

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ŞİŞELENMİŞ İÇME SULARININ BAZI İNORGANİK  
PARAMETRELERİNİN ARAŞTIRILMASI

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

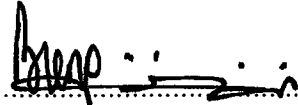
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kimya Mühendisi Füsun BOYSAN

112306

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 02 / 07 / 2001 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.



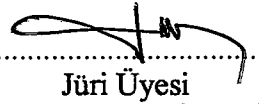
Jüri Başkanı

Doç.Dr. Bülent ŞENGÖRÜR



Jüri Üyesi

Prof.Dr. Ayhan ŞENGİL



Jüri Üyesi

Doç.Dr. Recep İLERİ

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı yöneten, yüksek lisans eğitimim sırasında bana destek olan değerli danışmanım Sayın Doç. Dr. Bülent ŞENGÖRÜR'e teşekkür ediyorum.

Yüksek lisans eğitimim sırasında ve tez çalışmalarımın çeşitli aşamalarında bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım hocalarım Prof. Dr. Ayhan ŞENGİL, Prof. Dr. Mirali ALOSMANOV, Doç.Dr. Recep İLERİ, ve Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÖZDEMİR'e teşekkür ediyorum.

Tezimi teslim ettiğim gün aramızdan ayrılan Bölüm Başkanımız değerli hocam Prof. Burhan SÜMER'i rahmetle anıyorum.

Çalışmalarım sırasında beni sürekli destekleyen, yardım eden ve moral veren SMYO'ndaki ve SAÜ'nin çeşitli bölümlerindeki öğretim elemanı ve memur arkadaşlarıma teşekkür ediyorum.

Bütün çalışmalarımı yürekten destekleyen ve benden hiçbir maddi manevi yardımını esirgemeyen sevgili eşim Uz. Dr. Uğur BOYSAN'a ve çalışmamın bitmesini büyük bir sabırla bekleyen biricik oğlum Hakan'a da teşekkürlerimle birlikte sevgilerimi sunuyorum.

Ayrıca yüksek lisans eğitimime başlamam konusunda beni ilk yüreklendiren ve desteğini sürekli hissettiğim çok kıymetli hocam Rektör Prof. Dr. İsmail ÇALLI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Kimya Mühendisi Füsun BOYSAN

## İÇİNDEKİLER

S,İMGELER VE KISALTMALAR.....	v
SİMGELER LİSTESİ.....	v
KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY.....	ix

### BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
------------	---

### BÖLÜM 2.

İÇME SULARI.....	3
2.1. İçme sularının tanımı.....	3
2.1.1. Kaynak(memba) suları.....	3
2.2. Şişelenmiş içme suyu sektörü.....	3
2.3. İçme sularının özellikleri.....	5
2.3.1. Suların fiziksel özellikleri.....	6
2.3.1.1. Sıcaklık.....	6
2.3.1.2. Spesifik iletkenlik.....	6
2.3.1.3. Yoğunluk(gv).....	6
2.3.1.4. Renk.....	7
2.3.1.5. Bulanıklık.....	7
2.3.1.6. Tad ve koku.....	8
2.3.1.7. Katı maddeler.....	9
2.3.1.8. pH.....	9
2.3.2. Ana mineraller ve gazlar.....	10
2.3.2.1. Sertlik.....	10

2.3.2.2. Sodyum.....	12
2.3.2.3. Potasyum.....	13
2.3.2.4. Klorür.....	14
2.3.2.5. Florür.....	14
2.3.2.6. Sülfat.....	16
2.3.2.7. Nitrit ve nitratlar.....	16

### BÖLÜM 3.

MATERYAL VE METOD.....	18
3.1. Numunelerin seçimi.....	18
3.2. Parametrelerin tayininde kullanılan metotlar.....	18
3.2.1. pH tayini.....	18
3.2.2. Sertlik tayini.....	19
3.2.3. Kalsiyum ve magnezyum tayini.....	19
3.2.4. Sodyum ve potasyum tayini.....	20
3.2.5. Klorür tayini.....	21
3.2.6. Florür tayini.....	21
3.2.7. Sülfat tayini.....	22
3.2.8. Nitrat tayini.....	24

### BÖLÜM 4.

#### BULGULAR

4.1. pH.....	28
4.2. Kalsiyum.....	28
4.3. Magnezyum.....	28
4.4. Sodyum.....	28
4.5. Potasyum.....	29
4.6. Klorür.....	29
4.7. Florür.....	29
4.8. Sülfat.....	29
4.9. Nitrat.....	29

**BÖLÜM 5.**

<b>TARTIŞMA VE ÖNERİLER .....</b>	<b>30</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>33</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>36</b>



## SİMGELER VE KISALTMALAR:

### SİMGELER LİSTESİ:

AgNO <sub>3</sub>	Gümüş nitrat
Al(OH) <sub>3</sub>	Alüminyum hidroksit
Ca	Kalsiyum
CaCl <sub>2</sub>	Kalsiyum klorür
CaCO <sub>3</sub>	Kalsiyum karbonat
CH <sub>4</sub>	Metan
Cl <sup>-</sup>	Klorür
CO <sub>2</sub>	Karbon dioksit
F <sup>-</sup>	Florür
H <sup>+</sup>	Hidrojen iyonu
HCO <sub>3</sub>	Bikarbonat
HNO <sub>3</sub>	Nitrik asit.
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Hidrojen peroksit
H <sub>2</sub> S	Hidrojen sülfür
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sülfirik asit
KCl	Potasyum klorür
K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	Potasyum kromat
Mg	Magnezyum
Na	Sodyum
NaCl	Sodyum klorür
NaOH	Sodyum hidroksit
NH <sub>3</sub>	Amonyak
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Nitrit
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrat
SiO <sub>3</sub>	Silisyum oksit
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	Sülfat

## KISALTMALAR LİSTESİ

EDTA	Etilen diamin tetraasetik asit
EPA	Environmental Protection Agency( ABD Çevre Koruma Ajansı)
°C	Derece santigrat
L	Litre
M	Molarite(derişim)
mg	Miligram
µg	Mikrogram
mV	Milivolt
nm	Nanometre
PET	Polietilen
pH	Asitlik derecesi
TS	Türk Standartı
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
T.O.	Threshold Odor Number(eşik koku sayısı)
v.b.	Ve benzeri
WHO	World Health Organization(Dünya Sağlık Örgütü)

## TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Suların mg CaCO <sub>3</sub> /L olarak sertlik dereceleri.....	10
Tablo 4.1. Şişelenmiş suların içerikleri.....	27
Tablo 4.2. WHO, EPA ve TSE'ne ait içme suyu standartları.....	27



## ÖZET

Anahtar kelimeler: Şişelenmiş içme suyu, su kalitesi, sağlık

Bu çalışmada Türkiye’de üretilen ve PET şişelerde satışı sunulan içme sularının Sağlık Bakanlığında aldıkları ruhsatlarında bulunan pH, kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum, klorür, florür, sülfat ve nitrat değerleri incelenerek bu değerler ile WHO, EPA, TSE içme suyu standart değerleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca bu parametrelerin sağlık üzerine etkileri incelenmiş ve şişelenmiş suların diğer içme sularıyla karşılaştırılması yapılmıştır.

Sonuç olarak, değişik markalara ait incelenen su değerleri WHO,EPA ve TSE değerleri ile uyumlu bulundu. Ancak sadece bir örnekte sodyum değeri TSE standardının üstünde olduğu görüldü.

Her şeye rağmen, şişelenmiş içme suları tüketiciye mali yük getirirse de tüketicilerin tat,uygunluk,güvenlik ve olası sağlık yararları gibi nedenlerle tercih sebebi olmaktadır.

## **SUMMARY**

### **THE INVESTIGATION OF SOME INORGANIC PARAMETERS OF BOTTLED DRINKING WATER**

Key words: Bottled drinking water, water quality, health

In this study, some of the inorganic parameters of bottled drinking water of 10 different labels were examined. These parameters were compared according to WHO, EPA, TSE water quality standards. These values were also examined from the point of view of the effects on human health. Moreover, bottled drinking water and other kinds of drinking water were compared.

As a result, all the parameters which are examined were within the predicted values of WHO, EPA, TSE water quality standards. Only one sample exceeded sodium level according to TSE standards.

Although bottled drinking water may represent a significant cost to the consumer, consumers may have many reasons for purchasing bottled drinking water such as taste, convenience, safety and potential health benefits.

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Şişelenmiş su, hijyenik koşullarda doldurulmuş ve ağzı kapatılarak satışa sunulmuş içmeye uygun sudur. Şişelenmiş su kaynağı membalar, kuyular, buzullar ve belediye veya diğer onaylı kaynaklar olabilir ve muhtemelen distile edilmiş, karbonatlandırılmış, ozonlanmış ve filtre edilmiştir. Şişelenmiş sular toplumun büyük bir kesimi tarafından daha iyi tadı olan, daha az kirlilik içeren, güvenli ve sağlıklı sular olarak algılanmakta ve tüketiciye çeşme suyundan daha yukarıda bir sosyal statü sunmaktadır[1, 2].

Hızlı nüfus artışı, kentleşmedeki sağlıksızlık, toplumun düşük sosyo-ekonomik düzeyi, yetersiz su kaynakları, insan sağlığına uygun su bulma sorunları devam ederken çeşitli nedenlerle ortaya çıkan kirli ve tehlikeli atıklarla mevcut suların da kirlenmesi, ülkemizde özellikle de büyük şehirlerimizde bulaşıcı hastalıklar ve bir çok toksik olaylar toplum sağlığını tehdit eden önemli sorunlar olarak karşımıza çıkmaktadır. Değişik jeolojik yapılar üzerinde oluşan toprağın morfolojik yapısında zemine bağlı farklılaşmalar olmakta, toprağın su tutma, nemlilik, buharlaştırma gibi bazı özellikleri ile hastalıklar arasında yakın ilişkiler olduğu ortaya çıkmaktadır. Toprak içindeki bazı minerallerin azlığı veya çokluğunun sulara da bu minerallerin bulunma düzeyini etkileyerek birçok sağlık sorununa neden olduğu bilinmektedir[3].

Birçok yer altı suyu kaynaklarında mevsimsel veya yeniden doldurmayla ilişkili değişiklikler olabilir. Ülkemizde PET şişelerde satışa sunulan suların çoğu doğal kaynak sularıdır. Firmalar kaynaklarını seçerken yaz-kış sıcaklığı ve debisi değişmeyen, berrak ve damak tadı iyi olan, mineral yapısıyla doğal kaynak suları sınıflamasında önde olan kaynakları seçmeye özen göstermektedirler. Sağlık Bakanlığı'ndan ruhsat alarak doğallığını bozmadan tam otomatik makinelerde el değmeden doldurarak, kapak, şilink ve tarih basarak satış noktalarına ulaştırmaktadırlar.

Suyun insanların sağlıklı yaşamasında vazgeçilmez rolü anlaşıldıkça içme sularına verilen önem artmaktadır. Bütün insanlar, hangi statüde olurlarsa ve ekonomik düzeyleri ne olursa olsun kesinlikle sağlıklı içme suları tüketme hakkına sahiptirler[4]. Bazı kişiler şişe sularını içindeki bazı parametreler nedeniyle özellikle tercih etmektedirler. Örneğin, insanlar florür gereksinimlerinin önemli bir miktarını içme sularından karşılamaktadırlar. Sularda düşük florür bulunması durumunda özellikle bebeklerde diş gelişiminin sağlanması için ilave florür tabletleri verilmesi son yıllarda önem kazanan bir uygulamadır. Bu gerekçeyle şişeledikleri sularına florür ilavesi yapan firmalar da vardır. Ancak sulardaki aşırı florür miktarı da “fluorosis” denilen bir hastalık tablosuna yol açmaktadır.

Ülkemizde şişelenmiş su sektörü son yıllarda hızla büyümüştür ve önümüzdeki yıllarda da büyümeye devam edecektir.

Bu bağlamda içme sularında özellikle sağlık üzerine etkisi olan parametrelerin belirlenmesi ve tüketicilerin bilgisine sunulması önemlidir.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye şişe suyu piyasasının yaklaşık yüzde 70'ine sahip firmaların ürettikleri suların içerdikleri inorganik parametrelerinin bazılarının WHO, EPA ve TSE standart değerleri ile karşılaştırılması ve insan sağlığına olumlu ya da olumsuz etkilerinin incelenmesidir.

## **BÖLÜM 2. İÇME SULARI**

### **2.1. İçme sularının tanımı**

İçme suları, genel olarak içme, yemek yapma, gıda maddelerinin hazırlanması(gıda maddeleri ile doğrudan temas eden) vb. amaçlar için kullanılan, orijinal haliyle veya arıtıldıktan sonra standartlara uygun özellikleri sağlayan dere, nehir, göl, baraj vb. suları ile kaynak sularıdır[5].

#### **2.1.1. Kaynak(memba) suları**

Kaynak(memba) suları geçirimli jeolojik oluşumlarda(akifer) toplanan, bir çıkış noktasından sürekli olarak kendiliğinden veya artezyen şeklinde akan, sıcaklık, debi ve özellikleri mevsimlere göre çok az değişim gösteren, yağışlar ve yüzey suları ile taban suyundan büyük ölçüde etkilenmeyen göze, pınar, kuyu, galeri vb. yer altı sularıdır[5].

### **2.2. Şişelenmiş içme suyu sektörü**

Şişelenmiş su pazarı çok büyük bir pazardır. ABD bugün 4 milyar dolarlık bir pazar payına sahiptir. Coca Cola firmasının 2000 yılı Şubat ayındaki tahminine göre şişelenmiş su pazarı 2010 yılında meşrubat pazarını geçecektir. Meşrubat pazarının bugünkü hacmi ABD' de 72 milyar dolardır[6].

Türkiye ilk ambalajlı su ile 1975 yılında tanışmıştır. O tarihten bugüne kadar geçen 25 yılda Sağlık Bakanlığı'ndan ruhsat alan firma sayısı 167 yi bulmuştur. Sektör yetkilileri ve araştırmacılar ambalajlanmış su sektöründeki büyümenin en az 5 yıl daha süreceğini tahmin ediyor. Bunu söyleyenlerin en büyük dayanağı bazı Avrupa ülkelerinde 200 litreyi bulan yıllık kişi başına su tüketimine karşın, Türkiye'deki oranın 20 litrelerde olmasıdır. Yıllık 250 milyon dolara yaklaşan ambalajlı su pazarı

18 Ekim 1998 yılında çıkan Yeni Kaynak Suları Yönetmeliği'nden sonra ikiye ayrılmıştır. 1998 yılına kadar iade edilen ambalajlar cam şişelerden oluşurken, bu tarihten sonra dünyada yaygın olarak kullanılan 19 litrelik polikarbonat damacaneler pazara girmiştir. Böylece su pazarı geri alınan ambalajlar ve atılan ambalajlar olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Kısaca PET diye adlandırdığımız polietilen şişelerde üretim yapan büyük firmalar pazara 8 ve 10 litrelik ambalajlarla girmeye başlamışlardır. Yeni yönetmelik çerçevesinde sağlıksız şekilde faaliyette bulunan su istasyonlarının kapatılmasıyla su pazarı daha da canlanmıştır ve bir çok firma bu alana yatırıma yönelmiştir. 1998 yılında ülkemizde atılan ambalajlı şişede 470 milyon litre su tüketildiği belirtilmektedir. 1999 da yaşanan ekonomik kriz, deprem ve turizmdeki durgunluğa rağmen su sektörü yüzde 17 büyümüştür. Tüketim 548 milyona litreye yükselmiştir. Bu sadece şişesi iade edilmeyen PET pazarıdır. Geçen yıl su istasyonlarının kapanmasıyla birlikte damacana pazarı diye tabir edilen geri alınan ambalajlı su pazarında da büyük patlama olmuştur. Türkiye'de kesin rakamlar olmamasına karşın iade edilen ambalajlı su satışı yıllık 2 milyar litreyi geçmektedir. Türkiye'nin önde gelen su markaları son beş yıldır ihracata da ağırlık vermektedir. 1995 yılında 15 800 ton ihracat yapılırken, 1996 yılında bu rakam 25 bin tona, 1997 yılında da 40 bin tona çıkmıştır. Türkiye'nin sürekli artan su ihracatı 1998 yılında 48 bin ton iken 1999 yılında 60 bin tona ulaşmıştır. Türkiye'den yapılan su ihracatının yüzde 40'ı Almanya'ya yöneliktir. Yüzde 10'u ise diğer Avrupa ülkelerine yapılmaktadır. Kıbrıs'ın ihracattan aldığı pay ise yüzde 8 civarındadır. Su ihracatının kalan yüzde 42'si Afrika, Asya ve Uzakdoğu'da bulunan 60'tan fazla ülkeye yapılmaktadır. Türkiye'de su üreticilerinin en büyük sorunu kayıtsız ve kaçak olarak çalışan firmaların fazla olmasıdır. Sektörün yüzde 50'sinin kayıt dışı, yani ruhsatsız sülardan oluştuğu söylenmektedir. Yetkililerin ruhsatsız çalışan ve haksız rekabete yol açan suların kapatılmasıyla ilgili gerekli çabayı göstermediğini söyleyen su üreticileri bu konuda tek yetkili olan İl Sağlık Müdürlüğü'nü göreve çağırılmaktadır[7].

PET şişe diye adlandırdığımız iade edilmeyip atılan şişeler kötü koşullarda saklanmadığı zaman içindeki suyu sağlıklı olarak muhafaza etmektedir. Ancak şişelenmiş sular borularla dağıtılan sulara göre tüketiciye ulaşana kadar daha yüksek sıcaklıklara maruz kalabilmektedirler. Bu nedenle suların ambalajlandığı kapların ve

kapatılış sistemlerinin çok özel bir önemi vardır. Normal koşullarda bulunduğu halk sağlığı açısından fazla önemi olmayan bazı mikroorganizmalar şişe sularında yüksek sıcaklıkta bekleme nedeniyle istenmeyen bir şekilde çoğalabilir. Bunun da bebekler, hamileler ve direnci düşük kişiler açısından sakıncaları vardır[2].

PET şişeler geri kazanılabilen atıklar sınıfındadır ve Adana'da kurulu modern geri dönüşüm tesislerinde sentetik elyafa dönüştürülmektedir. PET şişe toplama ve değerlendirilmede Türkiye, İsviçre'den sonra ikinci sırada gelmektedir.

### 2.3. İçme sularının özellikleri

İçme sularında aranan özellikler beş maddede toplanabilir[8].

- a- İçme suları kokusuz, renksiz, berrak ve içimi serinletici olmalıdır.
- b- Sular hastalık yapan mikroorganizma içermemelidir.
- c- Suda sağlığa zararlı kimyasal maddeler bulunmamalıdır.
- d- Su kullanım amaçlarına uygun olmalıdır.
- e- Sular agresif olmamalıdır.

Su kaynağının niteliği ile ilgili çok miktarda bilgi bazı basit kimyasal ve fiziksel testlerle elde edilebilir. Örneğin en taze su sadece üç metalik iyon kalsiyum, magnezyum ve sodyumun bikarbonat, klorür ve sülfat çözeltisinden oluşmuştur. Eğer bikarbonat, klorür ve sülfat iyon konsantrasyonları belirlenirse, kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonları(basit bir test olarak bu ikisi su sertliğinin asıl elemanlarını oluşturur) bilinirse, sodyum değeri, potasyum ve diğer katyonların konsantrasyonlarının ihmal edilebilirliği göz önüne alınarak, anyon ve katyonların eşitliği yoluyla hesaplanabilir[9].

Bu bilgilerle ve pH, spesifik iletkenlik ve belki bulanıklık değerleriyle suyun kalitesi ve çeşitli amaçlar için kullanılabilirliğinin uygunluğu belirlenebilir. Diğer taraftan verilen uygun koşullarda ve yeterli zamanda su belirli bir dereceye kadar yaklaşık her maddeyi etkileyen aktif bir çözücü olduğundan suda analitik olarak belirlenen çözünmüş maddelerin listesi uzun olabilir. Küçük konsantrasyonlarda bir çok çözünmüş madde vardır. Bununla birlikte sularda gelişen teknikler yardımıyla çok

küçük miktarlardaki çözünmüş maddeler ölçülebilir. Çok küçük miktarlardaki belirli radyonükleidler saptanabildiği gibi aşırı duyarlı testlerle çok az miktardaki pestisitler ve diğer organik çözünmüş maddeler de belirlenebilir[9].

### **2.3.1. Suların fiziksel özellikleri**

#### **2.3.1.1. Sıcaklık**

Suyun sıcaklığı anında ve yerinde ölçülmelidir. Ölçüm için standart civalı termometre, termistor veya rezistans termometresi kullanılır. Sıcaklık derecesi Fahrenheit veya Centigrade olarak belirlenebilir[9].

#### **2.3.1.2. Spesifik iletkenlik**

Spesifik iletkenlik, çözünmüş iyonize maddelerin konsantrasyonlarının göstergesidir. Kolay ve hızlı uygulanabilen bir testtir. Tuzlu suların ve mineralden zengin suların tespitinde ve deniz sularının yer altı sularına karışabildiği sahillerde spesifik iletkenlik ölçümü önem kazanmaktadır. Ölçü birimi “mikromho/cm” dir. Taze su örneklerinin iletkenliğinin çoğu 10 ila 20 mikromho/cm arasında değişir. Spesifik iletkenlik sıcaklığa bağlıdır. 25 °C’ta ölçülebildiği gibi tüm örnekler testin yapıldığı sıcaklıkta da ölçülebilir[9].

#### **2.3.1.3. Yoğunluk(gv)**

Su örneğinin yoğunluğu bilinen belirli bir hacminin yine bilinen belirli bir sıcaklıkta(genellikle 20 °C’ta) ağırlığıdır. Saf suyun +4 °C’ta maksimum yoğunluğu 1,00’dir ve 20 °C’ta 0,9982’dir. 1000 mg/L deki çözünmüş maddeler saf suyun yoğunluğunu yalnızca yaklaşık yüzde 0,1 veya  $10^{-3}$  gr/ml olarak artırır ve 5000 mg/L’den daha az çözünmüş madde içeren sular saf su ile aynı yoğunlukta kabul edilir. Bu yüzden yoğunluk ölçümleri sadece fazla mineral içeren sularda veya deniz suyunun tatlı sulara karıştığı bölgelerdeki ölçümlerde önem kazanır[9].

#### 2.3.1.4. Renk

Suyun rengi herhangi bir basit yöntemle objektif ölçüm için zor bir özelliktir. Bir çok örnekler, doğal organik materyaller ve ayrışma ürünleri ile temas nedeniyle kahverengimsi sarı renktedir. Doğal bileşiklerden dolayı sulara oluşan renk suya mutlaka zararlı veya toksik özellikler vermez. Ancak bu suların klor ile dezenfeksiyonu, kloroform gibi zehirli maddelerin oluşumuna yol açarak sorun yaratır. Halk sağlığı açısından değerlendirildiğinde suyun önce hijyenik niteliklerinin güvenilir olması gerekir. İçme sularında estetik açıdan uygunluğa bakıldığında renk istenmez. İçme suları için rengin 15 birimi geçmesine izin verilmez[9, 10].

Bulanıklığın varlığı renk ölçümü için belirsizlik yaratır. Maalesef bulanıklığı gideren bir çok basit yöntem rengi de gidermektedir. Bulanıklığın giderilmesi için askıdaki maddelerin santrifüj ile çöktürülmesi en iyisidir. Kullanılan renk tayin yöntemleri ise, standart renk çözeltileriyle mukayese, renk ölçme cihazları(kolorimetre veya spektrometre) yardımı ile tayin, arazi yöntemleri ile tayin gibi çeşitli yöntemlerdir[9, 10].

#### 2.3.1.5. Bulanıklık

Bulanık görünüm sudaki asılı maddelerin ışığı dağıtması sonucu ortaya çıkar. Suda bulanıklığa silika veya diğer mineral maddeler veya kil, silis ve organik maddelerden oluşan askı halindeki ve kolloidal maddeler neden olmaktadır. Büyük, ağır partiküller çabuk çöktükleri için bunların yol açtığı bulanıklık çabuk değişebilir. Diğer taraftan iyi dağılmış ve hafif partiküller asılı kaldıkları için az çok bulanıklık sebebidirler. İçme suyu kalitesindeki suyun bulanıklığının tamamen giderilmiş olması estetik açıdan ve içilen, kullanılan suya güven açısından arzu edilen bir husustur[9, 11].

Bulanıklık tayininde enstrümantal ve gözle mukayese yöntemleri olmak üzere iki yöntem kullanılır. Bulanıklık ölçüsü olarak ta bulanıklık birimi kullanılır[10].

1 Bulanıklık birimi = 1 mg SiO<sub>3</sub> / L

Optik olarak temiz suyun bulanıklığı sıfırdır. İyi bir içme suyunda belirlenebilen bir bulanıklık olmamalıdır veya ölçülebilen bulanıklık birimi 3 Bulanıklık Birimi'ni aşmamalıdır[9].

### 2.3.1.6. Tat ve koku

Genellikle koku ve tat birlikte bulunurlar. Bir suda istenmeyen koku ve tat evsel ve sanayi atık suların su kaynaklarına karışmasından, su kaynağında yaşayan algler, diğer organizmalar ve bunların ölmesinden meydana gelen organik maddelerin çürümesinden, klor ve suda fenolle birleşen mono ve diklorofenollerden, H<sub>2</sub>S ve CH<sub>4</sub> gibi suda çözülmüş gazlardan ve yabani ot ve böcek mücadelesinde kullanılan zirai mücadele ilaçlarından meydana gelmektedir. Bu etkenler suya değişik şekillerde tat ve koku verirler. Yapılan araştırmalar, içme suyunda koku ve tat oluşturan belli başlı nedenlerden birincisinin algler, ikincisinin ise bitki örtüsünün çürüyüp ayrışması olduğunu göstermiştir[8].

Tat ve kokunun objektif olarak belirlenmesi zordur. Çünkü kişilerin tat ve koku değerlendirmesi değişkendir. 5 ila 10 kişiye yaptırılan değerlendirme, tek kişilik değerlendirmelerden daha güvenlidir. Kokulu bir örneğin hiç kokusuz su ile seyreltilmesinde kokunun ilk tespit edildiği orana "Threshold Odor Number( eşik koku sayısı)"denir ve T.O. ile gösterilir. Bir çok kişinin ortalama T.O. değeri bir kişiye ait T.O. değerinden çok daha güvenilirdir. Koku bazen aromatik, çiçeksi, ilaçsı, topraksı vb. karakterize edilebilir. Benzer seyreltme tekniği tat için de kullanılabilir[9]. İstenmeyen koku ve tat giderilmesinde koku eşiği olarak bilinen Threshold koku seviyesinin üst sınırı genellikle 3 ila 5 arasında alınmaktadır. Bazen bu değerlere bile tüketiciler tarafından itiraz gelmektedir. Aslında bu üst eşik seviyesinin ham su evsafına bağlı olarak tespit edilmesinde yarar vardır[8].

### 2.3.1.7. Katı maddeler

Buharlaştırma işleminden ve 103-105 °C ta kurutmada sonra geriye kalan maddelerin tümü katı madde olarak sınıflandırılır. Yüksek oranda katı madde içeren sular içme suyu olarak kullanılamazlar. Yer altı suları genellikle katı madde bakımından oldukça temizdir, yani fazla katı madde içermezler. Çünkü sular yer altına inerken doğal bir filtre olan zeminden süzülürler. Katı maddeler çözünmüş ve çözünmemiş(askıda) katılar olarak ikiye ayrılırlar. Yüksek konsantrasyonda katı madde içeren sular laksatif(müşhil) etkiye sahiptir ve alışık olmayan insanlar üzerinde kötü sağlık etkileri yaparlar. Standartlar genellikle içme suyu temin edilen sularda katı madde üst limitini 1000 mg/L olarak vermektedir[10].

### 2.3.1.8. pH

pH bir çözeltinin asitlik derecesini(asit veya baz olma özelliğini) gösteren bir kısaltmadır ve çözeltideki H<sup>+</sup> iyonu konsantrasyonunun eksi logaritmik olarak ifade şeklidir. pH su kimyasında en önemli unsurlardan biri olup sertlik giderme, korozyonun önlenmesi vb. işlemlerde göz önüne alınması gereken bir parametredir. Doğal suların pH değeri 4-9 arasındadır ve bu suların büyük bir kısmı karbonat ve bikarbonatlar nedeniyle hafifçe bazik niteliktedir. İçme sularında WHO standartları pH için 6,5-8,5 aralıklarını belirtmektedir[10, 12].

pH sıcaklıktan etkilenmektedir. Saf su 25 °C a yükseldiğinde pH 0,45 azalmaktadır. Bu nedenle ölçümlerde sıcaklık etkisi dikkate alınmalıdır. Klorlama pH'ı düşürürken, kireç-soda ile muamele pH'ı yükseltmektedir. İçme sularında yüksek pH seviyeleri suya acı tat vermektedir. Ayrıca pH artırılarak suyun renk yoğunluğu artırılabilir. Buna "indikatör etkisi" denir. Bu nedenle su kalitesi için tüm renk ölçümleri standart olarak pH 8,3 değerinde yapılmaktadır. Klorun bakteriler için öldürücü etkisi(germisidal etki) yüksek pH seviyelerinde azalmaktadır. Çünkü hipokloröz asit konsantrasyonu artan pH ile birlikte azalmaktadır. Ancak içme suyu için önerilen pH'larda ozon ve klorun etkisi değişmemektedir[12].

pH'in insan sağlığı ile ilgisini saptamak imkansız gibidir. Çünkü pH suyun kalitesini oluşturan diğer faktörlerle içiçedir. Taylor ve arkadaşları yaptıkları epidemiyolojik çalışmada viral Hepatit A ile suyun pH'ı arasında bir ilişki kuramamışlardır. Ancak bu çalışmada esas olarak dezenfeksiyon işlemine pH'ın etkisi araştırılmıştı. Her şeye rağmen pH'ın su arıtımında virüs, bakteri ve diğer zararlı organizmaların uzaklaştırılmasına katkıda bulunması nedeniyle sağlık üzerine dolaylı bir etkisi vardır[12].

İçme sularında pH için önerilen değer 6,5-8,5 arasında olmasına rağmen pH'ın 7 nin altında olması dağıtım sistemlerinde bazı sorunlara neden olmaktadır[12].

### 2.3.2. Ana mineraller ve gazlar

#### 2.3.2.1. Sertlik

Suyun sertliği sabunla reaksiyona giren su miktarının geleneksel bir ölçüsüdür. Sert sular sabun sarfiyatını artırır. Suyun sertliğini asıl olarak (Ca)kalsiyum ve (Mg)magnezyum vermekle birlikte stronsiyum, demir, baryum ve manganez de katkıda bulunur. Bu katyonlara karşılık suda bazı anyonlar bulunur. Bunların başlıcaları  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{=}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  ve  $\text{SiO}_3^{=}$  anyonlarıdır[10, 12].

Sertlik derecesi  $\text{CaCO}_3$ (kalsiyum karbonat)'ın eşdeğer konsantrasyonu ile belirtilir. Suların sertlik dereceleri Tablo 2.1'de verilmiştir[14].

Tablo 2.1. Suların mg  $\text{CaCO}_3$ /L olarak sertlik dereceleri

mg $\text{CaCO}_3$ /L	sertlik derecesi
0 - 75	yumuşak
75 - 150	orta sert
150 - 300	sert
300 ve üzeri	çok sert

Çözünen sertlik yaratan maddelerin eşdeğer kireç türlerinin karşılıklarına göre tanımlanmış sertlik dereceleri Fransız, Alman ve İngiliz sertlik dereceleri olarak

günlük dilde daha sık kullanılırlar. Ülkemizde sık kullanılan bu sertlik derecelerinin mg CaCO<sub>3</sub> /L eşdeğerleri ise şöyledir[10].

1 Fransız sertlik derecesi = 10 mg CaCO<sub>3</sub> /L

1 Alman sertlik derecesi = 17,8 mg CaCO<sub>3</sub> /L

1 İngiliz sertlik derecesi = 14,3 mg CaCO<sub>3</sub> /L

Ülkemizde birim belirtilmeden kullanılan Fransız sertlik derecesidir ve artırılmış sulara maksimum 15 olarak verilmektedir[5]

Sertlik geçici(karbonat sertliği) ve kalıcı(karbonat olmayan) sertlik olmak üzere ikiye ayrılır. Geçici sertlik suyun kaynatılmasıyla giderilebilen sertliktir. Kaynatma sırasında Ca ve Mg karbonat olarak çöker. Kalıcı sertlik ise sülfat, nitrat ve klorür gibi anyonlara karşı gelen katyonların yarattığı sertliktir ve kaynatılmakla giderilmez[12].

Kalsiyum bileşiklerinin çoğu saf suda kolaylıkla çözünmez, CO<sub>2</sub> varlığı çözünürlüğü artırır. Su kaynaklarının çoğu litrede 100 mg'a kadar Ca içerirken, 200 mg/L Ca değerleri içeren sular nadirdir. Mg içeren tuzlar kolaylıkla çözünebilir ve su kaynaklarında 10 mg/L' ye kadar konsantrasyonlarda Mg vardır. 100 mg/L üstü Mg miktarına rastlanması çok nadirdir[13].

Suyun tamponlama özelliği alkalinite olarak tarif edilir ve alkalinite değeri yaklaşık sertlik değeri kadardır[13].

Yaygın bir kanı olarak çok sert sular böbrek taşı oluşumuna neden olmaktadır. Bu Rusya'da lokal bir bölgede az sayıda kişi ile yapılan bir araştırmaya dayanmakta olup sudaki Ca değeri 300-500 mg /L idi. Aynı şekilde 200-400 mg Ca/L su içen ve 30 °C ta tutulan hayvanlarda da benzer etkiler gözlemlenmiştir[13].

İstatistiki olarak suyun sertliği arttıkça kardiyovasküler(kalp-damar) hastalıklardan ölüm hem kadınlar hem de erkekler için azalmaktadır. Sudaki Mg arttıkça erkekler için iskemik kalp hastalıklarından (kalbin beslenmesini bozan hastalıklar)

mortalite(ölüm ihtimali oranı) azalmaktadır [15]. İngiltere’de 1950-1960 yıllarında 11 şehirde yapılan bir incelemede sertlik beş şehirde artmış, altı şehirde azalmıştı. Toplam olarak 11 şehirde kardiyovasküler hastalıklardan ölüm yüzde 10 artmıştı. Ancak su sertliğinin arttığı şehirlerde mortalite yüzde 8,5 artarken, sertliğin azaldığı şehirlerde yüzde 20 artmıştı. Bu araştırma sonucunda iki olasılık ortaya çıkmıştı. İlki suyun kalsiyum ve magnezyumdan kaynaklanan koruyucu etkisi diğeri kurşun veya kadmiyumdan kaynaklanan kontaminasyon sonucu toksik etkidir[15].

Finlandiya’da yapılan bir araştırmada iskemik kalp hastalığından mortalitenin magnezyum ve kroma bağlı olabileceği ancak ani ölümleri açıklayamayacağı düşünüldü[15].

30 ila 64 yaşlarında ilk defa akut miyokard enfarktüsü geçiren erkeklerde miyokard hastalığına yakalanma hızı içme suyundaki magnezyum ve florür seviyesinin düşmesiyle artmaktaydı[15].

Sonuç olarak Mg seviyesi ile iskemik kalp hastalığının ilintili olabileceği ancak serebrovasküler(beyin damarlarına ait ) hastalıkla ilintili olmadığı, Mg ‘un koruyucu etkisinin olduğu, eksikliğinde hücre içinde potasyum ve kalsiyumun arttığı, bunun kardiyak aritmiye(kalp atışlarında düzensizlik) yol açtığı gibi bir çok bulgu vardır[15].

İçme sularının yumuşatılması için sodyum reçineleri kullanılır. Bunun sonucunda vücuda bol miktarda sodyum girer ve aşırı tuz alımına ait belirtiler örneğin su tutulması, kanama vb. ortaya çıkabilir.

Bunların dışında magnezyum ile sülfat iyonu laksatif (müshil) etki yapar.

### **2.3.2.2. Sodyum**

Bir çok ülkede sudaki Na(sodyum) miktarı 20 mg/L’den daha azdır. Ancak sodyum miktarının 250 mg/L’yi geçtiği sular da vardır[12, 13].

Günde 2 litre su içen bir kişide sodyum alımı 50 mg/gün'den azdır. Günlük NaCl gereksinimi 120 mg olup yaklaşık 50 mg Na karşılığıdır[13].

Sodyum tuzları suda çok iyi çözündüklerinden barsaklardan kolaylıkla absorbe edilirler. Gıdalardaki tuzun yüzde 90'ı emilmektedir. Vücutta tuz alımı fizyolojik olarak kontrol edilmemektedir. Buna karşılık denge karmaşık bir hormonal ve sinirsel sistemle sağlanmakta ve atım kontrol edilmektedir. Sodyum atılımı yetişkinlerde böbreklerden yapıldığı için genellikle akut toksik etkileri olmadığı kabul edilir. Fazla miktarda NaCl alınması kusma sebebi(mekanik etki) olarak sodyumun emilmeden atılımına neden olur. Çok miktarda sodyum alınması konvülsiyon(kasılma), kaslarda seyirmeler ve hassasiyet, serebral(beyne ait) ve pulmoner( solunum sistemine ait) ödeme yol açabilir[13]. Eğer kronik konjestif kalp yetmezliği varsa, artışına sebep olur.

Çocuklarda ise böbreklerin gelişmesi tamamlanmadığından aşırı NaCl alımı ani ölümlerin sorumlusu tutulmuştur. İshal olan çocuklarda aşırı su kaybı hipernatremi'ye(vücutta yüksek Na bulunması) yol açar ve kalıcı nörolojik arazların sebebi olabilir. Bunun dışında düşük miktarlarda tuz alanlarda yapılan çalışmalar, bu kişilerde kan basıncının daha düşük seyrettiğini göstermiştir. Buradan yüksek miktarlarda tuz alanlarda bunun hipertansiyona katkıda bulunabileceği düşünülmektedir.

### 2.3.2.3. Potasyum

Potasyum esansiyel bir element olmasına rağmen vücut için potasyum fazlası böbrekte yüklenme veya yetmezliği nedeniyle zorluk yaratır. Potasyum toksik olarak değerlendirilmemekle birlikte uzun süre maruz kalınmasından kaçınmak gerekir. Düzenli su içimi için 12 mg/L'den fazla potasyum içeriği olan sulardan kaçınılmalıdır[17].

#### 2.3.2.4. Klorür

Klorürler doğada yaygın olarak Na tuzu(NaCl), K tuzu(KCl) ve Ca tuzu(CaCl<sub>2</sub>) olarak bulunur. Sıcak suda çözünürlükleri artar[13].

Tuzdan fakir bir diette günde yaklaşık 600 mg klorür alınmaktadır. Yemeğe tuz konduğunda günlük alım 6-12 gram arasında değişmektedir. 2-2,5 litre su içen bir kişinin aldığı miktar yaklaşık 100 mg/gün'dür[13].

Normal bir insan vücudunda yaklaşık 81,7 gram klorür vardır. Günlük klorür kaybı 530 mg olarak düşünülürse 9 mg/kg-vücut ağırlığı alınması(günlük 1 gr sofr tuzu) önerilmektedir[13].

İnsanlarda klorür toksisitesi saptanmamıştır. Ancak NaCl'ün fazla alınması konjestif kalp yetmezliğinde sakıncalıdır. Sağlıklı erişkinler yüksek dozlarda klorür alımını tolere edebilirler. Deney hayvanlarında fazla miktarda NaCl alımı sonucu oluşan hipertansiyonun sodyumdan kaynaklandığı düşünülmektedir. 250 mg/L'yi aşan konsantrasyonlarda suda klorür tadına varılabilir ancak eşik ilgili katyonlara bağlıdır. Klorür için suda sağlıkla ilgili herhangi bir değer belirtilmemiştir[18].

#### 2.3.2.5. Florür

Florür doğada yaygın olarak bulunan bir elementtir(0,3 mg/kg-toprak)[13]. Diş macunlarına, vitaminlere eklenerek yaygın bir kullanımı vardır.

Doğada bir çok su kaynağında 1 mg/L' den daha azdır. Ancak florür içeren minerallerin bulunduğu bölgelerdeki sularda biraz daha yüksektir (nadiren 10 mg/L' yi aşar). Ancak bazı yerlerde suya flor eklenerek sağlık açısından yararlanma yoluna gidilmektedir. Florür genel olarak uygun seviyelerde diş sağlığına olumlu katkılarda bulunurken, yüksek miktarlarda alınması halinde de "fluorosis" nedeni olmaktadır. Sudan alınan florürün tamamı emilirken gıda ile alınan florürün en iyi koşullarda ve uygun gıdalardan(balık ve bazı etler) emilimi yüzde 25 kadardır. Genel olarak

iskelette ve az miktarda dişlerde tutulur. Akut fluorosis entoksikasyonu daha çok kalsiyumla bağlanmasıyla ilişkilidir. Genellikle idrarla atılır[13].

Florürün akut, kısa ve uzun dönemli etkileri araştırılmıştır. İnsanda 1-10 mg/kg-vücut ağırlığı seviyelerinde akut toksik etki gösterirken, çözünebilir florürün 14-140 mg/kg-vücut ağırlığı seviyesi akut oral letal(öldürücü) dozu oluşturmaktadır[19]. Miktar olarak 5 gram sodyum florür 2 gram florür karşılığıdır[13]. Günlük 1mg /L florür güvenli bir miktar olmakla birlikte[13] uzun süre 0,9-1,2 mg/L florür içeren içme suyu kullananlarda yüzde 12-33 oranlarında hafif dental(dişe ait) fluorosis meydana gelmektedir. Bu durumda dişte opak(mat) beyaz lekeler gözükür. Ancak bu yan etki olarak değerlendirilmeden sadece kozmetik bir problem olarak alınır. 5-7 mg F/L seviyeleri diş minesinde kolay kırılabilme, kesici kenarlarda fraktür nedeni olur[19].

Kemiklerde ise yüksek seviyelerde florür kemiğin yapısını dağıtır ve kemikte oturmasına bağlı değişiklikler oluşur. Ancak bu seviye tam olarak bilinmemektedir. Çeşitli çalışmalarda 6-20 mg/gün florür alımı hafif, 20-80 mg/gün florür alımı ise ciddi fluorosis nedeni kabul edilmektedir ki bu da içme suyunda 10 mg/L' den fazla florür miktarına tekabül etmektedir[19].

Florürün ani yüksek doz alınması sonucu hemorajik gastroenterit(kanlı ishal), akut toksik nefrit ve kalp kası, karaciğer hasarı gibi olumsuzluklar ortaya çıkabilir. Genel olarak yüksek dozun kronik etkisi dişlerde lekelenme ve kemiklerde fluorosistir. Bazen sakatlanmalar bile görülebilir. Böbrek hastalıklarında zararlıdır. Yüksek dozda tiroid bezine etkilidir[13].

Ayrıca kesin açıklanamamakla birlikte karsinojen, mutojen etkisi, mongolizmle bağlantısı öne sürülmüş ancak yeterli kanıt bulunamamıştır[13].

### 2.3.2.6.Sülfat

Sülfat içme suyunda doğal olarak bulunan bir maddedir. Kurşun, baryum ve stronsyum sülfatlar dışında diğer sülfatlar suda çözünür ve suyun kalıcı çözüneni olarak değerlendirilirler[12].

Bir çok suda sülfat miktarının 20-50 mg/l olduğu kabul edilmekle birlikte[12] EPA'ya göre USA'da yüzde 3 olarak 250 mg/L veya daha fazla sülfat içeren sular vardır. Şişelenmiş sularda sülfat çok değişkenlik göstermekle birlikte Avrupa'da ortalama 223 mg/L'dir(0-1182 mg/L arasında değişiyor)[20].

Magnezyum sülfatın memelilerdeki öldürücü dozu 200 mg/kg-vücut ağırlığıdır. 1-2 gramın üstü laksatif etki yapmaktadır. 1000 mg/L'nin altında etkisi zararsız olmakla birlikte çocuklarda ve hassas kişilerde 400 mg/L etkili olabilir[12].

Tat eşiği olarak sodyum sülfat için 200-500 mg/l, kalsiyum sülfat olarak 250-900 mg/L, magnezyum sülfat olarak 400-600 mg/L olarak verilmiştir[12].

### 2.3.2.7.Nitrit ve nitratlar

Nitrit ve nitrat birlikte değerlendirilmektedir. Çünkü doğada birbirine geçiş mümkündür. Sağlığa olan etki nitratın nitrite dönüşmesinden kaynaklanmaktadır. Nitratlar doğada çok yaygın bulunmaktadırlar. Toprakta, sularda, bitkilerde(sebzeler dahil) nitratlar bulunurken, nitritler nitratlara göre daha az saptanırlar. Nitritler organik azotun bakteriyel oksidasyonu ile oluşurlar. Gübrede, gıdalarda koruyucu olarak kullanılan maddelerde yaygın olarak bulunurlar. Ayrıca atmosferde elektrik deşarjları sırasında bazı nitrat ve nitritler oluşabilmekte ve yağmurla yıkanarak toprağa ulaşabilmektedir[13].

Sulardaki nitrat miktarı doğada çok değişkenlik gösterir. Kurak geçen dönemlerden sonraki yağışlarda miktarı çok artabilir. Nitrat-N'unun sudaki miktarı genellikle 5 mg/L'nin altındadır. Ancak nadiren 10 mg/L'nin üstüne çıkmaktadır. Klorlanmış sularda bu miktar çok düşerken klorlanmamış sularda miktarı artabilir[13].

Nitratlar ayrıca suların kirliliği açısından da bir gösterge olabilir. İçme suyunda bulunan  $\text{NH}_3$  konsantrasyonları muhtemel taze bir fekal kirlenmeye işaret eder.  $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$  dönüşümü nedeniyle  $\text{NH}_3$  bulunması taze kirlenmeye,  $\text{NO}_3^-$  bulunması eskimiş bir kirlenme ve daha az sayıda sakıncalı mikroorganizmayı düşündürür. Vücuda giren nitrat ince barsağın üst kısmından emilip böbreklerden atılır. Ayrıca tükürük bezlerinden de tükürüğe(veya salgılara) geçer. pH 4 veya üstünde olmadıkça nitrat-nitrit dönüşümü çok az olur. Çocuklarda mide asiditesi çok düşük olduğundan nitrit oluşumu artar. Nitrit oluşumunun artışı iki açıdan önemlidir. Birincisi methemoglobin oluşumu, ikincisi nitrosaminlerin oluşumudur(bazıları karsinojen). Vücutta hemoglobinin yüzde 1-2 si methemoglobin şeklindedir. Bu oran yüzde 10'u aştığında klinik etkiler görülebilir, yüzde 30-40'a ulaşması anoksi nedenidir. Suda ve gıdalardaki nitrat artışı bebeklerde methemoglobinemi ile sonuçlanabilir. Çünkü ince barsağın üst kısmında nitratları indirgeyen bakteriler, pH yüksekliği, bazı mide-barsak rahatsızlıkları, çocuklarda methemoglobini hemoglobine geri döndüren iki enzim eksikliği vb. nedenlerle ciddi sonuçları olan methemoglobinemiye yol açabilir. Yüksek nitrathı (10-20 mg nitrat-N/L) su içen çocukların da yüzde 2,3'ünde bu hastalığa rastlanmaktadır. Ancak yine de bazı bölgelerde düşük nitrat değerli sular ile beslenme önerilmektedir[13].

Tüm bu bilgilere rağmen bu etkilerin ortaya çıkması için eşik değerler konusunda kesin değerler yoktur. Ancak 10 mg/L'den daha az nitrat içeren su tüketen bölgelerde methemoglobinemi az görülürken, 100-200 mg/L arasında bile sadece yüzde 2-3 olarak tespit edilmiştir[13].

Vücutta ayrıca mesanede oluşan enfeksiyonlarda, aklorhidride(midede düşük asit veya asit yokluğu ) nitrosamin yapımı ve dolaşıma geçişi artmaktadır. Hayvanlarda nitrosaminlerin karsinojenik olduğunu gösteren bazı çalışmalar olmasına rağmen insanlarda bu etkiyi gösteren çalışmalar yoktur[13].

## **BÖLÜM 3. MATERYAL VE METOD**

### **3.1. Numunelerin seçimi**

Türkiye piyasasında satılan ve piyasanın yaklaşık olarak yüzde 70'ine sahip 10 adet farklı markalı sular tespit edildi. Bu suların etiketlerinde ağırlıklı olan parametreler seçildi. Bu parametre değerleri firmaların Sağlık Bakanlığından aldıkları ruhsat değerleridir. Sulara 1'den 10'a kadar numara verildi.

### **3.2. Parametrelerin tayininde kullanılan metotlar**

#### **3.2.1. pH tayini**

pH değeri, su numunesindeki kimyasal, fiziksel veya biyolojik işlemlerin sonucu olarak hızla değişebildiğinden ölçümü çok kısa sürede yapılır. İçme sularının pH ölçümlerinde TS 3263 esas alınır[21]. Buna göre giriş direnci  $10^{12}$   $\Omega$ 'dan daha büyük, sıcaklık düzeltme tertibatlı ve her bir pH değerinde milivolt düzeyinde eğim düzenlemesi tertibatı olan ve 0,01 birimi farkedebilen cam elektrotlu pH metre kullanılır.

Alet tampon çözeltiler yardımıyla standardize edilir. Tampon çözeltiler olarak potasyum hidrojen tartarat, potasyum hidrojen ftalat, fosfat, boraks ve sodyum karbonat/sodyum hidrojen karbonat çözeltileri veya mikroorganizmaların gelişiminden etkilenmeyen ticari olarak temin edilen primer çözeltiler kullanılır. Tampon çözeltilerin sıcaklıkları ölçülür ve pH metre üzerinde sıcaklık ayarlaması yapılır. Tampon çözeltiler ile numuneler aynı sıcaklıkta olmalıdır. Elektrot, CO<sub>2</sub> bulundurmayan(damıtık veya iyonlarından arındırılmış suyun kaynatılması veya sudan azot geçirilerek hazırlanır) su ve su numunesi ile yıkanır ve numuneye daldırılır. Çözelti karıştırılır ve karıştırma durdurulduktan sonra pH değeri okunur.

Daha sonra elektrot suyla yıkanır ve numune veya tampon çözeltilerinin kalıntılarını uzaklaştırmak için suya daldırılır.

### 3.2.2. Sertlik tayini

Toplam sertliği rutin olarak belirlemeye yarayan yöntem EDTA titrasyonudur[10]. EDTA adlı organik maddenin sodyum tuzunun sulu çözeltisi titrasyon çözeltisi olarak kullanılmaktadır. pH'sı yaklaşık 10 civarına getirilen su örneğine Eriochrome siyahı-T adlı indikatörden birkaç damla eklenir. Bu indikatör su sertliğini oluşturan katyonların az bir miktarıyla kırmızı renkli bir kompleks oluşturur. Daha sonra su örneği normalitesi ve faktörü bilinen bir EDTA çözeltisi ile kırmızı renk maviye dönüşüncüye kadar titre edilir. Buraya kadar sarf edilen EDTA miktarından su sertliği aşağıdaki gibi bulunur.

$$\text{mg./L CaCO}_3 = \frac{A \times N \times f \times 1000 \times 50}{\text{ml numune}}$$

Burada,

A = EDTA sarfiyatı (ml)

N, f = EDTA'nın normalite ve faktörüdür.

### 3.2.3. Kalsiyum ve magnezyum tayini

Kalsiyum ve magnezyum EDTA titrasyon yöntemiyle tayin edilir[22]. Bunun için 50 ml su numunesi bir erlene alınır. Yüksek su sertliği durumlarında daha küçük miktarlar alınıp su ile dilue edilir. Üzerine 2 ml 1 N NaOH tampon çözeltisi eklenir ve karıştırılır. 1-2 damla müreksid indikatörü ilave edilir. 0,01 M EDTA çözeltisi ile renk dönüncüye kadar titre edilir.

Kalsiyum miktarı mg/L olarak aşağıdaki formülden hesaplanabilir.

$$\text{mg Ca/L} = \frac{A \times B \times 400,8}{\text{ml numune}}$$

$$\text{Ca sertliği(mg CaCO}_3 \text{ /L olarak)} = \frac{A \times B \times 1000}{\text{ml numune}}$$

Burada,

A = numune için titrasyonda kullanılan ml EDTA çözeltisi

B = 1 ml EDTA çözeltisinin ekivalent gram miktarı( mg CaCO<sub>3</sub> olarak)

T.S.(Toplam sertlik) mg CaCO<sub>3</sub> /L değerinden, kalsiyum sertliği mg CaCO<sub>3</sub> /L olarak çıkarılırsa mg Mg/L değeri bulunur.

$$\text{mg Mg/L} = \{T. S.(\text{mg CaCO}_3 \text{ /L}) - \text{Kalsiyum sertliği}(\text{mg CaCO}_3 \text{ /L})\} \times 0,243$$

### 3.2.4. Sodyum ve potasyum tayini

Sodyum ve potasyum tayini atomik absorpsiyon cihazında standartlara karşı direk okuma ile tespit edilir[22].

Sodyum tayini için standart çözelti hazırlanırken, 140 °C'de kurutulmuş 0,2542 gr NaCl su içinde çözülür. 10 ml konsantre HNO<sub>3</sub> eklenir ve 1000 ml'ye tamamlanır.

Bu çözeltinin 1 ml'si 100 µg sodyuma eşdeğerdır.

Optimum konsantrasyon aralığı = 0,03 – 1 mg/L

Dalga boyu = 589,0 nm.

Hassasiyeti = 0,015 mg/L

Dedeksiyon limiti = 0,002 mg/L

Potasyum tayini için standart çözelti hazırlanırken ise 110 °C'de kurutulmuş KCl suda çözülür. Bu çözeltinin de 1 ml'si 100 µg potasyuma eşdeğerdır.

Optimum konsantrasyon aralığı = 0,1 – 2 mg/L

Dalga boyu = 766,5 nm.

Hassasiyeti = 0,04 mg/L

Dedeksiyon limiti = 0,005 mg/L

### 3.2.5. Klorür tayini

Klorür tayini için en çok kullanılan yöntem arjantometrik yöntemdir[22]. 100 ml su numunesi 100ml'lik erlene alınır. Eğer numune renkli ise 3 ml  $Al(OH)_3$  süspansiyonu eklenerek renk giderilir. İyi karıştırılır, 5 dakika bekletilir ve süzülerek tayin işlemine devam edilir. Eğer numunede sülfür, sülfid veya tiyosülfat varsa 1 ml % 30'luk  $H_2O_2$  eklenir ve 1 dakika karıştırılır. pH aralığı 7-10 olmalıdır. Eğer bu aralıklarda değilse  $H_2SO_4$  veya  $NaOH$  kullanılarak pH istenilen aralığa getirilir. Ölçümde kullanılan pH metre klorürsüz tip referans elektrotlu olmalıdır. Daha sonra 1,0 ml  $K_2CrO_4$  indikatörü eklenir ve 0,01 N  $AgNO_3$  çözeltisi ile renk sarıdan soğan kabuğuna dönünceye kadar titre edilir.

Klorür miktarının hesaplanması aşağıdaki formüle göre yapılır;

$$mg Cl^-/L = \frac{(A - B) \times N \times 35450}{ml \text{ numune}}$$

Burada

A = ml örnek için sarfiyat

B = ml şahit için sarfiyat

N =  $AgNO_3$  'ün Normalitesi

$mg NaCl/L = (mg Cl^- /L) \times 1,65$

### 3.2.6. Florür tayini

Florür tayini iyon analizörü ile yapılmaktadır[23]. Bunun için çözelti 0,45  $\mu m$  göz açıklığında membran filtresinden süzülür. Filtre etmeden ölçme de mümkündür. Ancak bu durum sonuç verilirken belirtilmelidir. Pipetle 25 ml iyonik şiddet ayarlama tamponu(TISAB) ve takiben 25 ml su numunesi 100 ml kapasiteli, polipropilenden yapılmış, çift cidarlı ve sıcaklığı sabit tutabilen bir ölçme hücreğine alınır. pH,  $5,2 \pm 0,2$  olmalıdır. Değilse asit veya sodyum hidroksit kullanılarak pH ayarlanır. Çökeltme olursa analiz seyrelmiş bir numunede yapılır. Sonuçlar hesaplanırken seyrelme oranı dikkate alınır. Bir seri tayin için ölçmeye en düşük derişim ile başlanır, numunede beklenen en yüksek derişimle bitirilir. Yüksek derişimleri ölçtükten sonra düşük derişimleri ölçmeden önce elektrot yeniden

kondisyonlanır. Bunu için elektrot standart florür çözeltisi(0,1 mgF<sup>-</sup>/L) içeren ölçme hücrelerine daldırılır ve 1 saat süreyle tutulur. Daha sonra sabit sıcaklığa, örneğin 25°C±0,5°C, ulaşınca kadar beklenir ve bütün ölçmeler bu sıcaklıkta yapılır. Ölçme hücrelerine bir karıştırma elemanı konur ve politetrafloroetilen(PTFE) ile kaplanmış manyetik balığı olan manyetik karıştırıcıya yerleştirilir. Florür iyonu seçici elektrotlar çözeltiye daldırılır ve yerlerine sabitleştirilir. Karıştırma hızı yaklaşık 180 devir/dakika ila 200 devir/dakika'ya ayarlanır. Potansiyel 5 dakikada 0,5 mV'tan daha fazla değişmiyorsa karıştırıcı kapatılır. En az 15 saniye sonra elde edilen değerler kaydedilir. Karıştırma elemanı ve elektrotlar bir sonraki ölçüme başlamadan önce ölçülecek bir sonraki çözelti ile çalkalanır. Su numunesi 0,2 mg/L' den daha az F<sup>-</sup> ihtiva ediyorsa numunenin 25 ml'sine bir otomatik pipetle 500 µL standart florür çözeltisi(10 mgF<sup>-</sup>/L) ve bir pipetle 25 ml iyonik şiddet ayarlama tamponu(TISAB) eklenir ve ölçümlere yukarıda anlatıldığı gibi devam edilir. Sonuç hesaplanırken eklenen florür iyonları miktarı toplam sonuçtan çıkarılır. Çalışılan derişim aralığında beş referans çözelti kullanılarak bir kalibrasyon fonksiyonu hazırlanır. Kalibrasyon eğrisinin düzenli olarak kontrolü gereklidir. Eğimin 55 mV'dan daha az olmaması sağlanmalıdır. Aksi halde cihaz kontrol edilmeli ve yeni bir kalibrasyon eğrisi hazırlanmalıdır. Kalibrasyon değerleri, litre de miligram olarak florür derişimi apsiste, milivolt olarak hücre potansiyeli ordinatta olacak şekilde yarı-logaritmik kağıda işaretlenir ve regresyon eğrisi çizilir. Regresyon doğrusu kullanılarak numuneler için değerler hesaplanır ve florürün kütle derişimi mg/L olarak gösterilir.

### 3.2.7. Sülfat tayini

Sülfat iyonları tayininde kullanılan metotlardan birisi türbidimetrik metottur[24]. Bu metotta kontrol edilmiş şartlar altında sülfat iyonları baryum sülfat süspansiyonu şekline dönüştürülür. Süspansiyonu kararlı ve bozucu etkileri en az seviyede tutmak için gliserol çözeltisi ve sodyum klorür çözeltisi ilave edilir. Elde edilen bulanıklık bir fotoelektrik kolorimetre veya spektrofotometre ile ölçülüp, standart sülfat çözeltilerinden hazırlanmış bir standart eğriyle karşılaştırılarak numunenin sülfat konsantrasyonu hesaplanır.

Analiz numunesinden 50 ml 200 ml'lik bir erlene alınır. Su ile 50 ml'ye seyreltilir. Eğer numune litresinde 60 mg'dan fazla sülfat ihtiva ediyorsa daha az su numunesi alınır(5, 10, 20, 25 ml gibi) ve su ile 50 ml'ye tamamlanır. 10 mg/L'den düşük  $SO_4^{2-}$  konsantrasyonlarıyla çalışıldığı zaman tayinin güçlüğünden dolayı numuneye, alınan hacmine uygun hacimde 0,100 mg  $SO_4^{2-}$  /ml standart sülfat çözeltisi ilave edilir ve su ile 50 ml'ye tamamlanır. Diğer tarafta kalibrasyon için litrede 0,0, 4,0, 10,0, 20,0, 30,0, 40,0, 60,0, 80,0, 100,0 mg sülfat içeren standart seri hazırlanır. Bu standart çözeltilerden de 50'şer ml alınır. Hazırlanan 50 ml numunenin ve standart çözeltilerin üzerine 10,0 ml gliserol çözeltisi(1+1'lik) ve 5,0 ml litresinde 240 g sodyum klorür ve 20 ml hidroklorik asit ihtiva eden asit-tuz reaktifinden ilave edilir. Yaklaşık 420 nm'de kullanılabilen ve optik hücrelerinin ışık yolu 4-5 cm olan spektrofotometre 380-400 nm arasında herhangi bir dalga boyunda bu şekilde hazırlanan çözeltiler ile sıfır optik dansiteye(% 100 optik geçirgenliğe) ayarlanır. Sonra optik hücre veya hücrelerdeki çözeltiler alındıkları erlenlere geri boşaltılırlar. Asitte çözünmeyen herhangi bir madde veya mevcut bir renklenmeden ileri gelecek bir hatayı bertaraf etmek için yapılan bu sıfır ayarı, deney çözeltisinin ve kalibrasyon çözeltilerinin fotometrik ölçümleri boyunca bozulmamalıdır. Daha sonra her bir erlen, sabit hızda karıştırma yapabilen, üzeri beyaz plastik kaplı magneti ve zaman ayarı yapabilmek için tertibatı olan magnetik karıştırıcı ile sürekli karıştırılırken 0,3 gr 20-30 mesh'lik ve kristal halde baryum klorür( $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ ) ilave edilir ve karıştırmaya 1 dakika devam edilir. 4 dakika beklenir ve tekrar bir optik hücreye alınıp spektrofotometrede "0" ayarı yapılan dalga boyunda optik yoğunluğu okunur. Aynı şekilde düzeltme çözeltisinin de( 0,0 mg  $SO_4^{2-}$ /L) optik yoğunluğu okunur ve diğerlerinin optik yoğunluğundan çıkarılarak standart çözeltilerin ve numune çözeltisinin optik yoğunlukları bulunur. Bu son işlemler olabildiğince hızlı yapılabir bir çözeltiliye ait optik yoğunluk ölçme işlemi bittikten sonra diğerinin karıştırma işlemine başlanmalı ve karıştırma ve bekleme süreleri hep aynı olmalıdır.

Kalibrasyon çözeltilerinin okunan optik yoğunlukları dikey eksene, içerdikleri sülfat değerleri mg/L olarak yatay eksene işaretlenerek kalibrasyon eğrisi elde edilir.

Sülfat iyonu konsantrasyonu mg/L olarak numune çözeltisinin okunan optik yoğunluğunun hazırlanan kalibrasyon eğrisindeki karşılığı olan konsantrasyondur. Numune çözeltisine seyreltme ve deriştirme işlemi uygulanmış ise hesaplamada bu işlem göz önüne alınarak gerekli düzeltme yapılır.

### 3.2.8. Nitrat tayini

Sülfosalisilik asit kullanılarak uygulanan spektrofotometrik metotla nitrat tayini yapılır[25]. Bu metodun prensibi sülfosalisilik asit( sodyum salisilat ve sülfirik asitin numuneye ilavesinden oluşan) reaktifin bazik ortamda verdiği sarı renkli bileşiğin spektrometrik olarak ölçülmesidir. Alkali çözelti, kalsiyum ve magnezyum tuzlarının çökmesini önlemek için disodyum dihidrojen etilendinitrilotetraasetat( EDTA Na<sub>2</sub> ) ihtiva etmelidir. Nitritten kaynaklanan bozucu etkiyi önlemek için numuneye sodyum azotür eklenmelidir.

Nitrat derişiminin 0,2 mg/l'ye kadar olduğu tayinlerde kullanılabilir deney numunesi için en büyük hacim 25 ml'dir. Daha yüksek nitrat derişimlerinde çalışmak için daha az deney numunesi almak uygundur. pH değeri 8'den büyük olan numuneler 17 mol/L'lik buzlu asetik asit ile nötr hale getirilir. Deney numunesi yerine 5,00 ± 0,05 ml su kullanılarak deney numunesine paralel olarak bir tanık deney yapılır. Ölçülen absorbans A<sub>b</sub> olarak belirlenir.

Kalibrasyon için yaklaşık 50 ml kapasiteli temiz buharlaştırma kaplarına bir büretten nitrat derişimi 1 mg/L olan nitrat çalışma standart çözeltisinden sırasıyla 1, 2, 3, 4, 5 ml ilave edilir. Bu krozelere nitrat azotu miktarı m(N), sırasıyla 1, 2, 3, 4, 5 µg'dır. 0,5 g/L sodyum azotür(NaN<sub>3</sub>) çözeltisinden 0,5 ± 0,005 ml ve 17 mol/L buzlu asetik asit çözeltisinden 0,2 ± 0,002 ml ilave edilir, 5 dakika beklenir. Karışım kaynayan, en az altı buharlaştırma kabını alabilecek kapasitede olan su banyosunda kuruluğa kadar buharlaştırılır. 10 g/L'lik sodyum salisilat çözeltisinden 1 ± 0,01 ml ilave edilir, iyice karıştırılır ve karışım tekrar kuruluğa kadar buharlaştırılır. Kaplar su banyosundan alınır ve oda sıcaklığına soğutulur. 18 mol/L'lik sülfirik asit çözeltisinden 1 ± 0,01 ml ilave edilir ve yavaş bir sallama ile kaptaki kalıntı çözülür. Karışım 10 dakika dinlenmeye bırakılır. Sonra litrede 200 g sodyum hidroksit ve 50

g disodyum dihidrojen etilendinitrilotetraasetat( EDTA Na<sub>2</sub> ) içeren alkali çözeltiden 10 ± 0,1 ml ve bunu takiben 10 ± 0,1 ml su ilave edilir. Karışım kantitatif olarak 25 ml'lik bir ölçülü balona aktarılır, fakat işaret çizgisine kadar tamamlanmaz. Balon 25 ± 0,5 °C sıcaklıktaki termostat ile ayarlanabilen su banyosunda 10 ± 2 dakika bekletilir. Daha sonra su banyosundan alınır ve ölçü çizgisine kadar su ile tamamlanır. Çözeltinin absorbansı 415 nm dalga boyunda optik ışın yolu 40 veya 50 mm hücrelerde referans olarak kullanılan saf suya karşı ölçülür. Absorbans ölçmeleri A<sub>s</sub> olarak verilir.

Her bir kalibrasyon çözeltisinin absorbans değerinden şahit deneyin absorbans değeri çıkarılır ve nitrat kütlesine m(N) µg, karşı gelen absorbanslar işaretlenerek grafik çizilir. Grafiğin doğrusallığı ve orijinden geçip geçmediği kontrol edilir. Doğrusal değilse ve orijinden geçmiyorsa kalibrasyon tekrarlanır.

Bütün bu işlemlerden sonra deney numunesinden nitrat miktarı m(N) = 1µg ve 5µg arasında olacak şekilde V ml hacimde alınır. Küçük bir buharlaştırma kabına konulur ve standartlara uygulanan işlemler uygulanarak absorbans ölçmeleri A<sub>t</sub> olarak verilir.

Deney numunesinde nitratın sebep olduğu absorbans, A<sub>r</sub>,

$$A_r = A_s - A_b$$

Bağıntısı ile veya numune absorbansı için bir düzeltme yapıldığında,

$$A_r = A_s - A_b - A_t$$

bağıntısı ile hesaplanır.

Burada;

A<sub>s</sub> : Numune absorbansı

A<sub>b</sub> : Şahit absorbansı

A<sub>t</sub> : Düzeltme absorbansı

dır.

Kalibrasyon grafiğinden absorbans A<sub>r</sub> değerine karşılık gelen nitratın kütlesi m(N), µg olarak okunur. Numunedeki nitrat muhtevası, ρ<sub>N</sub>, litrede mg olarak aşağıdaki bağıntı ile bulunur.

$$\rho_N = \frac{m(N)}{V}$$

Burada;

V : Deney numunesinin hacmi

m(N) : Nitratın kütlesi,  $\mu\text{g}$

Nitrat azotu değeri,  $\rho_N$ , dönüşüm tablosu kullanılarak farklı derişim birimlerinde ifade edilebilir.



## BÖLÜM.4. BULGULAR

Tablo-4.1. Suların içerikleri

	pH	Konsantrasyonlar mg.L <sup>-1</sup>							
		Ca	Mg	Na	K	Cl <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
1	8,0	51,0	9,0	2,3	0,4	2,9	0,9	8,2	3,4
2	7,5	9,6	0,98	21,0	3,13	14,0	0,17	-	-
3	7,0	3,6	1,4	2,48	2,0	8,4	0,25	-	-
4	6,8	1,6	0,83	0,6	0,27	2,45	1,0	-	4,84
5	7,8	22,2	4,7	0,8	0,048	5,7	0,3	-	-
6	7,5	2,5	0,3	1,1	0,45	12,1	1,1	-	0,4
7	7,6	51,5	17,4	0,94	0,3	5,3	1,0	-	-
8	7,74	44,0	7,0	2,4	0,9	12,07	0,068	4,0	-
9	6,8	18,0	11,0	3,0	1,1	9,94	0,13	-	-
10	8,0	10,2	0,5	0,2	0,009	3,7	-	8,0	4,84

Tablo-4.2. WHO[1, 17], EPA [ 17, 26, 27] içme suyu ve TSE[5] kaynak suyu standartları

PARAMETRELER	WHO*	EPA*	TSE*
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5- 8,5
Kalsiyum (mg Ca/L)	-	150	100
Magnezyum (mg Mg/L)	-	-	30
Sodyum (mg Na/L)	200	250	20
Potasyum (mg K/L)	-	-	12
Klorür (mg Cl/L)	250	250	30
Florür (mg F/L)	1,5	4,0 (ikincil standart değeri: 2,0)	8-12 C° ta 1 25-30 C° ta 0,7
Sülfat (mg SO <sub>4</sub> /L)	400	250	25
Nitrat (mg NO <sub>3</sub> -N/L)	45	10.0	25

\* müsaade edilen maksimum konsantrasyonlar

#### 4.1. pH

pH değerleri 6,8 ile 8,0 arasında değişmektedir. WHO, EPA ve TSE standartları 6,5-8,5 değerlerini tavsiye etmektedir(Bkz. Tablo 4.2.). Hepsinin bu sınırlara uyduğu görülmektedir.

#### 4.2. Kalsiyum

Kalsiyum miktarı en düşük  $1,6 \text{ mgL}^{-1}$ , en yüksek  $51,5 \text{ mgL}^{-1}$  dir. Kalsiyum için WHO bir limit belirlemezken, EPA  $150 \text{ mgL}^{-1}$ , TSE ise  $100 \text{ mgL}^{-1}$  değerini önermektedir. Suların hiç biri bu limitleri aşmamıştır(Bkz. Tablo 4.2.).

#### 4.3. Magnezyum

Magnezyum miktarları  $0,3 \text{ mgL}^{-1}$  ile  $17,4 \text{ mgL}^{-1}$  değerleri arasında değişmektedir. Magnezyum için WHO ve EPA herhangi bir limit vermezken TSE  $30 \text{ mgL}^{-1}$  değerini müsaade edilecek maksimum değer olarak sunmaktadır(Bkz. Tablo 4.2.). Bu limiti aşan su yoktur.

#### 4.4. Sodyum

Sodyum seviyeleri  $0,2 \text{ mgL}^{-1}$  ile  $21 \text{ mgL}^{-1}$  sınırları arasında değişmektedir. Sodyum için WHO  $200 \text{ mgL}^{-1}$ , EPA  $250 \text{ mgL}^{-1}$  ve TSE de  $20 \text{ mgL}^{-1}$  limitini önermektedir. Hiç bir şişelenmiş su WHO ve EPA standart değerlerini aşmamıştır. TSE standartlarına göre karşılaştırma yapıldığında bir tanesinin  $20 \text{ mgL}^{-1}$  sınırını aştığı, diğerlerinin bu sınırın altında kaldığı görülmektedir(Bkz. Tablo 4.2.)

#### 4.5. Potasyum

Potasyum seviyeleri  $0,009 \text{ mgL}^{-1}$  ile  $3,13 \text{ mgL}^{-1}$  sınırları arasındadır. Potasyum için WHO ve EPA sınır değer belirtmezken TSE  $12 \text{ mgL}^{-1}$  sınırını vermiştir(Bkz. Tablo 4.2.). Suların hiç biri bu limiti aşmamıştır.

#### 4.6. Klorür

Minimum ve maksimum klorür konsantrasyonları  $2,45 \text{ mgL}^{-1}$  ve  $14,0 \text{ mgL}^{-1}$  arasında değişmektedir. Klorür için WHO ve EPA  $250 \text{ mgL}^{-1}$  sınırını verirken TSE sınır değer vermemiştir(Bkz. Tablo 4.2.). Tüm suların klorür değerleri bu sınırın çok altındadır.

#### 4.7. Florür

Florür değerleri  $0,068 \text{ mgL}^{-1}$  ile  $1,1 \text{ mgL}^{-1}$  aralığında değişirken sulardan bir tanesinin florür değeri yoktu. Florür için izin verilecek maksimum değer ilgili coğrafi bölgedeki ortalama sıcaklığa göre değişir[5]. WHO florür sınır değerini  $1,5 \text{ mgL}^{-1}$ , EPA  $4 \text{ mgL}^{-1}$  (ikincil standart değer olarak  $2 \text{ mgL}^{-1}$ ), TSE ise  $8-12 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de  $1,0 \text{ mgL}^{-1}$ ,  $25-30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de  $0,7$  olarak vermiştir(Bkz. Tablo 4.2.). Suların hiç biri bu sınır değerleri aşmamaktadır.

#### 4.8. Sülfat

Sadece 3 su sülfat içermekte, diğer 7 su sülfat içermemektedir. Bu 3 değer de 8,2, 4,0, 8,0 dir. Bu değerler de WHO üst sınır değeri olan  $400 \text{ mgL}^{-1}$  'i, EPA üst sınır değeri olan  $250 \text{ mgL}^{-1}$  'i ve TSE üst sınır değeri olan  $25 \text{ mgL}^{-1}$  'i aşmamaktadır(Bkz. Tablo 4.2.).

#### 4.9. Nitrat

10 adet sudan dördü nitrat içermekte ve bu değerler de  $0,4 \text{ mgL}^{-1}$  ile  $4,84 \text{ mgL}^{-1}$  en düşük ve en yüksek değerleri arasında değişmektedir. Diğer 6 adet su nitrat içermemektedir. Nitrat için WHO  $45 \text{ mgL}^{-1}$ , EPA  $10 \text{ mgL}^{-1}$ , TSE ise  $25 \text{ mgL}^{-1}$  üst sınır değerine izin vermektedir(Bkz. Tablo 4.2.). Nitrat içeriği olan 4 adet suda bu sınır değerlerinin aşılmadığı görülmektedir.

Bütün bu değerlere toplu olarak bakıldığında 9 adet suyun incelenen parametrelerinin WHO, EPA ve TSE standartlarına uygun oldukları, ancak tek bir suyun sodyum değerinin TSE sınır değerini aşmış olduğu görülmektedir.

## BÖLÜM.5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Su yaşamımızın en doğal ve en önemli gereksinimlerinden biridir. Çevre kirliliğinin tüm dünyayı tehdit ettiği günümüzde sular da bu tehditten ciddi şekilde etkilenmektedir. Tüm insanlar sosyal ve ekonomik durumlarına bakılmaksızın uygun miktarlarda güvenli su kullanma hakkına sahiptir[4]. Dünyanın her tarafında yeni su kaynakları ile endüstrinin, ziraatın ve artan nüfusun gereksinimlerini karşılanmaya çalışılırken güvenli suların azlığı sıkıntı nedenidir. Bu nedenle sağlıklı ve güvenli suyun insanlara ulaştırmanın en iyi şekli şişelenmiş sulardır. Şişelenmiş sular hem endüstrileşmiş, hem de gelişmekte olan ülkeler için uygun olmakla birlikte tüketiciye mali bir yük getirmektedir[2]. Ancak bunun karşılığında güvenli, istenen tatta, içime uygun, sağlığa katkı sağlayan su gereksinimleri karşılanmaktadır.

Erişkin bir kişinin günlük su gereksinimi 2 L, yaklaşık 10 kg'lık bir çocuğun gereksinimi 1 L'dir. Bu miktarlar dikkate alındığında neden şişelenmiş su piyasasının dünyada tüm ülkelerde giderek artan miktarda büyüme gösterdiği anlaşılabilir. Kişi başı yıllık tüketim Fransa'da 75 L, Belçika'da, Almanya'da ve İtalya'da 60 L civarındadır[17].

WHO gibi uluslar arası, EPA, TSE gibi ulusal kuruluşlar güvenli su için "Su Kalitesi Standartları" belirlemişlerdir. Bu standartlar ülkeler arasında değişiklik göstermekle birlikte bu farklar çok düşük olup değerler birbirine çok yakındır. Şişelenmiş sularda bu standartlara uymak daha kolaydır. Üstelik tüketici açısından bu standartlara uyan sular arasından içerikleri nedeniyle tercih şansı vardır. Şehir sularında herkes aynı nitelikte su içmeye mecbur iken şişelenmiş sularda ağız tadı olarak istediği suyu (örneğin sert su içmek isteyen sert suyu) tercih edebilir. Bir bebeğe mama hazırlamak istendiğinde sodyum ve sülfattan çok fakir, nitrattan fakir, hiç nitrit içermeyen su kullanılması gerekir[17]. Bunu şişelerin üstündeki etiketten rahatlıkla görebilirsiniz. Ayrıca florür gibi az alınması da çok alınması da sorun yaratan

parametrelerin şişe sularının etiketlerinden okunarak bilinçli alınması tüketiciyi rahatlatan, bu tür maddelerin tüketimiyle ilgili endişeleri hafifleten önemli bir faktördür.

Şişelenmiş sularda kurşun borulardan kaynaklanan sorunlar yoktur[2]. Ayrıca şişelenmiş sularda sorun olduğunda sadece o şişeyi ilgilendirebilir ama şehir sularında(isalede, haznede, şebekede) bir sorun olduğunda çok yaygın bir kitleyi ilgilendirir.

1999 Marmara depremi bu avantajlar için çok güzel bir örnektir. O dönemde deprem nedeniyle su dağıtım sistemi çöktüğünden gereksinim kısmen şişelenmiş(her boy ve evsafı) sularla karşılanmıştır. Prefabrik konutlarda ve normal yerleşim bölgelerinde bu hassas dönem hiç salgın hastalık olmadan atlatılmıştır. Ayrıca çevre sağlığının ve alt yapısının sağlanması için gerekli ve yeterli zaman sağlamıştır. Bu konu da şişelenmiş su pazarlayan şirketlerin uzun süre ücretsiz su sağlamaları takdire değerdir.

Şişelenmiş suların avantajlarının yanı sıra dikkate alınması gereken bazı noktalar vardır. Şişe suları borulardaki sulara oranla daha uzun süre ve daha yüksek sıcaklıklara maruz kalırlar. Bu nedenle sıcaklık konusunda hassas davranmak gerekir. Örneğin, şişeleri sıcakta, güneş altında bırakılması suyun tadında ve niteliğinde değişikliklere sebep olabilir. Ayrıca suların saklandığı kapların ve kapatılış sistemlerinin önemi büyüktür. Normal şartlarda halk sağlığı açısından önemli olmayan bazı mikroorganizmalar şişe sularında yüksek seviyelerde bulunabilir. Bu da bebekler, hamileler ve direnci düşük kişilerin olumsuz etkilenmesi açısından çok önemlidir. Bu açıdan cam şişeler hem bakteriyel, hem de fiziki açıdan daha uygun olabilir. Şişelenmiş sular steril olmadığından özellikle bebeklere verilmesinden önce mutlaka kaynatılmalıdır[2].

Bazı art niyetli kişiler tarafından şehir suları şişelere doldurulup satılabilir. Bunun için kapakları kontrol etmek ve özellikle lokantalarda su şişesinin açılmasını bizzat görmek gerekir[17].

Şişelenmiş sular hazır gıdalar gibi değerlendirilmelidir. Ağzları açıldıktan sonra mümkün olan en kısa zamanda tüketilmelidir. Özellikle bebekler kesinlikle 36 saatten daha uzun süre önce açılmış sularla beslenmemelidir[17].

Tüm bu avantajlara karşın şişelenmiş sular tüketiciye şehir sularına veya evlerde kurulmuş arıtma sistemli sulara göre mali yük getirmektedir.

Sonuç olarak mali bir yük getirirse de şişelenmiş sular tüketicinin su gereksinimini karşılamının uygun şekillerinden biridir.



## KAYNAKLAR

- [1] ABDULRAHMAN I. A. and MUJAHID A. K., “Chemical Composition of Bottled Water in Saudi Arabia”, Environmental Monitoring and Assessment 54: 173-189. 1999.
- [2] “Bottled Drinking – Water”, Fact Sheet N° 256, October 2000,  
<http://www.who.int/inf-fs/cn/fact256.html>
- [3] HAPÇIOĞLU B., GÜNGÖR G., DEMİR L., GÜRAY Ö., “İçme Sularında Saptanan Kimyasal ve Bakteriyolojik Kirliliklerin Halk Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi”, Su Kongresi ve Sergisi’ 97, İstanbul, 19-22 Haziran 1997 İstanbul Sergi Sarayı, Tepebaşı.
- [4] “Drinking Water Quality Index”, Publication date: 2001.03.29  
[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/Water-quality/drinkwat.htm](http://www.who.int/water_sanitation_health/Water-quality/drinkwat.htm) (12.04.2001)
- [5] “Sular-İçme ve Kullanma Suları”, Türk Standartları Enstitüsü, TS 266/Nisan 1997, Ankara.
- [6] “Bottled Water”, <http://www.waterbank.com/Bottledwaterinformation.htm>  
(29.05.2001)
- [7] BEKAR, B. "Kendi İşini Kurmak İsteyenler Su Bayilikleri", Ekonomist Dergisi, sayı:2000/17, 23-29 Nisan 2000, s: 30-38
- [8] EROĞLU, V. “Su Tasfiyesi” İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, s:1, 259-260, İstanbul 1984

[9] SKOUGSTAD, M.W., In ECT 1<sup>st</sup> ed. under “Water (municipal),” Water Analysis, vol.13, pp.946-962, by H.O. Halvorson, University of Illinois

[10] ŞENGÜL, F., “Çevre Kimyası” D.E.Ü. Müh. Fak. Basım Ünitesi., s: 88-89, 113, 116-117, 120, 166-169, Kasım 1997

[11] “Hamsu ve Arıtılmış Su Kalite Kontrol Değerlendirmeleri” İçme Suyu Sempozyumu / 1996, 7-10 ekim 1996, İSKİ, İstanbul, s:25-28

[12] “Guidelines for Drinking Water Quality” vol. 2, WHO, Geneva 1984, pp. 264-266, 281-292.

[13] “Guidelines for Drinking Water Quality” vol. 2, WHO, pp.100-110, 145-151, 253-255.

[14] “Hardness” EPA Quality Criteria For Water, 1986

[15] RYLANDER, R., BONEVIK, H., RUBENOWITZ, E., “Magnesium and Calcium in Drinking Water and Cardiovascular Mortality”, Original Articles, Scand J Work Environ Health 1991;17:91-4

[16] Safe Drinking Water- Sodium in Drinking Water, <http://www.epa.gov/safewater/ccl/sodium.html> (04.03.2001)

[17] GRAY, N.F.,”Drinking Water Quality”, John Wiley & Sons Ltd., pp.33-34, 41, 260-268, 265, England, 1994

[18] Guidelines for Drinking Water Quality, 2<sup>nd</sup> edition, vol.2, Health criteria and other supporting information. Geneva, WHO, 1996, pp.201-206.

[19] Floride, Health and Consumer Protection-Scientific Committee on Food, [http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/oldcomm7/out09\\_en.html](http://europa.eu.int/comm/food/fs/sc/oldcomm7/out09_en.html) (27.03.2001)

[20] Sulfate in Drinking Water, <http://www.epa.gov/safewater/sulfate.html>  
(17.03.2001)

[21] “Su Kalitesi-pH Tayini” Türk Standartları Enstitüsü, TS 3263, Nisan 1999,  
Ankara.

[22] “Standat Methods for the Examination of Water and Wastewater”, American  
Public Healt Association, pp. 3-11, 3-13, 3-14, 3-57, 3-76, 4-49, USA, 1995

[23] “Su Kalitesi-Florür Tayini”, Türk Standartları Enstitüsü, TS 4234, Mart 1999,  
Ankara.

[24] ”Suyun Analiz Metotları-Sülfat Tayini-Türbidimetrik Metot” , Türk Standartları  
Enstitüsü, TS 5095, Mart 1987, Ankara.

[25] “Su Kalitesi-Nitrat Tayini”, Türk Standartları Enstitüsü, TS ISO 7890-3, Mart  
1999, Ankara.

[26] How To Read Your Water Test Report,  
<http://www.aaawatertesting.com/Contaminants.html>

[27] National Primary Drinking Water Regulations,  
<http://www.epa.gov/safewater/mcl.html>

## ÖZGEÇMİŞ

1958 yılında Ankara'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Ankara'da tamamladı. 1981 yılında İ.T.Ü. Kimya Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü'nden iyi derece ile mezun oldu. 1982-1985 yılları arasında İ.Ü. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Ana Bilim Dalı Hematoloji ve Onkoloji Araştırma Laboratuvarında laboratuvar sorumlusu olarak çalıştı. 1985 yılında tayinle İ.T.Ü. Kimya-Metalurji Fakültesi Kimya Mühendisliği Bölümü'ne geçti. Eşinin mecburi hizmet için Sakarya Devlet Hastanesi'ne tayini nedeniyle 1986 yılında atamayla İ.T.Ü. Sakarya Mühendislik Fakültesi Metalurji ve Malzeme Bölümü'ne geldi. Bu görevinden 1988 Temmuz ayında istifa ile ayrıldı. 1998 yılında SAÜ Geyve Meslek Yüksek Okulu'na Öğretim Görevlisi olarak atandı. 1999 yılından beri de Sakarya Meslek Yüksek Okulu Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü Programı'nda Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır. Aynı zamanda bu programın Program Başkanlığını yürütmektedir. Evli ve bir çocuk annesidir.