



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İSTANBUL'DA SATILAN İÇME SULARININ KALİTESİNİN
BAZI İYONLARIN ANALİZİ YOLUYLA
DEĞERLENDİRİLMESİ**

KÜBRA DEMİR
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANALİTİK KİMYA ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Prof. Dr. GÜLER YALÇIN

İSTANBUL

2019



TÜRKİYE CUMHURİYETİ
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İSTANBUL'DA SATILAN İÇME SULARININ KALİTESİNİN
BAZI İYONLARIN ANALİZİ YOLUYLA
DEĞERLENDİRİLMESİ**

KÜBRA DEMİR
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANALİTİK KİMYA ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Prof. Dr. GÜLER YALÇIN

İSTANBUL

2019

TEZ ONAYI

Kurum : Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Programın seviyesi : Yüksek Lisans
Anabilim Dalı : Analitik Kimya
Tez Sahibi : Kübra Demir
Tez Başlığı : İstanbul'da Satılan İçme Sularının Kalitesinin Bazı İyonların Analizi Yoluyla Değerlendirilmesi
Sınav Yeri : M.Ü.Ecz.Fak. Analitik Kimya ABD
Sınav Tarihi : 27/06/2019

Tez tarafımızdan okunmuş, kapsam ve kalite yönünden Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

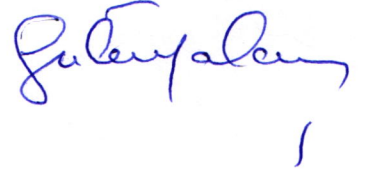
Kurumu

İmza

Danışman (Unvan, Adı, Soyadı)

Prof.Dr. Güler Yalçın

(M.Ü.Ecz.Fak.Analitik Kimya ABD)



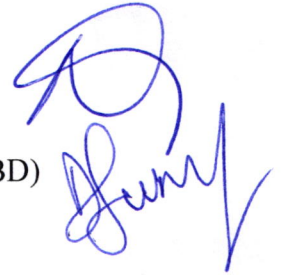
Sınav Jüri Üyeleri (Unvan, Adı, Soyadı)

Dr.Öğ.Üyesi Neşe Çakır

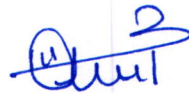
(M.Ü. Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu /
Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü)

Dr.Öğ.Üyesi Duygu Taşkın

(İst.Yeni Yüzyıl Üni.Ecz.Fak.Analitik Kimya ABD)



Yukarıdaki jüri kararı Enstitü Yönetim Kurulu'nun 2.1. Ağustos /2019... tarih ve 59 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Prof. Dr. Feyza ARICIOĞLU
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü Y

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmayla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

Kübra DEMİR

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca benden ilgisini, bilgisini, özverisini, tecrübesini, değerli fikir ve görüşlerini esirgemeyen çok değerli hocam Prof. Dr. Güler Yalçın'a sonsuz minnet ve saygılarımı sunarım.

Laboratuvar çalışmalarında ve tezimin hazırlanmasında desteğini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili hocam Dr. Öğr. Üyesi Neşe Çakır'a teşekkürlerimi sunarım.

Marmara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Analitik Kimya Anabilim Dalı'nın tüm öğretim üyelerine ve elemanlarına emekleri ve her konuda bana gösterdikleri yardımlarından ve anlayışlarından ötürü teşekkür ediyorum.

Beni bugünlere kadar yetiştiren, üzerimde sonsuz emeği olan, tüm hayatım boyunca beni her konuda koruyup kollayan, özellikle eğitim hayatım başta olmak üzere maddi ve manevi desteklerini üzerimden bir an olsun esirgemeyen sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilir, saygı ve şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
KISALTMALAR VE SİMGELER	ii
ŞEKİLLER LİSTESİ	iii
TABLolar LİSTESİ	vi
ÖZET	1
SUMMARY	2
1. GİRİŞ ve AMAÇ	3
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. Hayatımızda Suyun Yeri ve Önemi	5
2.2. Dünyada ve Türkiye'deki İçme Suyu Kaynakları ve Özellikleri.....	7
2.3. Su Kaynaklarının Kalite Parametreleri	13
2.3.1. Su kaynakları seçimi	16
2.3.2. Yağış suları	17
2.3.3. Yüzeysel sular	18
2.3.4. Yer altı suları.....	18
2.4. Fiziksel ve Kimyasal Parametrelere Ait Özellikler ve Analiz Metotları	19
2.4.1. Fiziksel kalite özellikleri ve parametreleri.....	20
2.4.2. Kimyasal kalite özellikleri ve parametreleri	20
2.4.3. Son yıllarda kullanılan yeni analiz yöntemleri.....	22
2.5. İçme Suyundaki Kirleticilerin Sağlık Etkileri.....	23
2.5.1. Su yolu ile taşınan hastalıkların artması	25
2.5.2. Kimyasalların sağlık üzerindeki etkileri	26
2.5.3. Patojenik organizmalar	27
2.5.4. Su arıtma yöntemleri.....	28
3. GEREÇ ve YÖNTEM	31
3.1. Gereç.....	31
3.1.1. Kullanılan cihazlar ve yardımcı gereçler	31
3.2. Yöntem.....	32
3.2.1. Fiziksel analizler	32
3.2.2. Kimyasal analizler.....	32

3.2.3. Mikrobiyolojik analizler	34
4. BULGULAR	35
4.1. Suyun Fiziksel Özellikleri.....	35
4.2. Suyun Kimyasal Özellikleri	38
4.3. Suyun Mikrobiyolojik Analizleri	45
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	47
5.1. Fiziksel Analizler	48
5.1.1 pH değerleri.....	48
5.1.2 İletkenlik değerleri	48
5.2. Kimyasal Analizler.....	50
5.2.1. Sertlik değerleri.....	50
5.2.2. Ca ²⁺ ve Mg ²⁺ değerleri	50
5.2.3. Cl ⁻ değeri	51
5.3. Mikrobiyolojik analizler	54
KAYNAKLAR	59
ÖZGEÇMİŞ	62

KISALTMALAR ve SİMGELER LİSTESİ

EPA	Çevre Koruma Ajansı
mg	Miligram
mg/L	Miligram/litre
mL	Mililitre
µg/mL	Mikrogram/mililitre
µS/cm	Microsiemens/santimetre
S	Standart sapma
SDA	Sabouraud Dekstroz Agar
RSD	Bağıl standart sapma
TSA	Tryptic Soy Agar
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
\bar{X}	Ortalama değer

ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil 1.1. İçme-kullanma sektöründe küresel su kullanımı 10
- Şekil 1.2. Su döngüsü 17
- Şekil 1.3. Yüzeysel suların arıtım aşamaları..... 28



TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1.1: Yapılması planlanan analizlere ait standartların limit değerleri.	4
Tablo 2.1: Tatlı su kaynaklarının sektörel kullanımı	9
Tablo 2.2: Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri	15
Tablo 2.3: İçme suyunun içerdiği kimyasallar açısından uluslararası standartlarla karşılaştırılması	21
Tablo 2.4: Su kirleticilerinin insan sağlığına etkisi	25
Tablo 2.5: Endüstriyel atık suların arıtımında kullanılan başlıca arıtım yöntemleri.	30
Tablo 3.1: Kullanılan cihazlar ve yardımcı gereçler	31
Tablo 4.1: İçme suyu örneklerinin fiziksel analiz sonuçları ve istatistiki değerleri..	35
Tablo 4.2: İçme suyu örneklerinin kimyasal analiz sonuçları ve istatistiki değerleri	39
Tablo 4.3: İçme suyu örneklerinin mikrobiyolojik analiz bulguları.	45
Tablo 5.1: İçme suyu standartlarında bazı parametrelerin değerleri.....	48
Tablo 5.2: İçme suyu örneklerinin fiziksel analiz bulguları	50
Tablo 5.3: İçme suyu örneklerinin kimyasal analiz bulguları.....	53
Tablo 5.4: İçme sularının fiziksel ve kimyasal analiz bulguları.....	54

İstanbul'da Satılan İçme Sularının Kalitesinin Bazı İyonların Analizi Yoluyla Değerlendirilmesi

Öğrencinin Adı: Kübra DEMİR

Danışmanı: Prof. Dr. Güler YALÇIN

Anabilim Dalı: Analitik Kimya Anabilim Dalı

ÖZET

Amaç: Bu çalışma ile İstanbul'da satılan içme sularının kalitesini belirleyen bazı fizikokimyasal parametrelerin ölçülmesi, suda majör bileşen olarak bulunan ve sertlik oluşturan Ca^{2+} , Mg^{2+} kationlarının ve Cl^- gibi suda istenmeyen anyonların kimyasal analizlerinin yapılarak kalite parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem: Su örneklerinin Ca^{2+} , Mg^{2+} içerikleri kompleksometrik titrasyon yöntemi ile, iletkenlik ve Cl^- iyonu değeri ise iyon seçici elektrot kullanılarak oluşturulan elektroanalitik yöntemle belirlenmiştir. Toplam sertlik değeri ise otomatik titratör kullanılarak hesaplanmıştır.

Bulgular: 21 farklı marka şişe suyu kullanılarak yapılan çalışma sonucunda; Ca^{2+} kasyonu değerleri 0,01-28,30 ppm; Mg^{2+} kasyonu değeri 0,01-4,95 ppm; Cl^- anyonu değeri 0,71-32,25 ppm değerleri arasında değişiklik göstermiştir. Toplam sertlik değeri için aralık 3,30-121,53 ppm olup, iletkenlik değerleri ise, 34,96-215,00 $\mu S/cm$ arasında bulunmuştur. Ortalama pH değeri 7,28 olarak belirlenmiştir.

Sonuçlar: Yapılan çalışmalar içme sularıyla ilgili kalite standartları TS 266, WHO, EPA ve Sağlık Bakanlığı'nın İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliği ile belirlenen limitler doğrultusunda değerlendirildiğinde, bazı şişe sularının tavsiye edilen değer aralıkları içinde olduğu, bazılarının ise aralıkların dışında kaldığı belirlenmiş dolayısıyla kalite standartlarına uymadığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: İstanbul, içme suyu, su analizi, su kalitesi, fizikokimyasal kalite.

Evaluation of the Quality of Drinking Water Sold in Istanbul by Analysis of Some Ions

Name of the Student: Kübra DEMİR

Advisor: Prof. Dr. Güler YALÇIN

Department: Department of Analytical Chemistry

SUMMARY

Aim: The aim of this study was to measure some physicochemical parameters determining the quality of drinking water sold in Istanbul. Chemical analysis of Ca^{2+} , Mg^{2+} cations which are the major components in water and form hardness to water, as well as undesirable anions such as Cl^- , were performed.

Material and Method: Two methods were used to analyse the Ca^{2+} , Mg^{2+} ions in drinking waters. The Ca^{2+} , Mg^{2+} contents of the water samples were determined by complexometric titration method and the conductivity and Cl^- ion values were determined by electroanalytical method using ion selective electrode. Total hardness value was calculated by using automatic titrator.

Findings: As a result of 21 different brands of bottled water bottled in Turkish market; Ca^{2+} cation values 0.01-28.30 ppm; Mg^{2+} cation values 0.01-4.95 ppm; Cl^- anion value varied between 0.71-32.25 ppm values. The range for the total hardness value was 3.30-121.53 ppm and the conductivity values were found to be between 34.96-215.00 $\mu\text{S}/\text{cm}$. The mean pH value was determined as 7.28.

Results: When the research are evaluated in accordance with the limits determined by the drinking water quality standards TS 266, WHO, EPA and the Ministry of Health Regulation on Water for Human Consumption, some bottled waters are within the recommended value ranges and others are outside the ranges.

Key words: İstanbul, drinking water, water analysis, water quality, physicochemical quality.

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Su, hayatın varlığı ve devamlılığı için vazgeçilmez bir kaynaktır. İçilen suyun kalitesi hemen hemen bütün canlılar için önem taşımaktadır. Sağlık Bakanlığı Doğal Mineralli Sular Yönetmeliği ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmeliği'ne göre sular; Doğal mineralli su, İnsani Tüketim Amaçlı Su, Kaynak suyu ve İçme suyu olmak üzere dört grupta sınıflandırılır. Hangi kaynaktan elde edilirse edilsin herhangi bir sudan içme veya kullanım suyu olarak yararlanabilmek için fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin sağlık açısından belli standartları taşıması gerekmektedir. Bu parametrelerden suyun kalsiyum içeriği ve sertliği kirliliği belirtisi olmamasına rağmen suyun kalitesini belirleyen önemli bir parametredir (Doğdu M.Ş.,2006)

Çözünmüş inorganik maddeler suda iyon olarak bulunur. Suda bilinen en genel katyonlar Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} , anyonlar ise HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- tir. Suyun sertliği, su içerisinde bulunan iyonların sayısını ve özellikle kalsiyum (Ca^{2+}), magnezyum (Mg^{2+}) tuzlarının miktarını belirtmek için kullanılan bir terimdir. Suyun bu özelliği içme, endüstri ve hizmet alanında kullanımı için önemli bir kalite özelliğidir. Suyun geçici sertliği kalsiyum ve magnezyum bikarbonat tuzları ile kalıcı sertlik ise kalsiyum ve magnezyumun klorür, sülfat, nitrat, fosfat ve silikat tuzları ile oluşmaktadır. Suların sertliğinin ölçümü amacıyla ülkemizde Fransız sertlik derecesi ($1^{\circ}F=10 \text{ mg/L } CaCO_3$) kullanılmaktadır. Sert suların içinde daha fazla miktarda kalsiyum ve magnezyum tuzu bulunmaktadır. Bu minerallerin insan vücudunda çok önemli görevleri vardır (Koçak N., Güleç M., Tekbaş Ö.F., 2011).

Klorür, tüm doğal veya kullanma sularında çok yaygın bir şekilde bulunan iyon türüdür. Sulara yer altı oluşumlarından çözünme yolu ile ya da tuzlu su - tatlı su girişimleri sonucu katılabilir. Klorürün normal derişimlerinde bir sağlık sakıncası yaratmadığı bilinmektedir. Ancak 250 mg/L'den yüksek derişimlerde tuz tadı oluşmaktadır.

Klorür suyun iletkenliğini artırdığı için korozyonu kolaylaştırır. Konsantrasyonların yüksek olduğu sularda klorür; tat, korozif eğilim ya da yumuşatma prosesine ters etki ile varlığını gösterir ([http://cevre.erciyes.edu.tr/dokumanlar/1.D % C3 % B 6nem %20 deney %20 f%C3 % B6yleri /Serbet %20Klor %20Tayini.pdf](http://cevre.erciyes.edu.tr/dokumanlar/1.D%20C3%B6nem%20deney%20f%C3%B6yleri/Serbet%20Klor%20Tayini.pdf), Erişim Tarihi 20.01.2015).

İçme suların kalite standartlarının sağlanması, kaynak suları ve içme sularının ambalajlanması, etiketlenmesi, satışı, denetlenmesi ile ilgili usul ve esaslar, belirtilen parametreler için izin verilen değerler Sağlık Bakanlığı'nın yayınladığı 'İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik'te verilmiştir.

Ülkemizde kullanılan içme sularında yapılacak analiz metotları ve limit değerler için TS 266, Dünya Sağlık Örgütü (WHO), ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) standartları kullanılmaktadır. Çalışmada yapılması planlanan analizlere ait standartların limit değerleri aşağıda yer alan tabloda (Tablo 1.1) verilmiştir.

Tablo 1.1: Yapılması planlanan analizlere ait standartların limit değerleri.

	Türk Standartları (TS 266)	Dünya Sağlık Örgütü (WHO)	ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA)
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5
İletkenlik (µS/cm)	400-2500	-	-
İLAVE PARAMETRELER			
Kalsiyum (Ca²⁺) (mg/L)	100-200	75*	-
Magnezyum (Mg²⁺) (mg/L)	30-50	50*	-
Sertlik (CaCO₃) (mg/L)	-	500*	-
Klorür (Cl) (mg/L)	250*	200*	250*

*Tavsiye edilen değer

Bu çalışmada İstanbul'da satılan içme sularının pH, iletkenlik, toplam sertlik, Ca²⁺ ve Mg²⁺, Cl içeriği belirlenecek bu değerler ilgili standartlarla belirlenmiş limit değerleriyle karşılaştırılacaktır. Böylece pazarda bulunan 21 farklı marka suyun kalitesi hakkında fikir edinilecektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Hayatımızda Suyun Yeri ve Önemi

Su yeryüzündeki kaynakların hepsinden ayrı ve daha özel, önemli bir yere sahiptir. İnsanların içme ve kullanma amaçlarımız için alternatifsiz ihtiyaç duyulan en önemli bir kaynaktır. İnsanoğlunun ve diğer canlıların vazgeçilmez kaynağı ve sürekli talebidir. Varoluşun ve dünya yaşamının temel yapıtaşı olarak kabul edilir. Varolan ekosistemde önemli dört çevre bileşeninden (hava, su ,toprak, ateş) biridir ve suyun sürdürülebilirliği tüm canlılar ve dünyanın geleceği için önemli bir durumdur. Ekosistemde canlıların ihtiyaçları doğrultusunda birbirlerine bağılılığının bozulmamasında su önemli bir yere sahiptir.

Dünyada yaşamın başlamasıyla beraber suyun tarihi süreci de başlamıştır. Su normal şartlarda kimyasal özellikleri bakımından renksiz, kokusu ve tadı olmayan bir sıvıdır. Kimyasal bileşiminde iki hidrojen ve bir oksijen atomu bulunmaktadır (Ulusoy K., 2007).

Su maddesi canlılar için vazgeçilmez, tüketimi sınırsız bir sıvıdır. Aynı şekilde dünyada çevre ve ekosistem için de önemli yere sahiptir ve birtakım doğa döngülerinde asıl rolü oynamaktadır. Doğa düzeninde toprağın beslenmesinde, kayaların meydana gelişi ve verimi, nehirler, akarsular, göl ve denizlerin oluşumu için önemli bir role sahiptir. Özellikle yağmur, kar, sis gibi hava döngüleri kontrolünü su sağlamaktadır. Hayatın ilk kaynağı olarak kabul edilen bitkilerin fotosentezin gerçekleşmesi, köklerden taşıma yolu ile sudan beslenmeleri gibi durumlarda su büyük önemde tüketilmektedir (Özsoy S., 2009).

Canlıların vazgeçilemez temel gereksinimi olarak doğada döngülerde de önemli yere sahip olan su, toplumlarda hızlı nüfus artışıyla da tüketim değeri ve hızını yükseltmiştir. Suyun öneminin keşfedilmesiyle birlikte çeşitli alanlardaki iş istihdamları ortaya çıkmıştır. Suyun çıktığı kaynaklara yakın yerlerde yerleşim alanlarının kurulması çeşitli sanayi, inşaat, tarım gibi alanlarda iş potansiyelini

arttırmıştır. Ek olarak bu kaynaklardan çeşitli evlere ve iş yerlerine suyun taşınabilirliğinin sağlanması, su kanalları üzerine çeşitli proje ve uygulamaların yapılması suyun hayatımızda ne kadar önemli bir yere sahip olduğunu göstermektedir. Gıda, enerji, sağlık gibi sektörlerde vazgeçilmez bir madde olan su çeşitli proseslerde girdi maddesi olduğu gibi katkı maddesi olarak da kullanılmaktadır (Minibaş T., 2008)

İnsanlık tarihinde suyun öneminin anlaşıldığı ilk zamanlarda bu durum uğruna birçok savaşın gerçekleştiği görülmektedir. Su kaynaklarının keşfedildiği yerlere ilk yerleşim birimleri kurulmuştur. Burada tarım ilk önde çıkan sektördür ve ağırlıkla bu su kaynakları etrafında insanların yaşadığı ve çalıştığı görülmüştür. Buna tarihte ilk yerleşim birimlerini kuran Sümerliler topluluğunu örnek verebiliriz. Ek olarak toplumda birtakım düzenlemelerin oluşturulmasında ortaya çıkan ilk yasa suyun önemini göstermektedir. ‘Hammurabi Yasaları’ olarak bilinen bu yasa su kanalları ile ilgilidir. Ayrıca bu yasa suyun ulaştığı birimlerdeki tüketim kontrolüne dayalı olarak ortaya çıkmıştır. Tarihin ilk süreçlerinde çömlekçilik ve tarıma daha fazla ağırlık verildiği görülmüştür. Daha sonra ilerleyen yıllarda suyun bulunması ve kaynaklarından istenen noktalara kadar taşınabilirliğinin sağlanması ile birlikte yaşam kalitesinin arttığı görülmüştür. Ayrıca ilerleyen yıllarda insanların doğada başka hammaddeleri bulmalarıyla beraber bu maddelerin su ile birlikte çeşitli uygulamaları gerçekleştirildiği görülmüştür (Zırığ U.,2012). İlk zamanlarda sular keşfedildikten sonra çeşmelerden veya kuyulardan kullanımı sağlanmaktaydı. Daha sonra 18.yüzyılda ilk su boruları ve kanalları oluşturulmasıyla su akışı sağlanmaya başlamıştır. Toplumda suyun tüketiminin artması ve fonksiyonelliğinin gelişmesiyle beraber sanayi ve endüstrinin gelişimi gözlemlenmiştir. Bu sektörlerin hızlı gelişimi ile suyun daha önemli bir tüketim maddesi rol oynadığına dair literatürde birçok örnek bulmak mümkündür. Hızlı gelişim ile suyun ulaşılabilirliği çeşitli yer altı sistemleri ile zamanla daha çok modernize edilmiştir (Aslan C., 2012).

Günümüzde su basit bir madde olmaktan çıkarılmış, artık kullanım değeri çok yüksek bir madde haline geçmiştir. Tarihsel sürecinde suda yaşayan balıkların tüketiminin başlaması ardından tarlalara kanallar yoluyla ulaştırılması sağlanmış, meyve-sebze yetiştiriciliği artmıştır. Ayrıca su içme suyu olarak da kullanılmıştır (Illich I., 2007). Suyun su boruları ile erişebilirliği sağlandıktan sonra satılabilir ve

temizlenebilir maddeye dönüşmüştür. Başta insan ile suyun ihtiyaç doğrultusunda ilişkisi daha yoğun iken suyun çeşitli fonksiyonlara bürünmesi ve toplum için erişebilirliğinin artması ile kullanım çeşitliliğinin sağlanması suyun birçok noktadaki değerini arttırmıştır.

İçme suyun tarihte su kaynaklarından tüketimi zamanla ticarete insanların maddi kazançları için çeşitli fikirler oluşumunu sağlamıştır. Türkiye’de 1990 senelerinde toplumların yaşadığı şehir noktalarında su kesintileri olması veya tüketilen suların düşük kalitede olması bazı küçük firmaların çeşitli yerlerde kurulmasına sebep olmuştur. Bu durumda şebekelerden temini yapılan sulara güven azalmış olup başka küçük firmalar ortaya çıkmıştır. Bu firmalar doğal kaynaklardan aldıkları suları çeşitli hacimlerde doldurarak satışına başlamışlardır. Sağlık Bakanlığı bu durumun ardından su ihtiyacının sorunsuz ve kısa sürede çözümlenebilmesi için 18 Ekim 1997’de çıkarttıkları bir yasa ile suların polikarbonat damacaneler ile üretim ve satışını izin vermişlerdir. Bu şekilde yasal olmayan şekilde açılan ve su satışı yapan diğer firmaların kapatılması sağlanmıştır (İlhan A., 2011).

2.2. Dünyada ve Türkiye’deki İçme Suyu Kaynakları ve Özellikleri

Toplumların gün geçtikçe gelişen sanayi ve endüstri ile birlikte suya olan ihtiyacı hızla artmaktadır ve bu durum su kaynaklarına fazla talep olması dolayısıyla su kaynaklarının koruma ihtiyacını oluşturmuştur. Burada doğanın ihtiyaç duyduğu su miktarı karşısında insani arz olarak bilinen kişisel su kullanımı önemli bir konudur. Sanayi devriminden sonra hayat standartlarının artışı ile birlikte şahsi kullanım dışında sektörler dahilinde de su tüketimi ve kaynaklarının dahi hızlı tüketimi dünyada çeşitli konferanslarla da daha sık incelemeye alınmıştır (Muslu A.V., 2011).

Dünya genelinde total olarak mevcut suyun miktarı 1,4 milyar km³’tür. Bu miktarın %97.3’sinin kaynağı denizler ve okyanusların tuzlu sularıdır. Gerisinde kalan % 2.7 su miktarı yüzdesi ise tatlı su kaynaklarıdır. Total miktarı 35 milyon km³ civarındadır. Dünyada mevcut ulaşılabilir tatlı su kaynaklarının yaklaşık % 90’dan fazlası yer altı kaynaklarından temin edilmektedir. Ayrıca bu tatlı suların bir diğer kaynağı % 1’in altında bir oranda nehirlerden sağlanmaktadır. Son olarak dünyadaki akarsular, göl ve barajlar ise %0.5’in altında bir oranda tatlı su kaynakları olarak

kullanılmaktadır. Dünyada insanoğlunun içme suyu olarak kullandığı sular tatlı su kaynaklarıdır. Bir diğer önemli tatlı su kaynakları ise kutuplardır. Bu yüzden tatlı su kaynaklarına bakıldığında erişebilirliği az ve güç olduğundan dolayı tatlı su kaynaklarının fonksiyonelliği düşük olduğu görülmektedir.

Atmosferdeki mevcut su miktarı 13 bin km³ olmakla birlikte yüzey tatlı su kaynakları en çok göllerden oluşmakta ve miktarı yaklaşık 7 katı kadardır. En fazla göllerden temin edilmekte olup ardından en çok nehirler tatlı su kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bu aktif tatlı su kaynakları genellikle içilebilir özellikte olup içme suları üretiminde tercih edilmektedir.

Dünya genelinde içme sularının yaklaşık %40 kadarı yer altı su kaynaklarından sağlanmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken durum, bu yer altı sularının çeşitli endüstriyel, çevresel vb. faktörler ile kirlenmeleridir. Bu kirlenen suların geri kazanımı daha da güçlenmekte olup, insanlar tarafında kullanılabilirliği azalmaktadır. Ülkemizde sanayi atıkları ile kirlenen Ergene Nehri'ni örnek verebiliriz. Şehirsel atıklar, yanlış tarım uygulamaları (kontrolsüz ilaç kullanımı) yer altı sularına fazlasıyla zarar vermektedir (Aslan C., 2012).

Dünya nüfusunun 20.yy.'da üç kat artmasıyla birlikte su kaynaklarının kullanımı altı kat artmıştır. Su kaynakları sınırlı olmasına rağmen hızlı şehirleşme ve endüstrileşme sonucu hızlıca ve bilinçsizce tüketilmiş, bir kısmı kirletilerek çevreye zarar verir hale gelmiştir.

Günümüze kadar gezegenimizin sahip olduğu su kaynakları birçok bölgede eşit olarak dağılım göstermediği görülmektedir. Örneğin kutuplarda daha fazla kullanılabilir tatlı su kaynakları mevcut iken insanların yoğun olduğu yerleşim yerlerine yakın bölgelerdeki kaynaklar az miktardadır. Son yıllarda yapılan araştırmalara göre kullanılabilir su kaynaklarının ulaşılabilirliğinin az olması, ayrıca mücadele ettiğimiz küresel ısınma etkileri sebebiyle ileriki yıllarda su kıtlığı yaşanması yüksek ihtimaldir.

Yukarıdada bahsedildiği gibi bazı bölgelerde toplum nüfusunun dağılımı ile su kaynaklarının varlığı yüksek oranda uyumlu olmadığı gözlemlenmiştir. Buna örnek

olarak Asya kıtası dünya nüfusunun yarısından fazlasını barındırırken % 50'den daha az su kaynağını sahiptir. Buna karşılık Amerika'da bulunan nüfus yaklaşık % 15 iken ülkenin sahip olduğu su kaynakları % 45'e yakın orandadır. Avrupa ve Afrika kıtaları ise sahip olduğu yüksek nüfusa karşılık daha düşük miktarda su kaynaklarına ev sahipliği yapmaktadır. Son olarak Avustralya ve diğer adalara bakıldığında yaşayan nüfusun 5 katı kadar fazla su kaynağına sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Günümüzde suyun farklı sektördeki kullanımından bahsetmek mümkündür. İçme ve kullanma, enerji, sulama vb. alanlarda suyun tüketimi, fonksiyonu önemli rol oynamaktadır. Aşağıdaki tabloda tatlı su kaynaklarının ülkelere göre ve kullanım alanına göre dağılım yüzdeleri gösterilmiştir (Tablo 2.1).

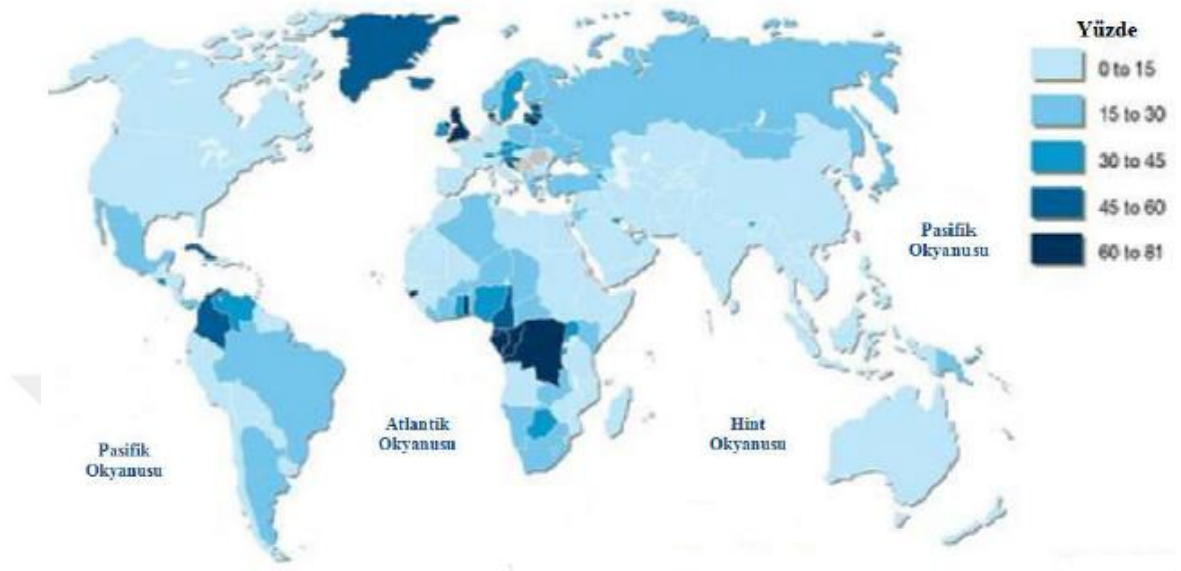
Tablo 2.1: Tatlı su kaynaklarının sektörel kullanımı (%).

Su kullanım sektörü	Dünyadaki ortalama	Gelişmiş ülkeler	Gelişmekte olan ülkeler	Az gelişmiş ülkeler	Avrupa	Türkiye
İçme ve kullanma	8-10	15	10	7	16	15-16
Tarım	67-70	39	52	86	33	72-75
Sanayi	22-23	46	38	7	51	10-12

Tablodada görüldüğü üzere dünya genelinde toplam su tüketimi %60'dan fazla tarım sektöründe kullanılmaktadır. Sanayide kullanılan su miktarı %20-25 arasında olup, içme ve kullanma için yaklaşık %9 civarında tatlı su kaynaklarının kullanımı gözlemlenmiştir.

Ülkeler arasında kıyaslama yapıldığı zaman az gelişmiş ülkelere göre gelişmiş ülkelerdeki içme ve kullanma suyu tüketimi yaklaşık 2 katı kadardır. Az gelişmiş ülkelerde sanayiden daha tarım sektöründe su kaynaklarının kullanıldığı görülmektedir. Gelişmiş ülkelerde su tüketim miktarı yılda yaklaşık 300 m³ iken gelişmekte olan ülkelerde bu sayı yıl başına 20 m³ olarak karşımıza çıkmaktadır (Şekil 2.1).

Ülkelerdeki sektörlere göre su kaynaklarının tüketiminin dağılımı toplumun gelişmişlik düzeyine göre değişim gösterdiği anlaşılmaktadır (<http://www.unep.org/dewa/vitalwater/article48.html>, ErişimTarihi: 25.09.2015).



Şekil 2.1: İçme-kullanma sektöründe küresel su kullanımı.

(<http://www.unep.org/dewa/vitalwater/article48.html>, ErişimTarihi: 25.09.2015)

Dünya nüfusunda 2005 yılı civarında artışın yaklaşık %2 civarı olabileceği öngörülmektedir. Hızlı nüfus artışı beraberinde hızlı su ve su kaynaklarının tüketimini getirecektir. Nüfusun iki katına çıkması, az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde su tüketimini hızlandırmakta ve su kaynakları ile ekonomik anlamda durumu daha da zorlaştırmaktadır.

Genel sonuçlara bakıldığında zaman gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde ihtiyaçlar doğrultusunda endüstriyel ve sanayi sektöründe su kaynaklarının kullanımı içme suları için kullanıma göre daha fazladır. Az gelişmiş ülkelerde ise bu su kaynaklarının ağırlıklı olarak tarımsal ve ev ihtiyaçları doğrultusunda tüketildiği gözlemlenmiştir (Yıldız D., 2007).

Türkiye'deki su potansiyeli yıllık roalaması alınan yağış miktarı ile total ülkenin sahip olduğu yüz ölçümü arasındaki orana göre saptanmaktadır. Yıllık yağış yaklaşık 643 mm/m² civarındadır. Değersel veri ile 501 milyar m³ suya tekabül etmektedir (Kanber R., 2005).

Türkiye mevcut olan bu su miktarının yaklaşık 270 milyar m³ kadarı toprak, bitki ve yüzeylerden buharlaşarak atmosfere katılmaktadır. Geri kalan miktarın yaklaşık 70 milyar m³ kadarı yer altı sularına katılmaktadır. Suyun yaklaşık 160 milyar m³ miktarı ise nehir, göl ve denizlere katılmaktadır. Ayrıca ülkemizdeki yüzeysel su kaynakları her yıl sınır komşularından ortalama 7 milyar m³ civarı su ile beslenmektedir (<http://ekutup.dpt.gov.tr/imalatsa/tastopra/öik671.pdf> Erişim Tarihi: 07.10.2017).

Bireylerin tükettiği su miktarı verilerine dayanarak ülkeler sınıflandırılmaktadır. Su zengini ülkelerde bir birey için yıllık su miktarı 10 bin m³'dir. Su fakiri ülkelerde bir bireye düşen su miktarı 1000 m³ 'ten azdır. Ülkemizde bir bireye 1500 m³ su denk gelmektedir (Tutoğlu N., 2016).

Ülkemizde tatlı su kaynaklarından kullanılabilir olanları yaklaşık % 40 kadardır. Bu mevcut kullanılabilir su kaynakları ve diğer kaynakların da kullanılabilme potansiyellerinin artışı ve gelişimi için Devlet Su İşleri ve diğer kurumların birtakım projeleri mevcuttur. Yıllan yıla bu durum üzerinde daha ağırlıklı çalışılıp daha uzun süreç için potansiyeli ve kaliteyi arttırmak gerekmektedir. Mevcut kullanılabilir su kaynaklarında yaklaşık 30 km³ sulama için, 7 km³ ise içme ve kullanma için tüketilmektedir. Totalde ülkemizde su kaynaklarının yaklaşık %70'i tarımsal faaliyetler, %10'u endüstri ve %15 kadarı bireysel, evsel kullanım için harcanmaktadır (Burak S., 1997).

Türkiye'de toplam yüzeysel içme su kaynakları 284 adet, toplam içme suyu arıtma tesisleri ise 452'si aktif olmak üzere 545 adettir. Yer üstü kaynakları için ülkemizde Kırklareli, Edirne, Tekirdağ, İstanbul, Kocaeli, Yalova, Bursa, Balıkesir, İzmir, Aydın, Muğla, Denizli, Antalya, Isparta, Konya, Uşak, Afyon, Kütahya, Sakarya, Düzce, Zonguldak, Bolu, Karabük, Kastamonu, Samsun, Ordu, Giresun, Karaman, Amasya, Bartın, Sinop, Tokat, Çorum, Çankırı, Ankara, Kırıkkale, Aksaray, Nevşehir, Yozgat, Mersin, Adana, Hatay, Kilis, Gaziantep, Kahramanmaraş, Sivas, Şanlıurfa, Elazığ, Trabzon, Rize, Artvin, Erzurum, Kars, Ağrı, Iğdır, Van, Hakkari, Siirt, Şırnak, Diyarbakır illerimiz ev sahipliği yapmaktadır (Öziş Ü., Baran T., Durnabaşı İ. Özdemir Y., 1997).

Ülkemizde şehir bölgelerindeki hızlı nüfus artışı su ihtiyaçlarını karşılama durumunu zamanla daha zor duruma sokmaktadır. Genellikle yer altı su kaynakları

kullanılıyor iken göl, akarsu, barajlardaki sular da arıtımın ardından kullanılabilir duruma getirildikten sonra temin edilmektedir. Son zamanlarda yeni keşfedilen membran teknolojisi ile bu arıtım sistemler daha çok içme suları elde edilmektedir (Durhasan D., 2006).

Türkiye’de total olarak 26 adet hidrolojik su havzası mevcuttur. Bu su havzalarının her birine yılda düşen yağış miktarı birbirinden farklıdır. Bu sebepten dolayı her birinde çeşitli verimler ve potansiyel gözlemlenmektedir (Dinçer S., 2014). Ülkemizde en yüksek su verimine sahip olan Fırat Havzası yaklaşık 30 milyar m³ kapasiteye sahiptir. Dicle havzası da yaklaşık %20 milyar m³ kapasite ile Fırat havzasından sonra en yüksek verimde ikinci havzadır. İki havza toplamında ülkedeki su potansiyelinin yaklaşık % 30’unu oluşturmaktadır. En düşük su potansiyeline sahip havzalar yaklaşık % 0.5 ile Akarçay ve Burdur havzalarıdır. Türkiye’de su kaynakları fazla gibi görünmektedir. Fakat havzalara yeterince yağış düşmemesi veya tutarsız zamanlarda yağış alması gibi sebeplerden ötürü günümüz nüfusun ihtiyacını tam anlamıyla karşılayamamaktadır.

Ülkemizde su havzaları endüstri ve tarımsal atıkları, evsel atıkları ile gün geçtikçe daha çok kirlenmektedir (Arslan O., 2008). Fakat bu atıkların daha az olduğu yerlerde mevcut su kaynaklarında kirliliğin daha az olduğu gözlemlenmiştir. En çok kirliliğe sahip yüzey sularına örnek olarak Porsuk, Simav, Nilüfer, İznik, Eber, Karamuk, Büyükçekmece örnek verilebilir. Bu durum için gerekli olan arıtma tesisleri de ülkemizde az olduğu ve birtakım kuruluşlar tarafından geliştirilmediği için kirliliğin miktarı artmaktadır.

Ülkemizdeki su kaynaklarından Konya, Küçük Menderes ve Kızılırmak havzaları, Gediz ve Büyük Menderes havzaları önemli su kaynaklarıdır. Fakat bu bölgeler son senelerde kuraklıkla mücadele etmektedir. Yapılan araştırmalara göre ülkemizde yaklaşık 13 sene ilerisinde 1,3°C ortalama sıcaklık artışı olacağı öngörülmektedir. Yağış miktarında ise yaklaşık %5’lik düşüş olacağı ve bu durumlara bağlı olarak kuraklığın artacağı tahmin edilmektedir. Örnek olarak en önemli tatlı su kaynağı olan Beyşehir gölü ile Tuz ve Van gölündeki su miktarının azalışı gözlemlenmiştir. Bu durumda önemli su kaynaklarımızdan kontrollü bir şekilde su tüketimi sağlanabilmesi için çeşitli projeler geliştirilmelidir.

Dünyada mevcut dağ buzullarının erimesi kar yağışı ve karla kaplı günlerin azalması ile yer altı ve yer üstü suları yeteri kadar beslenememektedir. Bu etki varolan su kaynaklarının potansiyelini düşürmektedir. Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün yaptığı incelemelere göre ülkemiz daha yoğun kuraklık göreceği dönemlere girmiştir (Arslan C., 2012).

2.3. Su Kaynaklarının Kalite Parametreleri

Günümüzde dünya nüfusunun hızlıca artışı, su tüketiminin artışına sebep olmuştur. Aynı şekilde ülkemizde de hızlı nüfus artışı, küresel ısınma problemi, kentleşme, sanayileşme ile birlikte su ve su kaynaklarına olan ihtiyacı arttırmaktadır. Kaynakların çevrelerindeki toplumların bilinçsizce kullanımı, atık vb. gibi kirlilik etkileri ile de suların içilemez veya kullanılamaz hale geldiği görülmektedir. Bu durumlarda ihtiyacı karşılayabilecek olan kaynaklar yeniden doğal su kaynaklarıdır.

Son yıllarda su kaynaklarındaki kirlilik durumu hızlıca artış göstermektedir. Bu duruma bağlı olarak su kaynaklarından kullanılabilir potansiyeline sahip olanlar ayrıca incelenmektedir. Yararlanılabilir su kaynakları kalite parametreleri ile testlere tabi tutulması ardından tüketim için kullanılmaktadır. Günümüzde bu su kirliliklerinin sebebi seneden seneye ülkemizde sanayini gelişmesi ve artan atıkların bilinçsizce çevreye atılmasıdır. Bu durum suyun potansiyelini, niteliğini ve kalitesini düşürmektedir (Durhasan D., 2006).

Tarım sektöründeki faaliyetlerin sonucu aynı şekilde su kaynaklarında kirliliğe sebep olmaktadır. Birtakım tarım ilaçlarının, farklı gübrelerin kullanımı erozyon, sel vb.gibi doğal afetler sonucunda yer altı ve yer üstü su kaynaklarını ulaşıp kirletmektedir. İki çeşit kirlilik oluşmaktadır. Tat, koku ve renk gibi niteliklerinde değişikliğe sebep olan kirlilik fiziksel kirliliktir. Diğer yandan çeşitli mikro canlıların dahi oluşumuna sebep olan mikro çevrelerin oluşabileceği organik ve inorganik maddelerin varlığı suda kimyasal kirliliğe sebep olmaktadır. Bu maddeler varlığında türeyen canlıların (bakteri, alg, mantar vs.) varlığı ve bunların insanlarda hastalıklara neden olması biyolojik kirliliğe girmektedir.

Su kaynakları tüketim öncesi kalite özelliklerini taşıyıp taşımadığını çeşitli analizler ile sonuçlandırılmaktadır. Bu kalite özelliklerinin analizi sonucu çeşitli kimyasal, fiziksel, biyolojik nitelikleri değerlendirilmektedir. Farklı nedenlerden ötürü kirliliğin mevcut olduğu su kaynaklarının kalite parametrelerini arttırabilmek için çeşitli projeler düzenlenmesi ve uygulanması kullanılabilir potansiyele sahip su kaynaklarının sayısını arttırmaktadır. Mevcut su kaynaklarının kalitesinin bilinmesi, tüketim amacına göre iyileştirilmesi konusunda önemli bir husustur.

Su kalitesinin istenen seviyelerde tutulması açısından kirliliğin incelenmesi ve önlenmesi önemlidir. Su kaynakları korunmalıdır. Çeşitli arıtma sistemleri geliştirilmekte ve suyun kirliliğini azaltmaktadır. Lakin arıttıktan sonra suyun erişeceği belli noktalar ulaşabilirliği sağlanırken, depolanma, akış gibi durumlarda da çevresel etkenlerden dolayı kirlilik ortaya çıkması olasıdır. Birtakım arıtım vb. yöntemler ile su kirliliklerinin azalması insanlarda oluşabilecek hastalıkları engellemeye önemlidir. Bu önlemlerin sağlanamaması özellikle hayvansal gibi atıklarla oluşan kirlilikler insanlarda gastrointestinal rahatsızlıklar doğurmaktadır (Dinçer S., 2014).

Yukarıda bahsedilen kirlilik türü ve yoğunluğa bağlı olarak doğrudan canlı yaşamı, ekosistem dengesi olumsuz etkilenmektedir. Ayrıca su kaynaklarının işlevselliğinin azalması, ülke için ekonomik zarar sonuçlara sebep olmaktadır. Su kaynaklarının bu gibi faktörlerin etkilerinin altında nasıl değiştiğine konum ve zaman içerisinde kalitesini gösteren çeşitli verilerin sürekli toplanması ve incelenmesi ile değerlendirilmektedir (Arslan O., 2008).

Kalite değerlendirilmelerinde ayrıca birtakım özellikler bazı parametrelerin kullanımı ile belirlenmektedir. Bu parametreler farklı yer ve zamanlarda yapıldığı için değişimi takip etmeyi sağlamaktadır. Kalite farklılıklarının canlılar ve doğa üzerindeki çeşitli etkilerini de görmek mümkündür. Bu parametreleri uygulandığı süreçte sistemin takip edilmesi, kalitedeki etkilerinin değerlendirilmesi ve su kaynaklarındaki kalite özelliklerinin belirlenmesi önemli sonuçlardır. Bu parametrelerin uygulandığı bölgelerin su kaynakları hakkında kalite özelliklerinin bilinmesiyle fikir sahibi olmak belirgin avantajlardandır (Durhasan D., 2006). Bu parametrelerin ardından

değerlendirilen sonuçlara göre sular kirlilik derecelerine göre dört sınıfa ayrılmaktadır. Birinci sınıf yüksek kaliteli su olmakla beraber dördüncü sınıf çok kirlenmiş sudur.

Su Kirliliği Yönetmeliğine göre kirliliğe sebep olan parametreler gruplara ayrılmıştır. Kalite grupları dört adettir ve sırasıyla fiziksel ve kimyasal, organik, inorganik ve biyolojik parametrelerdir. Fiziksel ve kimyasal parametreler uygun olan sular yüksek kaliteli gruba dahil olan A grubu kaynaklarıdır. B grubu sular organik parametreler göre analiz edilmiş olup az kirlenmiş su grubuna girmektedir. C ve D grubu sular inorganik ve biyolojik faktörler sebebiyle kirlenmiş olup kirlenmiş ve çok kirlenmiş su grubuna dahil olmaktadır.

Yüksek kaliteye sahip sular başta içme suyu olarak, daha sonra yüzme gibi sosyal aktiviteler için ve önemli sektörlerden olan tarım ve hayvancılık için öncelikle kullanılmaktadır. Az kirlenmiş su grubu kaynakları çeşitli ileri arıtma uygulamalarının ardından içme suları, balık yetiştiriciliği veya rekreasyonel amaçlar için kullanılmaktadır. Kirlenmiş sular kalite gerektiren sektörler dışına arıtım sonrası endüstride kullanılabilir. Son olarak çok kirlenmiş sular kullanılmayan en zayıf kaliteye sahip sularlardır. Su kalite sınıfları parametrelere göre aşağıdaki gibidir (Tablo 2.2):

Tablo 2.2: Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri.

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	A	B	C	D
1. Fiziksel ve kimyasal				
Sıcaklık (°C)	25	25	30	>30
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-9.0	6.5-9.0
Çözünmüş oksijen (mg O ₂ /L)	8	6	3	<3
Klorür iyonu (mg Cl ⁻ /L)	25	200	400	>400
Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ N/L)	0.2	1	2	>2
Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ N/L)	0.002	0.01	0.05	>0.05
Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ N/L)	5	10	20	>20
Toplam çözünmüş madde (mg/L)	500	1500	5000	>5000
Sodyum (mg Na ⁺ /L)	125	125	250	>250
2. Organik parametreler				
KOİ* (mg/L)	25	50	70	>70
BOİ* (mg/L)	4	8	20	>20

Tablo 2.3: Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (devam).

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	A	B	C	D
Toplam Kjeldahl-azotu (mg/L)	0.5	1.5	5	>5
Emülsifiye yağ ve gres (mg/L)	0.02	0.3	0.5	>0.5
Toplam pestisid (mg/L)	0.001	0.01	0.1	>0.1
3. İnorganik parametreleri				
Bakır ($\mu\text{g Cu/L}$)	20	50	200	>200
Florür ($\mu\text{g F}^-/\text{L}$)	1000	1500	2000	>2000
Serbest klor ($\mu\text{g Cl}_2/\text{L}$)	10	10	50	>50
Sülfür ($\mu\text{g S}^-/\text{L}$)	2	2	10	>10
Demir ($\mu\text{g Fe/L}$)	300	1000	5000	>5000

*KOİ: Kimyasal Oksijen İhtiyacı, BOİ: Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (Blair K.L,Peake T.H., 1995).

İçme suları için göl, nehir, birikim yerleri, kuyular ve deniz kaynakları çeşitli arıtım uygulamalarının ardından kullanılmaktadır. Ama çoğunlukla su kaynaklarının en esas kaynağı yağışlardır.

İçme ve kullanma sularını oluşma şekillerine göre üç gruba ayrılmaktadır. Bu sular; yağış, yüzeysel ve yer altı sularıdır.

2.3.1. Su kaynakları seçimi

İçme suları için yüzey ve yer altı su kaynakları bulunmaktadır. Kaynak seçiminde dikkat edilmesi gereken birtakım hususlar mevcuttur. Öncelikle laboratuvar sonuçlarına göre arıtım tesislerinin spesifik niteliklerinin belirlenebilmesi gereklidir. Ayrıca ekonomik koşullara da uyumluluğu önemlidir. Su kaynaklarının bölgesi, kaynaktan alınabilme şekli, kuyu sayıları ve derinliği gibi kaynak özelliklerini ayrıca araştırmak ve değerlendirmek gerekmektedir. Son olarak, bu su kaynaklarından temin edilen su miktarının iletiildiği nüfusa yeterliliği incelenmelidir.

Su kaynaklarının içme suyu niteliğini kazanabilmesinde birçok çalışma uygulanmaktadır. Kaynaklara göre bu uygulamalar çeşitlilik göstermektedir. Arıtmalar tamamen istenilen oranda gerçekleştirilmeyebilir. Suların durgun formda olmaması, kaynaklardan rahat bir sistemle temin edilememesi gibi nedenler arıtımı zorlaştırabilir.

Ayrıca yüzeysel sulara yer altı sularına göre kirlilik oranı daha yüksektir. Bu durumda çevre ile mevsim faktörleri etkilidir. Kaynaklarda fiziksel veya biyolojik kirliliklere sebep olabilir. Bazı bölgelerde yer altı suları daha azdır, yüzeysel suları fazladır. Bu bölgelerde yüzeysel sular daha sık kullanılmaktadır. Kalite bakımından akarsu, nehir, göl vb. önemli örneklerdir.

2.3.2. Yağış suları

Yağmur ve kar sarnıçlarında birikim ile oluşmaktadır. Aynı zamanda yağmur, kar, dolu, kırağı gibi hava döngüleri ile yeryüzüne düşer ve birikirler. Bu sular sıcaklık sebebiyle buharlaşıp atmosfere katılabilir ya da topraktan bitkilerin beslenmesinin sağlayabilir. Bitkilerinde fotosentez sonucunda su moleküllerini uzaklaştırması ve buharlaşması ile atmosfere katılımı gerçekleşmektedir. Suyun takip ettiği bu yol kısa döngüdür. Bir diğer kısım da çeşitli yollar ile yer altına akarak burada çeşitli çukur, çatlak gibi birikim yaptığı yerlerde yer altı kaynaklarını oluşturmaktadır. Yeryüzüne çıktıkları noktalarda önemli su kaynaklarıdır (Şekil 2.2). Suyun takip ettiği bu yol uzun döngüdür. Bu döngülerin hepsi Şekil 2.2’de görülmektedir.



Şekil 2.2: Su döngüsü (Güler Ç., Çobanoğlu Z., 1994).

2.3.3. Yüzeysel sular

Bölgesel sular, kıyı ve geçiş yollardaki sular ile iç sular yüzeysel suları kapsamaktadır.Çeşitli dönemlerde yere düşen yağmur, kar, dolu vb.gibi formlardan sıvılaştıran sular çeşitli akarsu veya göllerde, barajlarda toplanarak su rezervuarlarını oluşturmaktadır. En büyük su potansiyeline sahip olan kaynaklar ise denizlerdir (Uyak V., 2012).

Yüzeysel suların kalitesi daha zayıf olmaktadır. Çevresel faktörlere yüzeysel sular daha çok maruz kalmaktadır. Bu yüzden yapılan çalışmalara göre yüzeysel sularda kirlilik oranı daha yüksek çıkabilmektedir. Canlıların erişemediği noktalar göllerin, denizlerin ortaları gibi katı veya sıvı atıklar ile kirletilemediğinden dolayı daha temizdir. Birçok arıtma sistemleri uygulanarak, katı maddelerden uzaklaştırılması ve ayrıca türemiş olduğu tespit edilen biyolojik canlıların öldürülmesi ile beraber daha kullanılabilir hale getirilebilir. Bu gibi yöntemler ile suyun kalitesini arttırmak mümkündür (Uyak V., 2012).

2.3.4. Yer altı suları

Yer altı suları çeşitli jeolojik yollarla ya da yağmur, kar vb.gibi hava durumları ardından çatlak gibi sızıntı sağlanan yerlerden geçerek yer altında biriken sulardır. Bu kaynaklar bazı bölgelerde ayrıca akarsu veya deniz gibi büyük kaynaklara da ulaşabilmektedir.

Yer altı suları kalite derecesine göre üç sınıfa ayrılmaktadır. Yukarıdaki kalite sınıflarından da bahsedildiği gibi yüksek kaliteli yer altı suları birinci gruptur ve içme suyu, gıda veya sanayide rahatlıkla kullanılabilir. Orta kalitedeki yer altı suları ise çeşitli arıtmalardan sonra tarım, hayvansal sulama, sanayii gibi sektörlerde kullanılmaktadır. Son olarak düşük kalitede yer altı suları özellikle sağlığı ve ayrıca ekonomiyi olumsuz etkileyici özelliği sebebiyle kullanılamamaktadır. Fakat arıtım gelişmişliği ve sonucuna göre birtakım alanlarda değerlendirilebilir (4856 sayılı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Çevre Kanunu,2003).

2.4. Fiziksel ve Kimyasal Parametrelere Ait Özellikler ve Analiz Metotları

Su kalite bakımından incelendiğinde çeşitli analizler ile değerlendirmelere tabi tutulup değişkenlerin sebeplerini de incelemek sürecinde çeşitli kimyasal ve fiziksel parametreler mevcuttur. Çeşitli çevresel faktörlerden dolayı sulara metal ya da kimyasal madde bulunabilir. Mevcut kimyasallardan bazıları sağlığa zarar verecek kadar tehlikeli olabilir. Renk, koku vb.fiziksel özelliklerin de kendini göstermeyip vücuda girdikten sonra zararlı etkilerini gösterebilir. Bu yüzden, sular çeşitli analizler ile kirlilik içerikleri incelenmelidir.

İçme sularının fiziksel ve kimyasal analiz teknikleri kullanılarak suyun aşağıdaki özellikleri hakkında bilgi edinilir:

- Renk (fotometrik),
- Bulanıklık (fotometrik),
- Koku (duyusal),
- Lezzet (duyusal),
- Kondüktivite,
- Kolorimetrik,
- Amonyak, nitrat, nitrit ile sertlik analizi (titrasyon), katı madde tayini flor analizi ve pH belirlenmesi uygulanan testlerdir.

İçme sularında yapılan çeşitli teknikler mevcuttur. Gravimetrik testler; ağırlığa dayalı olarak yapılan hassas terazilerin kullanıldığı bir tekniktir. Suda bulunan katı madde testleri ile suyun özgül ağırlığının ölçümü dahildir. Titrasyon ya da volumetrik analizlerde ise sürekli hacim ölçümü uygulanır. Tanımlanmış olan bir kimyasal tepkime prensip olarak uygulanır ve numunedeki belli miktar madde ile tepkimeye sokulan standart solüsyon miktarının belirlenmesine göre uygulanmaktadır.

Elektrokimyasal testlerde ise uygulanan bazı elektriksel ölçümler, atom veya moleküllerin kimyasal özelliklerini tanımlar. Spektrofotometrik ve kolorimetrik testler; solüsyonun renk ve madde yoğunluğu ölçülür ve arasındaki ilişki değerlendirilir. Kromatografik testlerde, kağıttaki nokta üstündeki farklı renklere ait pigmentleri saptamaktadır.

Kütle spektrometresinde buharın manyetik bobinlerden geçirilmesiyle karışımdaki iyonlar kütlelerine göre ayrılır ve böylece özgün karakteristik yapıları oluşturur. Son olarak immünolojik testler önemlidir. Bu analizde en sık kullanılan yöntem enzim bağlı immünosorbent deneyi (ELISA) tekniğidir. Göreceli ucuz ve duyarlılığı yüksek testtir (Uyak V.,2012).

2.4.1. Fiziksel kalite özellikleri ve parametreleri

Suyun fiziksel özellikleri önemli karakteristik özellikleridir. İçilebilir nitelikteki suyun, fiziksel açıdan birtakım nitelikleri taşınmalıdır. Bu nitelikler; içilebilir suyun sıcaklığı çok fazla olmaması, renksiz, kokusuz, tatsız olması gerekmektedir. Dezavantaj yaratabilecek bulanıklık, tortu barındırması veya yağ gibi suyun kimyasını bozabilecek maddelerin varlığı suyun kalitesinin düşürmektedir.

Fiziksel testler ile suyun yukarıda sayılan fiziksel nitelikleri incelenip değerlendirilmektedir. Uygulanan tekniklerin bir kısmı basit aletler ile ölçüme bir kısmı ise duyu organları ile soyut teste göre yapılmaktadır. Duyu organları ile incelenen nitelikleri aynı zamanda organoleptik olarak isimlendirilmektedir. Sıcaklık, pH, çözülmüş oksijen, iletkenlik, tuzluluk, bulanıklık tarzı özellikler arazi koşullarında yapılan çeşitli ölçümler ile analiz edilmektedir. İleri derecede kirliliğe sahip veya bulanık, renk, tat ve kokusu farklı olan suların başlangıcında içilebilir potansiyele sahip olmadıkları belirlenmekte ve kullanıma açık tutulmaktadır (Uyak V., 2012).

2.4.2. Kimyasal kalite özellikleri ve parametreleri

Sularda çevresel faktörlerden dolayı çeşitli metal ve kimyasal bileşenler suya katılabilmektedir. Bu maddelerin varlığı veya miktarsal durumu, ülkemizde belirlenen standartlara uygun limitler dahilinde olması gerekmektedir. Limit değerleri uluslararası ve ülkemizin belirlediği standartlarda mevcuttur (Uyak V.,2012).

Örneğin, sertlik özelliği, suda bulunan metal yapılarının göstergesidir. Bu metaller genellikle kalsiyum, magnezyum, gibi çeşitlerdir. Suların içme suyu şeklinde tüketilebilmesi için analizlerinin tamamının yapılması zorunludur. Ayrıca kimyasal

parametre olarak bazı elementlerin (arsenik, krom, siyanür, civa, baryum, florür vb.) varlığı dikkate alınmalıdır. Dış etkenlere bağlı olarak oluşan bu kirlilikler sebep olduğu kimyasal, mikroorganizma ve radyoaktif bileşenler yönünden değerlendirilmelidir. Dünyaca önemli uluslararası kurumlar tarafından suyun içeriğindeki kimyasallar için belirlenen değerler aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 2.3).

Tablo 2.4: İçme suyunun içerdiği kimyasallar açısından uluslararası standartlarla karşılaştırılması.

Parametreler (mg/L)	Türk TSE	Avrupa Birliği	WHO Dünya Sağlık Örgütü	EPA
Kalsiyum	100-200	100	--	--
Magnezyum	30-50	50	30-50	--
Sodyum	20-175	20-150	200	--
Potasyum	12	12	--	--
Alüminyum	0,2	0,2	0,2	--
Demir	0,3	0,2	0,3	0,3
Manganez	0,1	0,05	0,1	0,05
Bakır	1	--	1	1
Çinko	5	--	5	5
Baryum	0,3	0,1	0,7	2
Bor	0,1-0,3	1	0,3	--
Klor	30	--	250	--
Sülfat	20	250	400	--
Florid	1	1,5	1,5	4
Nitrat	25	50	10	10
Fosfat	0,4-5	0,4-5	--	--
Amonyak	0,05-0,5	0,05-0,5	0,2	--
Nitrit	0,05	0,1	--	1

(Schulz O., Ivanov P. Ardelt D., 2007).

Suyun kalite parametrelerinden olan çözünmüş oksijen miktarı, toplam alkalinite, toplam fosfor, azot ve sucul ortamlarda bulunan formları, tuzluluk, iletkenlik, oksidasyon redüksiyon potansiyeli (ORP), toplam çözünmüş madde (TDS), askıda katı madde (AKM), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) gibi verilerinde analizler ile düzenli olarak tespit edilmesi ve sürekliliğinin sağlanması içme sularının kalitesinin değerlendirilmesinde dikkat edilmesi gereken noktalardır. Toksik maddeler için de ayrıca uluslararası standartlar ile karşılaştırılması oluşturulmuş ve literatürde bulunmaktadır.

2.4.3. Son yıllarda kullanılan yeni analiz yöntemleri

İçme sularının çeşitli kimyasal ve fiziksel analiz yöntemlerinde son yıllarda teknolojinin gelişmesiyle yeni metotlar ortaya çıkmıştır. Özellikle pH, iyon konsantrasyonu, çözünmüş oksijen miktarı, iletkenlik gibi çeşitli parametreleri bir arada dahi ölçebilen cihazlar geliştirilmiştir. Son teknolojiye sahip ICP-MS (İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi), ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma Atomik Emisyon Spektroskopisi), GC-MS (Gaz Kromatografisi-Kütle Spektroskopisi), GC-FID-ECD (Gaz Kromatografisi-Alev İyonizasyon Dedektörü-Elektron Yakalama Dedektörü), TOC (Toplam Organik Karbon) gibi cihazlar ile güncel ulusal ve uluslararası standartlara bağlı şekilde çeşitli su kalite parametreleri baz alınarak analizler yapılmaktadır. Bu cihazların varlığı ile daha hızlı ve daha çok ulaşılabilir sonuçlar ile içme sularının kalite boyutları değerlendirilmektedir (Schulz O., Ivanov P., Ardelt D., 2007).

Kimyasal analizlerin yanı sıra biyolojik analiz testleri de mevcuttur. Sudaki Koliform bakteri sayımı sıkça kullanılan yöntemdir. Fakat bunlara ek olarak Salmonella, Fekal Enterokok, Koagulaz Stafilokok, Pseudomonas aeruginosa Legionella spp. gibi diğer canlı türlerinin de sayımı yapılarak suların kalite dereceleri incelenmektedir (Guidelines for Drinking-water Quality, 2011).

2.5. İçme Suyundaki Kirleticilerin Sağlık Etkileri

Su kirliliği, sulara insan ve çevre faktörleri ardından oluşmaktadır. Ve bu durum su kaynaklarının kullanım potansiyelini düşürmektedir. Suyun kalitesi bu etkenler sonucunda azalmakta ve çözümü için çeşitli arıtım vb. yollar denenmektedir (Milli Eğitim Bakanlığı, 2011, Suların Analiz Parametreleri).

Atıklardan oluşan bu kirlilik, miktara bağlı olarak sudaki yoğunluğu tespit edilmelidir. Tüm kaynaklarda var olabilen bu atıkların saptanması ve uzaklaştırılması yer altı ve yer üstü kaynaklarına uygulanmalıdır.

Tüm canlıların sağlığını tehlikeye sokabilecek boyutlarda su kirlilikleri mevcuttur. Oluşan kirlilikler doğrudan veya dolaylı yollardan doğadaki canlıların da yaşamasını güçleştirmiştir. Ekosisteme zarar veren etkilerin olduğu kirliliklerin önlenmesi almak ve özellikle içme suyu kapasitesine sahip kaynakların potansiyelini arttırmak önemli bir husustur.

Çevre faktörleri ile sulara bulaşan katı ve organik atıkların bazıları canlı yaşamına elverişli olup biyolojik kirliliğinin başlamasına da sebep olmaktadır. Biyolojik kirliliğin oluşması suda bakteri ve oksijen varlığına dayalı olarak gerçekleşir. Bu tarz katı maddelerin ayrıştırılmasıyla birlikte canlıların da yaşamaları imkansızlaşır ve üremeleri önlenerek biyolojik kirliliğin önüne geçilmektedir (Türkiye Çevre Eğitim Vakfı, 1986).

Su kirliliğinin oluşmasında en önemli sebep çözücülüğüdür. Birçok organik molekülleri çözebilme özelliğine sahipken bazı yağlar veya hidrokarbonları ise çözememektedir. Maddelerin sudaki çözünürlüğü ardından suyun birtakım nitelikleri değişebilmekte ve kalitesinin zayıflamasına sebep olmaktadır. Örneğin, yağmur suları havadaki bazı katyon ve anyonları formunda barındırmaktadır. Bu şekilde yeryüzüne düştükçe kaynaklara varmasıyla varılan su kaynaklarının birtakım özelliklerini değiştirebilir.

Yer altı ve yüzeysel sular da ayrıca çözünürlük özelliğine sahiptir. Suların yol aldığı yerlerdeki jeolojik ve kimyasal yapılardan gelebilecek katyon ve anyon elementleri bu sulara rahatlıkla karışabilmektedir (Doğan M., Soylak M., 2000).

Biyolojik kirliliğe sebep olan ve canlıların sağlığını tehlikeye sokan organizmalar genellikle bakteri, virüs veya parazitlerdir. Bu tarz enfeksiyonlar bazı zamanlarda hastalar yoluyla da yayılım göstermektedir. Su kaynaklarına birtakım bakteri veya mikroorganizmaların karışımı, coğrafi yapı, alt yapı özellikleri, kirlilik yaratabilecek maddelerin atık olarak atılım şekilleri toplumsal etkiler ile gerçekleşmektedir.

İçme suyundaki kirlilik birçok çeşitte enfeksiyonlara sebep olabilmektedir. Suyu bu enfeksiyonların yaygınlığı daha hızlı ve yüksek oranda gerçekleşmektedir. Bu durumda suların arıtımı ve dezenfeksiyonu modern ve verimli sonuçları oluşturabilecek şekilde uygulanmalıdır. Bu temizlik için bilim dallarında çeşitli deney ve araştırmalar yapılmakta, bazı sağlık kurumları da oluşturdukları standartlara dayanarak uygulamalarını yürütmektedir.

Ülkemizdeki standartlarda içme sularının potansiyeli koliform bakterilerinin varlığı/yokluğuna göre belirlenmektedir. İçilebilir suların kalitesi için kirliliklerin incelenmesinde bazı konular sonuçlarıyla birlikte açığa çıkmaktadır. Örneğin, bu çalışmaların ardından kirliliğin canlılar üzerindeki çeşitli etkileri tespit edilebilir. Ayrıca bu kirliliklerin fiziksel, kimyasal veya biyolojik boyutları ölçülüp zararları rapor edilmektedir. Son olarak kirliliğin doğaya verebilecek zararlarının biyolojik hayata etkileri değerlendirilmektedir (EPA, 1986, Quality Criteria for Water).

Sularda kalitenin ölçülmesi ve standartlara uyumluluğu sağlanabilmesi için başlangıçta amaca uyulanabilirliği incelenmelidir. Belirlenen standartlara uygun olarak kriterler oluşturulur ve ardından yasal düzenlemeler ile faaliyete geçirilir (Twort A.C., 1974).

İçme suyundaki kirlilikler ayrıca çeşitli arıtım süreçlerinden gelebilecek olan kimyasal veya katı atıklar ile de oluşabilmektedir. Bu işlemler süresinde sular birçok malzemeye temas halindedir dolayısıyla temizlik %100 gerçekleşmeyebilir. Arıtmadan sonraki süreçte de suyun insanlara ulaşabileceği yollardan geçtiği süreçteki temasında malzemeler veya kimyasal maddeler de aynı şekilde kirliliğe sebep olmaktadır.

İçme sularının güvenilir ve ideal yollarla insanlara varabilmesi için kirlenici maddelerin doğru tespitleri önemlidir. Bu doğru incelemelerin sonuçlarına güvenilerek

oluşturulan ideal arıtlarında kontroller ile yapılması potansiyel ve kalitesini arttıracaktır (Twort A.C., 1974).

Sudaki kirliliği oluşturan atıkların konsantrasyonları standartlara uygun olmadığı taktirde insan yaşamı için tehlikelidir. Suyun kalite standartları zararsız kirlilik türü ve miktarı baz alınarak raporlanmıştır. Çevresel koruma örgütü dünyada seksen tür kirletici madde belirlemiştir. Bu maddelerin insan sağlığındaki etkileri Tablo 2.4'te belirtilmiştir (Doğan M., Soylak M., 2000).

Tablo 2.5: Su kirleticilerinin insan sağlığına etkisi.

Kirletici	Kesin Etkiler	Muhtemel Etkiler
Bakteri	Mide bağırsak enfeksiyonu	Kötü beslenme
Virüs	Epidemi, hepatit Viral enfeksiyonu	Yüz, deri iltihapları
Protozoa ve metoaza (omurgasız hayvanlar)	Parazital enfeksiyonu	--
Metal	Hg zehirlenmesi Pb, Cd ve Cr zehirlenmesi	Tuz dengesinde bozulmalar Tat bozukluğu Epidemik nefrit
Nitrat	Bakterilerle etkileşim sulardaki bitkilerin anormal büyümesi, oksijen tüketimi sonucu canlıların ölümü	Kalp ve damar hastalıklarında artış
Fosfat Sülfat	Mide, bağırsak hipermobile bitkilerin anormal büyümesi	--
Florür, iyodür	Aşırı flordan dolayı dişte kırılma, sisfloro	--
Kanalizasyon	Tenya, kurtlar, bağırsak parazitleri enfeksiyonlar	Çeşitli bulaşıcı hastalıklar

(Doğan M., Soylak M., 2000)

2.5.1. Su yolu ile taşınan hastalıkların artması

Sular hastalıklara meydana getirebilecek potansiyele sahip organizmalar için ideal mikroçevreye sahiptir. İçme su kaynaklarının az olduğu, kanalizasyon sistemlerinin kötü veya elverişli olmadığı az gelişmiş ülkelerde kolera ile tifo önemli iki hastalıktır. Dünya Sağlık Örgütü gibi milletlerarası kurumlar, içme suyu ve çevre sağlığı konularında çeşitli planlamalarının ve ardından uygulamaların gerçekleştirilebilmesi adına az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelere yardımlarda bulunmaktadır.

İçme suyundaki kirletici maddeler, yer altlarına çatlak vb. yerlerden sızan kirli sular veya elverişsiz, kötü yapılarda olan kanalizasyon sistemlerinden dolayı su kaynaklarına ulaşabilmektedir. Şebekelerde, boruların bazen boşalması, kanallardan sızan suların bu borulara girmesine yol açmaktadır. Ayrıca iyice koruma altına alınmamış kuyular, çevre bölgelerinden sızan pis sular ile kirlenebilir (Hooda P.S., Edward A.C., Anderson H.A., Miller A., 2000).

Su ile bulaşan hastalıklar; su veya su eksikliğinden dolayı ortaya çıkan hastalıklar, sudaki canlılarla bulaşan hastalıklar ve su ile bağlantılı vektörlerle yayılan hastalıklar olarak sınıflandırılmaktadır.

Ilıman ve sıcak iklim yerlerinde canlıların dışkılarının bulaşması ile kirlenen sular sudan kaynaklı hastalıkları meydana getirmektedir. Aynı kaynaktan temin edilen sular insanlara bulaştıktan sonra salgınlar oluşturabilir (tifo, kolera vb). Su eksikliğinden doğan hastalıklarda kişisel kullanım az olduğu için kişisel temizlik bozulmaktadır. Vücudun, yiyeceklerin ve giysilerin yıkanamaması sebebiyle kirlilikte üreyen canlılar çeşitli hastalıklara sebep olmaktadır.

Kirli sudaki bakteri, parazit vb. canlıları sulardaki omurgasız canlılara geçerek (salyangoz, midye, vb) yerleşip gelişirler. Ardından içilen bu sular yoluyla hastalıklar meydana gelmektedir. Bu tür suların içilmesi ardından tifo, hepatit, şistosomiazis gibi enfeksiyonları doğurmaktadır. Vektörlerle yayılan hastalıklarda, birikintilerde gelişen larvalardan çıkan sinekler, yapılarındaki patojen mikroorganizmalarla insanları enfekte etmektedir (sıtma, vb).

İçme suları ile bulaşan hastalıklar; ishal dizanteri, sıtma, barsak parazitozları, leptos pira enfeksiyonu, tifo ve paratifo, kolera, hepatit A, dengue humması, mantar ve virüs enfeksiyonu, siyano bakteri toksikozları gibi hastalıklar saptanmıştır (Acehan G., 2007).

2.5.2. Kimyasalların sağlık üzerindeki etkileri

Topraktan sızan, evsel ve sanayi atık sularının deşarjı ile suya karışan kimyasal maddeler suda kirliliğe sebep olmaktadır. Ayrıca suyun dezenfeksiyonu için yapılan işlemler neticesinde kullanılan birtakım kimyasal maddeler ile zararlı bileşikler ortaya çıkabilmektedir. Bu kimyasal kirletici maddeler insan vücuduna değişik tipte zararlar

verebilmekte ya da iç organlarda birikme yoluyla ileride ortaya çıkabilecek hastalıklara sebep olmaktadır. Kimyasal kirlenmenin etkisi ani zehirlenmeler olarak sonuçlanabildiği gibi, uzun erimli ve yavaş etkilenme sonucunda ileride oluşabilecek çeşitli rahatsızlıklar ve kanser gibi çok ciddi hastalıklara yol açabilmektedir (Kahvecioğlu Ö., Kartal G., Güven A., Timur S., 2004).

2.5.3. Patojenik organizmalar

Suda bulunan organik besleyici maddeler, mikropların üremesini yol açmaktadır. Evsel kaynaklı atık suların içme ve kullanma suyuna karışması sonucu birçok mikrop türleri suda hızla üreyip salgın hastalıkların oluşmasına yol açmaktadır. Bu hastalıklar çoğunlukla ishal ile ortaya çıkan mide-barsak sistemi hastalıklarıdır. Ayrıca dışkı gibi atıklarda bulunan *Escherichia coli* gibi bakterilerin suya karışması sonucunda enfeksiyonlar oluşmaktadır. Basit ishalden tifo ve koleraya kadar değişik tipte hastalıklar bakteriyolojik olarak kirlenmiş suların kullanılması sonucunda ortaya çıkmaktadır. Diğer yandan hepatit-A, çocuk felci, barsak parazitleri, paratifo, amipli dizanteri, basilli dizanteri ve bazı deri hastalıkları kirli su yoluyla bulaşan hastalıklar arasındadır.

Su maddesi hastalık yapabilen mikroorganizmalara ideal bir taşıyıcı görevi üstlenmektedir. Bu durumda salgın hastalıkların mikroplan kolayca yayılmaktadır. Böylece mevcut su kaynaklarından elde edilen suların kalitesi bakteriyolojik yönden sıkça kontrol edilip değerlendirilmelidir.

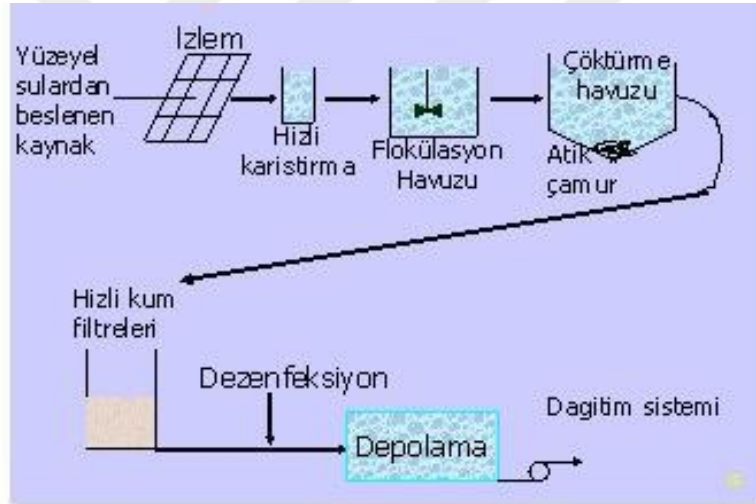
Farklı bir bölgeden şehir sularına karışan lağım suları hızlıca dağılır ve salgın hastalıkları oluşturur. Bu nedenle şehir sularında patojen kontrolü yapılmaktadır. Bu kontrollerde patojenlerin varlığını tespit edebilen indikatör bakteri olan koli bakterisi aranmaktadır. Bu bakterinin saptanması kolaydır ve net sonuç vermektedir. Bu bakteri dışında farklı bakterilerin analizi en az yirmi dört saat sürmektedir. Bu bekleme sürecinde bakteriler büyük ölçüde yayılmış olarak amaca uygun bir sistemde tespiti engel koymuş olacaktadırlar.

Koli bakterileri insan sindirim sisteminde yaşamaktadır. Ayrıca patojen olmadıkları için çeşitli hastalıklara oluşturmamaktadır. Bu organizmalar insan

dışkısında yaşamaktadır. Her gün insan dışkılarından milyarlarca koli bakterileri lağım sularına karışmaktadır. Yani suda koli bakterisinin varlığı o suyun lağım sularıyla kirlendiğini belli etmektedir. (Milli Eğitim Bakanlığı, 2012, Su Kirleticilerin Etkisi, Aile ve Tüketici Hizmetleri).

2.5.4. Su arıtma yöntemleri

Belediye ve kamunun kullandığı sular nehir, göl ve barajlar gibi yüzeysel sularından gelmektedir. Genellikle klasik içme suları arıtma sistemleri ile arıtılmaktadır. Ek olarak çeşitli özel su tüketimleri de vardır. Özel su kullanımlarının önemli bölümü, kuyulardan yer altı sularından temin edilmektedir. Bu sular özellikler ileri içme suyu arıtım teknikleri ile temizlenmektedir. Klasik ve ileri içme suyu arıtma yöntemleri mevcuttur (Şekil 2.3) (Akgül D., 2006).



Şekil 2.3: Yüzeysel suların arıtım aşamaları (Acehan G., 2007).

Klasik içme suyu arıtma yöntemleri; su bulanıklığı ve atıkları uzaklaştırmada tercih edilen çok adımlı bir mekanizmadır. Hızlı/yavaş karıştırma, çöktürme ve filtrasyon birimlerinden meydana gelmektedir. Başlangıçta koagülant eklenmesi ve pH ayarı ile kimyasal flok meydana getirir ve bu flok formları tanklarda yerçekimi ile çöktürülür ya da kum filtrelerinde engellenir. Çöktürme adımında yirmi beş mikrondan daha büyük boyutlardaki partiküller giderilmektedir. Kum filtresinin kullanıldığında, renk ve koku giderimi için ara sıra suya toz aktif karbon ilave edilmektedir (Osmonics K., 1997).

İleri içme suyu arıtma sistemlerinde kullanılan kum filtreleri (20 mikrona kadar partiküller için) ve çift tabakalı filtreleri belli büyüklükteki partiküllerin geçişini engelleyerek giderilmesinde etkilidir. Filtrelerde genellikle malzemeler garnet, kum ve antrasit malzemeleri kullanılmaktadır. Nötralizasyon filtreleri ile düşük pH'ta suyu nötr forma dönüştürmekte kullanılır. Sudaki birtakım kirleticileri okside etmek için kullanılan oksidasyon filtreleri okside partiküllerinin filtre üzerinde tutunabilen çökelti formunu meydana getirmektedir. Aktif karbon filtreleri çözünmüş organikleri adsorbe edip sudaki mevcut klor ve halojenleri uzaklaştırmaktadır. Sudaki 0.1 mikrona kadar çeşitli boyutlara sahip partiküllerin uzaklaştırılmasında kartuş filtreleri tüketilmektedir. Hassas bir yöntemdir.

Su yumuşatma işleminde kireç-soda ya da reçineli ile yumuşatma teknikleri uygulanmaktadır. Yumuşatma reçineleri yardımı ile kalsiyum ve magnezyum tutularak suyun sertliği giderilir. Kireç-soda yönteminde, suya kireç ve soda eklenerek sudaki kalsiyum ve magnezyum çökeltme ile sudan uzaklaştırılmaktadır (Osmonics K., 1997). Su bulunan anyon ve katyon iyonlarını tutmak için *deiyonizasyon reçineleri* membranlardan sonra sıkça tercih edilen bir saflaştırma tekniğidir. Ayrıca arıtma sistemlerinde kullanılan ozon ve potasyum permanganat *gibi güçlü oksidantların* kullanımı ile demir ve mangan oksitlenerek filtrelerde tutumu sağlanır.

En ileri içme suyu arıtma yöntemleri olan saflaştırmalarda en çok kullanılan yöntem membran prosesleridir. Membran prosesler; ters osmoz, nanofiltrasyon, ultrafiltrasyon ve mikrofiltrasyon sınıflarından oluşmaktadır. Bu tekniklerde kullanılan farklı gözenek boyutlarındaki membranların kullanımı ile çeşitli boyutlardaki partiküllerin uzaklaştırılması gerçekleştirilmektedir (Osmonics K., 1997).

Çeşitli kirlilik sebeplerinden dolayı atık sulardaki organik bileşiklerin uzaklaştırılmasında çeşitli teknikler tercih edilmektedir. Arıtım süreci için seçilen yöntem organik bileşiklerin derişimine dayanarak saptanır. (Doğan M., Soylak M., 2000). Endüstriyel atık suların arıtımında tercih edilen arıtım teknikleri Tablo 2.5'de gösterilmektedir.

Tablo 2.6: Endüstriyel atık suların arıtımında kullanılan başlıca arıtım yöntemleri.

	Konvansiyonel Yöntemler	İleri Yöntemler
Fiziksel	Debi ölçümleri, öğütücüler, dengeleme, karıştırma, çökeltme, yüzdürme, mikro elekler, gaz transferi, gaz ile sıyırma	Mikro elekler, gaz transferi, gaz ile sıyırma, filtrasyon, ultra filltrasyon, ters osmoz, elektrodializ, iyon değiştirme
Kimyasal	Kimyasal çöktürme, adsorpsiyon, dezenfeksiyon, klor ile giderme ve dezenfeksiyon Ve brom klorür ile dezenfeksiyon, ozon ile dezenfeksiyon	Kimyasal oksidasyon, ultraviyole ışığı ile kimyasal oksidasyon, kırılma noktası klorlaması, metal tuzlan ile kimyasal çöktürme, kireç ile kimyasal çöktürme
Biyolojik	<u>Aerobik Prosesler</u> <ul style="list-style-type: none">•Askıda gelişen proses•Yüzeyde gelişen proses•Birleşik askı ile yüzeyde gelişen proses <u>Anoksik Prosesler</u> <ul style="list-style-type: none">•Askıda gelişen proses•Yüzeyde gelişen proses <u>Anaerobik Prosesler</u> <ul style="list-style-type: none">•Askıda gelişen proses•Yüzeyde gelişen proses <u>Birleşik Aerobik Anoksik ve Anaerobik Prosesler</u> <ul style="list-style-type: none">•Askıda gelişen proses•Birleşik askı ile yüzeyde gelişen prosesler <u>Stabilizasyon</u> <u>Havuzları</u>	Biyolojik nitrifikasyon, /denitrifikasyon, fosfor giderme, aktif çamur-toz aktif karbon

(Acehan, G., 2007)

3. GEREÇ ve YÖNTEM

3.1. Gereç

Araştırmada, İstanbul şehir merkezinde içme suyu olarak satılan ve değişik noktalardan tesadüfî olarak satın alınan 21 farklı markaya sahip su numunesi araştırma materyalini oluşturdu. Numuneler 2015 yılı Haziran ve Temmuz ayları içerisinde, saat 12 ile 17 arasında toplandı.

3.1.1. Kullanılan cihazlar ve yardımcı gereçler

Tez çalışması için gerekli cam malzemeler, kimyasallar ve su örneklerinin kimyasal analizleri Marmara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Analitik Kimya Anabilim Dalı araştırma laboratuvarı ve merkezi araştırma laboratuvarında bulunan cihaz ve kimyasal malzemeler kullanılarak yapıldı. Analiz aşamalarında kullanılan cihazlar ve yardımcı gereçler aşağıdaki tabloda (Tablo 3.1) özetlenmiştir.

Tablo 3.1: Kullanılan cihazlar ve yardımcı gereçler.

CİHAZ ADI	KULLANIM AMACI
Millipore Milli-Q RG bidistile su cihazı	Saf suyun destile edilmesini sağlayarak kullanılan cihaz ve gereçlerin temizlenmesinde kullanıldı.
Shimadzu ATX-224 marka terazi	Analizlerde kullanılan numune miktarlarının ölçülmesinde kullanıldı.
Rainin marka (100-1000 µL, 1000-5000 µL) otomatik pipet	Analizlerde kullanılan solüsyon/ çözeltilerin ilave edilmesinde kullanıldı.
Mettler Toledo S220-Bio masa üstü pH-metre	Numunelerin pH değerlerinin hesaplanmasında kullanıldı.
Mettler Toledo SevenGo SG3-FK2 İletkenlik Cihazı	Numunelerin iletkenlik değerlerinin ölçümünde yararlanılmıştır.

Tablo 3.2: Kullanılan cihazlar ve yardımcı gereçler (devam).

CİHAZ ADI	KULLANIM AMACI
İyonmetre Mettler DL50 otomatik titratör	Numunelerinin Ca ²⁺ iyon ölçümü için kullanıldı.
Mettler DL50 uyumlu Ca seçici elektrot	Numunelerinin Ca ²⁺ ve Mg ²⁺ iyon ölçümleri için kullanıldı.
Mettler DL50 uyumlu Mettler Toledo DP5 Phototrof DP5 elektrot	Numunelerinin toplam sertlik değerlerinin ölçülmesinde kullanıldı.
İyonmetre perfectION comb klorür	Numunelerinin Cl ⁻ iyon ölçümü için kullanıldı.

3.2. Yöntem

3.2.1. Fiziksel analizler

3.2.1.1. pH değerinin saptanması:

Numunelerin pH değeri elektronik bir pH metre olan Mettler Toledo S220-Bio masa üstü pH-metre kullanılarak belirlendi.

3.2.1.2. İletkenlik ölçümü:

Numunelerin iletkenliği Mettler Toledo SevenGo SG3-FK2 İletkenlik Cihazı kullanılarak tespit edildi. İletkenlik ölçer cihazın kalibrasyonu yapıldıktan sonra, saf su ile yıkayıp kurulandı ve su örneklerinin iletkenlik değerleri tayin edildi.

3.2.2. Kimyasal analizler

3.2.2.1. Toplam sertlik tayini:

Su numunelerinin toplam sertliği için Mettler DL50 uyumlu Mettler Toledo DP5 Phototrof DP5 elektrot kullanıldı.

Numunelerin toplam sertliği, 0.1 M EDTA çözeltilisi ile otomatik titratörde titre edilmesiyle belirlendi. Her bir su örneğinde 50 mL alınıp, örneklerin pH'ı 10 olacak şekilde tampon çözeltili ($\text{NH}_3+\text{NH}_4\text{Cl}$) ilave edildikten sonra Erio-T indikatörlüğünde 0.1 M EDTA ile titre edildi. Titrasyon eğrisinin dönüm noktasından su örneklerinin mg/L CaCO_3 cinsinden suyun toplam sertliği hesaplandı.

Tampon çözeltili ($\text{NH}_3+\text{NH}_4\text{Cl}$) hazırlığı: 54 gr NH_4Cl tartılır ve 200 mL suda çözüldürülür. Ardından 350 mL derişik NH_3 çözeltilisinden ilave edilir ve 1 L'ye tamamlanır.

3.2.2.2. Ca^{2+} ve Mg^{2+} iyon ölçümleri:

Ca^{2+} içeriğinin ölçülmesi:

Numunelerdeki Ca^{2+} miktarı kompleksometrik titrasyonla tayin edildi. Öncelikle su örnekleri NaOH ile pH=12'ye ayarlandı, müreksid indikatörlüğünde standart EDTA çözeltilisi ile titre edildi. pH 12'de magnezyum iyonlarının $\text{Mg}(\text{OH})_2$ şeklinde çökmesi sağlandıktan sonra, sadece kalsiyum iyonları EDTA ile kompleks oluşturacağından titrasyon sonucu kalsiyum derişimi mg/L CaCO_3 cinsinden hesaplandı.

Mg^{2+} içeriğinin ölçülmesi:

Örneklerin magnezyum içeriklerinin hesaplanabilmesi için aynı miktardaki örnek NaOH ile pH=10'a ayarlandı, kompleksometrik titrasyon deneyleri bu koşullarda tekrarlandı. pH=10'da kalsiyum ve magnezyum iyonlarının her ikisi de EDTA ile kompleks oluşturacağından titrasyon sonucunda her iki iyonun toplam miktarı mg/L CaCO_3 cinsinden bulundu. Örneklerin magnezyum içeriği ise iki deney arasındaki farktan bulundu.

2.2.2.3. Cl^- miktarının tayini:

Su numunelerinin Cl^- iyon ölçümleri iyonmetre perfectION comb klorür elektrot kullanılarak yapıldı. Numunelerdeki Cl^- iyon seçici elektrotla ölçüldü. Bunun için farklı konsantrasyonlarda hazırlanan standart Cl^- çözeltilerinin elektrot potansiyelleri

ölçülerek kalibrasyon eğrisi oluşturuldu, daha sonra içme sularının klorür derişimi hesaplandı.

3.2.3. Mikrobiyolojik analizler

Su analizlerinde toplam bakteri sayısı, genel kalite kriteri olarak kabul edilir. Yapılan mikrobiyolojik analizde yalnızca toplam bakteri (kolon oluşturabilen aerobik mezofilik bakteriler) analizi için mikrobiyal sayım yöntemi uygulanmış olup yüzeye yayılma tekniği kullanılmıştır.

Bunun için, 9 cm çapındaki steril petri kaplarına otoklavda steril edilmiş ve 45°C’de soğutulmuş olan Tryptic Soy Agar (TSA, bakteri besiyeri) ve Sabouraud Dekstroz Agar besiyerlerinden (SDA, küf ve maya besiyeri) 15-20 mL eklendi ve katılaşması beklendi. Eğer büyük petri kullanılırsa, petri kabına dökülmesi gereken besiyeri miktarı buna uygun olarak artar.

Besiyeri yüzeyi kurutuldu. (Laminer bir hava akış kabini içerisinde ya da bir inkübatör içerisinde yapılabilir.) Analizler için en az 2 petri kabı kullanıldı. Hazırlanan besiyeri yüzeyine su numunelerinden 1 mL aktarıldı. TSA içeren petri kapları 37°C’de 24 saat inkübasyona bırakılırken, SDA içeren petri kapları ise 25°C’de 24-48 saat inkübasyona bırakıldı ve “Yüzeye Yayılma Yöntemi” ile sayım gerçekleştirildi.

Mikrobiyolojik test metoduna göre test sonucu 5 günde sonuçlanmasına rağmen yapılmış olan mikrobiyolojik test metodu validasyonunda numunede bir kontaminasyon olduğu takdirde 2. günde açığa çıktığı tespit edilmiş olup, yapılan testlerde 2. günün sonunda üreme olmadığı takdirde numuneler takip edilmekle birlikte raporlar kapatılabilir.

Herhangi bir tespit durumunda (maya kolonileri tipik görüntüleri ile bakteri kolonilerinden ayrılır. Küfler ise 24-48 saat inkübasyonda gelişerek koloni vermezler.) *Eschericha coli*, *Clostridium sporogenes*, *Salmonella entrica*, *Bacillus subtilus*, *Psedomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aereus*, *Enterekok* ve *Koliform* olarak tanıma ve teşhisi konulan mikroorganizmanın tür tespiti yapılır.

4. BULGULAR

Tez çalışmasında, İstanbul şehir merkezinde içme suyu olarak satılan değişik noktalardan tesadüfi olarak marketlerden seçilerek temini sağlanan 21 farklı markaya sahip içme suyu numunesi fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri bakımından incelendi.

4.1. Suyun Fiziksel Özellikleri

21 farklı markaya sahip içme sularının pH ve iletkenlik değerleri Tablo 4.1.'de verilmektedir.

Tablo 4.1: İçme suyu örneklerinin fiziksel analiz sonuçları ve istatistiki değerleri.

	pH		İletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	
1. Örnek	6,42	\bar{X} : 6,35	87,10	\bar{X} : 85,93
	6,38	S: 0,0888	86,23	S: 1,3436
	6,25	%RSD: 1,3984	84,46	%RSD: 1,5635
2. Örnek	7,01	\bar{X} : 7,14	167,30	\bar{X} : 158,36
	7,32	S: 0,1609	154,80	S: 7,7886
	7,09	%RSD: 2,25	153,00	%RSD: 4,9182
3. Örnek	7,46	\bar{X} : 7,37	144,80	\bar{X} : 145,26
	7,50	S: 0,0435	145,50	S: 4,5456
	7,15	%RSD: 0,5902	145,50	%RSD: 3,1292
4. Örnek	7,15	\bar{X} : 7,20	52,60	\bar{X} : 52,53
	7,22	S: 0,0435	52,50	S: 0,0577
	7,23	%RSD: 0,604	52,50	%RSD: 0,1098

Tablo 4.2: İçme suyu örneklerinin fiziksel analiz sonuçları ve istatistikî değerleri (devam).

	pH		İletkenlik (µS/cm)	
5. Örnek	6,33	\bar{X} : 6,29	183,70	\bar{X} : 183,83
	6,25	S: 0,0416	184,20	S: 0,3214
	6,31	%RSD: 0,6610	183,60	%RSD: 0,1748
6. Örnek	6,72	\bar{X} : 6,85	101,40	\bar{X} : 101,46
	6,78	S: 0,1757	101,20	S: 0,3055
	7,05	%RSD: 2,56	101,80	%RSD: 0,3011
7. Örnek	7,55	\bar{X} : 7,56	58,96	\bar{X} : 57,10
	7,56	S: 0,0100	56,96	S: 1,7941
	7,57	%RSD: 0,1320	55,38	%RSD: 3,1420
8. Örnek	7,12	\bar{X} : 7,12	63,00	\bar{X} : 63,30
	7,13	S: 0,0100	63,50	S: 0,2645
	7,11	%RSD: 0,1404	63,40	%RSD: 0,4158
9. Örnek	7,56	\bar{X} : 7,48	222,0	\bar{X} : 215,00
	7,54	S: 0,1216	212,0	S: 6,0827
	7,34	%RSD: 1,6256	211,0	%RSD: 2,8291
10. Örnek	7,77	\bar{X} : 7,77	124,10	\bar{X} : 124,10
	7,76	S: 0,0100	123,30	S: 0,8000
	7,78	%RSD: 0,1280	124,90	%RSD: 0,6446
11. Örnek	7,86	\bar{X} : 7,86	34,90	\bar{X} : 37,36
	7,86	S: 0,0100	40,30	S: 2,7300
	7,86	%RSD:-	36,90	%RSD: 7,3072

Tablo 4.3: İçme suyu örneklerinin fiziksel analiz sonuçları ve istatistikî değerleri (devam).

	pH		İletkenlik (µS/cm)	
12. Örnek	7,45	\bar{X} : 7,41	52,40	\bar{X} : 52,39
	7,46	S: 0,0781	52,365	S: 0,0278
	7,32	%RSD: 1,0539	52,420	%RSD: 0,0530
13. Örnek	6,95	\bar{X} : 6,95	185,10	\bar{X} : 183,50
	6,96	S: 0,01	183,40	S: 1,5524
	6,94	%RSD: 0,1438	182,00	%RSD: 0,8459
14. Örnek	7,28	\bar{X} : 7,28	127,90	\bar{X} : 128,10
	7,27	S: 0,01	128,20	S: 0,2081
	7,29	%RSD: 0,000	128,30	%RSD: 0,1624
15. Örnek	7,07	\bar{X} : 7,05	35,68	\bar{X} : 34,96
	7,09	S: 0,0585	34,80	S: 0,6548
	6,98	%RSD: 0,8300	34,40	%RSD: 1,8729
16. Örnek	7,51	\bar{X} : 7,51	124,20	\bar{X} : 123,73
	7,52	S: 0,0100	122,90	S: 0,7234
	7,50	%RSD: 0,1331	124,10	%RSD: 0,5846
17. Örnek	7,98	\bar{X} : 8,05	165,50	\bar{X} : 165,66
	8,02	S: 0,0888	165,50	S: 0,2886
	8,15	%RSD: 1,1031	166,00	%RSD: 0,1742
18. Örnek	7,25	\bar{X} : 7,22	135,70	\bar{X} : 135,86
	7,26	S: 0,0608	135,30	S: 0,6658
	7,15	%RSD: 0,9418	136,60	%RSD: 0,4900

Tablo 4.4: İçme suyu örneklerinin fiziksel analiz sonuçları ve istatistikî değerleri (devam).

	pH		İletkenlik ($\mu\text{S/cm}$)	
19. Örnek	7,51	\bar{X} : 7,50	191,70	\bar{X} : 191,73
	7,50	S: 0,01	192,50	S: 0,7505
	7,49	%RSD: 0,1333	191,0	%RSD: 0,3914
20. Örnek	7,78	\bar{X} : 7,76	87,50	\bar{X} : 87,16
	7,80	S: 0,0529	87,70	S: 0,7571
	7,70	%RSD: 0,6817	86,30	%RSD: 0,8686
21. Örnek	7,21	\bar{X} : 7,22	76,10	\bar{X} : 75,80
	7,22	S: 0,01	75,30	S: 0,4358
	7,23	%RSD: 0,1385	76,00	%RSD: 0,5749

4.2. Suyun Kimyasal Özellikleri

21 farklı markaya sahip içme suyuna ait numunelerin kimyasal analiz bulguları Tablo 4.2.'de sunulmaktadır.

Tablo 4.5: İçme suyu örneklerinin kimyasal analiz sonuçları ve istatistikî değerleri.

	Mg²⁺ (ppm)		Ca²⁺ (ppm)		Cl⁻ (ppm)		Toplam Sertlik (ppm)	
1. Örnek	1,35	\bar{X} : 1,3600	5,95	\bar{X} : 5,9700	0,74	\bar{X} : 0,7430	36,35	\bar{X} : 36,3500
	1,36	S: 0,0088	6,00	S: 0,0262	0,74	S: 0,0043	36,34	S: 0,0087
	1,36	%.RSD: 0,6470	5,95	%.RSD:0,4388	0,74	%.RSD: 0,5787	36,35	%.RSD: 0,0239
2. Örnek	1,75	\bar{X} : 1,7300	15,30	\bar{X} : 15,27	1,59	\bar{X} : 1,5740	73,62	\bar{X} : 73,6300
	1,78	S: 0,0624	15,28	S: 0,0427	1,57	S: 0,0268	73,63	S: 0,0020
	1,66	%.RSD: 3,606	15,22	%.RSD:0,2796	1,54	%.RSD: 1,7026	73,63	%.RSD: 0,0027
3. Örnek	4,50	\bar{X} : 4,4300	8,56	\bar{X} : 8,5700	3,04	\bar{X} : 3,0460	66,9	\bar{X} : 66,9300
	4,40	S: 0,0608	8,58	S: 0,0091	3,03	S: 0,0070	66,94	S: 0,0280
	4,39	%.RSD: 1,3724	8,56	%.RSD: 0,106	3,05	%.RSD: 0,2298	66,89	%.RSD: 0,0418
4. Örnek	0,54	\bar{X} : 0,5500	3,43	\bar{X} : 3,4500	3,31	\bar{X} : 3,3190	15,95	\bar{X} : 15,9600
	0,56	S: 0,0200	3,45	S: 0,0177	3,31	S: 0,0036	15,97	S: 0,0087
	0,55	%.RSD: 3,63	3,46	%.RSD:0,5130	3,32	%.RSD: 0,1084	15,95	%.RSD: 0,0545

Tablo 4.6: İçme suyu örneklerinin kimyasal analiz sonuçları ve istatistikî değerleri (devam).

	Mg²⁺ (ppm)		Ca²⁺ (ppm)		Cl⁻ (ppm)		Toplam Sertlik (ppm)	
5. Örnek	1,20	\bar{X} : 1,200	5,81	\bar{X} : 5,800	13,17	\bar{X} : 13,1460	36,35	\bar{X} : 36,3500
	1,19	S: 0,0034	5,80	S: 0,012	13,15	S: 0,0272	36,34	S: 0,0087
	1,20	%RSD: 8,33	5,78	%RSD:0,2068	13,11	%RSD:0,2069	36,35	%RSD: 0,0239
6. Örnek	1,70	\bar{X} : 1,700	11,67	\bar{X} : 11,6600	2,40	\bar{X} : 2,4060	47,00	\bar{X} : 47,1300
	1,70	S: 0,003	11,66	S: 0,0132	2,41	S: 0,0052	46,99	S: 0,543
	1,69	%RSD: 0,1764	11,64	%RSD:0,1132	2,40	%RSD: 0,2161	47,93	%RSD: 1,1521
7. Örnek	0,60	\bar{X} : 0,600	3,73	\bar{X} : 3,7300	1,97	\bar{X} : 1,9650	19,72	\bar{X} : 19,7300
	0,60	S: 0,0052	3,72	S: 0,0085	1,95	S: 0,007	19,73	S: 0,005
	0,59	%RSD: 0,8666	3,72	%RSD:0,2278	1,96	%RSD: 0,3562	19,73	%RSD: 0,0253
8. Örnek	0,60	\bar{X} : 0,60	6,41	\bar{X} : 6,4000	0,71	\bar{X} : 0,7160	28,71	\bar{X} : 28,7000
	0,60	S: 0,001	6,41	S: 0,0190	0,71	S: 0,0036	28,71	S: 0,0286
	0,60	%RSD: -	6,37	%RSD: 0,2968	0,71	%RSD: 0,5027	28,76	%RSD: 0,0996

Tablo 4.7: İçme suyu örneklerinin kimyasal analiz sonuçları ve istatistik değerleri (devam).

	Mg²⁺ (ppm)		Ca²⁺ (ppm)		Cl⁻ (ppm)		Toplam Sertlik (ppm)	
9. rnek	1,70	\bar{X} : 1,7000	28,28	\bar{X} : 28,3000	1,25	\bar{X} : 1,2540	121,52	\bar{X} : 121,5300
	1,69	S: 0,0026	28,30	S: 0,02	1,23	S: 0,0165	121,53	S: 0,002
	1,69	%RSD: 0,1529	28,32	%RSD: 0,0706	1,27	%RSD: 1,3157	121,53	%RSD:0,0016
10. rnek	1,41	\bar{X} : 1,4000	17,10	\bar{X} : 17,2000	1,32	\bar{X} : 1,3310	55,71	\bar{X} : 55,7100
	1,40	S: 0,0151	17,18	S: 0,0210	1,33	S: 0,0017	55,70	S: 0,00458
	1,38	%RSD: 1,078	17,22	%RSD:0,1220	1,33	%RSD: 0,1277	55,70	%RSD: 0,0082
11. rnek	0,00	\bar{X} : 0,00	2,98	\bar{X} : 3,0000	0,74	\bar{X} : 0,7370	11,22	\bar{X} : 11,2300
	0,00	S: 0,00	3,12	S: 0,1136	0,73	S: 0,0026	11,23	S: 0,0017
	0,00	%RSD: -	2,89	%RSD: 3,786	0,73	%RSD: 0,3527	11,22	%RSD: 0,0151
12. rnek	4,96	\bar{X} : 4,9500	15,68	\bar{X} : 15,6500	0,63	\bar{X} : 0,63	66,25	\bar{X} : 66,2600
	5,00	S: 0,0556	15,66	S: 0,0360	0,63	S: 0,001	66,26	S: 0,00173
	4,89	%RSD: 1,1232	15,61	%RSD:0,2300	0,63	%RSD:-	66,25	%RSD: 0,002

Tablo 4.8: İçme suyu örneklerinin kimyasal analiz sonuçları ve istatistikî değerleri (devam).

	Mg²⁺ (ppm)		Ca²⁺ (ppm)		Cl⁻ (ppm)		Toplam Sertlik (ppm)	
13. Örnek	0,54	\bar{X} : 0,5300	4,80	\bar{X} : 4,8000	21,89	\bar{X} : 21,9560	21,39	\bar{X} : 21,4000
	0,55	S: 0,001	4,80	S: 0	21,95	S: 0,1657	21,40	S: 0,002
	0,53	%RSD: 0,1886	4,80	%RSD: -	22,02	%RSD: 0,7546	21,40	%RSD: 0,0093
14. Örnek	1,50	\bar{X} : 1,5	1,79	\bar{X} : 1,8000	24,60	\bar{X} : 24,5900	56,98	\bar{X} : 56,9800
	1,49	S: 0,001	1,80	S: 0,0069	24,58	S: 0,0088	56,79	S: 0,1810
	1,50	%RSD: 0,0666	1,81	%RSD: 0,3833	24,58	%RSD: 0,0357	57,16	%RSD: 0,3176
15. Örnek	0,01	\bar{X} : 0,01	0,01	\bar{X} : 0,01	4,37	\bar{X} : 4,3750	5,03	\bar{X} : 5,0300
	0,01	S: 0,01	0,01	S: 0,01	4,37	S: 0,0036	5,02	S: 0,002
	0,01	%RSD: -	0,01	%RSD: -	4,37	%RSD: 0,0822	5,03	%RSD: 0,0397
16. Örnek	1,46	\bar{X} : 1,46	14,82	\bar{X} : 14,8400	1,14	\bar{X} : 1,1440	57,89	\bar{X} : 57,8600
	1,45	S: 0,001	14,90	S: 0,1113	1,14	S: 0,0007	57,86	S: 0,0360
	1,46	%RSD:	14,68	%RSD: 0,75	1,14	%RSD: 0,0611	57,82	%RSD: 0,0622

Tablo 4.9: İçme suyu örneklerinin kimyasal analiz sonuçları ve istatistikî değerleri (devam).

	Mg²⁺ (ppm)		Ca²⁺ (ppm)		Cl⁻ (ppm)		Toplam Sertlik (ppm)	
17. Örnek	1,73	\bar{X} : 1,73	6,65	\bar{X} : 6,6600	33,25	\bar{X} : 33,2500	37,02	\bar{X} : 37,0000
	1,73	S: 0,001	6,60	S: 0,0632	33,24	S: 0,0091	36,99	S: 1,7121
	1,73	%RSD:	6,72	%RSD:0,9489	33,25	%RSD: 0,0273	39,97	%RSD: 4,627
18. Örnek	4,35	\bar{X} : 4,36	11,95	\bar{X} : 11,9400	1,54	\bar{X} : 1,5510	61,21	\bar{X} : 61,2000
	4,36	S: 0,0017	11,96	S: 0,0346	1,55	S: 0,0062	61,19	S: 0,0095
	4,35	%RSD:	11,90	%RSD:0,2897	1,54	%RSD: 0,3997	61,19	%RSD: 0,0155
19. Örnek	3,71	\bar{X} : 3,7	19,59	\bar{X} : 19,6000	1,63	\bar{X} : 1,6280	103,19	\bar{X} : 103,2000
	3,69	S: 0,0111	19,60	S: 0,004	1,62	S: 0,0022	103,20	S: 0,005
	3,69	%RSD:	19,60	%RSD:0,0204	1,62	%RSD: 0,1351	103,20	%RSD: 0,0048
20. Örnek	0,90	\bar{X} : 0,9	8,77	\bar{X} : 8,7600	2,81	\bar{X} : 2,8140	3,30	\bar{X} : 3,3000
	0,90	S: 0,00	8,75	S: 0,0175	2,82	S: 0,0151	3,30	S: 0,002
	0,90	%RSD: -	8,74	%RSD:0,1997	2,79	%RSD:0,5366	3,29	%RSD: 0,0606

Tablo 4.10: İçme suyu örneklerinin kimyasal analiz sonuçları ve istatistiki değerleri (devam).

	Mg²⁺ (ppm)		Ca²⁺ (ppm)		Cl⁻ (ppm)		Toplam Sertlik (ppm)	
21. Örnek	0,56	\bar{X} : 0,5600	3,45	\bar{X} : 3,4400	9,69	\bar{X} : 9,6840	16,63	\bar{X} : 16,6300
	0,56	S: 0,0078	3,44	S: 0,0164	9,65	S: 0,0294	16,63	S: 0,0113
	0,55	%RSD: 1,3928	3,42	%RSD:0,4767	9,71	%RSD: 0,3035	16,61	%RSD: 0,0679

4.3. Suyun Mikrobiyolojik Analizleri

21 farklı markaya sahip içme suyuna ait numunelerin kimyasal analiz bulguları Tablo 4.3.'de sunulmaktadır.

Tablo 4.11: İçme suyu örneklerinin mikrobiyolojik analiz bulguları.

Test Yöntemi (membran-dökme plaka-yüzey yayılma-MPN):				
Yüzeğe Yayılma Tekniğı				
Dilüsyon Oranı	1 mL su numunesi	Nötralizasyon Kontrolü	Kullanılan ajan:- İstenilen faktör:- Sonucun geçerliliğı: - Antimikrobiyal etkiye sahip olmadığından; nötralizasyon ihtiyacı oluşmamıştır.	
İnkübasyon Değeri		SONUÇ YORUMU: TSA ve SDA besiyeri kullanılmıştır. İnkübasyon istenilen sıcaklık değerinde ve süresinde gerçekleşmiştir. Kullanılan besiyerleri pozitif kontroller ile doğrulanmış olup besiyerleri uygun olduğundan kullanılabilir. Besiyer, inkübasyon şartları, pozitif kontroller sonrası negatif kontrole de tabii tutulmuştur. Besiyeri beklenen şartları sağlamıştır. Besiyeri uygunluğu ispat edilmiş olduğundan, kullanılan yüzey yayılma metodu, inkübasyon, metod doğrulama, validasyon kontrolü ve metod validasyon kontrolü ile çalışmanın uygunluğu kanıtlanmıştır.		
İstenilen İnkübasyon Sıcaklığı	TSA: 30-35°C SDA: 20-25°C			TSA: 35 °C SDA: Oda sıcaklığı
İstenilen İnkübasyon Süresi	TSA: 3-5 gün SDA: 5-7 gün			5 gün

Tablo 4.12: İçme suyu örneklerinin mikrobiyolojik analiz bulguları (devam).

Testte Kullanılan Maddeler	TSA' da görülen koloni sayısı (cfu)	SDA' da görülen koloni sayısı (cfu)	SONUÇ (tür tespiti ve doğrulaması ile)
1. Örnek	0	0	Üreme görülmemiştir.
2. Örnek	0	0	Üreme görülmemiştir.
3. Örnek	0	0	Üreme görülmemiştir.
4. Örnek	0	0	Üreme görülmemiştir.
5. Örnek	0	0	Üreme görülmemiştir.
6. Örnek	0	0	Üreme görülmemiştir.
7. Örnek	0	0	Üreme görülmemiştir.
8. Örnek	0	0	Üreme görülmemiştir.
9. Örnek	0	0	Üreme görülmemiştir.
10. Örnek	0	0	Üreme görülmemiştir.
11. Örnek	0	0	Üreme görülmemiştir.
12. Örnek	0	0	Üreme görülmemiştir.
13. Örnek	0	0	Üreme görülmemiştir.
14. Örnek	0	0	Üreme görülmemiştir.
15. Örnek	0	0	Üreme görülmemiştir.
16. Örnek	0	0	Üreme görülmemiştir.
17. Örnek	0	0	Üreme görülmemiştir.
18. Örnek	0	0	Üreme görülmemiştir.
19. Örnek	0	0	Üreme görülmemiştir.
20. Örnek	0	0	Üreme görülmemiştir.
21. Örnek	0	0	Üreme görülmemiştir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışması; İstanbul il merkezinde içme suyu olarak satılan 21 farklı markaya sahip içme suyu olarak satılan şişe sularının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik niteliklerini belirlemek amacıyla gerçekleştirildi. Araştırmada, İstanbul şehir merkezinden tesadüfi olarak seçilmiş market, gıda işletmesi kurumlarından toplanan 20 su numunesi kullanıldı. Kullanılan su numunelerinin üzerlerinde yer alan etiket değerleri ile karşılaştırmaları yapılmış ayrıca yine bu değerlerin, içme sularıyla ilgili kalite standartları TS 266, WHO, EPA ve Sağlık Bakanlığı'nın İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliği ile belirlenen limitler ile uyumu değerlendirilmiştir.

Sağlık açısından uygun bir suyun kimyasal nitelikleri belli standartlarda bulunması gereklidir. Su kimyasal nitelikler açısından insan sağlığı için gerekli olan veya doğal olarak suda bulunabilen oksijen, karbondioksit, iyot, flor, kalsiyum, magnezyum, vb. gibi maddeleri içermeli buna karşılık insan sağlığı için zararlı olan amonyak, nitrat, nitrit, cıva, kurşun, arsenik, deterjanlar, pestisidler, gübre vb. gibi maddeleri kesinlikle içermemelidir.

Suda bulunabilen önemli bazı fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kalite parametrelerinin standartları aşağıdaki Tablo 5.1'de özet olarak verilmektedir.

Tablo 5.1: İçme suyu standartlarında bazı parametrelerin izin verilen maksimum değerleri.

Parametreler	TS 266	WHO	EPA	Y*
pH	8.5	8.5	8.5	9.5
İletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	2500	-	-	2500
Toplam sertlik (CaCO_3) (mg/L)	-	500	-	-
Ca^{2+} (mg/L)	200	75	-	-

Tablo 5.1: İçme suyu standartlarında bazı parametrelerin izin verilen maksimum değerleri (devam).

Parametreler	TS 266* (2005)	WHO (2011)	EPA (2018)	Y** (2005)
Mg ²⁺ (mg/L)	50	50	-	-
Cl ⁻ (mg/L)	250	200	250	250
Koloni Sayısı, 22°C	-	-	-	-
Koloni Sayısı, 37°C	-	-	-	-

* TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular İçme Suyu Standartları

** 17.02.2005 tarih ve 25730 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe giren İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik.

5.1. Fiziksel Analizler

5.1.1 pH değerleri

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik’e göre (Resmi Gazete, 2005) göre,sulardaki pH değerinin $\geq 6,5$ ve $\leq 9,5$ pH birimleri arasında olması, suyun aşındırıcı olmamalı gerektiği ve ayrıca şişelere ya da kaplara konulan sular için minimum pH değeri 4,5 olarak belirlenebilir. Market, gıda işletmesi gibi kurumlardan alınan su numunelerinin pH değeri ile şişe üzerinde geçen pH değerleri arasında önemli bir fark saptanmadı.

Araştırmada tespit edilen pH değerlerinin ve farklı markalara ait ortalama pH değerinin (7,28) İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliği (Resmi Gazete, 2005), TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular İçme Suyu Standartları (Resmi Gazete,2005), WHO (Dünya Sağlık Örgütü, 2008) ve EPA’da (Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı,2009) bildirilen değerler arasında olduğu gözlemlendi.

5.1.2 İletkenlik değerleri

Elektriksel iletkenlik suyun çözünmüş tuz içeriğine bağlı olarak artar. Spesifik iletkenlik microsiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$) olarak ifade edilmektedir. Çalışılan içme suyu

numunelerinin iletkenliği 34,96-215,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında ortalama iletkenlik değeri ise 117,53 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir.

İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliği (Resmi Gazete, 2005) standart değeri 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'ye kadar izin verdiği için çalışılan örnekler uygun aralıktadır.

Aşağıdaki tabloda (Tablo 5.2) içme suyu örneklerinin fiziksel parametrelerine ait ortalama alınan analiz sonuçları aşağıda sunulmaktadır.

Tablo 5.2: İçme suyu örneklerinin fiziksel analiz bulguları.

	pH	İletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
1. Örnek	6,35	85,93
2. Örnek	7,14	158,36
3. Örnek	7,37	145,26
4. Örnek	7,20	52,53
5. Örnek	6,28	183,83
6. Örnek	6,85	101,46
7. Örnek	7,56	57,10
8. Örnek	7,12	63,30
9. Örnek	7,48	215,00
10. Örnek	7,77	124,10
11. Örnek	7,86	37,36
12. Örnek	7,41	52,39
13. Örnek	6,95	183,50
14. Örnek	7,28	128,10
15. Örnek	7,05	34,96
16. Örnek	7,51	123,73
17. Örnek	8,05	165,66
18. Örnek	7,22	135,86
19. Örnek	7,50	191,73
20. Örnek	7,76	87,16
21. Örnek	7,22	75,80
Ortalama	7,28	117,53
Minimum	6,28	34,96
Maksimum	8,05	215,00

5.2. Kimyasal Analizler

5.2.1. Sertlik değerleri

Sertlik, suların içme, sulama ve çeşitli endüstri dallarında kullanımında önemli bir kalite özelliğidir. Suların sertliği, içerisinde çözünmüş halde bulunan kalsiyum ve magnezyumun çeşitli tuzlarından ileri gelir. İçerisinde özünmüş halde kalsiyum ve magnezyumun çeşitli tuzlarını bulandıran suyun sertliği, bu tuzların konsantrasyonu ile doğru orantılıdır. Başka bir ifade ile, içerisinde kalsiyum ve magnezyumun tuzlarının konsantrasyonu yüksek olan suyun sertlik derecesi de yüksek olur.

Suyun sertliğinin fazlasının veya azılığının sağlığa zararlı olabileceği hakkında kesin bir sınır belirlenememiştir. Fakat saf su ayarında çok yumuşak suların, vasat sert sulara oranla, sağlık için elverişsiz oldukları bir gerçektir. Fazla sert suların ise mideye ağır gelmesi, uzayan süreçte böbrek taşları oluşumu gibi neticilere yol aması, sindirimlerinin tatlı sulara nazaran daha güç olması sebebiyle yaklaşık bir sınır olarak içme sularının toplam sertliklerinin 30 Fransız derecesini (°F) ve kalıcı sertliklerinin de 12'yi geçmemesi önerilmektedir (Demirer 1995).

Su numunelerinin sertlik değerlerinin 0,03-12,15 °F arasında değiştiği ve ortalama sertlik değerinin ise 43,13 mg CaCO₃/L (4,31 °F) saptandı.

Bu bulguların işığında çalışılan su numunelerinin “ok yumuşak sular” sınıfında olduğu söylenebilir.

5.2.2. Ca²⁺ ve Mg²⁺ değerleri

Ca²⁺ Değerleri

Analizi yapılan su numunelerinin Ca²⁺ değerlerinin ise 0,01-28,30 mg/L arasında değiştiği ve ortalama Ca²⁺ iyonu değerinin ise 9,37 mg/L saptandı.

Mg⁺⁺ Değerleri

Analizi yapılan su numunlerinin Mg²⁺ değerlerinin 0,01-4,95 mg/L arasında değiştiği ve ortalama Mg²⁺ iyonu değerinin ise 4,95 mg/L saptandı.

Ca²⁺ ve Mg²⁺ değerlerinin TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular İçme Suyu Standartları limitlerine (Ca²⁺ için tavsiye edilen değer 100 mg/L, maksimum 200 mg/L Mg²⁺ için ise tavsiye edilen değer 30 mg/L, maksimum 50 mg/L) uyum sağladığı görülmüştür.

5.2.3. Cl⁻ değerleri

Su numunelerindeki klorür miktarının 0,71-32,25 mg/L (ortalama 6,50 mg/L) arasında değiştiği saptandı. Bütün numunelerde tespit edilen klorür miktarlarının İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliği (Resmi Gazete, 2005), TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular İçme Suyu Standartları (Resmi Gazete,2005), WHO (Dünya Sağlık Örgütü, 2008) ve EPA'da (Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı,2009) izin verilen maksimum değer (250 mg/L) aşılmadığı gözlemlendi.

Suda istenmeyen maddelerden biri olan klorür, organik maddelerin parçalanma ürünleri olup bu maddelerin suda yüksek miktarlarda görülmesi suyun mikroorganizmaların parçalanma ürünleri organik maddeler ile kirlenmesinin göstergesidir. Klorür ihtiva eden sularda insan veya hayvan idrarı ile oluşmuş bir kirlenme düşünülmelidir.

Aşağıdaki tabloda (Tablo 5.3) içme suyu örneklerinin kimyasal parametrelerine ait analiz bulguları sunulmaktadır.

Tablo 5.3: İçme suyu örneklerinin kimyasal analiz bulguları.

	Toplam Sertlik (ppm)	Ca²⁺ + Mg²⁺ (ppm)	Mg²⁺ (ppm)	Ca²⁺ (ppm)	Cl⁻ (ppm)
1. Örnek	36,3500	7,3300	1,3600	5,9700	0,7430
2. Örnek	73,6300	17,0000	1,7300	15,2700	1,5240

Tablo 5.3: İçme suyu örneklerinin kimyasal analiz bulguları (devam).

	Toplam Sertlik (ppm)	Ca²⁺ + Mg²⁺ (ppm)	Mg²⁺ (ppm)	Ca²⁺ (ppm)	Cl⁻ (ppm)
3. rnek	66,9300	13,0000	4,4300	8,5700	3,0460
4. rnek	15,9600	4,0000	0,5500	3,4500	3,3190
5. rnek	36,3500	7,0000	1,2000	5,8000	13,1460
6. rnek	47,1300	13,6600	2,0000	11,6600	2,4060
7. rnek	19,7300	4,3300	0,6000	3,7300	1,9650
8. rnek	28,7000	7,0000	0,6000	6,4000	0,7160
9. rnek	121,5300	30,0000	1,7000	28,3000	1,2540
10. rnek	55,7100	18,6000	1,4000	17,2000	1,3310
11. rnek	11,2300	3,0000	0,0010	3,0000	0,7370
12. rnek	66,2600	20,6000	4,9500	15,6500	0,8230
13. rnek	21,4000	5,3300	0,5300	4,8000	21,9560
14. rnek	56,9800	15,3000	1,5000	1,8000	24,5900
15. rnek	5,0300	5,2350	0,0010	0,0010	4,3750
16. rnek	57,8600	16,3000	1,4600	14,8400	1,1440
17. rnek	37,0000	8,3300	1,7300	6,6600	32,2500
18. rnek	61,2000	16,3000	4,3600	11,9400	1,55100
19. rnek	103,2000	23,3000	3,7000	19,6000	1,6280

Tablo 5.3: İçme suyu örneklerinin kimyasal analiz bulguları (devam).

	Toplam Sertlik (ppm)	Ca²⁺ + Mg²⁺ (ppm)	Mg²⁺ (ppm)	Ca²⁺ (ppm)	Cl⁻ (ppm)
20. rnek	3,3000	9,6600	0,9000	8,7600	2,8140
21. rnek	16,6300	4,0000	0,5600	3,4400	9,6840
Ortalama	43,1314	11,7630	1,6790	9,3730	6,5080
Minimum	3,3000	3,0000	0,0100	0,0100	0,7160
Maksimum	121,5300	30,0000	4,9500	28,3000	32,250

Tüm bu sonuçlar ışığında tez çalışmasında kullanılan içme suyu numunelerinin fiziksel ve kimyasal analiz bulguları aşağıda yer alan Tablo 5.4’de özetlenmiştir.

Tablo 5.4: İçme sularının fiziksel ve kimyasal analiz bulguları.

Parametreler	n	X	En az	En ok	TS 266*
pH	21	7,28	6,28	8,05	6,5-8,5
İletkenlik (µS/cm)	21	117,53	34,96	215,00	400-2500
Toplam sertlik (°F)	21	4,31	0,01	12,15	-
Ca ²⁺ (mg/L)	21	9,37	0,01	28,30	100-200
Mg ²⁺ (mg/L)	21	1,67	0,01	4,95	30-50
Cl ⁻ (mg/L)	21	6,50	0,71	32,25	250

(n=rnek sayısı, X= ortalama)

* TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular İçme Suyu Standartları limitleri

Fiziksel ve kimyasal analizler sonucunda, örneklerin tamamının renksiz, kokusuz, berrak ve normal tatta olduğu, sertlik sonuçlarına bakıldığında ‘‘ok yumuşak sular’’ sınıfında yer aldıkları, suda istenmeyen klorür iyonunun belirlenen kalite limitlerine

dahil olduğu, pH, iletkenlik değerlerinin şişe üzerinde yer alan etiket değerleri ile uyumlu olduğu fakat Ca^{2+} ve Mg^{2+} iyon değerlerinin ise bazı numunelerde Yönetmelik ve Standartlarca kabul edilebilir düzeyde iken bazı numunelerde ise limit dışı durumda olduğu gözlemlenmiştir.

5.3. Mikrobiyolojik Analizler

Su numunelerinde yapılan bakteri, küf ve maya analizi için yüzeye yayılma yöntemi kullanılmış ve numunelerin hiçbirinde üreme görölmemiştir.

Analizi yapılan su numunelerinin mikrobiyolojik sonucu için total jerm sayımı, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliği (Resmi Gazete, 2005) ve TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular İçme Suyu Standardında (Resmi Gazete,2005) bildirilen ve kalite parametresi olarak kabul görmektedir. Yönetmelik ve standart gereği 22°C ve 37°C sıcaklıktaki kolonilerde anormal değişimin olmaması yani kolonilerinin oluşmaması gerekliliğine uyum sağlamaktadır.

Toplam bakteri miktarı için 22°C ve 37°C’de yapılan koloni sayıları bakımından numunelerin tamamının belirlenen standartlara uyum sağladığı tespit edilmiştir.

Sonuç

Su yaşam için zorunlu olan maddelerden biridir. Çok katı ve sert gibi gözükken kemiklerin %25’i, kasların % 75-80’i ve kanın % 91’inin su olması, besin maddelerinin su vasıtasıyla doku ve hücrelere nakledilmesi, hücreler içindeki metabolizma olaylarının su ortamında yapılması, metabolizma artıklarının su ile dışarı atılması, vücutta ısı düzenlenmesinin su ile sağlanması, suyun insan hayatındaki rolü ve önemini gösteren örneklerdir.

Su kalitesinin tespit edilmesindeki temel amaç, suyun kirlenmekten korunması yani aslında suyun sağlığa ve kullanım amacına uygunluğunun değerlendirilmesidir.

Suyun fiziksel özellikleri önemli karakteristik özellikleridir. İçilebilir nitelikteki su, fiziksel açıdan birtakım özellikleri taşımalıdır.

Bu nitelikler genel olarak,

- ✓ sıcaklığının çok fazla olmaması,
- ✓ bulanıklığının olmaması,
- ✓ renksiz, kokusuz ve tatsız olması olarak sıralanabilir.

Bu bağlamda bakıldığında analizi yapılan su numunelerinin neredeyse tamamının içme suyunda istenebilir fiziksel özellikleri taşıdığı söylenebilir. Su numunelerinde ölçülen ortalama pH değeri 7,28 olarak ölçülmüş olup, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik ($\geq 6,5$ ve $\leq 9,5$) ve Dünya Sağlık Teşkilatı ($\geq 6,5$ ve $\leq 9,5$) limitlerine uyum sağlamaktadır.

Bir diğer fiziksel parametre olarak iletkenlik ölçümleri değerlendirildiğinde ise aşağıdaki yargılara ulaşılabilmektedir.

Suda çözünen tuzların ve/veya minerallerin toplam konsantrasyonunun ölçüsü iletkenlik ile ifade edilmektedir. Tuzlar suda elektrik iletkenliğine sahip yüklü iyonlar halinde çözünmektedirler.

Elektriksel kondüktivite,

- ✓ Sudaki iyon sayısı ve suyun yoğunluğu ne kadar fazla ise o kadar yüksektir.
- ✓ Su akışları vasıtasıyla bölgenin jeolojisinden de etkilenmektedir.

Elektriksel kondüktivite (iletkenlik) aynı zamanda çözüntüdeki atık madde miktarını ve tuzlulukla ilişkisini de yaklaşık olarak gösterir.

Su örneklerinden alınan ortalama iletkenlik değeri ($117,53 \mu\text{S}/\text{cm}$), TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular İçme Suyu Standartları tarafından belirlenen $400-2500 \mu\text{S}/\text{cm}$ limit değerlerinin altında kalmaktadır. Buradan hareketle, dolaylı olarak İstanbul'da satılan ve içme suyu olarak kullanılan sulardaki iyon ve/veya mineral yoğunluğu ile birlikte belki de tuz oranının az olduğu söylenebilir.

Suların sertliği, su içerisinde mevcut iyonlara göre daha fazla oranda bulunan çözülmüş olarak bulunan toplam Ca^{2+} ve Mg^{2+} miktarının kalsiyum karbonat (CaCO_3) eşdeğeri olarak tanımlanmaktadır.

Ca(HCO₃)₂ ve Mg(HCO₃)₂ tuzları, sular kaynatıldığında erimeyen karbonatlar halinde çöktüğünden bunların oluşturduğu sertlik “geçici sertlik”, diğer tuzların (CaSO₄, MgSO₄, alkali metallerin sülfat tuzları) oluşturduğu sertliğe de “kalıcı sertlik” denir. Bahsedilen tüm tuzlardan ileri gelen sertlik ise “toplam sertlik” adını alır.

Suyun sertliğinin fazlasının yahut azlığının sağlığa zararlı olabileceği hakkında kesin bir sınır belirlenememiştir. Fakat saf su ayarında yumuşak suların, vasat sert sulara oranla, sağlık için elverişsiz oldukları muhakkaktır. Fazla sert suların mideye ağır gelmesi ve sindirimlerinin tatlı sulara nazaran daha güç olması sebebiyle yaklaşık bir sınır olarak içme sularının toplam sertliklerinin 30°F ve kalıcı sertliklerinin de 12°F’i geçmemesi önerilmektedir. İçme suyunda, Avrupa Birliği sertlik değerinin minimum 15°F, WHO ise minimum 10°F olmasını önermektedir.

İçme suyu numunelerinin ortalama sertlik değeri ise 4,31 olarak ölçülmüş olup vasat sayılabilecek çok yumuşak sular sınıfına dahil olmaktadır ve uluslararası standartlarca toplam sertlik kalite parametresi için belirlenen limitler dahilinde yer almamaktadır.

70 kg ağırlığındaki bir insanda toplam 42 litre su bulunur ve bunun ortalama 2 litreden fazlası aldığımız ve günlük kayıpları gideren sıvılarla her gün yenilenir. Bu su alımının yaklaşık 900 ml’si gıdalardan kalanı yani 1.1 litresi ise içeceklerden sağlanır. Bu alım hem vücudun yeterli hidrasyon düzeylerini korumasını sağlar hem de mineraller ve eser elementlerine olan ihtiyaçlarını karşılamasına yardımcı olur.

Bu mineral elementlerden,

- kemik ve zar yapılarında (Ca, P, Mg, Fl, Si),
- su elektrolit dengesinde (Na, K, Cl),
- metabolik kataliz ve hormonal fonksiyonların düzenlenmesinde (Zn, Se, Mg) faydalıdır.

Özellikle içme sularında bulunan kalsiyum bakımından zengin suyun düzenli olarak alınması aşağıdakiler ile pozitif olarak ilişkilidir;

- Kemik mineral yoğunluğunun artması

- Kemik rezorpsiyonunun azalması
- Menopoz sonrası osteoporoz göstergelerinde azalma
- Kardiyovasküler hastalıkta potansiyel azalma

Magnezyum ise, kas ve kemik sağlığı ile sinir iletisi için önemlidir. Günde ortalama 200-400 mg magnezyum alınması gerekmektedir. Şiddetli baş ağrısında, her yaşta yorgunluk hissedildiğinde, uykusuzluk çekildiğinde magnezyum ihtiyacı artar. Bu madde kalp kası sağlığı için de önemlidir. Vücut, yine magnezyum gereksiniminin önemli miktarını da içme suyundan karşılamaktadır.

WHO yayınlarında, içme suyunda kullanılan düşük sertlikteki asidik suların, insan sağlığına olan olumsuz etkileri araştırılmıştır. Bu araştırmalarda, magnezyum yönünden zengin su kullanan bölgelerde yaşayan insanlarda kalp krizi riski anlamlı bir şekilde düşük bulunmuştur.

Ca^{2+} ve Mg^{2+} değerlerinin TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular İçme Suyu Standartları limitlerine göre Ca^{2+} için tavsiye edilen değer 100 mg/L, maksimum 200 mg/L Mg^{2+} için ise tavsiye edilen değer 30 mg/L, maksimum 50 mg/L'dir.

Analize alınan 21 farklı markaya ait içme sularının Ca^{2+} ve Mg^{2+} miktarlarına bakıldığında büyük öneme sahip olan bu iyon değerleri sırasıyla, 0,001-28,30 mg/L ve 0,01-4,95 mg/L'dir. Sonuçlar göstermektedir ki içme sularında bulunan ve sağlık açısından oldukça önemli olan bu iyonlar standart değerlerinin altında kalmaktadır ve yalnızca içme suyu ile bu miktar sağlanamakta olup alınacak artı sıvı/besin vb. gibi tüketim maddeleriyle desteklenmelidir.

Suda istenmeyen iyon olan Cl^- ise, organik maddelerin parçalanma ürünleri olup bu maddelerin suda yüksek miktarlarda görülmesi suyun mikroorganizmaların parçalanma ürünleri organik maddeler ile kirlenmesinin göstergesidir. Klorür ihtiva eden sularda insan veya hayvan idrarı ile oluşmuş bir kirlenme düşünülmelidir.

Klorür iyonlarının miktarı suyun sağlığı için bir göstergedir. Pek çok içme suyunda klorür miktarı 30 mg/L'i geçmez. İnsan pisliği bulaşmış sularda ise bu miktar 50-100 mg/L'e kadar varabilir. Fakat bir suda klorür miktarının fazla oluşu kirli olduğunu

göstermez. Çünkü deniz ve kaya tuzu yataklarına yakın sularda klorür konsantrasyonu yüksektir.

İçme suyu numunelerinde ölçülen Cl⁻ değerleri 0,71-32,25 mg/L arasındadır. Bu değerler standartlarca kabul edilen limitler arasında yer almakta olup Cl⁻ iyonu miktarı insan sağlığı açısından tehlike arz etmemektedir.

Sularda bulunabilen ve insan sağlığı açısından zararlı mikroorganizmalar arasında patojen bakteriler, virüsler ve parazitler gelmektedir. İçme suyu, fekal-oral enfeksiyon zincirinin en önemli halkasıdır. Suda yüksek sayıda bakteri bulunması özellikle bebek ve çocuklarda enterik patojenlere yakalanma riskini oldukça artırmaktadır.

Zayıf sanitasyon şartları enterik patojenlere maruz kalmada çok önemli olduğundan, gelişmekte olan bölgelerde mikrobiyal patojenlerin önemli kaynaklarından birisi içme sularıdır. Hijyenik kalitesi düşük sular yüzünden dünyada, başlıca bulaşıcı diyareden dolayı, meydana gelen yılda 1.7 milyon ölüm vakasının %90'ı çocuklarda ve hemen hemen hepsi gelişmekte olan ülkelerdedir.

İçme suyu numunelerinde mikrobiyolojik analiz için kolonilerin 22°C ve 37°C'de sayımları yapılmıştır ve herhangi bir bulguya rastlanmamıştır. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmeliği (Resmi Gazete, 2005) ve TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular İçme Suyu Standardında (Resmi Gazete,2005) bildirilen ve kalite parametresi olarak kabul görmektedir. Yönetmelik ve standart gereği 22°C ve 37°C sıcaklıktaki kolonilerde anormal değişimin olmaması yani kolonilerinin oluşmaması gerekliliğine uyum sağlamaktadır.

Sonuç olarak İstanbul'da satılan 21 farklı markaya ait içme suyu örnekleri fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik açıdan uluslararası ve Türk standartlarınca belirlenen içme suyu kalitesi parametreleri yönünden incelendiğinde bazı numunelerin standartlarca belirlenen limit değerlerine uyum sağladığı gözlemlenirken çoğu numunelerin ise bu limitlerin dışında kaldığı ve böylece aslında kaliteli içme suyu olmadığı söylenebilir.

KAYNAKLAR

Acehan G., İçme Sularının Mikrobiyolojik Kirlenme Potansiyelinin İncelenmesi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2007, Adana (Danışman: Prof. Dr. Yüceer A).

Akgül D., Türkiye’de Ters Osmoz ve Nanofiltrasyon Sistemleri İle İçme Ve Kullanma Suyu Üretiminin Maliyet Analizi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2006, İstanbul (Danışman: Doç. Dr. Koyuncu İ).

Arslan O., Su Kalitesi Verilerinin CBS ile Çok Değişkenli İstatistik Analizi (Porsuk Çayı Örneği), Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 2008; 2(99), 1-11.

Aslan C., ‘Su ve Yaşam’, Ankara, 2012, p:81.

Blair K.L., Peake T.H., Stages of Supervisor Development, The Clinical Supervisor, 1995,13 (2): 119-126.

Burak S., Duranyıldız, İ., Yetiş, Ü., Ulusal Çevre Eylem Planı: Su Kaynaklarının Yönetimi, Devlet Planlama Teşkilatı, Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 1997, s:116.

Demirbaş K. D., İçme Sularının Özellikleri, Kalite Parametreleri ve Kirleticilerin Sağlık Etkileri, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2012, Denizli (Danışman: Doç. Dr. Uyak V.).

Diduch M., Polkowska Z., Namiesnik J., Chemical Quality of Bottled Waters: A Review, J Food Science, 76(9), 2011.

Dinçer S., Çanakçı Deresi Su Kalitesi ve Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi, Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2014, Giresun (Danışman: Prof. Dr. Tepe Y).

Doğan M., Soylak M., Su Kimyası, 2. Baskı, Erciyes Üniversitesi Yayın No:120, Kayseri-2000, s:132-150.

Doğdu M.Ş., Türkiye’deki Şişe Sularının Kimyasal İçerikleri ve Sağlık Açısından Değerlendirilmesi” Jeoloji Mühendisliği Dergisi, Cilt:30, Sayı:2, 2006, 12

Durhasan D., Baraj Göllerinden Su Temininde Derinliğin Su Kalitesine Etkileri, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2006, Adana (Danışman:Yrd. Doç Dr. Selek Z.).

EPA, Quality Criteria for Water, 440/5-86/001,1986.

Güler Ç., Çobanoğlu, Z., Su Kirliliği, 1.baskı, 1994, s: 31-40.

Hooda P.S., Edward A.C., Anderson H.A., Miller A., A review of Water Quality Concerns in livestock Farming Areas, Science of the Total Environment, 2000, 250 (1-3), 143-167.

İlhan A., Yeni Bir Su Politikasına Doğru Türkiye’de Su Yönetimi, Alternatifler ve Öneriler, Sosyal Değişim Derneği, Su Hakkı Kampanyası,1. Baskı, İstanbul, Aralık-2011.

Kahvecioğlu Ö., Kartal G., Güven A., Timur S., Metallerin Çevresel Etkileri-III, TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası Metalurji Dergisi, Cilt 138, Sayı: 138, 2004,64-71.

Kanber R., Türkiye’de Su Kaynakları Potansiyeli: Kullanımı, Sorunları ve Çözüm Önerileri, TMMOB Su Politikaları Kongresi, 2006, Ankara.

Kocataş A., Ekoloji ve Çevre Biyolojisi, Ege Üniversitesi Basımevi, 2. Baskı, İzmir-1992, s:564.

Kumar M. , Puri1 A., A review of permissible limits of drinking water, Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine, 16 (1), 2012.

Muslu A.V., Dünya’da ve Türkiye’de Suyun Fiyatlandırılması, T.C.Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Uzmanlık Tezi, 2015, Ankara (Danışman: Prof. Dr. Sarıkaya H.Z.).

Osmonics K., Pure Water Handbook, Clearwater Drive, Minnetonka, 2nd Edition, 1997, p:12-29.

Özsoy S., Su ve Yaşam: Suyun Toplumsal Önemi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2009, Ankara (Danışman: Prof. Dr. Fişek G.).

Özdemir A.C., İstanbul İçme Suyu Havzalarında Arazi Kullanımlarının Su Kalitesine Olan Etkisinin Değerlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2010, İstanbul (Danışman: Doç. Dr. Baycan T.).

Saurina J., Lopez-Aviles E., Moal Antoine, Hernandez-Cassou S., Determination of calcium and total hardness in natural waters using a potentiometric sensor array, *Analytica Chimica Acta*, 464, 89-98, 2002.

Soylak M., Aydın A., Saracoğlu S., Elçi L., Doğan M., Chemical analysis of drinking water samples from Yozgat, Turkey, *Polish Journal of Environmental Studies*, 11(2), 151-156, 2002.

T.C. Resmi Gazete, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Çevre Kanunu, 2003, Sayı: 4856, Başbakanlık Basımevi, Ankara.

Tutoğlu N., Türkiye'deki İçme Suyu Kaynaklarının ve Arıtma Tesislerinin Değerlendirilmesi Projesi, Araştırma ve Değerlendirme Daire Başkanlığı, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2016.

Ulusoy K., Küresel Ticaretin Son Hedefi: Su Pazarı, *Kristal Kitapları Yayınevi*, Nisan, 2007, s:125-296.

Vahl K., Kahlert H., Scholz F., Rapid Automatic Determination of Calcium and Magnesium in Aqueous Solutions by FIA Using Potentiometric Detection, *Electroanalyses*, 22(19), 2172 – 2178, 2010.

Verissimo M.I.S., Oliveria ABP, Teresa M., Gomes S., Determination of the total hardness in tapwater using acoustic wave sensors, *Sensors and Actuators B*, 127, 102-106, 2007.

Zırığ U., Çeşmelerden Plastik Şişelere İçme Suyu: Teknolojik İlerleme mi Metabolik Yarılma mı?, Bildiri Metni, 7. Karaburun Bilim Kongresi, İzmir, Ağustos-2012.

ÖZGEÇMİŞ

Adı	Kübra	Soyadı	DEMİR
Doğum Yeri	Kartal	Doğum Tarihi	08.06.1991
Uyruğu	TC	Tel	05375833494
Email	ckubrademir@gmail.com		

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mezuniyet Yılı
Doktora/Uzmanlık		
Yüksek Lisans	İstanbul Üniversitesi	2019
Lisans	Sakarya Üniversitesi	2013
Lise	Süleyman Demirel Anadolu Lisesi	2009

İş Deneyimi

Görevi	Kurum	Süre (yıl-yıl)
Ruhsatlandırma Uzmanı	Deva Holding A.Ş.	2 yıl

Yabancı Dilleri	Okuduğunu Anlama*	Konuşma*	Yazma*
İngilizce	İyi	İyi	İyi

Yabancı Dil Sınav Notu #								
YDS	ÜDS	IELTS	TOEFL IBT	TOEFL PBT	TOEFL CBT	FCE	CAE	CPE

	Sayısal	Eşit Ağırlık	Sözel
ALES Puanı			
(Diğer) Puanı			

Bilgisayar Bilgisi

Program	Kullanma becerisi
Microsoft Office	Çok iyi
Chem Draw	Çok iyi

