T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KONYA BÖLGESİNDEKİ İÇME SULARINDA METAL TAYİNİ

SEMA TOFAN

KİMYA ANABİLİM DALI

KONYA, 2008

T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KONYA BÖLGESİNDEKİ İÇME SULARINDA METAL TAYİNİ

SEMA TOFAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KİMYA ANABİLİM DALI

Bu tez, 28.08.2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Yunus ÇENGELOĞLU
(Danışman)

Yrd. Doç. Dr. Ersin GÜLER
(Üye)

Yrd. Doç. Dr. Gülşin ARSLAN
(Üye)

ÖZET

KONYA BÖLGESİNDEKİ İÇME SULARINDA METAL TAYİNİ

SEMA TOFAN

Selçuk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Kimya Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Yunus ÇENGELOĞLU

2008, 77 Sayfa

Jüri:

Doç. Dr. Yunus ÇENGELOĞLU

Yrd. Doç. Dr. Gülşin ARSLAN Yrd. Doç. Dr. Ersin GÜLER

Bu çalışma, Konya ili ve ilçeleri şebeke sularının ağır metal miktarı bakımından analiz edilip, kirletici parametreler açısından su kalitesini incelemek amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla bölgeden 2007-2008 yıllarında üç ayrı dönemde 11 ayrı noktadan numuneler alınmıştır. Analizler neticesinde bu numunelerin su kalitesi fiziksel ve kimyasal özellik bakımından belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışma sonucunda numunelerin bazılarının ağır metal içeriğinin (Cr, Ni) maksimum izin verilen değerlere yakın olduğu görülmüştür. Bu değerler özellikle yağışın az olduğu Temmuz-Ağustos döneminde daha yüksek konsantrasyonlarda ölçülmüştür.

Anahtar Kelimeler: İçme suyu, Kimyasal yapı, Ağır metal, İyon kromatografisi

ABSTRACT

ANALYSIS OF METALS IN DRINKING WATER IN KONYA

Sema TOFAN

Selcuk University

Graduate School of Naturel and Applied Sciences

Deparment of Chemistry

Supervisor: Doç. Dr. Yunus ÇENGELOĞLU

2008, 77 Page

Jury:

Doç. Dr. Yunus ÇENGELOĞLU

Yrd. Doç. Dr. Gülşin ARSLAN Yrd. Doç. Dr. Ersin GÜLER

This study was done in order to examine water quality in terms of polluter parameters, mains water of the province Konya and its counties being analyzed by terms of heavy metal amount. For that purpose, samples were taken from 11 different points in three different terms between 2007 and 2008 from the region. As a result of analyses, water quality of these samples was tried to determine by means of physical and chemical property.

In consequence of the analyses, it was seen that heavy metal (Cr, Ni) in the samples was nearby the allowed maximum amount. These amounts were especially measured at higher concentrations during the term between July and August when there was less rain.

Key Words: Municipal water, Chemical structure, Heavy metal, Ion change Cromatography

TEŞEKKÜR

Bu çalışma sırasında her türlü desteğini esirgemeyen saygıdeğer hocam ve danışmanım Doç. Dr. Yunus ÇENGELOĞLU' na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tezde yapılan deneyler S.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünde ve halen çalıştığım Konya Ticaret Borsası Özel Gıda Kontrol Laboratuarı imkanları ile gerçekleştirilmiştir. Bu imkanların sunulmasından dolayı müteşekkirim.

Hayatım boyunca ve bu çalışmam esnasında beni her yönden destekleyen aileme ve ayrıca bu çalışmanın oluşmasında büyük katkıları olan Gıda Mühendisi Mahmut Hayali ATALAY'a ve doktora öğrencisi İzzet KOÇAK'a sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET iii
ABSTRACT iv
TEŞEKKÜR v
İÇENDEKİLER vi
ŞEKİLLER DİZİNİ viii
TABLOLAR DİZİNİ ix
SİMGE VE KISALTMALAR x
1-GİRİŞ 1
1.1 Suyun Önemi 4
1.2 Su Kirliliği 4
1.2.1 Kirlenme Unsurları 5
2- SULARIN KİMYASAL VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ 7
2.1 Suların Fiziksel Özellikleri 7
2.1.1 Sıcaklık 7
2.1.2 Bulanıklık 8
2.1.3 Renk 9
2.1.4 Koku 9
2.1.5 Tad 10
2.1.6 Elektriksel İletkenlik 10
2.1.7 pH 10
2.2 Suların Kimyasal Özellikleri 11
2.2.1 Çözünmüş Oksijen 11
2.2.2 Çözünmüş Karbondioksit 11
2.2.3 Sertlik 12
2.2.4 Organik Madde 13
2.3 Suda Anyonlar ve Anyon Kirliliği 14
2.3.1 Azot Bileşikleri 14
2.3.2 Amonyak 14
2.3.3 Nitrit ve Nitrat 15
2.3.4 Fosfat 16
2.3.5 Sülfat 16
2.3.6 Florür 17
2.3.7 Klorür 17
2.4 Anyon Tayin Metodu 18
2.4.1 İyon Kromatografisi 18
2.5 Metaller ve Suda Metal Kirliliği 19
2.5.1 Metallerin Toksik Etkileri 21
2.5.2 Ağır Metal Zehirlenmesinin Etkileri 23
2.5.2.1 Alüminyum 25
2.5.2.2 Bakır 26
2.5.2.3 Çinko 27
2.5.2.4 Demir 28
2.5.2.5 Mangan 29
2.5.2.6 Bor 29
2.5.2.7 Kadmiyum 30
2.5.2.8 Krom 30

2.5.2.9 Kurşun 31
2.5.2.10 Nikel 32
2.5.2.11 Kobalt 32
2.5.2.12 Cıva..... 33
2.5.2.13 Arsenik……..... 34
2.6 Metal Tayin Metodu..... 36
2.6.1 ICP-OES 36
3- İÇME SUYU STANDARTLARI..... 38
4- KAYNAK ARAŞTIRMASI 40
5- MATERYAL VE METOD 43
5.1 Malzemeler ve Cihazlar…… 43
5.1.1 Malzemeler……..... 43
5.1.2 Cihazlar…….....43
5.2 Numune Alma……..... 43
5.3 Analizler……... 46
5.3.1 Katyon ve Ağır Metal Analizleri…….. 46
5.3.2 Anyon Analizleri…….. 46
5.3.3 Diğer Analizler……..... 47
6. ANALİZ SONUÇLARI VE TARTIŞMA…….. 47
6.1 Temmuz-Ağustos 2007 Dönemi Analiz Sonuçları ve Grafiksel Değerlendirilmesi 47
6.2 Ocak-Şubat 2008 Dönemi Analiz Sonuçları ve Grafiksel Değerlendirilmesi..52
6.3 Nisan-Mayıs 2008 Dönemi Analiz Sonuçları ve Grafiksel Değerlendirilmesi 56
6.4 Sonuçların Mevsimsel Değerlendirilmesi 61
6.4.1 Konya Merkez ve Arıtılmış Şebekeye Verilmeden Önceki Su Numunelerinin Mevsimsel Değerlendirilmesi 61
7-Sonuçlar Ve Öneriler 63
7.1 Kullanılan Metodun (ICP-OES) Değerlendirilmesi..... 63
7.2 Sonuçlar ve Öneriler 64
KAYNAKLAR 66
Ek-A 72
Ek-B 77

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 İyon Kromatografisinin Şematik Gösterimi 18
Şekil 2.2 İndüktif Eşleşmiş Plazma 37
Şekil 5.1 Çalışma Alanı ve Örnek Noktaları..... 45
Şekil 5.2 Sülfat İyonu Kalibrasyon Grafiği..... 47
Şekil 6.1 Fiziksel ve Kimyasal Parametreler Değişimi (Temmuz-Ağustos 2007 49
Şekil 6.2 Temmuz-Ağustos Dönemi Metal Değişimi..... 51
Şekil 6.3 Ocak-Şubat Dönemi Fiziksel ve Kimyasal Parametreler Değişimi..... 54
Şekil 6.4 Ocak-Şubat Dönemi Metal Değişimi 56
Şekil 6.5 Nisan-Mayıs Dönemi Kimyasal ve Fiziksel Parametreler Değişimi 58
Şekil 6.6 Nisan-Mayıs Dönemi Metal Değerleri..... 60
Şekil 6.7 Konya Merkez Çeşme Suyu Mevsimsel Değerlendirmesi..... 62
Şekil6.8 Arıtılmış Şebekeye Verilmeden Önceki Su Numunesinin Mevsimsel Değerlendirmesi..... 62
Şekil A.1 3 Nolu Numune Noktası (Kadınhanı Şebeke Suyu) Kimyasal ve Fiziksel Sonuçlarının Mevsimsel Değerlendirme Grafiği..... 72
Şekil A.2 4 Nolu Numune Noktası (Karapınar Şebeke Suyu) Kimyasal ve Fiziksel Sonuçlarının Mevsimsel Değerlendirme Grafiği..... 73
Şekil A.3 5 Nolu Numune Noktası (Beyşehir Şebeke Suyu) Kimyasal ve Fiziksel Sonuçlarının Mevsimsel Değerlendirme Grafiği..... 73
Şekil A.4 6 Nolu Numune Noktası (Seydişehir Şebeke Suyu) Kimyasal ve Fiziksel Sonuçlarının Mevsimsel Değerlendirme Grafiği..... 74
Şekil A.5 7 Nolu Numune Noktası (Ilgın Şebeke Suyu) Kimyasal ve Fiziksel Sonuçlarının Mevsimsel Değerlendirme Grafiği……74
Şekil A.6 8 Nolu Numune Noktası (Sarayönü Şebeke Suyu) Kimyasal ve Fiziksel Sonuçlarının Mevsimsel Değerlendirme Grafiği……75
Şekil A.7 9 Nolu Numune Noktası (Çumra Şebeke Suyu) Kimyasal ve Fiziksel Sonuçlarının Mevsimsel Değerlendirme Grafiği……75
Şekil A.8 10 Nolu Numune Noktası (Güneysınır Şebeke Suyu) Kimyasal ve Fiziksel Sonuçlarının Mevsimsel Değerlendirme Grafiği……76
Şekil A.9 11 Nolu Numune Noktası (Cihanbeyli Şebeke Suyu) Kimyasal ve Fiziksel Sonuçlarının Mevsimsel Değerlendirme Grafiği……76

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 2.1 Suların Sertlik Derecesi ve $CaCO_3$ (mg/L) ilişkisi 13
Tablo 2.2 Bazı Metallerin Yoğunlukları 19
Tablo 2.3 İnsan Tarafından Besin, Su ve Hava ile Alınan Metaller 20
Tablo 2.4 Suda Bulunan Başlıca Maddeler ve Kaynakları 24
Tablo 2.5 Kıtaiçi Su kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri 35
Tablo 3.1 Türk Standartları Enstitüsü, Dünya Sağlık Örgütü, Avrupa Birliği Tarafından Belirlenen İçme Suyu Kalite Standartları 39
Tablo 5.1 Su Numunelerinin Alındığı İlçeler 44
Tablo 6.1 Temmuz-Ağustos Dönemi Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları 48
Tablo 6.2 İncelenen Numunelerin Ocak-Şubat Dönemi Fiziksel, Kimyasal Analiz Sonuçları 53
Tablo 6.3 İncelenen Numunelerin Nisan-Mayıs Dönemi Fiziksel, Kimyasal Analiz Sonuçları 57

SİMGE VE KISALTMALAR

EC	Elektriksel İletkenlik
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
EPA	ABD Çevre Koruma Kurumu
ICP-OES	İndiktüf Eşleşmiş Plazma Optik Emisyon Spektrofotometresi
AAS	Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi

1.GİRİŞ

Su canlılığın temelini oluşturan ve yaşamsal işlevlerin gerçekleştirilmesinde en çok gereksinim duyulan doğal kaynaktır. Canlılardaki hemen tüm metabolik olaylarda su çok önemli rol oynamaktadır. Bunun yanı sıra biyolojik sistemlerde değişik görevleri olan elementler suda çözünmüş olarak bulunmaktadır. Bu elementler canlılara başlıca besin maddeleri veya suda çözünmüş olarak taşınırlar. Bu özellik, su ve suda çözünmüş olarak bulunan element düzeylerinin önemini ortaya koymaktadır. Saf su iki hidrojen ve bir oksijen atomundan meydana gelmiş, kimyasal formülü H_2O olan bir bileşiktir. Sıkıştırılamayan, rengi ve kokusu olmayan, katı, sıvı ve gaz halde bulanabilen bir maddedir. Deniz seviyesinde ve +4°C' de özkütlesi 1g/cm^3'tür.

Susuz hayat mümkün değildir. Yetişkin bir insanın vücudunun ortalama %59'u sudur. Su vücudun her bölümünde dağılmış haldedir. Bazı dokuların yapısında fazla miktarda su bulunurken (kan) bazılarında (kemik) daha az miktarda bulunur. Vücuttaki bütün fizyolojik olayların yürütülmesinde su ya doğrudan ya da dolaylı olarak metabolik işlemlere katılır. Bütün yaşamsal olaylar için gerekli olan suyun insanlara hijyenik olarak (içerisinde zararlı kimyasal maddeleri ve patojen mikroorganizmaları içermeyecek özellikte) sağlanması gerekmektedir.

Suyun doğal yapısında pek çok çözünmüş madde, parçacık ve organizma bulunabilir. Bu bileşenlerin eksikliği veya fazlalığı içme ve kullanma sularının fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliğini etkilemektedir. Suyun bulunduğu arazi yapısı ve çevredeki kirleticilerin bu yönde etkisi oldukça önemlidir.

Çağımızdaki giderek artan nüfus, teknolojik ilerlemeler sonucu sanayi ve endüstriyel alandaki gelişmeler doğal çevre üzerine olumsuz bir baskı oluşturmaktadır. Bu baskı sonucu oluşan çevre kirliliği günümüzde insanoğlunun karşılaştığı en önemli güncel sorunlardan biridir. Su da bu kirlilikten payını almaktadır. Evlerden, ticaret ve sanayi kuruluşlarından kaynaklanan atık sular, su kirlenmesine yol açan başlıca etkenlerdir. Atık sular içme ve kullanma sularına değişik yollardan karışmakta ve sağlık açısından ciddi sorunlar gündeme gelmektedir. Çünkü atık sular toksik etki yapan elementleri (As, Cd, Hg, Ni, Pb gibi) içerebilmektedir.

Doğadaki elementlerin çoğu canlılarda bulunur. Bunların bazıları doğrudan temel yapıyı oluştururken, bazıları da organik grupların yapısına girerek o grubun işlevlerini yerine getirmesinde önem taşımaktadır. Elementleri canlı yapıdaki işlevlerine göre bazı alt gruplarda toplamak mümkündür.

Birinci grup olarak nitelendirilen elementler, bütün organizmalarda temel biyomoleküllerin yapıtaşlarını oluşturur (C, H, O, N, S, P). Bununla birlikte bu elementler bazı biyokimyasal işlevleri de bağımsız olarak yürütür.

İkinci grup elementler organizmada elektriksel yük dengesini sağlamaktadır. Pozitif yüklü Na^{+}, K^{+}, Ca^{+2}, Mg^{+2} ve negatif yüklü SO_4^{-2}, Cl^{-}, PO_4^{-3} hücrelerdeki elektriksel yük dengesini sağlayacak miktarlardadır.

Üçüncü grup elementleri eser elementler oluşturur. Bunlar canlılarda temel yapıtaşları değildir, ancak eksikliği ve fazlalığında önemli işlevsel bozukluklara neden olurlar. Genellikle enzimler ve vitaminlerin yapısında bulunurlar. Enzimatik aktivitelerin düzenlenmesinde kofaktör olarak görev yaparlar (Fuller, 1974)

Eser element tanımlanmasında kesin bir ölçüt ve uzlaşma yoktur. Ancak genel bir örneğin 1 g'da söz konusu element derişimi 100 µg veya daha düşük düzeyde ise eser element olarak kabul edilebilir.

Canlıların yaşaması için bu kadar önemli olan su içerisinde bulunan her madde canlı sağlığını doğrudan etkilemektedir. Su içerisinde bulunan ve canlı organizmasında zararlı etki oluşturabilecek maddelerin arasında metaller önemli yer tutmaktadır. Metallerin birçoğu (arsenik, kadmiyum, selenyum, kurşun) son derece zehirli olmalarının yanında, bazıları (arsenik, kadmiyum, krom, kurşun, civa, nikel, selenyum vs.) karsinojenik; bazıları ise mutajenik ve teratojenik etkilere sahiptir. Metallerin canlı organizmalarındaki etkilerinin belirlenmesiyle, bu elementlerin analizlerinin önemi de artmıştır. Günümüzde içme sularında metal düzeylerinin belirlenmesi halk sağlığı açısından önemli ve zorunlu hale gelmiştir.

Bu çalışma ile, Konya bölgesinde tüketilen çeşme suyu numunelerindeki bakır(Cu), çinko(Zn), demir(Fe), kurşun(Pb), nikel(Ni), kalsiyum(Ca),

magnezyum(Mg), sodyum(Na), potasyum(K), fosfor(P), mangan(Mn), krom(Cr), arsenik(As), civa(Hg), bor(B) düzeylerinin; sülfat, klorür, nitrat, florür, nitrit, fosfat, bromür seviyelerinin ve suyun fiziksel özellikleri olan pH, EC ve sertliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışma sonucunda elde edilen değerler, ülkemizde ve dünyada içme sularında izin verilen üst sınır değerleri ile karşılaştırılarak halk sağlığı açısından önemi tartışılmıştır.

1.1 SUYUN ÖNEMİ

Hava, su, ısı, ışık ve besin maddeleri canlıların yaşaması için gerekli temel unsurlardır. Bu unsurların başında oksijen ve su gelmektedir. Canlı organizmayı oluşturan hücrelerin yaşam faaliyetlerini devam ettirebilmeleri için suya gereksinimleri vardır. Su yaşam için en zorunlu maddelerden birisidir. Susuzluğa dayanmak oldukça zordur. İnsan gıda almadan yalnız su içerek yaklaşık 5 hafta hayatını sürdürebildiği, halde susuzluğa ancak 7-12 gün dayanır. Henüz hayatın başlangıcında olan üç aylık bir fötusun %95'i sudur. İnsan organizmasının %62-67'si, hayvan organizmasının % 60-70'i sudan ibarettir. İnsan organizmasındaki suyun 2/3'ü hücre içerisinde, geriye kalan kısmı ise dokular arası sıvıda ve kanda bulunur. Su, sindirim sisteminde besinlerin taşınıp sindirilmesi ve besin maddelerinin kana verilmesinde temel ortamı oluşturur. Kandaki metabolizma artıklarının akciğer ve böbreklere taşınıp dışarı atılabilmesi içinde suya ihtiyaç vardır. Terleme ile vücuttan buharlaşan su vücut ısısının düzenlenmesini sağlar. Kısacası vücuttaki bütün fizyolojik olayların yürütülmesinde su ya doğrudan ya da dolaylı olarak metabolik işlemlere katılır. Kimyasal formülü H_2O'dur, ağırlıkça %11,1 Hidrojen ve %88,9 Oksijenden meydana gelir. Su molekülünde iki hidrojen atomunun aynı tarafta bulunması pozitif yüklü olmasına neden olur, oksijen atomu da negatif yüklüdür. Periyodik cetvelde oksijene benzer diğer maddelerin dihidrürlerinden farklıdır. Atmosferik basınç ve oda sıcaklığında (25 °C) daha ağır moleküller (H_2S, H_2Se) gaz halindeyken, H_2O sıvı halde bulunur. 100° C' ye çıkarıldığında gazlaşır. Su daha yoğundur, dielektrik sabiti ve yüzey gerilimi yüksektir. Donma noktası ise düşük olup, donduğunda daha az yoğun haldedir. Saf su renksiz, kokusuz ve tatsız bir sıvıdır, 0 °C'de donarak katı faza geçer.

1.2 Su Kirliliği

Su kirliliği, su kalitesinin dolayısıyla su ortamının doğal dengesinin bozulması olarak tanımlanır ve aynı zamanda suyun normal durumundan ne kadar uzaklaştığını, halk sağlığına etkisini veya ekolojik etkilerini gösterir (Akman ve ark., 2000).

Eser elementler canlı organizmanın yapısında çok düşük miktarlarda bulunur. Bu elementler yüksek konsantrasyonlarda toksik etki yaratmakla birlikte, düşük miktarları da ciddi sağlık problemlerine neden olmaktadır (Purves, 1985).

Eser elementlerin sularda ve topraktaki doğal konsantrasyonu bölgenin jeolojik, jeomorfolojik, iklim vb. özeliklerine bağlı olarak değişmektedir. Bu yüzyılın ortalarından itibaren teknolojinin hızla artışı antropojenik kaynakların doğal sulara etkisini ve bunun sonucunda doğal sularda eser element konsantrasyonlarını gittikçe arttırmıştır.

Doğal sulardaki eser element konsantrasyonlarını arttıran başlıca etmenler aşağıda sıralanmıştır (Giorgio ve ark., 1999):

- Evsel ve endüstriyel atıksuların sulamada kullanımı,
- Tarımda kullanılan gübre ve pestisitler,
- Arıtma çamurlarının depolanması,
- Baca gazı emisyonları,
- Hayvancılıktan kaynaklanan atıklar.

Yeryüzünde bulunan suyun tüm insanlığı ihtiyaçlarını karşılayacak kadar çok olduğunu ve dolayısıyla hiçbir zaman tükenmez bir kaynak oluşturacağını düşünmek yanlıştır. Su kaynakları insanların içme, kullanma, endüstri ve tarımsal sulama gibi ihtiyaçlarını karşıladıktan sonra değişik oranlarda kirletilerek yeniden doğaya verilmektedir. Bu şekilde dünyada temiz su kaynakları gittikçe azalmaktadır (Yalçın ve Gürü 2002). Suların kirlenme durumu, çağdaş medeniyetlerin doğal ortamı bozmasının en belirgin örneği ve endişe verici sorunlardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır (Akman ve ark., 2000). Ülkemizde de sosyal ve ekonomik gelişime paralel olarak su tüketiminin yıldan yıla arttığı tesbit edilmiştir (Eti, 2002). Ülkemizde içme suyu kaynakları da artan nüfus, hızla gelişen endüstri ve azalan ormanlar nedeniyle gün geçtikçe ihtiyacı karşılayamamaktadır (Gündüz, 1994).

1.2.1 Kirlenme unsurları

Dünya Sağlık Örgütünce (WHO) yüzeysel sulardaki kirlilik unsurları sınıflandırılmıştır .

a) Bakteri, virüs ve diğer hastalık yapıcı canlılar: Suların hijyenik açıdan kirlenmesine neden olan organizmalar, genellikle hastalıklı veya portör olan hayvan ve insanların dışkı ve idrarından kaynaklanmaktadır. Bulaşıcı etki ya bu atıklarla

doğrudan temasla yada atıkların karıştığı sulardan dolayı gerçekleşir. Bu tür sular içilmez ve kullanılmazlar

b) Organik maddelerden kaynaklanan kirlenme: Ölmüş hayvan, bitki artıkları ile tarımsal artıkların yüzeysel sulara karışmasıyla ortaya çıkar. Suyun oksijen seviyesindeki değişimlerde su kalitesini etkiler. Ayrıca mikroorganizmalara uygun bir üreme ve gelişme ortamını sağlar.

c) Endüstri artıkları: Çeşitli endüstrilerden çıkan fenol, arsenik, siyanür, krom gibi toksik maddelerden oluşurlar. Bileşimleri gün geçtikçe değişir.

d) Yağlar ve benzeri maddeler: Tanker ve boru hatlarıyla taşınan petrolün kazalar ve sızmalar sonucu yüzeysel sulara karışmasıyla bu tür kirlilik oluşur. Yüzeysel sulara karışmasının yarattığı olumsuz etkiler açısından önemlidir.

e) Sentetik deterjanlar: İçerdikleri fosfatlar yüzeysel sularda östrafikasyona ve ikincil olarak kirlenmeye sebep olurlar.

f) Radyoaktivite: Nükleer enerjinin kullanıldığı tesislerin reaksiyon ürünleri radyoaktiftir. Nükleer atıkların yeraltı ve deniz altında uzun süre saklanması sırasında kaplardan sızmaları sonucu sulara karışmalarıyla toksik özellikleri ortaya çıkar. Hastane araştırma kuruluşlarından kaynaklanabilir.

Atmosferdeki nükleer silah denemeleri sırasında yağmur sularının kirlenmesi sonucu da sularda kirlilik sebebi oluşturur

g) Pestisitler: Yapay organik maddelerdir. Zararlı böcek, bitki ve mantarlarla mücadelelerde kullanılırlar. Uzun süreli kullanımları sonucu zararlı etkileri ortaya çıkar.

h) Yapay organik kimyasal maddeler: Farmasotik, petrokimya, ve kimya endüstrilerince üretilirler. Bu maddeler yerlerini aldıkları doğal organik maddelerden daha güç degredasyona uğrarlar.

ı) Yapay ve doğal tarımsal gübreler: Bunlar ikincil olarak kirlenmeye neden olurlar.

j) Anorganik tuzlar: Çözünmüş tuzlar sularda ve deşarj noktalarında sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir, sülfat, nitrat, bikromat, ve fosfatları halinde bulunurlar. Bunların çok yüksek dozları kirleticidir. Suların içme, sulama ve birçok endüstriyel kullanım için uygunsuz hale getirir.

k) İnert çözünmeyen madde: Tebeşir, Jips gibi birçok inert çözünmeyen madde sularda bulanıklığı arttırır. Bu yüzden arzu edilmezler.

Bunların dışında sular fiziksel (renk, sıcaklık, süspansiyon, maddeler), fizyolojik (tat, koku) ve biyolojik kirlenmeye de maruz kalabilirler.

2-SULARIN KİMYASAL VE FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Doğada tam olarak saf suyun bulunması hiçbir zaman mümkün değildir. Doğadaki sularda yabancı madde, erimiş tuzlar, gazlar, kimyasal bileşikler, hastalık yapan veya yapmayan organizmalar, toprak, kil vs. bulunur. Bunların bir kısmı mikroskopla ve bakteriyolojik muayeneler, bir kısmı kimyasal deneylerle, bir kısmı gözle, bir kısmı da tat ve kokularıyla teşhis edilebilir. Su içerisindeki yabancı maddelerin en fazla kabul edilebilecek miktarları suyun kullanım amacına bağlıdır.

2.1 Suların Fiziksel Özellikleri

Su bulunduğu şartlara bağlı olarak katı, sıvı ve gaz hallerinde bulunabilir. Yoğunluğu büyük ölçüde sıcaklığa bağlıdır. Suyun fiziksel özelliklerinden sıcaklığı, bulanıklığı, rengi lezzeti, kokusu, geçirgenliği ve pH'sı önemlidir.

2.1.1 Sıcaklık

Suyun kendine özgü lezzeti özellikle sıcaklığa bağlıdır. Genel olarak içme suyunun sıcaklığının 7-12 °C' ler arasında olması istenmektedir. Daha sıcak sular ağza yavan gelebildiği gibi 20 °C' den fazla sıcak sular mide bulantısı vermektedir. Bunun tam aksi soğuk sular mide ve bağırsak mukozasını tahriş ettiği gibi bağırsak hareketlerini durdurmakta ve sancı oluşturmaktadır. Sıcaklık su kaynağındaki

biyolojik, fiziksel ve kimyasal işlemleri etkileyerek pek çok değişkeninin konsantrasyonunu değiştirir. Suyun sıcaklığı arttığında kimyasal reaksiyonların hızı ve sudaki maddelerin buharlaşması da artar. Ayrıca sudaki CO_2, O_2 gibi gazların çözünürlüğü azalır.

2.1.2 Bulanıklık

Suyun bulanıklığı içerdiği asılı ve kolloidal haldeki organik ve inorganik maddelerden ileri gelir. Organik maddeler arasında patojen mikroorganizmaların bulunabileceği de ayrıca unutulmamalıdır. Bulanık sular daima şüpheli sular olarak kabul edilmelidir. İçme ve kullanma sularının berrak olması su hijyeni yönünden önemlidir. Kaynağı ne olursa olsun önceden ne gibi temizleme işlemi görmüş olursa olsun bulanık suların içilmemesi, işletme ve ev işlerinde kullanılmaması gerekir. Hatta borularda tortu bırakmaları dolayısıyla endüstride bile kullanılmamalıdır. Canlı organizmalar askı halindeki bulanıklık veren maddeler üzerinde bulunduklarından klorun ve dezenfektanın etkisini zorlaştırır. Daha fazla dezenfektan harcanır (Güler, 1977).

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

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

Filtrasyon: Bulanıklığın artması suyun filtrasyon maliyetini de arttırır. Yüksek bulanıklık açık kum filtrelerini kullanılamaz hale getirebilir (yıkama süreleri kısalır maliyet artar). Yüksek bulanıklık olan sularda kimyasal koagülasyonla bulanıklığa neden olan askıda maddeleri yumaklaştırarak kum filtrelerinde yakalayabiliriz.

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

2.1.3 Renk

Suyun rengi hakkında karar verebilmek için suya süzüldükten sonra bakılmalıdır. Çünkü suyun rengi genellikle suda kolloidal halde bulunan organik ve inorganik maddelerden bazen de endüstri sularında erimiş kimyasal maddelerden ve boyalardan ileri gelir.

Az miktardaki su renksiz olmasına karşılık kalın tabaka halinde doğal olarak mavimtırak renktedir. Fakat demir bileşikleri, koloidal organik maddeler ve özellikle de bitkisel kaynaklı maddeler süspansiyon halinde bulunduklarında suyu renklendirirler. İçinde demir tuzları (Ferro) bulunan sular sarı renkte olup havalandırılınca kırmızımtırak çökelek verirler. Granitli kayalardan gelen sular hafif esmerimtırak bir renk taşırlar. Ayrıca suda yosunların ve mikroorganizmaların üremesi de suya yeşilimsi bir renk vermektedir.

Halk sağlığı açısından elde edilen suyun hijyenik olarak güvenli olması gerekir. İçme sularının estetik olarak uygunluğu söz konusu olduğundan renk istenmez. İçme sularında insan kullanımı için rengin 15 TCU geçmesine izin verilmez (Samsunlu, 2005).

2.1.4 Koku

Genellikle iyi nitelikli su kokusuzdur. Suyun kokulu oluşu birçok nedenden ileri gelir. Bu nedenler genellikle mikroorganizmaların fermentasyonu, dışkı, idrar karışması, organik maddelerin ayrışması, endüstriyel artıkların ve çeşitli artıkların karışması şeklinde sayabiliriz. Ayrıca derin yeraltı sularında sülfatların ayrışmasıyla oluşan kükürtlü hidrojen, suların içinde yaşayan algler ve çeşitli mikroorganizmalar ve bazen de suların nakledilmelerinde kullanılan boru ve kaplarda kokunun oluşmasına neden olur. Ayrıca suların dezenfeksiyonunda kullanılan klor ve iyotta suya kendilerine özgü kokularını verir. Koku muayenesi için şişenin kapağı çıkarılarak hemen koklanır. Ayrıca su bir behere konur, ağzı saat camı ile kapatılır ve 95° C' ye kadar ısıtıldıktan 5 dakika sonra koku muayenesi yapılır.

2.1.5 Tad

Suyun lezzeti, suda erimiş oksijen ve karbondioksit gazlarına, içerdiği diğer kimyasal maddelere ve suyun sıcaklığına ve soğukluğuna göre değişmektedir. Suyun lezzeti doğal ve hoş içimli olmalıdır. Aksine ekşi, acı, tuzlu, madeni veya kekremsi lezzetli olmamalı, lezzetini değiştirmemeli, içildiği zaman boğazda kuruluk, buruşukluk ve midede de şişkinlik hissi vermemelidir. İçilen suyun, istenilen taze su lezzeti içerdiği oksijen ve karbondioksit gazlarından oluşmaktadır. Suyun ısıtılması halinde bu gazlar buharlaşarak uçacağından suda yavan ve tatsız bir lezzet oluşur. Suda bulunan mineral maddelerin oranı az ise suda kabul edilebilir bir lezzet vardır. Mineral maddelerin çokluğu suyu içilemez bir hale getirebilir.

Tat ve kokunun giderilmesi için en çok kullanılan yöntemler suyun havalandırılması, klorlanması ve ozonlanması, yabancı maddelerin çökeltilmesi, aktif kömürden geçirilmesi, kille muamele edilmesi ve mikrofiltrelerden süzülmesi gibi usullerdir.

2.1.6 Elektriksel İletkenlik

İletkenlik (EC) suyun elektrik akımını iletebilmesinin bir ölçüsüdür. Genel olarak bütün sular elektrik içerir. İyon konsantrasyonu ile bu özellik artar. Elektriksel iletkenliğin ölçüsü olarak microohm/cm kullanılır. Bu, 25 °C' deki 1 cm^3 suyun iletkenliğini ifade eder.

Tatlı sularda iletkenlik 10 ile 1000 µohm/cm arasındadır. İletkenlik değeri kirli sularda ve topraktan çok miktarda mineralin çözündüğü sularda 1000 µohm/cm değerini aşar.

2.1.7 pH

Suların pH değeri asitlik ve alkali derecesinin bir ölçüsüdür. Doğal suların pH değerleri içerdikleri maddelere göre değişir.

Suyun pH' sı suda kalsiyum bikarbonat ve alkali tuzlar bulunursa alkali, fazla karbondioksit varsa asit reaksiyon gösterir. Suyun fazla alkali olması kokuşmanın varlığını gösterir. Asiditesi karbondioksitten başka asitlerden oluşan suların korrosif

özellikleri vardır. Suyun pH' sı nötr veya hafif alkali olmalıdır. Kaynak sularında pH 7.0-8.5, içme ve kullanma sularında pH 6.5-8.5 sınırları içinde olmalıdır.

2.2 Suların Kimyasal Özellikleri

Hijyen bakımından alimentasyon suyunun kimyasal analizi; erimiş gazlar (Özellikle CO_2 ve O_2), sertlik derecesi, organik maddeler, amonyak, nitrat, nitrit, klorür, deterjan bulunup bulunmadığı ve miktarlarının tayinleri üzerinde yapılır. Gereğinde Fe, Pb, Zn, pestisitler ve radyoaktif serpintiler araştırılır.

2.2.1 Çözünmüş Oksijen

Çözünmüş oksijen su içinde çözünmüş halde bulunan oksijen konsantrasyonu anlamındadır ve genellikle mg/L olarak ifade edilir.

Oksijen, erimiş halde hava ile temas eden sularda bulunmaktadır. Bulunan oksijen oranı, suyun yüzeysel veya derin olmasına, kokuşmuş maddelerin bulunup bulunmadığına, sıcaklığına, hava basıncına, bulunan madensel tuzlara, suda yaşayan canlılara ve suyun dalgalı, çarpıntılı olmasına göre değişir. Genellikle dalgalandıkça ve aktıkça havadan oksijen alan temiz sular, litresinde 12 ml kadar oksijen içerirler. Bu sularda kokuşma maddeleri bulunduğunda, oksijen bu maddeler tarafından sarf olduğundan miktarları çok azalır. Bununla beraber hiçbir kirliliğe bağlı olmadığı halde yeraltı sularında oksijen miktarı litrede 6-7 ml' ye düşebilir. Derinden gelenlerde ise hiç yoktur. Fakat bu yokluk bir kirlilik anlamını taşımaz. Bu sular yeryüzüne çıkıp da hava ile temas edince az çok oksijen alırlar. İçme sularında oksijen bulunmasının sağlık üzerine doğrudan bir tesiri yoktur. Ancak suyun lezzetini etkilediğinden az miktarda bulunması gerekir. Fazlası ise sulara agresif özellik kazandırmaktadır.

2.2.2 Çözünmüş Karbondioksit

Karbondioksit hemen hemen her suda çok az bulunur. Bunu sağlığa bir zararı yoktur. Fakat suyun lezzeti üzerine etkisi vardır. Karbondioksiti uçurmak için yapılan ısıtma işlemi suları lezzetsiz yapar. Genel olarak karbondioksit oranının olabildiğince az olması istenir. Aksi suda bazı maddelerin fermentasyonu sonucu kokuşma belirtisidir. Litrede 5 mg. karbondioksit kabul edilebilir sınırlardadır.

Ancak en fazla karbondioksit oranı çok derinden elde edilen gazlı maden sularıdır. Yaklaşık litrede 2-3 mg' dır. Bunun kokuşma ve fermentasyonla ilgisi yoktur. Fazla miktarda karbondioksitin olması halinde suyun pH'sı düşer ve fazla bir asidik ortam oluşur. Böyle sular korozif özellik kazandıklarından boruları, bulundukları kapları aşındırırlar. Kurşun, bakır, çinko gibi madenleri de içerirler sonuçta madensel zehirlenmelere neden olur.

2.2.3 Sertlik

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

Belirli miktar sertlik insan sağlığı için yararlıdır. Kireç özellikle çocuklar ve yaşlılar için gereklidir ancak sertliğin belirli değerleri aşması sonucunda suyun tadı bozulur. Bu yüzde sert sular içme ve kullanılma maksatları için elverişili değildir.

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

Sertlik geçici ve kalıcı sertlik olmak üzere ikiye ayrılır. Geçici sertlik kalsiyum ve magnezyumun bikarbonat tuzlarından meydana gelir bunlara karbonat sertliği adı da verilir. Su kaynatıldığı zaman bu tuzlar karbonatları teşkil ederek sudan ayrıldığından, bunlara geçici sertlik denilmiştir. Geçici sertlik kimyasal reaksiyonları aşağıdaki gibidir.

$$Ca(HCO_3)_2 \text{ ----------> } CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

$$Mg(HCO_3)_2 \text{----------> } MgCO_3 + CO_2 + H_2O$$

Kalsiyum ve magnezyum bikarbonat dışındaki sülfat, klorür gibi tuzlarından oluşan sertliğe ise kalıcı sertlik denir. Bunlara da karbonat olmayan sertlik adı verilmiştir. Bunlar ısıtılmayla ayrışmazlar. Geçici sertlik ile kalıcı sertlik toplamı ise toplam sertliği verir.

Hidrosferde suların sertliği yerel olarak değişim gösterir. Genel olarak yüzeysel sular, yeraltı sularından daha yumuşaktır. Genellikle suyun derecesi, yağmur suyundan başlayarak izlediği yol boyunca temasta bulunduğu jeolojik yapıyla yakından ilgilidir (Samsunlu, 2005).

Sular sertlik derecelerine göre, aşağıdaki gibi sınıflandırılabilirler:

Tablo 2.1 Suların sertlik derecesi ve $CaCO_3$ (mg/L) İlişkisi

Toplam Sertlik (mg $CaCO_3$/L)	**Sınıflandırma**
0-75	Yumuşak su
75-100	Orta sertlikte su
100-300	Sert su
>300	Çok sert su

Sertlik yaratan maddelerin, eşdeğer kireç türlerinin karşılıklarına göre tanımlanmış sertlik dereceleri, genellikle Fransız, Alman ve İngiliz sertlik dereceleri cinsinden ifade edilir.

1F = 10 mg/L $CaC0_3$ Fransız Sertlik Derecesi

1E = 14.3 mg/L $CaC0_3$ İngiliz Sertlik Derecesi

1D = 17.8 mg/L $CaC0_3$ Alman Sertlik Derecesi

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

a. Sabun ve deterjan sarfiyatı azalır.

b. Korozyon kontrolüne yardımcı olur.

c. Taşlaşmanın önüne geçilir.

2.2.4 Organik Madde

Genel olarak organik maddeler sulara bitkilerden, insan ve hayvanlarda olmak üzere çeşitli kaynaklardan karışabilir. Bitkisel kaynaklı organik maddeler zararlı olmadıklarından önemsizdirler.

Hijyen yönünden tehlikeli olan insan ve hayvanlar tarafından suya bulaştırılan organik maddelerdir. Özellikle kanalizasyon, fosseptik, ahır, ağıl, kümes gibi yerlerden organik maddelerin suya karışması önemlidir. Bu gibi sularda bulunan organik maddelerin oranı, bu maddeleri yakmak için tüketilen oksijen oranı ile belirtilir. Çözünmüş organik maddeler, karbonun öncelikle hidrojen ve oksijen, ikinci olarak da fosfor, azot, kükürt gibi elementlerle yaptığı bileşiklerdir. Organik madde tanecikleri dip kısımda çökmüş veya koloidal moleküller düzeyde çözünmüş olarak bulunur.

Akarsulara yüzme şeklinde gelen maddelerde toplam kirlilikte önemlidir. Bunun tek önlemi ise suların arıtılarak deşarj edilmeleridir. Ortamdaki mevcut olan mikroorganizmaların organik kirlilik parçalanmasında rol oynaması nedeniyle parçalanabilir organik madde ve mikroorganizma yoğunluğu arasında orantılı bir oksijen tüketimi olduğu düşünülerek organik madde toplam miktarı tayin yöntemi geliştirilmiştir. TS 2789' a göre kimyasal oksijen ihtiyacı 3,5 mg O /L den fazla organik madde içeren sular kirlidir.

2.3 Suda Anyonlar ve Anyon Kirliliği

2.3.1 Azot Bileşikleri

Azot canlı tabiat için çok önemli bir elementtir. Çünkü, canlı yapısında bulunan bütün aminoasitler ve aminler azotlu organik bileşiklerdir. Ayrıca biyolojik metabolizma esnasında da bir ara ürün olarak amonyak açığa çıkar. Bundan dolayı bir suda organik azot ve amonyak bulunması, o suyun kısa bir süre önce atık sularla kirlenmiş olduğu anlamına gelir. Bir suda organik azot aerobik bakteriler vasıtasıyla önce nitrite (NO_2^-), daha sonra da nitrata (NO_3^-) yükseltgenir. Kirlenme uzunca bir zaman önce oluşmuşsa, organik azot bütünüyle nitrata yükseltgenmiştir. Buna göre bir su numunesinde yüksek oranda nitrat ve düşük oranda amonyak bulunması kirlenmenin çok önceden olduğuna işaret sayılır (Gündüz, 1994).

2.3.2 Amonyak (NH_3)

Amonyak doğal sularda genellikle amonyum azotu (NH_4) halinde bulunur ki buna serbest veya tuz halindeki amonyak denir. Sularda amonyak, kimyasal ve

fiziksel olaylar veya mikroorganizma faaliyetleri sonucunda oluşur. Kimyasal ve fiziksel olaylar sonucunda oluşan amonyağın sağlığa zararı yoktur. Ancak mikroorganizma faaliyetleri sonucunda oluşan amonyak organik madde kaynaklı olma ihtimali bakımından tehlikelidir. 0.5 ppm' den büyük değerde amonyak kirliliğin belirtisidir.

2.3.3 Nitrit (NO_2^-) ve Nitrat (NO_3^-)

Nitrat ve nitrit doğada yaygın bir şekilde bulunmaktadır. İnsan ve hayvan atıkları, endüstriyel kimyasal atıklar ve özellikle azotlu gübrelerin tarımda yaygın olarak kullanılması; toprak, su, tahıl ve bitkilerin azot seviyesinin gittikçe artmasına, aynı zamanda içme ve kullanma sularının nitrat ve nitritle kontaminasyonuna neden olmaktadır (Kaya ve Akar, 1998).

Türkiye'de içme ve kullanma sularının büyük bir kısmının yeraltı sularından temin edildiği ve bu suların sanayi, tarım ve hayvancılık atıkları ile barajların çevresinde oluşturulan yapılaşma ve katı atık depolama sahalarındaki sızıntılar sonucu kirlenmeye maruz kaldığı bildirilmektedir (Tuncay, 1994).

Yüksek miktarlarda nitrat ve nitrit kalıntısı içeren gıdaların tüketiciler açısından akut veya kronik zehirlenme riski taşıdıkları belirtilmektedir (Bayraktar ve ark., 1998).

İçme suyu ile alınan yüksek konsantrasyondaki nitratın özellikle bebeklerde nitrite indirgendiği, oluşan nitritin de kandaki hemoglobini okside ederek oksijen taşıyamayan methemoglobine dönüştürdüğü bildirilmektedir. (Canter, 1997). Metahemoglobin şeklinde ağız ve göz çevresinde mavi pullanmalar görülür. Bu duruma mavi bebek sendromu denir (Altıntaş, 2004). Methemoglobin konsantrasyonu, normal hemoglobinin %10'una ulaştığında klinik olarak siyanozise ve daha yüksek konsantrasyonda ise asfeksiye neden olabilmektedir (Janetschke, 1992). Ayrıca nitritin, kanserojen olarak bilinen nitrozaminlerin oluşumunda da rol aldığı bildirilmektedir (Bassir ve Maduagwu, 1978).

Birçok ülkede, nitrat ve nitrit kontaminasyonlarının halk sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini ortadan kaldırmak veya minimum düzeye indirmek için çeşitli düzenlemeler yapılmıştır. Avrupa Birliği ülkeleri ve Türkiye'de içme ve kullanma sularında bulunabilecek maksimum nitrat ve nitrit miktarları sırasıyla 50 mg/L ve 0.50 mg/L olarak bildirilmiştir.

2.3.4 Fosfat (PO_4^{-3})

Biyolojik olarak fosfor metabolizması kalsiyum metabolizması ile birlikte gözden geçirilir. Fosfor canlı organizma için vazgeçilmez bir elementtir. Organizmada kalsiyumla beraber başlıca kemiklerde bulunur. Doğal sularda organik ve inorganik şekillerde bulunur. Bitki ve hayvan gelişiminde gerekli bir elementtir. Birçok mineralin yapısında bulunmasına rağmen, alkali topraklardaki çözünürlüğünün az olması nedeniyle sudaki miktarı sınırlandırılmıştır. Suya kaya ve topraklardan geçebildiği gibi, yapay gübrelerden ve endüstriyel atıklardan da geçebilir. Fosfatın varlığı su depolarındaki alglerin çoğalmasını kolaylaştırır. Bu da içme sularında koku ve tat problemi yaratır. Yüzeysel sulardaki fazlalığında azota bağlı olarak yine alglerin çoğalmasına ve o yüzeysel sudaki canlı hayatı etkilemesine neden olur (Güler, 1997).

2.3.5 Sülfat (SO_4^{-2})

Sülfat çevre sularına doğal yollardan karışan en önemli iyonlardan biridir. Bütün doğal sularda değişen miktarlarda sülfat bulunur. Bazı endüstriyel atık suların sülfat muhtevası fazladır ve doğal sulara karıştıklarında onların da sülfat miktarını artırırlar.

Sülfür (S(-II)) bileşikleri, çeşitli reaksiyonlar sonunda oluşturdukları tat, koku, toksitite ve korozyon gibi problemleriyle önemli kirletici durumundadırlar. Suda yüksek sülfatın anlamı, yüksek sertlik, yüksek sodyum tuzu ve yüksek asiditedir.

Sodyum sülfat ve magnezyum sülfat, insanlarda müshil etkisi gösterdiklerinden 250 mg/L üst sınırla sınırlandırılmıştır. Hayvanlar için ise bu sınır 1000 mg/L olarak belirlenmiştir. Bunun yanında sülfatlar suya acımsı tat verirler.

Sülfatlar, kazan sularında $CaSO_4$ ve $MgS0_4$ çökeltileri oluşturduğundan, bu tip sularda çok düşük miktarlarda tutulmalıdırlar.

Evsel atık suların uzaklaştırdığı beton kanallarda, anaerobik koşulların oluşması ve bakteri faaliyetleri ile SO_2^{-2} H_2S'e dönüşür. H_2S kanalın üst bölümünde toplanır ve rutubetle birleşerek H_2SO_4 oluşturur. Bu olay borularda korozyonun ve parçalanmasında en büyük sebebidir.

Sülfatlar çimento ile birleştiklerinde de büyük kristallerin meydana gelmesine ve bu nedenle borunun şişmesine ve parçalanmasına sebep olurlar. Korozif etkisinin izlediği konsantrasyon 100-250 mg/L olarak belirlenmiştir.

2.3.6 Florür (F^-)

Sularda bulunan florür, miktarına bağlı olarak, faydalı veya zararlı olabilir. İçme suyu için tavsiye edilen değer 1 mg/L' dir. Bu değerin dişler için faydalı olduğu ve diş çürümelerini azalttığı bilinmektedir. Bunun yanında yüksek miktarlarda florür içeren suların insan sağlığına verdiği zararlar araştırmalarla ispatlanmıştır. Örneğin; 9 yaşın altındaki çocuklarda yapılan bir araştırma, 2 mg/L florür içeren suyun dişlerde kahverengi lekeler bıraktığını, 4 mg/L florür içeren suyun ise kemik bozukluklarına sebep olduğunu göstermiştir. Bu durumda araştırma sonuçlarına göre 1 mg/L' den fazla florür bulunan sular arıtılmalıdır.

2.3.7 Klorür (Cl^-)

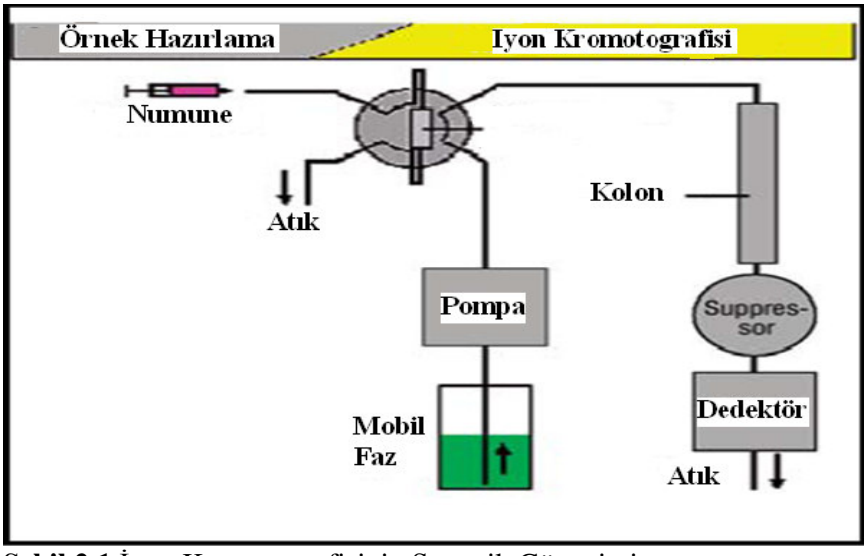
Suya başlıca iki kaynaktan karışırlar. Bunlardan birincisi toprak ikincisi ise idrar ve temizlik sularıdır. Topraktan karışan klorür'ün sağlık açısından bir sakıncası yoktur. Sularda en çok toprak kaynaklı sodyum, potasyum ve lityum gibi alkali ile kalsiyum, magnezyum toprak alkalileri klorürlerine rastlanılmaktadır. Tamamen klorürsüz su içildiğinde lezzetsiz ve yavandır. Boğazda kuruluk yaptığı gibi susuzluğu gidermez. 250 mg/L'den yüksek konsantrasyonlar suya tuzlu bir tat verir. Bu nedenle evsel kullanım için su temin edilen yerlerde klorürler 250 mg/L konsantrasyonu ile sınırlandırılmıştır (Samsunlu, 2005).

2.4 Anyon Tayin Metodu

2.4.1 İyon Kromatografisi

Çözeltideki iyonların ters yüklü destek katısı iyonlarına olan ilgisine dayalı bir ayırmadır. Durgun faz zayıf ya da kuvvetli, katyon ya da anyon değiştirici bir reçinedir. Reçinenin sabit yükü (-) ise buna 'katyon değiştirici reçine', (+) ise de 'anyon değiştirici reçine' adı verilir. Analiz sırasında reçinenin tamamen iyonlaşmış durumda olması gerekmektedir. Hareketli faz genellikle tamponlanmış: istenen iyonların oluşmasına neden olan belli bir pH değerinde sulu çözeltidir ve yükü katının sabit yükünün tersi olan 'zıt iyonu' içerir. Yükü, hareketli fazın zıt iyonları ile aynı olan iyonik yapıdaki örnek bileşenleri katıya bağlanmak için zıt iyonlarla yarışırlar. Zıt iyonu yerinden ederek katıya kuvvetle bağlanan uygun yükte bileşenler kolonda uzun süre kalırken, katıya zayıfça bağlanan, uygun yükte olmayan veya yüksüz olan bileşenler kolonu çabuk terk eder.

İyon kromatografisi sıvı kromatografisinde kullalan katı fazın bir iyon değiştirici reçine olması durumudur. Yani sıvı kromatografinin bir formudur. Bu reçinelerde numunede iyon halinde bulunan bileşenler birbirinden ayrılır. Anyonların tayini için iyon kromatografisinden daha hızlı ve daha başarılı bir metot yoktur. Kolon seçimi kullanılan örneğin türüne göre yapılır. Hareketli faz ise belli pH değerinde tamponlanmış sulu çözeltidir.



Şekil 2.1 İyon Kromatografisinin Şematik Gösterimi

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi mobil fazın sistem boyunca pompa vasıtasıyla akışı sağlanır. Numunenin enjeksiyonu mobil faza yapıldıktan sonra mobil fazla birlikte yüksek basınç altında ön kolona gelir, analitik kolondan çıkan mobil fazla numune suppressor'a (mobil faz baskılayıcı) gelir. Burada mobil faz az iyonlaşabilen bileşiklere dönüştürülür, suppressor' dan sonra elue olan komponentler dedektöre (kondüktivite) ulaşır ve elektriksel sinyale dönüşür. Ölçümler zamana karşı pik olarak kaydedilir.

2.5 Metaller ve Suda Metal Kirliliği

Element, aynı cins atomlar topluluğu olarak tanımlanır (İrez, 2002). Metaller, yüksek elektrik iletkenliğine, karakteristik bir parlaklığa ve basınç altında kırılmadan şekil değiştirebilme yeteneğine sahip elementlerdir. Al, Ag, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Hg, Pb, Zn gibi elementler metaldir (Mortimer,1999). Yoğunlukları 5 g/cm^3 olan metallere ağır metal adı verilir (Özdemir, 1981). Tablo 2.2 de bazı metallerin yoğunlukları verilmiştir.

Tablo 2.2 Bazı metallerin yoğunlukları (Yaşar ve Melek 2000).

Metal	**Yoğunluğu (g/cm^3)**	**Metal**	**Yoğunluğu (g/cm^3)**
Alüminyum (Al)	2.69	Kadmiyum (Cd)	8.64
Bakır (Cu)	8.96	Krom (Cr)	7.19
Baryum (Ba)	3.5	Kurşun (Pb)	11.35
Çinko (Zn)	7.14	Mangan (Mn)	7.43
Demir (Fe)	7.86	Nikel (Ni)	8.90
Gümüş (Ag)	10.5		

Suyu kirleten metaller topraktan doğal olarak su kaynaklarına yansıyabileceği gibi endüstriyel, kentsel ve tarımsal atıklar aracılığı ile de suyu kirletebilmektedirler. Suyu kirleten ve topraktan suya geçen başlıca metaller; Na, K, Ca, Mg, Bi, Sb, Fe ve kısmen Al' dir. Endüstri ve evsel atıklar yoluyla suyu kirleten toksik metaller ise Al, Pb, Cd, Ni, Cu, Hg, As, Cr, Co, Mn ve Zn gibi metallerdir. En tehlikelileri Hg, Cd, Bi, Sb, Pb ve As' tir (Mutluay ve Demirak, 1996).

Metalik kirlenmenin çoğu sularda toplanır. Sularda toplanma, su içinde çözünme veya çözünmeden suların dibinde toplanma şeklinde olabilir. Toksik metal bileşikleri nehir, yağmur ve kar sularıyla yeryüzü sularına (deniz, göl, gölet, baraj vs.) ulaştırıldığı gibi topraktan sızarak eser miktarda da olsa yeraltı sularına da karışabilir. Bu nedenle bazen yeraltı suları da, çeşitli toksik metaller içerebilir. İçme suları bu kaynaklardan temin edildiğinden, toksik metaller içerebilir (Gündüz 1994). Tablo 2.3' te insan tarafından alınan metallerin ortalama günlük alınan miktarları, zehirleyici miktarları, vücuttaki normal miktarları ve yarılanma ömürleri verilmiştir.

Tablo 2.3 İnsan tarafından besin, su ve hava ile alınan metaller (Gündüz, 1994).

Metal	**Ort. Günlük Alınan Miktar(mg)**		**Zehirleyici Miktar(mg)**	**Vücuttaki Normal Mik.**	**Yarılanma Ömrü(gün)**
	Besin	**Su ve Hava**			
Antimon	0.100	0.0017	100	7.9	38
Bakır	1.325	0.0014	250-500	72	80
Baryum	0.735	0.030	200	22	65
Berilyum	0.012	0.00004	-	0.03	180
Bizmut	0.020	0.00076	-	0.23	5
Civa	0.025	-	-	-	70
Çinko	14.50	0.0168	-	2300	933
Demir	15.00	0.084	-	4200	800
Gümüş	0.600	-	60	1	5
Kadmiyum	0.160	0.0074	3	50	200
Kalay	7.300	0.0006	2000	17	35
Kobalt	0.390	0.00012	500	1.5	9.5
Kurşun	0.300	0.046	-	12	1460
Krom	0.245	0.0011	200	1.8	616
Mangan	4.400	0.0288	-	12	17
Molibden	0.335	0.006	-	9.3	5
Nikel	0.600	0.00236	-	10	667
Titan	1.375	0.0014	-	9	320

2.5.1 Metallerin Toksik Etkileri

Vücutta doğal olarak bulunan bazı metallerin sağlığımıza yararları vardır. Örneğin demir kansızlığı önler, çinko ise 100'den fazla enzim reaksiyonunda yer alır. Metallerin normal olarak vücutta bulunma oranı çok düşüktür. Bu oran yükseldiği takdirde, vücutta toksik etki yapmaya başlarlar.

Ağır metaller, yoğunlukları suyun yoğunluğunun en az 5 katı daha fazla olan metallerdir. Bunlar vücudumuz tarafından işlem göremez ve vücutta birikirler. Ağır metallere örnek vermemiz gerekirse, cıva, nikel, kurşun, arsenik, kadmiyum, alüminyum, platin ve bakır'ı sıralayabiliriz. Ağır metallerin vücutta hiçbir fonksiyonu yoktur ve vücut için zararlıdırlar.

Yaşadığımız ortama hava, su, yiyecekler, insanlar tarafından üretilen sayısız kimyasal maddeler ve ürünler vasıtasıyla karışan ağır metaller nefes alma, yutma, ciltten emilme yollarıyla vücudumuza girerler. Eğer ağır metallerin vücudumuza giriş hızı, vücudumuzun onları dışarı atma hızından düşükse, zaman içinde vücudumuzda birikim yaparlar.

Ağır metale maruz kalma konusu tamamen yeni bir konu değildir. Roma imparatorluğunun çöküşüne kurşun kaplar içinde saklanan şarap ve diğer üzüm içeceklerinin büyük katkısı olduğu tarihçiler tarafından belirtilmiştir.

Endüstriyel ürünlerin üretiminde ağır metallerin yoğun bir biçimde kullanılması nedeniyle,insanların ağır metallere maruz kalma oranı son 50 yılda çok ciddi bir şekilde artmıştır. Cıvalı amalgam dolgular, boyalar ve musluk suyundaki kurşun, işlenmiş gıdalar, kozmetik ürünleri, şampuan, saç ürünleri ve diş macunlarındaki kimyasal kalıntılar nedeniyle insanlar her an ağır metallerle iç içe yaşamaktadır. Günümüzün endüstriyel toplumunda bu durumdan kaçış imkanı ne yazık ki, yok gibi görünmektedir.

Metallerin diğer toksik bileşiklerden farklı özellikleri vardır; insanlar tarafından kimyasal yöntemlerle sentezlenemez ve ortadan kaldıramazlar. Değişik yollarla metallere maruz kalan insanlarda potansiyel sağlık söz konusudur. Metaller ilgi duydukları dokulardaki özel komponentlere bağlanarak vücutta birikirler. Örneğin kurşun ve radyum kemikte, civa böbrek ve MMS' de bakır karaciğerde birikir (Burgaz, 2000).

Ağır metaller bizleri sadece evimizde ve sokakta tehdit etmezler. Ağır metallere maruz kalma konusu bazı iş kollarında çalışan insanlar için çok ciddi bir tehlikedir. Bu tehlikeye maruz kalan bazı çalışanlar, doktorlar, ilaç sanayi, diş ürünleri ve laboratuar çalışanları, kuaförler, boyacılar, metal sanayi, kozmetik ve pil üretiminde çalışanlar ve fotoğrafçılardır.

Bazı metal, pestisit, halojenli aromatik hidrokarbon, plastik monomerleri, aromatik hidrokarbonlar, aromatik aminler, hava kaynaklı kirleticiler, fiziksel etmenler insan ve hayvanlarda immün sistem disfonksiyonuna neden olmaktadırlar. Bu etkilere neden olan metallerin başlıcaları Arsenik(As), Berilyum(Be), Kurşun(Pb), Civa(Hg), Kadmiyum(Cd), Krom(Cr), Selenyum(Se) ve Çinko(Zn)' dur. Arsenik(As), Bizmut(Bi), Bakır(Cu), Altın(Au), Mangan(Mn), Nikel(Ni), Vanadyum gibi metaller gastrit, vasküler konjesyon ve bağırsak mukoza hücrelerinde tahribata neden olurlar (Güler ve Çobanoğlu, 1994). Bazı metaller ise öldürücü nitelikte zehirlenmelere yol açabilmektedir.

Uluslar arası Kanser Araştırmaları Örgütü'ne göre suda bulunan ve insanlarda kansorojen etkisi bulunan başlıca maddeler; arsenik ve arsenik bileşikleri, asbest, krom ve krom bileşikleri, benzen, bis (klorometil), eter, nikel ve nikel bileşikleri, vinil klorür'dür. Gıdalarda bulunan ve insanlar için kansorojen etkisi olabilen maddeler ise aflatoksinler, arsenik ve bazı arsenik bileşikleri, nikel ve belirli nikel içeren bileşikler olarak sıralanabilir (Güler ve Çobanoğlu, 1994).

2.5.2 Ağır metal zehirlenmesinin etkileri:

Yapılan çalışmalar, ağır metallerin zihinsel ve nörolojik fonksiyonları, nörotransmitter üretimi ve kullanımını ile muhtelif hormonal faaliyetleri etkileyerek insan davranışlarını doğrudan etkilediğini ortaya koymuştur. Toksik metallerin çalışmasını etkilediği sistemler, kan ve dolaşım sistemi, toksin atma sistemleri (bağırsaklar, karaciğer, böbrekler, cilt), hormonal sistem, enerji üretim sistemleri, enzimler, mide-bağırsak, bağışıklık, sinir ve üretim sistemleri, boşaltım sistemidir.

Ağır metallerin çok az oranlarda dahi solunması çok ciddi sağlık problemlerine neden olmaktadır. Tüm insan ve hayvanların bağışıklık sistemleri ağır metal solunması ile baskılanır. Ağır metaller ayrıca, allerjik reaksiyonlara, genlerin değişime uğramasına, zararlı bakterilerin yanı sıra faydalı bakterilerin de ölümüne ve doku hasarına neden olur.

Ağır metaller kanın asitlik oranını arttırırlar. Vücut bozulan asitlik oranını düzeltebilmek için kemiklerden gereğinden fazla kalsiyum çeker. Bu da zaman içinde osteoporoz'u arttırır.

Aşağıdaki tablo 2.4' te suda bulunan başlıca maddeler kaynaklarıyla beraber verilmiştir.

Tablo 2.4 Suda bulunan başlıca maddeler ve kaynakları

SUDA BULUNAN BAŞLICA MADDELER VE KAYNAKLARI					
İYONİK ÇÖZÜNMÜŞ			NONİYONİK ÇÖZÜNMÜŞ		
KAYNAĞI	**POZİTİF İYONLAR**	**NEGATİF İYONLAR**	**ASKIDA KATI MADDE**	**KOLLOİDAL**	**GAZLAR**
Mineraller, katılar ve kayalar	Sodyum Kalsiyum Magnezyum Potasyum Alüminyum Demir Manganez Bakır Çinko vs...	Bikarbonat Karbonat Klorür Florür Nitrat Fosfat Hidroksitler Boratlar Silikatlar Sülfat	Kil, kum ve diğer inorganik katılar	Kil Silikat Ferrikoksit Alüminyumoksit Magnezyumdioksit	Karbondioksit
Atmosfer	Hidrojen	Bikarbonat Klorür Florür>	Toz - Polen		Karbondioksit Nitrojen Oksijen Sülfürdioksit
Organik madde parçalanması	Amonyak Hidrojen Sodyum	Klorür Bikarbonat Hidroksit Nitrit Nitrat Sülfür Organik radikaller	Organik katı, organik atıklar	Hümik madde içeren, doğal organik bileşikler, sebzeye rengini veren maddeler, diğer organik atıklar	Amonyak Karbondioksit Hidrojensülfit Hidrojen Metan Nitrojen Oksijen
Yaşayan organizmalar			Algler, diatomlar Protozoa, balıklar vb.	Virüsler, bakteriler Algler vb.	Amonyak Karbondioksit Metan
Endüstriyel Alanlar	Ağır metaller içeren inorganik iyonlar	İnorganik iyonlar, Organik moleküller	Kil, silt ve diğer inorganik katılar, Organik bileşikler Yağ, korozyon ürünler, protozoa vb.	İnorganikler, VOC içeren doğal ve sentetik organik bileşikler, pestisitler, virüsler, bakteriler	Klorür Sülfürdioksit

2.5.2.1 Alüminyum (Al)

Toprağı oluşturan bütün kil minerallerinde alüminyum oksit vardır. Ancak alüminyum oksit suda çok az çözünür. Bu nedenle doğal sularda çok az miktarlarda alüminyum bulunur.

Alüminyum suya genellikle arıtma işlemleri sırasında geçer. Su arıtma işlemlerinde alüminyum tuzları koagülant olarak kullanılır. Özellikle alüminyum sülfat çok kullanılan bir koagülanttır. Bu tuz su içinde hidroliz olarak alüminyum hidroksit jeli halinde çökelir. Ancak bir miktar alüminyum su içinde kalabilir.

Dünya sağlık örgütü içme suyunda bulunabilecek maksimum alüminyum düzeyini 200 µg/L olarak belirlemiştir. Bu değer, içme sularındaki alüminyum tuzlarının pratikte bulunması ve kullanılması ile suyun alüminyuma bağlı olarak renginin değişmesi arasındaki dengeyi sağlamaktadır (WHO, 1996).

Bilimsel çalışmalar alüminyum ile bunama arasında ilişki olduğunu göstermiştir. Alzheimer hastalığında beyin hücrelerinde anormal derecede alüminyum toplandığı tespit edilmiş, beyin hastalıkları ve aktivitesiyle alüminyum arasında bağlantı kurulmuştur. Hayvan deneylerinden yaşa bağlı olarak beyine alüminyum girişinin arttığı tespit edilmiştir. Alüminyum doğrudan beyin hücreleri için toksik olup beyinde nörofibril düğümlerinde lezyonlar oluşturur. Ayrıca hücrenin genetik yapısına etki edebilir ve hücrenin aktivitesini bozarak ölümüne neden olur (Aksoy, 2000).

Alındığı kaynaklar: alüminyum mutfak kapları, alüminyum folyolar, anti-asit ilaçlar, deodorantlar tamponlu aspirin, konserve edilmiş asitli yiyecekler, gıda ek ürünleri, rujlar, diyare ve hemoroid ilaçları gibi bazı ilaçlar, işlenmiş peynir, yumuşatılmış su.

Hedef organlar: Kemikler, beyin, böbrekler ve mide.

Zehirlenme belirtileri: Bunama, gastroenterit, böbrek hasar, karaciğer fonksiyon bozukluğu, iştah kaybı, denge kaybı, adale ağrısı, nefes darlığı, bünyede zayıflık.

2.5.2.2 Bakır (Cu)

Bakır esas itibariyle suya bakır minerallerinden geçer. Ancak bakır boru ve bağlantı parçalarının korozyonu sonucu da bir miktar bakır suya geçebilir. Bakır iyonu dezenfektan bir maddedir. Havuzlardaki yosunlaşmayı önlemek üzere bakır sülfat çözeltisi kullanılır. Bakırın dezenfektan etkisi suyun pH derecesi ve alkalinite değerine bağlıdır. Ancak bu bakır sülfat zamanla hidroksit halinde çökerek etkisini kaybeder.

Bakır bitkilerin yaşaması ve klorofil oluşumu başta olmak üzere birçok enzimin gelişimi için mutlaka eser miktarda bulunması gereken temel elementtir. Bakır, hayvanların metabolizması ve kalpteki hemoglobin içinde gerekli olan bir metaldir. Kanın oksijen taşıma mekanizması olayında da bakırın önemli rolü vardır. Biyolojik önemi demire yakındır (Belce, 2002). Az miktarda bakır enzim etkisi yapar. Yetişkin bir insanda 100 mg' dan daha fazla bakır bulunur (Baysal, 1999-2000). Besinler yardımıyla günde yaklaşık 5 mg bakır özümlemeye katılır. Bakır eksikliğinde demir hareketi azalacağından kan formülü bozulur ve kansızlık meydana gelir.

Doğal sularda bulunan az miktardaki bakırın insana zararlı etkisi yoktur. Suda 1mg/L' den fazla bakır bulunması tadında değişme yapar. Dünya sağlık örgütünün belirlediği sınır 0.05-1.5 mg/L olup, bazı ülkelerde böyle bir sınırlama yoktur.

Fazla miktarda bakır toksik etki yapar ve vücuttaki bazı enzimlerin etkinliğini engeller (Baysal 1999, Soylak ve Doğan 2000). Hayati öneme sahip enzimlerin etkinliklerinin bakır tarafından engellenmesi karaciğerin görevinin bozulmasına neden olur. Bu durum karaciğer nekrozunu başlatır ve bu organda bakırın depolanmasına yol açar (Kaya ve Akar, 1998). Vücutta gereğinden fazla bakır birikmesi ''Wilson Hastalığı'' olarak bilinmektedir. Bu hastalığın belirtileri arasında sinir sistemi bozuklukları, karaciğer sirozu, gözde renk halkası oluşması sayılabilir

(Baysal, 1999). Bakıra kısa süreli maruz kalmada gastrointstinal ağrılar görülürken uzun süreli maruziyetlerde karaciğer ve böbreklerde tahribat oluştuğu bildirilmektedir (Liu ve ark., 1997, Bradshaw ve Powell 2000).

2.5.2.3 Çinko (Zn)

Çinko bileşikleri suda az çözünür. Doğal sularda çinko konsantrasyonu genellikle 0.05 mg/L' den daha düşüktür. Çinko suya daha çok galvanizleme metalürji sanayi atık sularından geçer. Kireç-soda yöntemiyle yapılan sertlik giderme işlemlerinde su içinde bulunan çinko konsantrasyonu 0.1 mg/L' ye kadar düşürülebilir.

Çinko insan vücudu için mutlaka gerekli olan bir elementtir. Enzimlerin ve hormonların bileşenlerinden biridir. Alkol dehidrojenaz, karbonik anhidraz, alkalen fosfataz, DNA ve RNA polimerazlar gibi yaklaşık 300 enzimin yapısında Zn bulunur. Protein sentezinde fonksiyonu bulunan çinko gen ekspresyonunda yapısal ve enzimatik rol oynamaktadır. Katalitik ve gen eksprosyonundaki rolünün yanı sıra çinko, diğer proteinlerin ve nükleik asitlerin yapılarını ve hücre alt birimlerinin bütünlüğünü korumakta, transport işlemelerinde yer almakta ve bağışıklık sistemindeki olaylarda önemli rol oynamaktadır (Belce, 2002).

İnsanda çinko yetersizliğinde cücelik, cinsiyet organlarının gelişiminde gerilik, hastalıklara dirençsizlik ve yaraların iyileşmesinde gecikme gözlenir (Baysal, 2000).

Yetişkin bir insanın günlük çinko ihtiyacı 15 mg' a kadar çıkar. Dünya sağlık örgütü içme suyunda bulunabilecek maksimum çinko düzeyini 3 mg/L olarak belirlemiştir. İçme suyunda çinko konsantrasyonu 3 mg/L' den büyük değerlere ulaştığında, istenmeyen bir tat hissedilmektedir (WHO, 1996).

Çinko, zehirliliği fazla olan bir madde değildir. Yetişkin bir insan için günlük tavsiye edilen alım miktarı 12 mg' dır. Beslenmede çinko eksikliği sonucunda büyümenin yavaşlaması, iştahsızlık, zihinsel yorgunluk, deri değiştirme ve gece körlüğü oluşur.

Çinkonun fazla miktarda alımı sakıncalıdır. Günlük 50 mg alındığında HDL kolesterolde düşüş gözlenmiştir (Baysal, 1999). İnsanlarda yüksek miktarlarda çinko alınması sonucu mide bulanması, kusma, ishal, uyuşukluk, kas ve mide krampları oluşabilir.

2.5.2.4 Demir (Fe)

Demir yer kabuğunda en çok bulunan dördüncü metaldir. Toprakta birçok mineralde, özellikle killer içinde demir bileşikleri bulunur. Bu mineraller içinden geçen sular değişik oranlarda demiri Fe^{+2} ve Fe^{+3} iyonları halinde çözerler.

Demir insan vücudu için gerekli bir elementtir. Demir, hücresel oksidatif mekanizmalar ve doklulara oksijen taşınması gibi yaşamsal önemi olan birçok olayda yer almaktadır. Birçok enzim ve koenzim molekülünde demir, bir bileşen veya kofaktör olarak görev yapmaktadır. Krebs döngüsündeki enzimlerin yaklaşık yarısı için demir gereklidir (Belce, 2002).

Dünyada milyonlarca kişinin yaşam kalitesini ve iş gücünü etkileyen demir eksikliği, insanlarda en yaygın görülen hastalıklardan biridir (Belce, 2002).

İçme ve kullanma sularında 0.3 mg/L den fazla demir bulunması suyun tadını bozması ve çamaşır yıkamada renk oluşturması açısından istenilmez. 1.0 mg/L den fazla demir suda yaşayan diğer canlılar içinde zararlı etki yapar.

Vücutta çok az bulunan serbest demir, oldukça zehirlidir. Demirin kendisi mide bağırsak kanalında hasar yapıp vücudun ihtiyacından fazla demir emilmesine sebep olarak zehirlenmelere yol açar (Kaya ve Akar 1998). Ağız yoluyla yüksek miktarda alınan demir bileşikleriyle akut zehirlenmelerin erken dönemlerinde bulantı, kusma, karın ağrısı, ağızda metalik tat ve bazı nörolojik bozukluklar ortaya çıkar.

Vücudun çeşitli dokularında fazla miktarda demir birikmesi, karaciğer sirozu, pankreas bozuklukları ve bazı hormonal bozuklukları ortaya çıkarmaktadır. Yüksek düzeyde alınan demirin tümör oluşumuna neden olduğu da kaydedilmiştir (Aksoy, 1984).

2.5.2.5 Mangan (Mn)

Mangan toprakta sedimentler ve metamorfik kayaçlar içinde rastlanır. Yer altı suları içinde 2-3 mg/L Mn^{+2} bulunabilir. Oksijen içermeyen sularda Mn^{+2} iyonu halinde çözünmüş olarak bulunur. Oksijen içeren sularda kolaylıkla yükseltgenerek hidroksit halinde çökelir.

Mangan insan vücudu için mikro düzeyde gerekli elementlerden biridir. Başlıca bağ ve kemik doku oluşumu, büyüme ve üreme fonksiyonları, karbonhidrat ve lipid metabolizmasıyla ilişkilidir. Mangan bitkiler içinde önemli bir elementtir. Mangan eksikliğinde bitkilerde klorofilin tam oluşmadığı ve yaprakların sarardığı görülür.

Dünya sağlık örgütü içme suyunda bulunabilecek maksimum mangan düzeyini 0.5 mg/L olarak belirlemiştir. Mangan başta gelişmiş canlılar olmak üzere, pek çok canlı organizma için esansiyel olan iz elementlerden biridir. Ancak, günlük gereksinmeden fazla miktarda alındığında veya uzun süreli maruz kalındığında yüksek düzeyde zehir etkisi göstererek şiddetli kramplar ve farklı derecede halüsinasyonlarla kendini gösteren zehirlenmelere neden olur (Şanlı, 2002).

Suda fazla miktarda mangan bulunması suyun tadını bozduğu gibi çamaşırlarda aynen demir gibi leke yapar. Özellikle tekstil endüstrisinde kullanılan sularda 0.01 mg/L den fazla mangan bulunması istenmez.

2.5.2.6 Bor (B)

Bor doğada genellikle boraks $NaB_4O_7.10H_2O$ ve kolemanit $Ca_2B_6O_{11}.5H_2O$ mineralleri halinde bulunur. Bu minerallerden çözünen bor bileşikleri sulara geçer. Bitki hayvan artığı ve deterjan atıklarından da bor suya geçebilir. Ayrıca jeotermal su kaynaklarında da aşırı miktarda bora rastlanır.

Bitkiler bora ihtiyaç gösterir. Ancak aşırı miktardaki bor hem insanlarda hem de bitkilerde zehir etkisi yapar.

2.5.2.7 Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum doğada başlıca sülfür tuzu halinde bulunur. Ancak sulara genellikle endüstri atık sularından karışır. Ayrıca fosil yakıtların yanması sonucu baca gazları ve katı partiküller içinde çevreye önemli ölçüde kadmiyum yayılır. Sigara dumanı da yüksek düzeyde kadmiyum içerir.

Kadmiyum toksik bir element olup, doku toksikolojisi açısından aşırı toksik grup içine girer. Zehir etkisi gıda zehirlenmesine benzer. İnsan vücudunda böbrek ve karaciğerde etkili olur. Kronik kadmiyum zehirlenmesinin en şiddetli şekli ''İtai-itai'' hastalığıdır. Bu hastalık ilk kez Japonya'da gözlenmiştir. Japonya'da pirinç yetiştirme alanlarını sulayan nehrin kirlenmesi ile meydana gelmiştir (Menzer ve Nelson, 1986).

Vücuda değişik yollarla giren kadmiyum hemen hemen tüm dokularda birikir. En çok biriktiği organlar karaciğer, böbrek, dalak, pankreas ve testislerdir. Kadmiyum deneysel olarak bir çok organda tümör oluşturduğu kaydedilmiştir (Waalkes ve Ark, 1992).

WHO' ya göre içme sularında kadmiyum sınır değeri 10 µg/L' dir. Türk içme ve kullanma suları standardında kadmiyum için 5 µg/L sınır değeri verilmiştir.

2.5.2.8 Krom (Cr)

Krom doğal sularda (+3) değerlikli halde bulunur. Bu iyon pH < 4 olduğu zaman kararlı haldedir. Daha yüksek pH değerlerinde hidroliz olur. (+6) değerlikli krom ancak endüstri atık suları ile suya karışabilir. Cr^{+6} çok yükseltgen bir maddedir. Cr^{+6} nın toksik etkisi Cr^{+3} nın yaklaşık yüz katı fazladır.

Krom pek çok canlı organizmada yağ ve karbonhidrat metabolizması için gerekli olan elementlerden biridir (Şanlı, 2002). Kromun damar sertliğine karşı koruyucu etkisi olduğu da kaydedilmektedir (Yensan, 1995). Krom gıdalar içinde yeterli miktarda bulunmadığı için insanlarda krom eksikliği söz konusu olabilir. Çünkü insanlar günde yaklaşık 5µg üriner sistem ile krom kaybeder. Bu kromun yerine koyulması gerekir.

Krom vücutta başlıca kas, deri ve yağ dokuda brikir (Kaya ve Ark, 1998). Uluslar arası kanser Araştırmaları Örgütü Cr^{+6} yı Grup 1'de (insanlara karsinojenik) metalik krom ve Cr^{+3} 'ü Grup 3'de (insanlara karsinojenik olarak sınıflandırılamaz) olarak değerlendirmiştir.

Kromun muhtemel kronik etkileri; solunum yoluyla alındığında akciğerlerde tümör oluşturması ile dalak, kemikler, böbrek ve karaciğerde birikmesidir (Bradshaw ve Powell, 2000).

2.5.2.9 Kurşun (Pb)

Kurşun sulara çevre kirliliği nedeniyle karışır. Yanma olayları ve özellikle kurşunlu benzinin sonucu atmosfere karışan kurşun çevreye dağılır ve yağış suları ile akarsulara ve yeraltı sularına karışır. Diğer taraftan yağlı boya içinde pigment olarak kullanılan kurşun oksitleri de çevreye dağılır.

Kurşunun klorür, sülfat ve karbonat tuzları suda çok az çözündüğü halde bikarbonat ve asetat tuzları çok çözünen tuzlardır. İçme ve kullanma suları boru ve ekipmanı olarak kurşun boru kullanılması halinde pH' ı ve sertliği düşük sular, bikarbonat halinde kurşun çözebilir. Yumuşak sularda kurşun konsantrasyonu 500µg değerine kadar yükselebilir. Doğal sularda kurşun bulunmaz. Su içinde fazla miktarda kurşun bulunması, söz konusu suyun endüstriyel olarak kirlenmiş olduğunu gösterir.

Dünya sağlık örgütü içme suyunda bulunabilecek maksimumu kurşun düzeyini 10µg/L olarak belirlemiştir.

Kurşun insan vücudu için gerekli olmayan bir elementtir. Aksine toksik etkisi vardır. İnsan vücudunda özellikle kemik dokuda birikim yapar. Böylece kemik yapısını bozduğu gibi, kansızlık ve sinir sistemi üzerinde de tahribata neden olur. Kurşun çok yönlü etkileri olan bir metaldir ve canlıda özellikle sinir, kan, kas, kapillar damar ve metabolizma zehiri olarak etkir. Bu sistemlerle ilgili pek çok enzim veya biyokimyasal tepkimeyi etkiler ve bunları engeller (Kaya ve Akar, 1998). Beyin

ve böbrekte kurşunu bağlayan bir proteinin bulunması kurşunun bu organlardaki toksik etkisini arttırır (Aksoy, 2000).

2.5.2.10 Nikel (Ni)

Doğal sularda nikele çok az rastlanır. Az miktardaki nikel, demirin canlılar tarafından daha iyi değerlendirilmesini sağlar. Nikelin yağ çevrimi ve hormonları da etkilediği tahmin edilmektedir. Aşırısı toksik etki yapar. Yiyecekler ve içme suyundan başka daha çok deri teması ve solunum yoluyla canlı bünyeye geçer. İnsanda fizyolojik bozukluklara yol açar.

Nikel hemen her türden canlıda yüksek düzeylerde alınma durumunda veya uzun süreli maruziyetlerde zehir etkisi gösterir etkilenen hayvanlarda insanlarda dermatitler ve solunum sistemi bozukluklarıyla kendini gösteren zehirlenmelere neden olur (Şanlı 2002).

Hedef dokular

Ciltte temas ettiği bölgeler, ses telleri,akciğerler,burun geçitleri.

Zehirlenme belirtileri

İştahsızlık, mavi renkli dudaklar, kanser, temas dermatiti, diyare, ateş, başağrısı, baş dünmesi, uyku problemleri, bulantı, hızlı kalp atışı, nefes darlığı,kusma.

2.5.2.11 Kobalt (Co)

Kobalt doğada bakır ve nikel mineralleri ile birlikte bulunur. Doğal sulardaki kobalt konsantrasyonu 0.01 mg/L' den daha düşüktür. Kobalt insan organizmasının en etkili biyokatalizörü olan B-12 vitamininin ana yapı taşıdır. Kobalt ve B-12 vitamini kan sistemini kuvvetlendirici etki yapar. Vücut metabolizmasında önemli rol oynar. Yetersizliği halinde kansızlığa sebep olur.

İçme ve kullanma sularında kobalt için bir sınır değer verilmemiştir. Sulama sularında 0.05 mg/L' den fazla kobalt bulunması istenmez.

2.5.2.12 Cıva (Hg)

Doğal su kaynakları içinde cıva bileşiklerine çok az rastlanır. Konsantrasyon genellikle 0.1µg/L' den daha düşüktür. Daha yüksek konsantrasyonlar, atık sularda bulunabilir. Sularda cıva bulunması, sanayi veya ilaç kirliliğinin işaretidir. Cıva klor-alkali elektrolizinde elektrot olarak kullanılır. Piller ve bazı tarım ilaçları da çevrede cıva kirlenmesine neden olur. Deniz sularında yaklaşık 0.2µg/L konsantrasyonunda cıva bulunur. Deniz suyunda bulunan cıva yosunlarda ve bazı balık cinslerinde birikmeye neden olur. Böylece cıva normal konsantrasyonun binlerce katı birikim yapabilir.

Cıva yüksek toksik özelliği olan bir elementtir. Bu özelliği ile antiseptik olarak ve mantarlara karşı tarım ilacı olarak çok eskiden beri kullanılmaktadır. Bir insanı öldürücü cıva dozu, 20 mg'dan 3,0 mg'a kadar değişir. Ancak az miktarda cıva dozu uzun süre etkimesi halinde kronik zehirlenmeye neden olabilir.

Hedef organlar

Beynin iştah ve acı merkezleri,hücre zarları, böbrekler, sinir sistemi

Zehirlenme belirtileri

Doğuştan ya da çocuklukta ortaya çıkan sinir sistemi ve fiziksel gelişim bozuklukları, kansızlık, iştahsızlık, anksiyete, körlük, kolit, depresyon, dermatitler, çiğneme ve yutma güçlükleri, baş dönmeleri, duygusal dengesizlikler, yorgunluk, ateş, hallüsinasyonlar, baş ağrısı, duyma kaybı, yüksek tansiyon, uyku problemleri, böbrek hasarı veya fonksiyon bozukluğu, tat ve koku almama problemleri, hafıza kaybı, kas koordinasyonu kaybı, ağızda metalik tat, uyuşma hissi, psikozlar, el titremeleri, görme bozuklukları, vücut zayıflığı, kilo kaybı.

İçme ve kullanma sularında cıva için sınır değer 1µg/L'dir.

2.5.2.13 Arsenik (As)

Arsenik suda hem organik hem de inorganik bileşikler halinde +3 veya +5 değerlikli olarak bulunur. +3 değerlikli arsenik +5 değerlikli olandan daha fazla toksik etki gösterir. Suya genellikle maden ocakları ve metalurjik işletmelerin atık sularından karışır. Tarımda herbisit olarak kullanılan bazı arsenikli ilaçlarda zamanla suya geçer.

Arsenik insan vücudu için olduğu kadar, bütün canlılar için de toksik bir elementtir. Sularda 100µg/L' den fazla arsenik bulunması halinde su içinde yaşayan bütün canlılar için öldürücü etki yaratır. Ancak kaplıca sularında az miktarda bulunması cilt hastalıkları için tedavi edici bir rol oynar.

Hedef organlar

Özellikle mide-bağırsak sistemi, akciğerler ve cilt olmak üzere vücudun pek çok organı.

Zehirlenme belirtileri:

Karın ağrısı, ağız ve boğazda yanma, kanser, koma, diyare, mide bulantısı, dolaşım sistemi problemleri, ciltte lezyonlar. Kronik olarak arseniğe maruz kalmanın en büyük tehlikesi akciğer ve cilt kanserleridir.

Aşağıdaki tablo 2.5'de içme ve kullanma sularının su kalite sınıfları verilmiştir (Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği, 2004).

TABLO 2.5 KITAİÇİ SU KAYNAKLARININ SINIFLARINA GÖRE KALİTE KRİTERLERİ

	SU KALİTE SINIFLARI			
SU KALİTE PARAMETRELERİ	I	II	III	IV
A) Fiziksel ve inorganik- kimyasal Parametreler				
1) Sıcaklık (^oC)	25	25	30	> 30
2) pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 dışında
3) Çözünmüş oksijen (mg O_2/L)[a]	8	6	3	< 3
4) Oksijen doygunluğu (%)[a]	90	70	40	< 40
5) Klorür iyonu (mg Cl^-/L)	25	200	400[b]	> 400
6) Sülfat iyonu (mg $SO_4^=$/L)	200	200	400	> 400
7) Amonyum azotu (mg NH_4^+-N/L)	0.2[c]	1[c]	2[c]	> 2
8) Nitrit azotu (mg NO_2^--N/L)	0.002	0.01	0.05	> 0.05
9) Nitrat azotu (mg NO_3^--N/L)	5	10	20	> 20
10) Toplam fosfor (mg P/L)	0.02	0.16	0.65	> 0.65
11) Toplam çözünmüş madde (mg/L)	500	1500	5000	> 5000
12) Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	> 300
13) Sodyum (mg Na^+/L)	125	125	250	> 250
B) Organik parametreler				
1) Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	25	50	70	> 70
2) Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) (mg/L)	4	8	20	> 20
3) Toplam organik karbon (mg/L)	5	8	12	> 12
4) Toplam kjeldahl-azotu (mg/L)	0.5	1.5	5	> 5
5) Yağ ve gres (mg/L)	0.02	0.3	0.5	> 0.5
6) Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri (MBAS) (mg/L)	0.05	0.2	1	> 1.5
7) Fenolik maddeler (uçucu) (mg/L)	0.002	0.01	0.1	> 0.1
8) Mineral yağlar ve türevleri (mg/L)	0.02	0.1	0.5	> 0.5
9) Toplam pestisid (mg/L)	0.001	0.01	0.1	> 0.1
C) İnorganik kirlenme parametreleri[d]				
1) Civa (µg Hg/L)	0.1	0.5	2	> 2
2) Kadmiyum (µg Cd/L)	3	5	10	> 10
3) Kurşun (µg Pb/L)	10	20	50	> 50
4) Arsenik (µg As/L)	20	50	100	> 100
5) Bakır (µg Cu/L)	20	50	200	> 200
6) Krom (toplam) (µg Cr/L)	20	50	200	> 200
7) Krom (µg Cr^{+6}/L)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	> 50
8) Kobalt (µg Co/L)	10	20	200	> 200
9) Nikel (µg Ni/L)	20	50	200	> 200
10) Çinko (µg Zn/L)	200	500	2000	> 2000
11) Siyanür (toplam) (µg CN/L)	10	50	100	> 100
12) Florür (µg F^-/L)	1000	1500	2000	> 2000
13) Serbest klor (µg Cl_2/L)	10	10	50	> 50
14) Sülfür (µg $S^=$/L)	2	2	10	> 10
15) Demir (µg Fe/L)	300	1000	5000	> 5000
16) Mangan (µg Mn/L)	100	500	3000	> 3000
17) Bor (µg B/L)	1000[e]	1000[e]	1000[e]	> 1000
18) Selenyum (µg Se/L)	10	10	20	> 20
19) Baryum (µg Ba/L)	1000	2000	2000	> 2000
20) Alüminyum (mg Al/L)	0.3	0.3	1	> 1
21) Radyoaktivite (pCi/L)				
alfa-aktivitesi	1	10	10	> 10
beta-aktivitesi	10	100	100	> 100
D) Bakteriyolojik parametreler				
1) Fekal koliform(EMS/100 mL)	10	200	2000	> 2000
2) Toplam koliform (EMS/100 mL)	100	20000	100000	> 100000

(a) Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birisinin sağlanması yeterlidir.
(b) Klorüre karşı hassas bitkilerin sulanmasında bu konsantrasyon limitini düşürmek gerekebilir.
(c) PH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu 0.02 mg NH_3-N/L değerini geçmemelidir.
(d) Bu gruptaki kriterler parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektedir.
(e) Bora karşı hassas bitkilerin sulanmasında kriteri 300 µg/L'ye kadar düşürmek gerekebilir.

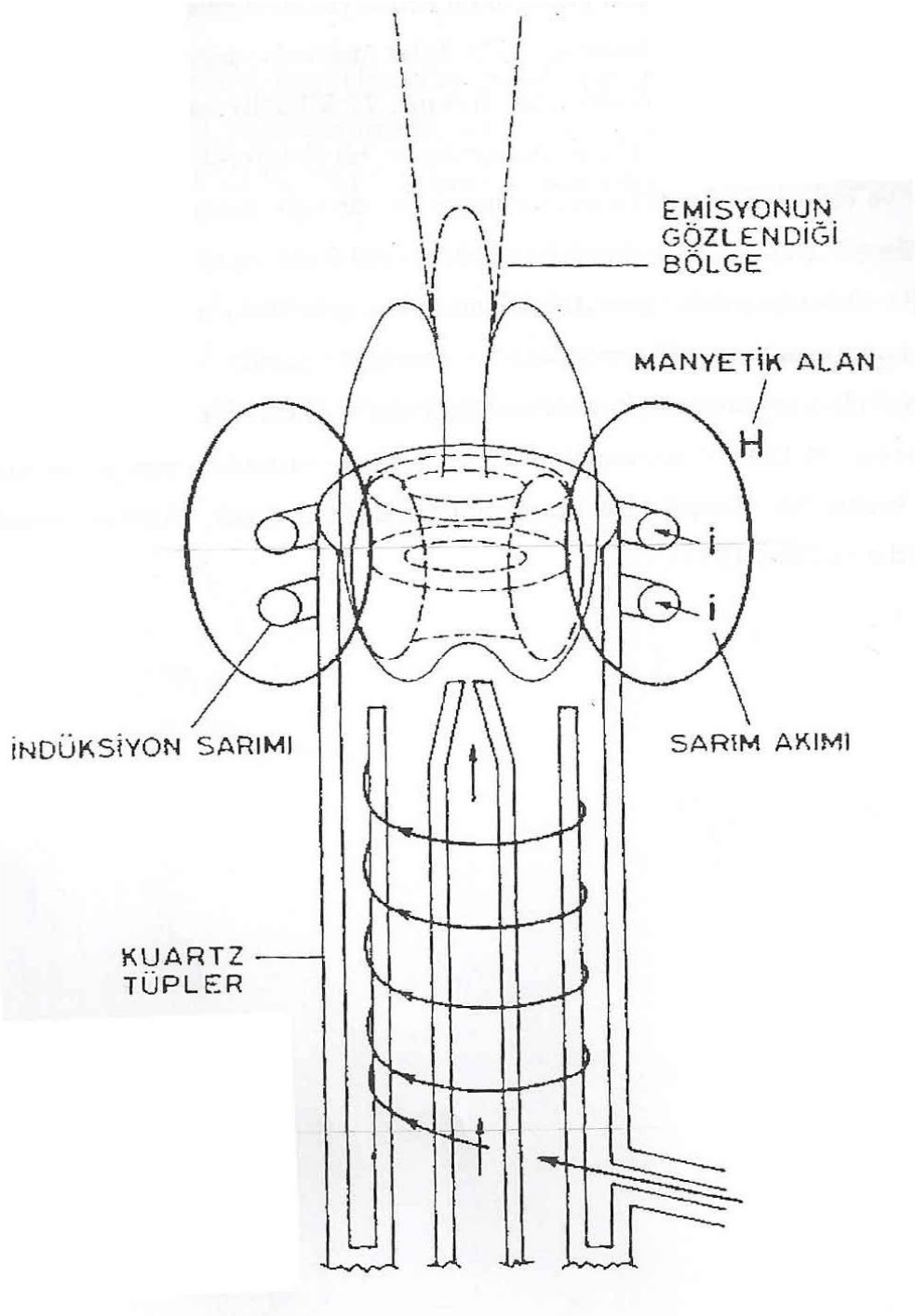
2.6 Metal Tayin Metodu

2.6.1 ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma- Optik Emisyon Spektroskopisi)

ICP-OES ile tayin metodunun temel ilkesi metalik elementlerin yüksek sıcaklıkta uyarılması ve uyarılan elementin kararsız yapıdan tekrar kararlı yapıya geçerken yaydığı ışının ölçülmesi esasına dayanır.

ICP-OES genel olarak; nebulizier, sprey chamber, plazma, torch kısımlarından oluşur. Plazma, nötr gaz, katyon ve elektron içeren iletken bir gaz karışımı olarak tanımlanabilir. Plazma gazı olarak argon (Ar) kullanıldığından, indüktif eşleşmiş plazmada Ar, iyonlaşmış Ar ve elektron bulunduğunu söyleyebiliriz. İndüktif eşleşmiş plazma iç içe üç kuvars borudan oluşan ***hamlaç (torch)*** ile oluşturulur. Argon, en dış ve ara borudan helezonik bir şekilde geçerek borunun ucuna, indüksiyon bobininin sardığı bölüme ulaşır. Genellikle bakırdan yapılmış, su soğutmalı indüksiyon bobini, hamlaca, 27 veya 40 MHz frekansında ve 0.5-1.5 kW arasında güç sağlar. Bu güç sayesinde hamlacın ucunda manyetik alan yaratılır. Tesla bobini adı verilen sistemle kıvılcım oluşturularak argonun iyonlaşması sağlanır. Plazma artık hazırdır. Numune çözeltisi bir peristaltik pompa yardımıyla sisleştiriciye gönderilir ve argon ile çarpıştırılarak aerosol üretilir. Küçük çaplı damlacıklar taşıyıcı argon ile en içteki ince borudan hamlaça ulaşır; atomlaşma/iyonlaşma gerçekleşir.

Bu analizde ICP-OES'in tercih edilmesinin sebebi absorbsiyon spektrometresine göre daha avantajlı olmasıdır. Atomik emisyon spektrometri ile atomik absorpsiyon spektrometri arasındaki en önemli fark, absorpsiyon analizlerindeki atomlaştırıcının görevi sadece atomlaştırma iken, emisyon analizlerindeki atomlaştırıcının hem atomlaştırma hem uyarma işlevi görmesidir. Yüksek sıcaklığı ve inert atmosferi, plazmayı aleve veya grafit fırına göre daha etkin bir kaynak yapar. Bu sayede, AAS ile duyarlı sonuç elde edilemeyen refrakter bileşiklerin analizi de kolaylıkla gerçekleştirilebilir. Çok sayıda elementin aynı anda veya çok kısa sürede ölçülmesi de önemli avantajlarından birisidir. Bu sistemin çalışması aşağıdaki şekilde şematize edilmiştir (Yıldız ve Genç 1993).



Şekil 2.2. İndüktif eşleşmiş plazma (ICP; Yıldız ve Genç 1993)

Şekil 2.2' de görüldüğü gibi, numune çözeltisi argon gazı ile birlikte silindirik bir kuvartz tüp içinden plazmaya doğru pompalanır. Çapı bu silindirik tüpten biraz daha büyük olan ikinci bir kuvartz tüp içinden ise, plazmayı oluşturacak argon gazı geçer. Dış silindirin uç kısmına değişik sayıda indüksiyon sarımı sarılır ve bu sarımlar bir radyofrekans jeneratörüne bağlanır. Dıştaki silindirin ucunda, radyofrekans jeneratöründen gelen ve indüksiyon sarımlarından geçen akım nedeniyle bir elektromanyetik alan oluşur. Argon gazı akımında ilk elektronların oluşturulması, bir elektron kaynağı (Tesla boşalımı) ile sağlanır ve elektronlar, indüksiyon sarımının oluşturduğu manyetik alanda hızlanarak, argon atomlarıyla çarpışırlar ve argon iyonları ile daha fazla elektronun oluşmasını sağlarlar. Bu sürecin sürekli tekrarlanmasıyla, ortamdaki argon iyonu ve elektron sayısının artması sonucu oluşan plazma, manyetik alanda enerji absorbe ederek 6000-10000 kelvin arasında değişen bir sıcaklığa ulaşır. Plazmanın manyetik alanda enerji absorbe etmesi, elektrik transformatörlerinde, birincil sarımdan ikincil sarıma enerji aktarımına benzer bir süreçtir. Bu plazmanın içerisine giren örnek çözeltisi yüksek sıcaklıkta atomlaşır ve uyarılır.(Yıldız ve Genç 1993).

3-İÇME SUYU STANDARTLARI

İçme sularının özellikleri milletler arası ve her ülkenin kendisinin koyduğu standartlar ile tespit edilmektedir. Ülkemizde TS 266 numaralı standart içme suları ile ilgilidir.

Sağlık Bakanlığı, Türk Standartları Enstitüsü, Avrupa Birliği, Amerika Çevre Koruma Kurumu ve Dünya Sağlık Örgütü'nce içme suyu ile ilgili yönetmeliklerdeki son değişiklik tarihleri ve standartları tablo 3.1' de verilmiştir.

Tablo 3.1. Tük Standartları Enstitüsü, Dünya Sağlık Örgütü, Avrupa Birliği, Amerikan Çevre Koruma Kurumu tarafından belirlenen içme suyu kalite standartları

Parametre	**Birim**	**TSE-266 (TSE 2005)**	**WHO 1996**	**EPA (2005)**	**98/83/EC (EC 1998)**
pH		6,5-8,5	-	6,5-8,5	6,5-8,5
Klor(Cl)	mg/L	25-600	250	250	250
Serbest Klor	mg/L	0,1-0,5	-	-	-
Sülfat	mg/L	25-250	250	250	250
Kalsiyum	mg/L	100-200	-	-	-
Magnezyum	mg/L	30-50	-	-	-
Sodyum	mg/L	20-175	200	-	200
Potasyum	mg/L	10-12	-	-	-
Nitrat	mg/L	25-50	-	10	50
Nitrit	mg/L	0,1	-	1,0	0,5
Amonyum	mg/L	0,05-0,5	1,5	-	0,5
Demir	mg/L	0,05-0,2	0,3	0,3	0,2
Mangan	mg/L	0,02-0,05	0,1	0,05	0,05
Bakır	mg/L	0,1-3,0	2,0	1,0	2,0
Flor	mg/L	1,5	1,5	2,0	1,5
Bor	mg/L	0,1-2	0,5	-	1,0
Krom	mg/L	-	0,05	0,1	0,05
Kurşun	mg/L	0,05	0,01	-	0,01
Çinko	mg/L	5,0	3,0	5,0	-
Kadmiyum	mg/L	0,005	0,003	0,005	0,005
Nikel	mg/L	0,05	0,02	-	0,02
Arsenik	mg/L	0.01	0.01	0,01	0.01

4- KAYNAK ARAŞTIRMASI

Su numunelerinde metal tayininde gravimetri ve titrimetri gibi klasik yöntemler, atomik moleküler spektrometri ve kromatografi gibi enstrümental yöntemlere başvuralabilir.

Gravimetrik tayinlerin çoğunda analit, bir reaktif katkısıyla, çözünürlüğü az olan bir çökelek halinde çöktürülür. Daha sonra süzülüp kurutulan çökelek hassas terazide tartılır. Ölçülen ağırlıktan analit derişimi hesaplanır.

Titrimetrik metodlarda, analit ile tepkimeye giren standart reaktifin hacim, kütle veya elektrik yük cinsinden miktarı belirlenir ve buradan analit derişimi hesaplanır.

Nötralleşme titrasyonlarında analit derişimi, kuvvetli asit veya kuvvetli baz standart çözeltinin analit titrant arasındaki eşdeğerlik noktasına ulaşmak için gereken hacminin ölçülmesiyle belirlenir.

Çöktürme titrasyonlarında analit, eklenen titrant ile tepkimeye girerek çözünürlüğü az olan bir çökelek oluşturur. Analit biter bitmez titrant çözeltideki indikatör ile birleşir ve renk değişiminden dönüm noktası belirlenir.

Yükseltgenme indirgenme tepkimelerinde bir maddeden diğerine elektron transferi olur.

Analiz sırasında potansiyel ölçümüne dayanan potansiyometride sularda metal tayininde başvurulan metodlardandır.

Spektrometrik yöntemler ışının absorbsiyon, emisyon, lüminesans saçılma şiddettinin ölçülmesine dayanır. Spektroskopik yöntemler numune ve içerdiği analitler hakkında hem kalitatif hemde kantitatif bilgi verdiğinden bir çok alanda çok yaygın olarak kullanılır.

1950' li yıllarda AAS cihazlarının ortaya çıkışıyla birlikte bu teknik, element tayininde en çok başvurulan yöntem oldu. Sonraki yıllarda ICP-OES (indüktif eşleşmiş plazma optik emisyon spektrometri) tekniği AAS'nin yanında yerini aldı.

Hem AAS hemde ICP-OES çeşitli analizlerde standart metod haline geldi. 90'lı yılllarda ise bu tekniğe indüktif eşleşmiş plazma kütle spektrometri (ICP-MS) eklendi. Bugün bu üç teknikte element tayininde çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Asda Şahmurova, Elçin Hepsağ, Asude Özkan (2004) Azerbaycan'ın yeraltı sularında titrimetrik ve kolorimetrik yöntemlerle eser element tayini yapmışlar ve WHO (World Health Organization) tarafından belirlenen "İçme sularında maksimum izin verilebilir konsantrasyonlar" ile karşılaştırma yapmışlardır.

Jun Kabayashi ve Ryoichi kizu (2001) Basit franksiyon metodlarıyla beraber AAS tekniğni kullanarak nehir sularında metal içeriğini incelemişlerdir

Miloslav Pouzar, Tomas Cemohorsky ve Anna Krejcova (2003) İçme sularında Zn, Ni, Cr, Fe. V, Pb ve Co tayini yapmışlardır. Numuneyi iyon değiştirici filterede prekonsantrasyona tabi tuttuktan sonra X-ray floresansta dalga boylarından yararlanarak hızlı ve ucuz bir şekilde tayinin nasıl yapılacağını anlatmışlardır.

M. Soylak, F. Armağan Aydın, S. Saraçoğlu, L. Elci, M. Doğan (2001) Yozgat'ın içme sularında Cu, Fe, Pb, Ni ve Mn tayini yapmışlardır. Numuneleri HP-20 resin kolonda prekonsantre ettikten sonra atomik absorbsiyon spektrometride tayin yapmışlardır.

Mari Pantsar Kallio, Pentti K. G. Manninen (1997) Su örneklerinde iyon kromatografi ve indüktif eşleşmiş plazma kütle spektrometri (ICP-MS) kullanarak As ve Cr tayini yapmışlardır.

Espadaler I., et al. (1997) İspanyadaki Ter nehrinin organik kimyasallarını tesbit etmişlerdir. Üzerinde ticari faaliyetlerin, zirai ve insan aktivitelerinin bulunduğu Barselona'ya içme suyu sağlayan arıtılmamış su haznesinde yapılan araştırmada organik kimyasal tesbit etmişlerdir.

Dünyada ve Türkiye'de içme ve kullanma suyu kalitesini belirlemek ve kirlenmesini tesbit ve önlemek ve bilhassa insan sağlığı ve çevre şartlarını belirli bir seviyede korumak için çeşitli önlemler alınmış bu amaçla içme suyu standartları için

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından içme suyu standartları belirlemiştir. Su kalite kriterlerinin belirlenmesi için Amerika'da EPA, Avrupa'da AB ve Türkiye'de TSE 266 standartları kabul edilmiştir.

5- MATERYAL VE METOD

5.1 Kimyasal Maddeler, Malzemeler ve Cihazlar

5.1.1 Kimyasal Maddeler ve Malzemeler

- Plastik 500 ml'lik kaplar
- Nitrik Asit (HNO_3 Merck; Analitik Saflıkta)
- Bidistile su
- Argon Gazı (Yüksek saflıkta Boss)
- Sodyum bikarbonat çözeltisi (Merck; Analitik Saflıkta)
- Metal Standart Çözeltileri (inorganik Ventures)
- Anyon standart Çözeltisi
- EDTA (Merck)
- NH_3 (Merck %38)
- NH_4Cl (Merck)
- Eriochrome Black T (Merck)

5.1.2 Cihazlar

- ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optic Emission Spektrometer, Perkin Elmer-2000)
- İyon Kromatografisi (Dionex ICS-1000)
- pH Metre ve Kondüktivitemetre (Ino-Lab wtw 720)

5.2 Numune Alma

Su numuneleri, Konya merkez ve ilçelerinden olmak üzere 11 noktadan şebeke suları (musluk suyu), üç ayrı dönemde (Temmuz-Ağustos, Ocak-Şubat, Nisan-Mayıs) alınmıştır. Numune noktaları şekil 5.1' de gösterilmiştir.

Aşağıdaki tabloda su numunelerinin alındığı ilçeler gösterilmiştir.

Tablo 5.1 Su numunelerinin alındığı ilçeler

No	**Numunenin alındığı yer**
1	Konya merkez musluk suyu
2	Konya merkez arıtılmış şebekeye verilmeden önceki su
3	Kadınhanı şebeke suyu
4	Karapınar şebeke suyu
5	Beyşehir şebeke suyu
6	Seydişehir şebeke suyu
7	Ilgın şebeke suyu
8	Sarayönü şebeke suyu
9	Çumra şebeke suyu
10	Güneysınır şebeke suyu
11	Cihanbeyli şebeke suyu

Su numuneleri, standart numune kapları ile Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde belirtilen hususlara göre toplanmıştır.

- Su numuneleri laboratuara ulaşmadan önce taşıdığı özellikleri kaybetmemesi için 500 ml'lik plastik numune kapları tam doldurularak hava almaması sağlanmıştır.
- Su numnelerinin alınacağı plastik kaplar 1:1'lik Nitrik Asit (HNO_3) çözeltisinden (v/v) geçirilmiştir. Daha sonra kaplar bidistile su ile yıkanmıştır. (London, 1985).
- Su numuneleri toplandıktan sonra Konya Ticaret Borsası Özel Gıda Kontrol Laboratuarı'nda bulunan buzdolabında (+ 4°C) analiz yapılıncaya kadar saklanmıştır (Fifield ve Haines, 1995).

Şekil 5.1'de çalışma alanı ve örnek noktaları gösterilmiştir.



Şekil 5.1 Çalışma Alanı ve Örnek Noktaları

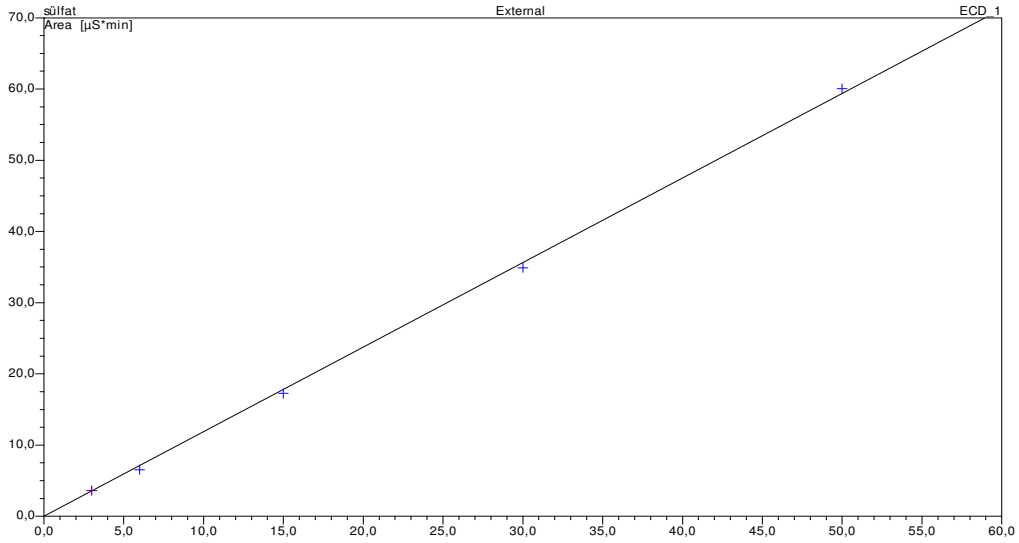
5.3 Analizler

5.3.1 Katyon ve Ağır Metal Analizleri

Kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum, fosfor, demir, çinko, bakır, mangan, bor, kadmiyum, cıva, arsenik, nikel, krom analizleri Konya Ticaret Borsası Özel Gıda Kontrol Laboratuarında Perkin Elmer ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spektrometer) 2000 marka emisyon spektrometresi ile tayin edilmiştir. Başlangıçta 1000 µg/ml' lik standart çözeltilerinden standart çözeltiler hazırlanmış ve bu çözeltilerde cihazda okutularak miktarları elde edilen kalibrasyon grafiğine göre tespit edilmiştir. Her bir metal için tayin sınırları (LOD), Ek B'de açıklandığı üzere hesaplanmıştır. Sonuçlar tablo 6.1, 6.2 ve 6.3'te verilmiştir.

5.3.2 Anyon analizleri

Flor, Bromür, Klorür, Nitrit, Nitrat, Sülfat, Fosfat analizleri Selçuk Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünde Dionex ICS-1000 marka İyon Kromatografisi ile tayin edilmiştir. Başlangıçta 1000 ppm'lik standart çözeltiden 0,6-1,2-3-6-10 ppm'lik standartlar cihazda okutularak standartlara göre kalibrasyon yapılmıştır. Daha sonra numunelerimiz 3 kez okutularak miktarları elde edilen kalibrasyon grafiğine göre tespit edilmiştir. Bu işlemler yapılırken ICS-1000 cheromelon software programı kullanılmıştır. Aşağıdaki şekilde anyon standart çözeltisinden hazırlanan standart çözeltilerle elde edilen kalibrasyon grafiği örnek olarak verilmiştir. Anyon analiz sonuçları tablo 6.1, 6.2 ve 6.3'te verilmiştir



Şekil 5.2 Sülfat İyonu Kalibrasyon Grafiği (R^2 = 99.9860)

5.3.3 Diğer Analizler

Su numunelerindeki toplam sertlik titrasyon yöntemi ile; pH, EC Ino-Lab wtw 720 markalı pH-metre ve kondüktivitemetre ile tayin edilmiştir.

6. ANALİZ SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Konya ili ve ilçeleri şebeke sularının fiziksel, kimyasal analiz sonuçları su kalitesi açısından incelenmiştir. Çalışma alanı içerisinde tesbit edilen 11 ayrı noktadan alınan numuneler için laboratuarda yapılan analizler sonucu her dönem için ayrı olarak bulunmuş ve bunların sonuçları ayrı şekillerde grafikleri çizilerek değerlendirilmiş ve karşılaştırılmıştır.

6.1 Temmuz-Ağustos, 2007 dönemi analiz sonuçları ve grafiksel değerlendirilmesi

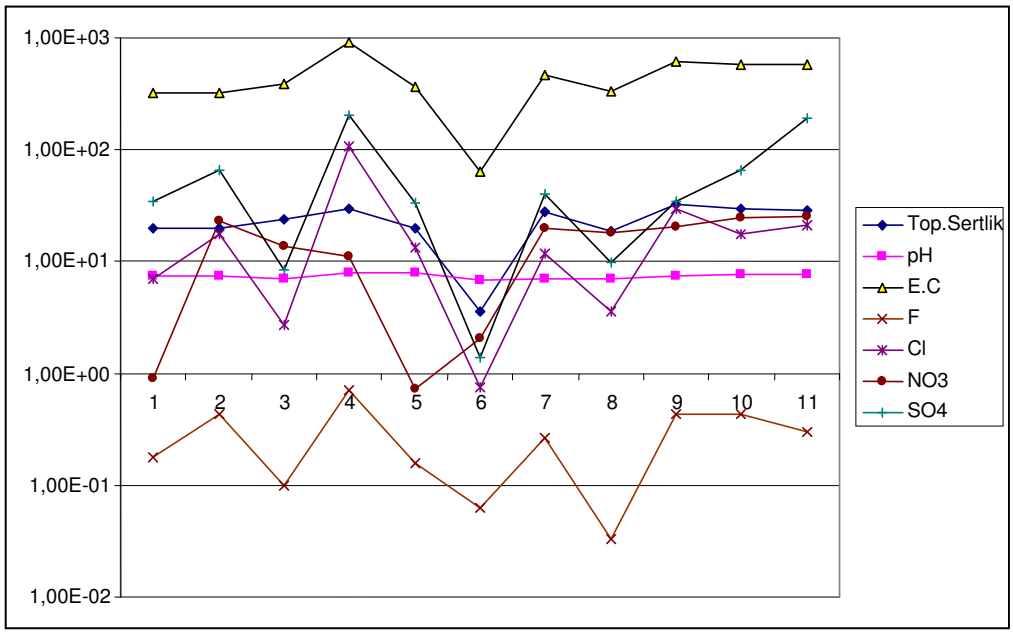
Temmuz-Ağustos 2007 döneminde toplam 11 noktadan alınan örneklerden elde edilen fiziksel kimyasal sonuçlar tablo 6.1' de verilmiştir.

Tablo 6.1. Temmuz-Ağustos dönemi fiziksel kimyasal analiz sonuçları

Parametre	Birim	Numune Noktaları										
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
Top.Sertlik	°F	20.0(0.1)*	20.0(0.2)*	24.0(0.2)*	30.0(0.2)*	20.0((0.3)*	3.6(0.1)*	28.0(0.1)*	1.4(0.2)*	32.0(0.1)*	29.2(0.2)*	28.8(0.1)*
pH		7.48(0.02)*	7.49(0.01)*	7.11(0.01)*	7.81(0.01)*	7.81(0.01)*	6.70(0.05)*	7.07(0.02)*	7.10(0.06)*	7.54(0.02)*	7.62(0.02)*	7.79(0.01)*
E.C	µS/cm	325.0(0.7)*	323.0(3)*	386.0(1)*	911.0(2.5)*	361.0(2.6)*	63.1(0.1)*	468.0(2.6)*	328.0(1)*	606.0(3)*	582.0(2.6)*	580.0(1)*
F	mg/L	0.18(0.01)*	0.44(0.05)*	0.10(0.01)*	0.71(0.01)*	0.16(0.02)*	0.06(0.003)*	0.27(0.01)*	0,033(0.001)*	0.44(0.01)*	0.43(0.03)*	0.29(0.01)*
Cl	mg/L	6.94(0.42)*	17.82(0.66)*	2.74(0.10)*	107.20(0.76)*	13.26(0.11)*	0.74(0.05)*	11.71(0.34)*	3,57(0.28)*	29.42(0.59)*	17.82(0.66)*	20.96(0.40)*
NO_3	mg/L	0.91(0.02)*	23.22(1.60)*	13.87(0.26)*	11.06(0.30)*	0.72(0.07)*	2.03(0.06)*	19.59(0.44)*	17,84(0.61)*	20.63(0.45)*	24.89(0.85)*	25.25(0.59)*
SO_4	mg/L	34.42(0.78)*	64.99(0.4)*	8.36(0.13)*	204.60(1.01)*	33.51(0.94)*	1.40(0.03)*	39.55(0.53)*	9,78(0.25)*	34.44(0.84)*	64.99(0.39)*	191.10(1.40)*
Fe	mg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	0.097(0.003)*	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E
Zn	mg/L	T.E	T.E	0.256(0.008)*	0.011(0.001)*	T.E	T.E	T.E	0,222(0.004)*	0.143(0.002)*	T.E	0.021(0.001)*
Cu	mg/L	T.E	T.E	0.039(0.002)*	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E
Mn	mg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	0.0070(0.0004)*	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E
Na	mg/L	4.35(0.02)*	4.27(0.06)*	4.05(0.06)*	111.70(2.06)*	12.95(0.17)*	2.67(0.05)*	12.77(0.08)*	3,01(0.02)*	21.19(0.43)*	32.42(0.47)*	23.64(0.34)*
K	mg/L	3.08(0.03)*	3.00(0.01)*	1.32(0.02)*	5.33(0.31)*	2.73(0.04)*	1.81(0.02)*	2.13(0.04)*	1,21(0.01)*	3.89(0.18)*	1.92(0.01)*	0.85(0.03)*
Ca	mg/L	48.73(1.01)*	46.39(1.93)*	76.64(1.2)*	53.95(1.31)*	28.66(04)*	6.52(0.07)*	88.98(2.20)*	62,53(1.03)*	112,80(3.20)*	102.20(3.12)*	64.55(0.96)*
Mg	mg/L	19.33(0.42)*	18.53(0.32)*	23.14(0.70)*	48.25(0.82)*	34.04(0.68)*	0.83(0.02)*	15.67(0.16)*	19,66(0.29)*	28,99(0.47)*	21.85(0.25)	41.73(0.58)*
P	mg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E
B	mg/L	T.E	T.E	T.E	0.71(0.01)*	0.032(0.002)*	0.055(0.002)*	0.084(0.001)*	T.E	0.129(0.003)*	0.34(0.01)*	0.068(0.001)*
Cd	µg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E
Pb	µg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E
Ni	µg/L	T.E	T.E	22.76(1.23)*	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E
Cr	µg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	8.18(0.5)*
Hg	µg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E
As	µg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E

()*: standart sapma değerleri T.E: tesbit edilebilir limit dahilinde bulunamadı LOD (Fe, Zn, Cu, Mn, P, B, Pb, Ni, Cr): 5 µg/L LOD (Cd, Hg, As): 1µg/L

Temmuz-Ağustos döneminde pH değerleri 6.7 ile 7.81 arasında ölçülmüştür. Su kalite sınıflandırmasına göre pH değerleri 6.5-8.5 arasında ise 1. sınıf su kalite sınıfına girer. Bu dönemde yapılan ölçümlerde bütün değerler bu aralıktadır. Şekil 5.1'de Temmuz-Ağustos dönemine ait fiziksel parametreler ve anyon değişimi gösterilmiştir.



Şekil.6.1 Fiziksel ve Kimyasal Parametreler Değişimi

Elektriksel iletkenlik değeri ise 63-911 µS/cm arasında değişmektedir. Bu dönemde en düşük elektriksel iletkenlik Seydişehir ilçesinde ölçülürken en yüksek elektriksel iletkenlik Karapınar ilçesinde ölçülmüştür.

Bu dönemde toplam sertlik 3.6- 32 FS arasında değişmektedir. En düşük toplam sertlik Seydişehir ilçesinde ölçülmüş olup su çok yumuşak su sınıfına girmektedir. Çumra ilçesinin suyu ise 32 FS değerinde olup çok sert su sınıfına girer.

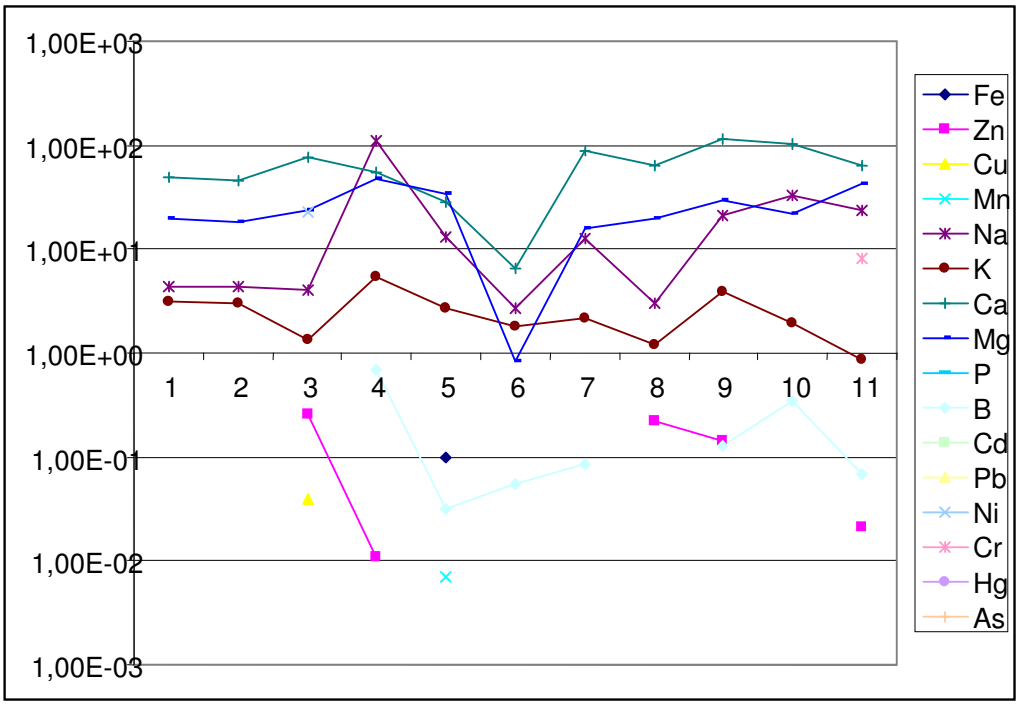
Klorür konsantrasyonu en düşük değer olarak Seydişehir ilçe suyunda 0.741 mg/L ölçülürken. En yüksek değer olarak Karapınar ilçe suyunda 107.2 ölçülmüştür. Müsaade edilen klorür iyonu konsantrasyonu birinci sınıf kaliteli sularda 25 mg/L, ikinci sınıf kaliteli sularda ise 200 mg/L olarak verilmiştir. Buna göre sadece

Karapınar ve Çumra ilçe şebeke suları ikinci sınıf su kalite sınıfına girerken diğerleri birinci sınıf su kalite sınıfına girmektedir.

Temmuz-Ağustos döneminde sülfat değerleri 1.4 mg/L ile 204 mg/L arasında değişim göstermektedir. En yüksek değerler Karapınar, Cihanbeyli şebeke sularında ölçülürken, en düşük değerler Seydişehir, Kadınhanı ve Sarayönü şebeke sularında ölçülmüştür.

Florür konsantrasyonu ise 0.033 mg/L ile 0.714 mg/L aralığında değişmektedir. Su kalite kriterlerine göre birinci sınıf kaliteli sularda florür değeri 1 mg/L' dir. Buna göre florür değerleri maksimum sınırlar içerisindedir. Diş ve kemik sağlığı açısından da içme sularında istenilen florür değeri 1-1.5 mg/L arasındadır (TSE, 1997). Florür insan sağlığı açısından önemli bir maddedir. İskelet ve diş sağlığı problemlerini önlemek için günde 1 mg/L florür alınması önerilmektedir, fakat alınan florür bu miktarın üzerinde olursa pek çok kemik ve diş problemlerine yol açabilir (Çengeloğlu, 2002).

Bu dönemde hiçbir numune noktasında nitrit ve fosfat tesbit edilmememiştir. Nitrat konsantrasyonu değerleri ise 0.72 mg/L ile 25.25 mg/L değerleri arasında değişmektedir. En yüksek değer Cihanbeyli şebeke suyunda ölçülürken en düşük değer Karapınar şebeke suyunda ölçülmüştür.



Şekil 6.2. Temmuz-Ağustos Dönemi Metal Değişimi

Temmuz-Ağustos döneminde yapılan analizler sonucunda metal değerlerinin Sağlık Bakanlığı, Türk Standartları Enstitüsü, Avrupa birliği ve Dünya Sağlık Örgütünün belirlediği üst sınır değerlerin altında olduğu belirlendi.

Bu çalışmada Konya ve ilçelerinden toplanan 11 adet su numunesinde yapılan metal analizlerinde Kadınhanı'nda Nikel, Cihanbeyli'de Krom insan sağlığı açısından tehdit oluştururken, metal düzeylerinin ilgili kuruluşlar tarafından izin verilen üst sınır değerlerin altında çıkması halk sağlığı açısından olumlu ve sevindirici bir durumdur. Ancak bu tür analizlerin belli aralıklarla yapılması, kaynakların yıllara ve mevsimlere göre değişimler göstermesi açısından uygun görülmektedir.

6.2 Ocak-Şubat, 2008 dönemi analiz sonuçları ve grafiksel değerlendirilmesi

Ocak-Şubat 2008 döneminde toplam 11 noktadan alınan örneklerden elde edilen fiziksel kimyasal sonuçlar tablo 6.2' de verilmiştir. Bu sonuçlar Şekil 6.3 ve Şekil 6.4' de grafik çizilerek değerlendirmeye çalışılmıştır.

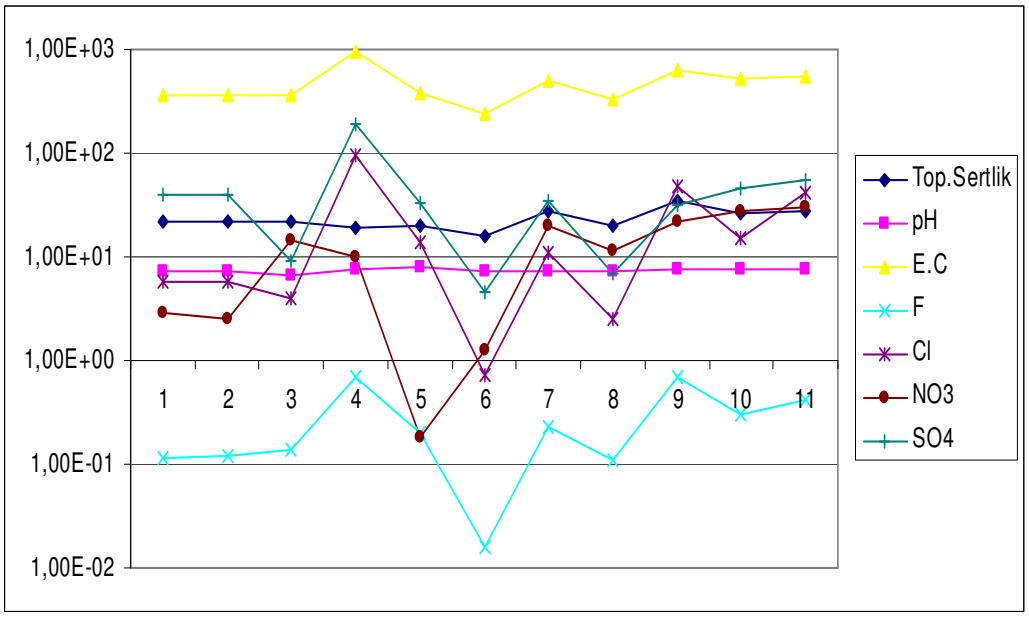
Tablo 6.2. İncelenen Numunelerin Ocak-Şubat dönemi fiziksel kimyasal analiz sonuçları

Parametre	Birim	Numune Noktaları										
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
Top.Sertlik	°F	22.0(0.1)*	21.6(0.1)*	22.0(0.2)*	19.0(0.4)*	20.0(0.3)*	16.0(0.15)*	28.0(0.1)*	20.0(0.2)*	34.0(0.1)*	26.0(0.2)*	28.0(0.1)*
pH		7.33(0.02)*	7.32(0.01)*	6.66(0.01)*	7.73(0.01)*	7.85(0.01)*	7.30(0.03)*	7.16(0.01)*	7.12(0.06)*	7.58(0.20)*	7.45(0.04)*	7.60(0.03)*
E.C	µS/cm	367.0(0.7)*	361.0(3.0)*	366.0(1.0)*	953.0(1.53)*	376.0(2.5)*	243.0(1.0)*	498.0(0.6)	332.0(1.3)*	639.0(2)*	537.0(2.1)*	539.0(0.6)*
F	mg/L	0.115(0.030)*	0.122(0.010)*	0.141(0.004)*	0.691(0.010)*	0.204(0.070)*	0.016(0.001)*	0.226(0.009)	0,109(0.030)*	0.686(0.002)*	0.296(0.020)*	0.419(0.030)*
Cl	mg/L	5.82(0.02)*	5.84(0.59)*	4.04(0.05)*	96.38(0.15)*	13.49(0.45)*	0.74(0.05)*	11.21(0.04)*	2.54(0.22)*	47.74(1.50)*	15.31(0.08)*	40.77(0.90)*
NO_3	mg/L	2.85(0.03)*	2.52(0.17)*	14.74(0.06)*	10.16(0.30)*	0.18(0.07)*	1.27(0.03)*	19.83(0.11)*	11.31(0.16)*	22.15(1)*	28.09(0.08)*	30.64(1.1)*
SO_4	mg/L	40.50(0.53)*	40.06(1.34)*	9.27(0.06)*	190.50(0.37)*	33.34(0.75)*	4.52(0.01)*	35.22(0.04)*	7.06(0.05)*	31.57(0.64)*	46.00(0.04)*	54.05(0.90)*
Fe	mg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	0.067(0.002)*	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E
Zn	mg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	0.038(0.001)*	T.E	T.E	0,218(0.001)*	0.126(0.003)*	0.097(0.001)*	T.E
Cu	mg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E
Mn	mg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E
Na	mg/L	4.35(0.05)*	4.08(0.06)*	3.84(0.05)*	172.30(1.12)*	11.71(0.13)*	0.44(0.01)*	11.33(0.32)*	2.96(0.02)*	22.15(0.30)*	24.86(0.40)*	34.28(0.30)*
K	mg/L	3.18(0.04)*	3.05(0.01)*	0.62(0.01)*	8.62(0.08)*	2.72(0.04)*	0.27(0.01)*	1.91(0.02)*	0.87(0.04)*	3.87(0.02)*	1.35(0.01)*	2.02(0.02)*
Ca	mg/L	62.70(0.53)*	62.07(0.57)*	64.46(0.50)*	29.78(0.34)*	41.52(0.25)*	57.34(1.05)*	105.50(1.30)*	62,94(0.08)*	120.42(0.70)*	97.90(1.04)*	57.67(0.21)*
Mg	mg/L	19.20(0.08)*	18.82(0.19)*	22.08(0.13)*	30.88(0.40)*	31.71(0.40)*	5.89(0.07)*	18.80(0.11)*	19,33(0.45)*	23.40(0.30)*	17.11(0.18)	34.48(0.11)*
P	mg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E
B	mg/L	T.E	T.E	T.E	0.35(0.03)*	T.E	0.032(0.0008)*	T.E	T.E	0.131(0.002)*	0.290(0.005)*	0.086(0.002)*
Cd	µg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E
Pb	µg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E
Ni	µg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E
Cr	µg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	4.77(0.50)*
Hg	µg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E
As	µg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E

()*: standart sapma değerleri T.E: tesbit edilebilir limit dahilinde bulunamadı LOD (Fe, Zn, Cu, Mn, P, B, Pb, Ni, Cr): 5 µg/L LOD (Cd, Hg, As): 1µg/L

pH değerleri Ocak-Şubat döneminde 6.66-7.85 arasında ölçülmüştür. Yine bu dönemde de pH değerleri birinci sınıf su kalite aralığında kalmaktadır.

Elektriksel iletkenlik değerleri ise 243-953 µS/cm değerleri arasında değişmektedir. Yine en düşük elektriksel iletkenlik değeri Seydişehir şebeke suyunda görülürken en yüksek elektriksel iletkenlik değeri Karapınar şebeke suyunda ölçülmüştür. Aşağıdaki grafikte numunelerin pH, EC ve anyon konsantrasyonları değerlendirilmiştir.



Şekil 6.3. Ocak-Şubat Dönemi Fiziksel ve Kimyasal parametreler Değişimi

Toplam serlik değerleri bu dönemde 16-34 FS arasında değişmektedir. En yüksek toplam sertlik değeri Çumra şebeke suyunda ölçülürken en düşük sertlik değeri bir önceki dönemde olduğu gibi Seydişehir şebeke suyunda ölçülmüştür.

Florür konsantrasyonları 0.016-0.691 mg/L aralığında değişmektedir. En düşük değer Seydişehir şebeke suyunda ölçülmüşken en yüksek değer Karapınar şebeke suyunda tayin edilmiştir. Su kalite kriterlerine göre birinci sınıf kaliteli sularda maksimum flor konsantrasyonu 1 mg/L olduğundan bu dönemde bütün numuneler birinci sınıf su kalite sınıfına girmektedir.

Ocak-Şubat döneminde en düşük klorür konsantrasyonu Seydişehir ilçe suyunda 0.741 mg/L ölçülmüştür. En yüksek klorür konsantrasyonu ise Karapınar ilçe suyunda 96.38 mg/L olarak ölçülmüştür. Müsaade edilen klorür konsantrasyonu birinci sınıf kaliteli sularda 25 mg/L iken ikinci sınıf kaliteli sularda 200 mg/L olarak verilmiştir. Buna göre Karapınar, Çumra ve Cihanbeyli şebeke suları ikinci kalite su sınıfına girmektedir.

Nitrat miktarı ise 30.64-0.1845 mg/L aralığında değişmektedir. İki dönemde de en yüksek nitrat konsantrasyonu Cihanbeyli şebeke suyunda ölçülmüştür. Bunda tarımsal faaliyetlerde nitratlı gübre kullanımının etkili olduğunu söyleyebiliriz.

Yine Ocak-Şubat döneminde numunelerde nitrit ve fosfat ölçümü yapılmış olup tespit edilememiştir.

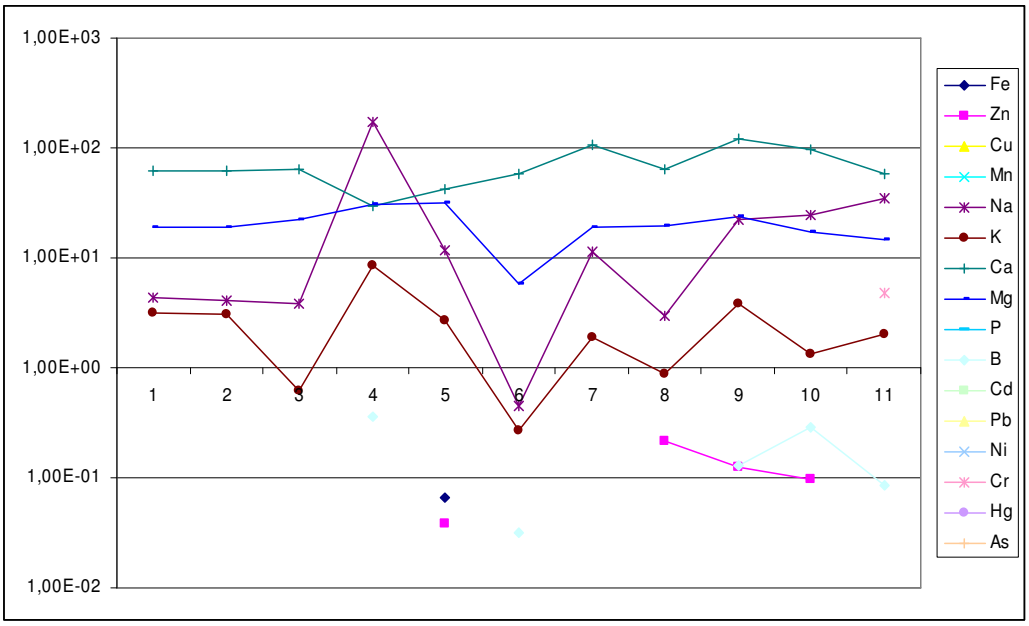
Bu dönemde sülfat konsantrasyonleri 4.5-190.5 mg/L arasında ölçülmüştür. En yüksek sülfat konsantrasyonu Karapınar ilçe suyundan elde edilirken en düşük konsantrasyon Seydişehir şebeke suyunda ölçülmüştür.

Sodyum değerleri ise 0.444-172 mg/L arasında değişmektedir. En düşük sodyum konsantrasyonu Seydişehir ilçesinde, en yüksek sodyum konsantrasyonu Karapınar ilçesinde tayin edilmiştir.

Potasyum miktarları bu dönemde 0.27-3.89 mg/L aralığında ölçülmüş olup en düşük konsantrasyon yine Seydişehir İlçe suyunda tayin edilmiştir.

Ocak-Şubat döneminde kalsiyum konsantrasyonları 29.78-105.5 mg/L aralığında ölçülmüştür en yüksek konsantrasyon ılgın şebeke suyunda ölçülürken en düşük konsantrasyon Karapınar ilçe suyunda ölçülmüştür. Bu değerler bu ilçelerin şebeke sularının toplam sertlik değerleriyle de paralellik göstermektedir.

Magnezyum değerleri ise 17.11 mg/L ile 34.48 mg/L aralığında değişmektedir. Kalsiyum değerlerinden farklı olarak en düşük konsantrasyon Güneysınır'da, en yüksek konsantrasyon Cihanbeyli ilçe suyunda ölçülmüştür. Aşağıdaki şekil 6.4'de numunelerin metal konsantrasyon içeriği değerlendirilmiştir.



Şekil 6.4 Ocak-Şubat Dönemi Metal Değişimi

Bu dönemde 11 numunenin ağır metal konsantrasyon içeriği incelendiğinde Sağlık Bakanlığı, Avrupa Birliği ve Dünya Sağlık Örgütü'nce belirlenen sınır değerlerin altında olduğu görülmüştür. Temmuz-Ağustos döneminde Kadınhanı şebeke suyunda nikel konsantrasyonu 22.76 µg/L iken bu dönemde tespit edilememiştir. Buda kış döneminde kar yağışı ile sulardaki metal konsantrasyonun azalarak tayin edilemeyecek miktarlara düşmesiyle açıklanabilir. Yine Temmuz-Ağustos döneminde Cihanbeyli şebeke suyunda Krom konsantrasyonu 8.18 µg/L iken Ocak-Şubat döneminde bu değer 4.774 µg/L değerine düşerek izin verilen maksimum konsantrasyonunun altında kalmıştır.

6.3 Nisan-Mayıs 2008 dönemi analiz sonuçları ve grafiksel değerlendirilmesi

Nisan-Mayıs 2008 döneminde toplam 11 noktadan alınan örneklerden elde edilen fiziksel kimyasal sonuçlar tablo 6.3' de verilmiştir. Bu sonuçlar Şekil 6.5 ve Şekil 6.6' da grafiksel olarak değerlendirmeye çalışılmıştır.

Tablo 6.3. Nisan-Mayıs dönemi fiziksel kimyasal analiz sonuçları

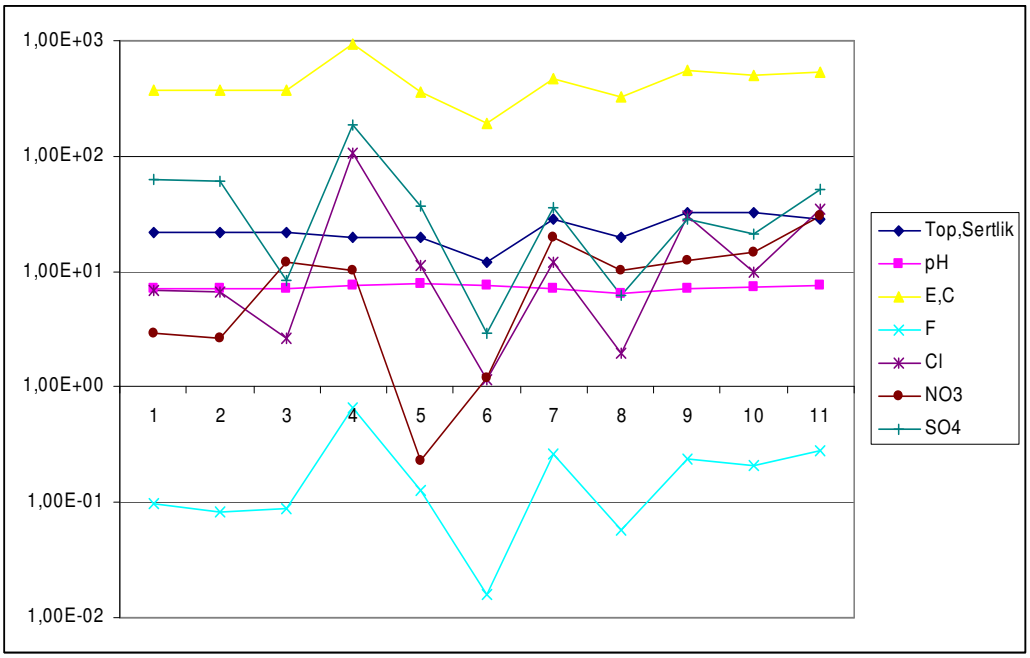
Parametre	Birim	Numune Noktaları										
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**
Top.Sertlik	°F	22.0(0.1)*	22.0(0.1)*	22.0(0.2)*	20.0(0.5)*	20.0(0.2)*	12.0(0.1)*	28.0(0.1)*	20.0(0.3)*	32.0(0.1)*	32.0(0.2)*	28.0(0.1)*
pH		7.01(0.03)*	7.02(0.02)*	7.16(0.02)*	7.61(0.05)*	7.73(0.01)*	7.51(0.04)*	7.32(0.01)*	6.43(0.05)*	7.20(0.30)*	7.22(0.05)*	7.46(0.04)*
E.C	µS/cm	372.0(0.8)*	361.0(2.0)*	369.0(0.9)*	922.0(1.2)*	364.0(1.5)*	194.0(0.9)*	495.0(0.8)	331.0(1.5)*	549.0(1.0)*	500.0(2.5)*	527.0(0.6)*
F	mg/L	0.096(0.01)*	0.083(0.01)*	0.088(0.003)*	0.653(0.03)*	0.125(0.005)*	0.016(0.001)*	0.230(0.01)	0,058(0.005)*	0.236(0.004)*	0.207(0.008)*	0.284(0.02)*
Cl	mg/L	6.89(0.03)*	6.72(0.20)*	2.65(0.02)*	104.60(0.66)*	11.37(0.10)*	1.14(0.01)*	11.91(0.04)*	1.96(0.03)*	30.52(0.97)*	9.76(0.02)*	34.68(0.17)*
NO_3	mg/L	2.92(0.08)*	2.68(0.10)*	11.92(0.06)*	10.04(0.10)*	0.23(0.01)*	1.207(0.002)*	19.11(0.14)*	10.22(0.10)*	12.50(0.90)*	14.65(0.15)*	30.12(0.18)*
SO_4	mg/L	62.16(0.50)*	60.48(0.90)*	8.26(0.01)*	188.50(1.16)*	36.74(0.24)*	2.87(0.01)*	34.22(0.04)*	6.14(0.09)*	28.28(1.10)*	21.33(0.30)*	51.18(0.33)*
Fe	mg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	0.067(0.002)*	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E
Zn	mg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	0.038(0.001)*	T.E	T.E	0,218(0.001)*	0.126(0.003)*	0.097(0.001)*	T.E
Cu	mg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E
Mn	mg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E
Na	mg/L	4.18(0.06)*	4.12(0.03)*	3.33(0.03)*	176.70(1.90)*	11.22(0.10)*	0.73(0.01)*	10.93(0.30)*	2.30(0.02)*	19.16(0.09)*	13.43(0.20)*	32.29(0.70)*
K	mg/L	3.16(0.04)*	3.08(0.03)*	0.46(0.01)*	4.90(0.05)*	2.52(0.02)*	0.35(0.02)*	1.88(0.02)*	0.40(0.01)*	3.26(0.05)*	1.84(0.02)*	1.88(0.03)*
Ca	mg/L	61.78(0.80)*	61.80(0.40)*	65.00(0.90)*	33.80(0.50)*	41.84(0.40)*	48.90(1.00)*	103.50(1.01)*	63.11(0.40)*	97.65(0.80)*	75.66(1.00)*	56.19(0.70)*
Mg	mg/L	19.71(0.30)*	19.39(0.20)*	20.54(0.08)*	30.04(0.40)*	28.27(0.42)*	3.59(0.02)*	18.50(0.10)*	18.27(0.20)*	27.54(0.30)*	11.60(0.30)*	32.49(0.40)*
P	mg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E
B	mg/L	T.E	T.E	T.E	0.740(0.006)*	0.012(0.001)*	0.054(0.001)*	T.E	T.E	0.133(0.002)*	0.126(0.001)*	0.090(0.001)*
Cd	µg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E
Pb	µg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E
Ni	µg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E
Cr	µg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	5.93(0.02)*
Hg	µg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E
As	µg/L	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E	T.E

()*: standart sapma değerleri T.E: tesbit edilebilir limit dahilinde bulunamadı LOD (Fe, Zn, Cu, Mn, P, B, Pb, Ni, Cr): 5 µg/L LOD (Cd, Hg, As): 1µg/L

Bu dönemde pH değerleri 6.43-7.73 arasında değişmektedir. Sarayönü şebeke suyu hariç tüm numuneler birinci sınıf kalite su sınıfına girmektedir. Ancak bu dönemde Sarayönü ilçe suyu üçüncü sınıf kalite su sınıfına düşmüştür.

Nisan-Mayıs döneminde elektriksel iletkenlik değerleri en düşük yine Seydişehir şebeke suyunda 194 µS/cm olarak ölçülmüştür. En yüksek elektriksel iletkenlik değeri ise Karapınar şebeke suyunda 922 µS/cm ölçülmüştür.

Toplam sertlik bu dönemde önceki dönemlerde olduğu gibi en düşük Seydişehir ilçe suyunda ölçülmüş olup 12 FS' dir. En yüksek toplam sertlik değerleri ise Çumra ve Güneysınır ilçe sularında ölçülmüş olup 32 FS'dir. Şekil 5.5' de pH, EC, toplam sertlik ve anyon konsantrasyonları değerlendirilmiştir.



Şekil.6.5 Nisan-Mayıs Dönemi Kimyasal ve Fiziksel Parametreler Değişimi

Bu dönemi anyon konsantrasyonu açısından değerlendirirsek yine önceki dönemlerde olduğu gibi numunelerde fosfat ve nitrit tespit edilememiştir.

Flor konsantrasyonları ise 0.016 mg/L ile 0.284 mg/L aralığındadır. En düşük konsantrasyon Seydişehir ilçesinden alınan numunede ölçülürken en yüksek konsantrasyon Cihanbeyli ilçesinden alınan şebeke suyunda ölçülmüştür. Tüm

numunelerdeki flor konsantrasyonu izin verilen maksimum miktarı aşmamaktadır.

Bu dönemde klor konsantrasyonları 1.961 mg/L ile 104.6 mg/L aralığında değişmektedir. En düşük konsantrasyon Sarayönü şebeke suyunda, en yüksek konsantrasyon Karapınar ilçe suyunda ölçülmüştür.

Nitrat değerleri ise 0.227-30.12 mg/L arasında değişmektedir. En düşük konsantrasyon Beyşehir suyunda en yüksek konsantrasyon Cihanbeyli suyunda ölçülmüştür. Konya merkez arıtılmış şebekeye verilmeden önceki su, Konya merkez musluk suyu. Beyşehir ilçe suyu ve Seydişehir şebeke suları birinci sınıf su kalite sınıfına girerken; Kadınhanı, Karapınar, Sarayönü, Çumra, Güneysınır şebeke suları üçüncü sınıf kalite su sınıfındadır. Ilgın ve Cihanbeyli şebeke sularında ise nitrat konsantrasyonu çok yüksek olduğundan dördüncü sınıf kalite su sınıfında yer almaktadır.

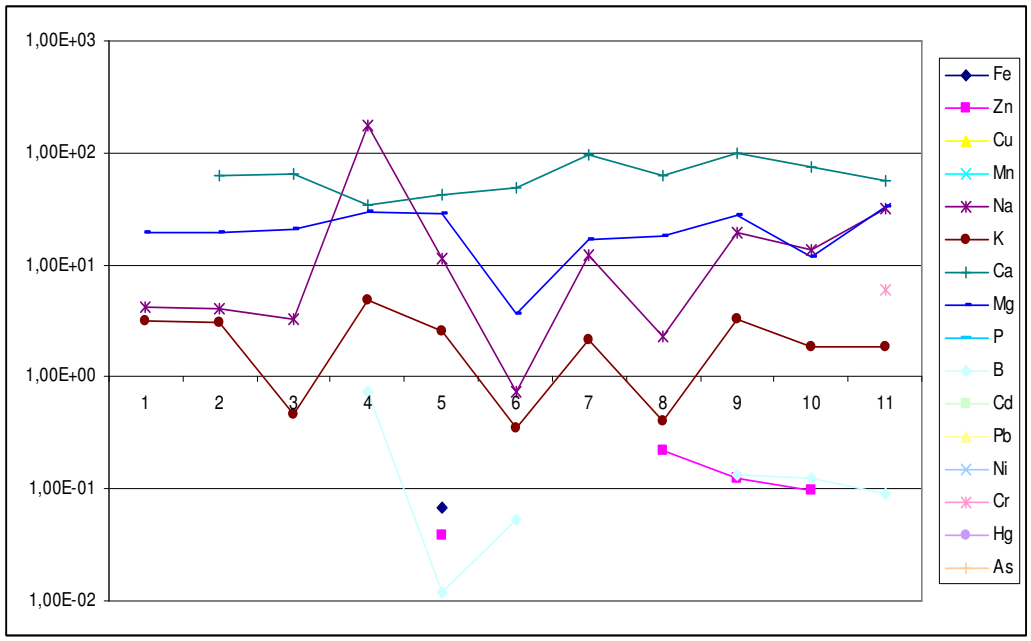
Nisan-Mayıs döneminde sülfat konsantrasyonları 2.866-188.5 mg/L arasındadır. En yüksek konsantrasyon Karapınar suyunda, en düşük konsantrasyon Seydişehir suyunda tayin edilmiştir. Bu dönemde 11 numunenin sülfat konsantrasyonu 200 mg/L' nin altında kaldığından birinci sınıf su kalite sınıfına girmektedir.

Sodyum konsantrasyonları 0.725-176.7 mg/L aralığındadır. Karapınar şebeke suyunda sodyum konsantrasyonu 125 mg/L değerinden büyük olduğundan ikinci sınıf su kalite sınıfına girmektedir. Diğer noktalardan alınan 10 numune ise birinci sınıf su kalite sınıfındadır.

Bu dönemde en yüksek potasyum konsantrasyonu Karapınar şebeke suyunda 4.9 mg/L olarak ölçülmüştür. En düşük değer ise Seydişehir ilçe suyunda 0.352 mg/L ölçülmüştür.

Kalsiyum konsantrasyonları, 33.8-97.65 mg/L aralığındadır. En yüksek değer Çumra şebeke suyunda, en düşük değer Karapınar şebeke suyunda ölçülmüştür. Magnezyum konsantrasyonu da en yüksek değer 32.49 mg/L ile Cihanbeyli şebeke suyunda, en düşük konsantrasyon ise Seydişehir ilçe suyunda 3.592 mg/L ölçülmüştür.

Bu dönemde demir, çinko, bakır, mangan konsantrayonlarına bakıldığında ise bir çok numunede bu metallerin tespit limitlerinin altında kaldığı gözükmektedir. Nisan-Mayıs döneminde Beyşehir suyunda hem demir hem de çinko tespit edilmiş olup konsantrasyon oldukça düşük olduğundan birinci sınıf su kalite sınıfına girmektedir. Sarayönü, Çumra ve Güneysınır sularında ise sadece çinko tespit edilmiştir. Burada Sarayönü şebeke suyunun çinko konsantrasyonu 0.2 mg/L değerini aştığından ikinci sınıf su kalite sınıfına düşmüştür. A Şekil 6.6'da tüm metal değerleri incelenmiştir.



Şekil 6.6. Nisan-Mayıs Dönemi Metal Değerleri

Grafikten de görüldüğü üzere Karapınar, Beyşehir, Seydişehir, Ilgın, Çumra, Güneysınır ve Cihanbeyli şebeke sularında bor tespit limitlerinin üstünde olup 1 mg/L' nin altında ölçüldüğünden birinci sınıf su kalite sınıfına girmektedir.

Diğer ağır metal konsantrasyonları bu dönemde yine tespit limitlerinin altında kalmıştır buda insan sağlığı açısından oldukça sevindiricidir. Ancak Cihanbeyli şebeke suyunda yine Cr ağır metali tespit edilmiş olup bir önceki döneme göre daha yüksek konsantrasyonda tesbit edilmiştir. Buda insan sağlığı açısından tehdit edici bir unsur oluşturmaktadır.

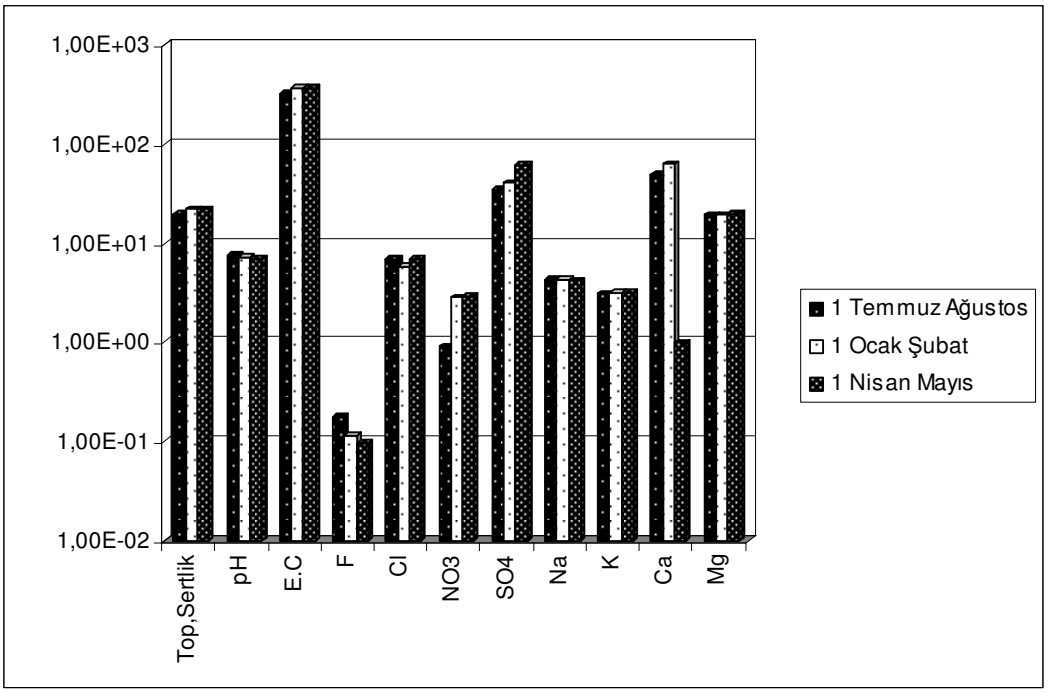
6.4. Sonuçların Mevsimsel Değerlendirilmesi

Bu bölümde Konya ilinin ve ilçelerinin şebeke sularının su kalite parametrelerinin mevsimsel olarak değişimi değerlendirilmiştir. Konya merkezden ve ilçelerinden Temmuz-Ağustos, Ocak-Şubat, Nisan-Mayıs dönemlerinde numuneler alınarak değerlendirme yapılmıştır.

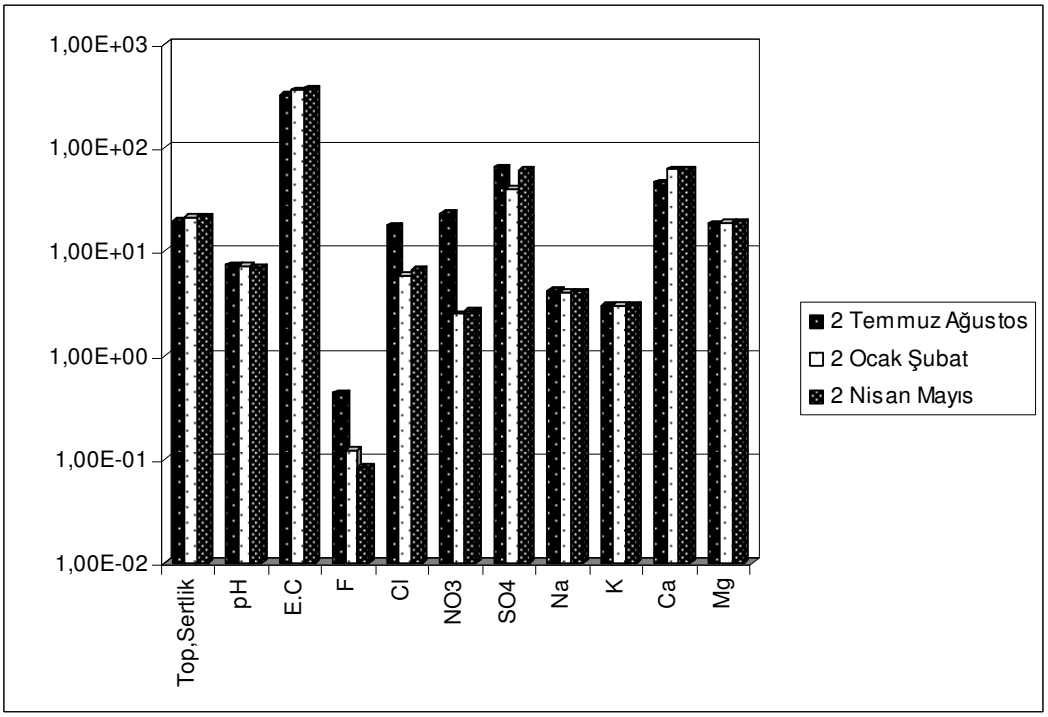
6.4.1 Konya Merkez ve Arıtılmış Şebekeye Verilmeden Önceki Su Numunelerinin Mevsimsel Değerlendirilmesi

Bu bölümde 3 dönem halinde yapılan analizlerin değerlendirilmesi yapılmıştır. Şekil 5.7 ve 5.8'de çubuk grafikle sonuçlar değerlendirilmiştir.

Toplam sertlik, pH, EC, sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum değerlerinde çok fazla mevsimsel bir değişim görülmemiştir. flor, klor, nitrat, sülfat değerleri mevsimsel olarak gözle görülür bir şekilde değişmiştir. En yüksek flor, klor ve nitrat değerleri Temmuz-Ağustos dönemindedir. Bu dönemde klor konsantrasyonunun yüksek olması sıcaklık nedeniyle sudaki mikroorganizmaların çoğalmasıyla klorlamanın daha fazla yapılmasıyla ilişkilendirilebilir. Yine bu dönemde florun ve nitratın yüksek olmasının nedeni ise yağışların oldukça az olmasıyla alakalıdır.



Şekil 6.7. Konya Merkez Çeşme Suyu Mevsimsel Değerlendirmesi



Şekil 6.8. Arıtılmış Şebekeye Verilmeden Önceki Su Numunesinin Mevsimsel Değerlendirmesi

Bu iki grafik karşılaştırıldığında hemen hemen bütün değerlerin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Özellikler ağır metal konsantrasyonlarında hiçbir değişim gözlenmemektedir. Buda borulardan herhangi bir kontaminasyonun olmadığını gösterir.

Diğer numune noktalarının grafikleri Ek 1' de verilmiştir.

7- SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde hızlı nüfus artışı ve sanayideki gelişmeler çevre kirliliğini önemli oranda artırmıştır. Bu hızlı artışın nüfus boyutu temiz su kullanımının ve artık maddelerin artmasına, sanayi boyutu ise çevrenin tüm elemanlarının (toprak, hava, su) daha fazla kirlenmesine neden olmaktadır. Şüphesiz nüfus ve sanayideki bu hızlı artış dünyadaki su sistemlerini doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla günümüzde su kirliliğinin kontrolü daha da önemli hale gelmiştir. Sulardaki metal kirliliği su kaynağının bulunduğu yerin jeolojik yapısından kaynaklanabileceği gibi o bölgedeki sanayi faaliyetleriyle de oluşabilir. Metallerin birçoğu canlı organizmalarda toksik etkiler oluşturmaktadır. Bu nedenle sulardaki metal düzeylerinin belli aralıklarla ölçülmesi önemli ve zorunlu hale gelmiştir.

Günümüzde içme suyu analizlerinin yapılmasında yerel yönetimlerin yeterince hassas ve bilinçli olmadığı görülmektedir. İlçelerde sağlık ocakları tarafından düzenli olarak alınan numunelerde mikrobiyolojik analizler yaptırılarak takip edilmektedir. Ancak çeşme sularındaki elementlerin analizleri ihmal edilmektedir.

7.1 Kullanılan Metodun (ICP-OES) Değerlendirilmesi

Son yıllarda yapılan çalışmalar ICP-OES'in Atomik Absorbsiyon spektrometresine göre bazı üstünlükleri olduğunu ortaya koymuştur (Yıldız ve Genç, 1993).

- Elde edilebilen yüksek sıcaklık nedeniyle, çok kararlı bileşikler bile, plazma sıcaklığında atomlarına ayrışırlar.

- Alevin kullanıldığı absorpsiyon ve emisyon spektroskopisi yöntemlerinde, oksijenin yüksek kısmi basıncı nedeniyle, toprak alkali metalleri, nadir toprak elementleri ve bor, silisyum oksit ve hidroksit radikaller oluşturan elementlerin analizinde duyarlılık düşüktür. Fakat argon gazı ile oluşturulan plazmada bu elementlerin atomlaştırılmasında böyle bir sorun yoktur.

- Plazmadaki yüksek elektron yoğunluğu, iyonlaşmayı büyük ölçüde engeller. Alev ve diğer atomlaştırıcılarda analiz elementinin iyonlaşması, önemli bir engelleme türüdür, çünkü iyonlaşan atomların emisyon ve absorpsiyon yaptıkları dalgaboyu değerleri, nötral haldeki atomların emisyon ve absorpsiyon dalgaboyu değerlerinden farklıdır.

- Atomlaştırma ve uyarma işlemlerinin inert bir kimyasal çevrede gerçekleşir.

- Atomik absorpsiyon yönteminde, spektrofotometrenin optimum koşullara ayarlanmasından sonra, örnekte bulunan tek bir elementin analizi yapılabilir. Atomik emisyon yöntemi ile aynı anda analizi mümkün olan tüm elementlerin kalitatif ve kantitatif tayinleri yapılabilir.

Yaklaşık 25 yıldır kullanılan plazma emisyon spektroskopisi metallerin nicel analizlerinde popüler bir teknik olmuş ve atomik absorpsiyonun yerine geçmiştir (Ewing, 1985).

7.2 Sonuçlar ve Öneriler

Sonuç olarak, bu çalışma ile Konya il ve ilçe merkezlerindeki nüfusun büyük bir kısmının kullandığı içme sularındaki, metal elementlerinin düzeyleri araştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda alınan numunelerdeki metal düzeylerinin Türk Standartları Enstitüsü tarafından belirlenen üst sınır değerlerinin altında olduğu görülmüştür. Ancak Temmuz-Ağustos döneminde Kadınhanı ilçe suyunda Nikel, yine Temmuz-Ağustos dönemi ve Nisan-Mayıs döneminde Cihanbeyli ilçe suyunda Krom düzeyinin Sağlık Bakanlığı, Avrupa Birliği ve Dünya Sağlık Örgütü'nce belirlenen sınır değerlere yakın olduğu görülmüştür.

Yukarıda adı geçen ağır metallerin insan sağlığına oldukça olumsuz etkileri söz konusudur. Özellikle Cihanbeyli şebeke suyunda Krom metali her dönemde tesbit edilmiş olup ve bilhassa yaz aylarında konsantrasyonu daha da yüksektir.

Bu sulara ters osmoz yöntemi ile filtrasyon uygulanarak ağır metal düzeyi azaltılabilir. Bu nedenle bu sulara ilçe şebekesine verilmeden önce ters osmoz yöntemi ile filtrasyon uygulanması önerilir.

Bu çalışmada, tesbit edilen önemli bir husus da, ilçe belediyelerinin içme sularındaki elementlerin analizinde gerekli önemi göstermemesidir. Aynı durumun tüm belde belediyelerinde geçerli olduğu bilinmektedir. KOSKİ'nin ise bu konuda çok daha titiz olduğu görülmektedir. Ağır metal analizlerini KOSKİ bünyesinde yapabilmek için ICP-OES cihazını satın almıştır. Böylece KOSKİ düzenli aralıklarla şehrin şebeke suyunun ağır metal analizini yapmaktadır. Bu konuda ilçe belediyelerinin de Selçuk Üniversitesi, TUBİTAK, KOSKİ ile işbirliğine gitmesi halk sağlığı açısından oldukça önemlidir. Bu konuda belediyeler ile ilgili kuruluşlar arasında sağlıklı işbirliği yapılması ve düzenli periyotlarda analizlerin gerçekleştirilmesi önerilir.

KAYNAKLAR

Aksoy M (2000) Beslenme Biyokimyası, Hatipoğlu Yayınevi, Ankara, 554-561

Algan G (2002) Konya Yöresi Sütlerinde Bazı Ağır Metallerin İncelenmesi, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 3.

Ateş S (2002) Farklı Dokulardaki Eser Elementlerin ICP Atomik Emisyon Spektrometresi ile Tayini, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.

Baysal A (1999) Beslenme, Hatipoğlu Yayınevi, Ankara, 131-147

Dökmeci İ (2001) Toksikoloji, Palme Yayıncılık, İstanbul, 333-370

Güler Ç ve Çobanoğlu Z (1994) Çevresel Etkilere Bağlı Olarak Ortaya Çıkan Hastalıklar, 1. Baskı, Sağlık Bakanlığı Sağlık Projesi Genel Müdürlüğü, Ankara, 22-31

Kaya S ve Akar F (1998) Metaller In 'Veteriner Hekimliğinde Toksikoloji' Ed. By Kaya S,

Pirinççi İ. ve Bilgili A, 119-143, 1. Baskı, Medisan Yayıncılık, Ankara

V. Foa, A. Colombi, M. MaronL M. Buratti, G. Calzaferri,Sci. Total Environ. 34 (1984) 241.

W. W.R. Cullen, K.J. Reimer, Chem. Rev. 89 (1989) 713.

R. Penrose, CRC Crit. Rev. Environ. Control 5 (1974)465.

J.P. Buchet and R. Lauwerys, in S. Facchetti (Editor),Analytical Techniques for Heavy Metals in Biological Fluids, Elsevier, Amsterdam, 1981, p. 75.

B.A. Fowler, Biological and Environmental Effects of Arsenic,Elsevier, Amsterdam, New York, 1983.

A. Leonard, in E. Merian (Editor), Metals and Their Compoundsin the Environment, VCH, Weinheim, New York, 1991, p. 751.

P. Thomas, K. Sniatecki, Fresenius J. Anal. Chem. 351(1995) 410.

E. Berman, Toxic Metals and Their Analysis, Heydon,London, 1980.

A.K. Mathur, S.V. Chandra, S.K. Tandon, Toxicology 8(1977) 53.

E.H. Larsen, G. Pritzl, S.H. Hansen, J. Anal. Atom. Spectrom.8 (1993) 1075.

B.S. Sheppard, J.A. Caruso, D.T. Heitkemper, K.A. Wolnik,Analyst 117 (1992) 971.

S. Branch, L. Ebdon, P. O'Neill, J. Anal. Atom. Spectrom. 9(1994) 33.

Y. Inoue, K. Kawabata, H. Takahashi, G. Endo, J. Chromatogr.A 675 (1994) 149.

P. Ter~isahde, M. Pantsar-Kallio, P.K.G. Manninen, J. Chromatogr.A 750 (1996) 83.

D. Beauchemin, K.W.M. Siu, J.W. McLaren, S.S. Berman, J.Anal. Atom. Spectrom. 4 (1989)

N. Jakubowski, B. Jepkens, D. Stuewer, H. Berndt, J. Anal.Atom. Spectrom. 9 (1994) 193.

R. Roehl, M.M. Alforque, Atom. Spectrosc. 11 (1990) 210.

M. Pantsar-Kallio, P.K.G. Manninen, Anal. Chim. Acta 318(1996) 335-343.

J. Lintschinger, K. Kalcher, W. G6ssler, G. K61bl, M. Novic,Fresenius J. Anal. Chem. 351 (1995) 604.

Greenberg AE, Clesceri LS, Eaton AD. Standards Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th Edition. APHA, AWWA, WEF, 1992.

RUBINSON, K.A., RUBINSON, J.F., "Contemporary Instrumental Analysis", Prentice-Hall, 2000.

HUNT, D.T.E., WILSON, A.L., "The Chemical Analysis of Water", 2nd Ed., The Royal Society of Chemistry, 1986.

BROWN, K.L., "Environmental Aspects of Geothermal Development", Pre-Congress Courses, Pisa-Italy, 18-20 May 1995.

EPA, Health Assessment Document for Hydrogen Sulfide, EPA/600/8-86/026A, U.S. Environmental Protection Agency, Washington DC, 1986.

NRCC, Hydrogen Sulfide in the Atmospheric Environment, No.18467, National Research Council Canada, Ottawa Canada, 1981.

GIESE, L.B., "Applied Sciences in Geothermal Energy", Kurs Notları, İYTE, İzmir, 2001.

SKOOG, D.A., HOLLER, F.J., NIEMAN, T.A., "Principles of Instrumental Analysis", 5th Ed., Harcourt Brake College Publishers, 1998.

WILLARD, H.H., MERRITT, Jr., L.L., DEAN, J.A., SETTLE, Jr., F.A., "Instrumental Methods of Analysis", 7th Ed., Wadsworth Publishing Company, 1988.

WELZ, B., SPERLING, M., "Atomic Absorption Spectrometry", 3rd Ed., Wiley-VCH Verlag, 1999.

HASWELL, S.J. (Editor), "Atomic Absorption Spectrometry – Theory, Design and Applications", Elsevier Science Publishers B.V., 1991

EBDON, L., EVANS, E.H., FISHER, A., HILL, S.J., "An Introduction to Analytical Atomic Spectrometry", John Wiley and Sons, Ltd., 1998.

DEAN, J.R., "Atomic Absorption and Plasma Spectroscopy", 2nd Ed., John Wiley and Sons, 1998.

JENNISS, S.W., KATZ, S.A., LYNCH, R.W.,"Applications of Atomic Spectrometry To Regulatory Compliance Monitoring", 2nd Ed., Wiley-VCH, Inc., 1997.

MONTASER, A., GOLIGHTLY, D.W. (Eds), "Inductively Coupled Plasmas in Analytical Atomic Spectrometry", 2nd Ed., VCH Publishers, Inc., 1992.

WHITE, D.E., "Magmatic, connate and metmorphic waters", Bull. Geol. Soc.Amer., 68, 1659-1682, 1957.

MAHON, W.A.J., "Silica in hot water discharged from drillholes at Wairekei, New Zealand", N.Z.J.Sci., 10, 206-221, 1966.

WHITE, D.E., "Geochemistry applied to the discovery, evaulation and exploitations Of geothermal energy resources", Geothermics, Special Issue 2,1, 58-60,1970.

TRUESDELL, A.H., "Summary of Section III. Geochemical technics in exploration. Proc. 2 nd. UN Syposium on the Development and Use of Geothermal Resources", San Fransisco, 1975, 1, 837-844, 1976.

FOURNIER, R.O., "Chemical geothermometers and mixing models for geothermal systems", Geothermics, 5, 41-50, 1977.

FOULLIAC, C., MICHARD, G., "Sodium/lithium ratio in water applied to geothermometry

Özdemir İ (1981) Genel Anorganik ve Temel Kimya, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul, 506.

Resmi Gazete (2005) İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, Tarih: 17.02.2005, Sayı:25730.

Samsunlu A (1999) Çevre Mühendisliği Kimyası, Sam- Çevre Teknolojileri Yayınları, 4. Baskı, İstanbul, 373.

Soylak M ve Doğan M (2000) Su kimyası, Erciyes Üniversitesi Yayınları Yayın No: 120, Kayseri, 79-83

TSE-Türk Standartları Enstitüsü (2005) İçme ve Kullanma Suları Standartları, Türk Standartları Enstitüsü

WHO 2003. Background Document for Preparation of WHO Guidelines for Driking Water Quality. Genova, World Health Organization

Yalçın H ve Gürü M (2002) Su Teknolojisi, Palme yayıncılık, Ankara, 2, 384.

Yıldız M ve Genç Ö (1993) Enstümental Analiz, Hacettepe Üniversitesi Yayınları A-64, Ankara, 205-215

WHO EURO- World Health Organization Regional Office for Europe (2001) Lead In:Air Quality Guidelines- Second Edition, Chapter 6.7, Copenhagen, Denmark, 10.

Güler Ç (1997) ''Su Kirliliği'', Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No: 43 T.C. Sağlık Bakanlığı, Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü, T.C. Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara

Gündüz, T (1994) ''Çevre Sorunları'', Bilge Yayıncılık, Ankara

Akman Y, Ketenoğlu O, Everen H, Kurt L ve Düzenli S (2000) Su Kirliliği, Palme Yayıncılık Ankara, 168

Aksoy M (1984) Beslenme ve Kanser, Çağ Matbaası, Ankara, 54-58

Baysal A (2000) Genel Beslenme, 10. Baskı, Hatipoğlu Yayınevi, Ankara, 45-50

Belce A (2002) Mineraller, In ''İnsan Biyokimyası'' Ed. By Onat T, Emerk k ve Sözmen EY, 529-537, Palme Yayıncılık, Ankara.

Bradshaw MH and Powell GM (2000) Understanding Your Water Test Report, Kansas State University, January 2000,7

Burgaz S (2000) Ağır Metal Zehirlenmeleri ve Kullanılan Antidotlar, In ''Farmakoloji Ders Kitabı'' Ed. By Bökesoy A, Çakıcı İ ve Melli M, 105, Gazi Kitabevi, Ankara

Eti K (2002) Hızlı Kentleşme Sürecinde Su-Atıksu Hizmetlerinde Özel Sektörün Yeri, Çevre ve İnsan Dergisi, Ankara, 54,28.

Fifield FW and Haines PJ (1995) Enviromental Analytical Chemistry, Blackie Academic& Professionel, London, 337-339.

İrez G (2002) Temel Kimya-I, Muğla Üniversitesi Yayınları, Muğla, 24

Liu DHF, Liptak BG and Bouis PA (1997) Enviromental Engineer's Handbook, Second Edition, Lewis Publishers, New York, 214-222.

Mutluay H ve Demirak A (1996) Su Kimyası, Beta Basım A.Ş. Yayın No: 624, İstanbul, 73-74.

Yaşar H ve Melek S (2000) Elementlerin Bilimsel ve Teknolojik Özellikleri, Pelin Ofset, Ankara, 10-112.

Şanlı Y (2002) Veteriner Klinik Toksikoloji, Mesipres Yayıncılık, 2. Baskı, Ankara, 744-751 Purves D Trace Element Contamination of the Enviroment, Amsterdam, Elsevier,

Bayraktar N, Gökçe R, Ergün Ö (1998) Gıdalarda Nitrat Nitrit Kalıntıları ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri, Yüzüncü Yıl Üniv. Sağlık Bil. Der.

Bassir O, Maduagwu EN (1978) Occurence of Nitrate, Nitrite Dimethylamine and Dimethylnitrosamines in Some Fertilized Nigerian Beverages J. Agric Food Chem (26)1:200-203

Waalkes MP, Anver MR, Diwan BA,(1999) Chronic Toxic and Carcinogenic Effects of Oral Cadmium the Noble Rat: İnduction of Neoplastic and Poliferative Lesions of the Adrenals, Kidney, Prostate and Tests J Toxicol Environ Health, 58, 199-214 The Fitness for Pourpose of Analytical Methods -A Laboratory Guide to Method

Altıntaş, Ö. 2004. ‘’Sulardan Nitrat İyonunun Uzaklaştırılması’’, Yüksek Lisans Semineri, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Konya

Çengeloğlu, Y., Kır, E., Ersöz, M., 2002. ‘’Removal of Florude From Aqueous Solution by Using Red Mud’’. Seperation and Purification Technology, 28, 81-86

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 31 Aralık 2004 Tarihli ve 25687 Sayılı Çevre Kanunu ile Çıkarılmış Olan Yönetmelik

TSE- Türk Standartları Enstitüsü (1997) İçme ve Kullanma Suları Standartları, Türk Standartları Enstitüsü.

WHO- World Health Organization (1996) Health Criteria and Other İnformation İn: Guidelines for Driking- Water Quality, Vol.:2, Geneva, 136-271

Mortimer CE (1999) Modern Üniversite Kimyası, Cilt 2, Çev: Altınata T (Ed), Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 271-274.

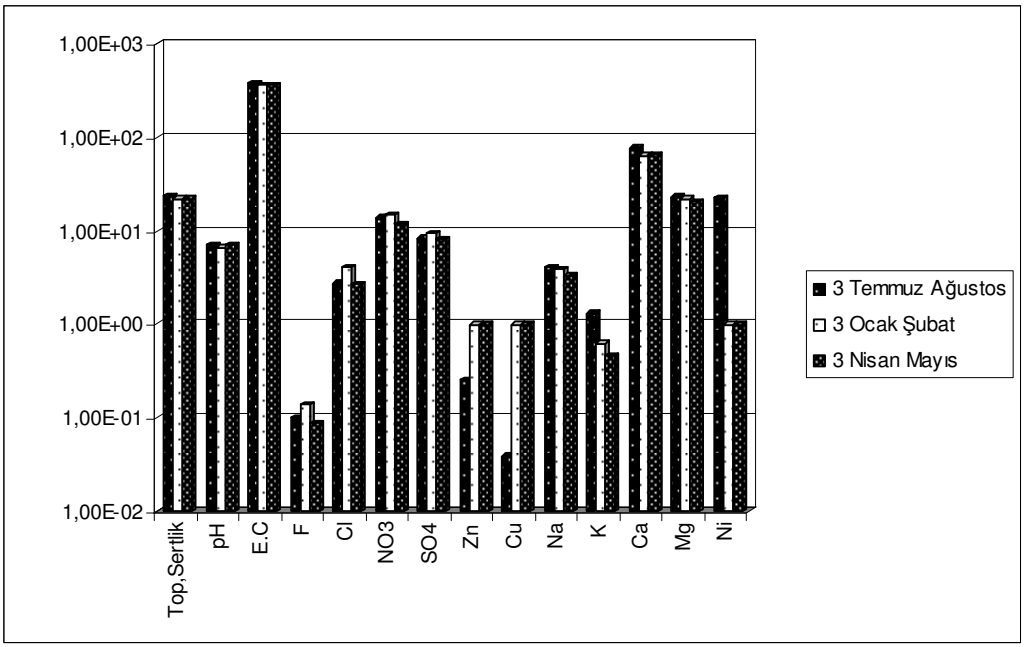
Menzer RE and Nelson JO (1986) Water and Soil Pollutants in ‘’Casarett and Doull’s Toxicology’’ Ed. By Klaassen CD, Amdur MO and Doull J, Chapter 26, 842, Third Edition, USA.

Yensan M (1995) İnsan Biyokimyası, Güneş Kitabevi, Genişletilmiş 7. Baskı, Ankara, 644-646

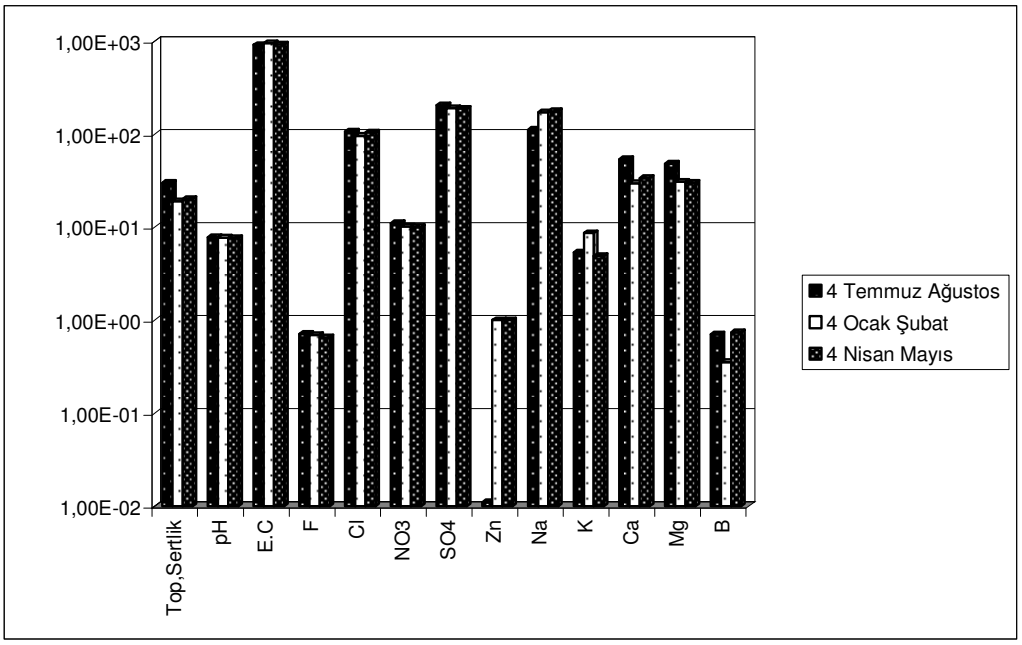
Ewing GW (1985) Instrumental Methods of Chemical Analysis, Fifth Edition, Mc Graw Hill Book Company, New York, Chapter 9, 160-177

EK A

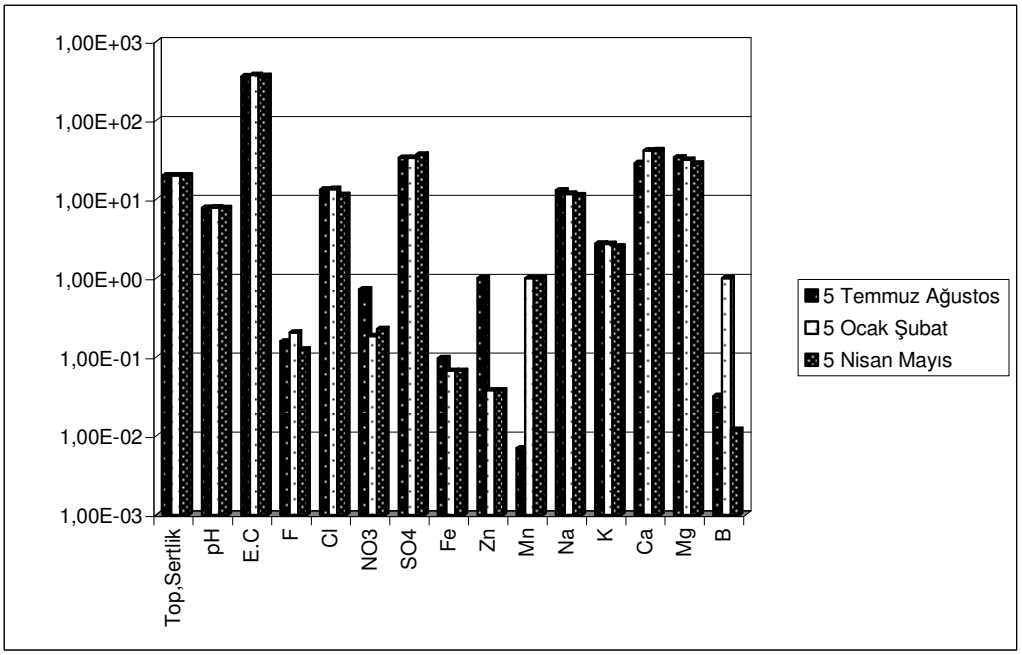
Analiz sonuçlarının her bir numune noktası için mevsimsel olarak değişim grafikleri aşağıda verilmiştir.



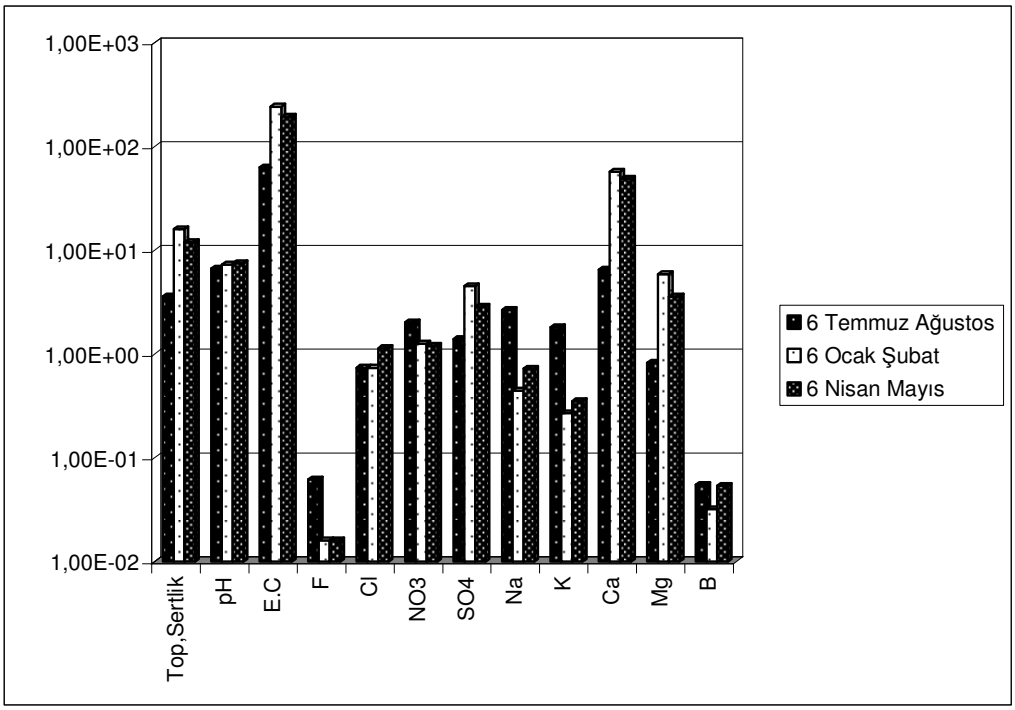
Şekil A.1.3 nolu numune noktası (Kadınhanı şebeke suyu) kimyasal ve fiziksel analiz sonuçlarının mevsimsel değerlendirme grafiği



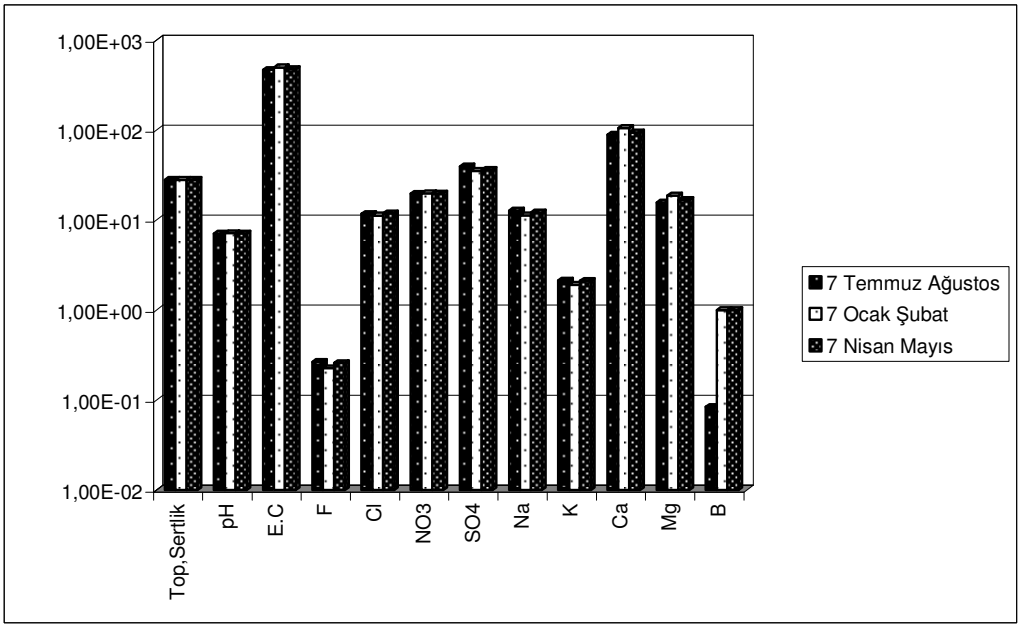
Şekil A.2 . 4 nolu numune noktası (Karapınar şebeke suyu) kimyasal ve fiziksel analiz sonuçlarının mevsimsel değerlendirme grafiği



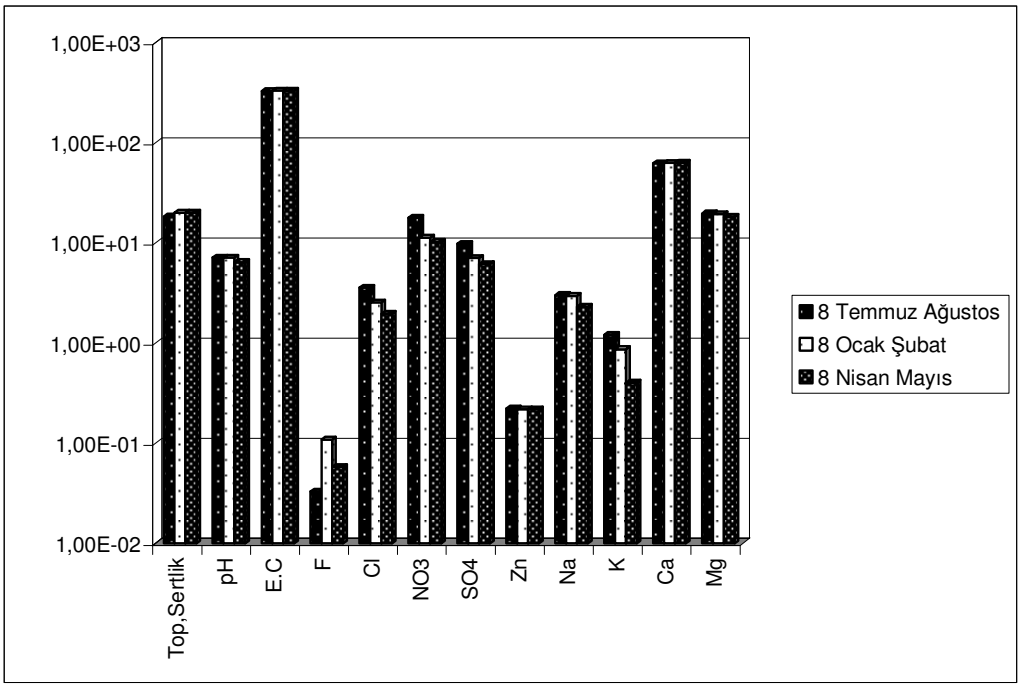
Şekil A.3. 5 nolu numune noktası (Beyşehir şebeke suyu) kimyasal ve fiziksel analiz sonuçlarının mevsimsel değerlendirme grafiği



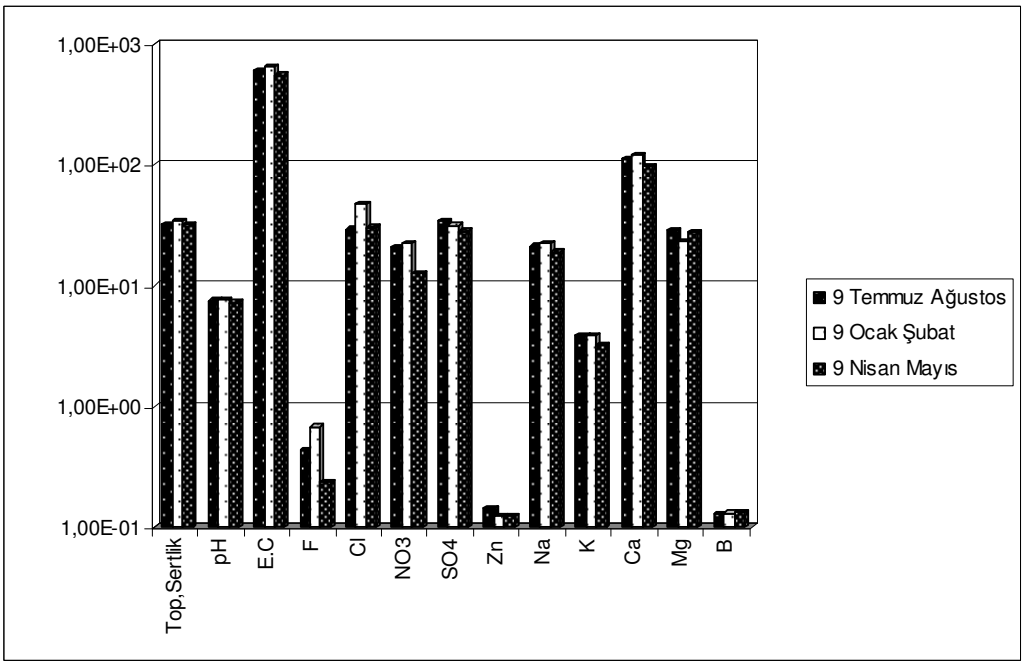
Şekil A.4. 6 nolu numune noktası (Seydişehir şebeke suyu) kimyasal ve fiziksel analiz sonuçlarının mevsimsel değerlendirme grafiği



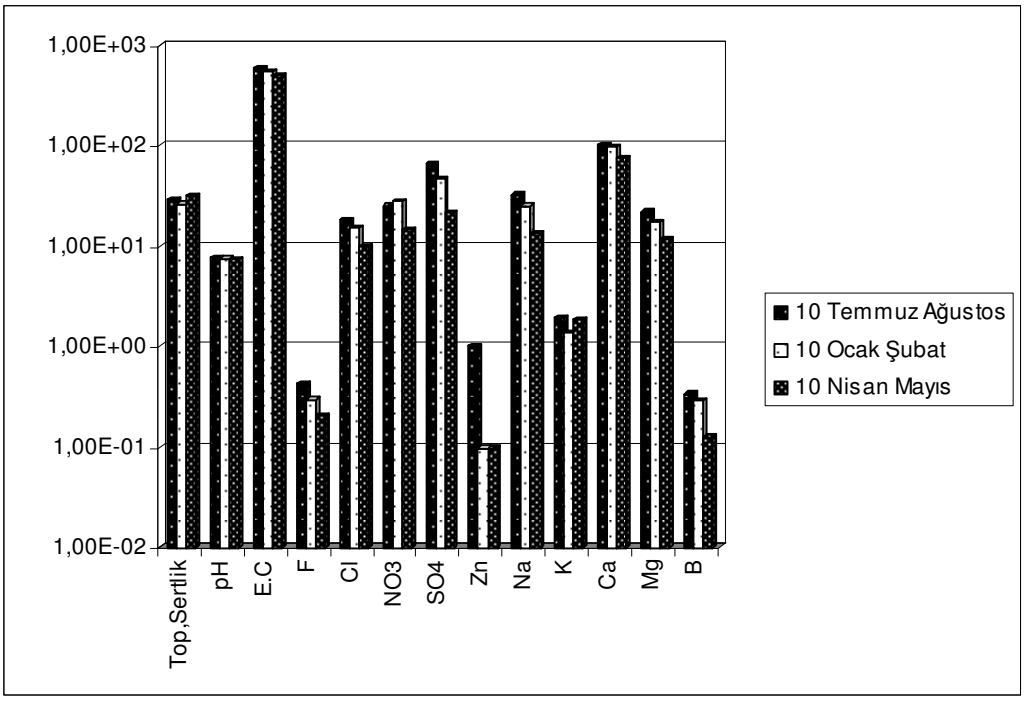
Şekil A.5. 7 nolu numune noktası (Ilgın şebeke suyu) kimyasal ve fiziksel analiz sonuçlarının mevsimsel değerlendirme grafiği



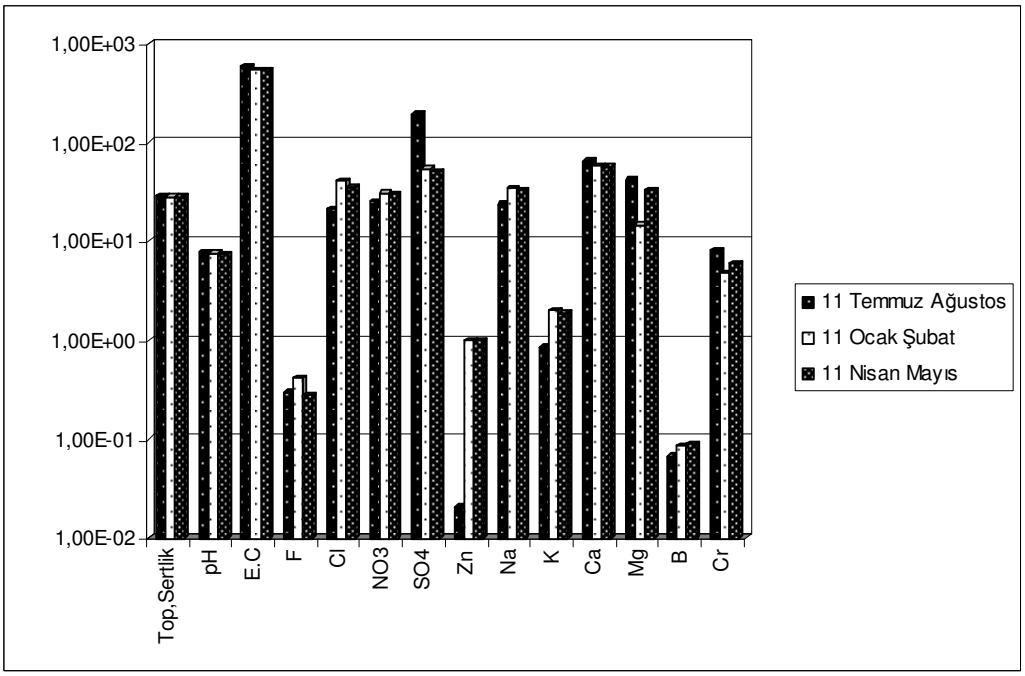
Şekil A.6. 8 nolu numune noktası (Sarayönü şebeke suyu) kimyasal ve fiziksel analiz sonuçlarının mevsimsel değerlendirme grafiği



Şekil A.7. 9 nolu numune noktası (Çumra şebeke suyu) kimyasal ve fiziksel analiz sonuçlarının mevsimsel değerlendirme grafiği



Şekil A.8. 10 nolu numune noktası (Güneysınır şebeke suyu) kimyasal ve fiziksel analiz sonuçlarının mevsimsel değerlendirme grafiği



Şekil A.9. 11 nolu numune noktası (Cihanbeyli şebeke suyu) kimyasal ve fiziksel analiz sonuçlarının mevsimsel değerlendirme grafiği

EK B

Tanımlama Limiti (LOD)

Tanımlama limiti, örnekte sinyal olarak okunabilen, fakat kesin olarak miktarı belirlenemeyen en düşük konsantrasyondur. LOD hesaplamasında standart ilave edilmiş numunenin en az 6 kez tekrarlanması ve analiti çok düşük düzeyde içeren örneğin tekrarlı analizleri sonunda birleşik standart sapma (Sd) hesaplandıktan sonra LOD hesaplanır (EUROCHEM).

$$LOD = t_{1-\alpha;n-1} x\ Sd$$

$t_{1-\alpha;n-1}$: % 99 olasılık ve n-1 için t dağılım yüzdesi
Sd : Birleşik Standart Sapma
LOD : Tayin sınırı