

T.C.
KAFKAS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI

KARS İÇME SULARININ FİZİKOKİMYASAL VE
MİKROBİYOLOJİK YÖNDEN İNCELENMESİ

Koray ÖZDEMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Doç. Dr. Muhitdin YILMAZ

HAZİRAN-2015

KARS

Bu tez çalışması 2014-FEF-36 numaralı proje ile Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

T.C.
KAFKAS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI

**KARS İÇME SULARININ FİZİKOKİMYASAL VE
MİKROBİYOLOJİK YÖNDEN İNCELENMESİ**

Koray ÖZDEMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Muhitdin YILMAZ

HAZİRAN-2015

KARS

T.C Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Koray ÖZDEMİR' in Doç. Dr. Muhitdin YILMAZ' ın danışmanlığında yüksek lisans tezi olarak hazırladığı “Kars İçme Sularının Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Yönden İncelenmesi ” adlı bu çalışma, yapılan tez savunması sınavı sonunda jüri tarafından Lisansüstü Eğitim Yönetmeliği uyarınca değerlendirilerek oy birliği.....ile kabul edilmiştir.

09 / 06 /2015

Adı ve Soyadı
Başkan : Doç. Dr. Muhitdin YILMAZ
Üye : Yrd. Doç. Dr. Yusuf ERSAN
Üye : Yrd. Doç. Dr. Evren KOÇ

imza

.....
.....
.....

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun/....../2015 gün ve/
.....sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof.Dr.Hidayet Metin ERDOĞAN

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Bu çalışmada bana desteklerini esirgemeyen, yürütülmesinde büyük sabır gösteren, her aşamasında emeği geçen değerli hocam, danışmanım Doç. Dr. Muhitdin YILMAZ'a teşekkür ederim.

Çalışmamın fizikokimyasal aşamasında yardımlarını esirgemeyen ve yol gösteren Prof. Dr. Mahmut KARAPEHLİVAN'a ve Araş. Gör. Abdulsamed KÜKÜRT'e teşekkür ederim. Sahada ve numunelerin toplanmasında beni yalnız bırakmayan değerli meslektaşım Sinan KORKMAZ'a teşekkür ederim. Ardahan Halk Sağlığı Laboratuvar çalışanlarına ve Laboratuvar Müdürü Sayın Kurtuluş US'a katkılarından dolayı teşekkür ederim. Tez çalışmam boyunca sevgi, anlayış ve sabırla destek olan sevgili eşim Yrd. Doç. Dr. Funda KARDAŞ ÖZDEMİR'e oğullarım Ufkun Doğu ve Asrın Uras'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	V
ÖZET.....	viii
ABSTRACT	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
RESİMLER DİZİNİ	xii
TABLolar DİZİNİ	xiii
1.GİRİŞ	1
2.GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Sudan Kaynaklanan Riskler	4
2.1.1. Kısa Vadeli Riskler	4
2.1.2. Orta Vadeli Riskler	4
2.1.3. Uzun Vadeli Riskler	4
2.2. Suyun Fizikokimyasal Özellikleri.....	4
2.2.1. Sıcaklık.....	4
2.2.2. Tat ve Koku.....	5
2.2.3. Renk	5
2.2.4. İletkenlik	5
2.2.5. Suyun pH Değeri.....	5
2.2.6. Nitrat ve Nitrit.....	6
2.2.7. Demir	6
2.2.8. Kalsiyum	7
2.2.9. Magnezyum.....	7
2.2.10. Sertlik	8
2.3. Suda Mikrobiyolojik Üreme	8
2.4. Mikrobiyolojik Kirlenme	9
2.5. İndikatör (Gösterge) Mikroorganizmalar	9
2.5.1 Total Koliform, Fekal (Termotoleran) Koliform ve <i>E.coli</i>	10
2.5.2 Fekal (İntestinal) Enterokoklar	11

2.5.3. Sülfite Redükte Eden Sporlu Anaerob Clostridiumlar.....	12
2.5.4. <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	12
2.6. Su Numunesi Alınması ve Taşınması	13
2.6.1. Numune Alınması	13
2.6.2. Kimyasal Su Numunesi Alınmasında Dikkat Edilecek Noktalar	14
2.6.3. Mikrobiyolojik Su Numunesi Alınmasında Dikkat Edilecek Noktalar	14
2.6.4. Numunelerin Taşınması	14
2.6.5. Mikrobiyolojik Çalışmalarda Seyreltilerin Hazırlanması ve Membran Filtrasyon Yöntemi.....	15
3. MATERYAL VE METOT	16
3.1. Araştırma Alanı.....	16
3.2. Araştırmada Kullanılan Cihaz ve Malzemeler	17
3.3. Mikrobiyolojik Analizler	19
3.3.1. <i>E.coli</i> ve Koliform Bakterilerin Araştırılması.....	19
3.3.1.1. Oksidaz Testi.....	19
3.3.1.2. β -Glukuronidaz ve İndol Testi:	20
3.3.2. Bağırsak Enterokoklarının Araştırılması.....	20
3.3.3. Sülfite İndirgeyen Anaerob Bakteri (Clostridia) Sporlarının Araştırılması.....	21
3.3.4. <i>Clostridium perfringens</i> Araştırılması	21
3.3.5. <i>Pseudomonas aeruginosa</i> Araştırılması.....	22
3.3.5.1. Oksidaz Testi.....	23
3.3.5.2. Amonyak Testi	23
3.3.5.3. King B Agar'da Floresan Testi	23
3.4. Fizikokimyasal Analizler	23
3.4.1. Renk, Koku ve Tat	23
3.4.2. pH ve Elektriksel İletkenlik	24
3.4.3. Demir	24
3.4.4. Nitrat	24
3.4.5. Nitrit	24
3.4.6. Kalsiyum ve Toplam Sertlik Analizi	25
3.4.7. Magnezyum.....	25
3.5. İstatistiksel Analizler.....	26

4. BULGULAR	27
5.TARTIŞMA VE SONUÇ.....	41
6.KAYNAKLAR	45
7.ÖZGEÇMİŞ.....	48

ÖZET

Bu çalışmada, Kars ili, içme suları mikrobiyolojik ve fizikokimyasal kirlilik bakımından incelendi. Çalışma, 1 Kasım 2014 ile 30 Nisan 2015 tarihleri arasında yapıldı. Araştırma alanı için 20 istasyon belirlendi. Su numuneleri alındı. Mikrobiyolojik su örneklerinde, koliform, *E.coli*, *C.perfinges*, ve sülfid redükte eden anaeroplara, gibi mikrobiyolojik değişkenler incelendi. Fizikokimyasal açıdan renk, koku, tat, pH, elektriksel iletkenlik, nitrat, nitrit kalsiyum gibi değişkenler analiz edildi. Analiz edilen örneklerde Mart-Nisan aylarında mikrobiyal kirlenme ve nitrat düzeyinde artış olduğu, 9 istasyonda mikrobiyolojik kirlilik saptandı. Depo ve şebeke sularında uzun süre kirlilik indikatörü olan *C.perfinges*'e 4 istasyonda rastlandı. Enterekoklar 8 istasyonda, sülfid indirgeyen anaeroplara 2 istasyonda ve *P.aureginosa* 2 istasyonda tespit edildi. Sonuç olarak Kars ilindeki suların Sağlık Bakanlığı tarafından yayınlanmış olan insani tüketim amaçlı sular hakkında yönetmeliğe ve uluslararası normlara uygun olduğu belirlendi.

Anahtar sözcükler: Kars, Mikrobiyolojik, Fizikokimyasal, İçme suyu, Koliform

ABSTRACT

This study was investigated the microbiological and physicochemical pollution levels drinking water in Kars province. The study was conducted between November 1, 2014 and April 30, 2015. 20 stations in the study area were identified. Water samples were taken. In microbiological water samples, such variables coliform, *E. coli*, *C. perfringens*, and sulphide-reducing anaerobes were examined, Physico-chemical aspects such as color, odor, taste, pH, electrical conductivity, calcium, nitrate and nitrite were analyzed. In the analyzed samples in March-April, an increase of microbial contamination can be seen these months in which an increase in nitrate levels and microbiological contamination were detected in 9 station. *C. perfringens* which long-term contamination indicator in tank and water mains have been found in 4 station. It was determined that enterococcus were 8 stations, sulphide-reducing anaerobes were 2 stations and *P. aeruginosa* was 2 stations. According to the results of this analysis, waters in Kars province were determined that according to the regulations on water intended for human consumption published by the Ministry of Health and international norms.

Keywords: Kars, Microbiological, Physicochemical, Drinking water, Coliform

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

°C	:Santigrat derece
°Fr	:Fransız Sertlik Derecesi
µg/L	:Mikrogram/Litre
CO ₂	:Karbondiyoksit
nm	:Nanometre
µl	:Mikrolitre
µm	:Mikromilimetre
µS/cm	:Mikrosimens
CaCO ₃	:Kalsiyum Karbonat
Cl	:Klorür
CO ₃	:Karbonat
g	:Gram
HCl	:Hidroklorik Asit
HCO ₃	:Bikarbonat
mg/L	:Miligram/Litre
mL	:Mililitre
OH	:Hidroksit
Fe	:Demir
NaCl	:Sodyum Klorür
VaCl ₃	:Vanadyum Klorür
%	:Yüzde
KOB	:Koloni Oluşturan Birim
m-CP	:Membrane <i>Clostridium Perfringens</i>
TSA	:Tryptik Soy Agar
MUG	: 4-methylumbelliferyl-b-d-glucuronide
TTC	: Triphenyl tetrazolium chloride
EPA	: ABD Çevre Koruma Ajansı
UV	: Ultraviyole
WGS84	: Küresel Konumlama Dizgesi

WHO : Dünya Sağlık Örgütü

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1. Aylara göre Ph değişim grafiği.....	34
Şekil 4.2. Aylara göre iletkenlik değişim grafiği.....	34
Şekil 4.3. Aylara göre nitrat değişim grafiği	35
Şekil 4.4. Aylara göre nitrit değişim grafiği	35
Şekil 4.5. Aylara göre demir değişim grafiği.....	36
Şekil 4.6. Aylara göre kalsiyum değişim grafiği	36
Şekil 4.7. Aylara göre magnezyum değişim grafiği	37
Şekil 4.8. Aylara göre sertlik değişim grafiği	37
Şekil 4.9. Aylara göre koliform değişim grafiği	38
Şekil 4.10. Aylara göre <i>E.coli</i> değişim grafiği.....	38
Şekil 4.11. Aylara göre enterokok değişim grafiği	39
Şekil 4.12. Aylara göre <i>P.aureginosa</i> değişim grafiği	39
Şekil 4.13. Aylara göre <i>C.perfinges</i> değişim grafiği	40
Şekil 4.14. Aylara göre sülfid indirgeyen anaeroplara değişim grafiği.....	40

RESİMLER DİZİNİ

Resim 2.1 Demir boru yüzeyinde kırmızı kahverengi lekeler ve CaCO_3	7
Resim 3.1. Kars ili haritası	16
Resim 3.2. Tergitol agarda üreyen <i>E.coli</i> kolonileri.....	19
Resim 3.3 Kovacs reaktifinin damlatılmasıyla kırmızı renkli halka oluşumu.....	20
Resim 3.4. Slanetz-Bartley agarda üreyen entrekok kolonileri	21
Resim 3.5. M-CP agarda üreyen <i>C.perfringens</i> kolonileri	22
Resim 3.6. Ceftrimid agarda üreyen <i>Pseudomonas aeruginosa</i> kolonileri.....	23

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Suların sertlik derecesine göre sınıflandırılması	8
Tablo 2.2 Ulusal ve uluslararası standartlar.	13
Tablo 3.1 Su örneklerinin alındığı istasyonlar	17
Tablo 3.2. Demir için çözelti tablosu	24
Tablo 3.3. Nitrat için çözelti tablosu	24
Tablo 3.4. Nitrit için çözelti tablosu.....	25
Tablo 4.1. Alınan su örneklerinin minimum, maksimum ve ortalama değerleri	27
Tablo 4.2. Kasım ayı istasyonlardan alınan su örneklerinin mikrobiyolojik değerleri ..	28
Tablo 4.3. Aralık ayı istasyonlardan alınan su örneklerinin mikrobiyolojik değerleri ..	28
Tablo 4.4. Ocak ayı istasyonlardan alınan su örneklerinin mikrobiyolojik değerleri	29
Tablo 4.5. Şubat ayı istasyonlardan alınan su örneklerinin mikrobiyolojik değerleri....	29
Tablo 4.6. Mart ayı istasyonlardan alınan su örneklerinin mikrobiyolojik değerleri.....	30
Tablo 4.7. Nisan ayı istasyonlardan alınan su örneklerinin mikrobiyolojik değerleri ...	30
Tablo 4.8. Kasım ayı istasyonlardan alınan su örneklerinin fizikokimyasal değerleri ..	31
Tablo 4.9. Aralık ayı istasyonlardan alınan su örneklerinin fizikokimyasal değerleri...	31
Tablo 4.10. Ocak ayı istasyonlardan alınan su örneklerinin fizikokimyasal değerleri ..	32
Tablo 4.11. Şubat ayı istasyonlardan alınan su örneklerinin fizikokimyasal değerleri..	32
Tablo 4.12. Mart ayı istasyonlardan alınan su örneklerinin fizikokimyasal değerleri ...	33
Tablo 4.13. Nisan ayı istasyonlardan alınan su örneklerinin fizikokimyasal değerleri..	33

1.GİRİŞ

Yeryüzündeki tabii kaynakların en önemlilerinden biri olan su canlı hayatının devamını sağlamada temel unsurdur [1]. Dünyada ve ülkemizde temiz suların önemi her geçen gün artmaktadır. Suyun tabii dengesinin bozunumu su kirliliği kavramı ile açıklanmakta ve kabul görmektedir. İçme sularının niteliğinin önem kazanmasında kadar göllerin, akarsuların ve denizlerdeki suyun kalitesi de bütün canlıları etkileyebilecek önemli değişkenler arasında ayrı bir öneme sahiptir. Su niteliğini, suda bulunan gazlar askıda ki katı maddeler ve çözünmüş olan ya da çözünenler ile yüzen maddeler rol alır. Suyun içilebilir olmasında insan etkinliklerinin fizikokimyasal durumunda değişikliklere uğradığı göz ardı edilmemelidir [2]. İçme suyunun niteliği insan fizyolojisi ve insan dayanıklılığı için büyük bir öneme sahiptir [3]. Belli başlı tüketim alanları, endüstri, tarım alanları ve evsel kullanım için tüketilen su, kentleşme, insan popülasyonundaki artış, endüstriyel-evsel ve tarımsal atıkların arıtım prosedürü gerçekleştirilmeden sulara karışması ile sularda büyük bir kirlenme oluşmaktadır [4]. Atık sular, büyük oranda ve büyük çeşitlilikte, insan popülasyonu için sağlığa zararlı etki yapabilen patojen mikroorganizmalar içerir. Şebeke suyu dağıtım sistemlerine genelde herhangi bir noktadan (çatlak, kırık, ek yeri, vb.) mikroorganizmaların karıştığı bilinmektedir [5]. Suda bulunan inorganik ve organik maddeler mikroorganizmalar için besin teşkil etmekte ve bu nedenle mikroorganizmaların üremesine ve çoğalmasına neden olmaktadır [6]. Suda bulunan mikroorganizmalar sistemde transport edilirken boruların iç yüzeylerine yapışarak üremeye ve çoğalmaya başlarlar. Mikroorganizmaların depo ve boru yüzeylerine yapışarak ortamdaki besini kullanıp, üreyerek meydana getirdiği katmana “biyofilm” adı verilir. Biyofilm katmanı, mikroorganizmaları bulundukları ortamda kendileri için zararlı etkenlere karşı korumakta ve onlara yarar sağlamaktadır [6,7]. Biyofilm katmanında üreyen ve çoğalan bu mikroorganizmalar belirli bir süre sonra yüzeyden sıyrılarak sudaki mikroorganizma sayısında artışına ve suyun içme ve kullanma niteliğinin bozulmasına sebep olur [6-8].

WHO, güvenli su kavramını sağlık açısından bir risk taşımayan, kapsayıcı ve sürekli ulaşılabilir ve satın alınılabilir olarak tanımlamıştır [9,10]. İçme suyu temininin mikrobiyolojik yönden sağlıklı bir şekilde tüketiminin sağlanması için toplanmasından tüketimine kadar içme suyunun kontaminasyonunun önlenmesi veya kontaminasyonun

sağlığa zarar vermeyecek seviyeye indirilmesi, çoklu bariyer sistemlerinin kullanılmasına bağlıdır [11].

Su kaynaklarının ve işlenmiş su kalitesinin korunması/sürdürülebilmesi için dağıtım sistemlerinin yönetimi önemlidir. Su arıtma basamaklarının uygun şekilde seçilmesi ve uygulanmasını içeren çoklu bariyer kullanımı su kalitesini arttırır. Tercih edilen yöntem bir yönetim yaklaşımıdır ve bu tutum su kaynaklarına patojenlerin girişini durdurmak ve patojenlerin yok edilmesi için yapılan arıtma işlemlerine olan güvenin artmasında primer bir öneme sahiptir [11].

Tam anlamda en büyük mikrobiyolojik riskler, kaynağı insan ve hayvan dışkısı olan patojen bakteri, virüs, protozoa ve helmintlerin ile kirlenmiş suların içilmesi ile ilişkilidir [4].

Dışkı kaynaklı patojenlerin durdurulması ve yok edilmesi, mikrobiyolojik açıdan sağlık hedeflerinin oluşturulmasında başlıca ilkelerden biridir. Mikrobiyolojik su kalitesi ve güvenirliliği, büyük ölçüde hızlı ve geniş bir aralıkta değişebilir. Patojen konsantrasyonunda kısa süreli artışlar ise hastalık riskini oldukça arttırabildiği gibi su kaynaklı hastalık salgınlarını da başlatabilir [5,9]. Örneğin, yağış miktarı kaynak sularındaki mikrobiyal kontaminasyon düzeyini büyük ölçüde arttırabildiği için, su kaynaklı hastalıklar sıklıkla yağışı takiben meydana gelir. Analitik test sonuçları da bu durum hesaba katılarak yorumlanmak zorundadır. Membran Filtrasyon methodu insanların içme ve tüketim amacıyla kullandıkları sularda, toplam koliform *E.coli* ve *Clostridium perfringens* ile dışkı kaynaklı mikroorganizmaların varlığını ve sayısal niceliği hakkında standart bir çalışmayı kapsar [5,9].

2.GENEL BİLGİLER

Membran filtrasyon yöntemi özellikle dezenfekte işlemi uygulanmış sular ve mikroorganizma sayısı bakımından düşük olan sular için kullanılan yöntemlerden biridir. Belli hacimdeki bir bakteri süspansiyonunun, alanı belli bir filtre yüzeyinden süzülmesi, bu yöntemin prensibini oluşturur [4,5,11,12]. Bu mikroorganizmaların sayısı, filtre yüzeyinin doğrudan mikroskopla incelenmesiyle belirlenebileceği gibi filtrenin, uygun bir besiyeri yüzeyine konulup inkübasyonundan sonra oluşan kolonilerin sayımı ile değerlendirilebilir [5,11]. Her su çeşidi için (insani tüketim amaçlı sular, mineralli sular, yüzme amaçlı sular vb.) risklerin ayrı ayrı tespit edilmesi ve bu sulardan kaynaklı risklerin sınıflandırılması gerekmektedir. İçme suyunun güvenli olmasını sağlayan başka bir deyişle bir sağlık riski taşımaması için; mikrobiyolojik ve fizikokimyasal açıdan içilebilir olması beklenir. Bu nedenle içme suları için Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) belirtmiş olduğu ölçütler referans olarak kullanılmaktadır [13].

17.02.2005 tarih ve 25730 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik esaslarına göre içme ve kullanma suyu bütün olarak bireysel hijyenin sağlanmasında, suların içilmesinde besin maddelerinin yıkanmasında, temizlik ve diğer evsel ihtiyaçları için kullanılmasıdır. İnsani tüketim amaçlı ürünlerin hazırlanması, işlenmesi, saklanması ve pazarlanması amacıyla kullanılan, orjinine bakılmaksızın, orijinal haliyle ya da arıtılmış olarak ister kaynağından isterse dağıtım ağından temin edilsin ve mevzuatta belirtilen değişken değerlerini sağlayan ve ticari amaçlı satışa arz edilmeyen sular olarak tanımlanmaktadır [6,12]. 17.02.2005 tarihli ve 25730 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelikte ise içme ve kullanma suyu; genel olarak insanların gündelik yaşam faaliyetleri içinde içme, yıkanma, kişisel hijyen ve evsel temizlik için kullandıkları suyun taşınması gereken niteliklerinin yönetmelikle belirlenerek ve bir su talep ve temin sistemini kullanarak çok sayıda tüketicinin ortaklaşa tüketimine sunulan sular olarak tanımlanmıştır [13]. İçme ve kullanma sularının nitelikleri, İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ve TS 266 İçilebilir Suların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile belirlenmiştir. Bu mevzuatlar Dünya Sağlık Örgütü tarafından belirlenen standartlara uygundur. Bu mevzuatlarda yer alan parametrelere uygun içme ve kullanma suları sağlığa uygun ve temiz kabul edilir [14].

2.1. Sudan Kaynaklanan Riskler

İçme sularında ki risklere bağılı olarak yok edilmesi gereken hususlardan biri de risklerin ehemmiyetine uygun bir sınıflandırmaya tabi tutulmalarıdır. Böylece konuya kolaylıkla çalışılarak su kalitesi yönetiminin daha iyi bir biçimde yapılması sağlanabilir, gerekse de su kalitesi açısından tehdit oluşturabilecek tehlikeli öğeler belirlenebilir. Bu nedenle riskler üç başlık altında toplanabilir [5,11].

2.1.1. Kısa Vadeli Riskler

Sadece bir kerelik 200 ml eşdeğer su içilmesi veya suyla bir defaya mahsus dokunulmasından ileri gelen risklerdir. Bu nedenle risklere karşı korumanın 24 saat 365 gün aralıksız sürdürülmesi gereklidir [5,11].

2.1.2. Orta Vadeli Riskler

Belirli bir zaman aralığını gerektiren aylarca ya da bir yıl boyunca defalarca suyun kullanılması durumunu ifade etmektedir [11].

2.1.3. Uzun Vadeli Riskler

Uzun bir zaman aralığında suyun kullanımını ifade etmektedir [11].

2.2. Suyun Fizikokimyasal Özellikleri

Suyun başlıca fizikokimyasal özellikleri şu başlıklar altında toplanabilir; sıcaklık, tat, koku, renk, bulanıklık, elektriksel iletkenlik, olarak değerlendirir.

2.2.1. Sıcaklık

Sıcaklık suda fiziksel, kimyasal ve biyolojik, aşamaları etkiler Böylece pek çok değişkenin konsantrasyonunda değişme görülür. Su sıcaklığında artış olduğunda kimyasal reaksiyonların hızlanır. Su bulunan maddelerin buharlaşması daha hızlı olur. Sıcak sularda canlıların solunum hızının artmasıyla birlikte oksijen tüketiminde bir artış meydana gelir ve organik maddelerin bozulmasına sebep olmaktadır. Besin şartları müsait olduğunda, çok kısa sürede hızlı artan fitoplanktonlar ve mikroorganizmalar suyun bulanıklığında değişime neden olurlar. [15].

2.2.2. Tat ve Koku

Suda içerisinde canlı ve cansız mikroorganizmalar, çözünmüş yâ da çözünmemiş şekilde bulunan karbondioksit metan hidrojen sülfür benzeri gazlar, inorganik ve organik maddeler, demir ve nikel bileşikleri sodyum klorür ile fenollü içeren maddeler sülfat ve karbonat tuzları suya, tat ve koku verirler. Tat genelde koku oluşumunu sağlayan maddeler nedeniyle oluşmaktadır. Sıvı şeklinde olan mineraller suya sadece tat verdikleri zaman suda koku oluşturmazlar. Çözünmüş gazların neden olduğu tat ve koku bozukluğu havalandırma metodu ile sudan uzaklaştırılabilir [15].

2.2.3. Renk

Çözünmüş inorganik ve organik maddeler, canlı ve ölü bitkiler, mineraller, endüstriyel atıklar ve tarımsal atıklar su renginin oluşumunda başlıca faktörlerdir. Bu sular mikroorganizmalar için en iyi üremesi ve çoğalması için iyi bir ortamlardır. Görüntü itibariyle kabul edilebilir olmadığından suyun renginin bu mikroorganizmalardan arındırılması için ozonlama, sedimentasyon yöntemleri kullanılarak renginin giderilmesi sağlanmaktadır. [15].

2.2.4. İletkenlik

Suyun başlıca özellikleri arasında iyon konsantrasyonuna ve tipine bağlı olmasıyla karakterize edilmektedir. Su içinde iyon konsantrasyonu, orantılı olarak iletkenliği de artar. Su içinde, toplam katı madde konsantrasyonu cinsinden iletkenlik, eriyik akışlar ve bazı endüstriyel atık sular sulama deşarj sularının kaynağı önemlidir. Bu nedenle iletkenliğinin artmasına sebep olmaktadır [15].

2.2.5. Suyun pH Değeri

pH tanım olarak bir çözeltinin asitlik veya bazlık bir ölçüsüdür. Diğer bir deyişle "Hidrojen Gücü"dür 1909 yılında Danimarka kimyacı Soren Peder Lauritz Sorensen tarafından laboratuarda ilk defa pH kavramı, kolorimetrik ve elektrometrik olarak tanımlanmıştır Kolorimetrik ölçümlerde çeşitli oksitleyici ve indirgeyici etkenler pH üzerinde bir etkiye sahiptir bulanıklık renk, serbest klor yüksek tuz konsantrasyonu, kolloidal maddelerdir. Ayrıca karşılaştırma için hazırlanan gösterge renk standardını

düşürebilir. Çünkü göstergenin renk değişikliği, numunenin pH tamponlu çözeltinin ölçümü uygulamak için önerilmektedir [15]

2.2.6. Nitrat ve Nitrit

Nitrat, azotun biyokimyasal reaksiyonlarında meydana gelen son üründür. Nitrat iyonlarının doğrudan toksik etkisi yoktur. Nitrat nitrite dönüşürken zararlı bakterilerin nitrat redüktazı aktivitesine yardım sayesinde dönüştürülür. Nitrit methemoglobin oluşumuna hemoglobin ile reaksiyona neden olmaktadır Hemoglobin Fe^{+2} kan O₂ taşıma işlevi önler veya azaltır. Fe^{+3} dönüştürür [16]. Sekonder aminler ile reaksiyon girerek nitrozamin oluşumuna neden olan, nitrit insan sağlığı üzerinde başka bir olumsuz etkilere sebep olmaktadır. Bu bileşiklerin, potansiyel kanserojen, mutajenik ve teratojenik etkileri vardır. Ayrıca nitrit gıda zehirlenmelerinde *C. Botulinum* toksinini engellemek için işlenmiş et ürünlerinde kullanılır. [17].

2.2.7. Demir

Demir hemen hemen her zaman bazı aylarda yüzey sularında yüksek konsantrasyonlarda içme ve kullanma suyu açısından sorunlar oluşturur, yeraltı olarak sürekli olarak bulunmaktadır. Suda çözünmez Fe^{+2} Fe^{+3} , şeklinde mevcuttur. Bivalent demir, genelde yeraltı su bulunur. Su iletim hatları yüksek konsantrasyonlarda, demir bakterilerin büyümesine ve üremesine neden olur. Bu bakteriler suya ve boru yüzeylerine kırmızı-kahverengimsi bir renk verirler (Resim 2.1). Demir ayrıca içme sularında bulanıklık ve renk değişimine neden olur. [18].



Resim 2.1 Demir boru yüzeyinde kırmızı kahverengi lekeler ve CaCO_3

2.2.8. Kalsiyum

Kalsiyum, içme suyu temini amacı ile kullanılan sularda kalsiyum bulunması, kireçtaşı, dolomit ve jips içeren arazilerde suyun geçmesi sırasında suya karışması sebebiyledir. Genellikle, karbonatlı su ve kalsiyum iyonu kaynağı kalsiyum sülfat mineralleri oluşturmaktadır. Bu nedenle, suda birçok farklı konsantrasyonda kalsiyum bulunabilir. Kalsiyum su sertlik veren iyonlarının en önemlisidir. Su borularında çöken kalsiyum küçük miktarlarda, iç yüzey bir kaplama tabakası şeklinde borunun korozyonu önler. Kalsiyum toprak yapısına girerek ve geçirgenlik açısından yararlıdır [19].

2.2.9. Magnezyum

Magnezyum suda ki sertliği oluşumunda rol alan önemli iyonlardandır. Sıcak sularda kırılabilir bir kabuk oluşturur. İnsan biyolojisinde önemli minerallerdendir. Kemik, kas ve sinir dokularının yapısına girer. Suda bulunan karbondioksit, karbonatlı ve magnezyumun suya geçmesinde rol oynar. Su içerisinde bulunan kaplı granit ve silis kumunda magnezyum, 5 mg kadar magnezyum bulunur. Kireçtaşı ve dolomit bulunan suda magnezyum miktarı 10-15 mg'dır. Magnezyum sülfat ve klorür suda rahat bir şekilde çözülür [19].

2.2.10. Sertlik

Su kalitesinin başlıca temel özelliklerinden biriside suyun sertliğidir. Özellikle kalsiyum ve magnezyum bikarbonat iyonları, kalsiyum ve magnezyum klorür, kalsiyum ve magnezyum nitrat ve demir su sertliğini rol alan maddelerdir. Sertlik, kalsiyum ve magnezyum tuzlarından kaynaklandığı için önemli olan bu iki tuzdur [19,20]. Bikarbonatlarından kaynaklanan ısıtılınca çözünerek çöken sertliğe geçici sertlik denir. Kaynatma işlemiyle giderilir. Sülfat, klorür ve nitratların içinde bulunduğu, ısıtma işlemiyle çökmeyen ve sadece kimyasal proseslerle giderilebilen sertliğe kalıcı sertlik olarak tanımlanır. Sularda sertlik Amerikan Alman, Rus ve Fransız, sertlik dereceleriyle ölçülebilir. Ülkemizde Fransız sertlik derecesi kabul görmektedir. Suyun içinde 1000 ml suda 10 mg CaCO_3 g bulunması 1 Fransız Sertlik Derecesini ifade eder [19].

Tablo 2.1. Suların sertlik derecesine göre sınıflandırılması

Sertlik derecesi ($^{\circ}\text{F}$)	Suyun cinsi
0-7 $^{\circ}\text{Fr}$	Çok yumuşak su
7-14 $^{\circ}\text{Fr}$	Yumuşak su
14-22 $^{\circ}\text{Fr}$	Orta derecede sert su
22-32 $^{\circ}\text{Fr}$	Oldukça sert su
32-54 $^{\circ}\text{Fr}$	Sert su
54 den büyük $^{\circ}\text{Fr}$	Çok sert su

2.3. Suda Mikrobiyolojik Üreme

Mikroorganizmalar normalde biyofilm gibi su ile temas eden zeminlerde ve suda ürer [7]. İçme suyu arıtımını takiben üreme ise “tekrar üreme” olarak adlandırılır [7,8]. Koloni sayısının artması özellikle boru dağıtım sistemlerinin belirli zaman diliminde su verilen bölümlerinde, evsel tesisatlar da, şişelenmiş sularda meydana gelir [7]. Tekrar üremenin temel belirleyicileri arasında sıcaklık, suda ki besin miktarı ve rezidüel dezenfektan eksikliği sayılabilir [8]. Mikrobiyoloji de önemli bir yere sahip olan koloni sayma su mikrobiyolojisinde kullanımı uzun bir zaman bir dilimine sahiptir. 19. yy. sonunda koloni sayma, su arıtım işlemlerinin kontrolünün yapılarak su güvenliğinin için indirek bir gösterge olmuştur. Fekal indikatörlerin kullanmasıyla birlikte 20 yy. kullanımı giderek azalmıştır [5].

Koloni sayımı bununla beraber su ile ilgili düzenlemelerde veya pek çok ülkede ilgili kılavuzlarda aşağıda belirtilen amaçlar için hala başarılı bir şekilde kullanılmaktadır [4,5,11].

-Patojen mikroorganizmaların durdurulması ve yok edilmesi için indirekt bir göstergesi olarak su arıtma faaliyetlerinin ölçümünü göstermede,

-Sağlık açısından bir anlamı ifade etsin ya da etmesin tekrar üreyen organizmaların sayısının bir ölçüsü olarak,

-Laktoz temelli kültür yöntemlerinde koliform analizleri ile olası karışıklıkların ölçüsü olarak su kalitesi ve yönetiminde,

Epidemiyolojik saha araştırmalarından veya suyla bulaşan patojenlerin miktarı ile koloni sayımıyla arasında ki ilişki değerlendirildiğinde, sağlık riskleri arasında koloni sayımının direkt bir ilişki içinde olmadığı anlaşılmıştır. Bundan dolayı, toplum sağlık amaçlarının kurulması veya suyu kaynatma konusunda tavsiyeler verilmesi için de kullanışlı bir ölçü değildir [5,11,14]. Koloni sayımında ki artışlara fekal kontaminasyon ile benzer bir ilişki içinde olabilir yalnız bu gibi durumlarda fekal spesifik göstergeler ve *E.coli* için, sağlık açısından riskli bir durumun olmadığına tespitinin yapılması gerekmektedir [5].

2.4. Mikrobiyolojik Kirlenme

Tarımsal kullanımın ve lağım-insan aktiviteleri kaynaklı atık su deşarjının miktarında artış, yağmur sularının etkisiyle; suların mikrobiyolojik kalitesinde önemli değişiklikler meydana gelmektedir [1]. Atık sular, büyük oranda ve büyük çeşitlilikte, insan popülasyonu için sağlığa zararlı etki yapabilen patojen mikroorganizmalar içerir [1].

Genel anlamda en büyük mikrobiyolojik riskler, kaynağı insan ve hayvan dışkısı olan patojen bakteri, virüs, protozoa ve helmintlerin ile kirlenmiş suların içilmesi ile ilişkilidir [1,4,5,11].

2.5. İndikatör (Gösterge) Mikroorganizmalar

İndikatör mikroorganizma kavramı uzun yıllardır başarılı bir biçimde kullanılmıştır. Günümüzde başlıca fekal indikatör değişkenleri; *E.coli* ve fekal enterokoklardır ve termotoleran koliformlardır. Bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkenler, indikatör olarak kullanılan fekal bakterilere tesir altında tutabileceğinden, su kalitesinin yönetiminde ve değerlendirilmesinde faaliyetleri ilgili sorunlar ve sorular baş

göstermektedir. Bundan dolayı tek indikatör ile konuya bakmak problemi çözmede ve, su kalite yönetim ve değerlendirmesinde dışkı materyaliyle bulaş sağlamış ve bununla ilişkili bütün problemleri ele almaktadır [5,9,11,21,22].

Kontrol yaklaşımları; kaynak sularının, arıtma işlemi sonrası suların, dağıtım sistemindeki suların veya evde tutulan suların analizlerinin yapılmasını içerir. İçme sularının mikrobiyolojik kalitesinin kontrolü fekal kirliliğin bir göstergesi olan *E.coli*'nin araştırılması ile yapılır. *E.coli* yeni fekal kirliliğin kesin kanıtıdır. Uygulamada termotoleran koliform bakterilerin analiz edilmesi, pek çok durumda alternatif olarak kabul edilebilir. *E.coli* sularda kirlilik için önemli bir indikatör iken kullanımı için bazı kısıtlamaları da bulunmaktadır. Dezenfektanlardan klora *E.coli*'den daha iyi bir şekilde bir direnç gösterirler, yalnız *E.coli* bulunmayışı Protozoalar ve enterik virüslerin varlığını gösterilmesinde yeterli bir ölçüt değildir. Uygun şartlar altında bazı bakteri sporları ve bakteriyofajlar gibi yüksek dirençliliğe sahip mikroorganizmaların dâhil edilmesi istenebilir. Toplumda yüksek düzeylerde seyreden hastalık durumlarında, parazitler ve enterik virüslerin bulaştığı düşünülen sular araştırılabilir. [5,9,11,21,22].

Tuzlu sular için gösterge olarak intestinal enterokoklar önerilirken; tatlı sular için *E.coli* ya da intestinal enterokoklar tercih edilebilir. Bununla birlikte tropik sularda *Clostridium perfringens* sporları gibi konuyla ilgili olarak diğer gösterge parametreler de araştırılabilir [5,9,11,21,22].

2.5.1 Total Koliform, Fekal (Termotoleran) Koliform ve *E.coli*

Total koliform bakteri sayısı, içme suyu kalitesinde en önemli değişkenler arasında bulunmaktadır. Total koliform bakteriler insan ve hayvan sindirim sistemlerinde ve özellikle bağırsaklarda bulunur. Toprakta ve suda içinde bulunurlar ve potansiyel fekal kirliliğin indikatörleridir. *E.coli* ve Fekal koliformlar ise yalnızca hayvan ve insan bağırsağında saprofit olarak bulunmaktadır. Sular da bulunduklarına dair testler hayvan ve insan kaynaklı dışkı kontaminasyonun doğrulanması için önemli bir yere sahiptir [5,9,11,21,22].

Fekal koliformlar, total koliformların alt grubu içinde yer alarak fekal kirlilikle birlikte rol alırlar. Bu bakteriler, gram negatif spor formu olmayan fakültatif ve, anaerob aerob, 37 °C'de 24-52 saatte laktozdan asit ve gaz üreten cocobasil bakterilerdir. Total koliformların bütün özelliklerini içinde barındıran, 44°C'de üreyip laktozdan asit ve gaz

meydana getirirler. Bu nedenle “termotoleran koliform” terimi de fekal koliformlar için kullanılması uygun bir isim olacaktır. Termotoleran koliform için belirli bir taksonomik sınıflandırma bulunmamaktadır. Termotoleran uyum proteini termotoleran koliformlarda sıcaklık fenotipinin gelişmiş fizyolojik temeli, olarak bilinmektedir. Termotoleran koliformlar *Escherichia* ve *Klebsiella* cinsinin türleri bu gruba dâhildir. Termotoleran koliform için uygun olan durumlarda bazı *Citrobacter* ve *Enterobacter* türleri de üremektedir. Enterobacteriaceae familyasının tek biyotipi *E.coli*’dir. *E.coli* bu nedenle termotoleran koliform, terimi kullanılacağı zaman fekal kirlilik için kullanılacak indikatörlerden biridir. Fekal koliform kavramı hala çoğu ülkede tartışılabilir konusu olmaktadır. İngiltere’de, bu alanda fekal koliform olarak *E.coli* olarak gösterilmektedir [5,9,11,21,22].

Yapılan çalışmalarda en iyi fekal indikatör olarak termotoleran koliform ve *E.coli* kullanımından kaynaklanan bazı kısıtlamaların olduğunu saptamışlardır. *Klebsiella* türlerinden bazıları özellikle termotoleranlar yüksek karbonhidrat seviyelerinde çevrede izole edildiği fekal kirlilikte birlikte ayrı kaynaklarda olabileceği tespit edilmiştir. *E.coli* bile, içme suyu dağıtım hatlarında tekrardan üremesi göz önüne alındığında temiz alanlarda varlığı tespit edilmiştir. Sularda indikatör olarak kullanılan mikroorganizmaların, dezavantajları, fekal bulaş olmadan başka çevrelerden varlığını sürdürmeleri, fekal patojenler ile karşılaştırıldığında da su olan alanlarda düşük yaşam kapasitelerine sahip olmaları şeklinde ifade edilebilir [5,9,11,21,22].

2.5.2 Fekal (İntestinal) Enterokoklar

Fekal streptokok (enterokok) olarak adlandırılan grup yaşam karakteristiği ve sağlıkla ilişkili önemleri farklı olan türler barındırır. Ek olarak bu gruptaki türlerin oranı hayvan ve insan dışkısında aynı değildir. Bu grubun taksonomisi, *Enterococcus* ve *Streptococcus* cinslerindeki türleri ihtiva etmekle birlikte son yıllarda türler arasında büyük bir değişim olmuştur. Bu iki cinste ki bazı türler, enterokok kavramıyla ifade edilir. Kirli sularda baskın türler *Enterococcus faecalis*, *E.durans*’dır [5,9,11,21,22].

Genelde çok kullanılan enterokok kavramı, 60°C’ 30 dakika kadar dayanabilen, 10-45°C’de üreyebilen, pH 9,6’da ve %6,5 NaCl’de üreme yeteneği bulunan *Enterococcus* cinsi olarak bilinen bütün üyeleri kapsar. *Enterococcus* için intestinal enterokok ve fekal streptokok adları genel olarak aynı terimi ifade etmektedir. Enterokoklar suda üreyemezler, insan ve hayvanların bağırsağında bulunurlar. *E.coli* ile kıyaslandığında

daha uzun yaşar, çevrede bulunan olumsuz şartlara ve klorlamaya karşı dirençlidir. Enterokokların ölüm hızı güneş ışını yoğunluğundan önemli oranda etkilenmezken *E.coli* den ölüm hızı oranı artış göstermektedir. Bu nedenle geçmiş dönemli kirlilikte önemli bir indikatördür. Koliform sayısında yüksek düzeylerde artış görülmesi ve *E.coli* olmadığı ve şüpheli durumların yorumlanmasında enterokoklar yardımcı olur. Doğal su ekosistemlerinde intestinal enterokoklar, kabul görmüş sürekli fekal kirliliğin bir indikatörüdür.[5,9,11,21,22].

2.5.3. Sülfite Redükte Eden Sporlu Anaerob Clostridiumlar

Clostridium perfringens su kirliliği önemli bir yere sahiptir. Vejetatif hücrelerle karşılaştırıldığında spor oluşturma, ısı direnci bu mikroorganizmaların sularda tespiti için önemli bir kazanım sağlar Sülfite redükte eden Clostridium cinsi bakteriler içinde en önemlisi *C.perfringens*'dir. Hayvan ve insan dışkıında bulunur. Clostridial sporlar *E.coli* ve enterokoklar ile kıyaslandığında daha uzun yaşar, çevrede bulunan olumsuz şartlara ve klorlamaya karşı dirençlidir. Klorlamayla sporlar sürekli inaktive edilemez. *C.perfringens* sporlarının direnci, Cryptosporidium ve Giardia'ya benzerlikler gösterse de, yüzmeye ve içme sularında bu parazitlerin varlığı için güvenilir bir gösterge değildir. *C.perfringens* sporları filtrasyon işleminin etkinliğinin kontrolünde de kullanılır. Bu nedenle geçmiş dönemli kirlilikte önemli bir kirlilik indikatörüdür. Çevresel ve yüzey suları gibi sularda geniş bir dağılım içinde olan Clostridium diğer türlerinin de bulmak mümkündür. Clostridium türlerinin neredeyse tamamı 44°C'de üremezken *C.perfringens* bu sıcaklıkta ürer. *C.perfringens* izolasyonu için 44°C'de yapılan inkübasyonla seçiciliği artırabilir [11,21,23]. Lağımdan etkilenmiş sular, protozoalar ve virüslerin tespitinde genellikle indikatör organizma olarak *C.perfringens* ve sporları tercih edilir. Dezenfektanlara direnç gösteren patojenlerin tespitinde önemli bir kazanım sağlarlar [11,21,23].

2.5.4. Pseudomonas aeruginosa

İçme sularında *P.aeruginosa* varlığı, koku, tat, bulanıklık ve rengi içeren kalitedeki bozulma ile ilişkili olduğundan istenmez. *P.aeruginosa*'nın sayımı, tüketici şikâyetlerinin araştırılmasında ve doğal mineralli suların mevzuata uyum için test edilmesi gerektiğinde anlamlı ise de, rutin olarak araştırılması önerilmez. Farmasotik

ürünlerin kullanılarak bakteriyel temizliğin yapıldığı durumlarda da *P.aeruginosa*'nın araştırılması kullanışlıdır [11,21].

P.aeruginosa'nın sebep olduğu follikülit ve kulak enfeksiyonları, sıklıkla yüzme havuzu kullanımı ile ilişkilendirilmektedir. Diğer gösterge mikroorganizmalar ile kıyaslandığında *P.aeruginosa* varlığı, dezenfeksiyon sürecindeki aksaklığın erken göstergesi olabileceğinden; yüzme havuzu sularında *P.aeruginosa* incelemesi yapılmaktadır. *P.aeruginosa* fekal kirliliğin göstergesi olarak kullanılamaz. Özel şartlar altında özellikle yaşlı hastalarda fırsatçı enfeksiyonlara sebep olabilir. Bu sebeple içme suları, şişelenmiş sular, yüzme havuzları ve hastanelerde kullanılan sularda bulunmamalıdır [11,21].

Tablo 2.2 Ulusal ve uluslararası standartlar.

PARAMETRE	TÜRK STANDARTLARI TSE 266	DÜNYA SAĞLIK ÖRGÜTÜ (WHO)	ABD ÇEVRE KORUMA AJANSI (EPA)
Koliform Bakteri	0/250 ml	0/250 ml	0/100mL
<i>E.coli</i>	0/250 ml	0/250 ml	0/100mL
Enterekok	0/250 ml	0/100 ml	0/100mL
<i>P.aureginosa</i>	0/250 ml	0/100 ml	0/100mL
<i>C.perfinges</i>	0/100 ml	0/100 ml	0/100mL
Sülfid İndirgeyen Anaeroplara	0/50 ml	0/50 ml	0/50 ml
Nitrat (NO ₃)	50	50	49
pH	6,5-9,5	6,5-9,5	6,5-8,5
Demir	0,2	--	0,3
Nitrit mg/L	0,50	0,50	--
İletkenlik	2000	--	<400
Kalsiyum	200	--	--
Magnezyum	50	--	--

2.6. Su Numunesi Alınması ve Taşınması

2.6.1. Numune Alınması

Numune alınması sırasında numune alma yeri, numune alma saati, numune alma biçimi, örnek alınacak şişe cinsi, hemen çalışılmayacaksa saklanma koşulları ve saklama süresi gibi değişkenler dikkate alınmalıdır. Numune alınması sırasında yapılan hatalar, analiz hatalarının %80'ini oluşturmakta ve bu hatalı sonuçlar yanlış yorumlamalara yol

açmaktadır. Elde edilen bütün şişeler, numune alınmadan önce veya numuneler alınır alınmaz açıkça tanımlanmalıdır [11].

2.6.2. Kimyasal Su Numunesi Alınmasında Dikkat Edilecek Noktalar

Kimyasal muayene; sulardaki organik madde miktarı ve toksikolojik bir kirlenme olup olmadığını kontrol için yapılır. Numune alınacak şişenin steril olması şartı aranmaz fakat iyi bir şekilde yıkanmış ve durulanmalıdır. Kimyasal analiz için alınan örneklerde de steril ortam şartları ve steril örnek alma işlemleri olması zorunluluğu yoktur. Mümkün olduğunca dikkatli ve hijyenik çalışmak gerekmektedir. Örnek alınacak istasyon depo, çeşme ve musluk ise suyu en az 3-5 dakika akıtılmalı ve sonrasında örnek alınmalıdır. Şişenin tamamı doldurulmamalıdır. Üstten en az 2-4 santimetre boşluk bırakılmalıdır [4].

2.6.3. Mikrobiyolojik Su Numunesi Alınmasında Dikkat Edilecek Noktalar

Örnek alınması işlemi, sonrasında yapılacak analizlerin kalitesinin sağlanmasında kritik bir aşamadır. Numuneyi alan kişinin hijyen kurallarını eksiksiz uygulaması gerekmekte ve azami ölçüde hijyen kurallarına dikkat edilmelidir. Alınan örnekte kontaminasyon olmaması için örneği alan kişinin el dezenfeksiyonu için dezenfekte edici ıslak mendil veya cilt dezenfektanı ile el temizliğini sağlamalıdır. Örnek alınacak istasyon depo, çeşme ve musluk ise suyu en az 3-5 dakika akıtılmalı ve sonrasında örnek alınmalıdır. Akıtıldıktan sonra musluğun ağız bölümü alkol emdirilmiş ve yakılmış bir pamuk yardımı ile yakılarak musluğun bir dakikaya yakın bir sürede steril olması sağlanır [11].

2.6.4. Numunelerin Taşınması

Örneğin alınması ile inceleme arasındaki ortalama saklama süresi yürürlükte olan kabul gören standartlarına veya mevzuata uygun bir şekilde yapılmalıdır. Burada verilen bilgiler TS EN ISO 19458'e göre genel yaklaşımı göstermektedir [11].

Numuneler mutlaka güneş ışığından korunarak taşınmalıdır. Transfer zamanı 8 saatten az ise numuneler $5\pm3^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilerek transfer edilmelidir. Eğer transfer zamanı 8 saatten fazla ise, kabın sıcaklığının $5\pm3^{\circ}\text{C}$ 'de olduğunun kontrolünün yapılması sağlanmalıdır. Genellikle bu süre en fazla 24 saattir. Transfer sırasında su numuneleri

donmamalı ve bunun için su numuneleri ile birlikte soğutma için kullanılan buz akülerinin sayısı ve yerleşimine dikkat edilmelidir [11].

2.6.5. Mikrobiyolojik Çalışmalarda Seyreltilerin Hazırlanması ve Membran

Filtrasyon Yöntemi

Yoğun üremeler görülen veya görülmesi beklenen su numunelerinde, ilk ekim miktarlarına ilave olarak mutlaka sayılabilir bir üremenin elde edilmesi için gerekli sayıda seyreltme yapılır. Onluk seyreltilerin hazırlanması için 9 ml seyreltme sıvısı içeren tüplere 1 ml numune aktararak 1/10 seyreltmeler hazırlanır Her seyrelti için yeni pipet/pipet ucu kullanılması ve bir sonraki seyreltiye geçmeden, önceki tüpün karıştırılması unutulmamalıdır. Alternatif olarak seyreltmeler 90 ml seyreltme sıvısına 10 ml numune aktararak da yapılabilir [11].

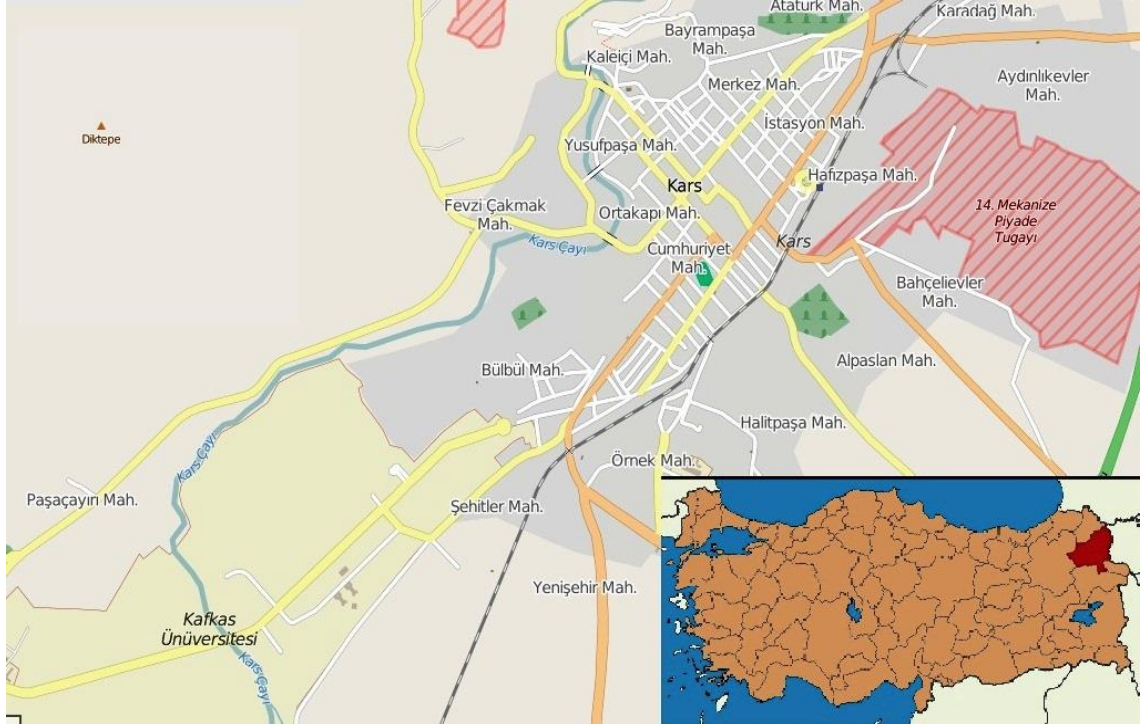
Çoklu tüp metodunun bazı sınırlamaları ve hatalı negatif sonuç verme ihtimalinin tespit edilmesiyle 20 yy. ikinci yarısında "Membran Filtrasyon Yöntemi" olarak isimlendirilen yeni bir analiz metodu geliştirilmiştir [21].

Membran filtrasyon ekipmanı sterilize edilerek, sterilizasyon esnasında, ekipmanın niteliğine bağlı olarak otoklavlama yapılabilmesi, alkol ya da sterilizasyonu sağlayan kimyasal da kullanılabilir. Otoklavlama için 121 °C 20 dakika gerçekleştirilirken, kimyasal dezenfeksiyon için de dezenfektanın sistemden 24 saat içinde bertaraf edilmesi gerekir. Sistemde kalan dezenfektan, analizi yapılacak mikroorganizma için olumsuz etkilere sahiptir. Alkol bertaraf edildikten sonra kalan miktarının yakılarak giderilmesine analiz öncesinde de 50 ml steril damıtılmış su sistemden geçirilerek, kalan diğer dezenfektanın yıkanarak sistemden uzaklaştırılmasıdır. Steril olmayan şartlarda filtrenin üstüne ekleneceği taban steril su ile yıkanarak filtre buranın üstüne yerleştirilir. Sonra süzme haznesine uygun bir oranda sıvı hazneye konulur, vakum pompa çalıştırılarak ve sıvı örneği membran filtreden süzülür. Süzme işlemi bittikten sonra duvarlarda kalmış olması beklenen mikroorganizmaların da alınması için 7-15 ml kadar steril su ile yıkanır. Ayrıca steril su geçirme, klor gibi inhibitör maddelerin varlığında önemli bir yere sahiptir. Filtrenin mikroorganizmaların olduğu yüzeyi üstte olacak biçimde petri kutusundaki besiyerine yerleştirilir. Petri kutuları, etüve konarak inkübasyona bırakılır. Membran filtreden süzülen sıvıların miktarı hesaplanarak sonuçlar kob/ml ya da kob/g olarak yazılır [9,11,21].

3. MATERİYAL VE METOT

3.1. Araştırma Alanı

Araştırmada, 1 Kasım 2014-30 Nisan 2015 tarihleri arasında Kars ili merkezinde belirlenen 20 adet farklı istasyondan alınan su örnekleri ile çalışıldı



Resim 3.1. Kars ili haritası

Kars ili, Doğu Anadolu Bölgesi'nin, kuzeydoğusunda yer alır. Kuzey tarafında; Ardahan, doğusunda ise; Ermenistan'la, güneyinde; Iğdır ve Ağrı, batı tarafında ise Erzurum' ile sınırdır. Kars, Allahu Ekber Dağları ile Sarıkamış-Kars Platosu arasındaki doğuya doğru yükselen büyük çöküntü oluşunda yer alır. Yükselti ve topografya nedeni ile Kars Ovası'nda arpa ve buğday dışında tarım ürünleri pek yetişmez. Bunda sulamanın yetersizliği de önemli bir etkidir. Kars Ovası'nın yüzölçümü 2500 m² olup, bu alan ile Doğu Anadolu bölgesinin en geniş ovasıdır. Ova il yüzölçümünün % 19'unu oluşturmaktadır.

Tablo 3.1 Su örneklerinin alındığı istasyonlar

İstasyon No	İstasyon Adı	Konum		Türü	Koordinat Sistemi	Tipi
		Boylam	Enlem			
1	Atatürk Mahallesi	43.117980	40.618814	Depo	WGS84	Camii
2	Aydınlıkevler Mahallesi	43.123806	40.613366	Şebeke	WGS84	Camii
3	Bayrampaşa Mahallesi	43.099184	40.612551	Şebeke	WGS84	Camii
4	Bülbül Mahallesi	43.080397	40.593873	Şebeke	WGS84	Çeşme
5	Cumhuriyet Mahallesi	43.093926	40.597780	Şebeke	WGS84	Çeşme
6	Fevziçakmak Mahallesi	43.086968	40.604936	Şebeke	WGS84	Ev
7	Hafızpaşa Mahallesi	43.118548	40.592350	Şebeke	WGS84	İşletme
8	Halitpaşa Mahallesi	43.104118	40.598142	Şebeke	WGS84	Çeşme
9	İstasyon Mahallesi	43.101093	40.606626	Şebeke	WGS84	Çeşme
10	Kaleiçi Mahallesi	43.089752	40.612348	Şebeke	WGS84	Camii
11	Karadağ Mahallesi	43.105813	40.615370	Şebeke	WGS84	Çeşme
12	Ortakapı Mahallesi	43.095878	40.604586	Şebeke	WGS84	Kafe
13	Örnek Mahallesi	43.096549	40.588403	Şebeke	WGS84	Kurum
14	Paşacayırı Mahallesi	43.065038	40.595454	Kaynak	WGS84	Camii
15	Sukapı Mahallesi	43.084817	40.607249	Şebeke	WGS84	Camii
16	Şehitler Mahallesi	43.082639	40.593401	Şebeke	WGS84	Çeşme
17	Yeni Mahallesi	43.099140	40.600806	Şebeke	WGS84	Çeşme
18	Yenişehir Mahallesi	43.097016	40.582695	Şebeke	WGS84	Ev
19	Yusufoğlu Mahallesi	43.093218	40.608361	Şebeke	WGS84	Lokanta
20	Kafkas Üniversitesi Kampüsü	43.069679	40.581807	Kuyu	WGS84	Kurum

3.2. Araştırmada Kullanılan Cihaz ve Malzemeler

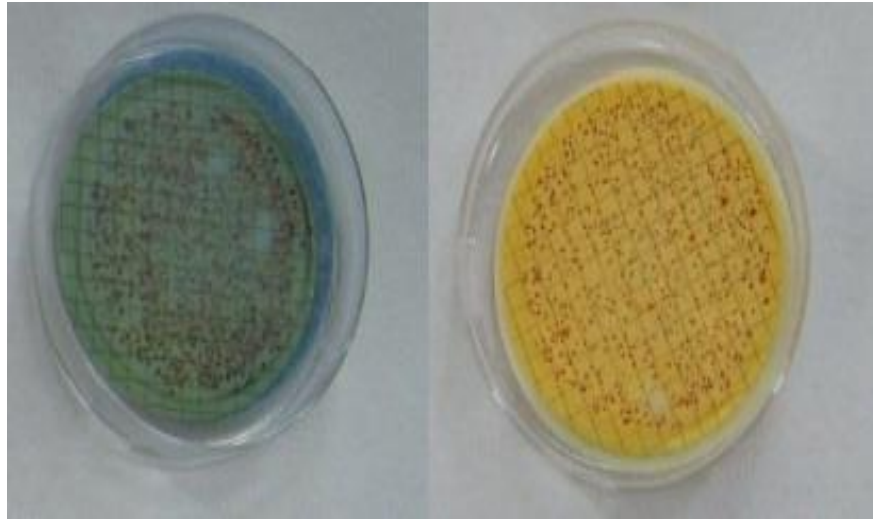
1. Membran Filtrasyon Cihazı: Cihaz paslanmaz çelik tekli vakum filtre tutucusu, paslanmaz çelik ön filtre tutucusu, vakum pompası, emniyet şişesi, pens, vakum hortumdan oluşmaktadır.
2. pH Metre: OPH-MV metre su örneklerinin pH'sının ölçülmesinde kullanıldı.
3. İletkenlik Ölçer: Örneklerin iletkenliğinin ölçülmesinde kullanıldı.
4. Spektrofotometre: Kimyasal analizlerin ölçülmesinde kullanıldı.
5. Etüv: Mikrobiyolojik ve kimyasal analizlerde inkübasyon için kullanıldı.
6. Otoklav: Bakteriyolojik analizlerde besiyerlerinin sterilizasyonunda kullanıldı.
7. Mikropipet: Numunelerin alınıp çalışılmasında kullanıldı.

8. Steril Plastik Şişe: Mikrobiyolojik inceleme için 1000 ml steril plastik şişe kullanılmıştır.
9. Sodyum Tiyosülfatlı Şişe: Serbest klor bulunduran veya bulundurma ihtimali olan suların alınması için mevcut mikroorganizmaların tespiti için sodyum tiyosülfatlı şişe kullanılmıştır.
10. Non-steril Şişe: Fizikokimyasal örnekler için disposable yıkanmış non-steril 1000 ml şişeler kullanılmıştır.
11. Anerobik Jar: Anerop mikroorganizmaların üremesi sağlanmasında
12. UV Lamba (360±20)nm'lik: Mikrobiyolojik analizlerde floresan veren mikroorganizmaların tespiti
13. Benmari Anerop mikroorganizmaların vegetatif şekillerinin yok edilmesinde
14. Distile Su Cihazı: Saf su temininde ve besiyeri hazırlanmasında
15. Tergitol TTC Agar: Koliform ve *E coli* analizlerinde kullanıldı.
16. Tryptone Soy Agar: Koliform ve *E coli* analizlerinde kullanıldı
17. Trypton Broth: Koliform ve *E coli* analizlerinde kullanıldı
18. Kovac'S İndol: Koliform ve *E coli* analizlerinde kullanıldı
19. Oxidase Strips: Koliform, *E coli* ve *P.aeroginosa* analizlerinde kullanıldı
20. Cetrimid Agar: *P.aeroginosa* analizlerinde kullanıldı
21. Slanetz Bartley Agar: Enterekokların analizlerinde kullanıldı
22. Esculin Azid Agar: Enterekokların analizlerinde kullanıldı
23. Iron Sulphite Agar: Sülfid redükte eden mikroorganizmaların analizlerinde kullanıldı
24. m-CP Agar: *C perfinges* analizlerinde kullanıldı
25. Plastik Tek Kullanımlık Halka Uçlu Steril Öze
26. Gram Boyama Seti
27. Kurutma Kağıdı
28. Laboratuvar Cam Malzemeleri
29. GPS Cihazı: Örnek alınan istasyonların coğrafi koordinatlarının belirlenmesinde.

3.3. Mikrobiyolojik Analizler

3.3.1. *E.coli* ve Koliform Bakterilerin Araştırılması

250 ml su iyice çalkalandıktan sonra membran filtrasyon sistemi kullanılarak 0.45µm por çaplı steril membran filtreden geçirildi. Membran filtre altta hava kabarcığı olmayacak bir şekilde ve ters çevrilmeden tergitol laktozlu agar besiyerine yerleştirildi. Ardından 36±2°C ve 44±0,5°C sıcaklıkta 21±3 saat ve 44±4 saat inkübe edildi. İşlem, kirli sularda istenmeyen üremenin engellenmesi veya fekal koliform tespiti amacıyla 44±0,5°C'de inkübe edilecek her bir örnek için tekrarlandı Resim.3,2 görüleceği üzere Membran filtre altındaki besiyerinde sarı bir renk oluşturan koloniler olması halinde, koloniler öncelikle sarı daha sonra kırmızı-turuncu olmalarına göre doğrulanmaya alındı. Daha sonra toplam koliform, fekal koliform veya *E.coli* olarak doğrulanmış koloniler sayıldı. Şüpheli kolonilerin sayısı 10'un üzerinde ise 10, şüpheli kolonilerin sayısı 10'un altında ise tüm şüpheli koloniler ileri doğrulamaya alındı. İleri doğrulama için kullanılan yöntemler aşağıda verilmiştir:



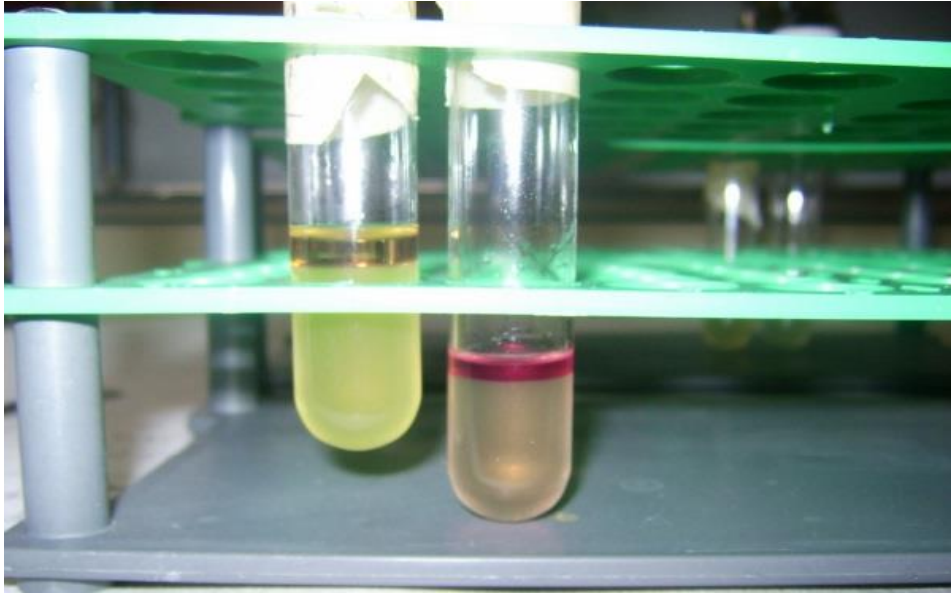
Resim 3.2. Tergitol agarda üreyen *E.coli* kolonileri

3.3.1.1. Oksidaz Testi

Koloni öze ile alınarak TSA üzerine ekildi ve 21±2 saat 36±2°C sıcaklıkta inkübe edildi. Hazır kâğıt şeritler yardımı ile 30 saniye içinde test gerçekleştirildi.

3.3.1.2. β -Glukuronidaz ve İndol Testi:

MUG ve Triptofan içeren besiyerine, TSA üzerine ekim yapılan aynı koloniler kullanılarak ekim yapıldı ve 21 ± 3 saat boyunca $44\pm0.5^\circ\text{C}$ sıcaklıkta inkübe edildi. Öncelikle 366 nm dalga boyu altında floresan veren tüpler işaretlendi. Floresan vermeyen tüpler değerlendirmeye alınmadı. Floresan veren tüplere 0.2-0.3 ml Kovac's reaktifi konarak indolu üretimi doğrulandı. Resim 3.6. da indol besiyeri yüzeyindeki kırmızı renkli halka oluşumu indol üretimini doğruladı Sadece spesifik olarak *E.coli* reaksiyon vermektedir [24].

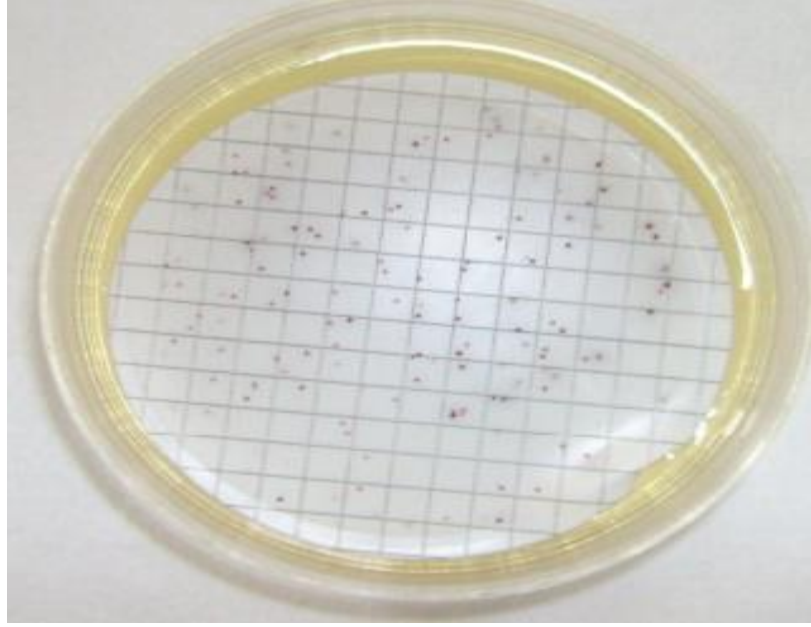


Resim 3.3 Kovacs reaktifinin damlatılmasıyla kırmızı renkli halka oluşumu

3.3.2. Bağırsak Enterokoklarının Araştırılması

250 ml su iyice çalkalandıktan sonra membran filtrasyon sistemi kullanılarak $0.45\mu\text{m}$ por çaplı steril membran filtreden geçirildi. Membran filtre altta hava kabarcığı olmayacak bir biçimde Slanetz-Bartley besiyeri üstüne yerleştirildi. Hazırlanan tüm petriler 44 ± 4 saat boyunca $36\pm2^\circ\text{C}$ sıcaklıkta inkübe edildi. Etrafı ve merkezi kırmızı, mor ve pembe renkte olan tüm bombeli koloniler olası enterokok olarak değerlendirildi.. Ayrıca koloniyi çevreleyen bölümde ten renginden siyah renge kadar değişiklik gösteren renkler bütün tipik kolonilerin bağırsak enterokokları olarak kabul edildi. Membran filtre Safra Eskülin Azid Agar üzerine konularak ve 2 saat boyunca

(44±0.5)°C sıcaklıkta inkübe edilerek kolonin etrafını saran siyah renk oluşturanlar enterekok olarak tespit edildi [25].



Resim 3.4. Slanetz-Bartley agarda üreyen enterekok kolonileri

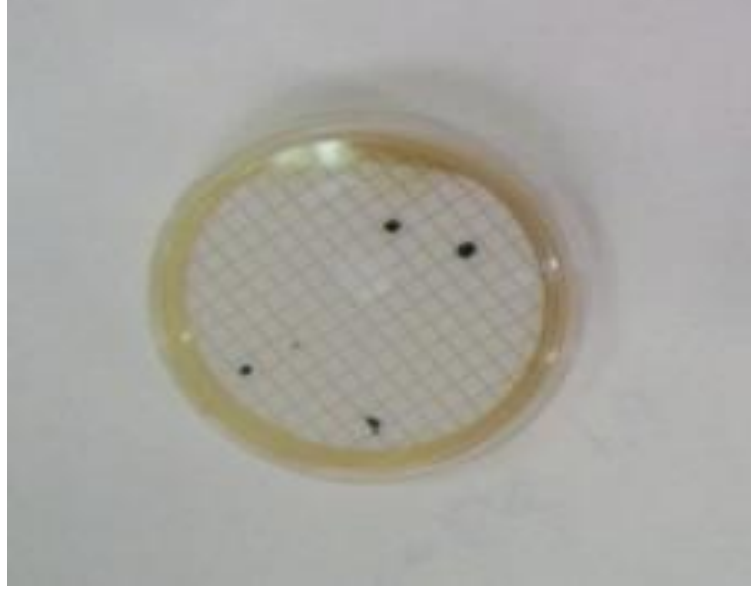
3.3.3. Sülfite İndirgeyen Anaerob Bakteri (Clostridia) Sporlarının Araştırılması

Numune iyice çalkalandıktan sonra, 25 ml'lik 2 tüp ve paralel olarak musluk suyu içeren 25ml'lik bir tüp hazırlandı. Tüpler 15 dakika boyunca 75±5°C sıcaklıktaki su banyosunda tutularak bakterilerin vejetatif şekilleri yok edildi. Vejetatif şekillerin yok edildiği su numunesi 0.2 µm por çaplı membran filtreden geçirilerek membran filtre Demir Sülfite Agar üzerine konuldu. 50°C de tutulan erimiş Demir Sülfite Agar ile membranın üzeri tamamen kaplandı. Bu şekilde hazırlanmış petriler anaerob jara yerleştirilerek 37±1°C sıcaklıkta inkübe edildi. 20±4 saat ve 44±4 saat'ten sonra incelendi ve siyah tipik koloniler okunarak sayıldı. Siyah hale ile çevrili bütün siyah kolonilerin bir sülfite indirgeyen anaerob bakteri sporundan kaynaklandığı kabul edildi [26].

3.3.4. Clostridium perfringens Araştırılması

250 ml su iyice çalkalandıktan sonra membran filtrasyon sistemi kullanılarak 0.45µm por çaplı steril membran filtreden geçirildi. Membran filtre altta hiçbir hava kabarcığı kalmayacak şekilde m-CP Agar üzerine yerleştirildi. Bu şekilde hazırlanmış petriler

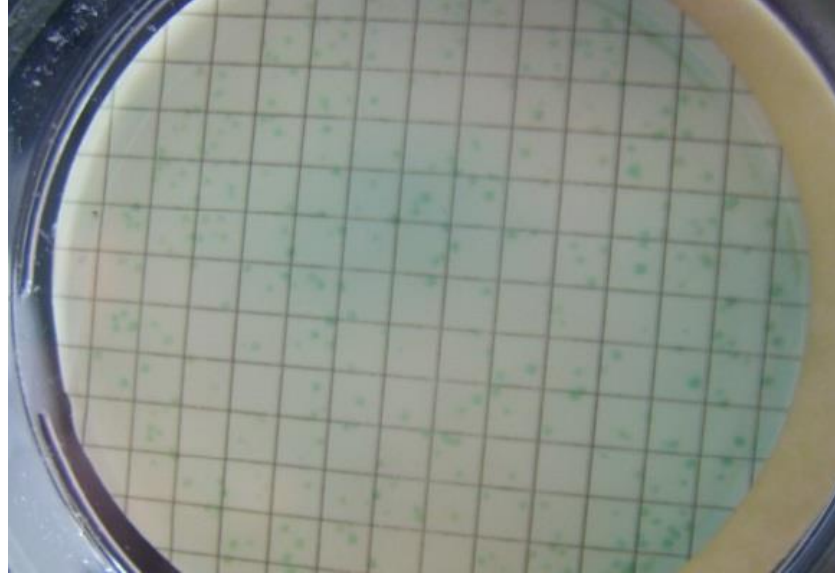
anaerob jara yerleştirilerek $44\pm1^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta 20 ± 4 saat inkübe edildikten sonra tanımlanan opak sarı koloniler şüpheli *C.perfringens* olarak kabul edildi ve doğrulamaya alındı. şüpheli kolonilerin bulunduğu petri 20-30 saniye amonyum hidroksit buharına ($\sim\%25$ 'lik) maruz bırakıldı ve sarıdan pembe-kırmızıya dönen koloniler *C.perfringens* olarak kabul edildi [26].



Resim 3.5. M-CP agarda üreyen *C.perfringens* kolonileri

3.3.5. *Pseudomonas aeruginosa* Araştırılması

250 ml su iyice çalkalandıktan sonra membran filtrasyon sistemi kullanılarak $0.45\mu\text{m}$ por çaplı steril membran filtreden geçirildi. Membran filtre altta hava kabarcığı olmayacak biçimde Cetrimid agar besiyeri üzerine yerleştirildi. Bu şekilde hazırlanmış petriler 44 ± 4 saat boyunca $36\pm2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta inkübe edildi. Membranlar bu süre sonunda koloni gelişimi açısından incelendi. Piyosiyanin üretmeyen ve floresan oluşturan koloniler olası *P.aeruginosa* olarak kabul edildi ve asetamit buyyon kullanılarak doğrulama yapıldı. İleri doğrulama için kullanılan yöntemler aşağıda verilmiştir:



Resim 3.6. Ceftrimid agarda üreyen *Pseudomonas aeruginosa* kolonileri

3.3.5.1. Oksidaz Testi

Seçimi yapılan tüm koloniler Nutrient agar üstüne ekimi yapıldı ve $36\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta 22 ± 2 saat boyunca inkübe edildi. Hazır kağıt şeritler yardımı ile test gerçekleştirildi. 10-15 saniye içerisinde koyu mavi-mor rengin oluşması pozitif olarak görüldü.

3.3.5.2. Amonyak Testi

Nutrient agarda izole edilen koloniler asetamit buyyon içeren bir tüpe ekildi ve 22 ± 2 saat $36\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta inkübe edildi. Asetamit buyyon tüpü üzerine 1-2 damla Nessler reaktifi eklendi. Sarıdan tuğla kırmızısı rengine kadar değişiklik gösteren bir renk meydana gelmesi amonyak üretimini gösterdi.

3.3.5.3. King B Agar'da Floresan Testi

Kahverengi-kırmızı renkli ve oksidaz pozitif olanlar nutrient agardan King B besiyerine ekildi ve 3-5 gün boyunca $36\pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta inkübe edildi. UV ışın altında gelişimi incelendi. 3-5 gün boyunca üreyenler floresanlar pozitif olarak görüldü.

3.4. Fizikokimyasal Analizler

3.4.1. Renk, Koku ve Tat

Renk, koku ve tat organoleptik yöntemle bakıldı herhangi bir kötü tat ve kokuya rastlanılmadı. Renkte herhangi bir anormallik tespit edilmedi.

3.4.2. pH ve Elektriksel İletkenlik

pH için 4,0-7,2 ve 10,2 tampon çözeltiler kullanılarak metrenin kalibrasyonu sağlandı. Her örnek için prob saf suyla yıkandı. Yıkamadan sonra kurutularak çalışmaya devam edildi. Elektriksel iletkenlik için cihazın diğer probu kullanıldı. Kalibrasyonu için sodyum klorür çözeltisi kullanıldı.

3.4.3. Demir

Mikroplak kutucuklarına 1 ml numune pipetlendi. 1 ml'sinde 0,200 mg demir bulunan çözelti hazırlandı. Tüm kutucuklara pipetlendikten sonra absorbanslar 510 nm dalga boyunda okundu.

Tablo 3.2. Demir için çözelti tablosu

	Kör	Test
Distile su	100 ml	-
Örnek	-	100 ml
0,200 Mg Demir Çözeltisi	100 ml	100 ml

3.4.4. Nitrat

Mikroplak kutucuklarına 100 µl numune pipetlendi. Tüm kuyucuklara 100 µl $VaCl_3$ konuldu. Daha sonra 100 µl griess ayracı pipetlenerek 30 dakikada 37 C⁰ etüvde inkübe sonra absorbanslar 540 nm dalga boyunda okundu.

Tablo 3.3. Nitrat için çözelti tablosu

	Kör	Test
Distile su	100 µl	-
Örnek	-	100 µl
VaCl3	100 µl	100 µl

3.4.5. Nitrit

Mikroplak kutucuklarına 100 µl numune pipetlendi tüm kuyucuklara 100 µl griess ayracı pipetlenerek 30 dakikada 37 C⁰ etüvde inkübe edildikten sonra absorbanslar 540 nm dalga boyunda okundu.

Tablo 3.4. Nitrit için çözelti tablosu

	Kör	Test
Distile su	100 µl	-
Örnek	-	100 µl
Griess Ayracı	100 µl	100 µl

3.4.6. Kalsiyum ve Toplam Sertlik Analizi

EDTA çözeltisi (0.01 M): 3.75 g EDTA tartılarak çözeltinin pH'ını yaklaşık 10,5 civarına ayarlandı. 17 mL 1 M NaOH ile birlikte çözündürülerek balon jode 1L'ye destile su ile tamamlandı.

Eriochrome Black T indikatörü: 0,2 g Eriochrome Black T ve 80 g NaCl bir havanda pudra haline getirilerek, koyu renkli bir şişede muhafaza edildi.

EDTA çözeltisinin (0.01 M) ayarlanması: Standart sert sudan 3 adet 100 mL'lik numune erlene alınarak kalsiyum sertlik tayini yöntemine göre yaklaşık çözeltinin sarf edilen miktarı belirlenerek kalsiyum hesabı yapıldı.

Behere 25 mL numune alınarak, numune pH'ının 10'a gelmesi için üzerine 1 mL tampon çözelti ilave edildi. Sonra sarı-kırmızımsı renk mavi renge dönünceye kadar 0.01 M EDTA çözeltisi ile titre edilerek aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{Toplam sertlik} = \frac{A \cdot B \cdot 1000}{V}$$

A = 0.01 M EDTA çözeltisinin sarfıyatı, mL

B = 1 mL EDTA çözeltisinin mg CaCO₃ türünden eşdeğeri,

V = Numune hacmi, mL

Toplam sertlik Fransız sertliği üzerinden hesaplanmıştır.

3.4.7. Magnezyum

Magnezyum kalsiyum ve toplam sertlik sonuçlarından hesaplama yöntemi ile elde edilmiştir

Hesaplama Yöntemi: $\text{Mg}^{+2}/l = [(\text{mg CaCO}_3/l) - \text{Ca}^{+2} \text{ sertliği (mg/L CaCO}_3)] \times 0.244$

3.5. İstatistiksel Analizler

Veriler SPSS (Statistical Package For Social Sciences) 20.0 paket programında uygun istatistiksel analizler kullanılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler yüzdeler, dağılımlar, min-max. değerler, ortalama ve standart sapma, olarak sunuldu. Grafik çizimleri Microsoft Excel programında gerçekleştirildi.

4. BULGULAR

Bu çalışmada, toplam 240 adet örnekle ile çalışılmış olup her istasyondan mikrobiyolojik ve fizikokimyasal örnekler alınmıştır. Örnekler membran filtrasyon yöntemi kullanılarak incelenmiştir. İncelenen örneklere ait minimum, maximum ve ortalama değerleri tablo 4.1 de verilmiştir. Aylara göre parametre değerleri tablo 4.2 - 4.13 de verilmiştir. İstasyonların mikrobiyolojik ve fizikokimyasal grafikleri şekil 4,1 - 4.13 verilmiştir.

Tablo 4.1. Alınan su örneklerinin minimum, maksimum ve ortalama değerleri

Parametre	Minimum	Maksimum	Ortalama
İletkenlik $\mu\text{S/cm}$	214,00	620,00	385,11 $\pm$ 90,91
Kalsiyum mg/L	20,39	99,53	56,69 $\pm$ 22,68
pH	7,04	8,93	7,84 $\pm$ 0,45
Nitrat mg/L	0,01	4,86	1,25 $\pm$ 1,11
Nitrit mg/L	0,01	0,25	0,13 $\pm$ 0,08
Demir mg/L	0,00	0,04	0,02 $\pm$ 0,01
Magnezyum mg/L	2,00	6,30	3,89 $\pm$ 1,05
Sertlik $^{\circ}\text{Fr}$	5,80	25,70	14,9 $\pm$ 5,68
Koliform	0,00	105	20,03 $\pm$ 31,8
<i>E.coli</i>	0,00	81	9,48 $\pm$ 17,3
Enterekok	0,00	32	1,9 $\pm$ 4,48
<i>P.aureginosa</i>	0,00	6	0,13 $\pm$ 0,73
<i>C.perfinges</i>	0,00	8	0,37 $\pm$ 1,24
Sülfid İndirgeyen Anaeroplara	0,00	6	0,24 $\pm$ 0,82

Tablo 4.2. Kasım ayı istasyonlardan alınan su örneklerinin mikrobiyolojik değerleri

İstasyon	Koliform	E.coli	Enterekok	P.aureginosa	C.perfinges	Sülfid İndirgeyen Anaeroplara
1	96	70	4	0	2	0
2	0	0	2	0	0	0
3	66	34	0	0	1	0
4	15	5	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	4	4	0	0	2	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	67	16	3	0	0	0
11	75	25	6	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0
14	105	54	7	3	5	0
15	0	0	0	0	0	0
16	36	12	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	18	8	4	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0

Tablo 4.3. Aralık ayı istasyonlardan alınan su örneklerinin mikrobiyolojik değerleri

İstasyon	Koliform	E.coli	Enterekok	P.aureginosa	C.perfinges	Sülfid İndirgeyen Anaeroplara
1	48	34	2	0	2	0
2	0	0	0	0	0	0
3	18	8	3	0	0	0
4	22	6	0	0	0	0
5	9	4	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	4	2	0	2	1
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	48	16	0	0	0	0
11	72	32	0	0	0	0
12	0	0	4	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0
14	28	14	0	2	4	1
15	0	0	0	0	0	0
16	36	12	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	36	14	5	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0

Tablo 4.4. Ocak ayı istasyonlardan alınan su örneklerinin mikrobiyolojik değerleri

İstasyon	Koliform	E.coli	Enterekok	P.aureginosa	C.perfinges	Sülfid İndirgeyen Anaeroplara
1	15	2	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	12	0	0	0	0	0
4	28	11	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	15	2	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	2	0
15	12	6	2	0	0	0
16	28	9	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	53	25	4	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0

Tablo 4.5. Şubat ayı istasyonlardan alınan su örneklerinin mikrobiyolojik değerleri

İstasyon	Koliform	E.coli	Enterekok	P.aureginosa	C.perfinges	Sülfid İndirgeyen Anaeroplara
1	34	12	8	0	0	1
2	0	0	0	0	0	0
3	18	4	0	0	0	0
4	18	4	5	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	28	7	2	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	65	42	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0
14	84	48	6	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0
16	20	5	4	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	91	30	15	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0

Tablo 4.6. Mart ayı istasyonlardan alınan su örneklerinin mikrobiyolojik değerleri

İstasyon	Koliform	E.coli	Enterekok	P.aureginosa	C.perfinges	Sülfid İndirgeyen Anaeroplara
1	90	47	8	0	5	2
2	0	0	0	0	0	0
3	34	15	4	0	0	0
4	29	14	6	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	4	4	2	0	2	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	88	46	4	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0
14	100	72	2	4	8	0
15	0	0	0	0	0	0
16	67	36	4	0	0	2
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	78	21	6	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0

Tablo 4.7. Nisan ayı istasyonlardan alınan su örneklerinin mikrobiyolojik değerleri

İstasyon	Koliform	E.coli	Enterekok	P.aureginosa	C.perfinges	Sülfid İndirgeyen Anaeroplara
1	100	34	32	0	6	6
2	0	0	0	0	0	0
3	45	21	4	0	0	0
4	62	33	6	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	8	3	2	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	96	59	16	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0
14	100	81	14	6	3	2
15	0	0	0	0	0	0
16	88	32	9	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	94	41	21	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0

Tablo 4.8. Kasım ayı istasyonlardan alınan su örneklerinin fizikokimyasal değerleri

İstasyon	pH	İletkenlik (μ S/cm)	Nitrat (mg/L)	Nitrit (mg/L)	Demir (mg/L)	Kalsiyum (mg/L)	Magnezyum (mg/L)	Sertlik 0F
1	7,2	328	1,09	0,2	0,02	56,33	3,80	14,90
2	7,6	327	0,68	0,14	0,03	60,74	3,10	15,90
3	7,8	216	0,8	0,22	0,01	67,82	3,80	17,70
4	7,9	339	0,31	0,1	0,01	90,01	3,10	23,20
5	8,1	272	0,1	0,01	0,01	93,09	4,10	24,10
6	7,1	369	0,93	0,13	0,01	21,25	2,20	5,90
7	7,3	251	0,64	0,19	0,02	33,62	4,40	9,30
8	7,6	272	0,65	0,09	0,01	67,95	4,60	17,80
9	7,8	261	0,93	0,01	0,02	69,13	4,20	18,10
10	7,7	327	1,18	0,01	0,01	71,68	3,60	18,70
11	7,5	287	0,91	0,21	0,01	62,17	3,10	16,30
12	7,2	386	0,69	0,19	0,02	22,01	2,80	6,20
13	7,3	250	1,13	0,18	0,01	29,84	3,80	8,20
14	7,4	401	3,07	0,25	0,02	66,27	5,40	17,50
15	7,8	319	0,79	0,19	0,01	64,32	2,80	16,80
16	8,2	437	0,92	0,09	0,02	88,51	3,60	22,90
17	8,3	293	2,91	0,01	0,02	73,64	4,70	19,30
18	7,1	319	1,52	0,01	0,02	23,95	3,30	6,70
19	7,3	306	0,07	0,21	0,01	31,99	2,70	8,70
20	7,6	387	0,141	0,1	0,01	36,14	5,30	10,00

Tablo 4.9. Aralık ayı istasyonlardan alınan su örneklerinin fizikokimyasal değerleri

İstasyon	pH	İletkenlik (μ S/cm)	Nitrat (mg/L)	Nitrit (mg/L)	Demir (mg/L)	Kalsiyum (mg/L)	Magnezyum (mg/L)	Sertlik 0F
1	7,6	347	0,28	0,18	0,03	54,64	3,40	14,40
2	8,0	366	0,09	0,25	0,02	58,92	2,80	15,40
3	8,2	246	0,02	0,19	0,02	65,79	3,40	17,20
4	8,3	288	0,03	0,09	0,01	87,31	2,70	22,50
5	8,5	340	0,01	0,01	0,02	90,30	4,40	23,40
6	7,5	420	0,03	0,01	0,02	20,61	2,60	5,80
7	7,7	334	0,01	0,21	0,02	32,61	5,00	9,10
8	8,0	343	0,01	0,10	0,01	65,91	5,30	17,40
9	8,2	376	0,12	0,01	0,03	67,06	4,90	17,70
10	8,1	373	0,03	0,01	0,02	69,53	3,30	18,10
11	7,9	330	0,01	0,21	0,02	60,30	2,80	15,80
12	7,6	270	0,08	0,19	0,01	21,35	2,00	5,90
13	7,7	310	0,28	0,18	0,02	28,94	4,50	8,10
14	7,8	329	0,09	0,01	0,02	64,28	5,90	17,10
15	8,2	398	0,02	0,01	0,02	62,39	3,20	16,30
16	8,6	319	0,03	0,21	0,02	85,85	3,00	22,20
17	8,7	308	0,01	0,19	0,03	71,43	5,10	18,80
18	7,5	421	0,03	0,18	0,02	23,23	3,90	6,60
19	7,7	352	0,01	0,21	0,01	31,03	2,40	8,40
20	7,6	441	0,08	0,10	0,02	35,06	5,70	9,70

Tablo 4.10. Ocak ayı istasyonlardan alınan su örneklerinin fizikokimyasal değerleri

İstasyon	pH	İletkenlik ($\mu\text{S/cm}$)	Nitrat (mg/L)	Nitrit (mg/L)	Demir (mg/L)	Kalsiyum (mg/L)	Magnezyum (mg/L)	Sertlik 0F
1	7,9	386	1,63	0,2	0,04	55,73	3,00	14,60
2	8,4	448	1,09	0,14	0,01	60,10	2,40	15,70
3	8,6	311	1,32	0,22	0,02	67,10	3,00	17,50
4	8,7	333	0,37	0,1	0,01	90,80	3,00	23,40
5	8,9	293	0,19	0,01	0,02	93,91	4,00	24,30
6	7,8	532	1,53	0,13	0,02	21,02	2,80	5,90
7	8,1	558	1,36	0,19	0,01	34,24	4,30	9,40
8	7,9	520	1,26	0,09	0,01	67,23	4,50	17,70
9	7,9	404	2,25	0,01	0,02	68,40	4,10	17,90
10	7,2	473	1,95	0,01	0,02	70,92	2,90	18,40
11	8,3	424	1,52	0,21	0,02	61,51	2,50	16,00
12	7,9	291	0,58	0,19	0,02	21,78	2,40	6,10
13	8,1	457	2,14	0,18	0,02	30,39	4,00	8,40
14	8,2	318	3,09	0,25	0,02	65,57	5,30	17,30
15	8,6	596	1,52	0,19	0,02	63,64	3,50	16,70
16	8,8	311	0,83	0,09	0,02	89,29	3,40	23,10
17	7,6	336	4,20	0,01	0,03	72,86	4,60	19,10
18	7,8	376	3,20	0,01	0,01	23,70	3,50	6,70
19	8,1	330	0,12	0,21	0,01	32,58	2,90	8,80
20	7,6	558	0,23	0,1	0,02	36,81	5,20	10,10

Tablo 4.11. Şubat ayı istasyonlardan alınan su örneklerinin fizikokimyasal değerleri

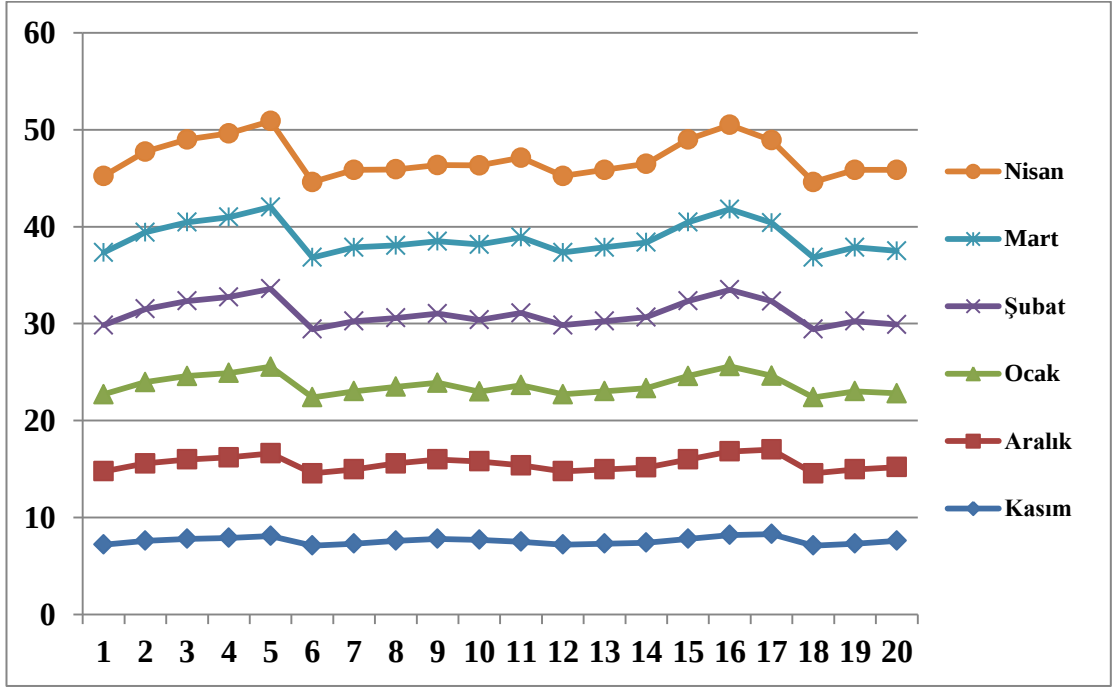
İstasyon	pH	İletkenlik ($\mu\text{S/cm}$)	Nitrat (mg/L)	Nitrit (mg/L)	Demir (mg/L)	Kalsiyum (mg/L)	Magnezyum (mg/L)	Sertlik 0F
1	7,1	406	2,00	0,20	0,03	54,06	3,20	14,20
2	7,5	480	1,33	0,14	0,02	58,29	2,60	15,20
3	7,7	330	1,64	0,22	0,02	65,09	3,20	17,00
4	7,8	360	0,44	0,10	0,01	88,99	2,50	22,90
5	8,0	214	0,17	0,01	0,02	92,03	3,70	23,80
6	7,0	505	1,70	0,13	0,02	20,39	3,20	5,80
7	7,2	502	1,71	0,19	0,02	35,95	4,90	9,90
8	7,1	410	1,31	0,09	0,01	65,21	5,10	17,20
9	7,1	336	1,59	0,01	0,03	66,35	4,70	17,50
10	7,4	520	2,50	0,01	0,02	68,79	3,10	17,90
11	7,4	492	2,07	0,21	0,02	59,67	2,70	15,60
12	7,1	344	0,82	0,19	0,01	21,12	2,20	5,90
13	7,2	402	2,42	0,18	0,02	31,91	4,90	8,90
14	7,3	327	3,34	0,25	0,02	63,60	5,20	16,80
15	7,7	453	1,50	0,19	0,02	61,73	4,00	16,20
16	7,9	321	0,90	0,09	0,02	87,50	2,90	22,60
17	7,7	349	4,63	0,01	0,03	70,67	4,30	18,50
18	7,0	305	1,94	0,01	0,02	22,99	4,20	6,60
19	7,2	313	0,10	0,21	0,01	34,21	2,60	9,20
20	7,1	474	0,23	0,10	0,02	38,65	5,00	10,60

Tablo 4.12. Mart ayı istasyonlardan alınan su örneklerinin fizikokimyasal değerleri

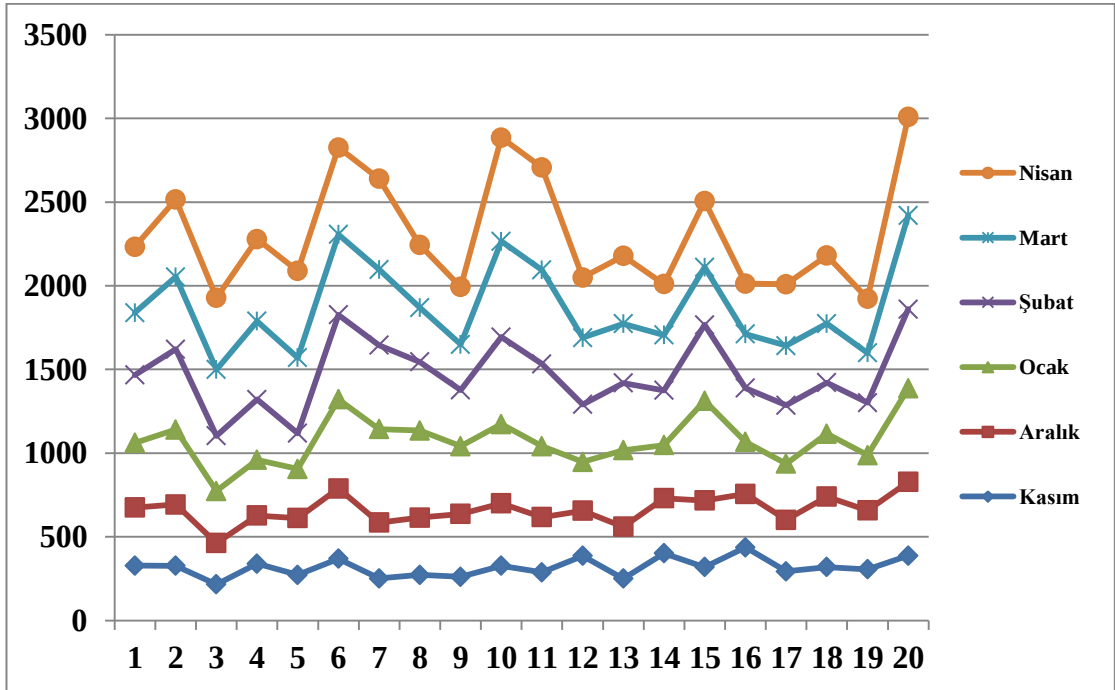
İstasyon	pH	İletkenlik (µS)	Nitrat (mg/L)	Nitrit (mg/L)	Demir (mg/L)	Kalsiyum (mg/L)	Magnezyum (mg/L)	Sertlik F
1	7,5	372	1,64	0,20	0,03	55,68	3,70	14,70
2	7,9	432	1,20	0,14	0,02	60,04	3,00	15,70
3	8,1	396	1,97	0,22	0,02	67,04	3,70	17,50
4	8,2	468	0,58	0,1	0,01	91,66	2,90	23,60
5	8,4	451	0,21	0,01	0,02	94,79	4,00	24,50
6	7,4	480	1,62	0,13	0,02	21,01	3,60	6,00
7	7,6	452	1,54	0,19	0,02	37,75	5,10	10,40
8	7,5	324	1,04	0,09	0,01	67,17	5,40	17,70
9	7,5	272	1,29	0,01	0,03	68,34	5,00	18,00
10	7,8	572	2,75	0,01	0,02	70,86	3,60	18,50
11	7,8	561	2,37	0,21	0,02	61,46	3,10	16,10
12	7,5	399	0,95	0,19	0,01	21,76	2,30	6,10
13	7,6	354	2,13	0,18	0,02	33,51	4,60	9,20
14	7,7	331	3,38	0,25	0,02	65,51	5,60	17,30
15	8,1	344	1,14	0,19	0,02	63,58	4,60	16,80
16	8,3	324	0,91	0,09	0,02	90,13	3,30	23,30
17	8,1	356	4,72	0,01	0,03	72,79	4,50	19,00
18	7,4	353	2,25	0,01	0,02	23,67	4,00	6,70
19	7,6	298	0,09	0,21	0,01	35,92	2,80	9,70
20	7,6	560	0,27	0,10	0,02	40,58	5,50	11,10

Tablo 4.13. Nisan ayı istasyonlardan alınan su örneklerinin fizikokimyasal değerleri

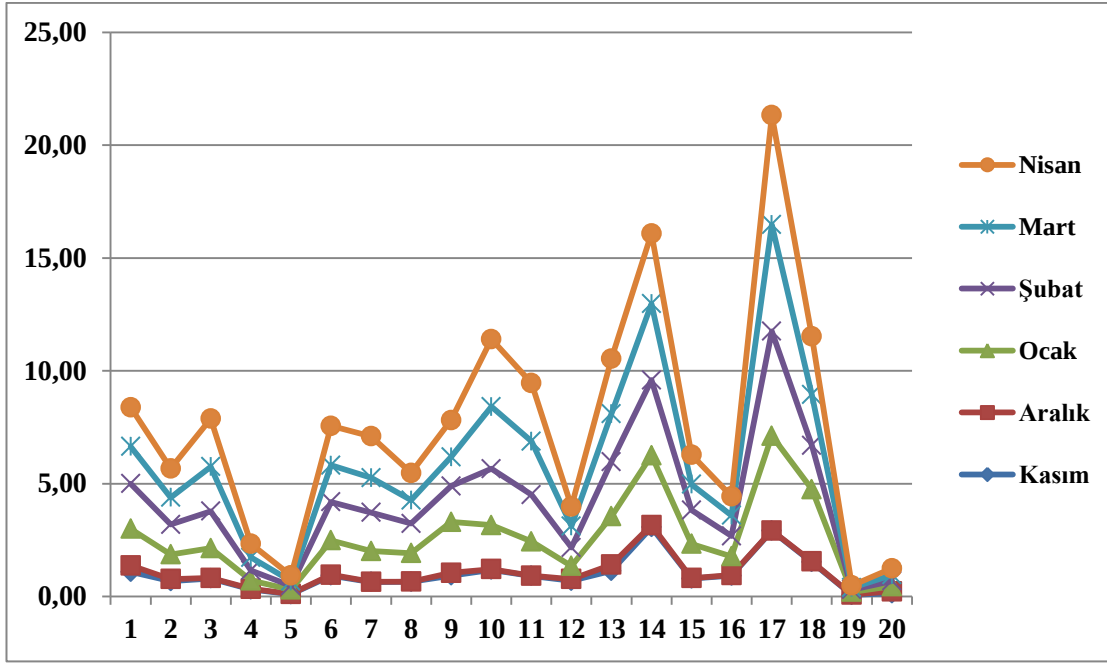
İstasyon	pH	İletkenlik (µS/cm)	Nitrat (mg/L)	Nitrit (mg/L)	Demir (mg/L)	Kalsiyum (mg/L)	Magnezyum (mg/L)	Sertlik 0F
1	7,8	394	1,74	0,2	0,03	58,47	4,10	15,40
2	8,3	463	1,28	0,14	0,01	63,04	3,40	16,50
3	8,5	429	2,13	0,22	0,02	70,39	4,10	18,40
4	8,6	491	0,60	0,10	0,02	96,24	3,30	24,80
5	8,8	518	0,25	0,01	0,02	99,53	4,60	25,70
6	7,7	520	1,75	0,13	0,02	22,06	4,10	6,30
7	7,9	542	1,84	0,19	0,01	39,26	5,90	10,80
8	7,8	375	1,2	0,09	0,01	70,53	6,20	18,60
9	7,8	344	1,63	0,01	0,02	71,75	5,70	18,90
10	8,1	620	2,99	0,01	0,02	74,40	4,00	19,40
11	8,2	612	2,58	0,21	0,03	64,53	3,40	16,90
12	7,8	359	0,86	0,19	0,02	22,84	2,50	6,40
13	7,9	405	2,44	0,18	0,02	34,85	5,10	9,60
14	8,1	304	3,11	0,25	0,02	68,78	6,30	18,20
15	8,5	396	1,31	0,19	0,01	66,76	5,20	17,60
16	8,7	301	0,85	0,09	0,02	94,63	3,80	24,40
17	8,4	367	4,86	0,01	0,03	76,43	5,10	20,00
18	7,7	406	2,59	0,01	0,01	24,86	4,40	7,10
19	7,9	324	0,10	0,21	0,01	37,36	3,00	10,00
20	8,3	588	0,29	0,10	0,02	42,20	6,10	11,60



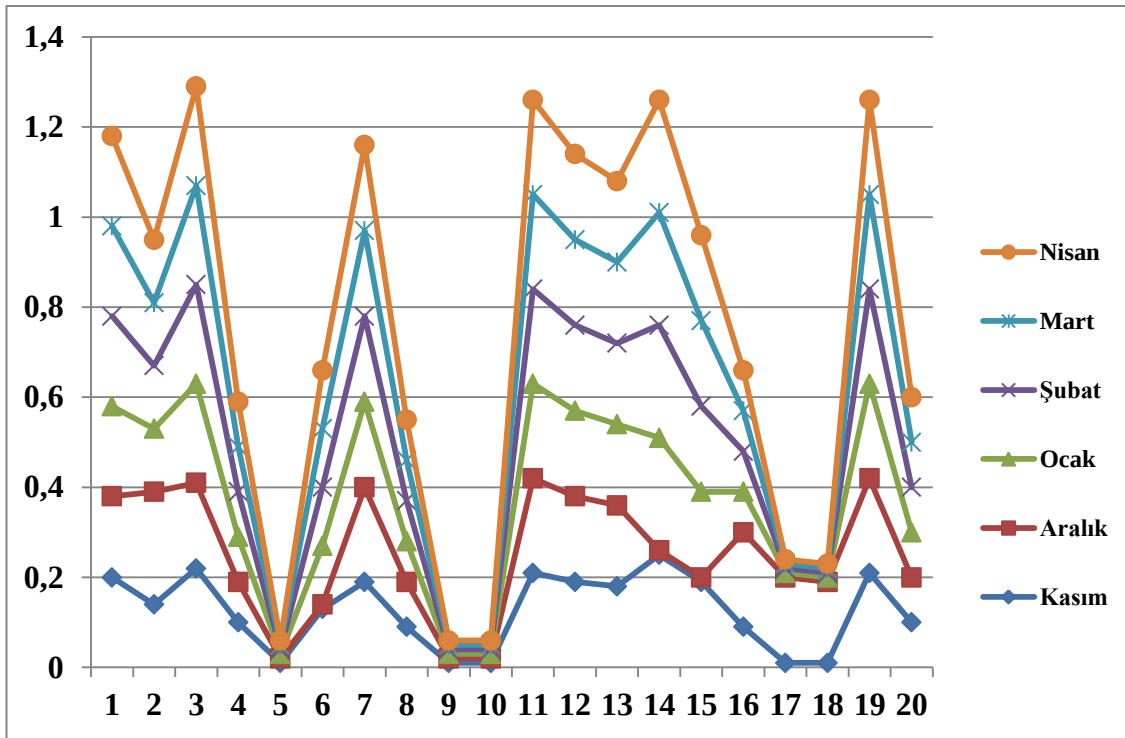
Şekil 4.1. Aylara göre Ph değişim grafiği



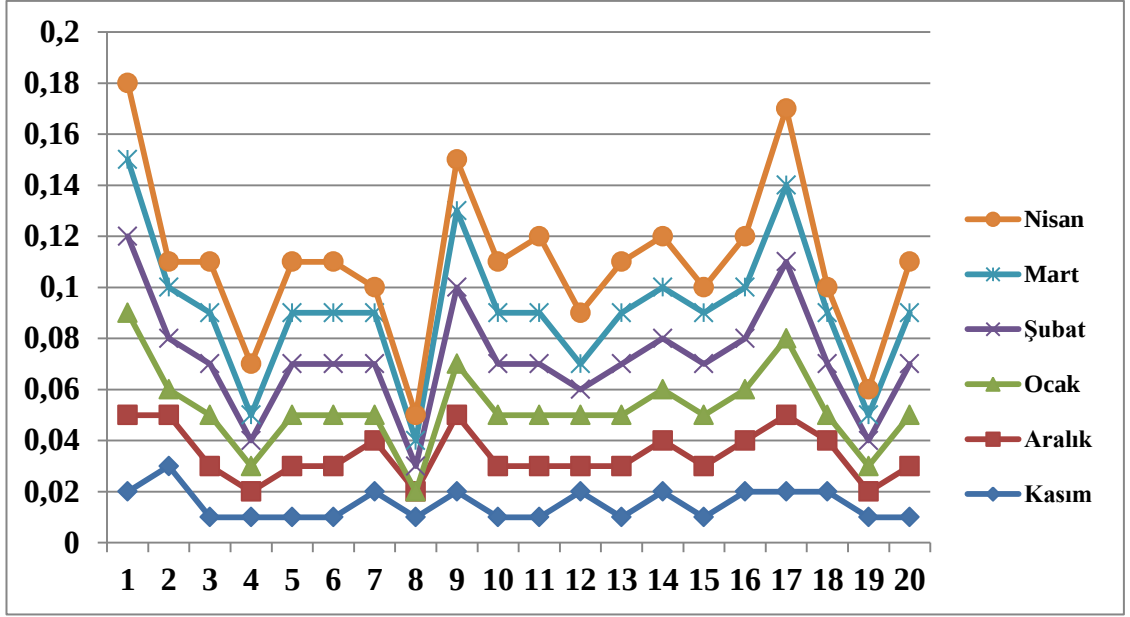
Şekil 4.2. Aylara göre iletkenlik değişim grafiği



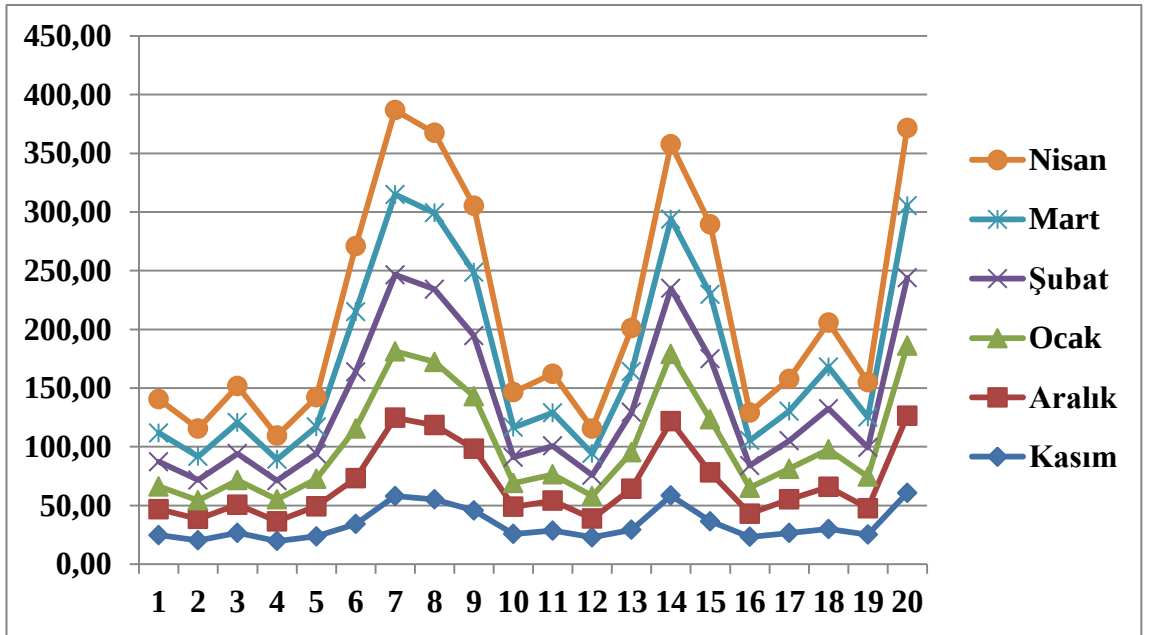
Şekil 4.3. Aylara göre nitrat değişim grafiği



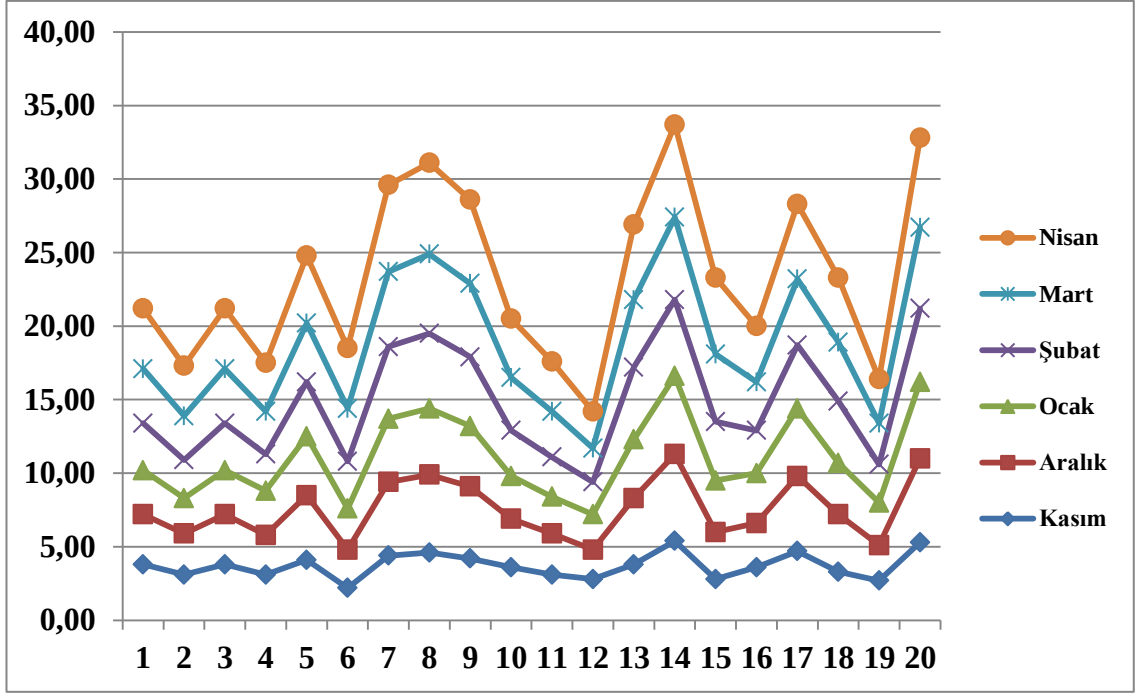
Şekil 4.4. Aylara göre nitrit değişim grafiği



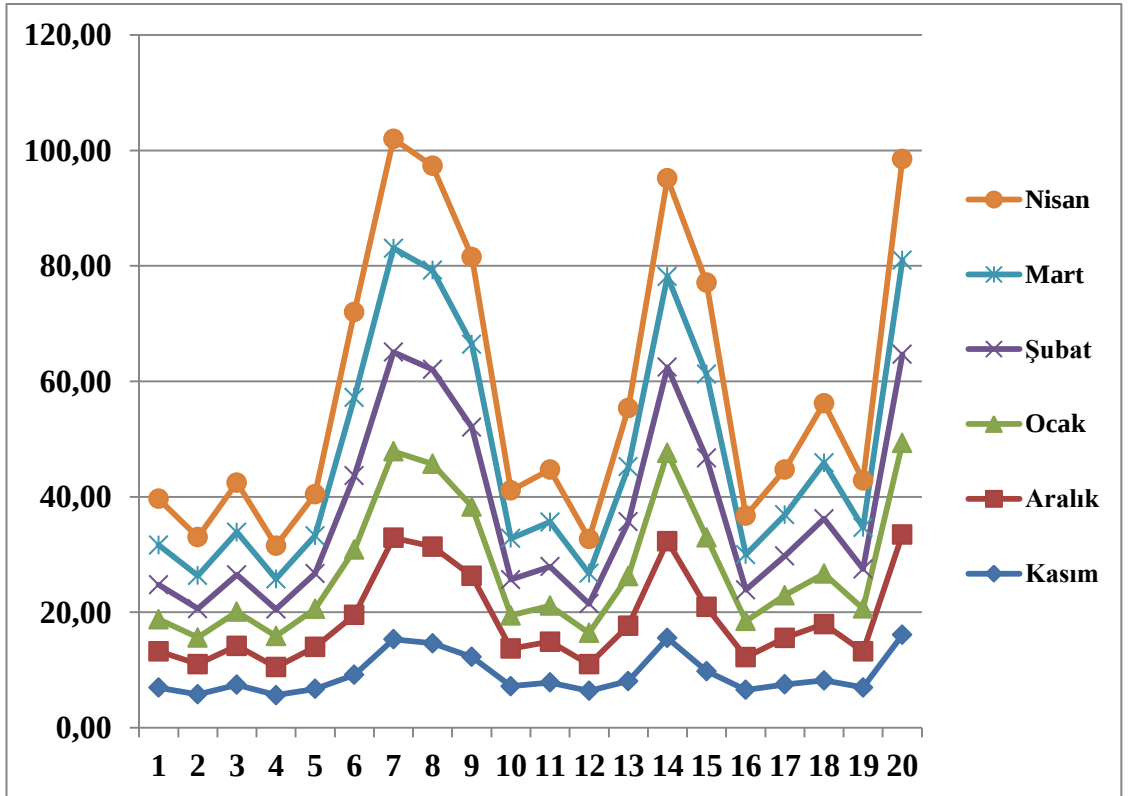
Şekil 4.5. Aylara göre demir değişim grafiği



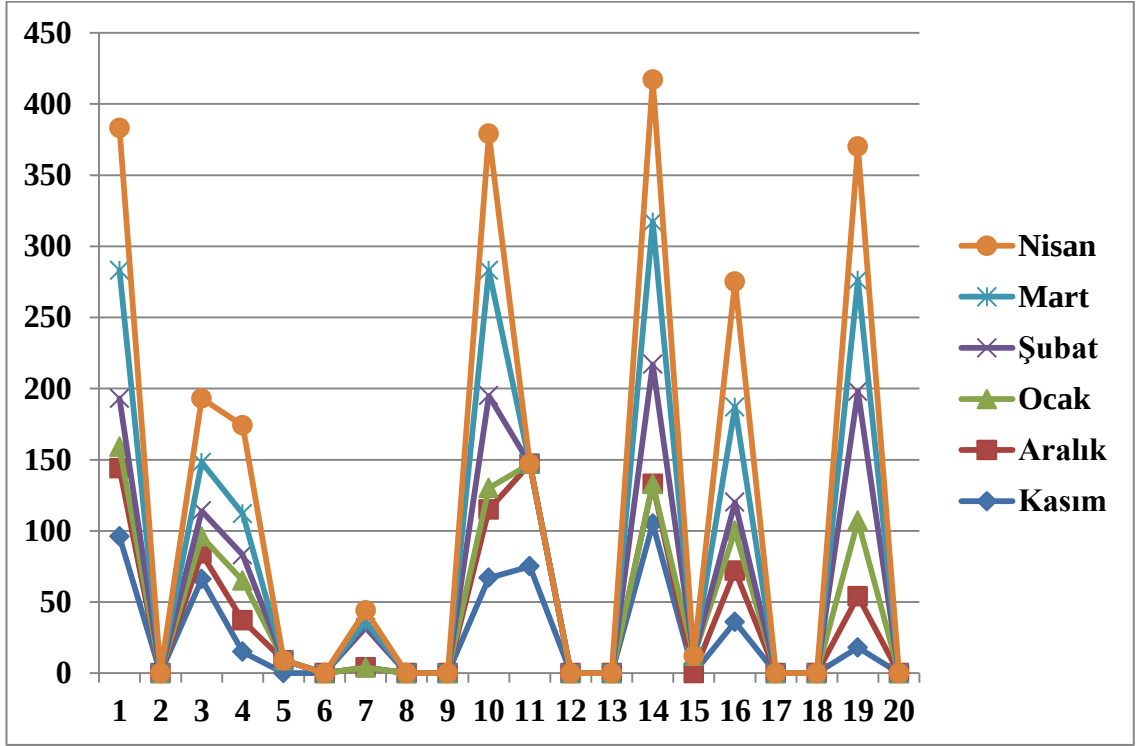
Şekil 4.6. Aylara göre kalsiyum değişim grafiği



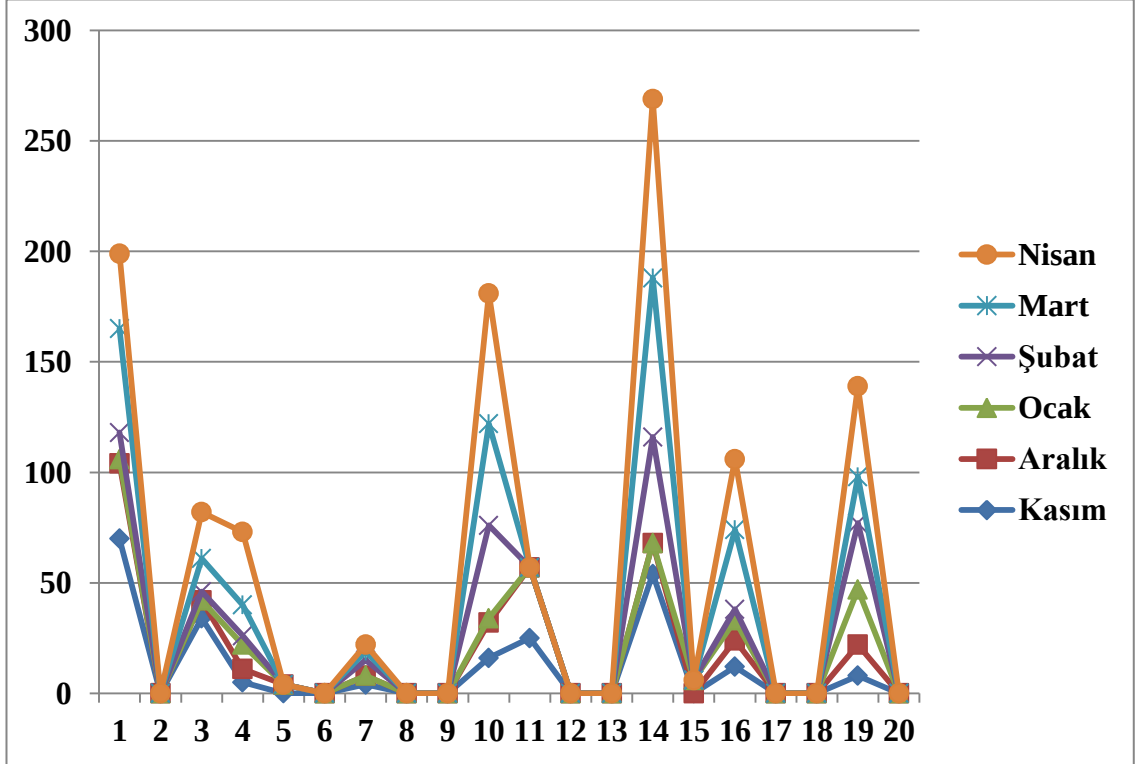
Şekil 4.7. Aylara göre magnezyum değişim grafiği



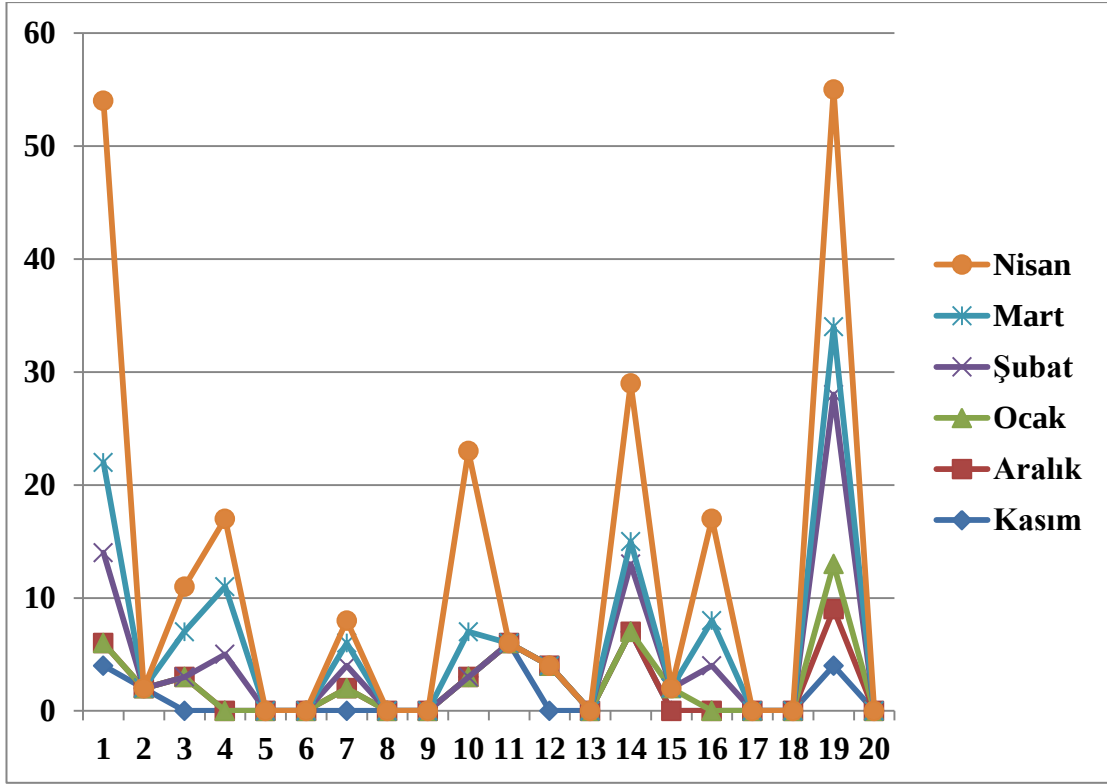
Şekil 4.8. Aylara göre sertlik değişim grafiği



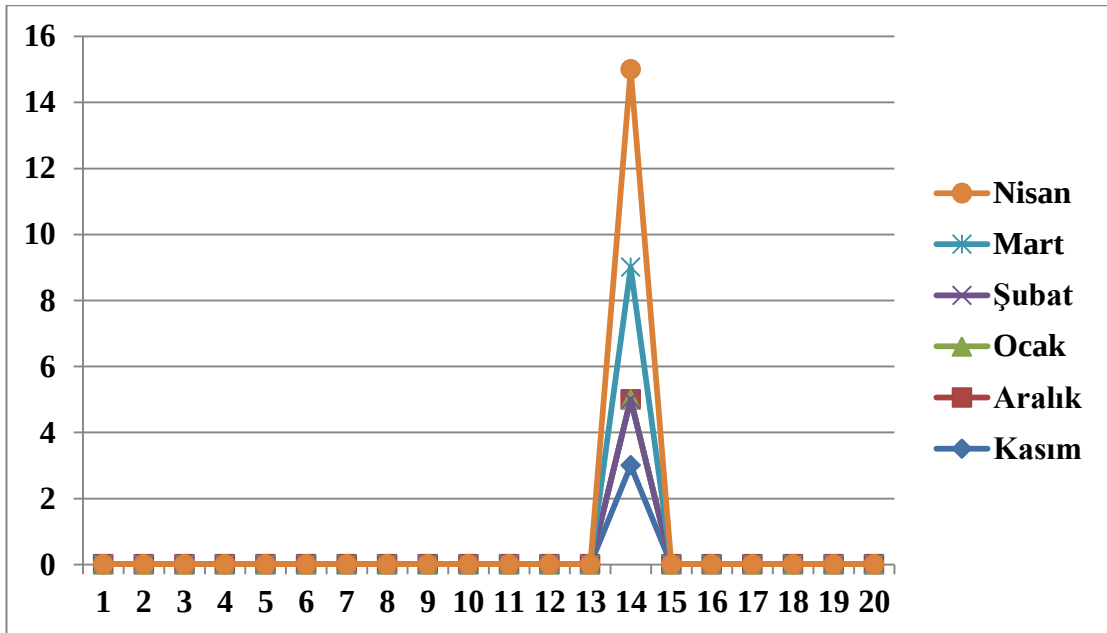
Şekil 4.9. Aylara göre koliform değişim grafiği



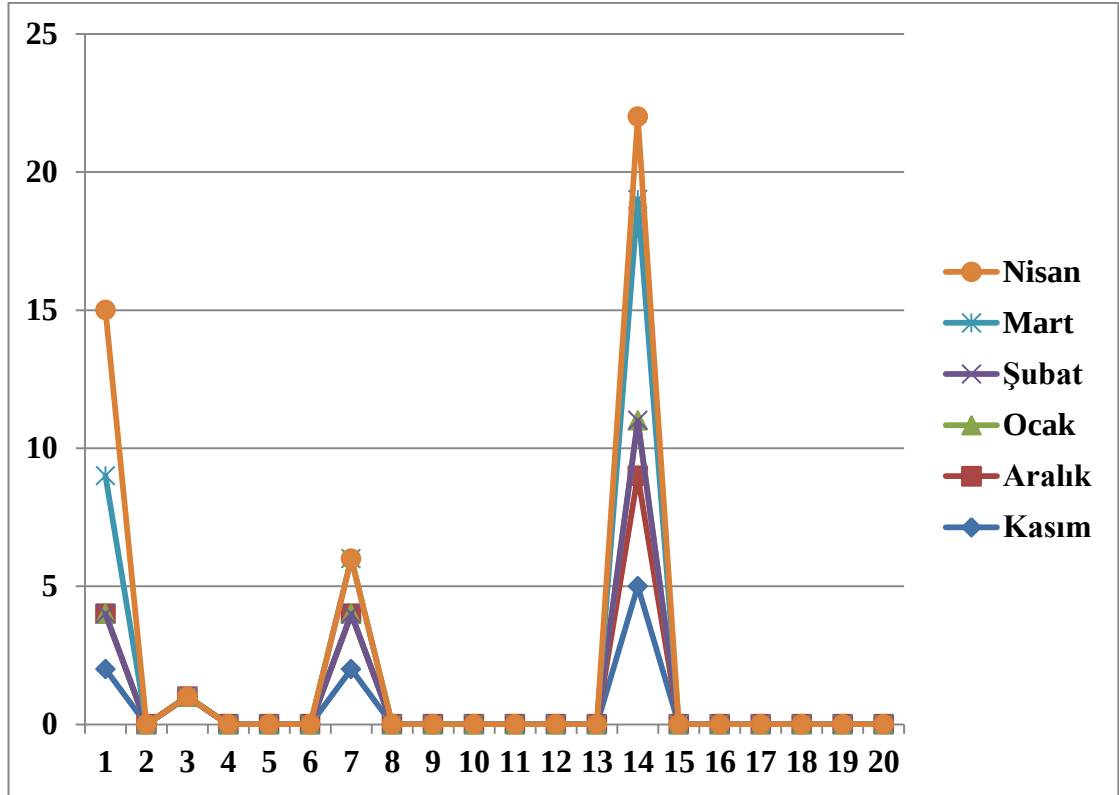
Şekil 4.10. Aylara göre *E.coli* değişim grafiği



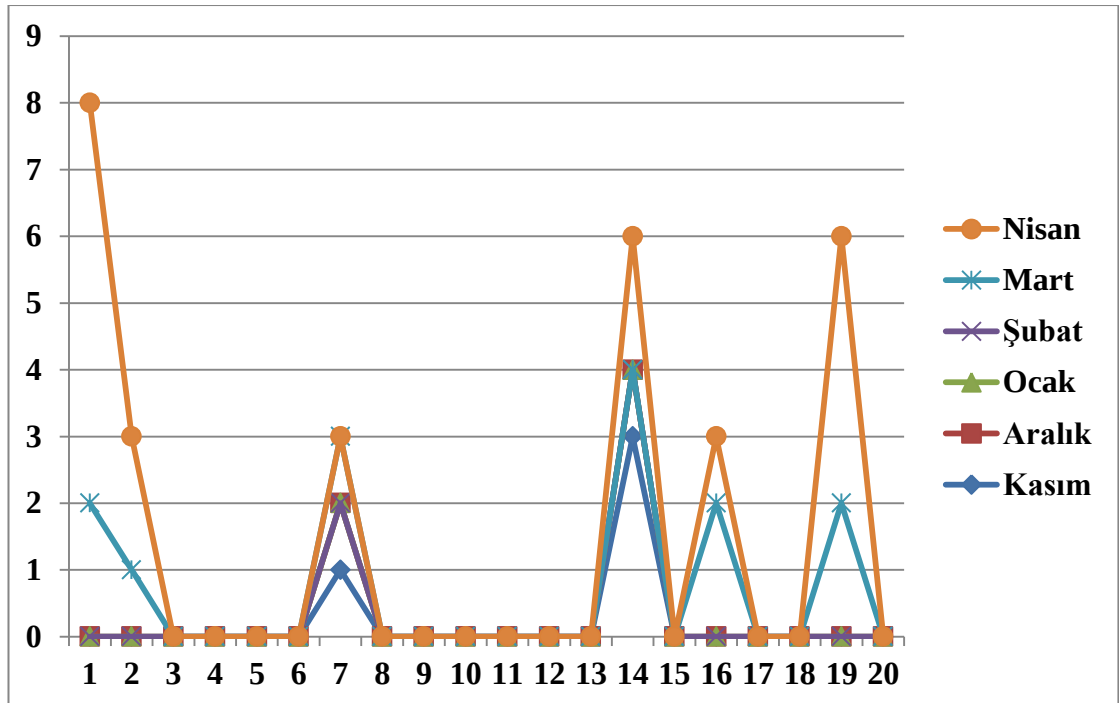
Şekil 4.11. Aylara göre enterekok değişim grafiği



Şekil 4.12. Aylara göre P.aureginosa değişim grafiği



Şekil 4.13. Aylara göre *C.perfinges* değişim grafiği



Şekil 4.14. Aylara göre sülfite indirgeyen anaeroplara değişim grafiği

5.TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu araştırmada, Kars ilinde içme suyu olarak kullanılan şebeke, kaynak ve kuyu sularının fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin ve içilebilirlik oranlarının tespit edilmesi hedeflenmiştir. Bu nedenle çalışma 1 Kasım 2014 tarihinde başlamış 30 Nisan 2015 tarihinde tamamlanmıştır. Bu süre zarfında Kars ilinin yirmi farklı bölgesinden her ay düzenli bir şekilde su örnekleri alınmıştır. Su numunelerinin, normalde insan ve diğer sıcakkanlı hayvanların bağırsaklarında yaşayan *E. coli* miktarı bakımından analiz edilmesi, fekal kirliliğin varlığını gösterir. Koliform bakteriler için yapılan analizlerin yorumlanması ise bazı koliformlar sadece bağırsaklarda değil, toprak içerisinde ve tatlı sularda da bulunduğu daha zordur [5,9,11,28]. Bu nedenle koliform bakterilerin varlığı, fekal kirliliğin bir kanıtı değil, arıtma veya dağıtımdaki bir sorunun indikatörü olabilir. Kars ilinde 20 Aralık 2012 tarihinden itibaren faaliyet göstermekte olan arıtım tesisinden şebekeye giden bölgelerde uzun süre kirlilik indikatörü olan mikroorganizmalarda yüksek düzeyde bir üreme görülmemiştir.

Bu araştırmada, Kars ilindeki içme sularının fekal kirlilik durumunun “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik” ve uluslararası normlara uygunluğu incelenmiştir [13]. Kars ilinde 1994 yılında Leleoğlu ve Güllüce [29] içme sularında yapmış oldukları mikrobiyolojik ve kimyasal analizlerde suların %43,75’inin kirli, %56,25’inin temiz olduğunu; kirlilik düzeyinin çok yüksek olmadığını bildirmişlerdir. 2006 yılında Kireççi ve arkadaşları [2] Kars ili Sarıkamış ilçesinde membran filtrasyon yöntemiyle mikrobiyolojik analizler yapmış ve kirlilik oranını %30 olarak saptamışlardır.

Araştırmada, arıtım tesisi tarafından klorlama yapıldığından su örneklerinde Koliform, *E.coli* ve enterekokların tespiti daha iyi yapabilmek için sodyum tiyosülfatlı şişe ve mikrobiyolojik seyreltmeler uygulanmıştır. Bu çalışmada, “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik” hükümlerine göre 9 bölgeden alınan su örneklerinde koliform ve *E.coli* açısından kirlilik olduğu saptanmıştır. Koliform ve *E.coli* miktarının özellikle yağış miktarının arttığı Mart-Nisan aylarında artış gösterdiği tespit edilmiştir. Enterekoklar klora ve olumsuz yaşam şartlarına dirençli olan bu grup mikroorganizmalar 8 istasyonda tespit edilmiştir. 1-2-4-7 No’lu bölgelerde üremenin arttığı ayrıca bu bölgelerde hayvancılık yapıldığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle şebeke ve kaynak sularına şebekeden toprak altı sızmalardan kaynaklanan bir kirlilik olduğu

düşünülebilir. 1 No'lu bölgede il hayvan pazarının da bulunması nedeniyle bölgede şebeke suyuna bir sızma olabileceği kanaatine varılmıştır.

Pseudomonas aeruginosa, fırsatçı patojen grup içinde yer alan mikroorganizmalardan biridir. Rutubetli topraklarda, suda, bitkilerin yaprak ve gövde kısımlarında saprofit bir biçimde yaşamaktadır. Besin maddelerinin çok düşük düzeyde olan sular bile üreyebilmektedir [11,21]. Çalışmada, bir bölgede kaynak suyunda *Pseudomonas aeruginosa* tespit edilmiş olup burada biyofilmlere rastlanmıştır.

C.perfringens sülfiti indirgeyen anaerob Clostridiaların en önemli grubudur ve normal olarak insan ve hayvan dışkısında bulunur [11,21]. Çalışmada, 4 bölgede *C.perfringens* saptanmıştır. Bu bölgelerde uzun süreli bir kirlilik olduğu görülmüştür.

Sülfid redükte anaerob bakteri sporları ortamda oldukça yaygındır. Özellikle insan ve hayvan dışkılarında, atık suda ve toprakta bulunur. *E.coli* ve diğer koliform bakterilerden farklı olarak, sporlar kimyasal ve fiziki faktörlere vejetatif formlardan daha dayanıklı olduklarından ve suda daha uzun yaşadıklarından kirlenmenin uzun süreli bir göstergesidir [5]. Çalışmada, 2 Bölgede sülfid redükte anaerob bakteri sporları tespit edilmiştir, aynı zamanda bu bölgelerde *C.perfringens* tespit edilmiştir.

Suyun pH derecesi suyla karışmış hidrojen iyon konsantrasyonunu ve aynı zamanda o suyun sertlik derecesinin de belirleyicisidir [9,15]. Araştırmada, bölgelerden alınan su örneklerinde pH düzeyleri, “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik’e göre $\geq 6,5$ ve $\leq 9,5$ aralığında olup ortalama $7,84 \pm 0,45$ düzeyinde olduğu saptanmıştır. pH en az şubat ayında 7,04 olarak 6. bölgede, en yüksek ise 8,93 ile 5. istasyonda analiz edilmiştir.

Demir, önemli bir su kalitesi değişkenidir. İçme suyundaki demir düzeyleri su kalitesi ve su kirliliği yönünden önemli bir yere sahiptir. İçme sularında demir düzeyinin yüksek olmasının nedeni su kesintisi fazla olması, demiri enerji kaynağı olarak kullanan mikroorganizma türleri demiri indirgeyerek paslı ve biyofilm ile beraber çamur oluşturmakta borularına tıkanmasına neden olmaktadır. İçme suyunda demirin 0,3 mg/l kadar tadı fark edilememektedir. İçme suyu demir düzeyleri ulusal ve uluslararası su kalite standartların normal düzeyleri 0,05-0,3 mg/L olması, içme suyunun kaliteli olduğunu göstermektedir [9,18,30,31]. Bu çalışmada, demir düzeyleri 0,01-0,4 mg/L olup ortalama $0,02 \pm 0,01$ mg/L’ dir. En yüksek demir düzeyi Şubat ayında 14 bölgede

0,25 mg/L düzeyinde bulunmuştur. Demir genel olarak düşük düzeylerde seyretmektedir.

Araştırmada, en düşük elektriksel iletkenlik 214 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ile Şubat ayında 5 bölgede, en yüksek değer ise 620 $\mu\text{S}/\text{cm}$ Nisan ayında 10. istasyonda ortalama $385,11 \pm 90,91$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ kaydedilmiştir. Elektriksel iletkenlik analizleri suda bulunan iyon konsantrasyonu hakkında bilgi sahibi olmamız sağlamakla birlikte suda çözünmüş iyon miktarı arttıkça elektriksel iletkenlik de artar [9,15].

Nitrat ve nitrit bulunan suların halk sağlığı üzerindeki bulunan zararlı etkilerini bertaraf etmek veya minimum bir seviyeye indirmek için bazı yasal düzenlemeler yapılmıştır. Türkiye Avrupa Birliği ülkelerinde içme ve kullanma sularında bulunabilecek maksimum nitrit ve nitrat bulunması gereken limitleri sırasıyla 0.50 mg/L ve 50 mg/L olarak belirlenmiştir.[9,32].

Çalışmada, içme sularında nitrit düzeyleri 0,01-0,25 mg/L arası olup, incelenen içme su örneklerinde tüm aylarda ve bölgelerde, ortalama olarak $0,13 \pm 0,08$ mg/L düzeylerinde olduğu saptanmıştır. İçme sularında nitrat düzeyleri 0,10 mg/L ile en düşük 8 bölgede Aralık ayında 4,86 mg/L ise Nisan ayında 17 istasyonda tespit edilmiştir. İncelenen içme su örneklerinde tüm aylarda ve bölgelerde, ortalama olarak 1,25 mg/L düzeylerinde olduğu saptanmıştır. “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik”te içme ve kullanma sularında bulunabilecek nitrat (50 mg/L) ve nitrit (0.50 mg/L) miktarları için bildirilen değerler göz önüne alındığında [13,32], bu araştırmada analiz edilen su numunelerinde tespit edilen ortalama nitrat ($1,25 \pm 1,11$ mg/L) ve nitrit ($0,13 \pm 0,08$ mg/L) miktarlarının yönetmeliğe uygun olduğu görülmektedir. Nitrit bütün istasyonlarda düşük yoğunlukta seyretmektedir.

Su sertliği içme sularında su kalitesi açısından ayrı bir öneme sahiptir. Su sertliğinde önemli bir yere sahip olan kalsiyum ve magnezyum iyonları insan biyolojisinde de önemli elementlerdir. Araştırmada, en düşük kalsiyum değeri 20,39 mg/L ile Şubat ayında 6 bölgede, en yüksek değer 99,53 mg/L ise Nisan ayında 5 istasyonda ve ortalama $56,69 \pm 22,68$ mg/L kaydedilmiştir. En düşük magnezyum değeri 2,00 ile Aralık ayında 12 bölgede, en yüksek değeri ise 6,30 ile Nisan ayında 14 istasyonda ve ortalama $3,89 \pm 1,05$ mg/L kaydedilmiştir. En düşük sertlik değeri 5,80 °Fr ile Aralık ayında 6 bölgede, en yüksek değeri ise 25,7 °Fr ile Nisan ayında 5 istasyonda kaydedilmiştir. Sertlik dağılımı % 15 çok yumuşak su, % 20 yumuşak su, % 50 orta derecede sert su ve

%15 oldukça sert bulunmuştur. 1994 yılında Leleoğlu ve Güllüce [29] yapmış oldukları çalışmada sertlik değerlerini % 6,45 çok yumuşak su, % 9,67 yumuşak su, %11,7 orta derecede sert su ve %35.48 oldukça sert bulmuşlardır. 1994 yılından günümüze kadar süre içerisinde sularında sertliğinde oldukça sert suların oranında bir düşüş görüldüğü saptanmıştır. Arıtım tesisininden çıkan suların şehir şebeke suyuna karıştırılıp verilmesiyle bu oran düşmektedir.

Ayrıca, araştırmada sosyo-ekonomik düzeyi düşük ve hayvancılık ile uğraşan bölgelerde nitrat ve koliform bakterilerde Mart-Nisan aylarında artış olduğu görülmüştür. Bu durumun, söz konusu aylarda Kars'ta hayvan dışkılarının yakıt olarak kullanılmak üzere kurutmak amacıyla toprak üstüne serilmesi sonucu yer altı sularına sızıntıların olması ile ilişkili olabileceğini düşündürmektedir.

Sonuç olarak; Kars ilinde kullanılan içme sularının yönetmeliklere ve uluslararası normlara uygun olduğu ve bölgede içilen sularının halk sağlığı için yüksek derecede önem arz eden ciddi bir risk oluşturacak seviyede olmadığı, kirlilik bulgularına rastlanmadığı tespit edilmiştir. Demir boruların değiştirilerek ve özellikle biyofilm oluşumun engellenmesi için çok su kesintisi olmamalıdır. Yüzey ve yeraltı su kalitesi ve kirliliğinin izlenmesi yapılmalıdır. İçme sularında kirliliğin yayılımının önlenmesi için sanayi bölgelerine, mezarlıklara, yoğun tarımsal ve hayvansal faaliyetlerin sürdürüldüğü yerlere yakın alanlardan içme suyu temininden vazgeçilmesi önerilir.

6.KAYNAKLAR

- [1] Alemdar, S. vd. “Bitlis İli İçme Sularının Bazı Mikrobiyolojik ve Fizikokimyasal Özellikleri” *Ekoloji*, 2009;19(73), 29-38
- [2] Kireççi, E. vd. “Kars ve Sarıkamış Çevresindeki İçme Suyu Kaynaklarından Membran Filtrasyon Yöntemi ile *Escherichia coli* İzolasyonu”, *Atatürk Üniversitesi Vet. Bil. Derg.*, 2006;1 (1-2), 29-32.
- [3] Zahar, M. et al. “Managing Cost of Quality in Laboratory of Water Analysis” *Modern Applied Science*, 2015;9(2), 199-205.
- [4] Erkman, NG. “Düzce İlindeki İçme Ve Kullanma Sularının Durumunun Değerlendirilmesi” *Düzce Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Düzce, 2011.
- [5] Edberg, E.W. et al. “*Escherichia coli*: the best biological drinking water indicator for public health protection.” *Symposium Series Society for Applied Microbiology*, 2000; 29,106-116.
- [6] Baş, D., ve Türetgen, İ. “Kısa Süreli Kuruluk ve Sıcaklık Değişiminin Şebeke Suyuyla Beslenen Model Su Borusu Sistemindeki Mikrobiyal Biyofilm Oluşumuna Etkisi” *Türk Mikrobiyol. Cem. Derg.* 2011; 41(4):155-161,
- [7] Assere, A., et al. “Comparative evaluation of methods for counting surviving biofilm cells adhering to a polyvinyl chloride surface exposed to chlorine or drying”. *J Appl Microbiol* 2008; 104:1-11.
- [8] Alkan, U. vd. “İçme suyu şebekesinde bakteriyel yeniden çoğalmayı etkileyen faktörlerin belirlenmesi”. *İTÜ Dergisi* 2005; 15:43-55.
- [9] Er, C.B. “Kilis İli İçme Sularının Bazı Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri.” *Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Kilis, 2014.
- [10] Karagülle, M.Z. “Güvenli su, doğal kaynak suyu, mineralli su.” *ANKEM Derg* 2004; 18 (Ek 2): 21-25.
- [11] Berberoğlu, U. “Su Mikrobiyolojisi Uygulamalı Laboratuvar Eğitim Programı El Kitabı” T.C. Sağlık Bakanlığı. Halk Sağlığı Kurumu. Ankara, 2012.
- [12] Gürgün, V. ve Halkman, K. “Mikrobiyolojide Sayım Yöntemleri.” 2. Baskı. Gıda Teknolojisi Derneği Yayın No:7, Ankara, 1990.

- [13] Resmi Gazete. “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik” Tarihi: 17.02.2005, Resmi Gazete Sayısı: 25730. <http://mevzuat.basbakanlik.gov.tr/>, (Erişim tarihi: Nisan 2015).
- [14] Ağaoğlu, S. vd. “Van ve Yöresi Kaynak Sularının Mikrobiyolojik, Fiziksel ve Kimyasal Kaliteleri Üzerine Araştırmalar.” Van Tıp Dergisi, 1999;6 2:30-33.
- [15] Kutanis, V.V. “Trabzon Bölgesinde Satışa Sunulan Ambalajlı Suların Mikrobiyolojik Analizi.” Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 2010.
- [16] Cemek, M., et al. “Nitrate and nitrite levels in fruity and natural mineral waters marketed in western Turkey.” Journal of Food Composition and Analysis, 2007; 20, 236-240.
- [17] Özdestan, Ö. ve Üren, A. “ Gıdalarda Nitrat ve Nitrit” Akademik Gıda, 2010;8(6),35-43.
- [18] Kaykıoğlu, G. ve Ekmekyapar, F. “Ergene Havzasında Endüstriyel İşlem Suyu Olarak Kullanılan Yeraltı Sularının Özellikleri Üzerine Bir Araştırma.” Trakya Univ J Sci, 2005; 6(1), 85-91.
- [19] Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z. “Su Kalitesi.” Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No: 43, Birinci Baskı, 1997, Ankara.
- [20] Botkin, D., and Keller, E. “Environmental Science.” John Wiley Sons, New York, 1995.
- [21] Özgür, M. T “Edirne İlindeki Çevresel Sularda Kirlilik İndikatörü Mikroorganizmaların ve Yeni Çıkan Bakteriyel Patojenlerin Moleküler Yöntemlerle Saptanması.” Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, 2013.
- [22] Noble, R.T., et al. “Comparison of total coliform, fecal coliform, and enterococcusbacterial indicator response for ocean recreational water quality testing.” Water Res, 2003;37:1637-1643.
- [23] Özkuyumcu, C. Hacettepe Mikrobiyoloji Serisi-1 Klinik Bakteriyoloji El Kitabı, Güneş Tıp Kitabevleri, Ankara, 2009.
- [24] Escherichia Coli ve Koliform Bakterilerin Araştırılması ve Membran Filtrasyon Yöntemi (TS EN ISO 9308-1).

- [25] Bağırsak Enterokoklarının Araştırılması ve Sayımı Membran Filtrasyon Yöntemi (TS EN ISO 7899-2).
- [26] Sülfid İndirgeyen Anaerob Bakteri (Clostridia) Sporlarının Araştırılması ve Sayımı Membran Filtrasyon Yöntemi (TS 8020 EN 26461-2).
- [27] Membran Filtrasyon Yöntemi İle Pseudomonas Aeruginosa Tayini ve Sayımı (TS EN ISO 16266).
- [28] Kolören, Z., vd. “Ulugöl (Ordu, Türkiye)’de Fekal Kirlilik İndikatörü Bakterilerin Tespiti.” Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi. 2011; 4(2), 151-156.
- [29] Leloğlu, N. Ve Güllüce, M. “Kars Şehir İçme Sularının Mikrobiyolojik Analizi.” Atatürk Üniversitesi Tıp Bülteni. 1994; 26(1-2), 39-45.
- [30] Ramakrishnaiah, C.R *et al.* “Assessment Of Water Quality Index For The Groundwater İn Tumkur Taluk, Karnataka State, India.” E-Journal Of Chemistry, 2009; 6(2), 523-530.
- [31] Drinan, J.E., and Spellman, F. “Water and Wastewater Treatment: A Guide for the Nonengineering Professional” Second Edition, CRC Press, Boca Raton, FL, 2012.
- [32] Durmaz, H. vd. “Şanlıurfa ve Yöresindeki Kuyu Sularında Nitrat ve Nitrit Düzeyleri.” YYÜ Vet. Fak. Derg, 2007;18(1), 51-54.

7.ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Koray ÖZDEMİR

Doğum Yeri: Kars.

Doğum Tarihi: 11.10.1980.

Medeni Hali: Evli.

Yabancı Dili: İngilizce.

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise: Bayındır Sağlık Meslek Lisesi, 1998.

Lisans: Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 2009.

Yüksek Lisans: Kafkas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji A.B.D.

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl: Sağlık Bakanlığı.

Yayınları (SCI ve diğer):

Diğer konular: