



**T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI**

**ANTAKYA'DA KULLANILAN KUYU SUYU KAYNAKLARININ İÇME SUYU
KALİTE PARAMETRELERİ BAKIMINDAN İNCELENMESİ VE
KEMOMETRİK YÖNTEMLERLE KARAKTERİZASYONU**

TUBA ÜNEŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Antakya/HATAY

AĞUSTOS - 2013



**T.C.
MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI**

**ANTAKYA'DA KULLANILAN KUYU SUYU KAYNAKLARININ İÇME SUYU
KALİTE PARAMETRELERİ BAKIMINDAN İNCELENMESİ VE
KEMOMETRİK YÖNTEMLERLE KARAKTERİZASYONU**

TUBA ÜNEŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Antakya/HATAY

AĞUSTOS – 2013

MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ANTAKYA'DA KULLANILAN KUYU SUYU KAYNAKLARININ İÇME
SUYU KALİTE PARAMETRELERİ BAKIMINDAN İNCELENMESİ VE
KEMOMETRİK YÖNTEMLERLE KARAKTERİZASYONU**

**TUBA ÜNEŞ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA ANABİLİM DALI**

Yrd. Doç. Dr. Yasin YÜCEL danışmanlığında hazırlanan bu tez 27/08/2013 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından oy birliği ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Yasin YÜCEL	Yrd. Doç. Dr. Zeki AYDIN	Doç. Dr. Abdullah ÖKSÜZ
Başkan	Üye	Üye

Bu tez Enstitümüz Kimya Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:674

Doç. Dr. İsmail Hakkı KARAHAN
Enstitü Müdürü

Bu çalışma MKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 175

**Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge
şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat
Eserleri Kanundaki hükümlere tabidir.**

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	III
ÇİZELGELER DİZİNİ	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	V
1. GİRİŞ	1
1.1. Su.....	2
1.1.1. Suyun Tanımı	2
1.1.2. Suyun Özellikleri	2
1.2. İçme Suyu.....	4
1.2.1. İçme Suyunun Tanımı	4
1.2.2. İçme Suyunun Özellikleri	4
1.2.2.1. İçme Suyunun Fiziksel Özellikleri.....	4
1.2.2.2. İçme Suyunun Kimyasal Özellikleri	5
1.2.2.3. İçme Suyunun Biyolojik ve Bakteriyolojik Özellikleri	10
1.2.2.4. İçme Suyunun Radyoaktif Özellikleri.....	10
1.3. Su Kaynakları.....	10
1.4. İçme Suyu Kaynakları.....	11
1.5. Türkiye’deki Su Kaynakları	11
1.6. İçme Suyu Standartları.....	15
1.7. İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektroskopisi	15
1.7.1. ICP-OES Temel Bileşenleri	15
1.7.3. ICP-OES’in Genel Kullanım Alanları	17
1.8. Kemometri.....	18
1.8.1. Temel Bileşen Analizi (PCA)	18
1.8.2. Eigen Değerler	20
1.8.3. Verilerin Analize Hazırlanması	21
1.8.3.1. Merkezileştirme.....	21
1.8.3.2. Standartlaştırma.....	21
1.8.3.3. Normalizasyon	22
1.8.4. Öbekleme Analizi	22
1.8.5. Korelasyon Analizi	23
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	24
2.1. Suyun Fiziksel ve Kimyasal Analizleri ile İlgili Yapılan Çalışmalar	24
3. MATERYAL VE YÖNTEM	28
3.1. MATERYAL	28
3.1.1. Çalışmada Kullanılan Reaktifler	28
3.1.2. Çalışmada Kullanılan Cihazlar	29
3.2. YÖNTEM.....	29
3.2.1. Bölgenin Özellikleri	29
3.2.2. Su Örneklerinin Toplanması	30
3.2.3. Su Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Analizleri	32
3.2.3.1. pH Tayini	32
3.2.3.2. Sıcaklık Tayini	32
3.2.3.3. Elektriksel İletkenlik Tayini.....	33

3.2.3.4. Toplam Çözünmüş Madde Tayini.....	33
3.2.3.5. Tuzluluk Tayini.....	33
3.2.3.6. Çözünmüş Oksijen Tayini.....	33
3.2.3.7. Toplam Sertlik Tayini	33
3.2.3.8. Ca ve Mg Sertliği Tayini.....	33
3.2.3.9. Toplam Organik Madde Tayini.....	34
3.2.3.10. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ) Tayini.....	34
3.2.3.11. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Tayini.....	34
3.2.3.12. Florür Tayini	35
3.2.3.13. Klorür Tayini.....	37
3.2.3.14. Sülfat Tayini.....	38
3.2.3.15. Sülfat Tayini	39
3.2.3.16. Fosfat Tayini	40
3.2.3.17. Nitrit Tayini.....	40
3.2.3.18. Amonyak Tayini	41
3.2.3.20. Ağır Metal Tayini.....	43
3.2.4.21. Kalibrasyon Grafiklerinin Oluşturulması.....	43
3.2.4. Su Örneklerinin Kemometrik Analizleri.....	44
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	45
4.1. Örneklerin Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları.....	45
4.2. Su Numunelerinin Ağır Metal Analiz Sonuçları.....	50
4.3. Kuyu Suyu Örneklerinin Kemometrik Analiz Sonuçları	54
4.3.1. Temel Bileşen Analizi (PCA)	54
4.3.2. Öbekleme Analizi (CA)	57
4.3.3. Korelasyon Analizi	59
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	60
KAYNAKLAR	65
TEŞEKKÜR.....	68
ÖZGEÇMİŞ	69

ÖZET

**ANTAKYA'DA KULLANILAN KUYU SUYU KAYNAKLARININ İÇME SUYU
KALİTE PARAMETRELERİ BAKIMINDAN İNCELENMESİ VE
KEMOMETRİK YÖNTEMLERLE KARAKTERİZASYONU**

Yaşadığımız dünyada su hem doğal hayatın hem de insan hayatının varlığını sürdürebilmesi için gerekli olan temel ihtiyaçlardan biridir. Sınırlı doğal kaynaklar içinde yer alan su, bir ülkenin zenginliği, medeniyetlerin gelişmesi ve gelecek kuşaklara aktarılacak en değerli hazine durumundadır. Ülkemizde su kirliliğine etki eden unsurlar; sanayileşme, kentleşme, nüfus artışı, zirai mücadele ilaçları ve kimyasal gübreler olarak sınıflandırılabilir. Yeryüzünde içme suyu kaynakları oldukça sınırlı miktardadır. Mevcut olan içme suyu kaynakları da artan nüfus, hızla gelişen endüstri ve yok olan ormanlar nedeni ile günden güne ihtiyacı karşılamakta yetersiz kalmaktadır. İçme suları yeraltı ve yerüstü kaynakları olmak üzere ikiye ayrılır. Yeraltı suları genellikle kuyu sularıdır. Yer üstü suları ise nehir, dere, çay, göl ve baraj sularıdır. Dünya su kaynaklarının yaklaşık % 97,2 si tuzlu sudur. Türkiye su kaynakları bakımından önemli ülkelerden biridir. Ülkemizde 98 milyar m³'ü yerüstü ve 12 milyar m³'ü yeraltı suyu olmak üzere 110 milyar m³'lük toplam su kaynağı bulunmaktadır. Su ihtiyacının giderek arttığı ülkemizde yeraltı suyunun kirliliğinin kontrolü ve önlenmesi çalışmaları önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada, Antakya bölgesinde içme ve kullanma suyu olarak tüketilen kuyu sularından örnekler alınarak İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelikte belirtilen içme suyu kalite parametreleri bakımından analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçların Türk Standartlar Enstitüsü (TS 266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından belirlenen içme suyu kalite standartları kriterlerine uygunluğu araştırılmıştır. Bölgedeki çevresel kirliliğin Antakya bölgesinde kullanılan kuyu sularına etkileri belirlenmiştir. Bunun yanında toplanan kuyu suyu örneklerinin ağır metal içeriğine bağlı olarak temel bileşen analizi ve öbekleme analizi gibi kemometrik tekniklerle kimyasal karakterizasyonu yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlarda ilk dört temel bileşenin toplam varyansın % 75,98' ünü açıkladığı görülmüştür. PC1 ile PC2 verileri arasında çizilen scores ve loading grafiklerine göre kuyu suyu örneklerinin A, B ve C olarak adlandırılan üç farklı grup oluşturduğu görülmüştür. A, B ve C gruplarını hangi elementlerin karakterize ettiğinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmada A grubu kuyu sularını Cu, Pb, Al ve Cd elementleri; B grubu kuyu sularını Zn, Fe ve Cr elementleri; C grubu kuyu sularını ise Mn, Cd, Pb, Al, Ni ve Zn elementlerinin karakterize ettiği görülmüştür.

2013,...Sayfa

Anahtar Kelimeler: Kuyu suyu, eser elementler, İndüktif çiftleşmiş plazma-atomik emisyon spektroskopisi, kemometri, karakterizasyon

ABSTRACT**INVESTIGATION OF WELL WATER RESOURCES ACCORDING TO THEIR QUALITY PARAMETERS USED IN ANTAKYA AND CHARACTERIZATION BY CHEMOMETRIC METHODS**

Water is one of the basic necessities for survival of both natural life and human life in the living world. Water which is limited natural resources, the wealth of a country, the development of civilizations and the most precious treasure must be transferred to future generations. Factors affecting water pollution in our country can be classified as industrialization, urbanization, population growth, agricultural pesticides and chemical fertilizers. Drinking water sources is very limited on the earth. The existing drinking water resources are insufficient to meet day to day needs because of increasing population, rapidly growing industry and destroyed forests. Drinking water is divided in two parts as underground waters and over ground waters. Underground waters are usually well water. Also over ground waters are river, stream, lake and dam water. Approximately 97,2 % of world water resources is saline water. Turkey is one of the important countries in terms of water resources. In our country, 98 billion m³ of over ground waters and 12 billion m³ of underground water surface, including water supply has a total of 110 billion m³. Increasing need for water pollution control and prevention of groundwater studies in our country is important.

In this study, well waters which are consumed as drinking water in Antakya analyzed according to drinking water quality parameters specified in the Regulation on Water Intended for Human Consumption. Results investigated according to eligibility criteria for drinking water quality standards obtained by the Institute of Turkish Standards (TS 266) and the World Health Organization (WHO). The effect of environmental pollution in the region on the well waters used in the region of Antakya determined. Along with this, according to the heavy metal ingredience of the gathered well water samples, the chemical characterization was done by chemometric methods like principal component analysis and cluster analysis.

The results obtained from the first 75 983% of the total variance of four main components' reputation has been announced. PC1 and PC2 of the data graphs are plotted according to the scores and loadings well water samples A, B and C is defined as three different groups were formed. A, B and C groups in the study to determine which of the elements of groups. Group A characterized by Cu, Pb, Al, and Cd elements, Group B characterized by Zn, Fe and Cr elements and Group C characterized by Mn, Cd, Pb, Al, Ni, and Zn elements.

2013,...Pages

Keywords: Well water, trace elements, Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry, chemometrics, characterization

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AAS	Atomic Absorption Spectroscopy, Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi
AES	Atomic Emission Spectroscopy, Atomik Emisyon Spektroskopisi
EC	Electrical Conductivity, Elektriksel İletkenlik
EPA	Environmental Protection Agency (US), Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
İ.T.A.S.H.Y.	İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik
EU	European Community, Avrupa Birliği
ICP	Inductively Coupled Plasma, İndüktif Çiftleşmiş Plazma Spektroskopisi
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
WHO	World Health Organization, Dünya Sağlık Örgütü

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Oksijenin sudaki çözünürlüğünün sıcaklıkla değişim.....	5
Çizelge 1.2. Suların sertlik derecesi ve CaCO_3 (mg/L) ilişkisi (Samsunlu, 2008)	7
Çizelge 1.3. Tabiatta Suyun Bulunma Şekilleri (Anonim 2009).	10
Çizelge 1.4. Su Kaynaklarının Yeryüzünde Dağılımı (BM verilerine göre)	12
Çizelge 1.5. TS 266 İçme Suyu Standartları	13
Çizelge 1.6. Su kalitesi standartlarının karşılaştırılması	13
Çizelge 3.1. Toplanan su örnekleri ile ilgili bilgiler	31
Çizelge 3.1. (Devam) Toplanan su örnekleri ile ilgili bilgiler	33
Çizelge 3.2. ICP-OES cihazının çalışma şartları	43
Çizelge 3.3. Elementlerin emisyon dalga boyları	43
Çizelge 4.1. Su numunelerinin sertlik ve arazide yapılan analiz sonuçları.....	46
Çizelge 4.1. (Devam) Su numunelerinin sertlik ve arazide yapılan analiz sonuçları	48
Çizelge 4.2. Kuyu suyu numunelerinin laboratuvarında yapılan analiz sonuçları.....	48
Çizelge 4.2. (Devam) Kuyu suyu numunelerinin laboratuvarında yapılan analiz sonuçları	50
Çizelge 4.3. Ağır metal analizi için hesaplanan % geri kazanım değerleri ve % bağlı standart sapmaları (n=3).....	50
Çizelge 4.4. Kuyu suyu numunelerinin ağır metal analiz sonuçları, (mg /L), (n=3)	51
Çizelge 4.4. (Devam) Kuyu suyu numunelerinin ağır metal analiz sonuçları, (mg/L),(n=3)	53
Çizelge 4.5. Kuyu suyu numunelerinde ağır metal analiz sonuçlarının istatistiksel değerleri.....	53
Çizelge 4.6. Su örneklerinin eigen değerleri ve her bir temel bileşenin yüzde varyans değerleri.....	54
Çizelge 4.7. Altı temel bileşen için değişkenlerin loading değerleri	55

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. ICP-OES'in temel bileşenleri (Yıldız, A. 1993).....	15
Şekil 1.2. İndüktif Çiftleşmiş Plazma Kaynağındaki Sıcaklıklar (Yıldız, A. 1993)	17
Şekil 3.1. Hatay merkez ve genelinde numune toplanan noktalar	30
Şekil 4.1. Temel bileşen analizi sonuçları (a) 1. ve 2. Temel bileşenlerin scores değerleri (b) 1. ve 2. Temel bileşenlerin loadings değerleri	56
Şekil 4.2. Şekil 4.2. Kuyu suyu örneklerinde öbekleme analizi sonucunda oluşan dendogramlar (a) Kuyu suyu numuneleri (b) Elementler.....	58

1. GİRİŞ

Yaşadığımız dünyada su hem doğal hayatın hem de insan hayatının varlığını sürdürebilmesi için gerekli olan temel ihtiyaçlardan biridir. Sınırlı doğal kaynaklar içinde yer alan su, bir ülkenin zenginliği, medeniyetlerin gelişmesi ve gelecek kuşaklara aktarılabilir en değerli hazine durumundadır.

Bir insanın sadece biyolojik ihtiyaçları için günde 2 litre suya ihtiyacı vardır. Temizlik, yemek, ısınma gibi günlük ihtiyaçlar ve giyinme barınma gibi endüstriyel ihtiyaçlarda düşünülürse günlük ihtiyacımız olan su miktarı daha da artar. Yeryüzündeki su kaynaklarının yaklaşık olarak % 99,4 ($1,4 \cdot 10^9 \text{ km}^3$)'lük bölümü yerüstü, % 0,6'sı yeraltı suyudur. Dünya su kaynakları bakımından incelenirse, toplam su kaynaklarının yaklaşık % 97,2'si tuzlu su olarak okyanuslarda bulunur. Karalar toplam suyun % 2,8'ini, buzullar ise % 2,1 ini bulundurmaktadır. 4000 metre derinliğe kadarki yer altı suları % 0,61'i dir. Zemin nemi % 0,0005; göllerdeki tatlı su % 0,009; nehirler % 0,0001 ve tuzlu göller ise % 0,008'idir. Toprak alanların suyunun % 75'inden fazlası tuzlu sudur veya buzullarda saklıdır. Tatlı su olarak insanların kullanabileceği sular dünyanın su kapasitesinin sadece küçük bir yüzdesidir. Dünya da içme-kullanma, sulama ve endüstriyel amaçlarla gereksinim duyulan suyun, % 0,3'ü göller ve % 0,003'ü akarsularda olmak üzere, çok az bir bölümü yerüstü su kaynaklarında bulunmaktadır. Buna karşılık, % 22 ($9 \cdot 10^6 \text{ km}^3$) gibi çok önemli bir oranla yeraltı suyu olarak tüketilebilecek durumdadır (Fetter, 1994, Bear ve Cheng, 1999).

Türkiye'de yıllık yağış ortalaması 643 mm' dir. En yüksek yağış ortalaması 1400 mm ile Doğu Karadeniz' de en küçük yağış miktarı ise 400 mm' lik değer ile Kızılırmak ve Konya kapalı havzasında kaydedilmiştir (Anonim 1995).

Yeraltı suyunun ülkemizde ve dünyada artan su ihtiyacının karşılanmasında, giderek daha fazla kullanılması nedeniyle potansiyel bir kirlenme durumu söz konusudur. Kirletilen su kaynağının temizlenmesinin, korunmasından daha güç ve pahalı olduğu bilinen bir gerçektir. Bu nedenle, yeraltı suyunun kirliliğinin kontrolü ve önlenmesi çalışmalarının yapılması gerekmektedir (Tombul ve Bilgin, 1998).

Bu çalışmada Antakya bölgesinde içme ve kullanma suyu olarak tüketilen kuyu sularından örnekler alınarak İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelikte belirtilen içme suyu kalite parametreleri bakımından analiz edilecektir. Elde edilecek sonuçların Türk Standartlar Enstitüsü (TS 266), Dünya Sağlık Örgütü (WHO), ABD ve

Hollanda İçme Suyu Standartları tarafından belirlenen içme suyu kalite standartları kriterlerine uygunluğu araştırılacaktır. Bölgedeki çevresel kirliliğin Antakya bölgesinde kullanılan kuyu sularına etkileri belirlenecektir. Çalışmanın ana hedefi Antakya’da içme ve kullanma suyu olarak tüketilen kuyu sularının kemometrik teknikler kullanılarak karakterize edilmesi ve kaynak orijinlerinin belirlenmesidir.

1.1. Su

1.1.1. Suyun Tanımı

Yaşamın ana unsuru olan su, en temel gereksinim maddesi olması bakımından, diğer doğal kaynaklardan farklı olarak, ekonomik değerinin dışında, günümüzde sosyal ve politik amaçlar doğrultusunda kullanılmaya müsait bir meta olarak karşımıza çıkmaktadır. Suyun tanımının yapılması, özelliklerinin ve kullanım alanlarının ortaya konması, nicel ve nitel bakımlardan incelenmesi, farklı bilim dallarında daha detaylı ve kapsamlı bir araştırma yapılmasını gerektirecek kadar önemlidir.

Dünyanın oluşumuyla birlikte ortaya çıkan ve insanlık tarihinden daha eskiye dayanan, aynı zamanda normal sıcaklık ve basınç altında sıvı halde bulunan su; bir oksijen ve iki hidrojen atomundan oluşan renksiz, kokusuz ve tatsız bir maddedir. Diğer bir deyişle su, yeryüzünün üçte ikisini kaplayan, bileşiminde çözelti ya da asıltı halinde çeşitli maddeler bulunan sıvı bir maddedir. Yerine başka bir şeyin ikame edilemeyeceği doğal bir kaynak olarak su, insan hayatı için oksijenden sonra en önemli öğedir.

1.1.2. Suyun Özellikleri

Su 0 °C’nin altında donar, 100 °C’nin üzerindeki sıcaklıkta ise buhar haline dönüşür, 0 ile 100 °C arasında ise sıvı haldedir.

Su, üçlü noktası olarak bilinen 273,16 Kelvin (0,01 °C) sıcaklık değerine tekabül eden durumda sıvı, katı ve gaz halde dengede bulunabilir. Bu diğer maddelerin sıvı hallerinin sahip olmadığı önemli bir özelliktir.

Suyun katı hali yani buz hali sıvı halinden daha az yoğundur. Bu nedenle buz, suyun üzerinde yüzebilmektedir. Genelde bütün maddelerin katı hali, sıvısı içerisinde batmaktadır çünkü katı halin yoğunluğu daima daha fazladır. Bilim tarifine göre; bir maddenin katı hali sıvı halinden daha düzenli ve sık bir molekül yapısı gösterdiğinden

her zaman yoğunluğu daha fazladır. Fakat su bir istisnadır. Su yaklaşık +4 °C'de en yoğun haldedir. Biraz daha soğuyup 0 °C'nin altına inildiğinde, yoğunluğu azalan katı parçacıklar yukarı hareket eder ve su yüzeyinden donmaya başlar. Göllerde canlı örneği görüldüğü üzere, su yüzeyden donmaya başlar ve aşağıya doğru yayılarak donmaya devam eder. Fakat dünyadaki diğer bütün sıvı maddeler dipten donmaya başlar ve en son yüzeyde tamamlanır. Eğer suyun bu istisnai özelliği olmasaydı, donan deniz ve göllerdeki bütün dip canlıları yok olurdu. Bilimle açıklanamayan bu olgu, yaratanın suya verdiği benzersiz bir özelliktir.

Su kötü bir elektrik iletkenidir. İçerisinde çözünmüş olan mineral tuzlar ve karbondioksit sayesinde iyonik bir yapı sergiler ve elektriği az da olsa iletirler.

Güneşten gelen kızılötesi ışınlar, suda kırıldıktan sonra elektromanyetik spektrum üzerinde kırmızı renklidir. Kırmızı renk kendi üzerinde absorbe edildiği için, büyük bir kısmı görünmez. Bu nedenledir ki denizler direkt güneş altında mavi, kapalı havalarda ise hafif yeşile kaçan bir tonda görünür. Kırmızı, mavi ve yeşil ana renkleri düşündüğümüzde kırmızının absorbe edilmesi bu durumu açıklamaktadır. Deniz dibinin yosunlu olması halinde deniz çok daha yeşil renkte görünebilmektedir. Sonuç olarak denizin gökyüzünün maviliğinden dolayı mavi görünmesi gibi bir şey söz konusu değildir.

Su, molekülleri arasındaki çekim kuvveti yani kohezyon kuvveti yüksek bir maddedir. Bu nedenle bir bütün halinde dağılmadan kalabilir ve kohezyona bağlı olarak yüzey gerilimi de yüksek olduğundan durgun su halinde yüzeyi çok pürüzsüzdür.

Su, diğer maddelerin moleküllerine karşı çekim kuvveti yani adezyon kuvveti yüksek olan bir maddedir.

Su, eriyebilme özelliğine sahip olan birçok madde için iyi bir çözücüdür.

Su, öz ısı çok yüksek bir madde olduğundan ısıtılır veya soğutulurken diğer maddelere nazaran fazla enerjiye ihtiyaç duyar. Isınan suyun soğuması ve soğuyan suyun ısınması da aynı şekilde zordur.

1.2. İçme Suyu

1.2.1. İçme Suyunun Tanımı

İnsanların yaşamsal faaliyetlerini yerine getirebilmesi için içtikleri ve diğer gereksinimlerini karşıladıkları suya içme ve kullanma suyu denilmektedir.

1.2.2. İçme Suyunun Özellikleri

1.2.2.1. İçme Suyunun Fiziksel Özellikleri

Sıcaklık

Su kaynaklarının sıcaklığı, mevsimlere, hava hareketliliğine, su kaynağının geçtiği ortama, akış hızına ve derinliğine göre değişmektedir. Suyun sıcaklığı arttığında kimyasal reaksiyonların hızı ve süreci artmaktadır. Ayrıca, suyun sıcaklığının artması O_2 , CO_2 , N_2 ve CH_4 gibi gazların sudaki çözünürlüğünü azaltmaktadır. İçme suyunun 10-12 °C’de olması en uygundur.

Bulanıklık

Bulanıklık öncelikle görünüm açısından önemlidir. Suyun tadını etkiler. Suyun bulanıklığına etki eden nedenler; Yosunlar, diatomeleri, demir bakterileri gibi mikroorganizmalar sayılabilir. Ayrıca kimyasal maddeler ile erimiş tuzların miktarları da bulanıklığa etki eder.

İletkenlik

İletkenlik suda çözülmüş iyonların bir fonksiyonudur. Sularda mineral asitler olmak üzere çözülmüş katılardaki değişimi ifade eder.

Renk

Suda renk fazla istenmez. Çünkü bu suda çözülmüş olan Fe, Mn, Cr, Ni gibi metal iyonlarıyla ve organik bileşiklerin varlığını gösterir. Renk tayini yapılacak numuneler berrak olmalı, eğer askıda ve tortu maddeleri varsa santrifüjlenmelidir.

pH

pH değeri hidrojen iyonunun aktivitesinin ($-\log H$) ile belirtilir. Suyun pH içinde çözüldürmüş olduğu karbonat, bikarbonat, karbondioksit ve OH^- iyonlarına bağlıdır. pH’sı düşük olan yani asidik olan sularda karbondioksit ve bikarbonat baskındır.

pH<6,5 ise suyun aşındırıcı etkisinin olduğunu gösterir. pH>9,5 ise tat problemi vardır. Suya sabunumsu bir kayganlık hissi verir. $6,0 < \text{pH} < 8,0$ tercih edilir.

Tuzluluk

Sularda doğal olarak en sık rastlanan tuzlar kalsiyum, magnezyum, sodyumun bikarbonat, sülfat ve klorürleridir.

Tat ve Koku

Suda ki tat, içinde bulunan organik ve inorganik maddelerden ileri gelebileceği gibi içinde yaşayan mikroorganizmalardan da gelebilir. Koku ise; genellikle suda bulunan organik maddelerden ve organizmalardan kaynaklanır.

Askıda Katı Maddeler ve Işık Geçirgenliği

Askıda katı maddelerin konsantrasyon değerleri bulanıklık ve ışık geçirgenliğini etkiler. Askıda katı maddeler örnek su numunesi süzülürken filtre üzerinde kalan toplam maddedir. Askıda katı maddeler; silt, kil, organik yapıdaki küçük partiküller, inorganik maddeler, çözülebilen organik bileşikler, planktonlar ve diğer mikroskobik organizmalardan oluşur. Suda askıda katı maddelerin bulunması tat ve koku problemi oluşturabilir.

1.2.2.2. İçme Suyunun Kimyasal Özellikleri

Çözünmüş Oksijen

Çözünmüş O_2 bulunmayan sular akuatik hayat (su canlıları) için ölüm sayılır. Oksijenin sudaki normal çözünürlüğü 9 mg/L dir. Sıcaklığın düşmesiyle bu çözünürlük artar. Sıcaklık artmasıyla sudaki O_2 serbest hale geçerek havaya karışır ve oksijenin çözünürlüğü azalır. 0°C de 14,6 mg/L, 35°C de 7 mg/L Oksijenin sudaki çözünürlüğünün sıcaklıkla değişimi Çizelge 1.1 de verilmektedir..

Çizelge 1.1. Oksijenin sudaki çözünürlüğünün sıcaklıkla değişimi

Sıcaklık $^\circ\text{C}$	0	2	4	6	8	10	18	20	26	30
çöz. O_2 mg/L:	14,6	13,8	13,1	12,5	11,9	11,3	9,5	8,7	8,2	7,6

Organik Madde

Organik Maddelerin suda bulunması canlı mikroorganizmalar açısından önemlidir. Fazla olmasında O_2 miktarı azalmaktadır. Bu da canlılar üzerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır.

Organik Madde; toplam organik karbon, kimyasal oksijen ihtiyacı ve biyolojik oksijen ihtiyacı parametrelerinin toplamı olarak da düşünülebilir. Özellikle; kimyasal ve biyolojik oksijen ihtiyaçları önemlidir. Bu parametrelerin konsantrasyonlarının artması su havzasında herhangi bir evsel ve endüstriyel kirlenmenin göstergesidir. Bu nedenle bu parametrelerin kontrolü gerekmektedir.

Biyolojik Oksijen İhtiyacı

Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ), aerobik şartlarda bakterilerin organik maddeyi parçalayarak stabilize etmeleri için gereken oksijen miktarı olarak tanımlanabilir. BOİ testi, evsel ve endüstriyel atık suların kirlilik derecesini belirlemede yaygın olarak kullanılan bir testtir. Organik maddenin ölçüsü olarak biyokimyasal oksidasyon sırasında harcanan oksijen ele alınır. Sarf edilen oksijenin fazlalığı, sudaki organik madde miktarının fazla olduğunu gösterir.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), evsel ve endüstriyel atık suların kirlilik derecesini belirlemede kullanılan önemli bir parametredir. BOİ gibi ancak ondan farklı olarak organik maddenin biyokimyasal reaksiyonlara değil redoks reaksiyonlarıyla oksitlenmesi esasına dayanır.

Toplam Sertlik

Sertlik su içinde (+2) değerlilik iyonlarının yani Ca^{+2} , Mg^{+2} , Sr^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} konsantrasyonlarının bir sonucudur. Bu sular sıcak halde nakledildikleri boru veya kazan içinde çökelti teşkil ederek ısı transferini güçleştirip, akışın hidrolik koşullarını olumsuz etkileyen sulardır. Ayrıca deriyi tahriş eder, mutfakta kullanılan eşyalarda rengi matlaştırır, kumaşların ömrünü azaltır. Sular genel olarak, sertlik derecesine göre Çizelge 1.2.'de görüldüğü gibi sınıflandırılırlar:

Çizelge 1.2. Suların sertlik derecesi ve CaCO_3 (mg/L) ilişkisi (Samsunlu, 2008)

mg CaCO_3 /L	Sertlik derecesi
0-75	Yumuşak
75-150	Orta Sertlikte
150-300	Sert
300 ve üzeri	Çok Sert

Suların sertlik derecelerinin ifade edilmesinde farklı ülkelerde Fransız, Alman ve İngiliz sertlik dereceleri kullanılır. Ülkemizde sık kullanılan sertlik derecelerinin mg CaCO_3 /L cinsinden değerleri şöyledir:

1. Fransız sertlik derecesi = 10 mg/L
2. Alman sertlik derecesi = 17,8 mg/L
3. İngiliz (Clark) sertlik derecesi = 14,3 mg/L

Florür

Sularda bulunan florür diş sağlığı açısından önemlidir. İnsanlar için gerekli florür'ün başlıca kaynağı içme suyudur. WHO standartlarına göre içme suyunda ideal florür konsantrasyonu 0,9 mg/L ile 1,2 mg/L arasındadır (Anonymous 2006).

İnsanların dişlerindeki şekil bozuklukları, (dental fluorosis) olarak yıllardan beri bilinmektedir. Bu konuda yapılan çeşitli araştırmalar ile sularda bulunan aşırı florür miktarlarının da şekil bozukluğuna neden olduğu belirlenmiştir. Florür iyonu konsantrasyonu sularda 10 mg/L'yi aşmadıkça, bu rahatsızlığın görülmediği çeşitli araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur. Sudaki florür seviyesi arttıkça, bozukluk derecesi ve şiddetinde artış görülmektedir (Samsunlu, 2008).

Flor dünya yerkabuğunda 0,3 g/ kg oranında bulunmaktadır. Yeraltı sularında suyun geçtiği yerlere bağlı olarak konsantrasyon farklılık gösterebilir. Fakat yeraltı sularında florür konsantrasyonu genellikle 10 mg/L'yi geçmemektedir. Diş bozuklukları yanında daha yüksek konsantrasyonlarda iskelet sisteminde de şekil bozukluklarına yol açabilmektedir. Diş sağlığı açısından 0,5 mg/L altındaki florür konsantrasyonuna sahip içme sularına florür takviyesi yapılması önerilmiştir (Anonymous 2006).

Klorür

Klorürler tüm doğal sularda çeşitli konsantrasyonlarda bulunurlar. Klorür içeriği, normal olarak, mineral içeriğinin artması ile artar. Dağlık alanlardaki su kaynakları çok düşük klorür konsantrasyonları içermektedir. Buna karşılık nehir ve yeraltı su kaynakları çok düşük klorür konsantrasyonları içerir. Deniz ve okyanusların klorür seviyeleri ise oldukça yüksektir.

Klorürlere çevresel açıdan bakıldığında klorürler insanlar için zararlı değildir. 250 mg/L'den yüksek konsantrasyonlar suya tuzlu bir lezzet verir. Bu nedenle evsel kullanım için su temin edilen yerlerde 250 mg/L konsantrasyonu ile sınırlandırılmıştır. Su temin edilen kaynakların kısıtlı olduğu yerlerde 2000 mg/L klorür içeren sular, evsel kullanım için hiçbir zararlı etki yapmaksızın kullanılmışlardır. İnsan vücudu bu tip suya uyum sağladığında ters etkiler meydana gelmemektedir.

Sülfat

Sülfatlar suyun tadını bozarlar ve aşındırıcı etki meydana getirirler. Aşındırıcılığı daha çok metal aksamalar ve beton sistemlerde görülür. Kaynağı evsel ve endüstriyel kirlenmedir.

Fosfat

Polifosfatlar içme ve kullanma sularında korozyonu gidermek amacı ile suya eklenebilirler. Aynı zamanda, bazı su yumuşatma işlemlerinde de fosfatlar eklenerek, kalsiyum karbonatın ortamdan çökeltme sureti ile uzaklaştırılması kolaylaştırılır.

Nitrit

İçme sularında nitratlara benzer etki gösterirler ama daha çok tehlikelidir. Kan zehirlenmesine yol açar. Kanda oksijen taşınmasını engelleyerek oksijensizlikten boğulmaya sebep olur. Kaynağı; gübrelerin yağmur sularıyla göllere ulaşması, evsel atıklardır.

Nitrat

İçme sularında yüksek nitratlı suların içimi ölüme yol açabilir. Yetişkinlerde bağırsak, sindirim ve idrar sistemlerinde iltihaplanmalara neden olur. Boğaz hastalıkları ve kan hastalıklarına yol açabilir. Bebeklerde ise nitrat nitrite indirgenerek mavi bebek

hastalığına (methaemoglobinaemi) sebep olur. Kaynağı; evsel ve sanayi kaynaklı kirlenme ile tarımsal gübrelemedir.

Amonyak

Sudaki amonyumun esas nedeni; amonyağın indirgemesi ile meydana gelir. Amonyak ise su ve topraktaki organik ve inorganik maddelerin parçalanmasından, canlıların biyolojik atıklarından, mikroorganizmalar tarafından sudaki azotun indirgenmesinden ve atmosferdeki azotun suda çözünmesiyle oluşur. Yüksek amonyak konsantrasyonunda suda toksik etki yaparak suyun ekolojik dengesini bozar.

İçme sularında amonyumun varlığı tat ve koku problemi haricinde insanlar üzerinde çok olumsuz etki göstermemekle birlikte varlığı suya evsel atıkların karıştığı anlamına gelir. Dolayısıyla su potansiyel hastalık yapıcıdır. Amonyaklı bileşiklerin arıtılmadan dezenfeksiyon işlemine tabii tutulmasıyla NH_4Cl gibi kanserojen etki yapan maddeler meydana gelir. Kaynağı evsel ve sanayi kirlenmedir. Türk standartlarında amonyum konsantrasyonu 0,05-0,5 mg/L olarak belirlenmiştir.

Alkalite

Bir suyun alkalitesi, o suyun asitleri nötralize edebilme kapasitesi olarak tanımlanır. Doğal suların alkalitesi, zayıf asitlerin tuzlarından ileri gelir. Bunların basında yer alan bikarbonatlar, alkalitenin en önemli şeklidir. Bikarbonatlar karbondioksitin topraktaki bazik maddeler üzerindeki faaliyeti sonucu sularda oluşurlar. Doğal sularda ayrıca boratlar, silikatlar ve fosfatlar gibi diğer zayıf asit tuzları küçük miktarlarda bulunabilirler.

Birçok madde suyun alkalitesine katkıda bulunur. Doğal sularda alkalitenin en önemli kısmı, üç farklı tür maddeden ileri gelir. Bunların pH değerlerinin yüksek oluşuna göre su şekilde gruplandırabiliriz.

1) Hidroksitler

2) Karbonatlar

3) Bikarbonatlar

Suların alkalitesi genelde zayıf asitlerin tuzlarından ve kuvvetli bazlardan ileri gelir. Alkalite, atık su arıtma uygulamalarında çok kullanılan bir özelliktir. Alkalite halk sağlığı yönünden önemli değildir. Yüksek alkaliteli sular, genellikle tatsızdır.

1.2.2.3. İçme Suyunun Biyolojik ve Bakteriyolojik Özellikleri

İçme suyu biyolojik ve bakteriyolojik olarak şu parametreler analiz edilir.

Biyolojik: planktonlar, perifitonlar, makrofitonlar, bentik veya dipsel vertebralar ve balıklardır.

Bakteriyolojik (Mikrobiyolojik): koliform grubu, fekal streptokok, patojenik mikroorganizmalar, virüsler, funguslar, demir sülfür bakterileridir.

1.2.2.4. İçme Suyunun Radyoaktif Özellikleri

Suyun kullanımını denetleyen önemli özelliklerden biri de radyoaktivite özelliğidir. Yeraltı sularındaki uranyum, toryum, radyum, radon gibi radyoaktif elementlerin analizlerinin oldukça pahalı olması radyoaktivitenin belirlenmesini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, öncelikle toplam alfa ve beta radyoaktivitesi analiz edilerek, içme ve kullanma suyu standartlarından yüksek olanlarda radyoaktivitenin hangi elementten kaynaklandığı araştırılmaktadır (Varol, 2011).

1.3. Su Kaynakları

Tabiatta su şekilde de görüldüğü gibi meteorik, yerüstü ve yeraltı suları olmak üzere üç şekilde bulunmaktadır. Tabiatta suyun bulunuş şekilleri aşağıdaki Çizelge 1.3.'te özetlenmektedir.

Meteorik suları oluşturan yağmur ve kar suları genelde biyolojik olarak temiz kabul edilirler. Ancak son zamanlarda oluşan radyoaktif serpintiler ve asit yağmurları nedeni ile bu suların temizliğinden şüphe edilmekte olup bu tip suların sarnıçlarda toplandıktan sonra belli bir arıtma kademesinden geçirilerek kullanılmaları önerilmektedir.

Çizelge 1.3. Tabiatta Suyun Bulunma Şekilleri (Anonim 2009).

SUYUN CİNSİ	BULUNMA ŞEKLİ	KULLANIM ŞEKLİ
* Meteorik Sular	Yağmur, Kar suları	Sarnıçlar ile
* Yerüstü Suları	Dere, Nehir, Göl suları	Barajlar ile
* Yeraltı Suları	Kuyu, Kaynak suları	Kuyu ve kaynaklar ile

Yerüstü sularını oluşturan dere nehir ve göl suları ve hatta son zamanlarda deniz suları genel olarak kirli kabul edilirler. Bu tip sular barajlarda toplanıp, arıtıldıktan sonra dezenfekte edilerek şebeke sistemi ile kullanıma verilirler.

Dünyada büyük miktarlarda su yeraltında toplanır. Yeraltı suyunun bir kısmı, yerin yüzeyinden aşağı doğru süzülen yağıştan meydana gelir. Yeraltı suyu için kullanılan diğer bir terimde “akifer”dir. Akiferler tüm dünya suyunun büyük depolama yeridir ve insanların günlük yaşamlarının su gereksinimi, yeraltı suyuna bağlıdır.

1.4. İçme Suyu Kaynakları

Dünyadaki toplam suyun yaklaşık 1 386 milyon kilometre küp (332,5 milyon mil küp)’nün yani % 97,2’sini tuzlu sular oluşturmaktadır. Bütün tatlı su kaynaklarının % 75’i ise buz ve buzulların içinde hapsedilmiştir.

Tatlı suyun diğer % 30’u ise yer altındadır. Nehirler, göller gibi yüzeysel tatlı su kaynakları, dünyadaki toplam suyun yaklaşık % 1’inin 1/700’ü olan 93 100 kilometre küp (22 300 mil küp)’nü oluşturur.

Dünya’da kişi başına yılda 92 000 m³ suya sahip olan Kanada su zenginliğinde 1.sırada yer alırken, ABD, Kuzey Avrupa Ülkeleri ve İzlanda 10000 m³’ün üzerinde su potansiyeli ile su zengini ülkeler arasındadır.

1.5. Türkiye’deki Su Kaynakları

Ülkemizde ortalama yıllık yağış miktarı 643 mm olup, bu yağış miktarı ortalama 501 milyar m³ suya karşılık gelmektedir. Yağışın 274 milyar m³’ü çay, nehir, göl ve denizler ile bitkilerden buharlaşma yoluyla atmosfere geri döner. Yağışla toprağa düşen suyun 158 milyar m³’ü irili ufaklı pek çok akarsuyla deniz ya da göllere taşınmaktadır. Geriye kalan 69 milyar m³’ü yeraltı suyunu oluşturur. Oluşan yeraltı suyunun 28 milyar m³’ü kaynak suyu (pınarlar) halinde yüzey sularına tekrar katılmaktadır. Ayrıca Meriç ve Asi gibi nehirlerle komşu ülkelere yılda ortalama 3 milyar m³ su gelmektedir.

Çizelge 1.4. Su Kaynaklarının Yeryüzünde Dağılımı (BM verilerine göre)

<u>Kıtalar</u>	<u>Nüfus % olarak</u>	<u>Su Kaynağı % olarak</u>
Kuzey Amerika	8	15
Güney Amerika	8	26
Avrupa	13	8
Afrika	13	11
Asya	60	36
Avustralya ve Adalar	1	15

Günümüz teknolojik ve ekonomik koşulları çerçevesinde çeşitli amaçlara yönelik tüketilebilecek yüzey suyu potansiyeli, ülke içindeki akarsulardan 95 milyar m³ su ve komşu ülkelerden ülkemize gelen 3 milyar m³ suyla toplam 98 milyar m³'ü bulmaktadır. Yapılan teknik hesaplara göre, çeşitli şekillerde yerüstüne çıkarılabilen su miktarı 14 milyar m³ civarındadır. Çalışmalar ve etütler, günümüz şartlarında yurdumuzun tüketilebilir yüzey ve yeraltı suyu potansiyelinin yılda ortalama 112 milyar m³ olduğunu göstermektedir (Burak ve ark., 1997:6).

Bugünkü koşullarda 95 milyar m³ yüzey suyu potansiyelimizin ancak 27,5 milyar m³'ünden (% 29) yararlanılabilmektedir. Yararlanılan su potansiyelinin 20,9 milyar m³'ü (% 76) sulamada, 3,85 milyar m³'ü (% 14) belediyeler tarafından içme suyu olarak, 2,75 milyar m³'ü (% 10) de sanayide kullanılmaktadır (Burak ve ark., 1997:1).

Çizelge 1.5. TS 266 İçme Suyu Standartları

	PARAMETRE	BİRİM	TAVSİYE	İZİN
ORGANOMETRİK PARAMETRELER	Görünüm		BERRAK-	
	Koku		KOKUSUZ	
FİZİKO-KİMYASAL PARAMETRELER	Sıcaklık	°C	12	25
	pH		6,5	9,5
	Renk	Pt-Co	1	20
	Bulanıklık	NTU	5	25
	İletkenlik (20 °C)	µs/cm	400	2000
	Klorür	mg/l	25	250
	Serbest Klor	mg/l	0,1	0,5
	Sülfat	mg/l	25	250
	Kalsiyum	mg/l	75	200
	Magnezyum	mg/l	50	150
	Sertlik	mg/l		50
	Sodyum	mg/l	20	175
	Potasyum	mg/l	10	12
	Alüminyum	mg/l	0,05	0,2
	Toplam Çözünmüş	mg/l		1500
	Nitrat	mg/l	25	50
	Nitrit	mg/l		0,5
	Amonyum	mg/l	0,05	0,5
	Kjeldahl Azotu	mg/l		1
	Bor	µg/l	1000	2000
	Demir	µg/l	50	200
	Mangan	µg/l	20	50
	Bakır	µg/l	100	2000
	Çinko	µg/l	100	5000
	Fosfor	µg/l	400	5000
	Florür	µg/l		1500
	Baryum	µg/l	100	300
	Gümüş	µg/l		10
TOKSİK MADDELER	Arsenik	µg/l		10
	Kadmiyum	µg/l		5
	Siyanür	µg/l		50
	Krom	µg/l		50
	Cıva	µg/l		1
	Nikel	µg/l		20
	Kurşun	µg/l		10
	Antimon	µg/l		5
	Selenyum	µg/l		10
	Toplam Koliform	ad/100ml		0
MİKROBİYOLOJİK PARAMETRELER	Toplam Bakteri	ad/ml	100	500

Çizelge 1.6. Su kalitesi standartlarının karşılaştırılması (Anonim, 2008)

PARAMETRE	BİRİM	WHO	EPA	AB
Bulanıklık(NTU)	NTU	5	1	1
Renk	birim	15	15	-
Koku ve Tat		-	-	-
Bromat	µg/L	25	10	10
Alüminyum	mg/L	0,2	0,2	0,2
Arsenik	mg/L	0,05	0,01	0,01
Baryum	mg/L	0,7	2	-
Kadmiyum	mg/L	0,005	0,005	0,005
Krom(toplam)	mg/L	0,05	1	0,05
Florür	mg/L	1,5	2	1,5
Kurşun	mg/L	0,05	0,015	0,01
Siyanür	mg/l			
Civa	mg/L	0,001	0,002	0,001
Nitrat	mg/L	50	45	50
Nitrit	mg/l	3	-	-
Selenyum	mg/L	0,01	0,05	0,01
Gümüş	mg/L	-	0,1	-
Antimon	mg/L	0,005	0,006	0,005
Berilyum	mg/L	-	0,004	-
Klorür	mg/L	250	250	250
Bakır	mg/L	-	1	2
Demir	mg/L	-	0,3	0,2
Mangan	mg/L	0,5	0,05	0,05
pH	-	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-9,5
Sülfat	mg/L	250	250	250
Toplam Çözünmüş	mg/L	1000	500	-
Çinko	mg/L	-	5	-
Kalsiyum	mg/L	-	-	-
Sertlik (CaCO ₃)	mg/L	50	-	
Magnezyum	mg/L	-	-	-
Potasyum	mg/L	-	-	-
Sodyum	mg/L	200	-	200
Amonyum	mg/L	1,5	-	0,5

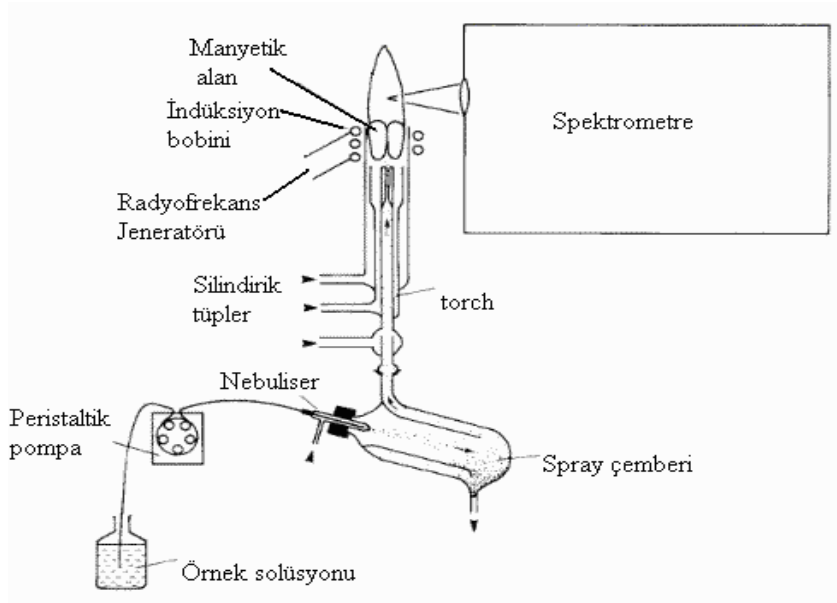
1.6. İçme Suyu Standartları

İçme sularının renksiz, berrak olması, hastalık yapıcı organizmaları, zararlı kimyasal maddeleri ihtiva etmemesi ve agresif olmaması gerekir. Sularda bu şartları sağlamak ve suda bulunması arzu edilmeyen maddelerin belirli bir seviyenin altında tutmak için çeşitli standartlar geliştirilmiştir. Bunlar arasında dikkate değer olanı Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) tarafından verilen standartlardır. Ülkemiz için kabul edilen içme suyu standardı ise TS-266 olup Çizelge 1.5 de topluca verilmiştir. Diğer standartlar ise Çizelge 1.6 da gösterilmiştir.

1.7. İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektroskopisi

Atomik emisyon spektroskopisinde elektrik boşalımına dayanan atomlaştırma ve uyarma kaynakları, son yıllarda yerini plazmalara bırakmıştır. Plazma, gaz halindeki iyon akımı olarak tanımlanabilir (Yıldız, A. 1993). Kolay iyonlaştırılabilmesi ve inert olması nedeniyle, ICP tekniğindeki plazma, argon gazı ile oluşturulur. Çok çeşitli yöntemlerle plazma oluşturmak mümkün olmakla beraber bu yöntemde elektromanyetik olarak, argon gazının indüksiyon sarımlarında bir radyo frekans (rf) jeneratörü ile etkileştirilmesiyle elde edilir (Leblebici, Z., 2006). Şekil 1.7.1.1.'de ICP-OES'nin temel bileşenleri verilmiştir.

1.7.1. ICP-OES Temel Bileşenleri



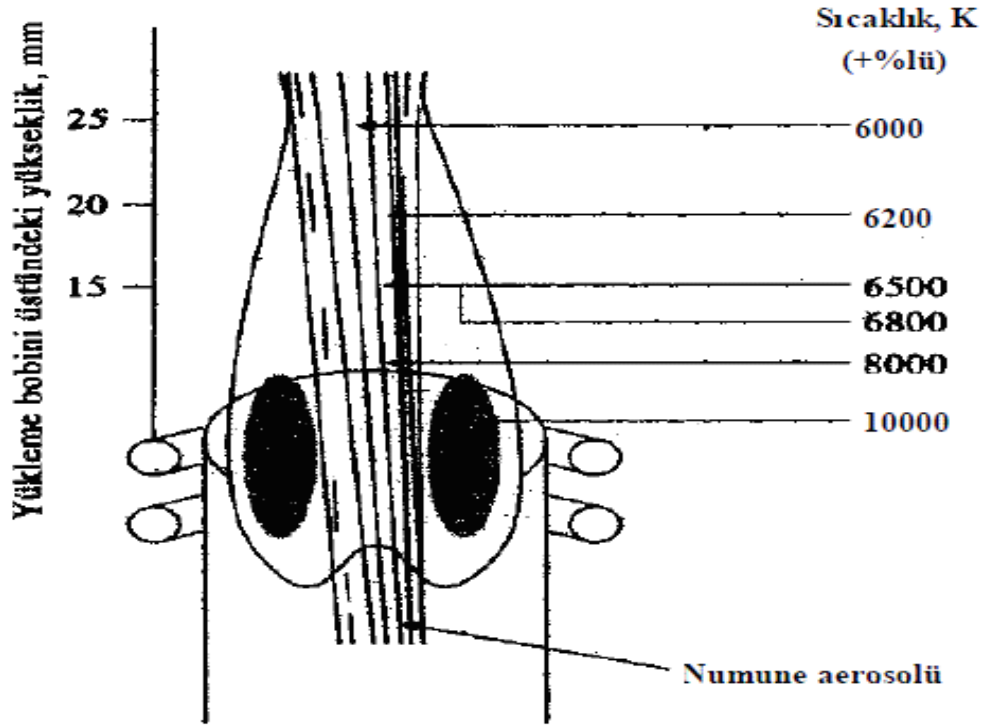
Şekil 1. 1. ICP-OES'in temel bileşenleri (Yıldız, A. 1993)

ICP yönteminin üstünlükleri; yüksek sıcaklıklara ulaşabilmesi, örnek çözeltisinin plazma içerisinde oldukça uzun alıkonma süresine sahip olması ve atomlaştırma ve uyarma işlemlerini inert bir kimyasal çevrede gerçekleştirmesidir.

1.7.2. ICP-OES Çalışma Sistemi

Şekil 1.1.'de görüldüğü gibi, örnek çözeltisi argon gazı ile birlikte silindirik bir kuvartz tüp içinden plazmaya pompalanır. Plazmayı oluşturacak argon gazı çapı bu silindirik tüpten biraz daha büyük olan ikinci bir kuvartz silindirin içinden geçirilir. Dış silindirin uç kısmına değişik sayıda indüksiyon sarımı sarılır ve bu sarımlar bir radyo frekans jeneratörüne bağlanır (Yıldız, A. 1993). Dıştaki silindirin ucunda, radyo frekans jeneratöründen gelen ve indüksiyon sarımlarından geçen akım nedeniyle bir elektromanyetik alan oluşur. Argon gazı akımında ilk elektronların oluşturulması, bir elektron kaynağı ile sağlanır ve elektronlar, indüksiyon sarımının oluşturduğu manyetik alanda hızlanarak, argon atomları ile çarpışırlar ve argon iyonları daha fazla sayıda elektronun oluşmasını sağlar. Bu işlemin tekrarlanması ile ortam sıcaklığı 6 000-10 000 K arasında değişen bir sıcaklığa ulaşır. Plazmanın içine giren örnek çözeltisi atomlaşır ve uyarılır.

Şekil 1.2. plazmanın çeşitli kısımlarındaki sıcaklıkları gösterir. Örnek atomları, zamanla gözlenen noktaya ulaşır. Burada atomlar 4 000-8 000 K sıcaklık aralığında yaklaşık 2 milisaniye kalırlar. Bu zaman ve sıcaklıklar, alev yöntemlerinde kullanılan (asetilen / nitröz oksit) en sıcak alevlerde (asetilen / nitröz oksit) görülenden yaklaşık 2-3 kat daha büyüktür. Bunun sonucunda daha iyi bir atomlaşma olur ve çok daha az kimyasal girişim sorunu ile karşılaşılır. Sürpriz olarak, iyonlaşma girişimi etkileri çok küçük veya hiç yoktur, çünkü argonun iyonlaşmasından gelen elektron derişimi, numune bileşenlerinin iyonlaşması sonucu oluşan elektron derişimine göre çok büyüktür (Yıldız, A. 1993).



Şekil 1. 2. İndüktif Çiftleşmiş Plazma Kaynağındaki Sıcaklıklar (Yıldız, A. 1993)

1.7.3. ICP-OES'in Genel Kullanım Alanları

Kullanım yaygınlığı bakımından katı örneklerle çalışma olanağının olmaması, ICP-OES için kısıtlayıcı bir engeldir. Ancak çoğu laboratuvarlar çözeltiye alma işlemlerini, alevli AAS için olduğu gibi, ICP-OES içinde giderek daha kolay ve daha hızlı şekilde gerçekleştirebilmekte, mikrodalgalı fırınlar ve basınçlı bombalar gibi yöntemler, hatta otomasyona bağlı çözünürleştirme işlemleri, bu konuda analizcinin yükünü azaltmaktadır. ICP-OES için bazı genel kullanım alanları şunlardır;

- Tarım ürünleri ve gıda maddeleri
- Biyolojik ve klinik uygulamalar
- Jeolojik maddeler
- Çevre sorunları ve su analizleri
- Metaller ve metal alaşımları
- Petrol ürünleri ve yağ analizleri
- Organik maddelerde element tayinleri

1.8. Kemometri

Kemometri; bilgisayar, istatistik ve matematiksel yöntemlerin kimyasal verilere uygulanmasıdır. Ne var ki, tüm bu metotların limitleri ve varsayımları tam olarak anlaşılmadan kimyasal problemlerin çözümüne yönelik istatistiksel metotların kullanılması uygun olmamaktadır. Kimyasal veriler tek değişkenli olabildiği gibi çoğu zaman birçok değişkene bağlı olabilmektedir. Bu değişkenlerin her birinin analiz başlangıcında eşit öneme sahip olduğu önemle düşünülen bir noktadır. Çok değişkenli verilerin analizinde çoğu zaman kemometrik metotlar kullanılmaktadır (Demir, 1997). Kemometri yöntemlerinde veriler genellikle matriks formundadır. Satır ve sütunlardan oluşan matriks yapıları kimyasal verileri karakterize etmektedir. Matriksler vektörlerden oluşmaktadır. Vektörler küçük, koyu ve italik simgelerle gösterilirler. Matriksler ise büyük, koyu ve italik simgelerle ifade edilir. Çok değişkenli veri analizinde ham veri X simgesiyle gösterilir. Bu verinin boyutları $I \times J$ şeklinde ifade edilir. Burada I örneği, J ise değişkeni gösterir. Konsantrasyon vektörleri ise y simgesiyle gösterilir. Eğer birden fazla konsantrasyon vektörü varsa simge Y şeklini alır ve konsantrasyon matriksi olarak isimlendirilir (Demir, 1997). Değişik amaçlara göre birçok kemometrik yöntem vardır. Çalışmada kullandığımız kemometrik yöntemler temel bileşen analizi (PCA), öbekleme analizi, korelasyon analizi ve optimizasyon teknikleridir.

1.8.1. Temel Bileşen Analizi (PCA)

Çok değişkenli veri analizinde temel bileşen analizi en çok kullanılan tekniklerden biridir. Temel bileşen analizi yapılarak örnekler arası nasıl bir ilişki vardır, değişkenler arası nasıl bir ilişki vardır gibi sorulara yanıt bulunur. Temel bileşen analizinde X ile gösterilen bir veri matrixi, T ile gösterilen bir score matrixi, P ile gösterilen bir loading matrixi ve E ile gösterilen bir hata matrixi bulunur. Bu değerlerle ilgili eşitlik (1.1.) deki ifade yazılabilir.

$$X = TP' + E \quad (1.1.)$$

Temel bileşen analizinin uygulanmasında çeşitli algoritmalar kullanılmaktadır. En çok kullanılan algoritmalar NIPALS (Sürekli olmayan en küçük kareler) ve SVD

(Tek değişkenli ayrışma)'dır. Temel bileşenlerin çıkarılmasında çoğunlukla NIPALS algoritması kullanılır. Bu metodun SVD'ye göre avantajı bizim istediğimiz kadar temel bileşeni hesaplamasıdır (Demir, 1997).

PCA için genel eşitlik temel bileşenlerin toplamı olarak (1.2.)'de olduğu gibi yazılır.

$$X = \sum_{k=1}^K t_k p'_k + E \quad (1.2.)$$

Eşitlikte k bileşen sayısını belirtmektedir. Veri matrixinin elementel boyutta ayrıntılı yapısı Şekil 1.5'te gösterilmiştir.

$$\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1J} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2J} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{I1} & x_{I2} & \dots & x_{IJ} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & \dots & t_{1K} \\ t_{21} & t_{22} & \dots & t_{2K} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{I1} & t_{I2} & \dots & t_{IK} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1J} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2J} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{K1} & p_{K2} & \dots & p_{KJ} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_{11} & e_{12} & \dots & e_{1J} \\ e_{21} & e_{22} & \dots & e_{2J} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ e_{I1} & e_{I2} & \dots & e_{IJ} \end{bmatrix}$$

Şekil 1.5. Veri matrixinin ayrıntılı yapısı (Demir, 1997)

Şekil 1.5.'te görüldüğü gibi ilk olarak t_1 scores'i ve p'_1 loadings'i ile $t_1 p'_1$ çarpımı elde edilir. Eğer $t_1 p'_1$ çarpımını X matrixinden çıkarılırsa E_1 hatası hesaplanmış olur. Bu hata bir sonraki hatayı hesaplamada kullanılır. Bununla ilgili bağıntılar eşitlik (1.3.) ve (1.4.) te verilmiştir.

$$E_1 = X - t_1 p'_1 \quad (1.3.)$$

$$E_2 = E_1 - t_2 p'_2 \quad (1.4.)$$

k sayıda bileşen için hata hesabına yönelik (1.5.) eşitliği kullanılmaktadır.

$$E_k = E_{k-1} - t_k p'_k \quad (1.5.)$$

Yukarıdaki eşitlikte $\mathbf{p}'_k$ simgesiyle gösterilen loadings vektörü eşitlik (1.6.) da gösterildiği şekilde hesaplanır.

$$\mathbf{p}'_k = \mathbf{t}'\mathbf{X} / \mathbf{t}'\mathbf{t} \quad (1.6.)$$

Aynı şekilde benzer bir formül ile scores vektörü $\mathbf{t}_k$ eşitlik (1.7.) de gösterildiği şekliyle hesaplanır.

$$\mathbf{t}_k = \mathbf{X} \mathbf{p}_k / \mathbf{p}'_k \mathbf{p}_k \quad (1.7.)$$

Yukarıdaki eşitliklerde verilen loadings ve scores vektörleri her bir bileşen için hesaplanır ve böylece temel bileşenler elde edilir (Brereton, 2007).

Temel bileşenlerin hesaplanmasında kullanılan loadings ve scores değerleri normalizasyon ve ortagonallik gibi bazı önemli özelliklere sahiptir (Demir, 1997).

1.8.2. Eigen Değerler

Temel bileşen analizinde eigen değerler verideki bileşen sayısının bulunmasında kullanılır. En yüksek eigen değeri en önemli temel bileşen anlamına gelmektedir.

Kemometri literatüründe eigen değerlerine yönelik bir çok tanım bulunmaktadır. Genel istatistiksel tanımı bir temel bileşenin değişimidir. Eigen değer genellikle temel bileşen scores'larının karelerinin toplamının örnek sayısının bir eksiğine bölünmesiyle elde edilir. İfade matematiksel olarak eşitlik (1.8.) de verilmiştir.

$$\mathbf{g}_k = \frac{\sum_{i=1}^I t_{ik}^2}{I - 1} \quad (1.8.)$$

Bazı araştırmacılar ise eigen değerleri basit bir şekilde temel bileşen scores'larının karelerinin toplamını örnek sayısına bölerek hesaplamışlardır. Eşitlik (1.9.) da denklem gösterilmiştir.

$$\mathbf{g}_k = \frac{\sum_{i=1}^I t_{ik}^2}{I} \quad (1.9.)$$

1.8.3. Verilerin Analize Hazırlanması

Kemometrik analizlerde ham veri büyük öneme sahiptir. Yapılan bir deneysel çalışma sonrasında elde edilen verilerin kemometrik hesaplamalarına geçmeden önce verilerin özellikleri dikkatle incelenmelidir. Elde edilen veriler arasında birbirinden çok farklı değerler bulunuyorsa ya da değerler arası büyük dengesizlik varsa, verilerin benzer birimlere çevrilmeleri veya ortalama değer etrafında toplanması gerekebilir. Bunun gibi durumlarda verilere merkezileştirme, standartlaştırma ve normalizasyon gibi verilerin analize hazırlanmasına yönelik işlemler uygulanır (Brereton, 2007).

1.8.3.1. Merkezileştirme

Kemometrik analizde veri matrixinin $\mathbf{X}$ simgesiyle ifade edildiği ve bu matrixin satırlarının i sütunlarının ise j simgeleriyle gösterildiği bölüm 2.5.'de belirtilmişti. Buna göre $\mathbf{X}_{ij}$ şeklindeki bir veri matrixinin merkezileştirme işlemi eşitlik (1.10.) da belirtildiği gibi yapılmaktadır.

$${}^m\mathbf{X}_{ij} = \mathbf{X}_{ij} - \mathbf{X}_j \quad (1.10.)$$

Eşitlikte ${}^m\mathbf{X}_{ij}$ merkezileştirme işlemi yapılmış matrixi ifade etmektedir. $\mathbf{X}_{ij}$ i 'inci satır j 'inci sütundaki matrix elemanını, $\mathbf{X}_j$ ise her bir kolonun ortalamasını belirtmektedir. Eşitlikten de görülebileceği gibi, matrixteki her bir kolonun ortalamasının kolon elemanlarından çıkarılmasıyla matrix verisinin merkezileştirme işlemi yapılmış olmaktadır. Böylece matrixteki her bir değer ortalama çevresinde toplanmış olmaktadır.

1.8.3.2. Standartlaştırma

Standartlaştırma işleminde öncelikle her bir kolonun ortalama ve standart sapması hesaplanır. Daha sonra kolondaki her bir elemandan kolon ortalaması çıkarılır ve kolon standart sapmasına bölünür. Böylece matrix verisi standartlaştırılmış olur. Eşitlik (1.11) de standartlaştırma işlemi formülü gösterilmiştir.

$${}^s\mathbf{X}_{ij} = \frac{\mathbf{X}_{ij} - \bar{\mathbf{X}}_j}{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^I (\mathbf{X}_{ij} - \bar{\mathbf{X}}_j)^2}{N-1}}} \quad (1.11.)$$

Eşitlikte ${}^s X_{ij}$ simgesi standartlaştırma işlemi yapılmış matrixi ifade eder.

1.8.3.3. Normalizasyon

Normalizasyon işlemi verilerin sabit bir değere getirilmesi işlemidir. Matrix üzerinde normalizasyon işlemi yapılırken önce satır elemanları toplanır ve toplam değerler her satır için ayrı ayrı hesaplanır. Sonra her bir satır toplamı her satırın kendi elemanlarına bölünür ve normalizasyon işlemi tamamlanmış olur. Normalizasyon işlemi eşitlik (1.12.) de gösterilmiştir.

$${}^N X_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^I X_i} \quad (1.12.)$$

Eşitlikte ${}^N X_{ij}$ simgesi normalize edilmiş matrixi ifade etmektedir (Brereton, 2003).

1.8.4. Öbekleme Analizi

Öbekleme analizi örnekler yada değişkenler arasındaki benzerliklerin gösterilmesi ve yorumlanmasına yönelik kimyada sıkça kullanılan kemometrik yöntemlerden biridir (Brereton, 2003). Öbekleme analizi ile benzer örnekler aynı grup altında toplanabilmektedir. Öbekleme analizi görsel metot, hiyerarşik metot ve hiyerarşik olmayan metot olmak üzere üç ayrı şekilde yapılabilmektedir. Görsel metot genellikle temel bileşen noktalarının gözlenmesinde kullanılmaktadır. Diğer iki teknik arasında en çok kullanılanı hiyerarşik öbekleme analizidir (Brereton, 2007).

Hiyerarşik öbekleme analizinde öklid uzaklığı (Eucliden distance) dikkate alınır ve birbirine en yakın veya en uzak gruplar oluşturulur. Gruplar arasındaki yakınlık benzerliği, uzaklık ise farklılığı ifade eder. Bu gruplar dendogram adı verilen grafiklerde gösterilir. Öklit uzaklığı eşitlik (1.13.) deki gibi hesaplanır.

$$d_{ki} = \frac{d_{Ai} + d_{Bi}}{2} + \frac{|d_{Ai} - d_{Bi}|}{2} = \max(d_{Ai}, d_{Bi}) \quad (1.13.)$$

Eşitlikte (k) ve (i) simgeleri, (k) numaralı kolonun (i) numaralı elemanını ifade eder. A ve B simgeleri ise örnekleri gösterir.

1.8.5. Korelasyon Analizi

Korelasyon analizi, değişkenler arasındaki benzerliği incelemek amacıyla kullanılan bir kemometrik analiz yöntemidir. Bu yöntemde r simgesiyle gösterilen korelasyon katsayısı hesaplanmaktadır. Korelasyon katsayısı 1'e ne kadar yakın ise iki örnek arasındaki benzerlik o kadar fazladır. Öklit uzaklığına bir alternatif olan bu yöntem ile örnekler arası benzerlikler karakterize edilmektedir (Brereton, 2007). Korelasyon katsayıları (1.14.) eşitliğine göre hesaplanır.

$$r_{ik}^2 = \frac{\sum_{j=1}^J (x_{ij} - \bar{x}_i)(x_{jk} - \bar{x}_k)}{\sqrt{\sum_{j=1}^J (x_{ij} - \bar{x}_i)^2} \sqrt{\sum_{j=1}^J (x_{jk} - \bar{x}_k)^2}} \quad (1.14.)$$

Eşitlikte (i) ve (k) simgeleri örnekleri, (j) simgesi ise değişkenleri ifade eder. Yapılan kemometrik analizlerde, örnekler arası benzerliklerin ölçülmesinde korelasyon katsayıları tek başına yeterli olmayabilir. Bu nedenle çalışmalarda genellikle hem korelasyon katsayıları hem de öklit uzaklıkları hesaplanır ve değerlerin uyumluluğu karşılaştırılır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Suyun Fiziksel ve Kimyasal Analizleri ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Bursa Uludağ'daki su kaynaklarının su kalitesinin incelenmesi amacıyla, toplam 28 su kaynaklarından Mayıs ve Eylül aylarında beşer numune alınarak 280 adet numune fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik olarak analiz edilmiştir. Sonuç olarak, kimyasal analizlerde toplam sertlik ve organik madde yönünden numunelerin % 28,57'sinin, nitrit bakımından % 14,2'inin ilgili standartlara uygun olmadığı gözlenmiştir (Günşen vd, 1997).

Erzurum şehir şebeke sistemine dahil kapalı meskenlerden ve halk çeşmeleri arasından belirlenen 15 istasyondan 15.12.2008-10.06.2009 tarihleri arasında toplam 150 numune alınmıştır. Alınan numunelerin tümünde pH, elektriksel iletkenlik, bulanıklık, florür, klorür, nitrit, nitrat, sülfat, fosfat, sodyum, amonyum, potasyum, magnezyum ve kalsiyum analizleri yapılmıştır (Dombaycı, 2009).

Balabandere İstanbul-Bahçeköy boyuna profilinde bazı su kalitesi parametrelerinin incelenmesi amacıyla, noktasal ve alansal olarak kirliliğe yol açan kaynakların yerel ve zamansal değişimler üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada Balabandere üzerinde 4 adet örnekleme noktası belirlenmiş ve altı ay boyunca bu noktalardan alınan su numuneleri fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik olarak analiz edilmiştir. Sonuç olarak arazi kullanmanın su kalitesi üzerinde çok önemli etkileri olduğu, özellikle fosfat ve azot konsantrasyonlarının tarım alanları çıkışında çok arttığı belirlenmiştir (Serengil, 1997).

Karadeniz bölgesinde bulunan Büyük Melen Nehri ve kolları üzerindeki sekiz noktadan her ay alınan su numunelerinde pH, AKM, KOİ ve BOİ₅ parametrelerine ait ölçümler yapılmıştır. Bölgede nüfus ve sanayileşme hızla arttığı için nehirlerdeki su kalitesinin olumsuz yönde etkilendiği gözlenmiştir (Sumer vd. 2001).

Orta Toroslarda bulunan Eğrigöl 'den seçilen toplam 7 kaynaktan mevsimsel örneklemler gerçekleştirilmiştir. Alınan örneklerde fiziksel ve kimyasal parametrelerin (sıcaklık, pH, iletkenlik, seki disk derinliği, çözünmüş oksijen, kalsiyum, magnezyum, geçici sertlik) yanında besleyici elementler (nitrit azotu, nitrat azotu, amonyum azotu, fosfat fosforu ve silis) ve klorofil-a incelenmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde Eğrigöl

de su sıcaklığının 8,3-21,1 °C, pH'nın 8,07-8,84, iletkenliğin 210-291 $\mu\text{S}/\text{cm}$, CO_2 çözünmüş oksijenin 4,3-11,7 mg/L, bikarbonatın 103,7-195,2 mg/L, toplam sertliğin 240-720 mg/L CaCO_3 , kalsiyum miktarının 32,1-160,3 mg/L, magnezyum miktarının 26,8-114,1 mg/L, nitritin 0,49-4,90 $\mu\text{g}/\text{L}$, nitratın 1,12-38,70 $\mu\text{g}/\text{L}$, amonyumun 3,08-48,28 $\mu\text{g}/\text{L}$, fosfatın 0,92-24,13 $\mu\text{g}/\text{L}$ ve silisin 24,13-181,20 $\mu\text{g}/\text{L}$ arasında değiştiği saptanmıştır (Başaran ve Egemen, 2006).

Osmaniye ili sınırları içerisinde yer alan, Dörtöl ve Payas ilçelerinin içme suyunu karşılayan Hasan Çayı'nın bazı su kalitesi özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma da su kalitesi parametrelerinden pH, CO_2 çözünmüş oksijen, sıcaklık, tuzluluk, kimyasal oksijen ihtiyacı, toplam alkalite ve sertlik, amonyak, nitrit, nitrat, fosfat, sülfat, klor, potasyum, sodyum, silisyum ve askıda katı madde değerleri incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda Hasan Çayı su kalitesi parametrelerinin aylara göre değişimleri belirlenmiştir (Tepe vd 2006).

İstanbul ili Samandıra, Sarıgazi ve Taşdelen beldelerine ait içme ve kullanma suyu kalitesinin belirlenmesi amacıyla, Elmalı barajı ve Ömerli barajının 2006 yılı içerisinde her ay alınan 384 adet su numunesi analiz edilerek değerlendirilmiştir. Değerlendirmede İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik (İ.T.A.S.H.Y.) baz alınarak fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik olarak uygunluğu araştırılmıştır (Aydın 2007).

Türkiye de Konya ilinde yapılan bir çalışmada su kirliliğine neden olan NO_3^- tespit edilmiştir (Nas ve Berktaş, 2005).

Yapılan diğer bir çalışmada derin kuyulardaki As ve ağır elementlerin etkisiyle kirlenme araştırılmıştır. Araştırmada iz element olarak B, Ba, Cd, Cr, Mn, Ni, Pb, Se, U miktarını tespit etmişlerdir (Chanpiwat ve ark. 2011).

Bir başka çalışmada Arjantin'de yer altı suyunda ve toprakta iz elementler araştırılmıştır. Bu araştırmada Cu, Fe, Mn, Zn, V' un sığ yer altı sularında çok daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar bu çalışmalarında ağır metalleri belirlemek için ICP-OES cihazlarını kullanmışlardır (Heredia ve Cirelli, 2009).

A. Chen ve arkadaşları iki farklı mevsimde 112 kuyuda suyun pH değerlerini tespit etmişlerdir. Ayrıca suda ki değişik seviyedeki kirlenmeleri tespit edip ağır metalleri analiz etmişlerdir (Chen ve ark., 2007).

İstanbul’da tüketilen ticari ve şebeke bazlı içme sularının kimyasal ve spektroskopik profilleri hakkında çalışma yapılmıştır (Süphandağ ve ark., 2007).

İtalya’daki musluk suyu ve şişe sularındaki inorganik bileşenlerinin kıyaslamasını yaparak içme suyu kalitesi üzerine çalışma yapılmıştır (Cidu ve ark., 2011).

Türkiye de marketlerde satılan 70 şişe suyun içerisinde tuz minerallerinin içerikleri ve günümüzde uygulanan düzenlemelerle değerlendirilmesi, ülkemizde yapılan bir başka çalışmadır (Güler ve Alpaslan, 2009).

Yapılan bir çalışmada yeraltı suyu ve yüzeysel suların fizikokimyasal özelliklerinin tahmini ve çok değişkenli modeli üzerine çalışma yapmışlardır (Ayoko ve ark., 2007).

Bir başka çalışmada kısmi en küçük kareler regresyonu kullanılarak UV/Vis spektroskopisi ile yer altı suyundaki nitrat ve diğer su kalite parametrelerinin belirlenmesidir (Dahlen ve ark., 2000). Güney Afrika da 2 bölgede yapılan çalışmada yer altı suyu kalitesi yönetiminde bir araç olarak kullanılan faktör analizi kullanılmıştır (Love ve ark., 2004).

Bir başka çalışma da bir tarım arazisindeki bir pompa kuyusunun çekim bölgesindeki su kalitesi ve değişimi belirlenmiştir (Bonton ve ark., 2010).

İran ülkesinde, Kashan havzasında yer altı suyunun nitel ve nicel özellikleri değerlendirilmiştir (Jamshidzadeh ve Mirbagheri, 2011).

Mondal ve arkadaşları yer altı suyundaki en çok bilinen iyonlar ile tuzlu ve yer altı suyu arasındaki etkileşimini belirlemişlerdir (Mondal ve ark., 2010).

Nijeryanın Batı bölgesinde yapılan bir çalışma da çok değişkenli analitik metotlar kullanılarak yüzeysel ve yer altı su kalitesi değerlendirilmiştir (Omo-Irabor ve ark., 2008).

Uganda da, Kampala bölgesinde sıkı yer altı suyu kalitesi üzerine hidrojeolojik araştırmalar yapılmış ve kullanılan araziye etkisi araştırılmıştır (Kulabako ve ark., 2007).

Cezayir de yer altı suyunun jeokimyasal modelinin istatistiksel sınıflandırılması yapılmıştır (Belkhiri ve ark., 2011).

İtalya da Vulcano adasındaki sığ kuyulardan çözünmüş SO_4^{2-} ve suyun kimyasal ve izotopik bileşenleri üzerine bir çalışma yapılmıştır (Cortecchi ve ark., 2001).

Ülkemizde Hatay ilinin Reyhanlı ilçesinde bulunan Yenişehir Gölü'nün su kalitesi parametrelerinin aylara göre değişimleri belirlenmiştir. Su kalitesi parametrelerinden; çözünmüş oksijen, pH, sıcaklık, tuzluluk, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam alkalinite, toplam sertlik, amonyak azotu, nitrit, nitrat, fosfat, sülfat, klor, potasyum, sodyum, silis ve askıda katı madde analizleri yapılmıştır. Sonuç olarak Reyhanlı Yenişehir Gölü'nün kirlilik sorunu olmadığı tespit edilmiştir (Tepe 2009).

İskenderun körfezindeki yağmur suyunun kimyasal bileşimi belirlenmiştir. 5 ayrı bölgede 4 ay boyunca toplanan yağmur sularının ortalama pH'ı İSDEMİR, Payas, Sarımazı, şehir merkezi ve İsos'ta sırasıyla 5,95; 5,81; 6,53; 6,30 ve 6,50 olarak bulunmuştur. En yüksek iletkenlik değerleri 170,2 ve 174,8 $\mu\text{S cm}^{-1}$ ile Payas ve İsdemir'de ölçülmüştür. Toplanan yağmur sularındaki eser element derişimi sıralaması $\text{Al} > \text{Ba} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Pb} > \text{Co} > \text{Cu} > \text{Cr} > \text{Ni} > \text{Cd} > \text{Zn} > \text{Li}$ şeklinde olup en yüksek derişimler cevherle çalışan İSDEMİR ve Payas bölgesinde hem toprak hem antropojenik elementlerin derişimleri yağmur suyunda yüksek bulunmuştur (Çakmaklı 2009).

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1. MATERİYAL

3.1.1. Çalışmada Kullanılan Reaktifler

<u>Kimyasal Madde</u>	<u>Firma Adı ve Katalog No</u>
Amonyak (NH_3)	Merck 105426
Amonyum Klorür (NH_4Cl)	Merck 814654
Amonyum Okzalat ($\text{NH}_4\text{C}_2\text{O}_4$)	Merck 101190
Demir Amonyum Sülfat ($\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$)	Merck 103791
Demir(III)nitrat ($\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$)	Merck 103883
EDTA ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8$)	Merck 159294
Eriokrom Black T ($\text{C}_{20}\text{H}_{12}\text{N}_3\text{NaO}_7\text{S}$)	Merck 103170
Etil Alkol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)	Merck 100983
Fenol Ftalein ($\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$)	Merck 107233
Gümüş nitrat (AgNO_3)	Merck 109081
Hidrojen Klorür (HCl)	Merck 100317
Metil Alkol (CH_3OH)	Merck 106008
Metil Orange ($\text{C}_{14}\text{H}_{14}\text{N}_3\text{NaO}_3\text{S}$)	Merck 101322
Mineral madde standardı Multi-4	Merck 170216
Mohr Tuzu ($\text{FeSO}_4(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)	Merck 103792
Mürekşid (Amonyum purpurat)	Merck 106161
Nitrik Asit (HNO_3)	Merck 100443
Potasyum Bikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)	Merck 104864
Potasyum Dihidrojen Fosfat (KH_2PO_4)	Merck 104871
Potasyum Hidrojen Fosfat (KHPO_4)	Merck 105101
Potasyum İyodat (KIO_3)	Merck 105051
Potasyum Permanganat (KMnO_4)	Merck 109935
Potasyum Tiyosiyanat (KSCN)	Merck 105125
Sodyum Hidroksit (NaOH)	Merck 106482
Sülfrik Asit (H_2SO_4)	Merck 100713

3.1.2. Çalışmada Kullanılan Cihazlar

Cihazın Adı ve Özellikleri (Marka/Model)

İnduktif Eşleşmiş Plazma- Atomik Emisyon Spektrometresi (ICP-AES): Varian Model-Liberty series II

Etüv: Nüve FN500 ve J.P. Selecta

Hassas Terazı: VIBRA AJ Shinko Denshi AJH-420 CE

Oksijen Metre: WTW Oxi 315 İ

Taşınabilir iletkenlik cihazı: (SCT) : WTW- LF 330

Taşınabilir pH Metre: WTW-pH 330

Saf Su Cihazı: Direct – Q UV Millipore

UV Spektrofotometre cihazı: HITACHI U-1900

3.2. YÖNTEM

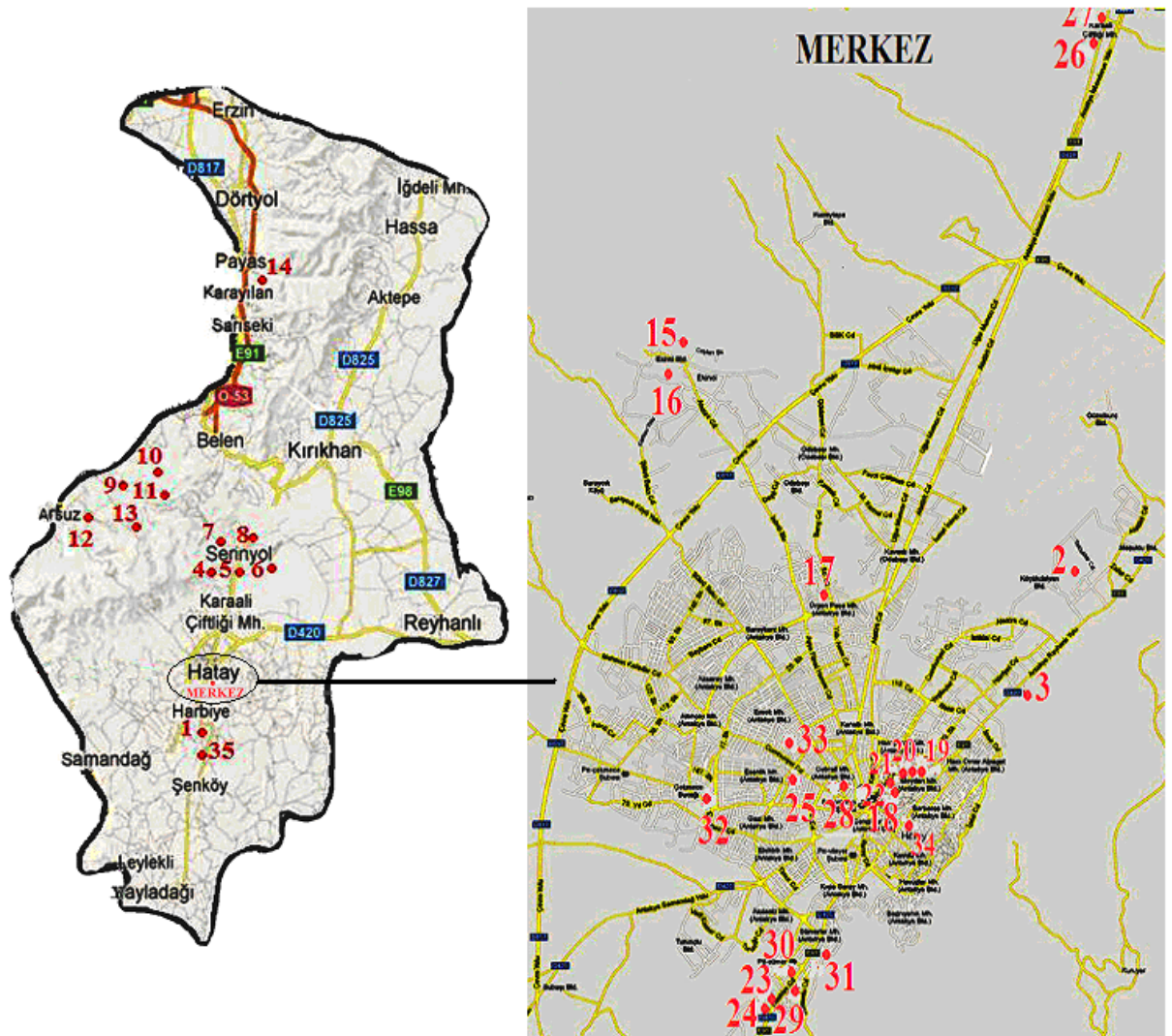
3.2.1. Bölgenin Özellikleri

Anadolu'nun güneyinde Türkiye Cumhuriyeti'nin sınır vilayetlerinden biri olan Hatay ilinin yönetim merkezi Antakya 36 10' kuzey enlemi ve 36 06' doğu boylamı ile yurdumuzun en güneyinde yer alan kent niteliğindeki yerleşme merkezidir.

Akdeniz iklim bölgesinin doğu ucunda kıyıdan 22 km. kadar içerde olan kentin denizden yüksekliği yaklaşık 80 m.'dir. Kuzeyde Amanos Dağları (Nur Dağları) ile güneyde Kel Dağ (Cebel-i Akra) arasında kalan Aşağı Asi Vadisi'nin başlangıcında Kel Dağ'ının kuzeydoğusunda 440 m. rakımlı Habib-i Neccar Dağ'ının eteklerindedir. Antakya'da yıllık sıcaklık ortalaması 18,2 °C'dir. En yüksek sıcaklık 26 Ağustos 1962'de 43,9 °C en düşük sıcaklık ise 15 Ocak 1950'de -14,6 °C olarak kaydedilmiştir. Yılın yaklaşık ortalama 148 günü açık, 156 günü bulutlu, 60 günü kapalı geçmektedir. Antakya'da yaz günleri ortalaması yılda 172 gündür. Kış günü genellikle görülmez. Don olayının görüldüğü yıllık ortalama gün sayısı 7, görülen karlı günlerin yıllık ortalaması ise 1 gündür. Antakya'da yıllık ortalama nem oranı % 69' dur ve kış aylarında en yüksek değerlere ulaşır. Sonbahar ve ilkbahar daha az yağış alan aylardır. Temmuz ve Ağustos aylarında hiç yağış almayan Antakya'da yıllık yağış ortalaması 1173 mm.'dir. Özellikle bahar aylarındaki sağanaklar meşhur olup kısa bir süre içinde kentin sokaklarını dereler haline getirir.

3.2.2. Su Örneklerinin Toplanması

Su örnekleri 2012 yılının Mayıs ayından, 2012 yılının Haziran ayının sonuna kadar Antakya ve İskenderun ilçesindeki kuyu sularından temin edilmiştir. Toplanan su numunelerinin alındığı yerler Şekil 3.1. ve Çizelge 3.1.'de belirtilmiştir. Arazide analiz edilmesi gereken parametreler analiz edilerek kayıt altına alınmıştır. Polietilen olan numune kaplarının üzerine suyun alındığı yerleşim yerinin adresi kaydedilip numara verilerek analiz edilmek üzere laboratuvara getirilmiştir. Araştırmada toplanan su örnekleri +4°C'de muhafaza edilerek laboratuvara getirildikten hemen sonra analizlere başlanmıştır.



Şekil 3. 1. Hatay merkez ve genelinde numune toplanan noktalar

Çizelge 3. 1. Toplanan su örnekleri ile ilgili bilgiler

Numune no	Numunenin Alındığı Yer	Numunenin Alındığı Tarih
1	ANTAKYA-Harbiye	Mayıs 2012
2	ANTAKYA-Merkez	Mayıs 2012
3	ANTAKYA-Merkez	Mayıs 2012
4	ANTAKYA-Serinyol	Mayıs 2012
5	ANTAKYA-Serinyol	Mayıs 2012
6	ANTAKYA-Serinyol	Mayıs 2012
7	ANTAKYA-Serinyol	Mayıs 2012
8	ANTAKYA-Serinyol	Mayıs 2012
9	HATAY -İskenderun	Mayıs 2012
10	HATAY –İskenderun	Mayıs 2012
11	HATAY –İskenderun	Mayıs 2012
12	HATAY –İskenderun	Mayıs 2012
13	HATAY –İskenderun	Mayıs 2012
14	HATAY –İskenderun	Mayıs 2012
15	HATAY –İskenderun Karayılan Beldesi	Mayıs 2012
16	ANTAKYA-Ekinci Beldesi	Mayıs 2012
17	ANTAKYA-Merkez	Mayıs 2012
18	ANTAKYA-Merkez	Mayıs 2012
19	ANTAKYA-Merkez	Mayıs 2012
20	ANTAKYA-Merkez	Mayıs 2012
21	ANTAKYA-Merkez	Haziran 2012
23	ANTAKYA-Merkez	Haziran 2012
24	ANTAKYA-Merkez	Haziran 2012
25	ANTAKYA-Merkez	Haziran 2012

Çizelge 3.1. (Devamı)Toplanan su örnekleri ile ilgili bilgiler

Numune no	Numunenin Alındığı Yer	Numunenin Alındığı Tarih
26	ANTAKYA-Karaali Beldesi	Haziran 2012
27	ANTAKYA-Karaali Beldesi	Haziran 2012
28	ANTAKYA-Merkez	Haziran 2012
29	ANTAKYA-Merkez	Haziran 2012
30	ANTAKYA-Merkez	Haziran 2012
31	ANTAKYA-Merkez	Haziran 2012
32	ANTAKYA-Merkez	Haziran 2012
33	ANTAKYA-Merkez	Haziran 2012
34	ANTAKYA-Merkez	Haziran 2012
35	ANTAKYA-Merkez	Haziran 2012

3.2.3. Su Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Analizleri

3.2.3.1. pH Tayini

Numunelerin pH ölçümleri portatif WTW-pH 330 marka elektronik pH ölçüm cihazı ile yapılmıştır. pH ölçümü yapılmadığı zamanlarda elektrotların ucu çözelti içerisinde tutulmuştur. Kullanmadan önce elektrotlar destile su ile yıkanıp, yumuşak bir kâğıt parçası ile silinmiştir. Alet tampon çözeltiler yardımı ile standardize edilmiştir. Numunenin pH'ı ölçülmeden önce sıcaklık değeri okunarak pH metrede sıcaklık ayarı yapıp daha sonra pH değeri okunmuştur. Bir sonraki ölçmeden önce elektrotlar tekrar yıkanmıştır.

3.2.3.2. Sıcaklık Tayini

Sıcaklık ölçümleri civalı Celcius termometreleriyle yapılmıştır. Termometre en az 0,1 °C'lik alt bölümlere sahiptir.

3.2.3.3. Elektriksel İletkenlik Tayini

Numunelerin elektriksel iletkenlik ölçümleri taşınabilir WTW- LF 330 marka iletkenlik cihazı ile yapılmıştır.

3.2.3.4. Toplam Çözünmüş Madde Tayini

Toplam çözünmüş madde WTW- LF 330 marka iletkenlik cihazı ile yapılmış olup iletkenlik değerinden yararlanılarak tayin edilmiştir.

3.2.3.5. Tuzluluk Tayini

Suyun iletkenliği ölçülerek, sudaki iyon miktarı yaklaşık olarak tayin edilmiştir.

3.2.3.6. Çözünmüş Oksijen Tayini

Numunelerin çözünmüş oksijen ölçümleri WTW Oxi 315 İ marka oksijen metre ile yapılmıştır.

3.2.3.7. Toplam Sertlik Tayini

Toplam sertlik tayini için 25 ml numune alınmıştır. Numunenin pH'sını 10'a ayarlamak için 1 ml tampon çözeltisi ilave edilmiştir. 1-2 damla Eriokrom Black-T indikatörü ilave edildikten sonra standart 0,01 M EDTA çözeltisi ile sarı-kırmızımtırak renk kaybolana kadar titre edilmiştir. Titrasyon sonunda harcanan EDTA çözeltisi saptanmıştır.

3.2.3.8. Ca ve Mg Sertliği Tayini

Kalsiyum Sertliği: 100 mL su numunesi alınıp 2-4 ml 1 M NaOH çözeltisi ilave edilmiştir. $[Mg^{2+}]$ u hidroksit halinde çöktürmek ve ortamın pH'sını 11 civarında tutmak için 0,1 g müreksid indikatörü (sadece Ca^{2+} iyonları ile renk verir) ilave edildikten sonra 0,01 M EDTA ile renk pembeden menekşeye dönene kadar titre edilmiştir. Titrasyon sonunda harcanan EDTA çözeltisi saptanmıştır.

Magnezyum Sertliği: Toplam sertlik için harcanan EDTA'nın hacminden Kalsiyum sertliği için harcanan EDTA'nın hacmi çıkartılıp EDTA'nın normalitesi ile çarpılmıştır.

3.2.3.9. Toplam Organik Madde Tayini

50 ml su numunesi 100 ml'lik erlene konulup, 5ml seyreltik H_2SO_4 ve 5M okzalot eşdeğer miktarda $KMnO_4$ ilave edilmiştir. Erlen 30 dk. kadar kaynamakta olan su banyosuna tutulduktan sonra 5ml okzalot eklenmiştir ve 0,01N permanganat çözeltisi ile numunede pembe renk oluşana kadar geri titre edilmiştir. Harcanan titrant hacmi not edilmiştir.

3.2.3.10. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ) Tayini

BOI_5 değerleri 7 mg/L'yi aşmayan numunelerde, deney başlangıcındaki çözünmüş oksijen konsantrasyonunun doymuluk seviyesine gelmesini sağlamak kaydıyla, seyreltme yoluna gidilmesi şart değildir. Numune sıcaklığı 20 °C'ye ayarlanıp difüze hava ile havalandırılarak çözünmüş gaz konsantrasyonunun doymuluğa gelmesi sağlanmıştır. Daha sonra 4 adet BOI şişesi numune ile doldurulmuştur. En az bir tanesinin anında çözünmüş oksijen değeri tayin edilmiştir. Kalanlar ise 20 °C'de 5 günlük inkübasyona bırakılmıştır. 5 gün sonunda inkübe edilen numunelerin çözünmüş oksijen değerleri bulunmuştur. BOI_5 değeri, başlangıçta hesaplanan değerden 5. 'inci gün sonunda hesaplanan değer çıkarılmasıyla bulunmuştur.

3.2.3.11. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Tayini

Kimyasal oksijen ihtiyacı, % 50 sülfürik asitli ve gümüş katalizli kaynayan bir ortamda, geri soğutma altında, su örneğindeki organik maddenin 2 saat içinde indirgediği potasyum bikromat ile ölçülür. 10 ml numune erlene aktarılıp, üzerine 5 ml 0,04 mol/L standart bikromat çözeltisi ilave edilmiştir. Erlen musluk altında soğutulup çalkalanarak azar azar 15 ml gümüşlü sülfrik asit reaktifi eklenmiştir. Erlen birkaç tane temiz kaynama taşı konularak erlen soğutucuya takılıp soğutma suyu açılmıştır. Erlen içeriği geri soğutma altında 2 saat süreyle kaynatıldıktan sonra 30 ml kadar distile su eklenmiştir. Daha sonra erlenin ağzı kapatılarak oda sıcaklığına kadar soğutulması sağlanmıştır. 2-3 damla ferroin indikatörü ilave edilerek standart demir amonyum sülfat (DAS) çözeltisi ile renk mavi-yeşilden kırmızıya dönene kadar titre edilmiştir.

Şahit Numune: KOI deneyinde kullanılan araç gereç ve ayıraçlardan gelebilecek ve çevreden bulaşabilecek organik maddelerin getireceği hatayı hesaba katmak üzere bir

şahit deney yürütülmüştür. Şahit deney numune ile aynı koşullarda ancak numune yerine distile su kullanılarak yapılmıştır.

Hesaplama:

$$\text{mg/L KOİ} = (a-b) \cdot N \cdot 8000 / \text{ml sarfiyat}$$

a: Şahidin demir amonyum sülfat sarfiyatı

b: Numunenin demir amonyum sülfat sarfiyatı

N: Demir amonyum sülfat çözeltisinin normalitesi

3.2.3.12. Florür Tayini

Reaktifler ve Hazırlanışı:

a. Stok florür çözeltisi

221.0 mg sodyum florür distile suda çözülüp 1 litreye tamamlanmıştır.

b. SPANDS çözeltisi

958 mg SPANDS, sodyum 2(parasülfenilazo)-1.8 dihidroksi 3.6- naftalen disülfonat, distile suda çözülüp 1 litreye tamamlanmıştır.

c. Zirkonil-asit reaktifi

133 mg zirkonil klorür ortohidrat $\text{ZrOCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ yaklaşık 25 ml distile suda çözülüp, 350 ml derişik HCl eklenip distile su ile 500 ml'ye tamamlanmıştır.

d. Zirkonil-asit- SPANDS

Eşit hacimlerde SPANDS çözeltisi ile Zirkonil-asit reaktifi karıştırılmıştır.

e. Referans çözelti

10 ml SPANDS çözeltisi 100 ml destile su eklenip 7 ml derişik HCl 10 ml'ye tamamlanarak seyreltilmiş SPANDS çözeltisi üzerine ilave edilmiştir. Bu çözelti spektrofotometrenin referans (şahit) çözeltisidir.

Deneyin Yapılışı

Florür renkli zirkonyum boyası ile reaksiyona girerek, onun bir kısmını renksiz kompleks anyona dönüştürmektedir. Çözeltideki florür konsantrasyonu arttıkça oluşan rengin yoğunluğu azalmaktadır. Florür ve zirkonyum iyonları arasındaki reaksiyonun hızı çözeltinin asiditesinden etkilenir. Reaktifteki asit içeriğini arttırarak reaksiyon hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilir. Deneyde kullanılan boya SPANDS'dır. 50 ml farklı derişimlerde florür çözeltileri hazırlanıp her birine SPANDS-zirkonil-asit reaktifi eklenmiştir. Referans çözelti ile spektrofotometre sıfıra ayarlanmıştır. Standartların florür konsantrasyonları, okunan absorbans değerlerine karşı grafiğe geçirilmiştir.

Renk geliştirme: 50 ml numune alınır. Numunenin sıcaklığı standartların sıcaklığı ile aynı olup her numuneye 10 ml asit-zirkonil SPANDS çözeltisinden ilave edilir, karıştırılır ve absorbans değeri okunmuştur. Absorbans değeri aletin okuma sınırının dışına çıkarsa numune seyreltilerek aynı işlemler tekrarlanmıştır.

Hesaplama:

$$\text{mg } \bar{f} / \text{L} = A \cdot B / C \cdot \text{ml numune}$$

A: Fotometrik olarak bulunan mikrogram $\bar{f}$ miktarı

B/C: Numune B hacmine kadar seyreltildiğinde ve renk geliştirme için C ml numune alındığında kullanılan bir orandır.

3.2.3.13. Klorür Tayini

Reaktifler ve Hazırlanışı:

a. Potasyum kromat indikatör çözeltisi

50 g K_2CrO_4 bir miktar distile suda çözölmüştür. Belirli bir kırmızı ökelek oluşana kadar gümüş nitrat çözeltisi eklenip 12 saat bekletilmiştir. Çözelti filtrenip daha sonra distile su ile 1 litreye tamamlanmıştır.

b. Standart gümüş nitrat titrasyon çözeltisi (0,0141 N)

2,395 g $AgNO_3$ distile suda çözölüp 1 litreye tamamlanmıştır. 0,0141 N $NaCl$ 'e karşı titre edilmiştir. Çözelti kahverengi şişede saklanmıştır. Çözeltinin 1 ml'si 0,5 mg Cl^- eşdeğerdir.

c. Standart sodyum klorür çözeltisi (0,0141 N)

0,8241 g $NaCl$ 140 °C'de kurutulur, klorür içermeyen distile suda çözölüp 1 litreye seyreltilmiştir. Bu çözeltinin 1,0 ml'si 0,5 mg Cl^- eşdeğerdir.

Deneyin Yapılışı

pH' sı 7-10 civarında olan numunelerden 100 ml alınıp doğrudan doğruya titre edilmiştir. Numuneye 1,0 ml K_2CrO_4 indikatör çözeltisi katılmıştır. Standart $AgNO_3$ çözeltisi ile pembemsi sarı renkli dönüm noktasına kadar titre edilmiştir. Şahit numune ile aynı titrasyon işlemi tekrarlanmıştır.

Hesaplama:

$$mg\ Cl^- / L = (A-B) \cdot N \cdot 35450 / ml\ numune$$

A: Numune için sarfedilen ml $AgNO_3$ titrasyon maddesi

B: Şahit numune için sarfedilen ml $AgNO_3$ titrasyon maddesi

N: $AgNO_3$ ' in normalitesi

3.2.3.14. Sülfat Tayini

EDTA ve BaCl_2 kullanılarak titrasyon yapmak suretiyle sudaki sülfat anyonu miktarı tayin edilmektedir.

Reaktifler

a. 0,01 N standart EDTA çözeltisi

b. 0,01 N standart Baryum Klorür çözeltisi

c. Saf su

Deneyin Yapılışı

Belli bir miktar sulama suyu örneğinde toplam Ca ve Mg tayini yapılmıştır. Titrasyon için sarf edilen EDTA miktarı (A, ml) kaydedilmiştir. Sonra boş bir behere bütün sülfatı çöktürecek miktarın fazlası kadar 0.01 N BaCl_2 çözeltisi (C, ml) konup standart EDTA çözeltisi ile titre edilmiştir. Titrasyon işleminde sarf edilen EDTA miktarı (B, ml) kaydedilmiştir.

50 ml örnek, temiz bir behere alınır ve üzerine yukarıdaki C ml kadar standart 0,01 N BaCl_2 eklenmiştir. Biraz bekledikten sonra çözelti içindeki fazla Ba^{2+} iyonları ile ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$) iyonları standart EDTA ile EBT indikatörü kullanılarak titre edilmiştir. Sarf edilen EDTA miktarı (D, ml) kaydedilmiştir.

Hesaplama:

$$F=D-A$$

$$T=B-F$$

$$\text{SO}_4^{2-} \text{ mg/L} = T \text{ (ml)} \cdot \text{EDTA'nın normalitesi} \cdot 1000 / \text{Alınan örnek miktarı (ml)}$$

$$A = \text{Toplam Ca ve Mg titrasyonu için sarf edilen EDTA miktarı (ml)}$$

$$B = \text{BaCl}_2 \text{ çözeltisinin titrasyonunda sarf edilen EDTA çözeltisi miktarı (ml)}$$

$$C = \text{Titre edilen BaCl}_2 \text{ miktarı (ml)}$$

$$D = \text{Fazla Ba ve toplam Ca ve Mg iyonlarının titrasyonunda sarf edilen EDTA çözeltisi miktarı (ml)}$$

3.2.3.15. Sülfid Tayini

Reaktifler ve Hazırlanışı:

a. Sülfirik asit, H_2SO_4 , (1+1)'lik

b. Standart potasyum iyodür- iyodat titrasyon maddesi (0,0125 N)

Potasyum iyodat 120 °C'de 4 saat süre ile kurutulmuştur. 445,8 mg anhidrit potasyum iyodat, 4,35 g KI ve 310 mg sodyum bikarbonat distile suda çözülüp 100 ml'ye seyreltilmiştir. Bu titrantın 1 ml'si 500 mikrogram SO_3^{2-} e eşdeğerdir.

c. Nişasta indikatörü

1,5 g nişastaya havanda biraz soğuk distile su ilave edilip pasta haline gelene kadar karıştırılır. Bu karışım, kaynamakta olan 1 litre distile suya boşaltılıp, karıştırılmıştır. Bir gece çökmeye bırakıldıktan sonra berrak üst sıvısı alınmıştır.

d. EDTA Reaktifi

2,5 g EDTA, 100 ml distile suda çözülerek hazırlanmıştır.

e. Sülfamik asit, NH_2SO_3H , kristal haldedir.

Deneyin Yapılışı

1 ml H_2SO_4 ve 0,1 g sülfamik asit kristalleri erlene aktarılıp üzerine 50 ml su numunesi ilave edilmiştir. 1 ml nişasta indikatör çözeltisi eklenmiştir. Potasyum iyodür- potasyum iyodat titrasyon maddesi ile numunede kalıcı mavi renk oluşana kadar titrasyon yapılmıştır.

Hesaplama:

$$mg SO_3^{2-} / L = (A-B) \cdot N \cdot 40000 / ml \text{ numune}$$

A: Numunenin titrasyonunda harcanan titrasyon maddesi, ml

B: Şahit numunenin titrasyonunda harcanan madde miktarı, ml

N: Potasyum iyodür- potasyum iyodat titrasyon maddesinin normalitesi

3.2.3.16. Fosfat Tayini

Nitrik asit, sülfürik asit metodu ile analiz yapılmıştır.

Reaktifler

a. Sülfürik asit, H_2SO_4 , konsantre

b. Nitrik asit, HNO_3 , konsantre

c. Fenolftalein indikatör çözeltisi

d. Sodyum hidroksit, NaOH

Deneyin Yapılışı

Mikro Kjeldahl kabına, istenen miktarda 50 ml numune aktarılıp üzerine 1 ml konsantre H_2SO_4 ve 5 ml konsantre HNO_3 eklenmiştir. Numune soğutulup 20 ml distile su ilave edilmiştir. Üzerine 1 damla fenolftalein indikatörü ilave edilip hafif pembe renk oluşana kadar 1N NaOH çözeltisi ile titre edilmiştir. Numune filtrelenip 100 ml'ye saf suyla tamamlanmıştır. Parçalama işlemi gerçekleştirilen numunelerin fosfat tayini kalay klorür yöntemi ile belirlenmiştir.

3.2.3.17. Nitrit Tayini

Reaktifler

a. Çözelti A

1 g resorsinol ve 1,1 g zirkonil klorür oktahidrat, destile suda çözülüp üzerine 7,5 ml derişik HCl katılıp 500 ml'ye destile suyla seyreltilir.

b. Çözelti B

1 g sodyum sülfat ve 1,5 g sodyum asetat trihidrat 500 ml destile suda çözülür.

c. Nitrit standart çözeltisi

0,5 g $NaNO_2$ behere konur ve 24 saat etüvde kurutulmuştur. Stok çözelti 0,3749 g kurutulmuş $NaNO_2$, 250 ml destile suda çözülüp hazırlanmıştır. Bu çözelti 1000 mg/L nitrit iyonuna eşdeğerdir. Bu çözelti seyreltilerek istenen konsantrasyonlarda hazırlanabilir.

Deneyin Yapılışı

Pipetle 2 ml numuneden alınıp üzerine 4 ml çözelti A ve 4 ml çözelti B ilave edilip karıştırılmıştır. 3 dakika beklendikten sonra çözeltinin absorbansı 1 cm'lik cam küvetlerde, 347 nm'de spektrofotometreden okunmuştur.

Hesaplama:

Numunenin okunan absorbansına karşı gelen nitrit konsantrasyonu mg/L olarak, önceden hazırlanmış nitrit standartlarının kalibrasyon eğrisinden bulunmuştur.

3.2.3.18. Amonyak Tayini

Reaktifler

a. Nessler çözeltisi

Çözelti 1

100 g HgI_2 30 ml saf suda çözülür ve 70 g susuz KI miktarda (amonyaksız saf su) suda çözölmüştür.

Çözelti 2

160 g NaOH 500 ml saf suda çözölüp soğutulmuştur.

Çözelti 1, çözelti 2'nin üzerine dökölerek 1 L'ye tamamlanmıştır.

b. Standart NH_4Cl çözeltisi

3.620 g NH_4Cl 1L suda çözölüp iyice karıştırılmıştır. Bu çözeltiden 10 ml alınıp 1L'ye seyreltilmiştir. Bu çözeltinin 1 ml'si 0,010 mg N veya 0,01216 mg NH_3 içermektedir.

Deneyin Yapılışı

Karşılaştırma yoluyla su numunesindeki amonyum miktarı tayin edilmiştir. Su numunesinden 10 ml alınarak bir tüpe konmuştur. Aynı çapta başka bir tüpe saf su (amonyaksız) 10 ml su konmuştur. Her iki tüpe de 2 ml Nessler çözeltisi ilave edilmiştir. Kiremit kırmızısı renk amonyum iyonu varlığını gösterir. Saf su tüpüne, standart NH_4Cl miktarından su numunesindeki amonyum miktarı tespit edilmiştir.

Hesaplama:

Amonyak Azotu (ppm N) : ml NH_4Cl · 10 / ml su numunesi

Amonyak (ppm NH_3) : Amonyak Azotu (ppm N) · 1,216

3.2.3.19. Alkalite Tayini**Reaktifler****Metiloranj çözeltisi**

0,05 g metiloranj saf suda çözülerek 100 ml'ye tamamlanıp hazırlanmıştır.

Fenolftalein çözeltisi

0,5 g fenolftalein 100 ml % 50'lik etil alkolde çözülüp hazırlanmıştır.

0,02 N H_2SO_4 çözeltisi

Çözeltinin ayarlanması için saf Na_2CO_3 çözeltisinin kullanılmıştır. 10 mg Na_2CO_3 suda çözülerek hazırlanmıştır. 1-2 damla metiloranj damlatılarak H_2SO_4 çözeltisi ile titrasyon yapılmıştır. Soğutulurken tekrar kırmızı renk görülünceye kadar H_2SO_4 ile titrasyon yapılmıştır.

Deneyin Yapılışı

Birinde 100 ml su numunesi diğerinde 100 ml saf su bulunan farklı iki erlene 3-4 damla fenol ftalein indikatörü ilave edilir. Karışım rengi pembe olursa 0,02 N H_2SO_4 çözeltisi ile renk kaybolana kadar titrasyon yapıp her iki erlende harcanan H_2SO_4 miktarları farkı alınır (P) Erlenlere 3-4 damla metiloranj ilave edilmiştir. Renk sarıya dönerse H_2SO_4 çözeltisi ile dönüm noktasına kadar titrasyon yapılmıştır. Harcanan H_2SO_4 miktarı (T) olarak alınırsa hesaplama şu şekilde yapılır.

Hesaplama:

$P < 1/2 T$ ise Karboksil, (2P) ml

Bikarbonat, (T-2P) ml

0,02 N H_2SO_4 çözeltisinin 1 ml'si 1mg CaCO_3 'a eşdeğer olduğundan dolayı alkaliteleri mg CaCO_3 /L cinsinden hesaplamak için bulunan ml miktarının 10 ile çarpılmıştır.

3.2.3.20. Ağır Metal Tayini

Su numuneleri ICP- OES’e verilmeden önce HNO₃ ile asidik hale getirilmiştir.

3.2.4.21. Kalibrasyon Grafiklerinin Oluşturulması

Multi- 4 ICP standardı ile Mn, Ni, Co, Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb ve Zn olmak üzere 10 element için yüksek saflıktaki standartlar ile farklı konsantrasyonlardaki stok çözeltileri hazırlanarak, ICP-OES’de okunmuştur. Ağır metal analiz sonuçları Çizelge 4.4.’te verilmiştir.

Çizelge 3. 2. ICP-OES cihazının çalışma şartları

Cihaz	ICP-OES Varian Vista MPX
RF güç	1.2 KW
Plazma/nebulizer argon akış oranı	1.5 L dk ⁻¹
Auxiliary (yardımcı) gaz akış oranı (Ar)	1.5 L dk ⁻¹
Algılama yüksekliği	5-12 mm
Örnek alış süresi	30 sn

Çizelge 3.3. Elementlerin emisyon dalga boyları

Element	Dalga boyu(nm)	Element	Dalga boyu(nm)
Mn	257.610	Cr	267.716
Ni	231.604	Cu	327.395
Co	238,892	Fe	259.940
Al	396.152	Pb	220.353
Cd	214.439	Zn	213.857

3.2.4. Su Örneklerinin Kemometrik Analizleri

Hatay merkezden toplanan 35 su örneği kemometrik metotlarla karakterize edilmiştir. Örneklerin eser element ve ağır metal içeriklerine göre karakterize edilmesinde temel bileşen analizi, öbekleme analizi ve korelasyon analizi kullanılmıştır. Temel bileşen analizi ve korelasyon analizi Excel programı ile yapılmıştır. Öbekleme analizinde ise Statistica 8.0 programı kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Çalışmada Hatay merkez olan Antakya bölgesinden toplam 35 su numunesi toplanarak, 3 tekrarlı olmak üzere, fiziksel, kimyasal ve eser element analizleri yapılmıştır. Ayrıca yapılan temel bileşen ve öbekleme analizleri ile eser element içeriklerine göre su örnekleri karakterize edilmiştir. Bunun yanında çalışma sonucunda tespit edilen değerler, Türk Standartlar Enstitüsü (TS 266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından belirlenen içme suyu kalite standartları ile karşılaştırılmıştır.

4.1. Örneklerin Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları

Su numunelerinde pH, sıcaklık, tuzluluk, elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş madde ve çözünmüş oksijen tayinleri arazide yapılmıştır. Ayrıca toplam sertlik, kalsiyum sertliği ve magnezyum sertliği değerleri de belirlenmiştir. Analiz sonuçları Çizelge 4.1.de verilmiştir. Kuyu suyu numunelerinin NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , NH_4^+ , PO_4^{3-} , Cl^- , F^- , HCO_3^- ve CO_3^{2-} analizleri ise laboratuvarında yapılmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 4.2. de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Su numunelerinin sertlik ve arazide yapılan analiz sonuçları, (n=3)

Örnek No.	pH	Sıcaklık (°C)	Elektriksel iletkenlik (µS/cm)	Tuzluluk (µS/cm)	Çözünmüş oksijen (mg/L)	Toplam çözünmüş madde	Toplam sertlik (mg/L)	Kalsiyum sertliği (mg/L)	Magnezyum sertliği (mg/L)
1	7,40±0,61	16,4±0,3	402±2	271	7,80±0,46	201±2	184±2	20±0,0	164±0
2	7,33±0,26	23,0±0,2	655±2	442	6,06±0,56	327±2	248±2	11±0,0	237±1
3	7,30±0,30	19,0±0,8	487±3	328	7,22±0,62	243±3	224±2	21±0,0	203±1
4	7,98±0,26	21,0±0,7	420±4	283	4,52±0,50	210±4	200±2	4±0,0	196±1
5	7,90±0,36	20,0±0,6	488±2	329	5,69±0,62	244±2	232±2	15±1,0	217±1
6	7,90±0,26	21,8±0,7	450±3	303	4,60±0,50	225±3	160±2	6,0±1,0	144±2
7	7,82±0,26	20,0±0,6	521±2	351	5,20±1,04	260±2	212±3	8,0±0,8	204±2
8	7,70±0,62	18,7±0,8	523±2	353	6,20±0,46	261±2	280±3	8,0±1,0	252±2
9	6,43±0,26	16,15±0,2	745±2	502	6,15±0,50	372±2	316±2	14±1,7	302±2
10	6,43±0,30	20,7±0,6	750±2	506	5,95±0,87	375±2	232±2	13±1,0	219±2
11	6,41±0,30	18,7±0,3	727±3	490	6,95±0,46	363±2	312±2	16±1,7	296±2
12	6,39±0,26	23,2±0,6	523±2	353	7,70±0,50	261±2	280±2	7±1,0	252±2
13	6,41±0,36	20,5±0,6	766±2	517	6,15±1,51	383±2	212±2	13±0,9	199±0
14	6,65±0,30	21,0±0,7	397±1	268	7,90±0,50	198±1	156±2	21±0,9	135±2
15	8,61±0,30	20,0±0,6	533±2	359	7,60±1,23	266±2	204±2	11±1,0	193±2
16	7,09±0,30	21,0±0,7	613±2	413	6,01±0,50	306±2	260±2	12±1,7	248±2
17	7,84±0,26	25,1±1,8	608±4	410	6,30±0,50	304±4	256±2	12±1,0	244±3
18	7,53±0,30	19,2±1,7	562±2	379,	5,90±0,50	281±2	260±3	37±1,0	223±2
19	7,96±0,27	26,6±0,6	668±3	450	6,40±0,70	334±2	256±2	59±1,7	197±2
20	7,44±0,30	26,8±0,6	672±2	453	6,50±0,50	336±2	308±2	97±1,0	211±2

Çizelge 4.1. (Devam) Su numunelerinin sertlik ve arazide yapılan analiz sonuçları, (n=3)

Örnek No.	pH	Sıcaklık (°C)	Elektriksel iletkenlik (µS/cm)	Tuzluluk (µS/cm)	Çözülmüş oksijen (mg/L)	Toplam çözülmüş madde	Toplam sertlik (mg/L)	Kalsiyum sertliği (mg/L)	Magnezyum sertliği (mg/L)
21	7,52±0,30	20,3±0,8	681±2	459	5,90±0,50	340±2	300±2	105±1,0	195±2
22	7,42±0,30	27,4±0,6	620±2	418	5,71±0,50	310±2	296±2	95±1,0	201±2
23	7,05±0,30	22,0±0,6	1430±6	965	3,07±0,87	715±6	392±2	110±2,6	282±2
24	7,23±0,70	21,2±0,8	2750±3	1856	2,76±0,50	1375±3	428±2	313±1,0	115±2
25	7,24±0,60	20,0±0,6	768±2	517	6,37±0,50	384±2	245±2	26±1,0	219±2
26	6,85±0,30	22,0±0,4	745±2	502	6,02±0,50	372±2	298±2	31±1,0	267±2
27	7,23±0,30	21,0±0,6	698±6	470	6,20±0,50	349±6	280±4	19±1,0	261±2
28	6,96±0,52	22,0±0,6	654±2	441	6,10±0,50	327±2	245±2	24±1,0	221±3
29	7,25±0,30	22,2±0,6	570±2	384	5,61±0,62	285±2	316±4	36±1,0	280±2
30	7,16±0,30	25,0±0,6	1049±7	708	3,31±0,50	524±7	380±2	59±1,0	321±2
31	7,33±0,30	18,3±0,6	446±2	301	4,32±1,23	223±2	240±3	28±1,0	212±2
32	7,41±0,27	22,2±0,4	723±2	488	3,77±0,45	361±2	280±2	29±1,0	251±2
33	7,18±0,30	24,0±0,3	1072±2	723	2,86±1,14	536±2	320±2	45±1,0	275±2
34	7,26±0,36	22,5±0,6	641±4	432	2,50±0,50	320±4	216±2	37±1,0	179±2
35	7,72±0,30	22,3±0,5	578±3	390	3,02±0,79	289±3	272±3	23±1,0	249±2
Ortalama	7,30	21,4	712	480	5,55	358	266	39,6	224
Ortanca	7,30	21,0	641	432	6,01	324	260	21,0	219
Stdsapma	0,52	2,6	409	276	1,52	207	60,3	55,7	46,8
Min	6,39	16,2	397	267	2,50	198	156	4,0	115
Maksimum	8,61	27,4	2750	1856	7,90	1375	428	313,0	321

Çizelge 4.2. Kuyu suyu numunelerinin laboratuvarda yapılan analiz sonuçları, (n=3)

Örnek No.	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	SO ₃ ²⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	PO ₄ ³⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	F ⁻ (mg/L)	CO ₃ ²⁻ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)
1	28,8±0,7	0,05±0,02	4,00±1,00	1,30±0,10	0,16±0,03	0,01±0,00	< TS	0,10±0,00	< TS	238±2
2	25,0±0,7	0,01±0,01	26,00±1,0	1,50±0,10	0,13±0,02	0,01±0,00	< TS	0,16±0,01	38,00±1,0	350±2
3	26,6±0,7	0,02±0,01	45,00±1,7	1,10±0,01	0,14±0,06	0,02±0,00	< TS	0,20±0,00	< TS	247±2
4	27,3±0,8	< TS	38,00±2,0	1,00±0,10	0,08±0,03	0,11±0,04	< TS	0,18±0,00	< TS	247±2
5	45,0±0,7	0,02±0,01	38,00±3,4	1,20±0,10	0,11±0,03	0,13±0,00	< TS	0,20±0,00	< TS	314±4
6	17,6±0,9	< TS	33,00±2,6	1,20±0,10	0,09±0,00	0,23±0,01	< TS	0,09±0,00	13,17±1,5	260±5
7	25,4±0,7	0,02±0,01	16,00±1,0	1,10±0,17	0,21±0,03	0,10±0,00	< TS	0,02±0,00	15,57±1,8	276±2
8	64,6±2,7	0,01±0,01	4,00±2,65	1,40±0,17	0,23±0,10	0,01±0,00	< TS	0,01±0,00	61,07±1,5	359±4
9	62,8±0,8	0,03±0,01	42,00±2,6	1,20±0,10	0,13±0,07	0,01±0,00	< TS	0,16±0,00	29,94±1,6	174±2
10	26,9±0,7	< TS	59,00±4,3	1,20±0,10	0,06±0,03	0,06±0,01	< TS	0,23±0,00	28,89±1,5	232±7
11	11,5±0,7	0,02±0,01	47,00±2,6	1,00±0,10	0,04±0,01	0,02±0,00	< TS	0,16±0,00	25,69±1,8	226±6
12	37,6±0,7	0,01±0,01	8,00±2,65	1,20±0,10	0,16±0,00	0,01±0,00	< TS	0,22±0,00	28,36±1,5	198±2
13	35,6±0,7	0,01±0,01	52,00±2,6	1,30±0,12	1,03±0,70	0,01±0,00	< TS	0,09±0,00	26,35±1,5	289±2
14	9,6±0,7	0,24±0,01	15,00±2,6	1,20±0,10	0,33±0,12	0,03±0,00	107±5,50	0,03±0,00	16,77±1,6	280±2
15	27,1±0,7	0,02±0,01	19,00±1,7	1,20±0,10	0,21±0,02	0,23±0,00	36±2,00	0,16±0,00	20,36±1,5	316±2
16	20,3±0,7	0,02±0,01	32,00±2,6	1,20±0,10	0,21±0,01	< TS	71±3,00	0,18±0,00	13,33±1,5	152±2
17	49,2±0,6	0,01±0,01	31,00±2,0	1,10±0,10	0,10±0,09	< TS	< TS	0,15±0,00	< TS	234±4
18	19,6±0,7	0,36±0,03	18,00±2,6	1,40±0,10	0,19±0,10	0,81±0,02	36±2,00	0,05±0,00	16,77±1,5	170±2
19	41,6±0,8	0,05±0,03	31,00±2,6	1,30±0,10	0,09±0,02	0,35±0,01	36±2,00	0,05±0,00	15,19±1,8	223±7
20	11,5±0,7	0,07±0,02	31,00±2,6	4,50±0,20	0,10±0,22	0,33±0,00	< TS	0,03±0,00	17,36±1,5	240±2

Çizelge 4.2. (Devam) Kuyu suyu numunelerinin laboratuvarda yapılan analiz sonuçları, (n=3)

Örnek No.	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NO ₂ ⁻ (mg/L)	SO ₄ ²⁻ (mg/L)	SO ₃ ²⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	PO ₄ ³⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	F ⁻ (mg/L)	CO ₃ ²⁻ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)
21	33,9±0,3	0,05±0,02	28,00±2,6	1,20±0,10	0,32±0,01	0,34±0,01	< TS	0,01±0,00	29,89±1,6	311±5
22	20,5±0,7	0,07±0,02	23,00±2,6	1,20±0,10	0,11±0,43	0,57±0,03	< TS	0,07±0,00	27,99±1,5	290±3
23	37,6±0,6	0,01±0,02	529,00±5	1,20±0,10	0,54±0,45	< TS	107±7	0,29±0,01	7,19±1,5	241±2
24	28,2±0,7	0,01±0,02	25,00±1,7	4,50±0,25	0,09±0,02	0,03±0,00	36±2,0	0,27±0,01	< TS	256±2
25	27,5±0,7	0,01±0,02	69,00±3,6	1,80±0,20	0,09±0,03	0,02±0,00	< TS	0,07±0,00	12,36±0,8	219±2
26	32,6±0,3	0,01±0,02	18,00±2,6	1,10±0,10	0,11±0,03	0,18±0,00	< TS	0,23±0,00	14,36±1,5	237±2
27	26,8±0,7	0,01±0,02	5,00±2,60	1,40±0,10	0,13±0,02	0,35±0,01	< TS	0,25±0,00	27,47±1,1	295±2
28	29,6±0,7	0,01±0,02	50,00±2,6	1,20±0,10	0,13±0,10	0,11±0,10	< TS	0,19±0,00	34,26±1,5	367±8
29	20,0±0,7	0,02±0,02	55,00±1,7	1,20±0,10	0,23±0,03	< TS	< TS	0,23±0,00	< TS	209±2
30	63,7±0,3	0,04±0,03	92,00±4,3	1,20±0,10	0,20±0,23	0,01±0,00	178±6	0,22±0,00	< TS	186±2
31	12,4±0,7	0,02±0,03	47,00±2,6	1,50±0,15	0,61±0,40	0,01±0,00	< TS	0,14±0,00	50,30±1,5	147±2
32	30,1±0,3	< TS	41,00±2,6	1,10±0,10	0,21±0,09	0,13±0,01	< TS	0,29±0,00	10,78±1,5	243±2
33	30,2±0,7	< TS	56,00±2,6	1,00±0,08	0,12±0,00	0,18±0,01	< TS	0,18±0,00	39,98±1,5	507±10
34	26,0±0,7	0,02±0,03	32,00±2,6	1,20±0,10	0,33±0,23	0,87±0,02	< TS	0,03±0,00	39,52±1,5	234±6
35	14,7±0,3	0,25±0,03	56,00±3,0	1,20±0,08	0,10±0,02	0,13±0,01	< TS	0,17±0,01	53,89±1,8	190±2
Ortalama	29,9	0,04	49,00	1,42	0,20	0,15	170	0,15	20,4	256
Ortanca	27,3	0,02	32,00	1,20	0,13	0,06	0,00	0,16	16,7	241
Stdsapma	13,9	0,08	85,8	0,79	0,19	0,22	400	0,08	16,5	70,3
Min	9,6	0,00	4,00	1,00	0,04	0,00	0,00	0,01	0,00	147
Maksimum	64,6	0,36	529	4,50	1,03	0,87	178	0,29	61,0	508

4.2. Su Numunelerinin Ağır Metal Analiz Sonuçları

Ağır metal analizi için metodun geçerliliği; sertifikalı referans malzeme (CRM) kullanılarak yapılan geri kazanım çalışması ile sağlanmıştır. Standart madde ile beraber su numuneleri aynı ölçüm dizini içinde ICP OES ile analiz edilmiştir. Yapılan geri kazanım çalışması ile hesaplanan bağıl standart sapma ve % geri kazanım değerleri Çizelge 4.2.1.'de verilmiştir. Kuyu suyu numunelerinin Mn, Ni, Co, Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb ve Zn elementlerinden oluşan ağır metal analiz sonuçları Çizelge 4.2.2.'de, tüm numunelerin ağır metal analiz sonuçlarının istatistiksel değerleri ise Çizelge 4.2.3.'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Ağır metal analizi için hesaplanan % geri kazanım değerleri ve % bağıl standart sapmaları (n=3)

Elementler	Ortalama Geri Kazanım (%)	R.S.D. (%)
Mn	99,45	0,15
Ni	98,55	0,62
Co	98,78	0,60
Al	98,73	0,83
Cd	98,92	0,80
Cr	99,42	0,25
Cu	99,22	0,20
Fe	102,00	2,98
Pb	100,42	0,94
Zn	99,00	0,51

Çizelge 4.4. Kuyu suyu numunelerinin ağır metal analiz sonuçları, (mg/L), (n=3)

Örnek No.	Mn	Ni	Co	Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Zn
1	0,0007±0,0001	0,0050±0,0006	0,0047±0,0006	0,0066±0,0014	0,0011±0,0002	0,0068±0,0005	0,0058±0,0007	0,0016±0,0002	0,0152±0,0024	0,0017±0,0004
2	0,0005±0,0001	0,0058±0,0009	0,0040±0,0007	0,0080±0,0002	0,0009±0,0002	0,0183±0,000	0,0058±0,0004	0,0016±0,0001	0,0185±0,0013	0,0015±0,0001
3	0,0009±0,0002	0,0113±0,0018	0,0046±0,0005	0,0060±0,0003	0,0011±0,0003	0,0048±0,000	0,0071±0,0014	0,0016±0,0003	0,0162±0,0018	0,0176±0,0036
4	0,0007±0,0001	0,0067±0,0003	0,0046±0,0009	0,0071±0,0002	0,0013±0,0003	0,0215±0,000	0,0053±0,0013	0,0013±0,0005	0,0133±0,0067	0,0049±0,0015
5	0,0006±0,0001	0,0054±0,0003	0,0055±0,0002	0,0054±0,0005	0,0009±0,0002	0,0312±0,000	0,0050±0,0008	0,0012±0,0002	0,0129±0,0010	0,0033±0,0003
6	0,0005±0,0001	0,0045±0,0010	0,0039±0,0004	0,0057±0,0014	0,0009±0,0001	0,0187±0,000	0,0072±0,0010	0,0015±0,0003	0,0166±0,0027	0,0017±0,0003
7	0,0007±0,0001	0,0064±0,0002	0,0051±0,0004	0,0068±0,0004	0,0006±0,0001	0,0396±0,000	0,0067±0,0006	0,0069±0,0007	0,0088±0,0008	0,0022±0,0005
8	0,0006±0,0001	0,0054±0,0008	0,0056±0,0013	0,0055±0,0011	0,0014±0,0002	0,0286±0,000	0,0048±0,0005	0,0016±0,0004	0,0146±0,0009	0,0016±0,0004
9	0,0007±0,0001	0,0068±0,0006	0,0045±0,0004	0,0059±0,0011	0,0010±0,0003	0,0165±0,000	0,0065±0,0009	0,0020±0,0003	0,0147±0,0011	0,0092±0,0002
10	0,0007±0,0001	0,0089±0,0015	0,0062±0,0002	0,0054±0,0003	0,0009±0,0001	0,0100±0,000	0,0098±0,0002	0,0013±0,0003	0,0169±0,0046	0,0300±0,0034
11	0,0007±0,0001	0,0063±0,0007	0,0054±0,0005	0,0063±0,0011	0,0008±0,0002	0,0099±0,000	0,0095±0,0006	0,0015±0,0005	0,0125±0,0011	0,0182±0,0038
12	0,0006±0,0001	0,0069±0,0013	0,0049±0,0006	0,0069±0,0010	0,0012±0,0002	0,0099±0,000	0,0074±0,0016	0,0011±0,0001	0,0192±0,0039	0,0037±0,0004
13	0,0007±0,0002	0,0062±0,0004	0,0047±0,0015	0,0062±0,0010	0,0009±0,0001	0,0101±0,000	0,0073±0,0008	0,0010±0,0003	0,0143±0,0052	0,0053±0,0012
14	0,0008±0,0001	0,0051±0,0010	0,0052±0,0005	0,0064±0,0006	0,0006±0,0002	0,0038±0,000	0,0069±0,0007	0,0016±0,0001	0,0169±0,0040	0,0341±0,0041
15	0,0007±0,0001	0,0068±0,0020	0,0046±0,0011	0,0072±0,0004	0,0008±0,0001	0,0178±0,000	0,0076±0,0004	0,0020±0,0001	0,0146±0,0052	0,0119±0,0040
16	0,0007±0,0002	0,0063±0,0005	0,0056±0,0003	0,0047±0,0007	0,0012±0,0004	0,0094±0,000	0,0077±0,0010	0,0013±0,0004	0,0113±0,0025	0,0004±0,0001
17	0,0008±0,0001	0,0059±0,0011	0,0060±0,0005	0,0052±0,0014	0,0013±0,0003	0,0161±0,000	0,0063±0,0014	0,0022±0,0004	0,0155±0,0049	0,0073±0,0006
18	0,0584±0,0042	0,0071±0,0004	0,0053±0,0005	0,0066±0,0007	0,0010±0,0002	0,0004±0,000	0,0055±0,0004	0,0015±0,0004	0,0069±0,0019	0,0024±0,0003

Çizelge 4.4. (Devam) Kuyu suyu numunelerinin ağır metal analiz sonuçları, (mg/L), (n=3)

Örnek No.	Mn	Ni	Co	Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Zn
19	0,0037±0,0032	0,0097±0,0007	0,0050±0,0007	0,0071±0,0001	0,0010±0,0002	0,0189±0,000	0,0071±0,0010	0,0015±0,0002	0,0125±0,0019	0,0117±0,0019
20	0,0012±0,0002	0,0083±0,0001	0,0059±0,0004	0,0069±0,0008	0,0011±0,0000	0,0145±0,000	0,0088±0,0012	0,0016±0,0004	0,0173±0,0056	0,0044±0,0018
21	0,0010±0,0001	0,0086±0,0010	0,0060±0,0009	0,0108±0,0010	0,0011±0,0003	0,0143±0,000	0,0073±0,0010	0,0012±0,0002	0,0187±0,0069	0,0035±0,0003
22	0,0008±0,0002	0,0059±0,0034	0,0047±0,0003	0,0041±0,0005	0,0008±0,0004	0,0018±0,000	0,0072±0,0007	0,0016±0,0005	0,0159±0,0021	0,0098±0,0085
23	0,0011±0,0002	0,0106±0,0023	0,0043±0,0005	0,0088±0,0016	0,0012±0,0002	0,0009±0,000	0,0092±0,0005	0,0014±0,0004	0,0122±0,0020	0,0051±0,0008
24	0,0018±0,0003	0,0145±0,0055	0,0078±0,0018	0,0179±0,0070	0,0015±0,0003	0,0031±0,000	0,0109±0,0037	0,0023±0,0003	0,0258±0,0030	0,0037±0,0029
25	0,0014±0,0003	0,0088±0,0007	0,0109±0,0024	0,0115±0,0020	0,0013±0,0002	0,0034±0,000	0,0117±0,0017	0,0020±0,0007	0,0191±0,0036	0,0018±0,0003
26	0,0011±0,0001	0,0058±0,0007	0,0067±0,0008	0,0065±0,0020	0,0013±0,0005	0,0401±0,000	0,0087±0,0004	0,0016±0,0003	0,0160±0,0025	0,0550±0,0122
27	0,0010±0,0002	0,0065±0,0001	0,0057±0,0006	0,0073±0,0008	0,0013±0,0003	0,0035±0,000	0,0104±0,0012	0,0019±0,0004	0,0156±0,0028	0,0174±0,0129
28	0,0010±0,0002	0,0065±0,0013	0,0062±0,0004	0,0071±0,0007	0,0016±0,0004	0,0378±0,000	0,0079±0,0003	0,0013±0,0001	0,0219±0,0035	0,0744±0,0130
29	0,0010±0,0001	0,0125±0,0003	0,0083±0,0006	0,0069±0,0004	0,0011±0,0002	0,0046±0,000	0,0106±0,0017	0,0016±0,0006	0,0251±0,0045	0,0184±0,0084
30	0,0021±0,0001	0,0226±0,0006	0,0077±0,0010	0,0092±0,0012	0,0008±0,0003	0,0177±0,000	0,0094±0,0004	0,0063±0,0008	0,0144±0,0017	0,0517±0,0013
31	0,0008±0,0002	0,0105±0,0013	0,0072±0,0005	0,0080±0,0006	0,0013±0,0005	0,0047±0,000	0,0087±0,0017	0,0020±0,0005	0,0162±0,0070	0,0046±0,0009
32	0,0009±0,0000	0,0100±0,0040	0,0057±0,0008	0,0066±0,0010	0,0006±0,0001	0,0139±0,000	0,0094±0,0012	0,0018±0,0001	0,0188±0,0036	0,0011±0,0002
33	0,0011±0,0001	0,0165±0,0006	0,0083±0,0005	0,0074±0,0013	0,0012±0,0001	0,0041±0,000	0,0108±0,0013	0,0017±0,0001	0,0246±0,0038	0,0076±0,0004
34	0,0012±0,0001	0,0101±0,0006	0,0078±0,0012	0,0076±0,0006	0,0013±0,0001	0,0082±0,000	0,0089±0,0028	0,0019±0,0002	0,0168±0,0028	0,0029±0,0002
35	0,0075±0,0005	0,0080±0,0009	0,0056±0,0020	0,0081±0,0003	0,0011±0,0002	0,0035±0,000	0,0078±0,0001	0,0010±0,0002	0,0128±0,0006	0,0005±0,0001

Çizelge 4.5. Kuyu suyu numunelerinde ağır metal analiz sonuçlarının istatistiksel değerleri

Örnekler	Mn	Ni	Co	Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Zn
Ortalama	0,0028	0,0084	0,0058	0,0073	0,0011	0,0134	0,0079	0,0019	0,0161	0,0123
Ortanca	0,0008	0,0068	0,0056	0,0069	0,0011	0,0100	0,0076	0,0016	0,0159	0,0049
Std. sapma	0,0098	0,0037	0,0015	0,0024	0,0002	0,0110	0,0018	0,0012	0,0041	0,0172
Min	0,0005	0,0045	0,0039	0,0041	0,0006	0,0004	0,0048	0,0010	0,0069	0,0004
Maksimum	0,0584	0,0226	0,0109	0,0179	0,0016	0,0401	0,0117	0,0069	0,0258	0,0744
LOD	0,0000004	0,0000050	0,0000008	0,0000006	0,0000001	0,0000029	0,0000006	0,0000003	0,0000178	0,0000068
LOQ	0,0000014	0,0000165	0,0000027	0,0000021	0,0000003	0,0000096	0,0000020	0,0000010	0,0000594	0,0000228

4.3. Kuyu Suyu Örneklerinin Kemometrik Analiz Sonuçları

4.3.1. Temel Bileşen Analizi (PCA)

Hatay'ın farklı bölgelerinden toplanan 35 kuyu suyu numunesinin Mn, Ni, Co, Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb ve Zn verilerine Excel programı kullanılarak temel bileşen analizi uygulanmıştır. Böylece su örneklerini karakterize eden scores ve su örneklerindeki ağır metalleri karakterize eden loadings değerleri elde edilmiştir. Ayrıca su örnekleri arasındaki grupları karakterize eden eigen değerler hesaplanarak grafiğe geçirilmiştir. Eigen değerler ve her bir temel bileşenin yüzde varyans değerleri Çizelge 4.6. da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Su örneklerinin eigen değerleri ve her bir temel bileşenin yüzde varyans değerleri

Temel bileşen Sayısı	Eigen değer	Varyans (%)	Toplam varyans (%)
1	116,250	34,191	34,191
2	57,990	17,056	51,247
3	50,013	14,710	65,957
4	34,087	10,026	75,983
5	28,383	8,348	84,330
6	16,947	4,984	89,315
7	13,794	4,057	93,372
8	11,580	3,406	96,778
9	6,032	1,774	98,552
10	4,924	1,448	100,000

Çizelge 4.6. incelendiğinde ilk dört temel bileşenin toplam varyansın % 75.983' ünü açıkladığı görülmektedir. İlk temel bileşenin değeri % 34.191 ve diğer temel bileşenler sırasıyla % 17.056, % 14.710 ve % 10.026 şeklindedir. Çizelge 4.7. de toplam verinin % 75.983 'ünü açıklayan ilk dört temel bileşenin loading değerleri görülmektedir.

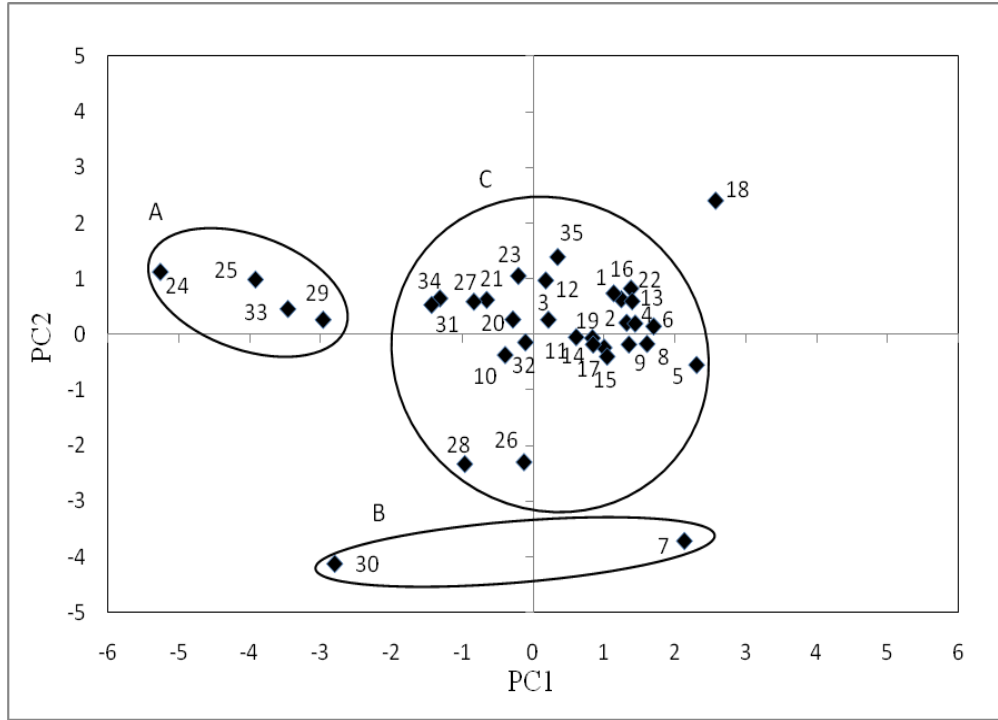
Çizelge 4. 7. Altı temel bileşen için değişkenlerin loading değerleri

Değişken	PC1	PC2	PC3	PC4
Mn	0,1205	0,2529	0,4372	0,6712
Ni	-0,3958	-0,1612	0,3558	-0,0217
Co	-0,4498	-0,0383	0,0533	0,1796
Al	-0,3853	0,0944	0,1300	0,1267
Cd	-0,2492	0,1739	-0,4127	0,5216
Cr	0,1729	-0,5681	-0,2929	0,2140
Cu	-0,4575	0,0093	0,0658	-0,1833
Fe	-0,0674	-0,5515	0,4632	-0,0429
Pb	-0,3996	0,0541	-0,3619	-0,2069
Zn	-0,1124	-0,4894	-0,2377	0,3233

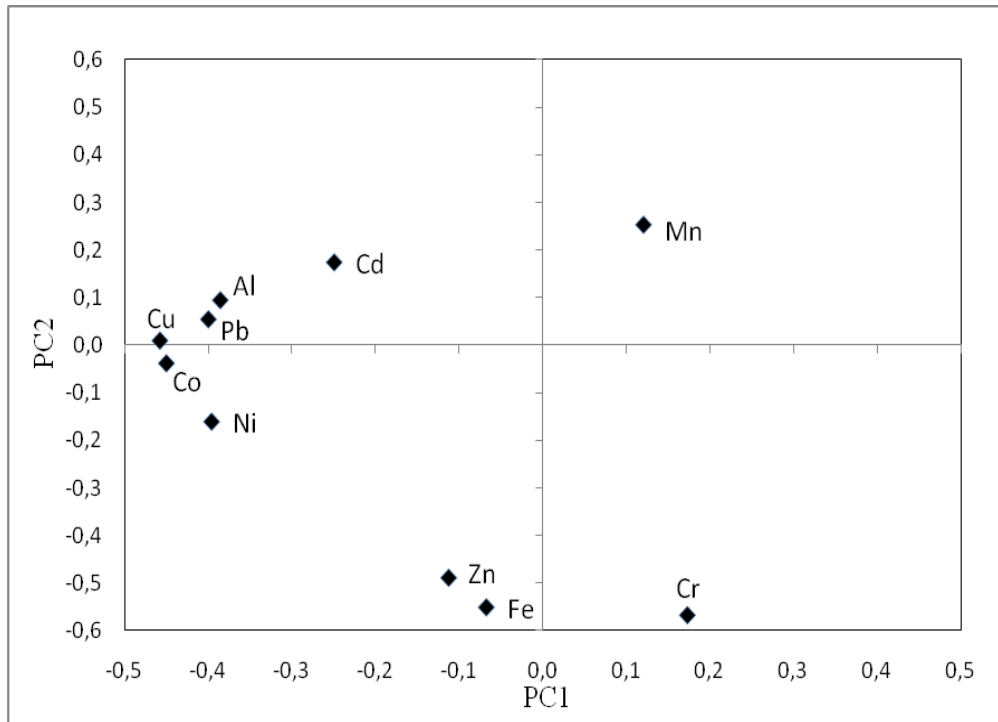
PC1 ile PC2 verileri arasında çizilen scores ve loading noktaları Şekil 4.1.' te verilmiştir.

Şekil 4.1. (a) incelendiğinde kuyu suyu örneklerinin A, B ve C olarak adlandırılan üç farklı grup oluşturduğu görülmektedir. Genel olarak bir değerlendirme yapıldığında A grubu örneklerinin Antakya-Merkez bölgesinden toplanan numuneleri içerdiği görülmektedir. Antakya-Serinyol ve Antakya-Merkez bölgelerinden alınan 7 ve 30 numaralı kuyu suyu numuneleri içerdikleri Mn, Ni, Co, Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb ve Zn içeriklerindeki benzerlik nedeniyle B grubunu oluşturmaktadır. C grubu içerdiği kuyu suyu numunesi sayısı bakımından en kalabalık grup olmuştur. Bu grubun içerisinde Antakya-Merkez, Antakya-Serinyol, Antakya-Karaali Beldesi ve Hatay-İskenderun bölgelerinden alınan kuyu suyu numuneleri bulunmaktadır. Şekil 4.1.'den görüldüğü gibi A grubunun tamamı PC1 ve PC2' nin pozitif değerleri tarafından karakterize edilmektedir. B grubunda ise grubu oluşturan iki numunede negatif bölgede bulunmaktadır. C grubu incelendiğinde ise grubun bir yarısının PC1 ve PC2' nin negatif değerleri diğer yarısının ise PC1 ve PC2' nin pozitif değerleri tarafından karakterize edildiği görülmektedir. Şekil 4.1. (b) A,B ve C gruplarını hangi elementlerin karakterize ettiğini göstermektedir. Buna göre A grubu kuyu sularını Cu, Pb, Al ve Cd elementleri; B grubu kuyu sularını Zn, Fe ve Cr elementleri; C grubu kuyu sularını ise Mn, Cd, Pb, Al, Ni ve Zn elementleri karakterize etmektedir.

(a)



(b)

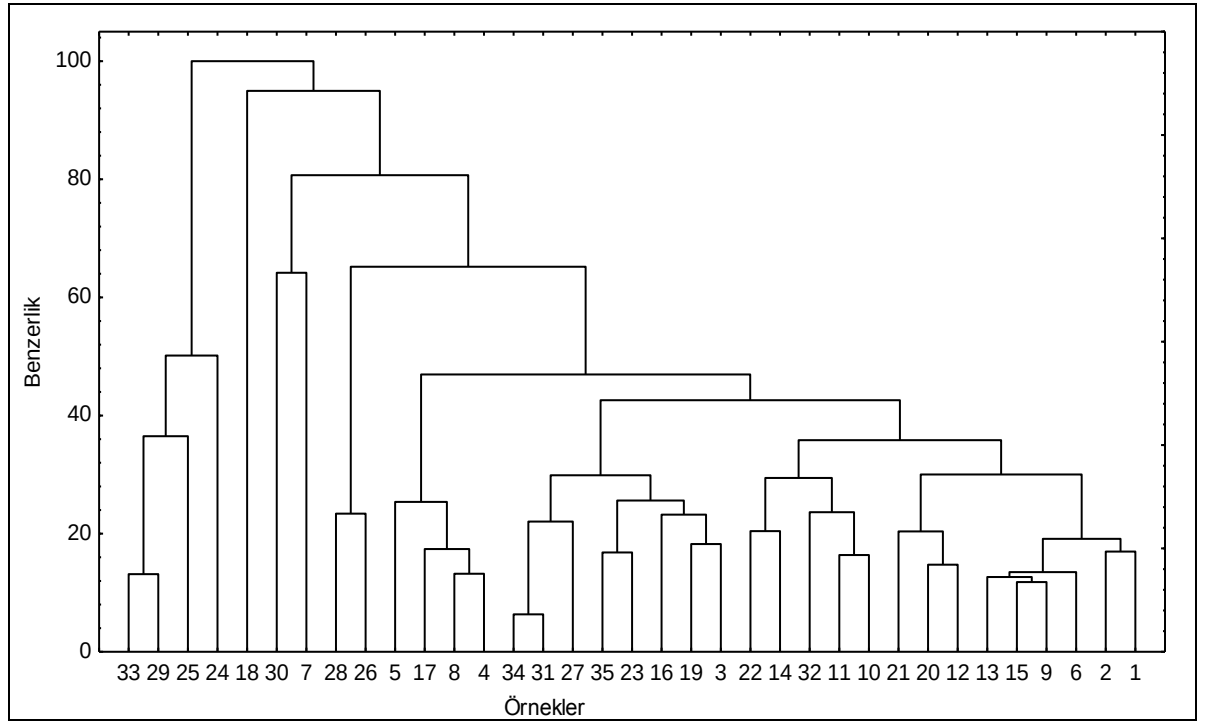


Şekil 4. 1.Temel bileşen analizi sonuçları (a) 1. ve 2. Temel bileşenlerin scores değerleri (b) 1. ve 2. Temel bileşenlerin loadings değerleri

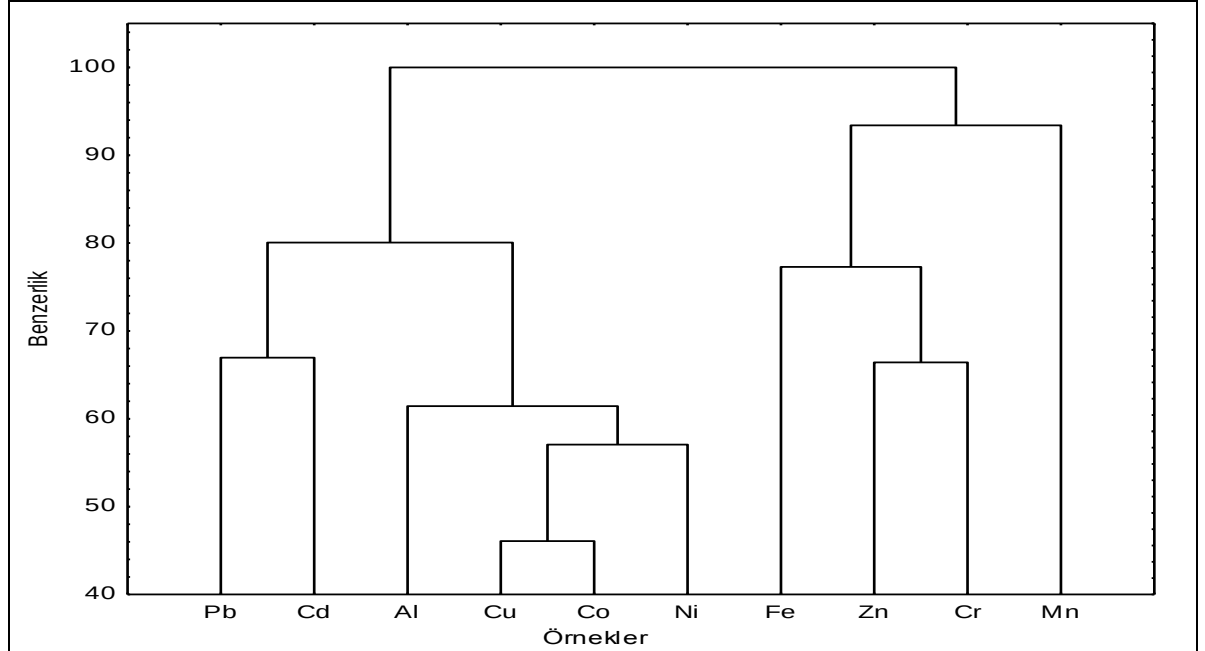
4.3.2. Öbekleme Analizi (CA)

Kuyu suyu örneklerinin ICP-OES metodu kullanılarak analiz edilmesiyle elde edilen ağır metal düzeylerine ait verilere hiyerarşik toplam ilişkilendirme öbekleme analiz yöntemi uygulanmıştır. Öbekleme analizi farklı bölgelerden alınarak analiz edilen su örneklerinin kimyasal bileşimine göre benzerliklerini ortaya koymakta kullanılmıştır. Elde edilen öbekleme analiz sonuçlarının temel bileşen analiz sonuçları ile tamamen örtüştüğü belirlenmiştir. Şekil 4.2. (a) incelendiğinde % 80 benzerlik seviyesinde kuyu suyu örneklerinin üç ana gruba ayrıldığı görülebilir. Soldan sağa doğru sırasıyla ilk grup Antakya-Merkez numunelerinden, ikinci grup Antakya-Serinyol ve Antakya-Merkez numunelerinden, üçüncü grup ise Antakya-Merkez, Antakya-Serinyol, Antakya-Karaali Beldesi ve Hatay-İskenderun bölgelerinden alınan kuyu suyu numunelerinden oluşmuştur. Bu gruplar kuyu suyu örneklerinin ağır metal içeriğine bağlı olarak incelendiğinde Şekil 4.2. (b)' de görüldüğü gibi ilk grup Pb, Cd, Al, Cu, Co ve Ni; ikinci grup Fe, Zn ve Cr; üçüncü grup ise Mn, Cr, Zn, Fe, Ni, Co, Cu ve Al elementlerinden meydana gelmiştir. Sonuçlardan değişkenler (element içerikleri) ile öbeklenmiş kuyu suyu örnekleri arasında korelasyon olduğu görülmektedir.

a)



(b)



Şekil 4.2. Kuyu suyu örneklerinde öbikleme analizi sonucunda oluşan dendogramlar (a) Kuyu suyu numuneleri (b) Elementler

4.3.3. Korelasyon Analizi

Kuyu suyu örneklerinin ICP-OES metodu kullanılarak analiz edilmesiyle elde edilen ağır metal düzeylerine ait verilere korelasyon analizi uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 4.8. de verilmiştir. Bu sonuçlara göre korelasyon katsayısı 0,5' ten büyük elementler arasında korelasyon bulunmaktadır. Çizelge 4.8. incelendiğinde Ni, Co ve Cu; Co, Cu ve Pb; Cu ve Pb elementleri arasında iyi korelasyon olduğu görülmektedir. 1. ve 2. temel bileşenlerin loadings değerlerini içeren Şekil 4.1. (b) incelendiğinde şekildeki elementlerin konumları ile aralarında korelasyon gözlenen elementlerin örtüştüğü görülmektedir.

Çizelge 4. 8. Su örneklerinin ağır metal içeriklerine ait korelasyon katsayıları

	Mn	Ni	Co	Al	Cd	Cr	Cu	Fe	Pb	Zn
Mn	1									
Ni	-0,029	1								
Co	-0,049	0,543	1							
Al	-0,015	0,479	0,484	1						
Cd	-0,063	0,101	0,400	0,360	1					
Cr	-0,223	-0,268	-0,169	-0,219	-0,019	1				
Cu	-0,217	0,561	0,702	0,471	0,201	-0,383	1			
Fe	-0,057	0,419	0,171	0,150	-0,281	0,311	0,090	1		
Pb	-0,402	0,367	0,503	0,444	0,371	-0,157	0,542	-0,201	1	
Zn	-0,102	0,193	0,158	-0,069	0,105	0,381	0,200	0,162	0,190	1

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Antakya bölgesinde içme ve kullanma suyu olarak tüketilen kuyu sularından örnekler alınarak İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelikte belirtilen içme suyu kalite parametreleri bakımından incelenmesi amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçların Türk Standartlar Enstitüsü (TS 266) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından belirlenen içme suyu kalite standartlarına uygunluğu araştırılmıştır. Bölgedeki çevresel kirliliğin Antakya bölgesinde kullanılan kuyu sularına etkileri belirlenmiştir. Çalışmanın ana hedefi olarak Antakya’da içme ve kullanma suyu olarak tüketilen kuyu sularının ağır metal içeriklerine göre kemometrik teknikler kullanılarak karakterize edilmesi ve gruplanması amaçlanmıştır.

Hatay’ın farklı bölgelerinden toplanan 35 farklı kuyu suyu numunesi kemometrik metotlarla karakterize edilmiştir. Örneklerin ağır metal içeriklerine göre karakterize edilmesinde temel bileşen analizi, öbekleme analizi ve korelasyon analizi kullanılmıştır. Ayrıca kuyu suyu numunelerinin 3 tekrarlı olmak üzere, fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Çalışmada su numunelerinde pH, sıcaklık, tuzluluk, elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş madde ve çözünmüş oksijen tayinleri arazide yapılmıştır. Ayrıca toplam sertlik, kalsiyum sertliği ve magnezyum sertliği değerleri de belirlenmiştir. Kuyu suyu numunelerinin NO_3^- , NO_2^- , SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , NH_4^+ , PO_4^{3-} , Cl^- , F^- , HCO_3^- ve CO_3^{2-} analizleri ise laboratuvarda yapılmıştır. Analiz sonuçları incelendiğinde; pH limitleri Türk Standartlar Enstitüsüne (TS 266) göre 6,00-9,5 arasındadır. Dünya Sağlık Örgütü(WHO) içme suyu standartları içinde limit değerler aynıdır. Analiz yapılan tüm kuyu sularında pH değerleri 6,40-8,61 arasındadır. Buna göre içme sularında tespit ettiğimiz pH değerlerinin TS 266 ve WHO’ya uygun olduğu görülmüştür.

Tuzluluk ve Toplam çözünmüş madde değerleri elektriksel iletkenlik değerlerinden yararlanılarak türetilen parametreler olup suyun kalitesinin belirlenmesi açısından önemlidir. Tespit ettiğimiz analiz sonuçlarında elektriksel iletkenlik değerleri 397,00 -2750,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ aralığında değişmektedir. İletkenlik sınır değerleri TS 266 ve WHO’ya göre 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak belirlenmiştir. 24 nolu numunenin 21,2 °C sıcaklıkta iletkenliğinin 2750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olduğu ve iletkenlik açısından standartlara uygun olmadığı tespit edilmiştir. Diğer numunelerin ise standartlara uygun olduğu görülmektedir. Ayrıca iletkenlik değeri yüksek olan numunelerin sertlik değerlerinin de yüksek olduğu

tespit edilmiştir. Buradan yola çıkılarak iletkenlik ile sertlik arasında paralel bir ilişki olduğu sonucuna varmak mümkündür.

Sert sular köpük oluşturmak için çok sabun kullanımını gerektiren sular olarak tanımlanırlar (Samsunlu, 2008). Yumuşak suların tadının ve içiminin iyi olmasına karşın, sert suların tadı iyi değildir. Aynı zamanda sert sular sabunu iyi köpürtmediğinden sabun israfına yol açarlar ve kaynatma kaplarında çöküntü yaparlar. Pratikte bir suyun sertliği, içerisindeki çözünmüş kalsiyum ve magnezyum tuzlarından ileri gelir. Kalsiyum ve magnezyum bikarbonatları geçici sertliği, yine bu elementlerin klorür, nitrat, sülfat, fosfat ve silikatları ise kalıcı sertliği verir. Her iki sertliğe birden tüm sertlik veya toplam sertlik adı verilir. Geçici sertlik, suların kaynatılması ile giderilir. Kalıcı sertlik, suların kaynatılması ile giderilemez. Suyun sertlik derecesinin sağlık üzerine zararlı bir etkisi yoktur. Suyun içerdiği kalsiyum, vücuda fizyolojik olarak gereklidir. Özellikle büyüme ve gelişme çağındaki bireyler günlük kalsiyum ihtiyaçlarının çoğunu sudaki kalsiyum tuzlarından karşılar. Çok sert suların böbreklerde, mesanede, safra kesesinde taş oluşturduğu, vücudun çeşitli yerlerinde ve damarlarda kireçlenmelere sebep olduğu hakkında iddialar kanıtlanamamıştır. Ancak sert suların sindirimi yumuşak sulara kıyasla daha güçtür (Yumuturuğ ve ark. 1980).

TS 266 sertlik limitlerini CaCO_3 cinsinden 50 mg/L olarak vermiştir. WHO içme suyu standartları da aynıdır. Analiz yapılan tüm kuyu sularındaki değerler 156,0-428,0 mg CaCO_3 /L aralığında değişmektedir. Buradan yola çıkılarak Hatay merkezdeki kuyu sularının sert ve kireçli olduğunu söylemek mümkündür.

Kalsiyum ve magnezyum sertliğine bakıldığında; kalsiyum için TS 266 da tavsiye edilen değer 75 mg/L iken izin verilen maksimum değer 200 mg/L'dir. Magnezyum için bu değerler 50-150 mg/L'dir. Analiz yapılan Hatay merkezdeki kuyu sularının kalsiyum değerleri 4,00-313,00 mg/L aralığında değişmekte olup birçok numune için TS 266 içme suyu standartlarında tavsiye edilen değerlerin altında olduğu gözlemlenmiştir. Analiz yapılan Hatay merkezdeki kuyu sularının magnezyum değerleri 115,00-321,00 mg/L aralığında değişmekte olduğu gözlemlenmiştir. Buna dayanarak Hatay merkezdeki yeraltı sularının sert olmasında magnezyum tuzlarının etkisinin büyük olduğunu söylemek mümkündür.

Nitrat değerleri için izin verilen maksimum değer TS 266 ve WHO içme suyu standartlarında 50 mg NO₃⁻/L'dir. Numuneler için tespit edilen nitrat değerleri 9,60-64,60 arasında değişmektedir. Nitrat değerlerinin 8 nolu (64,60 mg NO₃⁻/L), 9 nolu (mg NO₃⁻/L) ve 30 (mg NO₃⁻/L) numunelerde standartlara uygun olmadığı görülmüştür.

Nitrit için TS 266'da izin verilen maksimum değer 0,5 mg NO₂⁻/L 'dir. WHO içme suyu standartlarında ise bu değer 3 mg/L'dir. Numuneler için tespit edilen Nitrit değeri 0,00-0,36 mg/L aralığındadır. Bu değerler, Hatay merkezdeki içme ve kullanma kuyu sularının NO₂⁻ değerlerinin TS 266 ve WHO içme suyu standartlarına uygun olduğunu göstermektedir.

Sülfat için sınır değerler TS 266 için 250 mg /L olup, WHO için bu değer 400 mg/L'dir. Analiz sonuçlarına bakıldığında 23 (529,00 mg/L) nolu numunenin standartlara uymadığı görülmektedir.

Amonyum için sınır değer TS 266 için 0,5 mg /L dir. Hatay merkezdeki içme ve kullanma kuyu sularının NH₄⁺ değerleri incelendiğinde 13, 23 ve 31 nolu numunelerin TS 266 standart değerlerine uygun olmadığı görülmüştür. Maksimum amonyak değeri 1,03 mg NH₄⁺/L ile 13 nolu numunede gözlemlenirken, minimum amonyak değeri 0,04 mg NH₄⁺/L ile 11 nolu numunede tespit edilmiştir.

Analizi yapılan numunelerin fosfat değerleri 0,00-0,87 mg PO₄⁻³/L aralığındadır. Tüm sonuçlar için fosfat değerlerinin TS 266 ve WHO içme ve kullanma suyu standartlarına uygun olduğu görülmektedir.

Klorür için izin verilen maksimum değer TS 266 ve WHO için 250 mg Cl⁻/L'dir. Analiz yapılan numunelerin birçoğunda ise klorür miktarı tayin sınırının altında olduğu gözlemlenmiştir.

Florür için izin verilen maksimum değer TS 266 için 1,5 mg/L olup, Dünya Sağlık rgt içinde bu değer aynıdır. Hatay merkezde yer altı sularında yapılan analiz sonuçlarına bakıldığında Florür değerleri 0,01-0,29 mg/L arasında değişmektedir. Buna göre tüm sonuçların TS 266 ve WHO içme ve kullanma suyu standartlarına uygun olduğu görülmektedir.

Karbonat ve bikarbonat değerlerini pH ya bakarak yorumlamak mümkündür. pH<9,5 olan numunelerde karbonat değerinin düşük olduğu gözlemlenirken bikarbonat miktarının fazla olduğu tespit edilmiştir.

Ağır metal analizi için metodun geçerliliği; sertifikalı referans malzeme (CRM) kullanılarak yapılan geri kazanım çalışması ile sağlanmıştır. Standart madde ile beraber su numuneleri aynı ölçüm dizini içinde ICP OES ile analiz edilmiştir. Yapılan geri kazanım çalışması ile hesaplanan bağıl standart sapma ve % geri kazanım değerlerinin oldukça iyi olduğu bulunmuştur. Kuyu suyu numunelerinin Mn, Ni, Co, Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb ve Zn elementlerinden oluşan ağır metal analiz sonuçları incelendiğinde Ni, Al, Cd, Cr, Cu, Fe elementlerinin sonuçlarının TS 266 ve WHO içme suyu standartlarına uygun olduğu tespit edilmiştir. Co, Zn için bulunan maksimum değerler sırayla 0,0109 mg/L, 0,0744 mg/L olup bu metaller için TS 266 ve WHO tarafından standart değerler verilmemiştir. Mn için TS 266 ve WHO içme suyu standartlarına bakıldığında izin verilen maksimum değer 0,05 mg/L'dir. Antakya da kullanılan kuyu sularında Mn değerleri 0,0005-0,0584 mg/L aralığındadır. 18 nolu rneğin Mn 0,0584 mg/L olduğu ve standartlara uymadığı grlmştir. Kuşsun için TS 266'da izin verilen maksimum değer 0,01 mg/L iken WHO için bu değer 0,05 mg/L'dir. Analiz sonuçlarına bakıldığında kuşsun değeri 0,0069-0,0258 mg/L aralığında değişmekte olup birçok numunenin TS 266 standartlarına uygun olmadığı ancak WHO içme suyu standartlarına uygun olduğu gözlemlenmiştir.

Hatay'ın farklı bölgelerinden toplanan kuyu suyu numunelerinin temel bileşen analizleri sonucunda su örneklerini karakterize eden scores ve su örneklerindeki ağır metalleri karakterize eden loadings değerleri elde edilmiştir. Ayrıca su örnekleri arasındaki grupları karakterize eden eigen değerler hesaplanarak grafiğe geirilmiiştir. Elde edilen sonuçlarda ilk dört temel bileşenin toplam varyansın % 75.983' n açıkladığı grlmştir. PC1 ile PC2 verileri arasında çizilen scores ve loading grafiklerine göre kuyu suyu rneklerinin A, B ve C olarak adlandırılan üç farklı grup oluşturduğu grlmştir. Genel olarak bir değerlendirme yapıldığında A grubu rneklerinin Antakya-Merkez bölgesinden toplanan numuneleri içerdiği belirlenmiştir. Antakya-Serinyol ve Antakya Merkez bölgelerinden alınan 7 ve 30 numaralı kuyu suyu numuneleri içerdikleri Mn, Ni, Co, Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb ve Zn içeriklerindeki benzerlik nedeniyle B grubunu oluşturmuştur. C grubu içerdiği kuyu suyu numunesi sayısı bakımından en kalabalık grup

olmuştur. Bu grubun içerisinde Antakya-Merkez, Antakya-Serinyol, Antakya-Karaali Beldesi ve Hatay-İskenderun bölgelerinden alınan kuyu suyu numuneleri yer almıştır. A, B ve C gruplarını hangi elementlerin karakterize ettiğinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmada A grubu kuyu sularını Cu, Pb, Al ve Cd elementleri; B grubu kuyu sularını Zn, Fe ve Cr elementleri; C grubu kuyu sularını ise Mn, Cd, Pb, Al, Ni ve Zn elementlerinin karakterize ettiği görülmüştür.

Öbekleme analiz sonuçları incelendiğinde verilerin temel bileşen analiz sonuçları ile tamamen örtüştüğü belirlenmiştir. % 80 benzerlik seviyesinde kuyu suyu örneklerinin üç ana gruba ayrıldığı görülmüştür. Soldan sağa doğru sırasıyla ilk grup Antakya-Merkez numunelerinden, ikinci grup Antakya-Serinyol ve Antakya-Merkez numunelerinden, üçüncü grup ise Antakya-Merkez, Antakya-Serinyol, Antakya-Karaali Beldesi ve Hatay-İskenderun bölgelerinden alınan kuyu suyu numunelerinden oluşmuştur. Bu gruplar kuyu suyu örneklerinin ağır metal içeriğine bağlı olarak incelendiğinde ilk grup Pb, Cd, Al, Cu, Co ve Ni; ikinci grup Fe, Zn ve Cr; üçüncü grup ise Mn, Cr, Zn, Fe, Ni, Co, Cu ve Al elementlerinden meydana gelmiştir. Sonuçlardan değişkenler (element içerikleri) ile öbeklenmiş kuyu suyu örnekleri arasında korelasyon olduğu görülmüştür.

Hatay'ın farklı bölgelerinden toplanan kuyu suyu numunelerinin korelasyon analizi sonucunda Ni, Co ve Cu; Co, Cu ve Pb; Cu ve Pb elementleri arasında iyi korelasyon olduğu görülmüştür. 1. ve 2. temel bileşenlerin loadings değerlerini içeren grafik incelendiğinde şekildeki elementlerin konumları ile aralarında korelasyon gözlenen elementlerin örtüştüğü görülmüştür.

Sonuç olarak Hatay'ın farklı bölgelerinden toplanan 35 farklı kuyu suyu örneği kalite parametrelerine göre kemometrik teknikler kullanılarak karakterize edilmiş ve temel bileşen analizi, öbekleme analizi ve korelasyon analizinin farklı orijinlere sahip kuyu sularının içermiş oldukları ağır metal içeriklerine göre ayrılmasında yararlı metotlar olduğu saptanmıştır.

KAYNAKLAR

- Açıklan, S., 2006. Sağlıklı İçme Suyu Temini. **Su Dünyası Dergisi**, 38, 22-34.
- Akpınar, K., 2005. Dünyada ve Türkiye’de Suyun Kullanımı ve Geleceğimiz İçin Önemi. **Sağlık Bakanlığı Hizmet İçi Eğitimi**, Yalova.
- Anonim, 1995. **Türkiye’nin Çevre Sorunları’95**, Türkiye Çevre Vakfı Yayını, Önder Matbaa, Ankara.
- Anonim, 2008. **İSKİ Su Kalite Raporları**. İstanbul.
- Anonim, 2009. Köksal, S., Yurtseven, E., **Cerrahpaşa 40. Yıl Halk Sağlığı Kitabı**, Bölüm 6, Çevre Sağlığı İçme ve Kullanma Suları , 571.
- Anonymous, 2006. **Guidelines for Drinking-Water Quality First Addendum to Third Edition Volume 1**. World Health Organization, 217-375, Switzerland.
- Aydın, Ö. F., 2007. **İstanbul İlinde Samandıra, Sarıgazi ve Taşelen Beldelerinde İçme ve Kullanma Suyu Durumu**. Y.Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Düzce.
- Ayoko, G. A., Singh K., Balarea S., Kokot S., 2007. Exploratory multivariate modeling and prediction of the physico-chemical properties of surface water and groundwater. **Journal of Hydrology**, 336: 115– 124.
- Başaran, A. K. ve Egemen, Ö., 2006. Ort Toros Dağlarındaki Eğrigöl“ün Su Kalitesi Parametrelerinin Araştırılması. **Tarım Bilimleri Dergisi**, Cilt 12 (2): 137-143.
- Belkhir, L., Boudoukha A., Mouni L., Baouz T., 2011. Statistical categorization geochemical modeling of groundwater in Ain Azel plain (Algeria). **Journal of African Earth Sciences**, 59: 140–148.
- Bonton, A., Rouleau A., Bouchard C., Rodriguez M.J, 2010. Assessment of groundwater quality and its variations in the capture zone of a pumping well in an agricultural area, **Agricultural Water Management**, 97 : 824–834.
- Brereton, R. G., 2007. **Applied Chemometrics for Scientists**, Wiley (45) 331-336.
- Brereton, R.G., 2003. **Chemometrics Data Analysis for the Laboratory and Chemical Plant**, John Wiley & Sons, Ltd, ISBNs: 0-471-48977-8.
- Burak, S., Duranyıldız, İ. ve Yetiş, Ü. 1997. Ulusal Çevre Eylem Planı: Su Kaynaklarının Yönetimi. **Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü**, Ankara.
- Cidu, R., Frau, F. and Tore P., 2011. Drinking water quality: Comparing inorganic components in bottled water and Italian tap water. **Journal of Food Composition and Analysis**, 24: 184–193.
- Cortecci, G., Dinelli, E., Bolognesi, L., Boschetti, T. and Ferrara, G., 2001. Chemical and isotopic compositions of water and dissolved sulfate from shallow wells on Vulcano Island, Aeolian Archipelago, Italy. **Geothermics**. 30: 69-91.
- Çakmaklı, S., 2009. **İskenderun Körfezindeki Yağmur Suyunun Kimyasal Bileşiminin Belirlenmesi**, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay, 116 s.
- Dahlen, J., Karlsson, S., Backstrom, M., Hagberg, J. and Pettersson, H., 2000. Determination of nitrate and other water quality parameters in groundwater from UV/Vis spectra employing partial least squares regression. **Chemosphere**, 40: 71-77.
- Demir, C., 1997. **Dedetection of Metabolites by GC-MS and Analysis of Mixtures by Chemometrics**, Doktora Tezi, Bristol, 236-236.

- Demirer, A., 1995. **Su Hijyeni Ders Kitabı**, Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Ankara.
- Dombaycı, K., 2009. **Erzurum İli İçme Suyunun Bazı Fiziksel ve Kimyasal Kalite Parametreleri Bakımından İzlenmesi ve Değerlendirilmesi**, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 86 s.
- Güler, C. ve Alpaslan, M., 2009. Mineral content of 70 bottled water brands sold on the Turkish market: Assessment of their compliance with current regulations. **Journal of Food Composition and Analysis**, 22: 728–737.
- Günşen, U., Anar, İ. ve Gündüz, H., 1997. Uludağ'daki Su Kaynaklarının Fiziksel, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri. **V.Halk Sağlığı Günleri**, Isparta.
- Heredia, O.S. and Cirelli, A. F., 2009. Trace elements distribution in soil, pore water and groundwater in Buenos Aires, Argentina. **Geoderma**, 149: 409–414.
- Jamshidzadeh, A. and Mirbagheri, S.A., 2011. Evaluation of groundwater quantity and quality in the Kashan Basin, Central Iran. **Desalination**, 270: 23–30.
- Kulabako, N.R., Nalubega, M. and Thunvik, R., 2007. Study of the impact of land use and hydrogeological settings on the shallow groundwater quality in a peri-urban area of Kampala, Uganda. **Science of the Total Environment**, 381: 180–199.
- Love, D., Hallbauer, D., Amos, A. And Hranov, R., 2004. Factor analysis as a tool in groundwater quality management: two southern African case studies. **Physics and Chemistry of the Earth**, 29: 1135–1143.
- Mondal, N.C., Singh, V.P., Singh, V.S. and Saxena, V.K., 2010. Determining the interaction between groundwater and saline water through groundwater major ions chemistry. **Journal of Hydrology**, 388: 100–111.
- Nas, B. and Berktaş, A., 2005. Groundwater contamination by nitrates in the city of Konya, (Turkey): A GIS perspective, **Department of Environmental Engineering**. Selçuk University, Konya, Turkey.
- Omo-Irabor, O. O., Olobaniyi, S. B., Oduyemi, K., Akunna, J., 2008. Surface and groundwater water quality assessment using multivariate analytical methods: A case study of the Western Niger Delta, Nigeria. **Physics and Chemistry of the Earth**, 33: 666–673.
- Öziş, Ü., Baran, T., Durnabaşı, İ. ve Özdemir, Y., 1997. “Türkiye’nin su kaynakları potansiyeli” Meteoroloji Mühendisliği. **TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası Yayın Organı**. 2: 40-45.
- Penradee, C., Suthipong, S., Kyung, H. C., Kyoung-Woong, K., Vibol, S., Boukeo, S., Chantha, V., 2011. Contamination by arsenic and other trace elements of tube-well water along the Mekong River in Lao PDR. **Environmental Pollution**, 15 (2): 567-576.
- Samsunlu, A., 2008. **Çevre Mühendisliği Kimyası**, Birsen Yayınevi, 214-215.
- Serengil, Y., 1997. **Balandere İstanbul-Bahçeköy Boyuna Profilinde Bazı Su Kalitesi Parametrelerinin Değişimi**. Y.Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sümer, B., İleri, R., Şamandar, A., Şengörür, B., 2001. Büyük Melen ve Kollarındaki Su Kalitesi. **Çevkor**, 10 (39), 13-18.
- Süphandağ, Ş.A., Uyguner, C. S., Bekbölet, M., 2007. **İstanbul’da Tüketilen Ticari ve Şebeke Bazlı İçme Sularının Kimyasal ve Spektroskopik Profilleri**, Boğaziçi Üniversitesi, Çevre Bilimleri Enstitüsü, Hisar Kampüsü, Bebek, 34342, Cilt:17, Sayı:2, 23-35, Temmuz 2007, İstanbul

- Tepe, Y., Ateş, A., Mutlu, E., Töre, Y., 2006. Hasan Çayı (Erzin-Hatay) Su Kalitesi Özellikleri ve Aylık Değişimleri. **Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi**, 23(1/1), 149-154.
- Tepe, Y., 2009. Reyhanlı Yenışehir Gölü(Hatay) Su Kalitesinin Belirlenmesi. **Çevkor Ekoloji**, Cilt 18(Sayı 70), 38-46.
- Varol, S., 2011. **Yeraltı Sularında Toplam Alfa Ve Beta Radyoaktivitesi** , Muhendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, Cilt:1 Sayı:3 s.101-106, 2011
- Yalçın, H., ve Gürü, M., 2002. **Su Teknolojisi**, Palme Yayıncılık, Ankara.
- Yıldız, A. ve Genç, Ö., 1993. **Enstrümental Analiz**. Hacettepe Üniversitesi Basımevi, 206-208. Ankara, 418 s.
- Yumurutuş S, Sungur T., 1980. **Hijyen, Koruyucu Hekimlik**. Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayını No:393

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında büyük bir özveriyle bana destek olan bilgi, deneyimi ve yardım severliği ile bana yol gösteren danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Yasin Yücel'e teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Çalışmalarım sırasında değerli görüş, katkı ve bilgilerini esirgemeyen değerli hocalarım Sayın Yrd. Doç. Dr. Zeki AYDIN ve Yrd. Doç. Dr. Yener TEKELİ' ye teşekkürlerimi sunarım.

Deneylerin yapılması sırasında MARGEM imkânlarından faydalanmamı sağladığı için öncelikle Doç. Dr. Veli UYGUR'a ve tüm MARGEM çalışanlarına teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince yanımda bulunan çok değerli dostlarım ve destekçilerim Hakan VARÇİN, Tansel Aydoğan, Hasan Arslaner ve Aytaç Riyadcan'a güvenini ve manevi yönden desteğini her zaman hissettiğim aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmamın gerçekleşmesinde sağladıkları maddi kaynaklarından dolayı MKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna teşekkür ederim.

ÖZGEÇMİŞ

Tuba ÜNEŞ, 1983 yılında Hatay'ın Antakya ilçesinde doğdu, 2001 yılında lisans öğrenimine başlamış olduğu Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Fakültesi Kimya Bölümü'nü 2005 yılında bitirdi, 2008 yılında Adana da Çukurova Üniversitesi Orta Öğretim Öğretmenliği (Kimya Alanında) üzerine Yüksek Lisans yaptı. 2009 yılında Mustafa Kemal Üniversitesi İskenderun Meslek Yüksekokulunda Öğretim Görevlisi unvanıyla göreve başladı. Halen İskenderun Meslek Yüksekokulu Çevre Koruma ve Kontrolü bölümünde Öğretim elemanı olarak görev yapmaktadır. 2010 yılında; Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Analitik Kimya Bölümü Yüksek Lisans Programında öğretimine başlamıştır.