



**T.C.**

**AKSARAY ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İÇME SULARINDA REÇİNELİ SİSTEMİ İLE NİTRAT  
GİDERİMİNİN ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Yasemin KARADEMİR**

**DANIŞMAN**

**Prof. Dr. Hatim ELHATİP**

**AKSARAY, 2017**





**T.C.**

**AKSARAY ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İÇME SULARINDA REÇİNELİ SİSTEMİ İLE NİTRAT  
GİDERİMİNİN ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Yasemin KARADEMİR**

**DANIŞMAN**

**Prof. Dr. Hatim ELHATİP**

**AKSARAY, 2017**

## AKSARAY ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

### ONAY BELGESİ

Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 142301423 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi, "Yasemin KARADEMİR", ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "İçme Sularında Reçine Sistemi ile Nitrat Giderimi" başlıklı tezini, aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hatim ELHATİP** .....

**Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği**

**Jüri Üyeleri: Yrd. Doç. Dr. Melayib BİLGİN** .....

**Aksaray Üniversitesi Çevre Mühendisliği**

**Jüri Üyeleri: Yrd. Doç. Dr. Erkan KALIPCI** .....

**Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Çevre Mühendisliği**

**Teslim Tarihi** : 01.03.2017

**Savunma Tarihi** : 31.03.2017

## **DOĞRULUK BEYANI**

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ve bu eserleri her kullanımda alıntı yaparak yararlandığımı belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

**Yasemin KARADEMİR**

.....

## TEŞEKKÜR

Bu çalıőmam sırasında ilgi ve desteğini esirgemeyen saygıdeğer hocam ve danıőmanım Prof. Dr. Hatim ELHATİP'e en içten saygı ve teőekkürlerimi sunarım.

Tez yazım ve analiz çalıőmalarında bana yardımcı olan değerli iç arkadaőım evre Mühendisi Ali KORKUT'a sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca beni her zaman destekleyen ve bana daima güvenen sevgili aileme sonsuz őükranlarımı sunarım.

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

<b>DOĞRULUK BEYANI</b> .....	<b>i</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>ii</b>
<b>İÇİNDEKİLER DİZİNİ</b> .....	<b>iii</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>SİMGELER DİZİNİ</b> .....	<b>ix</b>
<b>KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	<b>x</b>
<b>1. SUYUN ÖNEMİ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Çalışma Alanının Tanımı.....	1
1.2 Çalışmanın Amacı.....	2
1.3 Önceki Çalışmalar.....	2
<b>2. MATERYAL VE METOD</b> .....	<b>3</b>
2.1 Reçine ile Nitrat Giderim Yöntemi.....	3
2.1.1 Sistemde tercih edilen reçinenin özellikleri.....	3
2.1.2 Metod.....	6
2.2 Örneklem İstasyonları.....	8
2.2.1 Bala istasyonu.....	8
2.2.2 Beypazarı istasyonu.....	11
2.2.3 Sincan istasyonu.....	13
<b>3. İÇME SULARININ ÖZELLİKLERİ</b> .....	<b>15</b>
3.1 Su Kokusuz, Renksiz ve İçimi Lezzetli Olmalıdır.....	15
3.2 Su Hastalık Yapan Mikroorganizma İçermemelidir.....	15
3.3 Sular Kullanım Amaçlarına Uygun Olmalıdır.....	16
3.4 İçme Suları Agresif Olmamalıdır.....	16
3.5 Suda Sağlığa Zararlı Kimyasal Maddeler Bulunmamalıdır.....	16
<b>4. İÇME SUYU KALİTE PARAMETRELERİ</b> .....	<b>19</b>
4.1 Fiziksel Kalite Parametreleri.....	19
4.1.1 Tat ve koku.....	19
4.1.2 Renk.....	19
4.1.3 Bulanıklık.....	20
4.1.4 Sıcaklık.....	20
4.1.5 İletkenlik.....	21
4.1.6 Lezzet.....	21
4.2 Kimyasal Kalite Parametreleri.....	21
4.2.1 Sertlik.....	21
4.2.2 Asitlik.....	22
4.2.3 Alkalinite.....	22
4.2.4 pH.....	22
4.2.5 Demir ve mangan.....	22
4.2.6 Çözünmüş oksijen.....	23

4.2.7 Suların agresiflik özellikleri ve stabilizasyonu.....	24
4.2.8 Azot bileşikleri(Nitrit, Nitrat ve Amonyak).....	24
4.2.9 Trihalometan.....	24
4.3 Azot.....	24
4.3.1 Azotun kullanım alanları.....	25
4.3.2 Nitrojen eldesi.....	25
4.3.3 Doğada azot döngüsü.....	25
4.3.4 Azotun anlam ve önemi.....	26
4.3.5 Nitrifikasyon.....	27
4.3.6 Nitrat ve nitratın çevresel önemi.....	27
4.3.7 Nitrat.....	27
4.3.8 Nitrat kaynakları.....	28
4.3.8.1 Yapay kaynaklı nitrat bileşikleri.....	28
4.3.8.2 Doğal kaynaklı nitrat bileşikleri.....	29
4.4 Nitrat Kirliliğinin Çevresel Önemi ve İnsan Sağlığına Etkisi.....	30
4.5 Nitrat Giderim Yöntemleri.....	31
4.5.1 Fizikokimyasal yöntemler.....	31
4.5.1.1 Elektrodializ yöntemi.....	31
4.5.1.2 Ters osmoz.....	32
4.5.1.3 Adsorpsiyon.....	32
4.5.1.4 İyon değişimi.....	32
4.5.2 Biyolojik yöntemler.....	33
4.5.2.1 Biyolojik denitrifikasyon.....	33
<b>5. BULGULAR VE TARTIŞMA.....</b>	<b>34</b>
5.1 Analiz Sonuçları.....	34
5.1.1 Bala istasyonu.....	34
5.1.2 Beypazarı istasyonu.....	36
5.1.3 Sincan istasyonu.....	38
<b>6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>	<b>41</b>
6.1 Sonuçlar.....	41
6.2 Öneriler.....	42
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>44</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>45</b>



## ÖZET

### İÇME SULARINDA REÇİNELİ SİSTEMİ İLE NİTRAT GİDERİMİNİN ARAŞTIRILMASI

Bu çalışmanın amacı, Ankara ili Bala, Beypazarı ve Sincan ilçelerinde seçilen istasyonlarda içme suyunda nitrat, sülfat ve arsenik probleminin reçine ile gideriminin sağlanabildiğini ve bu parametrelerin TSE TS 266 İçme Suyu Standardı ile 17.02.2005 tarih ve 25730 sayılı Resmi Gazete 'de yayınlanarak yürürlüğe giren İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik'te belirtilen sınır değerlere uygunluğunu araştırmaktır. Bu amaçlar kapsamında Mart 2015, Temmuz 2015, Ekim 2015, Nisan 2016 döneminde çalışma alanından su numuneleri alınmış ve analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda kurulan reçine sistemi sayesinde ciddi oranda nitrat gideriminin sağlandığı görülmüştür. Ayrıca, çalışma alanlarındaki istasyonlarda görülen sülfat ve arsenik problemlerinde de başarı sağlandığı saptanmıştır. Nitrat, sülfat ve arsenik parametrelerinin kurulan reçine sistemi sonrasında çıkış suyunda TSE TS 266 İçme Suyu Standardı ile İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik'te belirtilen standartlara uygunluğu sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** İçme suyu, Nitrat, Reçine, Sülfat, Arsenik

## **ABSTRACT**

### **SEARCHING OF DENITRIFICATION OF DRINKING WATERS BY RESIN SYSTEM**

The aim of this study is to search whether denitrification of drinking water is held and sulfate and arsenic problems in drinking water sampled from stations in Bala, Beypazarı and Sincan of Ankara province are resolved by resin system and these parameters are compatible with limit values specified in TSE TS 266 Drinking Water Standard and Regulation Concerning Water Intended for Human Consumption promulgated in the Official Gazette numbered 25730 and dated February 17, 2005. With in this scope, water samples from working areas in March 2015, July 2015, October 2015 and April 2016 were taken and their analyses were carried out. As a result of these analyses, it was observed that a considerable amount of denitrification was achieved thanks to resin system. Moreover, it was identified that sulfate and arsenic problems experienced in the stations at working areas were resolved. It was observed that nitrate, sulfate and arsenic parameters after they were exposed to resin system were compatible with TSE TS 266 Drinking Water Standard and standards specified in Regulation Concerning Water Intended for Human Consumption.

**Key words:** Drinking water, Nitrate, Resin, Sulfate, Arsenic.

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 2.1:Tipik fiziksel ve kimyasal karakteristikleri.....	4
Çizelge 3.1:İçme ve kullanma sularında istenmeyen zararlı maddeler ve maksimum değerleri.....	18
Çizelge 4.1:Sıcaklıklarına göre sular. ....	20
Çizelge 4.2:Suların sertlik sınıfları. ....	21
Çizelge 4.3:Azotun özellikleri. ....	25
Çizelge 4.4:WHO'ya göre nitrat ve nitrit için günlük maksimum alınabilir değerler...	31
Çizelge 5.1:Bala istasyonunda farklı zamanlarda alınan numunelerin analiz sonuçları. ....	35
Çizelge 5.2:Bala istasyonunda farklı zamanlarda alınan numunelerin analiz sonuçları. ....	37
Çizelge 5.3:Sincan istasyonunda farklı zamanlarda alınan numunelerin analiz sonuçları. ....	39

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1:Kurulan reçine sistemi. ....	6
Şekil 2.2:Bala ilçe haritası. ....	9
Şekil 2.3:Bala ilçesi uydu görüntüsü ve koordinat bilgileri. ....	10
Şekil 2.4:Beypazarı ilçe haritası. ....	11
Şekil 2.5:Beypazarı ilçesi uydu görüntüsü ve koordinat bilgileri. ....	12
Şekil 2.6:Sincan ilçe haritası. ....	13
Şekil 2.7:Sincan ilçesi uydu görüntüsü ve koordinat bilgileri. ....	14
Şekil 4.1:Azot döngüsü. ....	26
Şekil 5.1:Bala giriş-çıkış nitrat değerleri değişim grafiği. ....	36
Şekil 5.2:Beypazarı giriş-çıkış nitrat değerleri değişim grafiği. ....	38
Şekil 5.3:Sincan giriş-çıkış nitrat değerleri değişim grafiği. ....	40

## SİMGELER DİZİNİ

<b>As</b>	Arsenik
<b>As<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	Arsenik Trioksit
<b>Ca</b>	Kalsiyum
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	Kalsiyum Karbonat
<b>Cl</b>	Klor
<b>CO<sub>2</sub></b>	Karbondioksit
<b>Fe</b>	Demir
<b>Fe(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></b>	Demir Bikarbonat
<b>HCO<sub>3</sub></b>	Bikarbonat
<b>Mg</b>	Magnezyum
<b>Mn</b>	Mangan
<b>MnO<sub>2</sub></b>	Mangandioksit
<b>Mo</b>	Molibden
<b>NaCl</b>	Sodyum Klorür
<b>NaNO<sub>2</sub></b>	Sodyum Nitrit
<b>NH<sub>3</sub></b>	Amonyak
<b>NH<sub>4</sub></b>	Amonyum
<b>NH<sub>4</sub>Cl</b>	Amonyum Klorür
<b>N</b>	Azot
<b>NO</b>	Nitrit
<b>NO<sub>2</sub></b>	Azotdioksit
<b>NO<sub>3</sub></b>	Nitrat
<b>O<sub>2</sub></b>	Oksijen
<b>Se</b>	Selenyum
<b>SO<sub>4</sub></b>	Sülfat

## KISALTMALAR DİZİNİ

<b>CBS</b>	Coğrafi Bilgi Sistemi
<b>E.coli</b>	Escherichia Coli
<b>NADH</b>	Nikotinamid Adenin Dinükleotid
<b>T</b>	Sıcaklık
<b>TSE</b>	Türk Standartları Enstitüsü
<b>WHO</b>	Dünya Sağlık Örgütü



## **1. SUYUN ÖNEMİ**

Su, canlıların yaşamını devam ettirebilmesi için hayati önem taşıyan vazgeçilmez temel besin maddesidir. Canlılar için gerekli su yeryüzünde akarsu, göl ve deniz gibi su kaynaklarından veya su kütlelerinin boşluk ya da çatlaklarında biriken sulardan sağlanmaktadır. Yağışlarla yeryüzüne taşınan su, akış, yeraltına sızma ve depolanma esnasında temas ettiği minerallerin bünyesinde bulunan birçok elemanı çözerek beraberinde getirdiği için suyun kimyasal olarak bileşimi devamlı değişmektedir. Hızlı nüfus artışı ve endüstrileşmenin gelişimi, çarpık kentleşme gibi unsurlar su ve su kaynaklarına olan ihtiyacı giderek arttırdığından dolayı su kirlenmesi problemi ortaya çıkmıştır (URL-1).

### **1.1 Çalışma Alanının Tanımı**

Ankara ili, doğusunda Kırıkkale, batısında Eskişehir, güneyinde Konya, güneydoğuda Kırşehir ve Aksaray, kuzeydoğusunda Çankırı, kuzeybatısında Bolu ile komşudur. 1355 kilometre uzunluğa sahip en büyük nehir olan Kızılırmak, çalışma alanının doğusunu, 824 kilometre uzunluğa sahip Sakarya Nehri ise, çalışma alanının batısını beslemektedir.

Sakarya Nehri'nin kollarından Ankara Çayı, il merkezinden geçer. İlin güneyinde ülkenin en büyük ikinci gölü ve aynı zamanda %32,4 tuz oranı içeren dünyanın en tuzlu ikinci gölü olan Tuz Gölü bulunmaktadır. Tuz Gölü Türkiye' nin en büyük kapalı havzasında yer alır. İlin güney ve orta bölümlerine karasal iklim hâkimdir. Kış mevsimleri genellikle soğuk ve kar yağışlı, yaz mevsimleri ise sıcak ve kurak geçer. Kuzeyinde ise Türkiye'de Karadeniz ikliminin ılıman ve yağışlı halleri görülebilir (URL-2).

## 1.2 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada amaç, Ankara ili Bala, Beypazarı ve Sincan ilçelerinde seçilen istasyonlarda içme suyunda nitrat, sülfat ve arsenik problemlerinin reçine ile giderimin sağlanabildiğini ve bu parametrelerin TSE TS 266 İçme Suyu Standardı ile 17.02.2005 tarih ve 25730 sayılı Resmi Gazete' de yayınlanarak yürürlüğe giren İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik' te belirtilen sınır değerlere uygunluğunu araştırmaktır.

## 1.3 Önceki Çalışmalar

Evsel atık sularda nitrat giderimi için üç mikro alg türünü *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus obliquus* ve *Spirulina platensis*, kesikli reaktörler kullanarak incelemiştir (Izhar, 2016).

Yeraltı sularında nitrat giderimi için kullanılan değişik arıtma yöntemlerini ele almıştır. Bu yöntemler arasındaki avantaj ve dezavantajlar göz önüne alınarak bir karşılaştırma yapmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucunda elementer-kükürt bazlı ototrofik denitrifikasyon yöntemi en uygulanabilir arıtım yöntemi olarak tespit edilmiştir (Serin, 2014).

İçme sularından nitrat giderimi için elementer-kükürt bazlı ototrofik ve mikсотrofik (heterotrof ve ototrof) denitrifikasyon prosesleri kesikli ve sürekli akışlı reaktörlerde denemiştir (Dursun, 2012).

İki farklı nanofiltrasyon membranının farklı işletme koşulları altında nitrat giderim verimlerini incelemiştir (Uçar, 2012).

Laboratuvar koşullarında yavaş kum filtresinin farklı derinliklerinde biyolojik olarak nitrat giderimini incelemiştir (Çakıcı, 2007).

İçme sularından nitrat giderimini incelemek amacıyla laboratuvar model sistemlerinde iyon değişimi ve biyolojik arıtım çalışmaları yapmıştır. İyon değiştirici olarak karışık reçine, biyolojik çalışmalarda ise *Paracoccus* denitrifikan mikroorganizma kültürü kullanılmıştır (Kınalı, 1994).

İçme suyundan nitrat giderimi amacıyla iyon değişimi yöntemi ile çalışmıştır. Ayrıca UV ışınları kullanılarak  $\text{NO}_3$  indirgenmesi üzerine ön çalışmalar yapmıştır (Genç, 1992).



## **2. MATERYAL VE METOT**

Çalışma alanı, Ankara ili sınırları içerisinde bulunan Bala, Beypazarı ve Sincan ilçelerindeki örnekleme istasyonlarını kapsamaktadır. Çalışma alanını kapsayan alanların dağılımına göre yerinde örnekleme noktaları seçilerek nitrat giderimi için reçine sistemi kurulmuştur. Seçilen istasyonlarda kurulan sistemden alınan numunelerin parametreleri laboratuvarında dönemsel olarak ölçülmüş ve takibi yapılmıştır.

### **2.1 Reçine ile Nitrat Giderimi Yöntemi**

Reçine ile nitrat giderim yöntemi aslında bir iyon değiştirme yöntemidir. Denge ile ilgili ayırma işlemlerinden biride iyon değiştirme yöntemidir. Burada ayırıcı etken katı reçinedir. Kolona verilen karışım ise sıvıdır.

İyon değiştiriciler çözünmeyen maddeler olup tabii ve sentetik olarak bulunan organik ve anorganik polimerlerdir. İyon değiştiriciler, çok küçük kütleli ve sıvıların içerisinden geçebileceği çözünmeyen maddelerdir. İyon değiştiriciler çözeltideki iyonları alıp onun yerine eşdeğer miktardaki diğer iyonları çözeltiliye verebilme yeteneğine sahiptir. Katyon değiştiriciler katyonları, anyon değiştiriciler anyonları değiştirirler (Sel Dış Ticaret ve Kimya Sanayi A.Ş., 2011).

#### **2.1.1 Sistemde tercih edilen reçinenin özellikleri**

Bu sistemde purolite A-520E tipi reçine tercih edilmiştir. Bu reçine, içme suyundaki işlemler için sudaki nitratın uzaklaştırılması amacıyla özel olarak tasarlanmış bir makro gözenekli, güçlü bazik anyon değiştirici reçinedir. Makro gözenekli matris ve özel iyon değiştirici grup yapısı ile ortamda orta, hatta yüksek konsantrasyonlarda sülfat bulunması durumunda dahi nitratı uzaklaştırabilecek özelliktedir. Standart iyon değiştirici reçinelerle kıyaslandığında nitrat uzaklaştırmada en üstün performansı gösteren bir türdür. Kullanılan reçinenin özellikleri çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

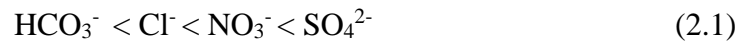
**Çizelge 2.1:** Tipik fiziksel ve kimyasal karakteristikleri.

Matris polimer yapı	Makro gözenekli stiren-divinilbenzen
Fiziksel formu ve görünümü	Opak krem ve küresel boncuk
Boncuk miktarı	min % 95
Fonksiyonel grup	Kuarterner amonyum tip
Taşınabilir iyonik formu	Klor (Cl <sup>-</sup> )
Yaklaşık ağırlık	680 gr/L (42,5 lb/ft <sup>3</sup> )
Gözenek boyutu aralığı A.B.D standart	Islak olarak 16-50 mesh ( mesh: bir gözenekten geçebilen en büyük parçanın ölçüsü)
Partikül boyut aralığı	1200 µm <% 5, -300 µm <% 1
Nem tutma(Cl <sup>-</sup> formu)	%50-56
Tersinebilir şişme Cl <sup>-</sup> → SO <sub>4</sub> /NO <sub>3</sub>	önemsiz
Toplam değişim kapasitesi, Cl <sup>-</sup> formu	
Islak, hacimsel	0,9 meq/ml dk (mEq(Miliekivalan=Miliekivalent)): Ekivalantın binde biridir. Sıvı içindeki elektrolit (ilaçlarda etken madde) miktarını belirtir. 1 Eq .. (Equivalent=ekivalan): Bir mol Hidrojen iyonu ile reaksiyona giren herhangi bir maddenin “mg ya da mM”cinsinden miktarıdır
Kuru, ağırlık	2,8 meq/gram dk
Çalışma sıcaklığı, Cl <sup>-</sup> formu(iyonik form)	100°C (212°F) max.
pH denge aralığı	0-14
pH çalışma aralığı	4,5 – 8,5

İyon deęiřtirici reęinenin dűzgűn řekilde sınıflandırılmıř yataęı boyunca basınę dűřmesi veya basınę kaybı tane bűyűklűęű daęılımına, yatak derinlięine ve deęiřtirici materyalin boř hacmine ve ayrıca sızan (besleyen) űzeltinin viskozitesine (ve bu yűzden sıcaklıęa da) baęlıdır. Bu parametrelerden herhangi birini etkileyen faktűrler űrneęin, yatakla filtrelenmiř parçacıklı maddenin mevcudiyeti, reęinenin anormal bastırılabilirlięi (sıkıřtırılabilirlięi) veya yataęın eksik sınıflandırılması olumsuz etkilere ve artan derecede basınę kaybına neden olacaktır (Sel Dıř Ticaret ve Kimya Sanayi A.ř., 2011).

Sızan suyun kalitesine bağlı olarak tesisin aplikasyonu ve tasarımı, hizmet akış oranları saatte 10-40 yatak hacmi (1-5 gpm/ft<sup>3</sup>) arasında değişiklik gűsterir. Yukarı akışlı geri yıkama sűresince reğine yatağı, % 50 ila % 70 arasında hacim olarak genişlemelidir. Bu işlem reğine yatağını parçacıklı maddeden arındıracaktır, boşlukların ve kabarcıkların yatağını temizleyecektir ve reğine parçacıklarını yeniden tasnif edecektir ve neticede akıntıya karşı minimum oranda mukavemeti tesis edecektir. Yatak genişlemesi, akıntı oranı ile birlikte artar ve sıcaklıkla birlikte dűřer. Yatağın fazla genişlenmesinden kaçınmak için dikkat edilmelidir (Sel Dış Ticaret ve Kimya Sanayi A.ř., 2011).

Hem standart jel tűrű hem de makro gűzenekli gűlű baz reęineler, toplam anyon oranlarına gűre sűlfatın az olduęu durumlarda etkin nitratı çıkarmada oldukça etkilidir. Ancak, ařaęıdaki sırayı takip eden seyreltik űzeltilerdeki sűlfat için yűksek seçicilikten dolayı,



Sűlfat ile nitratın tercihen deęiřtirilmesi, etkin nitratı çıkarma kapasitesinin sűlfat yűklemesinden dolayı azalmasına neden olur. Dűnűřűmden elde edilen iřlenmiř suyun azalmasına dair bariz dezavantajın haricinde hem nitrat hem de sűlfatın klorűr ile deęiřtirilmesi sızma (influent) kaynaęına nazaran daha az içilebilir ve bazen de kabul edilebilir suyun ortaya çıkmasına neden olacaktır ve bűylece iřlenmiř su daha ařınmiř olabilir ve klorűr konsantrasyon limitleri ařılabilir (Sel Dıř Ticaret ve Kimya Sanayi A.ř., 2011).

## 2.1.2 Metot



Şekil 2.1:Kurulan reçine sistemi.

1:blok karbon filtre

2:vana

3:polyester filtre tankı

4:difüzör

5:yumuşatma tuzu kabini

Sistemin girişinde ilk olarak 5 mikronluk karbon filtre bulunmaktadır. Bu karbon filtrenin görevi, suyun içerisinde var olan katı partikül şeklindeki maddeleri tutabilmektir. Su karbon filtreden geçtikten sonra vanadan geçiş yaparak polyester filtre tankına giriş yapar. Bu tank yaklaşık 1,30 m boyunda olup, tankın yaklaşık %60'ı çeşitli malzemelerden oluşturulmuştur. Bu malzemeler;

- Dane çapı 3-5 mm boyutlarında çakıl (35-40 cm)
- Dane çapı 1-3 mm boyutlarında kum (25-30 cm)
- Anyonik reçine

Polyester tankın içinde bu malzemelerden geçen su, tankın alt katmanında bulunan difüzör aracılığıyla yukarı doğru çıkarak üç kollu vananın çıkışında şehir şebekesine verilir. Anyonik reçinenin doyum oranına bağlı olarak da çalışılan bölgelerde yaklaşık olarak 10 saatte bir geri yıkama yapılır. 10 saat sonra vana su girişini kapatır ve su tuz kabineye giriş yapar. 5 dk boyunca tuzlu su ile geri yıkama ve 2 dk şebeke suyu ile durulama yaptırılır. Yıkama işlemi böylece tamamlanarak yeniden su girişi açılır ve işlem 10 saat doluncaya kadar devam eder. Yıkama saatleri 6 saat, 8 saat, 12 saat olarak da ayarlanabilir. Yumuşatma kabini yaklaşık olarak 35-40 kg tuz alabilecek kapasitededir. 1 torba tuz 25 kg gelmektedir. Yumuşatma kabineye döktüğümüz tuz ile sistem tuz ilave etmeden ortalama 10 gün süre çalışmaya devam edebilmektedir. Kurulan sistem bu şekilde yaklaşık 8-10 saatte bir geri yıkama yapılarak devam eder.

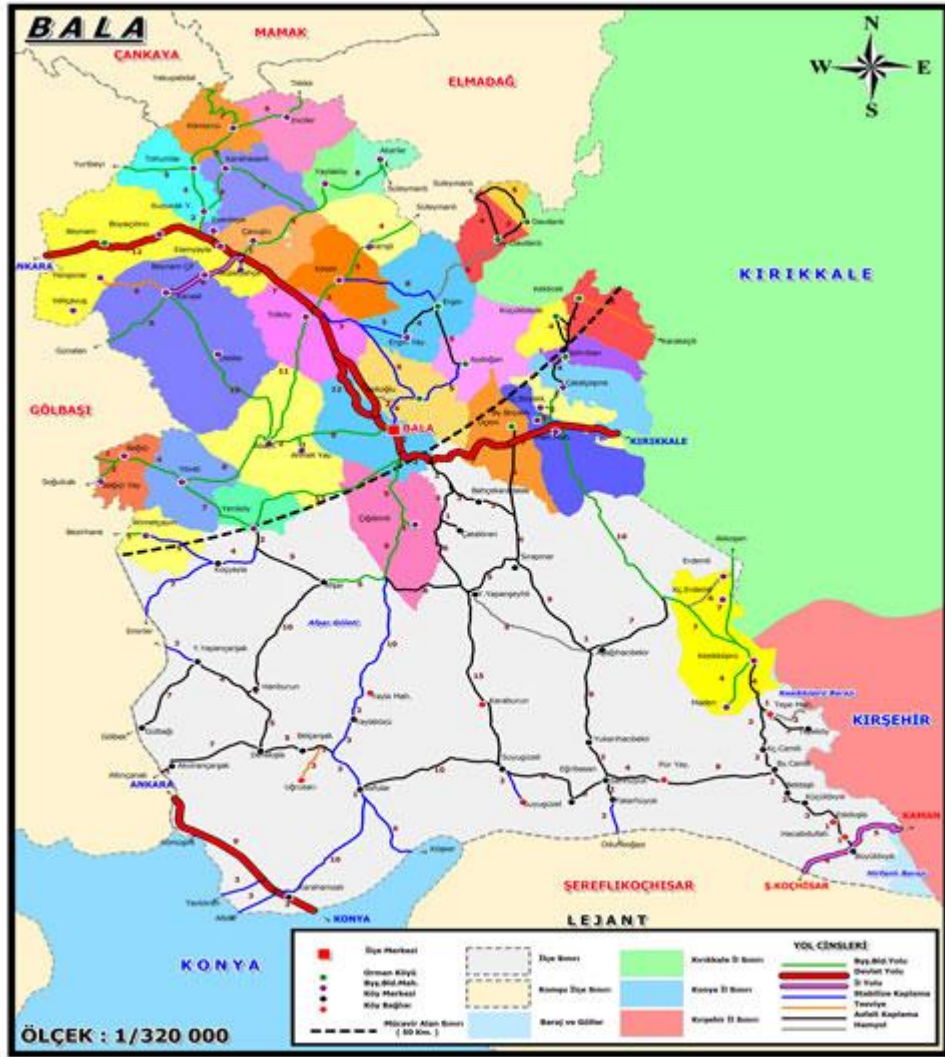
## 2.2 Örnekleme İstasyonları

### 2.2.1 Bala istasyonu

Ankara'nın güneydoğusunda bulunan Bala ilçesinin şehir merkezine uzaklığı 69 km'dir. Balanın batısında Gölbaşı ve Çankaya ilçeleri, kuzeyinde Elmadağ, güneyinde Şereflikoçhisar ve Konya ili Kulu ilçeleri, doğusunda Kırşehir iline bağlı Kaman ilçesi, kuzeyinde Elmadağ ilçesi bulunmaktadır.

İlçenin en önemli dağları Küre Dağı, Paşa Dağı, Dede Dağı, Kartal Dağı ve Beynam Dağı'dır. Küre Dağının eteklerinde ve Beynam Dağı'nda orman sahaları görülür. Beynam Ormanları ve Kesikköprü Barajı Ankara'nın en önemli mesire alanları olarak bilinmektedir (URL-3).

İlçe çevresinde Balaban Ovası alüvyonu dışında kötü kalitede sular bulunmaktadır. CBS sisteminden alınan verilere göre Bala ilçemizde yeraltı suyunda yoğunluklu Arsenik parametresi yönünden olumsuzluk olup bazı yerlerde Nitrat, Selenyum ve Krom yönünden de problemler olduğu görülmektedir.



Şekil 2.2:Bala ilçe haritası.



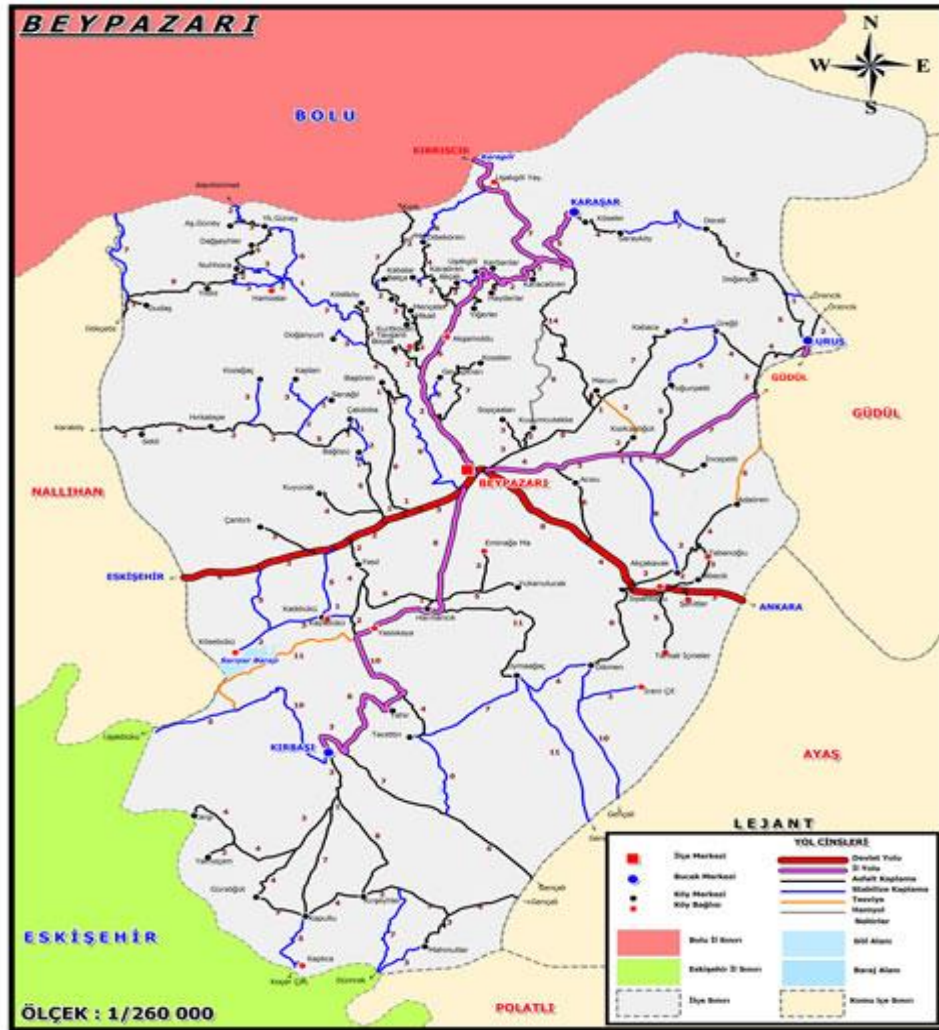
**Şekil 2.3:**Bala ilçesi uydu görüntüsü ve koordinat bilgileri.



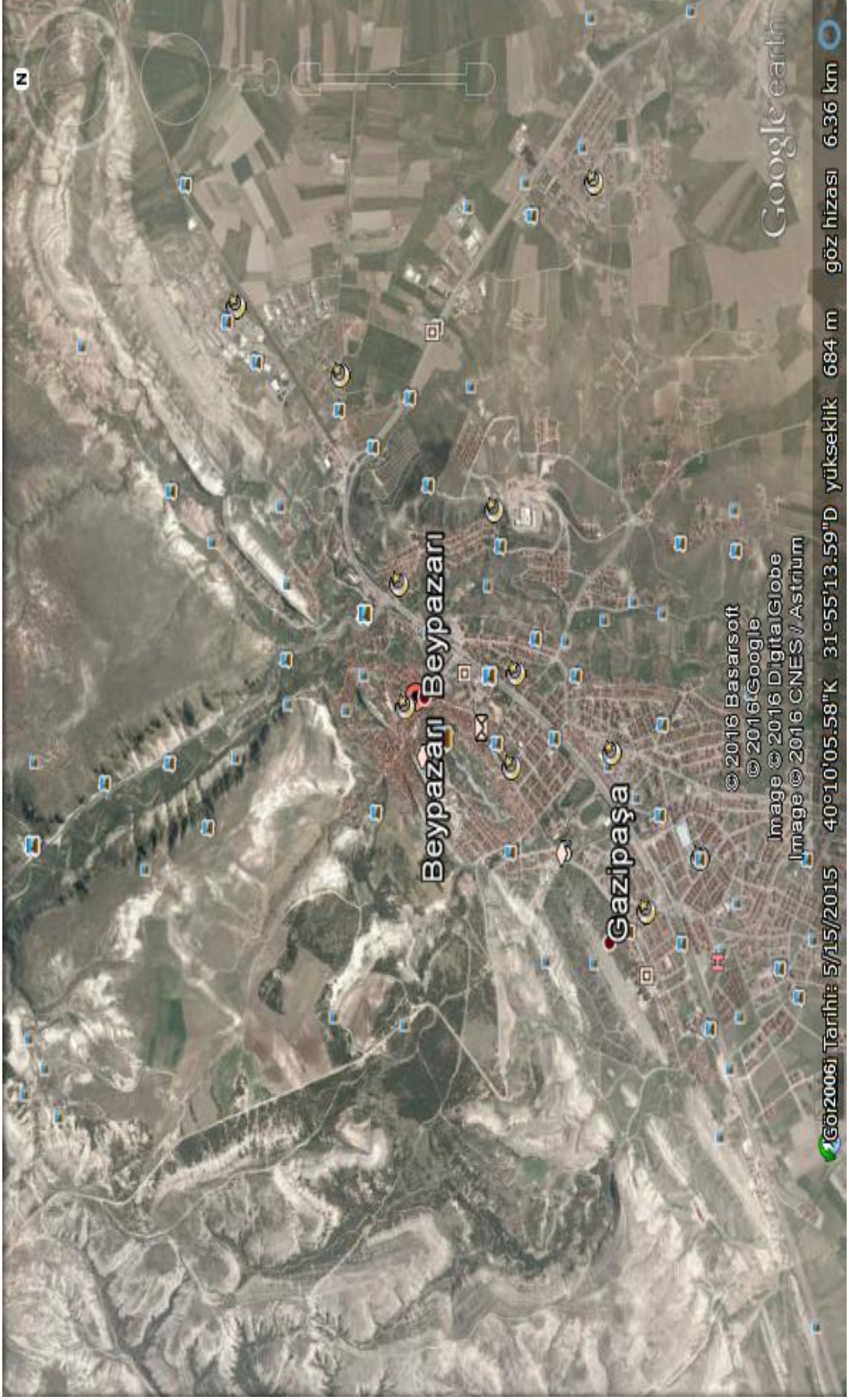
### 2.2.2 Beypazarı istasyonu

Beypazarı İlçesi, Ankara İlinin 99 km. kuzeybatısında yer almaktadır. Ayaş ve Nallıhan İlçeleri arasında, Ayaş-Güdül-Çamlıdere-Kıbrısçık-Seben-Nallıhan-Mihalıççık ve Polatlı İlçelerinin ortasında sosyal, kültürel ve ekonomik merkez olma özelliğini korumaktadır. Yüzölçümü 1868 km<sup>2</sup>, yüksekliği 675 metredir. Son nüfus sayımında toplam nüfusu 47.234 olup 78 Mahallesi vardır (URL-4).

İlçenin kuzey ve güney bölgeleri ile Kirmir Çayı alüvyonlarında iyi kalitede, batı neojenin tuzlu jipsli birimlerinde kötü kalitede sular çıkmaktadır. CBS sisteminden alınan verilere göre Beypazarı ilçemizde yeraltı suyunda yoğunluklu arsenik parametresi yönünden olumsuzluk olup, bazı yerlerde Nitrat, Bor yönünden de problemler olduğu görülmektedir.



Şekil 2.4:Beypazarı ilçe haritası.

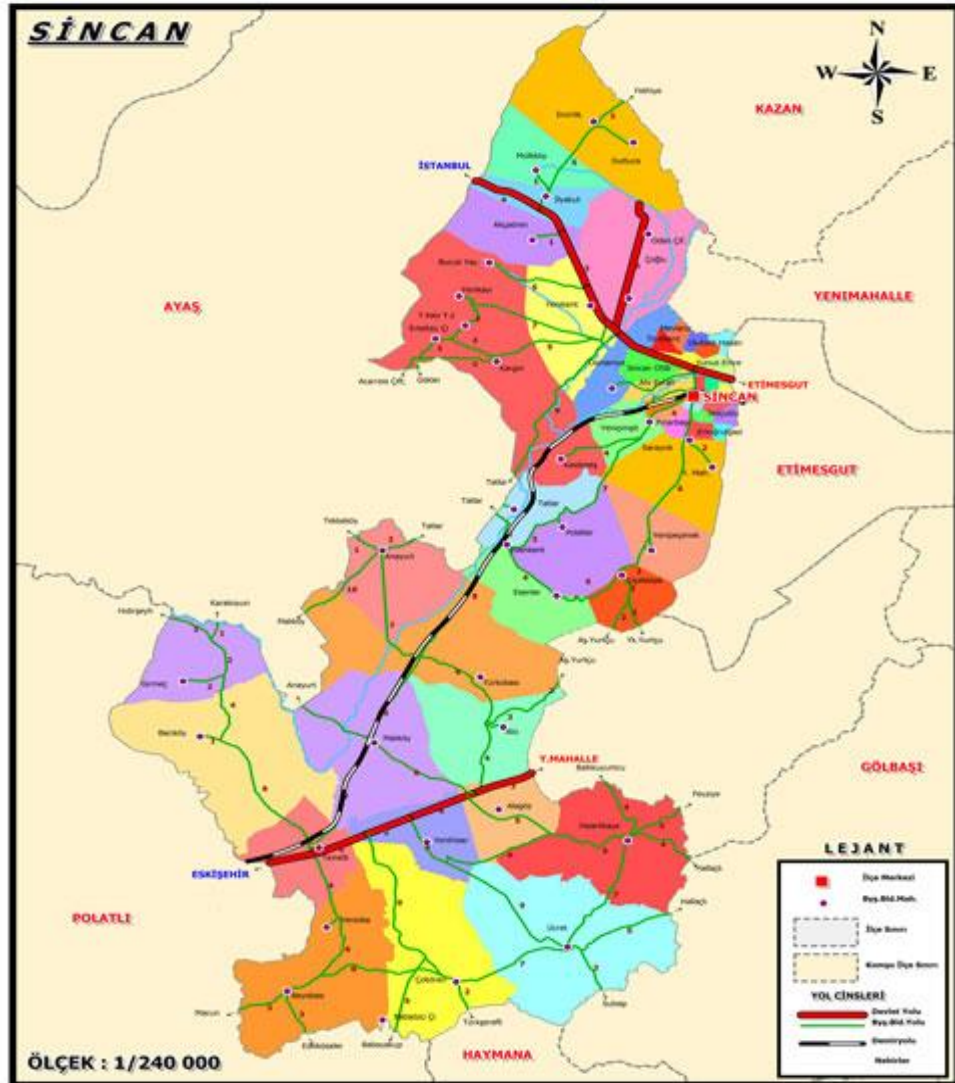


Şekil 2.5: Beypaşarı ilçesi uydu görüntüsü ve koordinat bilgileri.

### 2.2.3 Sincan istasyonu

Sincan, Ankara il merkezine 20 km. uzaklıktadır. Sincan'ın güney, doğu, güneydoğusunda Etimesgut, kuzey, kuzeydoğusunda Yenimahalle, güneybatısında Polatlı, batı, kuzeybatısında Ayaş ilçeleri bulunmaktadır. İlçe dağlık alanlarla çevrelenmiş olup, yüzölçümü 420 km<sup>2</sup>' dir (URL-2).

Bölgede alüvyonlu seri, volkanik seri, miyosen kireç taşlarında iyi kalitede; miyosenin marn, jipsli seviyelerinde kötü kalitede yeraltı suyu bulunmaktadır. CBS sisteminden alınan verilere göre ilçemizde yeraltı suyu yoğunluklu olarak arsenik ve nitrat parametresi yönünden olumsuzluk bulunmaktadır.



Şekil 2.6:Sincan ilçe haritası.



Şekil 2.7: Sincan ilçesi uydu görüntüsü ve koordinat bilgileri.

### **3. İÇME SULARININ ÖZELLİKLERİ**

İçtiğimiz sularının kalitesi fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikler ile açıklanabilir. İçilebilir özellikteki su, fiziksel açıdan aşağıdaki nitelikleri kesinlikle taşımaktadır (MEB, 2011).

- Suyun sıcaklığı 8-15°C aralığında olmalıdır.
- Rahatsız edici bir koku içermemeli ve kokusuz olmalıdır.
- Su temiz ve berrak olmalıdır.
- Su herhangi bir tortul, partikül madde içermemeli ve bulanık olmamalıdır.
- Renksiz olmalıdır.

#### **3.1 Su Renksiz, Kokusuz ve Lezzetli Olmalıdır**

Sularda içilmesini engellemeye neden olan, suya kötü koku ve tat veren maddeler bulunmamalıdır. Sular; temiz, renksiz, berrak ve içilmeye uygun sıcaklık aralığında olmalıdır. Sıcaklık parametresi kişilerin damak tadına göre değişmektedir. İçilebilir en uygun sıcaklık 10-12°C civarındaki sulardır (MEB, 2011).

#### **3.2 Suda Hastalık Yapan Mikroorganizmalar Bulunmamalıdır**

Sularda hastalık yapıcı etkiye neden olan patojenik mikroorganizmaları gidermek için uygulanması en etkili yöntem dezenfeksiyon işlemidir. Patojen mikroorganizmaları giderebilmek için suyun içerisindeki bakiye klor miktarının 0,1-0,2 mg/L olması ve bunun için de yeterli temas süresi gereklidir. Hastalıklara neden olan etken mikroorganizmaların bakteriyolojik analizlerinde tespiti için bazı indikatör organizmalar kullanılır. Bu organizmaların en bilineni koliform bakterisi olarak da bilinen 'Escherichia coli' adlı türüdür. E. kolinin, sularda tespit edilmesi demek sularda patojen mikroorganizmaların varlığına işarettir. Yapılan çeşitli analizlerde insan dışkısının 1 gramında yaklaşık olarak  $10^8$ - $10^9$  adet E. coli bulunduğu tespit edilmiştir. Bir içme suyu kaynağında E. kolinin var olduğu tespit edilmişse bilinmelidir ki bu su kaynağı evsel atıksu ile kirletilmiş demektir (Uyak, 2012).

### **3.3 Sular Kullanım Amaçlarına Uygun Olmalıdır**

İçme suyu olarak kullanılan sularda demir ve mangan konsantrasyonunun düşük olması istenir. Bunun nedeni demir ve manganın içme sularında istenmeyen renk ve bulanıklığa neden olmasıdır. Sularda litrede 0,3 mg' dan fazla demir içermesi; lezzeti bozar, alg oluşumuna yol açar, çöken hidroksitle beraber boruların tıkanmasına neden olur. İki değerlikli manganda demire benzer özellikler gösterir. Oksitlendiği zaman siyah bir tortu halinde çöker. Suda manganın bulunması, bazı bakterilerin çoğalmasını sağlayarak boruların tıkanmasına demirin etkisinden daha fazla derecede neden olur. Sularda 0,5 mg/L' den fazla bulunması sulara kötü bir lezzet verir. Demir ve mangan içeren bu tür sular aynı zamanda kumaş, porselen, çamaşır gibi eşyalar üzerinde de leke bırakırlar. Mangan gri-siyah lekelerin, demir ise kahverengi tonlarında lekelerin oluşmasına yol açar (MEB, 2011).

### **3.4 İçme Suları Agresif Olmamalıdır**

Suların agresifliği, serbest karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ile bikarbonat (HCO<sub>3</sub>)<sup>-</sup> iyonunun oran olarak belirli bir uyum içerisinde olmamasından kaynaklanır. Suların agresifliği, boruların korozyonuna sebep olur ve onların kısa zamanda aşınmalarına, dolayısıyla ilave masraflara yol açar. Ayrıca boruların aşınması halinde borudan ayrılan elementler de suya karışarak suyun kalitesinin bozulmasına yol açabilmektedir (Uyak, 2012).

### **3.5 Suda Sağlığa Zararlı Kimyasal Maddeler Bulunmamalıdır**

Arsenik, kadmiyum, krom, kurşun, cıva, selenyum gibi ağır metaller insan vücudunda toksik etki yapar. Arsenik, çok iyi bilinen bir zehirdir ve doğada sülfür ve oksit halinde bulunur. Arsenat (AsO<sub>4</sub>) ve arsenit (AsO<sub>2</sub>) arseniğin anyonik bileşikleridir. Bir ağır metal olmasına rağmen suda anyonik haldedir. Doğal sularda ender olarak bulunan arsenik, minerallerin çözünmesinden, sanayiden ve pestisitlerden kirlilik olarak suya karışabilir. Suda yüksek miktarlarda bulunması doku bozulmalarına, dolaşım sistemi problemlerine yol açar ve ayrıca kanser riskinin yükselmesine sebep olur.

Cıva endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanır ve genellikle içme sularındaki seviyesi çok düşüktür. Cıva sınırları tahrip eden kimyasal maddedir.

Ağız ve diş etlerinde çeşitli yaralara, böbreklerin tahrip olmasına, vücuttan atılması zor olduğu için kronik zehirlenmelere yol açar.

Kurşun miktarı; özellikle suyun yumuşak, bol oksijenli, nitrat miktarının fazla ve asidik karakterde olması durumunda borularda korozyonun artmasından dolayı daha fazla zararı olur. Kurşun ve bileşikleri; iştahsızlık, karın ağrıları, yorgunluk, vücutta umumi zafiyet hali, kurşun felçleri ve duyu organları bozukluklarına sebebiyet verir. İçme sularında çok düşük oranda bulunan kadmiyumun herhangi bir yan etkisi bildirilmemiştir.

Krom ülser, bronşit, deride alerji, akciğer ve böbrek hastalıklarına neden olur.

Baryum kemikler üzerinde olumsuz etki gösterir ve deformasyonlara neden olur. Kan basıncını arttırır.

Nitrat, azotlu organik bileşiklerin son yükseltgenme ürünüdür. Nitrat azotu suda kolay çözünür ve suda bulunması tehlikelidir. Tarımda kullanılan gübreler, evsel ve endüstriyel atıklar sularda nitrat konsantrasyonunun artmasına yol açar. Uzun süreli olarak yüksek miktarda nitrat içeren suları tüketmek ölüme yol açabilir. Bazı bakteriler nitratları indirgeyerek nitrite dönüştürür. Meydana gelen fazla miktardaki nitrit emilerek kandaki hemoglobini methemoglobine çevirerek oksijenin dokulara taşınmasını önler. Bebeklerde mavi bebek denilen hastalığa neden olarak ölüme yol açabilir. WHO' ya ve TSE' ye göre suda bulunabilecek maksimum nitrat konsantrasyonu içme suları için 45 mg/L, kaynak suları için 25 mg/L' dir. Bebekler için ise bu değer maksimum 10 mg/L olarak kabul edilmiştir.

Diş ve dişeti sağlığı bakımından yeterli miktarda florür konsantrasyonuna sahip olmayan içme suyu dağıtım sistemlerine florür ilavesi yapılmaktadır.

Radyoaktif maddeler, nükleer silah denemeleri ve özellikle nükleer santrallerin atıklarından dolayı içme sularını kirlenmektedir.

Suda Amonyum (NH<sub>4</sub>)'ün bulunması, suyun daha önce kullanılmış sularla kirlendiğini ve kirlenmenin de yakın bir zamanda olduğunu göstermektedir.

Klorür suda genellikle sodyum klorür NaCl yani tuz şeklinde bulunur. Suda fazla oranda NaCl bulunması durumunda suya insan veya hayvan idrarının karışmış olduğu düşünülebilir (MEB, 2011).

**Çizelge 3.1:** İçme ve kullanma sularında istenmeyen zararlı maddeler ve maksimum değerleri.

Nitrat	50 mg/L
Demir	200 µg/L
Mangan	50 µg/L
Bakır	2000 µg/L
Çinko	3 mg/L
Florür	1,5 mg/L
Amonyak	0,05 mg/L
Bor	1,0 µg/L
Nitrit	0,5 mg/L
Fenolik madde	0,02 mg/L



## **4. İÇME SUYU KALİTE PARAMETRELERİ**

Suyun kalitesi; ham su özelliklerine, arıtma durumuna, suyun depolanmasına ve dağıtımına bağlı olarak çeşitli faktörlerin etkisiyle değişim gösterebilmektedir (Uyak, 2012).

### **4.1 Fiziksel Kalite Parametreleri**

#### **4.1.1 Tat ve koku**

Sudaki koku ve tat problemi pek çok faktöre bağlıdır. Bunlar; organik madde, canlı organizma faaliyetleri, demir, mangan ve korozyonun metalik ürünleri, fenol gibi endüstriyel atık kirliliği, klorlama, yüksek mineral konsantrasyonu ve çözünmüş gazlardır. Bu faktörlere bağlı tat ve koku problemi içme ve kullanma suları için rahatsızlık vericidir. Sularda sodyum klorür ve magnezyum sülfat gibi doğal olarak bulunan kimyasal maddeler tuzlu ve acımsı bir tada sebep olur. Doğal sular genellikle kokusuz olmasına rağmen bazı yeraltı suları geçtikleri yerlerin jeokimyasal yapısına göre koku içerebilir. Örneğin kükürt oranı yüksek olan sular çürük yumurta gibi kokarlar. Sularda koku ve tat problemine neden olan faktörler aşağıda yer almaktadır.

- Evsel atık suların içme suyu kaynaklarına karışması,
- Su kaynağında yaşayan algler, diğer organizmalar ve bunların ölmesinden ileri gelen organik maddelerin çürümesi,
- Endüstriyel atık sular, fenoller, yağ ve benzerleri kimyevi maddeler,
- Klor ve suda fenolle birleşen mono ve diklorofenoller, hidrojen sülfür ve metan gibi suda çözünmüş gazlar,
- Yabani ot ve böcek mücadelesinde kullanılan zirai mücadele ilaçları.

Yukarıda belirtilen faktörlerin tümü suda koku ve tat değişikliğine neden olur (Uyak, 2012).

#### **4.1.2 Renk**

Su saf halde saydam ve renksizdir. Suların renkli görünmesini sağlayan asıl neden yabancı maddelerdir. Suya renk veren hücreler; tanin, humik asit ve hümattır. Yapraklar, kozalaklı ağaç meyveleri, ağaç ve sebze artıkları gibi organik maddelerin suyla temasında çözünmeleriyle oluşur.

Bu sınıfta sular pek çok askıda katı madde ihtiva ederler. Bazen demir de suda ferrik humat formunda bulunarak yüksek renk potansiyeli oluşturur. Suda renk, koloidal halde bulunan organik ve inorganik maddelerin, endüstri alanlarındaki erimiş kimyasal maddelerin, boyaların suyla temasında çözünmesiyle oluşur. Renk giderimi zor olup, çeşitli kimyasal yöntemlerle giderim sağlanabilir. İçilebilir suların renk ölçüsü TS 266'ya göre 5 birimdir (Uyak, 2012).

#### 4.1.3 Bulanıklık

Bulanıklık, su içinde çözünmemiş olarak süspansiyon ve koloidal halde bulunan küçük boyuttaki taneciklerin oluşturduğu görünümdür. Bulanıklık aslında askıda katı maddeler diye sınıflandırılan kil, silt ve çok küçük organik ve inorganik maddeleri içeren suların ışık geçirgenliğinin bir ölçüsüdür. Kum, kil, silis, kalsiyum karbonat, demir, mangan, sülfür gibi maddeler bulanıklığa neden olur. Bu durum, su kalitesi ve görünümü açısından istenmeyen bir özelliktir. Kullanım ve tüketim amaçlı olarak suyun berrak olması istenir. Arıtılmış sularda bulanıklık değerleri 0-1 NTU arasında olmalıdır (Uyak, 2012).

#### 4.1.4 Sıcaklık

Yüzeysel suların sıcaklıkları doğal olarak iklime göre belirlenir. Genel olarak ekvatorдан uzaklaştıkça ve deniz seviyesinden yükseldikçe suların sıcaklığı düşer. Yeraltı sularının sıcaklığı ise, daha çok derinliğe bağlı olup 20-40 metre derinlikte 1 °C yükselir. İçilmeye elverişli suyun sıcaklığı 7-12 °C arasında olmalıdır (Uyak, 2012).

**Çizelge 4.1:** Sıcaklıklarına göre sular.

5 - 12°C	Çok soğuk su
12 - 16°C	Soğuk su
16 - 26°C	Serin su
26 - 33°C	Ilık su
33 - 35°C	Mutedil su
35 - 37°C	Sıcak su
37 ...°C	Çok sıcak su

#### 4.1.5 İletkenlik

İletkenlik sulu çözeltilerin elektrik akımını iletme yeteneğidir. Bir suyun elektriksel iletkenliği, su içinde çözünmüş olarak bulunan iyonların cinsi ve konsantrasyonuna bağlı olarak değişkenlik gösterir.

Sudaki çözünmüş tuz konsantrasyonu arttıkça iletkenlik artar. Saf suyun iletkenliği 0,5-3  $\mu\text{mhos/cm}$ ' dir. Bu değer hava veya su temasında biraz artar (Uyak, 2012).

#### 4.1.6 Lezzet

Suyun kokusu ve tadı, su içinde çözünmüş halde bulunan gazlar, inorganik ve organik maddelerden kaynaklanır. Suyun kendine özgü bir tadı olması ve içiminde hoş bir lezzet vermesi istenir. Suyun lezzeti, içerisinde erimiş oksijen ve karbondioksit gazları ile diğer mineral tuzları, sıcaklık ve soğukluğuna bağlıdır.

Taze su lezzetini, içinde erimiş halde bulunan oksijen ve karbondioksit gazları sağlar. Suda sodyum klorür varsa su tuzlu hissedilir. Magnezyum klorür ve potasyum sülfat sulara acımsı bir tat verir. Demir tuzları ise buruk bir lezzet verir. Böyle sular havalandırılırsa demir tuzları oksitlenerek demir hidroksit halinde çökerler ve tuzlardan arınırlar (Uyak, 2012).

### 4.2 Kimyasal Kalite Parametreleri

#### 4.2.1 Sertlik

Sertlik, su içinde bulunan  $\text{Ca}^{+2}$  ve  $\text{Mg}^{+2}$  katyonlarının kalsiyum karbonat olarak eşdeğerleri olarak tanımlanır. Yani suyun sabunu köpürtmesinin bir ölçüsü şeklinde olarak da açıklanabilir. Sertliği oluşturan asıl olarak kalsiyum ve magnezyumdur. Ayrıca alüminyum, demir, mangan ve çinko da sulara sertlik yapmasına rağmen doğal sulara çok düşük miktarlarda bulduklarından sertlik açısından pek önem taşımazlar. Sular sertlik derecelerine göre ise şu şekilde sınıflandırılabilir;

**Çizelge 4.2:** Suların sertlik sınıfları.

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

Su sertliğinin artması, suyun iletkenliğinin de artmasına neden olur. Suyun çok sert olmasının istenmediği gibi sertliğin çok düşük olması da arzu edilmez. Çok yumuşak sular agresif (aşındırıcı) bir etki yapar. Ayrıca sert suları içen bölgelerde kalp-damar hastalıkları ölümlerinin yumuşak suları içen bölgelere oranla düşük bulunduğunu gösteren istatistikler vardır. İçme suyu için uygun sertlik 75-100 mg/L CaCO<sub>3</sub> olarak ifade edilmektedir (Uyak, 2012).

#### **4.2.2 Asitlik**

Suyun asitliği esas olarak su içinde bulunan mineral asitlerden ve karbonik asit, salisilik asit, borik asit vb. gibi zayıf asitlerden meydana gelmektedir. Bir suyun asitliği, suyun pH derecesinin belli bir değere çıkarıncaya kadar kuvvetli bazlar ile nötralize edilmesi sırasında harcanan baz miktarı olarak tanımlanır. Mineral asitler bulunduğu zaman pH < 4 dür. Doğal sularda en önemli asitlik, su içinde çözülmüş karbondioksitten ileri gelir. Birçok halde su içinde bulunan bazı metal tuzları da hidroliz olarak asitliğe neden olur. Örneğin demir, krom, alüminyum iyonları su içinde kolaylıkla hidroliz olarak asitlik oluştururlar (Uyak, 2012).

#### **4.2.3 Alkalinite**

Alkalinite en genel halde, su içinde bulunan başta karbonat ve bikarbonat iyonları olmak üzere pH değerinin 4,3' den daha büyük olmasına neden olan bileşenlerin toplamı olarak tanımlanır. Su içinde bulunan hidroksit, karbonat ve bikarbonat iyonları suyun alkalinitesini oluştururlar (Uyak, 2012).

#### **4.2.4 pH değeri**

Suların pH değeri aslında genel olarak asitlik ve alkalilik derecesinin bir ölçüsü olarak tanımlanır ve suyun asitlik veya bazlık durumunu gösteren logaritmik bir ölçü olarak bilinir. Doğal suların pH değerleri içerdikleri maddelere göre değişir.

Buna bağlı olarak saf suyun pH değeri 7'den küçük ise asidik, 7'den büyükse bazik özellik göstermektedir. Yani saf su için pH=7, nötr olarak kabul edilir. Özellikle sertlik, sıcaklık ve su içindeki bikarbonat alkalinitesinin serbest karbondioksite oranı suyun pH değerinde değişime sebep olur (Uyak, 2012).

#### **4.2.5 Demir ve mangan**

Demir yer kabuğunda en çok bulunan dördüncü metaldir. Demir ve mangan yer altı sularında hemen her zaman, yüzeysel sularda ise yılın bazı aylarında yüksek konsantrasyonlarda bulunmaları nedeniyle içme ve kullanma suları problem oluşturmaktadırlar. Demir ve mangan (mangan) tabiatta çözünmeyen (Fe<sup>+3</sup> ve Mn<sup>+4</sup>)

ve çözünen ( $Fe^{+2}$  ve  $Mn^{+2}$ ) hallerinin her iki şeklinde de bulunmaktadır. İki değerlikli demir ve mangan, çoğunlukla yer altı sularında bulunur. Su hava ile temas ettiğinde  $CO_2$  havaya karışırken moleküler oksijen suya karışmaya başlar. Oksijen ferrus ( $Fe^{+2}$ ) iyonlarını oksitleyerek  $Fe^{+3}$ 'e dönüştürür. ( $Fe^{+3}$ ) iyonları da serbest hidroksil ( $OH^-$ ) iyonlarıyla reaksiyona girerek ferrik hidroksit [ $Fe(OH)_3$ ] oluşturur. Bu bileşik çözünmez jelatimsi bir yapıya sahiptir ve bulunduğu yüzey üzerinde birikimler yapar. Aynı şekilde  $Mn^{+2}$  iyonları da  $Mn^{+}$  'e dönüştürülür.

Demir ve manganın içme sularında yüksek konsantrasyonlarda olmasının bazı olumsuz yönleri vardır;

- İçme sularında istenmeyen renk, bulanıklık, kötü tat ve kokuya sebep olurlar.
- Demir ve mangan çamaşır, kumaş ve porselen eşya üzerinde leke bırakır. Demir, kahverengimsi, mangan ise gri-siyah leke yapmaktadır.
- Su borularının iç cidarlarında biriken demir ve mangan kütleleri, kesit daralmasına, yük kayıplarının artmasına ve boru, vana, su saati gibi aksamın tıkanmasına sebep olmaktadır.
- Su iletim hatlarında demir bakterilerinin çoğalmasına sebep olur (Uyak, 2012).

#### **4.2.6 Çözünmüş oksijen**

Su içinde yaşayan bütün canlılar için yeterli miktarda çözünmüş oksijen bulunması gerekir. Su içinde yeterli miktarda oksijen bulunmaz ise, anaerobik çürüme olayları başlar ve bu çürüme sonucu hidrojen sülfür, amonyak ve metan gibi kötü kokulu gazlar oluşur. Çözünmüş oksijen su içinde çözünmüş halde bulunan oksijen konsantrasyonudur ve katot reaksiyonu verir. Tatlı sularda 1 atm basınçta, havanın oksijeninin çözünürlüğü  $0^{\circ}C$ 'de 14,6 mg/L ve  $35^{\circ}C$ 'de 7 mg/L' dir. Oksijen suda çok az çözünen bir gaz olduğundan çözünürlüğü verilen sıcaklıkta atmosfer basıncı ile doğrudan değişmektedir. Su içindeki çözünmüş oksijen değeri sıcaklığa, pH' a ve çözünmüş tuz konsantrasyonuna bağlıdır. Suya oksijen havadan geçer. Oksijenin su içindeki çözünürlüğü basınçla arttığı için, oksijenin doygunluk oranı suyun derinliklerine doğru gittikçe azalır. Yaklaşık olarak her metre derinlikte oksijen doygunluk yüzdesi % 10 azalır. Suların içerdiği minerallerin miktarı oksijeni çözme yeteneğini etkiler. Deniz suyu ve kuyu suları yüzey sularına göre daha az çözünmüş oksijen içerirler (Uyak, 2012).

#### **4.2.7 Suların agresiflik özellikleri ve stabilizasyonu**

Suyun agresif olması, sudaki karbon dioksit ( $\text{CO}_2$ ) ve bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ) dengede olmamasından ileri gelmektedir. Suların agresifliği boruların korozyonuna sebebiyet verir. Ayrıca boruların aşınması halinde borudan ayrılan elementler su kalitesinin bozulmasına sebep olur (Uyak, 2012).

#### **4.2.8 Azot bileşikleri (Nitrit, Nitrat ve Amonyak)**

Sularda bulunan azot genellikle amonyum, nitrit ( $\text{NO}_2$ ) ve nitrat ( $\text{NO}_3$ ) halinde bulunur. Bunlar içerisinde en fazla bulunanı nitrattır. Organik ve inorganik azot bileşikleri minerilizasyon, hidroliz ve bakteriyel nitrifikasyonu kapsayan çok sayıda proses ile nitrata dönüşür. Bitkiler tarafından kullanılmayan veya anoksik koşullarda azot gazına denitrifiye olmayan nitrat, yüzey ve yeraltı sularına sızar. Yüzey ve yer altı sularına sızan bu azot bileşikleri doğal veya insan kökenli olabilir (Uyak, 2012).

#### **4.2.9 Trihalometanlar**

Trihalometanlar içme sularının klorla dezenfeksiyonu sırasında doğal organik maddelerin klor ile reaksiyona girmesi sonucunda oluşan yan ürünlerden biridir. Trihalometan ve haloasetik asitler içme suyunda sık görülen dezenfeksiyon yan ürünleridir.

İçme suyunda en çok rastlanan THM çeşitleri; kloroform ( $\text{CHCl}_3$ ), bromodiklorometan ( $\text{CHBrCl}_2$ ), dibromoklorometan ( $\text{CHBr}_2\text{Cl}$ ) ve bromoform ( $\text{CHBr}_3$ )'dur. Yapılan birçok araştırmada, trihalometan bileşiklerinin kanserojen etki yaptıkları bilinmekte ve bu nedenle içme suyu içinde bulunmaları istenmemektedir. Belli bir klor dozu ile klorlamada, sıcaklık arttıkça ve yüksek pH değerlerinde THM oluşum hızı ve miktarı artmaktadır. Ayrıca, suda serbest klor bakiyesi bulunması halinde THM oluşumu da devam etmektedir (Uyak, 2012).

#### **4.3 Azot**

Nitrojenin diğer adı azottur. Azot canlı hücrelerinin başlıca bileşenlerinden biridir ve canlıların kuru ağırlığının %5'ini oluşturmaktadır. Azot gazı atmosferin %78-79'unu oluşturmaktadır ve az kullanıldığı ve su yüzeyi tükenmeyen bir azot kaynağı olan atmosfer ile sürekli temas halinde olduğu için en çok bulunan azot türüdür. Bileşikleri gıdalar ve gübrede bulunur. Azot gazının sıvı ve gaz hali renksiz ve kokusuzdur. Bitkiler azot gazıyla doğrudan doğruya solunum yapamazlar ve ihtiyaçlarını topraktaki azot bileşikleriyle sağlarlar. Bundan dolayı bitkilerin köklerini azot bakımından zengin gübrelerle beslemek gerekir. Azotun en önemli kullanım şekli havadaki azottan nitratlar halinde meydana getirilen gübrelerdir (Serin, 2014).

**Çizelge 4.3:** Azotun özellikleri.

Sembolü	N
Atom Numarası	7
Atom ağırlığı	14,0067(2) g/mol
Elektron Sayısı	7
Element Serisi	Ametal
Maddenin Hali	Gaz
Görünümü	Renksiz

#### **4.3.1 Azotun kullanım alanları**

Atmosferik azot fiksasyonu ve biyolojik azot fiksasyonu, hayvansal atıklar, bitkisel atıklar, inorganik gübreler, organik gübreler elde etmek için sıvı azot laboratuvarlarda düşük sıcaklıklarda kullanılır. Modern patlayıcı maddelerin hemen tümü azot bileşikleridir (URL-5).

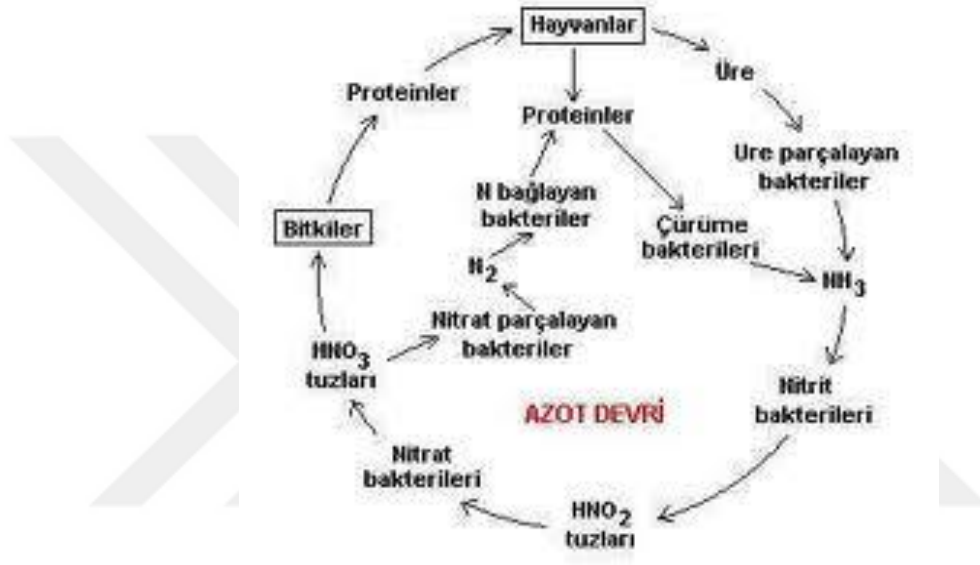
#### **4.3.2 Nitrojen eldesi**

Laboratuvar ortamında sodyum ve toprak alkali metal azot türlerinin ısıtılmasıyla ya da amonyum nitritin ısıtılmasıyla elde edilir. Endüstride azot üretimi havanın sıvılaştırılmasıyla ve sıvı havanın ayrımsal damıtılması yoluyla yapılır. Laboratuvarlarda saf azot elde etmek için, amonyum nitrat ısıtılır. Amonyum nitrat yoksa eğer sodyum nitrat ( $\text{NaNO}_2$ ) ile amonyum klorür ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) eriyikleri birlikte laboratuvar ortamında ısıtılır. Isıtılan bu bileşik amonyum nitrat görevini görür. Isıtıldıktan sonra elde edilen azotun kuru olması isteniyorsa eğer azot gazını sülfürik asitle yıkama şişesinden geçirmek gerekir (URL-5).

#### **4.3.3 Doğada azot döngüsü**

Atmosferde bulunan azot gazının yeryüzüne inerek tekrar atmosfere geçiş yapmasına azot döngüsü denir. Azot canlıların yaşamı için gerekli olup içinde bulunan maddeler amino asit, amonyak, nitrik asit gibi kimyasalları barındırır. Periyodik tablo üzerinde N sembolü azotu gösterir. Doğada azot bileşikleri çeşitli organizmaların yardımıyla çevrime uğrarlar. Bitkiler topraktaki inorganik azot bileşiklerini alır ve diğer elementlerle birleştirerek nükleik asitleri ve bitkisel proteinleri oluştururlar. Bitkileri besin olarak kullanan hayvanlara geçen bitkisel proteinler, hayvansal proteine dönüşür.

Hayvansal artıkların ise bakteriler yardımıyla bozunması sırasında azot, basit yapılı azot bileşiklerine dönüşür ve toprak aracılığıyla soğrulur. Bileşikler bakteriler yardımıyla bitkilerin kullanabileceği uygun bileşiklere dönüşürler. Bu temel döngüye ek olarak baklagillerin köklerinde bulunan özel bakteriler belirli miktarda atmosfer azotunu tutar. Ayrıca şimşekler sırasında oluşan azot oksitlerini, yağmurlar toprağa sürükler. Toprakta bulunan azot bileşiklerinin bir kısmı, anaerobik ortamda yaşayan nitratlarla nitritleri parçalayarak, element haldeki azotu üreten denitrifikasyon bakterileri yardımıyla tekrar atmosfere döndürülür (URL-5).



Şekil 4.1:Azot döngüsü.

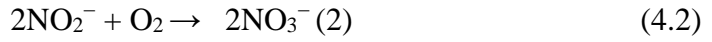
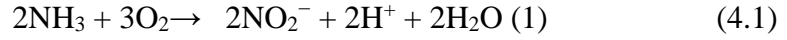
#### 4.3.4 Azotun anlam ve önemi

Başlıca azot bileşikleri nitrat azotu ( $\text{NO}_3^-$ -N), nitrit azotu ( $\text{NO}_2^-$ -N), amonyak azotu ( $\text{NH}_3$ -N) ve organik azot (Org-N) şeklinde bilinmektedir. Bu azot türlerinin yanı sıra azot gazı ( $\text{N}_2$ -N) da azot döngüsünde yer almaktadır. Bu döngüsünde bulunan türler, biyokimyasal tepkimeler sonucunda birbirlerine dönüşebilmektedir. Nitrat ve nitritin toplamı toplam azotu vermektedir. Nitrat, azot bileşikleri ile fazla kirliliğe sahip olmayan yüzey ve yeraltı sularında eser miktarlarda görülmektedir. Yüzeysel sulara amonyum ve organik azot içeren evsel ve endüstriyel atık suların karışması veya o suya çok yeni bir nitrat deşarjının yapılması demek suda nitrat oranının belirgin şekilde artması demektir. Yeraltı sularında nitratın görülmesinin en büyük nedeni nitrat gübrelerin yağmur ve sulama suları ile taşınmasıdır (Serin, 2014).



#### 4.3.5 Nitrifikasyon

Nitrifikasyon; aerobik ortamda amonyağın nitrosomonas diye adlandırılan nitrifikasyon bakterisi tarafından önce nitrite ve sonrasında nitritin ise nitrobakter diye adlandırılan nitrifikasyon bakterisi yardımıyla nitrate dönüştürüldüğü bir proses olup tepkimeler aşağıdaki şekilde gerçekleşmektedir.



#### 4.3.6 Nitrit ve nitratın çevresel önemi

Nitrat konsantrasyonunun 10 mg/L' yi aşması, bebeklerde mavi bebek hastalığına yol açmaktadır. Bu hastalığın diğer bir adı da "methemoglobinemi" dir. Bu hastalık bebeklerin sindirim sisteminin nitratı gidermek için fazla gelişmemiş olmasından dolayı görülür. Nitrit, özellikle klorla dezenfeksiyon uygulamalarında ya da enzimatik olarak aminlerle de tepkimeye girer ve kanserojen olan nitrosaminleri oluşturur. Nitrit' in içme sularında bulunması kesinlikle istenmez. Güneş ışığı ve bazı bakteriler nitritleri nitratlara dönüştürürler. Nitrat genellikle kuyu sularında fazla bulunur ve sürekli tüketime maruz kalındığında bebeklerde mavi bebek denilen tehlikeli hastalığa neden olur.

Nitrat genellikle önemli bir besin maddesidir ve bazen sınırlayıcı besin maddesi olarak tanımlanmaktadır. Hem amonyak azotunun nitrate yükseltgenmesinde, hem de nitratın indirgenmesinde ara oksidasyon kademesinde nitrit işlev görmektedir (Serin, 2014).

#### 4.3.7 Nitrat

Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), tarımsal faaliyetlerden, katı atıkların sızıntı sularından, endüstriyel deşarjlardan, insan ve hayvan dışkılarındaki azotlu atıkların oksidasyonu sonucu yerüstü ve yeraltı sularına ulaşabilir.

Normal şartlarda topraktaki azotun % 50-70'i bitki tarafından alınır, % 2-20'si uçarak kaybolur. % 15-25'lik kısmı organik maddeyle ya da kil tanecikleri ile birleşir. Kalan % 2-10'luk kısmı ise yerüstü ya da yeraltı sularına ulaşır.

Akarsuların yağış dönemlerinde yüksek konsantrasyonlarda toprakta azot seviyeleri artar. Bu durum özellikle, yaz sonrası bol yağışlı sonbahar mevsiminde görülmektedir. Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) genellikle suda çok fazla miktarda bulunmaz. Ancak nitrat içeren ve oksijence zayıf içme suları, çelik borularda su durgun haldeyken, Nitrosomonas bakterileriyle nitrit formuna dönüşebilme olasılığı vardır. Nitrat ve nitritin yakın ilişkisi sebebiyle, nitrat için 50 mg/L ve nitrit için 3 mg/L limit değerleri belirlenmiştir (Serin, 2014).

#### **4.3.8 Nitrat kaynakları**

Yeterli miktarda oksijenin varlığında su ve toprakta bakteriler aracılığıyla organik azotun oksidasyonu sonucu nitrat ortaya çıkar. Azot hem doğal hem de insan kökenli faaliyetler sonucu su ortamlarına girmektedir. Nitrat bileşiklerinin kaynakları doğal ve yapay olmak üzere sınıflandırılabilir.

##### **4.3.8.1 Yapay kaynaklı nitrat bileşikleri**

- Endüstriyel tesislerin atık suları
- Kentsel atık sular
- Çöp depolama alanlarının sızıntı suları
- Tarımda kullanılan gübreler
- Maden ocakları

Azot içeren gübre ve doğal gübrelerin yapılan araştırmalara göre tarımda verimi artırması için aşırı miktarda kullanılması bitkilerde fazla miktarda nitrat birikimine yol açmaktadır. Bitkiler için fazla gelen ve kullanılmayan nitrat, yağmur suları aracılığıyla yüzeysel ve yeraltı sularına ulaşmakta ve nitrat miktarını artırmaktadır.

İklim faktörlerinin bitkilerin azot oranlarında önemli etkisi bulunmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda kış mevsiminde ışık yoğunluğu düşük olduğundan nitrat oranının arttığı, ışık yoğunluğunun yüksek olduğu yaz mevsimlerinde de nitrat oranının azaldığı belirlenmiştir. Gün içerisinde farklı zaman dilimlerinde nitrat oranlarının değiştiği tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalara göre sıcaklığın artması ile birlikte bitkilerde nitrat miktarı artmakta ancak 30°C sıcaklığın üzerinde bu artış durumu yavaşlamaktadır.

Uzun yıllar çeşitli hayvan dışkıları da bitkilerin azot ihtiyaçlarını karşılamak için gübre olarak kullanılmıştır. Mikroorganizma faaliyetleri ile gübreler ayrıştırılarak nitrata dönüşmektedir.

Nitrat, tarım yapılan sahaya uygulandıktan sonra rahatlıkla yağışlarla birlikte suya geçebilmektedir. İklim, ürün ve tarımsal yöntemler, tarım yapılan toprağın özellikleri, gübre türü gibi tarımı etkileyen faktörler yeraltı sularının nitrat ile kirlenmesinde önemli rol oynamaktadır.

Başka bir nitrat kirlilik kaynağı ise arıtılmadan veya yeterli arıtımı yapılmayan atıksuların yüzeysel sulara drenajı veya atıksu arıtım amaçlı arazide arıtım uygulanması da örnek verilebilir.

Düzenli planlanmayan katı atık depolama alanlarından oluşan sızıntı suları da yer altı ve yüzey sularında nitrat kirliliğini oluşturmaktadır (Serin, 2014).

#### **4.3.8.2 Doğal kökenli nitrat bileşikleri**

- Bazı bakteri ve mavi–yeşil alglerce azot gazının atmosferden alımı (azot fiksasyonu)
- Azot ile birleşmiş partiküllerin yağmur ve karla veya doğrudan yağışı,
- Organik madde ve hayvan atıklarının ayrışması,
- Nitrat ya da fosfat bakımından zengin jeolojik oluşumların üzerinden geçen (taşan ya da akan) tatlı su,

Atmosferde % 78 oranında azot olmasına rağmen elementer azottan doğrudan doğruya yararlanabilen canlı sayısı çok azdır.

Bazı bakteriler, mavi yeşil algler ve mantarlar atmosferdeki azotu biyolojik olarak belirler. Biyolojik azot tespitinden sonra yapıcılar, herbivorlar, karnivorlar ve parçalayıcıları içeren besinler azot döngüsünde ilerler ve boşaltım, ölüm, bozulma-ayırışma sonucu ortaya çıkan maddeler yıkıma uğrar. Boşaltım maddelerinin kalıntıları ve ölü organizmadaki proteinler, bakteriler ve çürükçül mantarlar yardımıyla azot, aminoasit ve diğer organik maddelere dönüştürülür. Bu aşamadan sonra gerçekleşen birçok reaksiyon  $\text{NH}_4^+$  iyonlarının kullanılması ve bakterilerin faaliyetleriyle gerçekleşir. Bu işlemlere nitrifikasyon denir. Nitrifikasyon 2 aşamalıdır. Buna göre olup ilk aşamada nitrosomonas bakterilerinin etkisi ile  $\text{NH}_4^+$  iyonları  $\text{NO}_2^-$  formuna oksitlenir. İkinci aşamada ise nitrobakter aracılığıyla  $\text{NO}_2^-$  iyonları  $\text{NO}_3^-$  iyonlarına dönüştürülür.

Belirtilen bakterilerin bulunmasından başka toprağın havalanması, sıcaklık,  $\text{O}_2$  miktarı, nem ve dönüşebilir azotlu bileşik miktarı gibi unsurlar da amonyak azotundan nitrata geçilebilmesi gerekli olan başka unsurlardır (Serin, 2014).

#### 4.4 Nitrat Kirliliğinin Önemi ve Zararları

Çocuklarda ve hamile kadınlarda nitrat iyonlarının sağlık açısından olumsuz etkisi olduğu tespit edilmiştir. Yapılan araştırma sonuçlarına göre nitratlar, özellikle altı aydan küçük yaştaki bebeklerde hemoglobinle birleşerek methemoglobin adı verilen diğer bir adıyla mavi bebek sendromu hastalığının görülmesine yol açar.

Bebeklerde mavi bebek sendromu klinik olarak ilk kez 1945'te tespit edilmiştir. Görülen bu ilk vakada yüksek miktarda nitrat içeren kuyu suyu içen iki bebekte mavi bebek sendromu teşhisi konulmuştur. Ancak mavi bebek sendromu vakaları oldukça nadirdir. Mavi bebek sendromunun neden olduğu ölüm oranı ise %7-8 civarındadır. Mavi bebek sendromu 10 mg N/L'den az nitrat içeren içme suyu kaynaklarında rastlanılmamaktadır.

Mide asidi oluşumu yeni doğan bebeklerde erişkinlere oranla daha düşüktür. Mide asiditesinin düşük olması bakterilerin üremesini hızlandırmaktadır. Böylece alınan nitrat iyonları daha toksik etkiye sahip olan nitrite dönüştürülmektedir. Emilen nitrit ise mavi bebek hastalığının görülmesine neden olur. Methemoglobinin oksijen taşıma kapasitesi düşüktür. Bu durum beyin gibi hayati önem taşıyan organlara oksijen taşınmasını azaltır. Methemoglobin bebeklerde erişkinlerde olduğu gibi hemen hemoglobine dönüşmemektedir. Methemoglobinin hemoglobine dönüştüren enzim yetişkin kapasitesine altıncı ayda ulaşmaktadır. Yüksek oranda methemoglobine maruz kalmak beyinde tahribata ve ölüme yol açabilmektedir. Bu nedenle içme sularında 10 mg NO-N/lt'nin üzerinde suların bebeklere kesinlikle verilmemesi gerektiği bildirilir. Methemoglobinin en belirgin semptomu özellikle ağız ve göz çevresinde olmak üzere derinin mavimsi bir renk almasıdır. Bu nedenle "mavi bebek sendromu" olarak da bilinmektedir.

Hamilelik döneminde tüketilen içme suyundaki nitrat azotu miktarı 100 mg/L seviyesini aşmadıkça anne sütünde nitrat düzeyi artmamaktadır.

Baş ağrısı, baş dönmesi, halsizlik ve solunum güçlüğü gibi belirtiler bu hastalıkta diğer belirtiler arasındadır. Bu durumdaki bebeklere acil müdahale gerekir ve tedavisinde metilen mavisi kullanılmaktadır.

Sağlıklı yetişkinler genellikle yüksek miktarda nitratı sindirebilmektedir. Nitratlar insan vücuduna genellikle çiğ veya pişmiş sebzelerle alınmaktadır. Uzun süreli yüksek miktarda nitrat alınması mide sorunlarının görülmesine neden olur (Serin, 2014).

**Çizelge 4.4:** WHO'ya göre nitrat ve nitrit için günlük maksimum alınabilir değerler (kg vücut ağırlığı başına.).

	<b>Zararsız Miktarda</b>	<b>Özel Şartlarda</b>
<b>Nitrat</b>	0-5 mg	5-10 mg
<b>Nitrit</b>	0-0,5 mg	0-0,8 mg

## **4.5 Nitrat Giderim Yöntemleri**

### **4.5.1 Fizikokimyasal yöntemler**

- Elektrodializ
- Ters osmoz
- İyon değişimi
- Membran filtrasyonu

#### **4.5.1.1 Elektrodializ yöntemi**

Elektrodializ yöntemi, içme suyu ve proses suyu üretiminde yaygın olarak kullanılan membran prosesler arasında yer almaktadır. Elektrodializ 'in diğer ayırma yöntemlerine göre üstünlüğü; enerji etkinliği, yardımcı kimyasal kullanımına gerek duymaması, ılımlı süreç koşulları ve denetimidir. Koagülasyon, adsorbsiyon, absorpsiyon, çöktürme ve flotasyon prosesleri elektrokimyasal arıtım proseslerinin mekanizmasını oluşturur. Son yıllarda bu yöntem çevreye uyumlu ve çok yönlü bir arıtma seçeneği olmasından dolayı atıksu arıtımında da oldukça önemli yere sahiptir. Proses şekli ve yapısı elektrokimyasal proseslerin en önemli farklılıklarındandır.

Ağır metal giderimi, organik madde giderimi, askıda katı madde giderimi, renk giderimi, yağ giderimi, deflorinasyon, nitrat giderimi, fenol giderimi, arsenik giderimi, poliaromatik organik kirlilik, lignin ve organik kirliliğin gideriminde de elektrokimyasal yöntemler yaygın olarak kullanılabilir (Serin, 2014).

#### **4.5.1.2 Ters osmoz**

Ters osmoz, membran teknolojileri arasında en hassas olan yöntemdir. Bu işlemin en önemli unsuru basınç faktörüdür. Konsantrasyonu fazla olan sıvı tarafından uygulanan bir basınç yardımıyla sağlanan ters akışla, yoğunluğu fazla olan sıvı içerisinde bulunan mineraller, tuzlar ve organik maddeler, membran bir tarafında bırakılarak diğer tarafa, yoğunluğu daha az, tuzlar ve minerallerden arındırılmış bir sıvı olarak geçirilmesi işlemine ‘ters osmoz’ denir. Özetle; yoğunluk oranına göre su içerisindeki minerallerin ayrılması işlemidir. Uygulama yaparken basılan suyun, sadece belli bir yüzdesinin bu membrandan geçmesine müsaade edilir. Membran içinde mineraller, tuzlar ve organik maddelerin oluşturduğu yoğun konsantrasyon ise gidere verilir. İçme suyu elde edebilmek için suyun tuzdan arındırılması gerekmektedir. Ancak ters osmoz yöntemi ile su tuzdan tamamen temizlenemediğinden dolayı içme suyu üretilmemektedir. Tarım suyu, şebeke suyu gibi alanlarda kullanımlar için ters osmoz yöntemi ile uygun kalitede su üretilir. Ters osmoz içerisindeki mineral ve tuzları ayırıştırıcı yapı bu sistemin en pahalı parçalarından biridir. Bu yapı yüksek basınçla çalıştığı için kolayca yıpranmakta ve belirli bir zaman içerisinde değiştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca suda oluşabilecek çeşitli enfeksiyonların engellenmesi için bu ayırıştırıcı yapının belirli aralıklarla temizlenmesi gerekir. Ters osmoz sisteminin bakımının maliyetli olması bu sistemin dezavantajıdır (Serin, 2014).

#### **4.5.1.3 Adsorpsiyon**

Adsorpsiyon bir maddenin temelinde var olan atom, iyon veya moleküllerin emici maddenin yüzeyine tutunması işlemidir. Adsorpsiyon yüzeysel ve ekzotermik bir işlemdir. Kimyasal çöktürme, atık su ve içme sularından metal iyonlarının giderilmesinde; aktif karbon adsorpsiyonu, iyon değişimi, ters osmoz, gibi ikincil arıtım gerektiren klasik arıtma yöntemleri uygulanmaktadır (Serin, 2014).

#### **4.5.1.4 İyon değişimi**

İyon değişimi, bir katı maddenin etrafında bulunan sıvı maddeden belirli iyonları alıp, buna karşılık olarak belirli bir miktarda karşılığına denk gelen iyonları sıvı maddeye vermesidir. İyon değişimi humus, toprak, doğal katılar, selüloz, aktif karbon, lignin, kömür, yün, protein, metal oksitler, alg ve bakteri gibi canlı hücreler iyon değiştirici maddelerle yapılmaktadır.

İyon değişimi yaygın olarak içme suyu ve atıksu arıtımında olmak üzere suyun yumuşatılması, peptit analizleri, nükleik asit, nükleositler ve birçok aminoasitlerin ayrılmasında da kullanılmaktadır.

Bu yöntem daha çok sularda sertliğin temelini oluşturan  $Ca^{++}$  ve  $Mg^{++}$  iyonlarının uzaklaştırılması, yeraltı sularından demir ve manganın giderilmesi için kullanılan bir yöntemdir (Serin, 2014).

#### **4.5.2 Biyolojik yöntemler**

##### **4.5.2.1 Biyolojik denitrifikasyon**

Biyolojik denitrifikasyon aslında moleküler oksijenin olmadığı, anoksik koşullarda organik karbonun; elektron alıcısı olarak nitratı kullanarak ve nitratın azot gazına indirgendiği sürecin adıdır. Denitrifikasyon işleminde nitratın azot gazına indirgenmesi için ortamdan  $H^+$  iyonu uzaklaştırıldığından dolayı ortam pH'ı yükselmektedir. Ortamın pH'ı asit-baz ilavesi yapılarak kontrol edilmelidir. Biyolojik denitrifikasyon etkileyen faktörler; sıcaklık, pH, oksijen, organik karbon, azot oksitler, inhibitörler olarak belirtilebilir. Denitrifikasyon için olması gereken uygun ortam şartlarının  $pH=6-7$ ,  $T=20-25^{\circ}C$  olması gerekir. Biyolojik denitrifikasyon yöntemi içme sularında nitrat giderim yöntemleri arasında daha uygun ve verimli olarak bilindiğinden tercih edilmektedir. Bu yöntem nitrat giderimini doğrudan hedef alan ve ortamda bulunan diğer iyonların konsantrasyonlarının değişmediği bir yöntemdir (Çakıcı, 2007).

## **5. BULGULAR VE TARTIŞMA**

### **5.1 Analiz Sonuçları**

Ankara İl'inde nitrat problemi olan 3 istasyon seçilmiştir. Kurulan reçine sistemi ayrı ayrı 3 istasyonda kurulup analizler yapılmıştır. Analizi yapılan fiziksel ve kimyasal parametrelerden pH, bulanıklık, sıcaklık, elektriksel iletkenlik, nitrat, sülfat, alüminyum, arsenik gibi parametreler değerlendirilmeye alınmış ve grafikleri çizilmiştir.

#### **5.1.1 Bala istasyonu**

Bala istasyonunda farklı zamanlarda alınan su numunelerine ait analiz sonuçları Çizelge 5.1' de verilmiş olup ve Şekil 5.1'de nitrat giderim oranının grafikleri çizilmiştir.

Bala istasyonunda giriş nitrat değerleri 38-54,8 mg/L arasında ölçülmüştür. Kurulan reçineli sistemden geçtikten sonra suyun çıkış nitrat değerleri 0,38-1,9 mg/L arasında ölçülmüştür.

pH değerleri giriş sisteminde 7,45-7,8 aralığında ölçülmüş olup, çıkış pH değerleri 7,04-7,6 arasında ölçülmüştür.

Bulanıklık değerleri girişte 1,4-2,6 NTU arasında ölçülmüş olup, çıkış bulanıklık değerleri 0,39-0,7 NTU arasında ölçülmüştür.

Sıcaklık değerleri girişte 13-22,7 °C arasında ölçülmüş olup, çıkış sıcaklığı 14,8-21,5 °C arasında ölçülmüştür.

İletkenlik değerleri girişte 151,1-163,4 mS/m arasında ölçülmüş olup, çıkış iletkenlik değerleri 160,5-176,1 mS/m arasında ölçülmüştür.

Sülfat değerleri girişte 332-398 mg/L arasında ölçülmüş olup, çıkış sülfat değerleri 112-158 mg/L arasında ölçülmüştür.

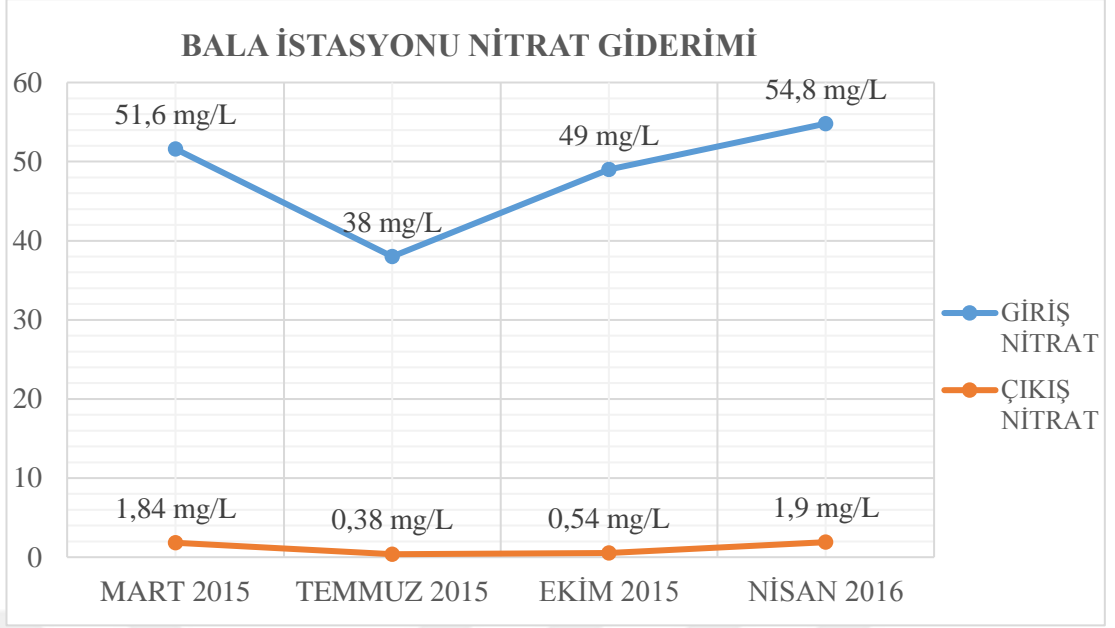
Alüminyum değerleri girişte 32,4-67,3 µg/L arasında ölçülmüş olup, çıkış alüminyum değerleri <3-11,7 µg/L arasında ölçülmüştür.

Arsenik değerleri girişte 9,44-15,7 µg/L arasında ölçülmüş olup, çıkış arsenik değerleri <1-8,2 µg/L arasında ölçülmüştür.



**Çizelge 5.1:**Bala istasyonunda farklı zamanlarda alınan numunelerin analiz sonuçları.

Parametre	Birim	Farklı Zamanlarda Alınan Numune Örnekleri											
		MART 2015		TEMMUZ 2015		EKİM 2015		NİSAN 2016					
		Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış				
pH		7,48	7,04	7,8	7,6	7,56	7,37	7,45	7,14				
Bulanklık	NTU	2,6	0,7	1,4	0,4	1,9	0,5	1,6	0,39				
Sıcaklık	°C	13	14,8	22,7	21,5	18,3	19,1	15,8	16,5				
Elektriksel İletkenlik	mS/m	153,6	176,1	151,1	166,5	152,8	160,5	163,4	171,23				
Nitrat	mg/L	51,6	1,84	38	0,38	49	0,54	54,8	1,9				
Sülfat	mg/L	398	6,28	332	121	364	112	356	143				
Alüminyum	µg/L	53	11,7	32,4	<3	67,3	9,6	58	8,2				
Arsenik	µg/L	9,44	<1	15,7	8,2	12,6	4,5	11,9	5,1				



**Şekil 5.1:**Bala giriş-çıkış nitrat değerleri değişim grafiği.

### 5.1.2 Beypazarı istasyonu

Beypazarı istasyonunda farklı zamanlarda alınan su numunelerine ait analiz sonuçları Çizelge 5.2’de verilmiş olup ve Şekil 5.2’de nitrat giderim oranının grafikleri çizilmiştir.

Beypazarı istasyonunda giriş nitrat değerleri 51-65 mg/L arasında ölçülmüştür. Kurulan reçineli sistemden geçtikten sonra suyun çıkış nitrat değerleri 2,5-3,6 mg/L arasında ölçülmüştür.

pH değerleri giriş sisteminde 7,5-7,7 aralığında ölçülmüş olup, çıkış pH değerleri 7,1-7,4 arasında ölçülmüştür.

Bulanıklık değerleri girişte 0,4-0,7 NTU arasında ölçülmüş olup, çıkış bulanıklık değerleri 0,2-0,5 NTU arasında ölçülmüştür.

Sıcaklık değerleri girişte 14,2-21,8 °C arasında ölçülmüş olup, çıkış sıcaklığı 15,1-22,5 °C arasında ölçülmüştür.

İletkenlik değerleri girişte 63,8-68,6 mS/m arasında ölçülmüş olup, çıkış iletkenlik değerleri 71,4-78,5 mS/m arasında ölçülmüştür.

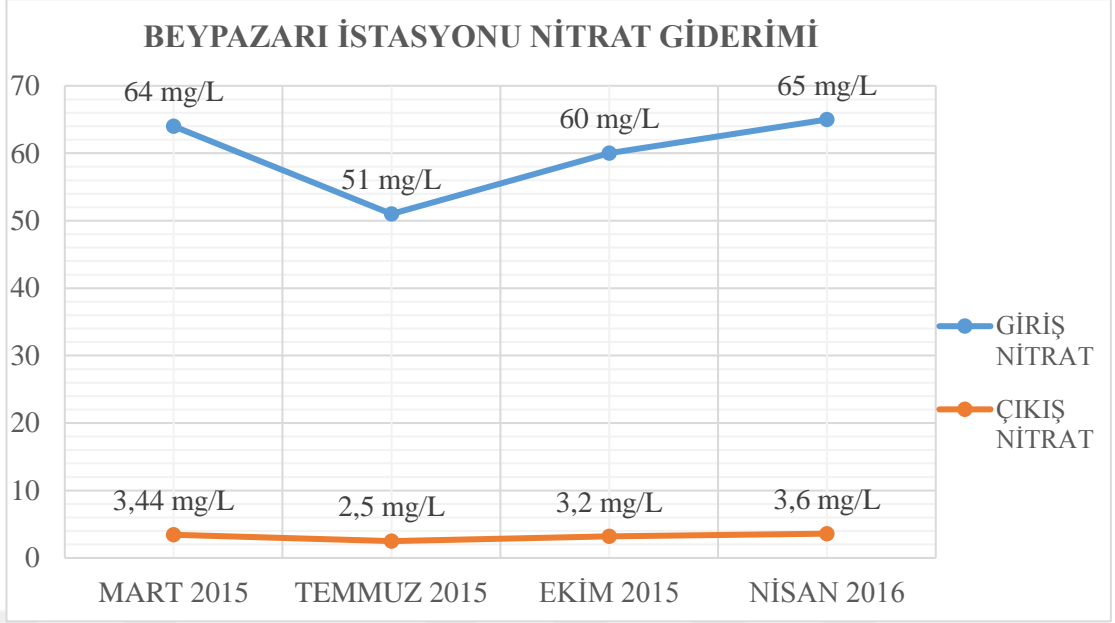
Sülfat değerleri girişte 246-261 mg/L arasında ölçülmüş olup, çıkış sülfat değerleri 25,1-29,6 mg/L arasında ölçülmüştür.

Alüminyum değerleri girişte 3,5-4,68 µg/L arasında ölçülmüş olup, çıkış alüminyum değerleri <1-1,8 µg/L arasında ölçülmüştür.

Arsenik değerleri girişte <1-1,8 µg/L arasında ölçülmüş olup, çıkış arsenik değerleri <1 µg/L ölçülmüştür.

**Çizelge 5.2:**Beyyazarı istasyonunda farklı zamanlarda alınan numunelerin analiz sonuçları.

		Farklı Zamanlarda Alınan Numune Örnekleri											
Parametre	Birim	MART 2015		TEMMUZ 2015		EKİM 2015		NİSAN 2016					
		Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış				
pH		7,7	7,4	7,6	7,2	7,5	7,1	7,6	7,3				
Bulanklık	NTU	0,7	0,5	0,4	0,2	0,6	0,3	0,7	0,4				
Sıcaklık	°C	14,2	15,1	21,8	22,5	18,5	19,4	15,6	16,4				
Elektriksel İletkenlik	mS/m	68,6	78,5	65,4	72,6	65,2	71,4	63,8	71,7				
Nitrat	mg/L	64	3,44	51	2,5	60	3,2	65	3,6				
Sülfat	mg/L	258	27,7	246	25,1	252	26,6	261	29,6				
Alüminyum	µg/L	4,68	<3	3,5	<1	4,2	1,8	4,48	1,6				
Arsenik	µg/L	<1	<1	<1	<1	1,8	<1	1,4	<1				



**Şekil 5.2:** Beypazarı giriş-çıkış nitrat değerleri değişim grafiği.

### 5.1.3 Sincan istasyonu

Sincan istasyonunda farklı zamanlarda alınan su numunelerine ait analiz sonuçları Çizelge 5.3’ de verilmiş olup ve Şekil 5.3’de nitrat giderim oranının grafikleri çizilmiştir.

Sincan istasyonunda giriş nitrat değerleri 51,1-71,34 mg/L arasında ölçülmüştür. Kurulan reçineli sistemden geçtikten sonra suyun çıkış nitrat değerleri 0,10-1,2 mg/L arasında ölçülmüştür.

pH değerleri giriş sisteminde 7,2-7,5 aralığında ölçülmüş olup, çıkış pH değerleri 6,98-7,2 arasında ölçülmüştür.

Bulanıklık değerleri girişte 0,58-0,95 NTU arasında ölçülmüş olup, çıkış bulanıklık değerleri 0,2-0,54 NTU arasında ölçülmüştür.

Sıcaklık değerleri girişte 13,8-21,6 °C arasında ölçülmüş olup, çıkış sıcaklığı 14,7-21,8 °C arasında ölçülmüştür.

İletkenlik değerleri girişte 77,2-80,8 mS/m arasında ölçülmüş olup, çıkış iletkenlik değerleri 77,8-104,6 mS/m arasında ölçülmüştür.

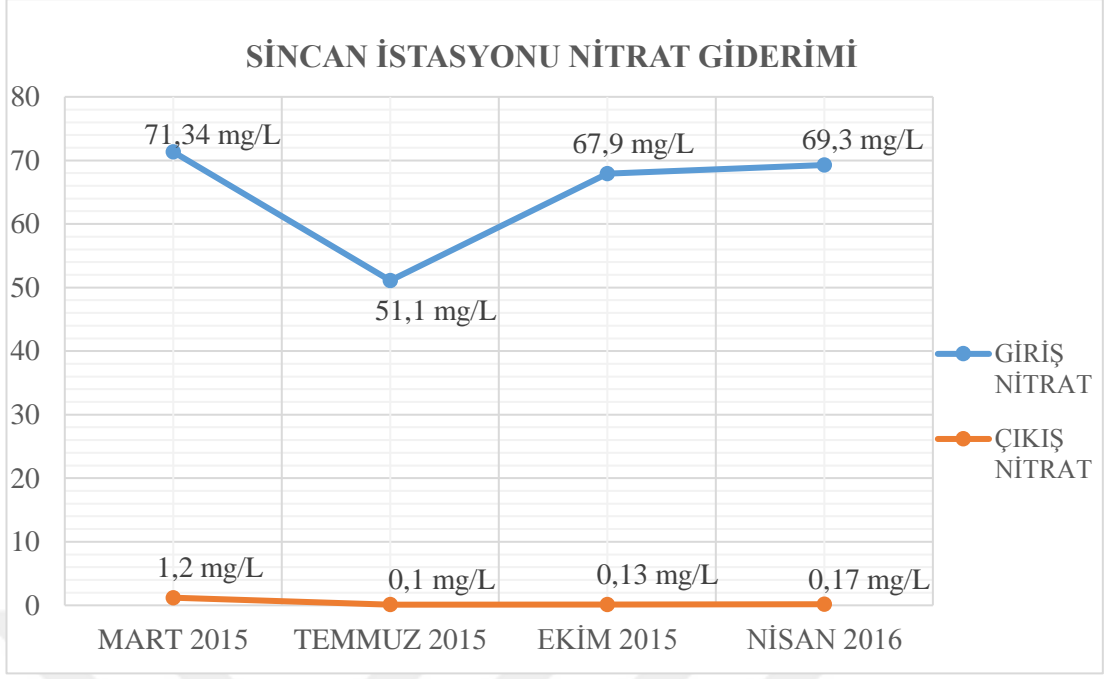
Sülfat değerleri girişte 60,6-80,6 mg/L arasında ölçülmüş olup, çıkış sülfat değerleri 2,74-6,3 mg/L arasında ölçülmüştür.

Alüminyum değerleri girişte 19,5-36 µg/L arasında ölçülmüş olup, çıkış alüminyum değerleri <3-12 µg/L arasında ölçülmüştür.

Arsenik değerleri girişte 12-20 µg/L arasında ölçülmüş olup, çıkış arsenik değerleri <1-4,3 µg/L arasında ölçülmüştür.

**Çizelge 5.3:**Sincan istasyonunda farklı zamanlarda alınan numunelerin analiz sonuçları.

Parametre		Farklı Zamanlarda Alınan Numune Örnekleri											
		MART 2015		TEMMUZ 2015		EKİM 2015		NİSAN 2016					
		Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış				
pH	Birim	7,5	7,2	7,2	6,99	7,4	6,98	7,3	7				
Bulamlılık	NTU	0,95	0,54	0,58	0,25	0,78	0,35	0,6	0,2				
Sıcaklık	°C	13,8	14,7	21,6	21,8	17,9	18,7	15,9	16,2				
Elektriksel İletkenlik	mS/m	79,1	77,8	77,2	104,6	78,3	76,1	80,8	77,3				
Nitrat	mg/L	71,34	1,2	51,1	0,1	67,9	0,13	69,3	0,17				
Sülfat	mg/L	67,8	4,8	60,6	2,74	68,9	5,4	80,6	6,3				
Alüminyum	µg/L	29,3	12	19,5	<3	36	10	32,4	7,5				
Arsenik	µg/L	18	3,84	12	<1	20	4,3	17	3,5				



**Şekil 5.3:** Sincan giriş-çıkış nitrat değerleri değişim grafiği.

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 6.1 Sonuçlar

Yapılan çalışmalarda Ankara ilinin Bala, Beypazarı ve Sincan ilçelerine bağlı içme suyu kalitesinde nitrat problemi olan çeşitli istasyonlar seçilmiş olup, bu istasyonlara ait alınan su numunelerinin analizleri yapılmıştır. Bu çalışma sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Seçilen istasyonlarda alınan numunelerden yapılan analizler sonucunda, ham suda kirlilik parametrelerinden nitrat, arsenik ve sülfat parametre değerlerinin yüksek olduğu görülmüştür.
- Bala istasyonunda kaynak suyu kullanılmaktadır. Bölgede hayvancılık ve gübreleme faaliyetleri yapıldığından su numunelerinde de nitrat miktarının bir miktar fazla olduğu tespit edilmiştir. Nitrat miktarı özellikle yağışlı dönemlerde artış göstermektedir. Yağışların sık görüldüğü 2015 Mart ve 2016 Nisan aylarında nitrat miktarı en yüksek değerlerine ulaşmıştır.
- Bala istasyonunda nitrat dışında sülfat ve arsenik parametrelerinin de TS 266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular yönetmeliğinde belirlenen sınırlardan fazla olduğu tespit edilmiştir. Sistemde tercih edilen kuvvetli bazik anyonik reçine sayesinde hem nitrat, sülfat hem de arsenik gideriminde başarı sağlanmıştır.
- Bu istasyonda yağış dönemlerine bağlı olarak yine bulanık değerlerinde de artış gözlemlenmiştir.
- Beypazarı istasyonunda kaynak suyu kullanılmaktadır. Bölgede tarım ve gübreleme faaliyetleri yaygın olarak yapıldığından su numunelerinde de nitrat miktarının fazla olduğu tespit edilmiştir. Nitrat miktarı özellikle yağışlı dönemlerde artış gösterdiğinden 2015 Mart ve 2016 Nisan aylarında en fazla değerine ulaşmıştır. Beypazarı istasyonundan alınan numunelerle yapılan analizler sonucu bulanıklık değerlerinin yağış dönemlerinde dahi fazla artış göstermediği tespit edilmiştir.
- Bölgede arsenik problemine rastlanmamıştır.

- Sincan istasyonunda kuyu suyu kullanılmaktadır. Bölgede tercih edilen istasyonda kuyu yerleşim yerinin alt kotunda yer almaktadır. Bu bölgeden kanalizasyon ve atıksu hatları da geçtiğinden nitrat kirliliğinin fazla olduğu tespit edilmiştir.
- Sincan istasyonundaki yeraltı suyunda arsenik kirliliğine rastlanmıştır. Tercih edilen reçine sayesinde iyon değişimi sistemi ile arsenik ve nitrat kirliliği gideriminde başarı sağlanmıştır.
- Bu istasyonda bulanıklık parametresinin de reçine ile iyon değişimi sayesinde çok düşük seviyelere geldiği tespit edilmiştir.
- Yapılan çalışmalar sonucunda kaynak ve kuyu suyu kullanılan istasyonlarda kuvvetli bazik anyonik reçine ile sularda mevcut olan nitrat, sülfat ve arsenik kirlilik parametreleri giderim başarısı sağlanmıştır.

## 6.2 Öneriler

Ankara ilinde seçilen istasyonlarda içme suyu kalitesinin daha iyi olabilmesi için dikkate alınması gereken öneriler aşağıda belirtilmiştir.

- İstasyonlarda nitrat kirliliğine su kaynaklarını besleyen bölgelerde evsel ve tarımsal nitelikli kirlenmeler sebep olmaktadır. Bu kirlenmeyi önlemek için bu bölgelerdeki kırsal yerleşimlerde kanalizasyon şebekesi döşenmesi, atık suların bir merkezde toplanması ve arıtıldıktan sonrada alıcı ortama deşarj edilmesi gerekmektedir. Nitrat kirliliğine özellikle tarımsal kirlenme sebep olduğu bilinmektedir. Tarımsal kirlenmeyi önlemek için de, bu bölgelerde tarımsal gübreleme çalışmalarının bilimsel ilkelere uygun şekilde yapılması gerekmektedir.
- Seralarda özellikle yetiştiriciliğin yoğun olduğu sezon boyunca kimyasal gübreler çok miktarlarda kullanılmakta, bu nedenle su kaynakları özellikle kuyu suları tehlikeli boyutlarda kirlenebilmektedir. Bu bölgelerde kimyasal gübrelerin kullanımına dikkat edilmeli ve mümkün olduğunca kimyasal gübreler fazla kullanılmamalıdır.
- Nitrat içeriği daha düşük olan su kaynakları ile nitrat içeriği yüksek olan su kaynakları bir ortamda harmanlanarak suyun nitrat içeriği düşürülebilir.
- İleri arıtım metotlarından; nitratin içme ve yeraltı sularından gideriminde uygulanan metotlar çoğunlukla iyon değiştirme, ters osmoz ve elektrodializ gibi fizikokimyasal proseslerdir.



- Bu metotlara alternatif bir metot olarak nitrat gideriminde biyolojik denitrifikasyon metodu oldukça yaygın kullanılmaktadır. Fiziko-kimyasal yöntemlere göre hem ekonomik hem de uygulama yönünden pek çok avantajı bulunmaktadır.
- Suya nitrat transferinin önlenmesi veya giderimi arasındaki tercih tamamen ekonomik nedenlere göre belirlenmektedir.



## KAYNAKLAR

- Çakıcı, H., 2007. Yavaş kum filtresinde biyolojik denitrifikasyonla içme sularından nitrat giderimi, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Dursun, N., 2012. Elementel kükürt bazlı ototrofik ve mikсотrofik denitrifikasyon prosesleriyle içme sularından nitrat gideriminin sabit ve akışkan yataklı reaktörlerde irdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Genç, N., 1992. İçme suyundan nitrat giderimi, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Izhar, M., 2016. Eysel atıksulardan alg kullanarak nitrat giderimi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kınalı, L., 1994. İçme sularından iyon değişimi ve biyolojik denitrifikasyonla nitrat gideriminin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB), 2011, Mesleki ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Sel Dış Ticaret ve Kimya Sanayi A.Ş., (2011), Purolite İon Exchange Resins A-520 Technical Data, USA.
- Serin, S., 2014. Yeraltı sularında nitrat giderimi, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Uçar, T., 2012. İçme sularında nanofiltrasyon yöntemiyle nitrat giderimi, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Uyak, V., 2012, İçme Sularının Özellikleri ve Kalite Parametreleri ve Kirleticilerin Sağlık Etkileri, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.

[URL-1] <<http://www.mardinhalksağlığı.gov.tr>>, alındığı tarih: 20.09.2016

[URL-2] <<http://www.wikipedia.org>>, alındığı tarih: 20.09.2016

[URL-3] <<http://www.bala.bel.tr>>, alındığı tarih: 23.09.2016

[URL-4] <<http://www.beypazarı.gov.tr>>, alındığı tarih: 28.09.2016

[URL-5] <<http://www.nkfu.com>>, alındığı tarih: 05.10.2016

## ÖZGEÇMİŞ

**Adı ve Soyadı** :Yasemin KARADEMİR  
**Doğum Tarihi ve Yeri** :01.01.1993/ANKARA  
**E-posta adresi** :yaseminkarademir1@hotmail.com  
:yaseminkarademir1@gmail.com

### EĞİTİM BİLGİLERİ

**Lisans** :2010-2014 Aksaray Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü  
**Yüksek Lisans** :2014 - Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

### MESLEKİ DENEYİM ve ÖDÜLLERİ

**06.08.2014 -** :Ankara Büyükşehir Belediyesi ASKİ Genel Müdürlüğü İvedik İçme Suyu Arıtma Tesisleri