		5	5 (Kanada) 10 (Japonya)	Havalandırma ya da adsorpsiyon (GAC) ile giderilebilir.	Karaciğer sorunları ve kanser riski artışı gözlenebilir.
<b>Kloroasetik asit</b>	79-11-8	20	60	20 (Japonya) 150 (Avust.)	İçme suyundaki oluşumu doğal olarak oluşan organik maddenin giderimiyle ve klor azaltımı ya da alternatif dezenfektan kullanımı ile minimize edilebilir.	Bakteri kullanılan deneylerde mutajenik etkisi gözlenirse de bazı memeli hücrelerinde yapılan çalışmalarda mutajenik aktiviteye rastlanmıştır.
<b>Azinfos-metil</b>	86-50-0			20 (Kanada) 30 (Avust.)	-	-

<b>Ksilen (o)</b>	95-47-6				0,005 değeri mg/L havayla sıyırma ve GAC kullanılarak sağlanabilir.	Ağız yoluyla alımında akut toksisitesi dūşüktür. Uzun süreli maruziyette kanserojenik etkisine dair bir kanıt bulunamamıştır.
<b>Nitrobenzen</b>	98-95-3	Kısa süreli maruziyet için 30 µg/L, uzun süreli maruziyet için 8- 63 µg/L belirlenmiştir. Ayrıca nitrobenzen için koku eşik değeri 30–110 µg/L'dir.			-	Solunma, temas ve ağız yoluyla alımında insanlar üzerinde toksik etkisi mevcuttur. Ana sistemik etkisi sonucu metemoglobinemi görölür. IARC Grup 2B (kansere yapma ihtimali olan) altında değerlendirilmiştir.

### 3.1.3. Türkiye'ye özgü bitki koruma ürünleri için uluslararası alandaki uygulamaların taranması sonucu bulunan standart değerler

“Bitki Koruma Ürünlerinin Kullanımı Neticesinde Meydana Gelen Su Kirliliğinin Tespiti ve Madde veya Madde Grubu Bazında Çevresel Kalite Standartlarının Belirlenmesi Projesi” kapsamında ülkemize özgü bitki koruma ürünleri Büyük Menderes, Seyhan, Ceyhan ve Fırat-Dicle havzaları ile Amasya, Manisa ve Sakarya illerinde yürütülen çalışmalar neticesinde belirlenmiştir.

Bu çalışmada ise ilgili proje kapsamında Türkiye'ye özgü belirlenmiş olan bitki koruma ürünleri için uluslararası alanda içme suyu standartlarında uygulanan değerler araştırılmıştır. İlgili projede pilot alanlarda yapılan ölçümlerde en az bir kez tespit edilmiş olan kirleticilerden (160 kirletici), 52 tanesi için uluslararası alanda içme suyu standardı belirlendiği görülmektedir (Tablo 3-2).

**Tablo 3-2** Türkiye'ye özgü bitki koruma ürünleri için uluslararası alandaki uygulamaların taranması sonucu bulunan standart değerler

KİMYASAL ADI	CAS NO	WHO (mg/L)	USEPA (mg/L)	Avustralya mg/L
CARBENDAZİM	10605-21-7			0,09
METOLACHLOR	87392-12-9			0,3
CLOPYRALİD	1702-17-6			2
DIFLUBENZURON	35367-38-5			0,07
PROPICONAZOLE	60207-90-1			0,1
DIMETHOATE	60-51-5	0,006	-	0,007
DIAZİNON	333-41-5		0,001	0,004
CYFLUTHRİN(Tümü Toplamı)	68359-37-5			0,05
FENAMİPHOS	22224-92-6		0,0007	0,0005
2,4-D; (2,4-DİKLOROPHENOXY)ACE TIC ACİD	94-75-7	0,03	0,07	0,03
METHOMYL	16752-77-5		0,2	0,02
MONOCROTOPHOS	6923-22-4			0,002
CYPRODİNİL	121552-61-2			0,09

<b>PIRIMICARB</b>	23103-98-2			0,007
<b>PROPYZAMIDE</b>	23950-58-5		-	0,07
<b>PYRIPROXYFEN</b>	95737-68-1	0,3	-	
<b>CAPTAN</b>	133-06-2			0,4
<b>BENTAZONE</b>	25057-89-0		0,2	0,4
<b>CHLORANTRANILIPROLE</b>	500008-45-7			6
<b>ETHOPROPHOS</b>	13194-48-4			0,001
<b>CARBARYL</b>	63-25-2		-	0,03
<b>METHIDATHION</b>	950-37-8			0,006
<b>CHLOROTHALONIL</b>	1897-45-6			0,05
<b>CARBOXIN; VITAVAX</b>	5234-68-4		0,7	0,3
<b>MALATHION</b>	121-75-5	-	0,5	0,07
<b>PARATHION-METHYL</b>	298-00-0	-	0,001	0,0007
<b>FENARIMOL</b>	60168-88-9			0,04
<b>PIPERONYL BUTOXIDE</b>	51-03-6			0,6
<b>CHLORANTRANILIPROLE</b>	500008-45-7			6
<b>BROMOXYNIL</b>	1689-84-5			0,01
<b>FENITROTHION</b>	122-14-5	-	-	0,007
<b>OMETHOATE</b>	1113-02-6			0,001
<b>THIOPHANATE-METHYL</b>	23564-05-8			0,09
<b>IMAZETHAPYR</b>	81334-34-1			9
<b>CARBOFURAN</b>	1563-66-2	0,007	0,04	0,01
<b>MOLINATE</b>	2212-67-1	0,006	-	0,004
<b>PICLORAM</b>	1918-02-1		0,5	0,3
<b>PERMETHRIN</b>	52645-53-1			0,2
<b>BHC; GAMMA-HCH</b>	58-89-9		0,0002	0,01
<b>TERBUTHYLAZINE</b>	5915-41-3			0,01
<b>CHLORBENZILAT</b>	1897-45-6		-	0,05

<b>2,4,5 T</b>	93-76-5		0,07	
<b>CHLORDANE</b>	57-74-9			0,002
<b>TEBUTHIURON</b>	34014-18-1		0,5	
<b>BROMOPHOS-ETHYL</b>	4824-78-6			0,01
<b>THIOMETON</b>	640-15-3			0,004
<b>PENDIMETHALIN</b>	40487-42-1			0,4
<b>CHLORSULFURON</b>	64902-72-3			0,2
<b>PROPAZINE</b>	139-40-2		0,01	0,05
<b>PROPHAM</b>	122-42-9		0,1	
<b>DICHLOBENİL</b>	1194-65-6			0,01
<b>DIPHENAMİD</b>	957-51-7		0,2	0,3

### 3.2. Literatürde Olmayan Kirleticiler İçin Standart Hesaplamaları

Türkiye'ye özgü belirlenen kirleticiler için yapılan literatür taramasında bulunamayan kılavuz değerler için standart hesaplaması yapılarak, ülkeye özgü kirleticiler için kılavuz değer önerileri yapılmıştır.

Kılavuz değer hesaplamalarında kullanılmak üzere, Türkiye'ye özgü kirleticilerin ve bunlar için ÇKS'lerin belirlenmiş olduğu "Tehlikeli Madde Kirliliğinin Kontrolüne İlişkin Proje (TMKK)" kapsamında araştırılarak listelenmiş olan NOEL/NOAEL değerleri alınmıştır.

**Tablo 3-3** Örnek bir kimyasal için tür, toksisite deney/gözlem süresi ve toksisite değerleri

<b>AZİNFOS METİL (86-50-0)</b>		
<b>Tür</b>	<b>Toksisite Deney/Gözlem Süresi</b>	<b>Toksisite Değeri (mg/kg)</b>
<b>Memeli</b>		
Mus musculus	3 günlük- NOEL	16



Mus musculus	2 günlük- NOEL	3,1
Microtus pinetorum	9 günlük- NOEL	65,23
<b>Tavşan</b>		
Rattus norvegicus	4 günlük- NOEL	3
Rat	2 yıllık- NOEL	5
Rat	1 haftalık- NOEL	0,56
<b>Köpek</b>		
Dog	2 yıllık- NOEL	3

TMKK projesi kapsamında toksisite çalışmaları ilgili kirleticiler için Tablo 4.1'deki örnek gibi derlenmiştir. Söz konusu proje kapsamında, ÇKS belirlemede “en uzun deney süresi” dikkate alınarak değerler alınmış ve hesaplamalar bu değerler üzerinden yapılmıştır. Bu çalışmada ise 2 farklı yaklaşım uygulanarak değerlerin seçilmesi yoluna gidilmiştir. İlk yaklaşım ilgili proje yaklaşımı benimsenmiş ve “en uzun deney süresi” seçilerek, karşılığı olan toksisite değeri üzerinden hesaplamalar yapılmıştır. İkinci yaklaşımda ise, verilerin içme suyu standartları maksadıyla kullanılacağı için daha ihtiyatlı bir yaklaşım olması sebebiyle “tespit edilen en düşük değer” yaklaşımı ile hesaplamalar yapılmıştır. Örneğin Tablo 3-3'de verilen Azinfos Metil (86-50-0) için ilk yaklaşıma göre NOEL değeri 2 yıllık olan iki çalışma mevcut olup, biri için 3 mg/kg, diğeri için 5 mg/kg değeri tespit edilmiştir. Süresi eşit olan çalışmalarda değerlerden en düşük olan alınarak 3 mg/kg değeri seçilmiştir. İkinci yaklaşım için aynı örnekteki en düşük değer olan 0,56 mg/kg değeri seçilmiştir.

Bu iki yaklaşım için seçilen NOEL/NOAEL değerleri aşağıdaki formülde verilen TDI değerinin hesaplamasında kullanılmıştır.

$$TDI = \frac{NOAEL \text{ veya } NOEL}{UF}$$

**Denklem 3-3** NOAEL/NOEL değerleriyle TDI hesaplama

Formülde verilen belirsizlik katsayısı (UF), genel nüfusa göre belirlenen TDI değerleri için 100 olarak alınmaktadır. Ancak özel durumlarda ilave bir 10 katsayısına da bölünerek 1000 değeri alınabilmektedir. Bu çalışmada ilave 10 katsayısının kullanılacağı özel durum olarak, NOAEL/NOEL değerleri için yapılan çalışmaların süresinin 6 aydan (180 günden) az olduğu durumlar ve toksisite değerinin tek olduğu durumlar için kullanılması öngörülmüştür.

Örnek olarak verilen Azinfos Metil (86-50-0) kimyasalı için birden fazla çalışma bulunduğu ve çalışma süresinin 6 aydan uzun bir süreyi temsil etmesi sebebiyle belirsizlik katsayısı olan UF değeri 100 olarak kabul edilmiştir.

- Bu kabul ile 1. yaklaşımda belirlenen 3 mg/kg değeriyle yapılan hesaplamada;

$$TDI = \frac{3\text{mg/kg}}{100} = 0,03\text{mg/kg} \quad (3.4)$$

olarak hesaplanmıştır.

- 2. yaklaşımda belirlenen 0,56 mg/kg değeriyle yapılan hesaplamada ise TDI değeri;

$$TDI = \frac{0,56\text{ mg/kg}}{100} = 0,0056\text{ mg/kg} \quad (3.5)$$

olarak hesaplanmıştır.

İkinci aşama olan kılavuz değeri hesaplamalarında ise; ortalama yetişkin ağırlığı olarak 60 kg, içme suyu ile alınan miktarın oranı % 20 ve bir yetişkinin günlük ortalama içme suyu tüketimi de 2 L olarak kabul edilmiştir.

- Bu varsayımlarla ve TDI hesaplamalarında elde edilen değerlerle, ilk yaklaşıma göre kılavuz değer;

$$GV = \frac{TDI \times bw \times P}{C} = \frac{0,03 \frac{mg}{kg} \times 60kg \times \%20}{2 L} = 0,18 mg/L$$

olarak hesaplanmıştır.

- İkinci yaklaşıma göre belirlenen TDI değeriyle kılavuz değer;

$$GV = \frac{TDI \times bw \times P}{C} = \frac{0,0056 \frac{mg}{kg} \times 60kg \times \%20}{2 L} = 0,0336 mg/L$$

olarak hesaplanmıştır.

Yukarıda verilen standart hesaplama yöntemleri kullanılarak, “en düşük değer” ve “en uzun süreli çalışma” kabulleri ile belirlenen NOEL değerlerinden yola çıkarak yapılan hesaplamalar neticesinde belirlenen kılavuz değerler Tablo 3-4’de verilmiştir.

**Tablo 3-4** Uluslararası alanda standardı bulunamayan kirleticiler için standart hesaplama sonuçları

Kimyasal Adı (Nihai Durum)	CAS no	En Düşük Değer Kabulü		En Uzun Süreli Çalışma Kabulü	
		Kılavuz Değer (µg/L)	NOEL (mg/kg)	Kılavuz Değer (µg/L)	NOEL (mg/kg)
<b>1,4-diklorobenzen</b>	106-46-7	4500	75	438000	7300
<b>Fenitrotiyon (ISO); O,O-dimetil O-4-nitro-m-tolil fosforotiyoat</b>	122-14-5	6	0,1	30	0,5
<b>Difenilamin</b>	122-39-4	450	7,5	450	7,5
<b>Tributil fosfat</b>	126-73-8	630	10,5	630	10,5
<b>2,6-di-ter-butilfenol; 2,6-di-ter-siyer-butilfenol</b>	128-39-2	900	15	900	15

Kimyasal Adı (Nihai Durum)	CAS no	En Düşük Değer Kabulü		En Uzun Süreli Çalışma Kabulü	
		Kılavuz Değer (µg/L)	NOEL (mg/kg)	Kılavuz Değer (µg/L)	NOEL (mg/kg)
<b>Piren</b>	129-00-0	4500	75	4500	75
<b>Klorotalonil</b>	1897-45-6	6	0,1	2478	41,3
<b>Benzo(e)piren</b>	192-97-2	78	1,3	78	1,3
<b>Propetamfos</b>	31218-83-4	450	7,5	3840	64
<b>Linuron</b>	330-55-2	37,5	0,625	37,5	0,625
<b>Diazinon</b>	333-41-5	1,8	0,03	540	9
<b>Triklosan</b>	3380-34-5	1440	24	1440	24
<b>PCB 153</b>	35065-27-1	1,8	0,03	1,8	0,03
<b>PCB 52</b>	35693-99-3	3,6	0,06	3,6	0,06
<b>Permetrin</b>	52645-53-1	90	1,5	90	1,5
<b>1,3-diklorobenzen</b>	541-73-1	12600	210	18000	300
<b>Triadimenol; α-ter-bütül-β-(4- klorofenoksi)-1H- 1,2,4-triazol-1-etanol</b>	55219-65-3	4800	80	7500	125
<b>Fentiyon</b>	55-38-9	4,2	0,07	4,2	0,07
<b>4-Kloro-3- metilfenol; Paraklorometakresol</b>	59-50-7	2400	40	6600	110
<b>PCB 28</b>	7012-37-5	1,8	0,03	1,8	0,03
<b>2,4,6-tri-tert- butilfenol</b>	732-26-3	1500	25	12000	200
<b>Kloroasetik asit</b>	79-11-8	210	3,5	210	3,5
<b>Tetrabromobisfenol A (TBBP-A)</b>	79-94-7	60000	1000	60000	1000

Kimyasal Adı (Nihai Durum)	CAS no	En Düşük Değer Kabulü		En Uzun Süreli Çalışma Kabulü	
		Kılavuz Değer (µg/L)	NOEL (mg/kg)	Kılavuz Değer (µg/L)	NOEL (mg/kg)
<b>Bisfenol-A</b>	80-05-7	300	5	1500	25
<b>p-(1,1-dimetilpropil)fenol</b>	80-46-6	1500	25	1500	25
<b>Ksilen misk</b>	81-15-2	600	10	600	10
<b>Asenaften</b>	83-32-9	10500	175	10500	175
<b>Dietil Fitalat</b>	84-66-2	97,5	1,625	9000	150
<b>Dibutilfitalat (DBP)</b>	84-74-2	3000	50	6600	110
<b>Fenantren</b>	85-01-8	7500	125	7500	125
<b>Benzilbutilfitalat (BBP)</b>	85-68-7	600	10	10080	168
<b>Azinfos-metil</b>	86-50-0	33,6	0,56	180	3
<b>2,3,4,5,6-Pentaklorotoluen ; Pentaklorotoluen</b>	877-11-2	540	9	540	9
<b>1-metilnaftalin</b>	90-12-0	3000	50	3000	50
<b>2-kloronaftalin</b>	91-58-7	15000	250	15000	250
<b>Ksilen (o)</b>	95-47-6	46999,8	783,33	46999,8	783,33
<b>1,2,4-trimetilbenzen</b>	95-63-6	8580	143	8580	143
<b>Piriproksifen</b>	95737-68-1	600	10	1638,6	27,31
<b>2-amino-4-klorofenol</b>	95-85-2	1740	29	1740	29
<b>1,2,4,5-tetraklorobenzen</b>	95-94-3	20,4	0,34	20,4	0,34
<b>Izopropilbenzen</b>	98-82-8	6600	110	9240	154
<b>Nitrobenzen</b>	98-95-3	300	5	564	9,4

<b>Kimyasal Adı (Nihai Durum)</b>	<b>CAS no</b>	<b>En Düşük Değer Kabulü</b>		<b>En Uzun Süreli Çalışma Kabulü</b>	
		<b>Kılavuz Değer (µg/L)</b>	<b>NOEL (mg/kg)</b>	<b>Kılavuz Değer (µg/L)</b>	<b>NOEL (mg/kg)</b>
<b>Dioktil fitalat (DnOP)</b>	117-84-0	2328	38,8	450000	7500

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sağlıklı ve güvenli içme suyu temini için; suyun kaynaktan son tüketiciye ulaşana kadar izlenerek kontrolünün sağlanması oldukça önemlidir. Ancak içme suyunun kaynaktaki kalitesi çoğu zaman ihmal edilmekte, sadece son tüketiciye ulaşan noktadaki kaliteye dikkat edilmektedir.

Son tüketiciye ulaşana kadar pek çok faktör su kalitesini etkilemektedir. Bu nedenle mevcut ham su kalitesindeki kirleticiler ve ulaşılmak istenen su kalitesi birlikte değerlendirilerek uygun arıtma yöntemi seçilmesi, hem insan sağlığının korunmasını, hem de gereksiz arıtma prosesleri ya da kimyasallar kullanılarak gereğinden fazla maliyetlerin engellenmesini sağlayacaktır.

Bu kapsamda, yapılan tez çalışmasında, mevcut içme suyu parametreleri ve standartları irdelenerek, genel özellikleriyle birlikte sağlığa olan etkileri ve arıtma yöntemleri araştırılan bu tez çalışmasında, uluslararası alanda faaliyet gösteren kuruluşların önerileri ve farklı ülke uygulamaları değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme neticesinde, Türkiye genelinde hâlihazırda yerüstü içme suyu kaynakları için kullanılan kalite sınıfları olan A1, A2 ve A3 sınıflarına karşılık gelen standart değerler önerilmiştir (I. ve II Grup Parametreler, Tablo 4-1).

Hâlihazırda yerüstü içme suyu kaynaklarında izlemesi gerçekleştirilen 41 parametreden, içme suyu kalitesinin ya da işletme açısından gösterge parametre olarak kullanılmasının uygun olarak görülmediği KOİ, BOİ ve TKN azotu parametreleri ile Türkiye'ye özgü kirleticiler arasında alt grupları için standart değer önerilerinde bulunmuş olan "Hidrokarbonlar" parametresinin izlenmesinin gerekli olmadığı gerekçesi ile izleme listesinden çıkarılması önerilmiştir.

Mevcut parametrelerin değerlendirilmesinin yanı sıra, Türkiye özelinde çalışılarak belirlenmiş olan 99 kirletici ve 160 bitki koruma ürünleri için de uluslararası alandaki uygulamalar araştırılarak, 33 kirletici ve 52 bitki koruma ürünü için standart değerler tespit edilmiştir (III. Grup Parametreler, Tablo 4-2 ve V. Grup Parametreler, Tablo 4-3). Uluslararası uygulamalarda yer almamış olan 66 kirleticiden 34'ü için ise, literatür verilerinden elde edilen bilgiler dikkate alınarak Türkiye'ye özgü standartların hesaplanması yoluna gidilmiştir (IV. Grup Parametreler, Tablo 4-3).

Türkiye'ye özgü gerçekleştirilen izleme neticesinde belirlenen ve bu tez

alışmasında önerilen parametrelerin dışında kalan diğer parametrelerin sağlığa olan etkileri ve toksik etki dozlarına ilişkin yapılacak araştırmalarla, Türkiye'ye zđü parametreler için standart belirleme çalışmaları gerçekleştirilmelidir.



**Tablo 4-1** Türkiye için önerilen parametreler ve standartlar (I. ve II. Grup)

PARAMETRE		A1	A2	A3	ARITMA YÖNTEMLERİ	İNSAN SAĞLIĞINA MUHTEMEL ETKİLERİ	DİĞER AÇIKLAMALAR
<b>I. Grup Parametreler</b>							
1	pH	7-8,5	5,5-9	5,5-9	A2: çeşitli kimyasallar ile pH değerini kontrol etmek mümkündür.	pH, insan sağlığını doğrudan etkilememekle birlikte, işletme ve dağıtım şebekesi açısından en önemli su kalite parametrelerinden biridir.	- pH<7 olduğunda su korozif etki yapar. -pH>8,5 olduğunda THM oluşumu artar.
2	Renk (filtrasyon sonrası) (Pt-Co Birimi)	15	75	150	A2: koagülasyon + flokülasyon + filtrasyon ve klorlama A3: Klordioksit, Ozon, Aktif Karbon, UV, UF ve NF	İnsan sağlığını doğrudan etkilememekle birlikte, sudaki renk varlığının kaynağı iyi araştırılmalıdır.	Renk Yapan Bazı Maddeler: -Hümik asit (kahve-siyah) -Fülvik asit (sarı-kahve) -Toplam çözünmüş madde -Alüminyum (süt rengi) -Bakır (> 4-5 mg/L mavi/mavi-yeşil) -Demir (kırmızı-kahve,pas rengi) -Mangan (gri-siyah/siyah-kahve) -Mikroorganizmalar
3	Toplam askıda katı madde (AKM) (mg AKM/L)	25	125	625	A2: Koagülasyon + Flokülasyon + Filtrasyon A3: Aktif Karbon, MF, UF, TO	Mikroorganizmaların askıda katılara tutunarak yaşamaları için uygun bir ortam oluşturması nedeniyle bulantı, kramplar, ishal gibi kısa dönemli belirtilere sebep olabilir.	-
4	Sıcaklık (°C)	25 (İ)	25 (İ)	25 (İ)	-	İnsan sağlığı üzerinde direkt olumsuz bir etkisi yoktur.	-
5	İletkenlik (20 °C'de) (µS/cm)	2500	3000	6000	A2: Koagülasyon + Flokülasyon + Filtrasyon A3: yumuşatma, distilasyon prosesi, TO	İnsan sağlığı üzerinde direkt olumsuz bir etkisi yoktur.	-
6	Koku (25 °C'de seyrelme faktörü)	3	6	30	A2: Koagülasyon + Flokülasyon + Filtrasyon ve klor A3: GAC ve ozonlama	Sağlık üzerine direk bir etkisi olmamakla birlikte suda olması istenmeyen maddelerin/mikroorganizmaların varlığına işaret ettiğinden, bu maddelerin sağlık açısından olumsuz etkileri söz konusu olabilir.	-

PARAMETRE		A1	A2	A3	ARITMA YÖNTEMLERİ	İNSAN SAĞLIĞINA MUHTEMEL ETKİLERİ	DİĞER AÇIKLAMALAR
7	Alüminyum (mg Al/L)	0,2	1	5	A2: koagülasyon + flokülasyon + filtrasyon	Akut maruziyette baş dönmesi, kusma, ishal, ağız ülseri, deri ülseri, deri kaşıntısı ve eklem ağrıları görülebilir. Alzheimer hastalığı ile ilişkilendirilen çalışmalar da mevcuttur.	-Sağlık açısından limit değer olarak 0,9 mg/L belirlenmiştir. -pH 4,5 altında ve pH 7,5 üzerinde alüminyum konsantrasyonu hızlı şekilde artmaktadır. -Suda çözülmüş alüminyum konsantrasyonunun 0,2 mg/L değerini aşığı durumlarda, pH'a bağlı olarak, şebekede alüminyum hidroksit beyaz jelatinimsi formda çökerek, suya sütlü görünümü verir.
8	Çözünmüş demir (mg Fe/L)	0,3	1,5	7,5	A1: havalandırma + filtrasyon A2: havalandırma + kimyasal oksidasyon + durultma + yumaklaştırma + filtrasyon A3: iyon değiştirme, MF, UF	Demir, 3 mg/L ve üzerine çıkmadığı takdirde insan sağlığına olumsuz etkisi bulunmamaktadır.	-Çamaşır ve seramikler üzerinde leke oluşması ve tatta değişiklik 0,3 mg/L üzerindeki demir konsantrasyonlarında görülür.
9	Mangan (mg Mn/L)	0,05	0,5	2,5	A1: havalandırma + ön klorlama + filtrasyon A2: ön klorlama + koagülasyon+ filtrasyon A3: ozonlama, iyon değişimi, TO, kireçle yumuşatma	Yüksek konsantrasyonlarda mangan alımı neticesinde olumsuz fizyolojik etkiler, özellikle nörolojik etkiler gözlemlenebilir. 0,4 mg/L konsantrasyonların üzerinde sağlık açısından olumsuz etkiler görülebilir.	-0,1 mg/L değerini aşan konsantrasyonlarda istenmeyen tat ile borularda ve çamaşırlarda lekeler neden olur. -0,02 mg/L gibi düşük konsantrasyonlarda su borularında tabaka oluşturabilir, bu da zamanla siyah çökelti halinde birikme yapabilir.
10	Çinko (mg Zn/L)	3	3	15	A2: konvansiyonel yöntemlerle giderilemez A3: kireçle yumuşatma, iyon değişimi, TO, ED	20 mg/L'ye kadar olan çinko seviyelerinin tüketiminde herhangi bir hastalık etkisi tespit edilmemiştir. Ancak 25 ve 40 mg/L arasındaki çok daha yüksek konsantrasyonlarda bulantı ve kusma görülebilmektedir	-Son tüketicinin musluk suyunda tespit edilmesi, daha çok borulardaki korozyondan kaynaklıdır ve korozyon önleyici tedbirler ile kontrol altına almak mümkündür. -3-5 mg/L yi geçen konsantrasyonlarda, bulanıklık (donukluk) görülebilir ve

PARAMETRE	A1	A2	A3	ARITMA YÖNTEMLERİ	İNSAN SAĞLIĞINA MUHTEMEL ETKİLERİ	DİĞER AÇIKLAMALAR
						<i>kaynatıldığında yağlı bir film tabaka oluşturabilir</i>
11 Kobalt (mg Co/L)	0,01	0,02	0,05	A2: konvansiyonel yöntemlerle giderilemez A3: iyon değişimi, adsorpsiton, GAC, UF	<i>Kobalt insan sağlığı için gerekli bir element olup, insan yaşamı için elzem olan vitamin B<sub>12</sub>'nin de bir bileşenidir. Yüksek kobalt seviyelerinde sindirim sisteminde (bulantı, kusma ve ishal) rahatsızlıklar ile karaciğer hasarı gibi olumsuz etkiler görülebilmektedir.</i>	<i>-İçme suyundan vücuda alınabilecek miktarları ihmal edilebilecek seviyede olduğundan, insan sağlığına ilişkin bir standart belirlenmemiştir.</i>
12 Sülfat (mg SO <sub>4</sub> /L)	250	250	1250	A2: konvansiyonel yöntemlerle giderilemez A3: iyon değişimi, ED, NF, TO	<i>Belirli bir akut maruziyete tepki dozu henüz belirlenmemiştir. Ancak yüksek sülfat seviyelerinde (600 mg/L ve üzeri için) sülfatın ishal etkisinin olduğu bilinmektedir.</i>	<i>- Tat ve koku eşik değeri olarak 250 mg/L belirlenmiştir. -İçme suyu arıtımında alüminyum sülfatın kullanılması durumunda, su kaynağındaki konsantrasyonlara ilave olarak 20-50 mg/L arasında çıkış suyundaki konsantrasyonlarında artış görülebilir. -500 mg/L ve üzerine çıkan sülfat seviyelerinin içme suyu kaynaklarında tespit edilmesi halinde, sağlık yetkililerinin bilgilendirilmelidir.</i>
13 Klorür (mg Cl/L)	250	250	1250	A2: konvansiyonel yöntemlerle giderilemez A3: ED ve TO	<i>Klorürün yüksek miktarlarda uzun vadeli alımına ilişkin yeterli bilgi bulunmamakla birlikte, hayvanlarda yapılan çalışmalarda, klorür iyonundan ziyade sodyum klorürle bağlantılı olarak yüksek tansiyona sebep olabileceği tespit edilmiştir</i>	<i>- Klorür konsantrasyonlarının 250 mg/L'yi aşması halinde suya tuzlu bir tat verebilir.</i>
14 Anyonik yüzey aktif maddeler (Metilen mavisine aktif maddeler; MMAM) (mg MMAM/L)	0,5	0,5	1	A2: konvansiyonel yöntemlerle giderilemez A3: AC, NF ve TO	<i>İnsan sağlığına etkisine dair yeterli bilgi mevcut değildir.</i>	<i>-İçme suyundaki konsantrasyonlarının köpürmeye ya da tat problemlerine yol açmayacak seviyelerde olması gerekmektedir.</i>

PARAMETRE		A1	A2	A3	ARITMA YÖNTEMLERİ	İNSAN SAĞLIĞINA MUHTEMEL ETKİLERİ	DİĞER AÇIKLAMALAR
15	Toplam fosfor (mg P/L)	0,05	0,25	1,25	A2: koagülasyon + flokülasyon + durultma A3: membran prosesleri	Fosfor kemik ve dişlerin inorganik bileşeni olması dolayısı ile insan vücudu için gerekli bir elementtir. Günlük fosfor ihtiyacı miktarı, kalsiyum ihtiyacıyla aynı olup, alınabilecek en yüksek miktar 800 mg/L olarak belirlenmiştir	-
16	Çözünmüş oksijen doygunluk oranı (%)	70	50	30	A2: havalandırma A3: ozonlama	İnsan sağlığı üzerinde direkt olumsuz bir etkisi yoktur.	- İnsan sağlığı üzerinde direk bir etkisi olmamakla birlikte, içme suyunda düşük konsantrasyonlarda olması halinde boru ve tesisatın korozyonuna ve bu da kurşun, bakır ve kadmiyum gibi metallerin konsantrasyonlarında artışa sebep olabilmektedir. Ayrıca hidrojen sülfür ve nitrit artışı da söz konusu olabilir.
17	Amonyak azotu (NH <sub>3</sub> -N) (mg N/L)	0,5	1,5	4 (İ)	A2: kimyasal oksidasyon A3: bilgi mevcut değildir	Yüksek miktardaki amonyak alımlarında, metabolizmanın asit-baz dengesi bozularak glikoz toleransı etkilenir ve dokuların insülin hassasiyeti azalır.	- Sudaki amonyağın koku eşiği 1,5 mg/L'dir, ancak korozyon eşiği 0,5 mg/L'dir
18	Toplam organik karbon (TOK) (mg C/L)	5	8	12	A2: koagülasyon + flokülasyon + durultma A3: membran prosesleri	İnsan sağlığı üzerinde direkt olumsuz bir etkisi yoktur.	-
<b>II. Grup Parametreler</b>							
19	Nitrat (mg NO <sub>3</sub> /L)	50 (İ)	50 (İ)	250	A2: konvansiyonel yöntemlerle giderilemez A3: iyon değişimi, TO	Özellikle altı aylık ve daha küçük bebeklerde mavi bebek sendromuna (methemoglobinemia) ve nitrosamit/nitrosamin formlarına dönüşerek muhtemel kanserojenik etkiye sebep olabilir	-

PARAMETRE		A1	A2	A3	ARITMA YÖNTEMLERİ	İNSAN SAĞLIĞINA MUHTEMEL ETKİLERİ	DİĞER AÇIKLAMALAR
20	Florür (mg F/L)	0,5-1,5	3	15	A2: koagülasyon A3: membran yöntemleri	Florürün, düşük konsantrasyonlarda (min. 0,5 mg/L) diş çürüklerine karşı korumada fayda sağladığı bilinmemektedir. Ancak 1,5 mg/L ve üzerinde diş çürüklerine sebep olabilir. Daha yüksek konsantrasyonlarda ise (3-6 mg/L) iskelet florozisi gibi rahatsızlıklara sebep olmaktadır	- İçme suyu dışında başka kaynaklardan alınan florür miktarı 6 mg/gün değerini geçiyorsa, 1,5 mg/L olarak belirlenen içme suyu limit değeri yerel ölçekte daha düşük bir değer olarak belirlenmelidir
21	Bakır (mg Cu/L)	1	2	10	A2: koagülasyon+flokülasyon +filtrasyon A3: kireçle yumuşatma, iyon değişimi, TO	Yüksek dozlarda bakır alımında, sindirim sistemi rahatsızlıkları (bulantıyla birlikte), karaciğer ve böbrek hasarları gibi etkilere sebep olabilir.	-1 mg/L üzerindeki konsantrasyonlarda çamaşır ve sıhhi tesisat gereçlerinde lekelenmelere (mavi/mavi-yeşil) sebep olabilir. - 2,5 mg/L 'yi aşan konsantrasyonlarda suya istenmeyen acı bir tat verir Daha yüksek konsantrasyonlarda (4-5 mg/L) suyun rengi de değişime uğrayabilir.
22	Bor (mg B/L)	2,4	2,4	4,8	A2: konvansiyonel yöntemlerle giderilemez A3: adsorpsiyon, AC, TO	Borun toksik etkisi yetişkinlerde baş ağrısı, kusma, ishal, heyecan ve depresyon; çocuklarda ise daha çok havale, kanama gibi beyin zarı tahribi etkileri görülür, parmak uçlarında görülen pembe renk, bor ile zehirlenmeye işaret eden karakteristik görünüşlerdir. Yüksek miktarlarda alımında sindirim sisteminde bazı rahatsızlıklara, karaciğerde büyüme ve şişmeye, sinir sisteminden kaynaklanan benzeri sorunlara yol açabilmektedir.	-
23	Nikel (mg Ni/L)	0,07	0,1	0,5	A2: koagülasyon+flokülasyon +filtrasyon A3: kireçle yumuşatma, iyon değişimi, adsorpsiyon, TO	Dokularda birikimi gözlenmez. Bulantı, kusma, ishal, baş dönmesi, halsizlik, baş ağrısı, nefes kesilmesi ve geçici körlük gibi semptomlar görülebilir.	- Yüksek pH ve yüksek bulanıklık değerlerinde nikel giderim verimi artar.

PARAMETRE		A1	A2	A3	ARITMA YÖNTEMLERİ	İNSAN SAĞLIĞINA MUHTEMEL ETKİLERİ	DİĞER AÇIKLAMALAR
24	Arsenik mg As/L	0,01	0,05	0,25	A2: ön klorlama + koagülasyon+ floküülasyon +filtrasyon A3: kimyasal oksidasyon (permanganat, ozon, klordioksit), iyon değişimi, adsorpsiyon, NF, TO	İlk semptomları karın ağrısı, kusma, ishal, kas ağrısı ve halsizlik, cilt kızarması, eller ve ayaklarda hissizlik ve karıncalanma, kaslarda kramp ve sivilce gibi döküntülerdir. Bir ay içinde ise el ve ayaklarda uyuşmaya ilave olarak yanma, palmoplantar hiperkeratoz (ciltte görülen bir rahatsızlık), tırnaklarda Mees'in çizgileri, motor ve duyuşsal tepkilerde gerileme gibi semptomlar görülebilir. Kronik arsenisizm işaretleri cilt lezyonları, periferik nöropati, cilt kanseri, mesane ve akciğer kanseri ile periferik arter hastalığıdır.	-Arsenit (+3), pH 6-9 arasında nötr yüzey yüküne sahiptir ve bu hidrofilik form kolay giderilemez. Arsenat (+5) ise doğal pH değerlerinde negatif yüzey yüküne sahiptir ve etkin şekilde giderilebilir. Bu sebeple arsenik gideriminde ilk adım oksidasyon ile arsenit formunu arsenata çevirmektir.
25	Kadmiyum (mg Cd/L)	0,003	0,015	0,075	A2: koagülasyon+ floküülasyon +filtrasyon A3: kireçle yumuşatma, iyon değişimi, ED, NF, TO	Kadmiyum ağırlıklı olarak böbreklerde birikim yapar ve insanda 10-35 yıl arası uzun bir biyolojik yarılanma ömrüne sahiptir. Uzun süre düşük seviyede alınan kadmiyum bu birikim sebebiyle böbreklerde, akciğerde, karaciğer ve sinir sisteminde hasara, kemiklerde hassasiyete ve kolay kırılmaya, bazen de farklı tiplerdeki kanserlere neden olabilir. İçme suyu ile alınan çok yüksek seviyedeki kadmiyum, mideyi tahriş eder, kusma ve ishale bazen de ölüme dahi yol açabilir.	
26	Toplam krom (mg Cr/L)	0,05	0,25	1,25	<b>Krom III</b> A2: koagülasyon+ floküülasyon +filtrasyon A3: kireçle yumuşatma, iyon değişimi, ED, NF, TO	Krom (III) insan için gerekli bir element olup, yüksek dozlarda vücuda alımı halinde herhangi bir olumsuz etkisi gözlenmemiştir. Ancak krom (VI)'nın insan vücudu için gerekli bir element olmamasının yanı sıra, yüksek dozlarda	- İnsan sağlığına zararlı olan krom formu olan krom (VI)'nın ölçüm zorluğu sebebiyle, toplam krom olarak ölçülmektedir. - Belirlenen limit değer (0,005 mg/L) aşılması durumunda krom (III) ve krom

PARAMETRE	A1	A2	A3	ARITMA YÖNTEMLERİ	İNSAN SAĞLIĞINA MUHTEMEL ETKİLERİ	DİĞER AÇIKLAMALAR
				<p><b>Krom VI</b>  A2: koagülasyon+ flokülasyon +filtrasyon</p> <p>A3: kireçle yumuşatma, iyon değişimi, ED, NF, TO</p>	<p>solunması halinde akciğer kanserine sebep olduğu epidemiyolojik çalışmalar neticesinde kanıtlanmıştır. Ağız yoluyla alımında insan sağlığına olan etkilerine ilişkin yeterli bir çalışma henüz olmadığından, geçici (ve ihtiyati) olarak limit değeri belirlenmiştir.</p>	<p>(VI)'nın daha ileri analizlerle ayrı ayrı ölçülmesi tavsiye edilmektedir.</p>
27 Kurşun (mg Pb/L)	0,01	0,02	0,1	<p>A2: koagülasyon+ flokülasyon +filtrasyon</p> <p>A3: kireçle yumuşatma, iyon değişimi, AC, TO</p>	<p>Çocuklar ile yetişkinlerde kurşun zehirlenmesinde öncelikle sinir sistemi etkilenir. Kurşuna maruziyet neticesinde parmaklarda, bileklerde güçsüzlük, kan basıncında artış, kansızlık gibi etkiler görülebilmektedir. Yüksek seviyedeki maruziyette ise beyin ve böbreklerde ciddi hasarlara hatta ölüme neden olabilir. IARC inorganik kurşunu insanlar için "muhtemel kanserojenik" olarak kabul etmiştir.</p>	<p>- İçme sularında genellikle 5 µg/L altındaki değerlerde bulunur, ancak kurşun tesisatı olan yerlerde daha yüksek konsantrasyonlarda (&gt; 100 µg/L) görülebilir.</p>
28 Selenyum (mg Se/L)	0,04	0,08	0,4	<p>A2: koagülasyon+ flokülasyon +filtrasyon</p> <p>A3: kireçle yumuşatma, iyon değişimi, adsorpsiyon, ED, NF, TO</p>	<p>Selenyum eksikliğinde Keshan hastalığı adı verilen çok odaklı kalp kası iltihabı (multifokal miyokard) ve Kaschin-Beck hastalığı adı verilen kondrodistrofi görülebilmektedir. Ayrıca selenyumun antikanserojen olduğuna ilişkin çalışmalar da mevcuttur.</p> <p>Yüksek miktarlarda selenyum alınması durumunda sindirim sistemi ile ilgili rahatsızlıklar, cildin renk değişimi, diş, saç ve tırnak kaybı, tırnak anomalileri ve periferik sinirlerde değişiklikler görülebilmektedir. Çok yüksek sodyum selenat ya da sodyum selenit dozlarının (kazara/isteyerek) alınması, anında</p>	<p>- Selenitten selenata dönüşüm yavaş olup, her iki formu da birlikte bulunabilir. Her ikisi de kolaylıkla okside olmaz ya da indirgenemez.</p> <p>-Selenatın (VI) sudan koagülasyon gibi yöntemlerle giderimi, selenite (IV) göre daha zor olması sebebiyle, selenitin selenata oksidasyonu istenmeyen bir durumdur.</p> <p>- Aritma koşullarında selenyumun ozon, klordioksit ve kloraminler ile reaksiyona girmesi pek mümkün değildir.</p> <p>- Farklı selenyum bileşiklerinin toksisiteleri de farklıdır. Selenit ve</p>

PARAMETRE	A1	A2	A3	ARITMA YÖNTEMLERİ	İNSAN SAĞLIĞINA MUHTEMEL ETKİLERİ	DİĞER AÇIKLAMALAR
					<i>medikal tedavinin olmaması halinde hayatı tehdit edecek seviyede olabilir. Belirlenen limitlerin çok az miktarda aşıldığı dozların uzun süreli alımında dahi saç kaybı ve tırnaklarda şekil bozuklukları görülebilir</i>	<i>selenat, selenyum sülfata göre çok daha fazla toksik etki göstermektedir.</i>
29 Civa (mg Hg/L)	0,006	0,03	0,15	A2: koagülasyon+ flokülasyon +filtrasyon A3: kireçle yumuşatma, iyon değişimi, AC, ED, TO	<i>İnorganik civa bileşikleri böbreklerde birikir ve oldukça uzun bir biyolojik yarılanma ömrüne sahiptir. Akut civa zehirlenmelerinde, kanamalı gastrit ve kalınbağırsak iltihabının yanı sıra en büyük zarar böbreklerde görülür. Organik civa bileşiklerinin kirletilmemiş içme suyu kaynaklarında bulunması beklenmemekle birlikte, inorganik civa ile kıyaslandığında toksik etkileri daha ciddidir. Metil civanın yağda çözünürlüğü inorganik civaya göre çok daha yüksek olması sebebiyle vücuttaki pek çok sisteme (beyin, omirilik, plsentata vb.) girebilmektedir. Metil civa zehirlenmelerinin başlıca etkileri (Minamata hastalığı) ise çok ciddi ve kalıcı nörolojik bozukluklara ve zihinsel engellere sebep olabilmektedir.</i>	<i>- İçme suyu kaynaklarında civa daha çok inorganik formda bulunur.</i>
30 Baryum (mg Ba/L)	0,7	0,7	3,5	A2: konvansiyonel yöntemlerle giderilemez A3: kireçle yumuşatma, iyon değişimi, ED, TO	<i>Baryum kemiklerde, kaslarda, böbreklerde ya da diğer dokularda birikme yapmaz. Suda çözünebilir baryum bileşiklerinin yüksek miktarda ağız yoluyla alınması sonucunda, kalp ritminin bozulması ve felç görülebilir. Daha az miktarlarda ve kısa süreliğine alınan baryum neticesinde ise kusma,</i>	



PARAMETRE	A1	A2	A3	ARITMA YÖNTEMLERİ	İNSAN SAĞLIĞINA MUHTEMEL ETKİLERİ	DİĞER AÇIKLAMALAR
					<i>karın krampları, ishal, nefes almada zorluk, kan basıncında düşüş/yükseliş, yüzde hissizlik ve kas güçsüzlüğü gibi etkiler gözlemlenebilir.</i>	
31 Siyanür (mg CN/L)	0,2	1	5	A2: kırılma noktası klorlaması A3: iyon değişimi, AC, TO	<i>Yüksek siyanür miktarlarına kısa süreli maruziyet neticesinde, beyin ve kalp hasarı, hatta koma ve ölüm dahi görülebilir. Az miktarlardaki siyanürün ağız yoluyla alınması neticesinde bile, kısa sürede panzehir tedavisi yapılmadığında ölüme karşılaşılabılır. Siyanür zehirlenmesinin ilk etkileri ani ve derin solunum, nefes darlığı, havale (nöbet) ve bilinç kaybıdır. Siyanürün insanlarda ya da hayvanlarda kansere sebep olduğuna dair kanıtlanmış bir veri yoktur.</i>	<i>-Serbest siyanür içeren çözeltiliye klor uygulaması neticesinde, hemen siyanojen klorür oluşumu gözlenir. Bu nedenle siyanürün azota okside olabilmesi için 2 aşamalı bir arıtma gereklidir. İlk aşamada, klorlama pH 11,5 ve üzerine ayarlanır. Böylece siyanojen klorür oluşmadan, siyanür siyanat formuna oksitlenebilir. İkinci aşamada ise pH 5-8 arasına indirilerek siyanatın azot gazına oksidasyonu sağlanır. - Siyanürün klordioksit ile oksidasyonu sonucu yalnızca siyanat formu oluşabilir, klordioksit siyanatı oksitleyemez.</i>
32 Fenoller (mg C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH/L)	0,001	0,001	0,005	A2: konvansiyonel yöntemlerle giderilemez A3: ileri oksidasyon (potasyum permanganat, klor dioksit, ozon), AC	<i>Fenollerin yüksek konsantrasyonlarda ağız yoluyla vücuda alınması neticesinde ciddi sindirim sistemi hasarı ve hatta ölüm gözlenebilir. Fenollerin klorla reaksiyonu sonucu oluşan yan ürünlerin sağlığa olumsuz etkileri mevcuttur. 2,4,6-Trichlorophenol için hayvanlar üzerinde yapılan çalışma sonucu lenfoma ve lösemiye sebep olduğu belirlendiğinden "Grup 2B: insanlar için muhtemel kanserojenik" olarak, pentaklorofenol (PCP)'de Grup 2B altında sınıflandırılmıştır.</i>	<i>- Klorofenoller genellikle çok düşük konsantrasyonlarda dahi suda tat ve koku oluşumuna neden olabildiğinden dolayı, suda toplam fenol içeriği 1 µg/L konsantrasyonun altında olmalıdır -Klorlama noktasında fenol konsantrasyonunun 0,002 mg/L'nin altında olmasını tavsiye etmektedir. - 0,2-0,3 mg/L olan klordioksit dozlamaları ile çoğu kötü tat yapan fenolik bileşiklerin parçalanması sağlanabilir.</i>

PARAMETRE		A1	A2	A3	ARITMA YÖNTEMLERİ	İNSAN SAĞLIĞINA MUHTEMEL ETKİLERİ	DİĞER AÇIKLAMALAR
33	Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (mg/L)	0,0007	0,004	0,02	A2: koagülasyon+ flokülasyon+ durultma + filtrasyon A3: GAC	PAH'lar vücut tarafından hızlıca adsorbe edilir ve yağda çözünebilir özellikte olmaları sebebiyle yağ dokularına geçebilir. Ancak çok çabuk metabolize olup, genellikle vücutta birikme yapmazlar. Diğer PAH türlerinin de kanserojen etkisi/potansiyeli olmakla birlikte en zararlısı BaP olup, Uluslararası Kanser Araştırma Kurumu (IARC) "Grup 1 (insanlar için kanserojenik) altında değerlendirmiştir.	- İçme suyunda PAH (özellikle fluoranthene) konsantrasyonlarının ana kaynağı, içme suyu dağıtım şebekesinde boruları korozyondan korumak için kullanılan kömür katranı kaplamasıdır. - Düşük çözünürlüğü ve partiküler maddeye olan çekimi nedeniyle genellikle suda kayda değer konsantrasyonlarda görülmez.
34	Toplam pestisit (mg/L)	0,001	0,001	0,005	A2: konvansiyonel yöntemlerle giderilemez A3: GAC	Pestisitlerin genel olarak sağlığa olan etkileri arasında öncelikle karaciğer ve böbrek hasarı, sinir, bağışıklık ve üreme sistemi fonksiyonlarında bozukluk ve doğum kusurları sayılabilir. Daha az ciddi etkileri ise sinir sistemine olan ve baş dönmesi, bulantı ve yorgunluk gibi spesifik olmayan semptomlar sıklıkla görülür. Düşük seviyeli miktarlara uzun süreli maruziyet durumunda doğum kusur riskleri ve kanser riskinde artış görülebilir.	- Pek çok pestisit bozunma ürünleri ve metabolitleri ana pestisite göre daha az zararlıdır ancak bazıları için benzer ya da daha fazla toksik etki söz konusu olabilmektedir. - Sıklıkla nehir sedimentlerinde ve yağda biyobirikimi sebebiyle besin zincirinde görülebilirler

**Tablo 4-2** Türkiye'ye özgü kirleticiler ve önerilen standartlar (Grup III)

PARAMETRE (µg/L)	CAS No	A1	A2	A3	ARITMA YÖNTEMLERİ	İNSAN SAĞLIĞINA MUHTEMEL ETKİLERİ	
<b>III. Grup Parametreler (Literatürde değeri bulunan kirleticiler)</b>							
1	<b>Stiren; Vinilbenzen</b>	100-42-5	20	20	40	GAC ile 0,02 mg/L değerine ulaşılabilir.	Akut toksisitesi düşüktür. Karaciğer, böbrek ya da dolaşım sistemi sorunlarına yol açar. IARC Grup 2B (kanser yapma ihtimali olan) altında değerlendirilmektedir.
2	<b>1,4- diklorobenzen</b>	106-46-7	75	75	75	Havayla sıyırma yöntemi ile 0,01 mg/ L değerine ulaşılabilir.	Kansızlık, karaciğer, böbrek ya da dalak hasarı ve kanda değişiklikler görülebilir.
3	<b>Fenitrotiyon (ISO); O,O- dimetil O-4- nitro-m-tolil fosforotiyoat</b>	122-14-5	7	7	35	Ozonlama ve ileri oksidasyon yöntemleriyle verimli giderim sağlanabilir.	Boyun, kol ve bacak, solunum sistemi kaslarını etkileyen kas zayıflığı.
4	<b>Poliklorlubifenil ler (PCB'ler)</b>	1336-36-3	0,5	0,5	0,5	-	Deride değişiklik, timüs bezi problemleri, bağışıklık eksikliği, üreme ya da sinir sistemi sorunları ve kanser riskinde artış gözlenebilir.
5	<b>Klorotalonil</b>	1897-45-6	50	50	50	Arıtımıyla ilgili yeterli bir bilgi yoktur.	Ağız yoluyla ve deriyle temasta akut toksisitesi düşüktür. Hayvanlar üzerindeki çalışmalarda kısa süreli maruziyette böbrek ve karaciğer ağırlığında artma, uzun süreli maruziyette az miktarda böbrek toksisitesi ile kanser ve genotoksisite etkisi olduğu belirlenmiştir.
6	<b>Diazinon</b>	333-41-5	4	4	20	UV, oksidasyon, ileri oksidasyon ve ozon gibi oksidasyon prosesleri ile AC, NF ile de verimli giderim	Vücutta birikme yapmaz, akut etkisi; sarsıntı, bitkinlik, koma, kas koordinasyon bozukluğu, uzun

PARAMETRE (µg/L)	CAS No	A1	A2	A3	ARITMA YÖNTEMLERİ	İNSAN SAĞLIĞINA MUHTEMEL ETKİLERİ	
<b>III. Grup Parametreler (Literatürde değeri bulunan kirleticiler)</b>							
					sağlanabilir. Ancak klorla temas halinde yan ürün oluşturabilir.	sürelili maruziyette sinir sistemi toksisitesi görülebilir.	
<b>7</b>	<b>DDT (toplam)</b>	50-29-3	1	2	4	0,1 µg/L değeri konvansiyonel arıtma ve GAC ile sağlanabilir.	Hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalarda karaciğer tümörleri gözlemlendiğinden Grup 2B altında değerlendirilmektedir.
<b>8</b>	<b>Permetrin</b>	52645-53-1	200	200	200	İçme suyundan giderimiyle ilgili yeterli bilgi mevcut değildir.	Biyoakümülyasyon yapma oranı düşüktür. Akut etkileri, sinir sistemi zehirlenmesi sonucu, sarsıntı, felç; kısa süreli maruziyette sinir sistemi toksisitesi; uzun süreli maruziyette, karaciğerde, merkezi ve çevresel sinir sisteminde olumsuz etkiler ve serum glukoz seviyelerinde artış görülebilir. IARC tarafından Grup 3 (kanserojenik olarak sınıflandırılmaz) altında değerlendirilmektedir.
<b>9</b>	<b>1,3-diklorobenzen</b>	541-73-1	20	20	100	Dolgu kule havalandırmayla ya da GAC ile % 90 giderim sağlanabilir ve 0,001 mg/L değerine ulaşılabilir.	Kronik toksisiteyle ilgili bilgi yoktur.
<b>10</b>	<b>Fentiyon</b>	55-38-9	7	7	14	Bu kimyasalın yapısına göre aktif karbonla verimli bir giderim sağlanabilir.	Akut etkileri; merkezi ve çevresel sinir sistemine olan etkileri, aşırı telaş, bronkokonstriksiyon, baş ağrısı, kusma ve diğer davranışsal değişikliklerdir.
<b>11</b>	<b>Karbontetraklorür</b>	56-23-5	2	2	10	0,001 mg/L havayla sıyırma yöntemi kullanılarak sağlanabilir. Ayrıca GAC ile de giderimi mümkündür.	Toksisitesinin ilk etkileri karaciğer ve böbrekte gözlenir. IARC Grup 2B altında (kansere yapma ihtimali olan) altında değerlendirilmektedir.
<b>12</b>	<b>EDTA</b>	60-00-4	250	250	500	0,01 mg/L ozonlama ile birlikte GAC kullanımında ulaşılacak değerdir.	Vücutta birikme yapmaz. Sindirim sisteminde çinkonun absorpsiyonunu engelleyerek çinko eksikliğine sebep olabilir.

PARAMETRE (µg/L)	CAS No	A1	A2	A3	ARITMA YÖNTEMLERİ	İNSAN SAĞLIĞINA MUHTEMEL ETKİLERİ	
<b>III. Grup Parametreler (Literatürde değeri bulunan kirleticiler)</b>							
<b>13</b>	<b>Aldrin + Dieldrin</b>	309-00-2 60-57-1	0,03	0,04	0,2	0,02 µg/L değerine koagülasyon, GAC ya da ozonlama ile ulaşılabilir. Klorlama ile % 30, aktif karbonla ise % 85 giderim sağlamak mümkündür.	Hayvanlar üzerinde yapılan uzun süreli çalışmalarda karaciğer tümörlerinin oluşumuna sebep olduğu, ayrıca saç kaybı, ishal, karında şişlik ve sarsıntı gibi etkilerin görülebileceği belirlenmiştir. Kısa süreli maruziyette, yüksek miktarlarda alımda kas spazmları ve havale görülebilir.
<b>14</b>	<b>Endrin</b>	72-20-8	0,6	0,6	1,2	0,2 µg/L değerine GAC kullanılarak ulaşılabilir.	Öncelikli olarak etkisini merkezi sinir sistemi üzerinde gösterir. Ayrıca karaciğer problemlerine de sebep olur. Endrinin kanserojenik olduğuna dair yeterli toksikolojik veri mevcut değildir.
<b>15</b>	<b>Gümüş</b>	7440-22-4	100	200	400	Konvansiyonel yöntemlerle (koagülasyon) ve kireçle yumuşatma yöntemiyle giderilebilir.	Gümüş zehirlenmesinin en bilinen klinik belirtisi deride, saçta, ağızda ve gözde mavi-gri metalik renk değişimidir.
<b>16</b>	<b>Antimon</b>	7440-36-0	3	3	3	Konvansiyonel yöntemlerle giderilemez. İçme suyundaki konsantrasyonlar genellikle metal borular ve tesisattan kaynaklı olarak görüldüğünden, bu kaynaklardaki yan ürün kontrolü ile gerçekleştirilebilir.	Hayvan araştırmalarında, kalpte, karaciğerde, böbrekte ve dalakta biriktiği gözlenmiştir. Ayrıca kan şekerini düşürür ve kolesterol seviyelerini artırır. Çözünebilir formdaki antimon (III) tuzları genotoksik etkisi görülmüştür. IARC antimon trioksit için insanlar için muhtemel kanserojenik (Grup 2B) olarak belirlemiştir.
<b>17</b>	<b>Berilyum</b>	7440-41-7	4	4	4	-	Berilyumun ağız yoluyla alımında insan sağlığına olan etkileriyle ilgili yeterli bilgi olmamakla birlikte bağırsak lezyonlarına yol açabilmektedir.
<b>18</b>	<b>1,1-Dikloroetan</b>	75-34-3	30	60	120	Havalandırma ya da adsorpsiyon (GAC) ile giderilebilir.	IARC Grup 3 (kanserojenik olarak sınıflandırılmaz) altında değerlendirilmiştir.

PARAMETRE (µg/L)	CAS No	A1	A2	A3	ARITMA YÖNTEMLERİ	İNSAN SAĞLIĞINA MUHTEMEL ETKİLERİ	
<b>III. Grup Parametreler (Literatürde değeri bulunan kirleticiler)</b>							
<b>19</b>	<b>Trikloroetilen (TRI)</b>	79-01-6	5	10	20	Havalandırma ya da adsorpsiyon (GAC) ile giderilebilir.	Karaciğer sorunları ve kanser riski artışı gözlenebilir.
<b>20</b>	<b>Kloroasetik asit</b>	79-11-8	20	20	40	İçme suyundaki oluşumu doğal olarak oluşan organik maddenin giderimiyle ve klor azaltımı ya da alternatif dezenfektan kullanımı ile minimize edilebilir.	Bakteri kullanılan deneylerde mutajenik etkisi gözlenmese de bazı memeli hücrelerinde yapılan çalışmalarda mutajenik aktiviteye rastlanmıştır.
<b>21</b>	<b>Azinfos-metil</b>	86-50-0	20	20	20	-	-
<b>22</b>	<b>Nitrobenzen</b>	98-95-3	8	8	8	-	Solunma, temas ve ağız yoluyla alımda insanlar üzerinde toksik etkisi mevcuttur. Ana sistemik etkisi sonucu metemoglobinemi görülür. IARC Grup 2B (kansere yapma ihtimali olan) altında değerlendirilmiştir.

**Tablo 4-3** Türkiye'ye özgü kirleticiler ve bitki koruma ürünleri için önerilen standartlar (Grup IV)

Parametre (µg/L)		CAS No	A1	A2	A3
<b>IV. Grup Parametreler (Hesaplanan kirleticiler)</b>					
1	<b>Difenilamin</b>	122-39-4	450	450	1500
2	<b>Tributil fosfat</b>	126-73-8	600	600	2000
3	<b>2,6-di-ter-butilfenol; 2,6-di-ter-siyer-butilfenol</b>	128-39-2	900	900	3000
4	<b>Piren</b>	129-00-0	4500	4500	15000
5	<b>Benzo(e)piren</b>	192-97-2	80	80	250
6	<b>Propetamfos</b>	31218-83-4	450	450	1500
7	<b>Linuron</b>	330-55-2	40	40	120
8	<b>Triklosan</b>	3380-34-5	1500	1500	5000
9	<b>PCB 153</b>	35065-27-1	2	2	5
10	<b>PCB 52</b>	35693-99-3	4	4	12
11	<b>Triadimenol; α-ter-bütül-β-(4- klorofenoksi)-1H-1,2,4- triazol-1-etanol</b>	55219-65-3	4500	4500	15000
12	<b>4-Kloro-3-metilfenol; Paraklorometakresol</b>	59-50-7	2400	2400	8000
13	<b>PCB 28</b>	7012-37-5	2	2	5
14	<b>2,4,6-tri-ter-butilfenol</b>	732-26-3	1500	1500	5000
15	<b>Tetrabromobisfenol A (TBBP-A)</b>	79-94-7	60000	60000	200000
16	<b>Bisfenol-A</b>	80-05-7	300	300	1000
17	<b>p-(1,1-dimetilpropil)fenol</b>	80-46-6	1500	1500	5000
18	<b>Ksilen misk</b>	81-15-2	600	600	2000
19	<b>Asenaften</b>	83-32-9	10000	10000	30000
20	<b>Dietil Fitalat</b>	84-66-2	90	90	300

Parametre (µg/L)		CAS No	A1	A2	A3
21	Dibutilfitalat (DBP)	84-74-2	3000	3000	10000
22	Fenantren	85-01-8	7500	7500	25000
23	Benzilbutilfitalat (BBP)	85-68-7	600	600	2000
24	2,3,4,5,6-Pentaklorotoluen ; Pentaklorotoluen	877-11-2	500	500	1500
25	1-metilnaftalin	90-12-0	3000	3000	10000
26	2-kloronaftalin	91-58-7	15000	15000	50000
27	Ksilen (o)	95-47-6	45000	45000	150000
28	1,2,4-trimetilbenzen	95-63-6	8500	8500	25000
29	Piriproksifen	95737-68-1	600	600	2000
30	2-amino-4-klorofenol	95-85-2	1700	1700	5000
31	1,2,4,5-tetraklorobenzen	95-94-3	20	20	50
32	Izopropilbenzen	98-82-8	6500	6500	20000
33	Nitrobenzen	98-95-3	300	300	1000
34	Dioktil fitalat (DnOP)	117-84-0	2300	2300	8000
<b>V. Grup Parametreler (Literatürde değeri bulunan bitki koruma ürünleri)</b>					
1	CARBENDAZİM	10605-21-7	0,09	0,09	0,3
2	METOLACHLOR	87392-12-9	0,3	0,3	1
3	CLOPYRALİD	1702-17-6	2	2	7
4	DIFLUBENZURON	35367-38-5	0,07	0,07	0,2
5	PROPICONAZOLE	60207-90-1	0,1	0,1	0,3
6	DIMETHOATE	60-51-5	0,006	0,006	0,02
7	DIAZİNON	333-41-5	0,001	0,001	0,0015
8	CYFLUTHRİN (Toplam)	68359-37-5	0,05	0,05	0,07
9	FENAMİPHOS	22224-92-6	0,0005	0,0005	0,0007



	<b>Parametre (µg/L)</b>	<b>CAS No</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>
<b>10</b>	<b>2,4-D; (2,4-DICHLOROPHENOXY)ACETIC ACID</b>	94-75-7	0,03	0,03	0,1
<b>11</b>	<b>METHOMYL</b>	16752-77-5	0,02	0,02	0,03
<b>12</b>	<b>MONOCROTOPHOS</b>	6923-22-4	0,002	0,002	0,007
<b>13</b>	<b>CYPRODINIL</b>	121552-61-2	0,09	0,09	0,3
<b>14</b>	<b>PIRIMICARB</b>	23103-98-2	0,007	0,007	0,02
<b>15</b>	<b>PROPYZAMIDE</b>	23950-58-5	0,07	0,07	0,2
<b>16</b>	<b>PYRIPROXYFEN</b>	95737-68-1	0,3	0,3	1
<b>17</b>	<b>CAPTAN</b>	133-06-2	0,4	0,4	0,6
<b>18</b>	<b>BENTAZONE</b>	25057-89-0	0,2	0,2	0,3
<b>19</b>	<b>CHLORANTRANILIPROLE</b>	500008-45-7	6	6	20
<b>20</b>	<b>ETHOPROPHOS</b>	13194-48-4	0,001	0,001	0,003
<b>21</b>	<b>CARBARYL</b>	63-25-2	0,03	0,03	0,1
<b>22</b>	<b>METHIDATHION</b>	950-37-8	0,006	0,006	0,02
<b>23</b>	<b>CHLOROTHALONIL</b>	1897-45-6	0,05	0,05	0,15
<b>24</b>	<b>CARBOXIN; VITAVAX</b>	5234-68-4	0,3	0,3	0,5
<b>25</b>	<b>MALATHION</b>	121-75-5	0,07	0,07	0,2
<b>26</b>	<b>PARATHION-METHYL</b>	298-00-0	0,0007	0,0007	0,002
<b>27</b>	<b>FENARIMOL</b>	60168-88-9	0,04	0,04	0,1
<b>28</b>	<b>PIPERONYL BUTOXIDE</b>	51-03-6	0,6	0,6	2
<b>29</b>	<b>CHLORANTRANILIPROLE</b>	500008-45-7	6	6	20
<b>30</b>	<b>BROMOXYNIL</b>	1689-84-5	0,01	0,01	0,033
<b>31</b>	<b>FENITROTHION</b>	122-14-5	0,007	0,007	0,02
<b>32</b>	<b>OMETHOATE</b>	1113-02-6	0,001	0,001	0,003

	<b>Parametre (µg/L)</b>	<b>CAS No</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>
<b>33</b>	<b>THIOPHANATE-METHYL</b>	23564-05-8	0,09	0,09	0,3
<b>34</b>	<b>IMAZETHAPYR</b>	81334-34-1	9	9	30
<b>35</b>	<b>CARBOFURAN</b>	1563-66-2	0,007	0,007	0,02
<b>36</b>	<b>MOLINATE</b>	2212-67-1	0,004	0,004	0,01
<b>37</b>	<b>PICLORAM</b>	1918-02-1	0,3	0,3	1
<b>38</b>	<b>PERMETHRIN</b>	52645-53-1	0,2	0,2	0,5
<b>39</b>	<b>BHC; GAMMA-HCH</b>	58-89-9	0,0002	0,0002	0,001
<b>40</b>	<b>TERBUTHYLAZINE</b>	5915-41-3	0,01	0,01	0,03
<b>41</b>	<b>CHLORBENZILAT</b>	1897-45-6	0,05	0,05	0,15
<b>42</b>	<b>2,4,5 T</b>	93-76-5	0,07	0,07	0,1
<b>43</b>	<b>CHLORDANE</b>	57-74-9	0,002	0,002	0,003
<b>44</b>	<b>TEBUTHIURON</b>	34014-18-1	0,5	0,5	0,7
<b>45</b>	<b>BROMOPHOS-ETHYL</b>	4824-78-6	0,01	0,01	0,03
<b>46</b>	<b>THIOMETON</b>	640-15-3	0,004	0,004	0,01
<b>47</b>	<b>PENDIMETHALIN</b>	40487-42-1	0,4	0,4	1
<b>48</b>	<b>CHLORSULFURON</b>	64902-72-3	0,2	0,2	0,5
<b>49</b>	<b>PROPAZINE</b>	139-40-2	0,01	0,01	0,015
<b>50</b>	<b>PROPHAM</b>	122-42-9	0,1	0,1	0,15
<b>51</b>	<b>DICHOLOBENIL</b>	1194-65-6	0,01	0,01	0,015
<b>52</b>	<b>DIPHENAMID</b>	957-51-7	0,2	0,2	0,3

## KAYNAKLAR

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry-ATSDR. (2004). *Public Health Statement – Cobalt*. Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry-ATSDR. (2005). *Public Health Statement – Nickel*. Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry-ATSDR. (2006). *Public Health Statement – Cyanide*. Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry-ATSDR. (2007). *Public Health Statement – Barium*. Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry-ATSDR. (2012). *Public Health Statement – Cadmium*. Atlanta: U.S. Department of Health and Human Services.
- Australian Government- National Health and Medical Research Council. (2014). *Australian Drinking Water Guidelines 6-2011*. Canberra.
- AWWA. (1999). *Water Quality and Treatment – A Handbook of Community Water Supplies*. (5th edition) ABD: Mc Graw Hill
- AWWA. (2011). *Water Quality and Treatment – A Handbook on Drinking Water*. (6th edition) ABD: Mc Graw Hill
- Çakmakcı M., Özkaya B., Yetilmezsoy K., Demir S. (2013). *Su Arıtma Tesislerinin Tasarım ve İşletme Esasları*. Ankara: Orman ve Su İşleri Bakanlığı
- Çöl, M., Çöl, C., (2003). “*Environmental Boron Contamination in Waters of Hisarcik Area in the Kutahya Province of Turkey*”, Food and Chemical Toxicology, Cilt 41
- De Zuane, J. (1990). *Handbook of Drinking Water Quality*. (2nd edition). ABD: John Wiley & Sons Inc.
- Demirtaş, A. (2010). “*Bor’un İnsan Beslenmesi ve Sağlığı Açısından Önemi*” Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. Cilt 41 (1)
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. (2008). *81 İl Merkezinin İçme, Kullanma ve Sanayi Suyu Temini Eylem Planı 2008-2012*. Ankara
- Gray, N.F. (2005). *Water Technology - An Introduction for Environmental Scientists and Engineers*. (2nd edition). Elsevier Science & Technology Books
- Gray, N.F. (2008). *Drinking Water Quality – Problems and Solutions*. (2nd edition). New York: Cambridge University Press

Nemerov, N.L. (Ed.). (2009). *Environmental Engineering – Water, Wastewater, Soil and Groundwater Treatment and Remediation*. (6th edition). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc

Şaylı, B. S. (2000) “*İnsan Sağlığı ve Bor Mineralleri*”, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Öğretim Üyesi ve A.Ü.Tıp Fakültesi - Ankara

Topal, F. (2009). İçme Sularından Arsenik Giderimi. *Yüksek lisans tezi*. İstanbul: İTÜ Fen Bilimleri Ens.

*Türkiye İstatistik Kurumu*. (2009). Çevre İstatistikleri, Sorularla Resmi İstatistikler Dizisi-8 (3257). Ankara: TÜİK Matbaası

US Environmental Protection Agency, *Drinking Water Treatability Database (DWTD)*. <http://iaspub.epa.gov/tdb/pages/general/home.do> ( Ekim-Aralık 2014)

World Health Organization-WHO. (2003). *Iron in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization-WHO. (2003a). *Chloride in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization-WHO. (2003b). *Polynuclear aromatic hydrocarbons in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization-WHO. (2004). *Copper in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization-WHO. (2004a). *Barium in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization-WHO. (2004b). *Sulfate in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization-WHO. (2005). *Nickel in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization-WHO. (2006). *Concise International Chemical Assessment Document 69-Cobalt and Inorganic Cobalt Compounds*. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization-WHO. (2009). *Cyanide in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization-WHO. (2010). *Aluminium in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization-WHO. (2011). *Guidelines for Drinking Water Quality*. 4th edn. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization-WHO. (2011a). *Manganese in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization-WHO. (2011b). *Nitrate and Nitrite in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization-WHO. (2011c). *Arsenic in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization-WHO. (2011d). *Cadmium in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization-WHO. (2011e). *Selenium in Drinking-water Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality*. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization-WHO. (2011f). *Chemical Aspects* Geneva: World Health Organization.

## **ÖZGEÇMİŞ**

**Adı, Soyadı:** Tuğba Canan OĞUZ

**Doğum Yeri ve Tarihi:** Ankara - 1986

**Medeni Hali:** Bekâr

**Yabancı Dili:** İngilizce (KPDS-C)

**Lisans:** YTÜ – Çevre Mühendisliği (2010)

**Yüksek Lisans:** Ankara Üniversitesi – Sosyal Çevre Bilimleri (2011- ...)

**İş Deneyimi:** Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Uzman

Yardımcısı (Temmuz 2011-...)