





T.C.  
Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü

**BALIKESİR İÇME SUYU ARITMA TESİSİ  
PERFORMANS DEĞERLENDİRİLMESİ VE  
İYİLEŞTİRME ÖNERİLERİ**

**Zeynep YARMA**

**Yüksek Lisans Tezi**

BALIKESİR İÇME SUYU ARITMA TESİSİ PERFORMANS  
DEĞERLENDİRİLMESİ VE İYİLEŞTİRME ÖNERİLERİ

ZEYNEP YARMA



**T.C  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BALIKESİR İÇME SUYU ARITMA TESİSİ PERFORMANS  
DEĞERLENDİRİLMESİ VE İYİLEŞTİRME ÖNERİLERİ**

**ZEYNEP YARMA**

**Doç.Dr. Taner YONAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BURSA – 2017**

**TEZ ONAYI**

ZEYNEP YARMA tarafından hazırlanan "BALIKESİR İÇME SUYU ARITMA TESİSİ PERFORMANS DEĞERLENDİRİLMESİ VE İYİLEŞTİRME ÖNERİLERİ" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman : Doç. Dr. Taner YONAR**

**Başkan : Doç. Dr. Taner YONAR**

**Üye : Prof. Dr. Ayşe ELMACI**

**Üye : Yrd. Doç. Dr. Aşkın BİRGÜL**

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

**Prof. Dr. Ali BAYRAM**

**Enstitü Müdürü**

**.././....(Tarih)**

**U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

../.. /....

**İmza**

**ZEYNEP YARMA**

## ÖZET

Yüksek Lisans

### BALIKESİR İÇMESUYU ARITMA TESİSİ PERFORMANS DEĞERLENDİRİLMESİ VE İYİLEŞTİRME ÖNERİLERİ

**Zeynep YARMA**  
Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Doç. Dr. Taner YONAR

Bu çalışmada Balıkesir ilinde 2002 yılında Devlet Su İşleri tarafından Fransızlara yaptırılan günümüzde ise Balıkesir Su ve Kanalizasyon İdaresinin Yönetiminde çalışmalarına devam eden, Balıkesir İçme Suyu Arıtma Tesisinin işleyişini ve tesisin ilk kurulduğu yıllar ile günümüz arasındaki performans değerleri incelenmiştir. Tesisten 2015 yılında alınan veriler tablolaştırılmış ve çıkan sonuçlarla ölçüm yapılan değerlerin verimleri hesaplanarak hangi durumlarda verimlerin arttırılabileceği belirlenmiştir. Tesis için 2015 yılı maliyet hesabı yapılmış ve 2015 yılında kullanılan şartların nasıl iyileştirilebileceğine dair öneriler sunulmuştur.

Anahtar Sözcükler: İçmesuyu Arıtma Tesisleri, Verim, İyileştirme Önerileri, Performans Değerlendirmesi.

2017, VIII+ 73 pages.

## **ABSTRACT**

MSc Thesis

### **BALIKESİR DRINKING WATER TREATMENT TECHNOLOGY AND IMPROVEMENT SUGGESTION**

**Zeynep YARMA**

Uludağ University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Environmental Engineering

**Supervisor:** Assoc. Prof. Dr. Taner YONAR

In this study operation of the Balikesir Drinking Water Treatment Plant and the performance values between initial years and present of the plant, which was built up in 2002 by the French State Water Works and currently operate under management of Balikesir Water and Sewerage Administration. Obtained data in 2015 from the plant are tabulated, yields of measured values calculated with evaluated results and determined in what cases may increase yields of the plant. Cost estimation of facility was made and suggestions were represent how to improve conditions for 2015.

Key Words: Drinking Water Treatment Plant, Yield, Improve Conditions, Performance Evolution.

2017, VIII + 73 sayfa.



## TEŞEKKÜR

Çalışmanın tamamlanması esnasında yanımda olan, arkadaşlarıma her seferinde artık ne zaman bitiriyorsun diye soran anneme, babama, kardeşlerime, çalışmalarımnda okula gidip gelebilme konusunda sıkıntı çıkartmayan ve her türlü yardımını yapan eski patronum ve yeni iş yerimdeki üslerime, tezin devam edebilmesi için gerekli her türlü bilgiyi kolaylıkla almamda bana hep yardımcı olan Balıkesir İçme Suyu Arıtma Tesisi çalışanları ve amirleri ile çalışmamın tamamında sabırla beni motive eden canım hocam Doç. Dr. Taner YONAR'a ve yaptığı yardımlar için özellikle kardeşim Zuhal YARMA ile arkadaşlarım Samet DEMİR ve Hemşirem Ayşegül ŐIK'a çok teşekkür ederim.

Adı Soyadı

.../.../....

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
1.GİRİŞ .....	1
2- KURAMSAL TEMELLER .....	3
2.1. Türkiye de İçme Suyu Sınır Değerleri .....	3
2.2. Dünya’da İçme Suyu Sınır Değerleri.....	6
2.2.1. Dezenfeksiyon Yan Ürünleri.....	15
2.2.2. Trihalometanlar .....	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM .....	16
3.1. Balıkesir İçme Suyu Arıtma Tesisi Akım Şeması ve İşleyişi .....	16
3.2 Arıtma Tesisi Su Karakterizasyonu ile Bakılan Parametreler ve Periyotları.....	18
3.3.Yöntem.....	19
4.BULGULAR VE TARTIŞMA .....	20
4.1. Bulanıklığın Aylara Göre Dağılımı.....	20
4.2. pH Değerinin Aylara Göre Dağılımı.....	23
4.3.Sıcaklık Değerlerinin Aylara Göre Dağılımları .....	25
4.4. Demir Değerlerinin Aylara Göre Dağılımları .....	27
4.5. Mangan Değerlerinin Aylara Göre Dağılımları .....	29
4.6. Amonyum Değerlerinin Aylara Göre Dağılımları .....	31
4.7. Renk Değerlerinin Aylara Göre Dağılımları.....	33
4.8. İletkenlik Değerlerinin Aylara Göre Dağılımları .....	35
4.9. Çözünmüş Oksijen Değerlerinin Aylara Göre Dağılımları.....	37
4.10. Sertlik Değerlerinin Aylara Göre Dağılımları.....	39
4.11. Toplam Organik Madde Değerlerinin Aylara Göre Dağılımları.....	41
4.12. Nitrit Değerlerinin Aylara Göre Dağılımları.....	43
4.13. Nitrat Değerlerinin Aylara Göre Dağılımları .....	45
4.14. Alüminyum Değerlerinin Aylara Göre Dağılımları .....	47
4.15. Arıtma Performansı.....	49
4.15.1. Aylık Verim Hesaplamaları .....	49
4.15.2. 2015 Yılı Balıkesir İçme Suyu Arıtma Tesisi Yıllık Verimi .....	60
4.15.3. İlk Yapım ve İşletim Maliyetleri.....	61

4.15.4. Benzer Tesisle Karşılaştırma .....	61
4.15.5. Dobruca İçme Suyu Arıtma Tesisi İşletim Maliyeti .....	63
4.15.6. İyileştirme Önerileri .....	63
5.SONUÇ .....	67
KAYNAKLAR .....	69

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

Simgeler	Açıklama
Ag	Gümüş
Al	Alüminyum
Ba	Baryum
CHBrCl <sub>2</sub>	bromodiklorometan
CHBr <sub>2</sub> Cl	dibromoklorometan
CHBr <sub>3</sub>	bromoform
CHCl <sub>3</sub>	kloroform
Cu	Bakır
Cl <sub>2</sub>	Klorür
F	Florür
Fe	Demir
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
Na	Sodyum
NH <sub>3</sub>	Amonyak
NH <sub>4</sub>	Amonyum
NH <sub>3</sub> -N	Amonyak Azot
NO <sub>2</sub> -N	Nitrik Azot
NO <sub>3</sub> -N	Nitrat Azot
NO <sub>3</sub>	Nitrat
NO <sub>2</sub>	Nitrit
P	Potasyum
Sb	Antimon
Zn	Çinko

### Kısaltmalar

Kısaltmalar	Açıklama
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
AWWA	American Water Work Association
DYÜ	Dezenfeksiyon Yan Ürünleri
EC	European Community
HAA	Haloasetik Asit
IARC	Internation Agency For Research on Cancer
NHMRC	National Health and Medical Research Council of Australia
SAR	Sodyum Adsorbsiyon Oranı
THM	Trihalometan
TSE	Türkiye Standartları Enstitüsü
TOM	Toplam Organik Madde
TÇM	Toplam Çözülmüş Madde
USEPA	United States Environmental Protection Agency
WHO	World Health Organization
µg	Mikrogram

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.Balıkesir İçme Suyu Arıtma Tesisi Dağıtım Hattı.....	16
Şekil 2.Balıkesir İçme Suyu Arıtma Tesisi Akım Şeması .....	17
Şekil 3.2015 yılı ham su ve arıtılmış suda bulanıklık değerleri.....	22
Şekil 4.2015 yılı ham su ve arıtılmış suda pH değerleri .....	24
Şekil 5.2015 yılı ham su ve arıtılmış suda sıcaklık değerleri.....	26
Şekil 6.2015 yılı ham su ve arıtılmış suda demir değerleri.....	28
Şekil 7.2015 yılı ham su ve arıtılmış suda mangan değerleri .....	30
Şekil 8.2015 yılı ham su ve arıtılmış suda amonyum değerleri .....	32
Şekil 9.2015 yılı ham su ve arıtılmış suda renk değerleri .....	34
Şekil 10.2015 yılı ham su ve arıtılmış suda iletkenlik değerleri .....	36
Şekil 11.2015 yılı ham su ve arıtılmış suda çözünmüş oksijen değerleri .....	38
Şekil 12.2015 yılı ham su ve arıtılmış suda sertlik değerleri .....	40
Şekil 13.2015 yılı ham su ve arıtılmış suda Toplam Organik Madde değeri.....	42
Şekil 14.2015 yılı ham su ve arıtılmış suda Nitrit değeri.....	44
Şekil 15.2015 yılı ham su ve arıtılmış suda Nitrit değeri.....	46
Şekil 16.2015 yılı ham su ve arıtılmış suda Alüminyum değeri .....	48
Şekil 17.Ocak ayı verim oranları .....	49
Şekil 18.Şubat Ayı Verim Oranları .....	50
Şekil 19.Mart Ayı Verim Oranları .....	51
Şekil 20.Nisan Ayı Verim Oranları.....	52
Şekil 21.Mayıs Ayı Verim Oranları .....	53
Şekil 22.Haziran Ayı Verim Oranları .....	54
Şekil 23.Temmuz Ayı Verim Oranları.....	55
Şekil 24.Ağustos Ayı Verim Oranları .....	56
Şekil 25.Eylül Ayı Verim Oranları .....	57
Şekil 26.Ekim Ayı Verim Oranları .....	58
Şekil 27.Kasım Ayı Verim Oranları.....	59
Şekil 28.Aralık Ayı Verim Oranları.....	60

## **TABLolar DİZİNİ**

Çizelge1.TS 266 ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik karşılaştırılması .....	4
Çizelge 2.TSE, WHO, USEPA VE EC standartları.....	6
Çizelge 3.Arıtma Tesisinin İncelenen Parametre ve Bakılma Periyotları.....	18

## 1.GİRİŞ

Dünyanın ve yaşamın varoluşunda su vardı. Canlıların ve yaşamın devamı için suyun varlığı temel faktörlerden biridir. İnsanların yaşamı, medeniyetler kurulması hep suyun etkilediği ve suya göre gelişen kavramlar olmuştur.

İlk çağlardan itibaren yaşamın devamı için suyun gerekli olan temel faktörlerden sayılması nedeniyle suyun bulunması, suyun taşınması, suyun depolanması ve suyun kullanıma uygun hale getirilmesi öncelikli işlemler kabul edilmiştir.

Yirminci asra gelindiğinde suyun yalnızca gözle görülebilir kirlilikler içermediği ortaya çıkmıştır. Kullanım amaçlı suyun temiz olmasıyla birlikte doğaya verilen suyun temiz olması gerektiğinin önemi fark edilerek, atık suyun alıcı ortama verilmeden önce arıtılması zorunlu hale gelmiştir.

Yaşamsal olan bu zorunluluklar sebebiyle su arıtma teknolojileri hızla gelişmiştir. Arıtılacak su içerisinde bulunan kirleticiler boyutlarına göre sınıflandırılmaya başlanmıştır. Suda askıdaki maddelerin boyutları 1 mikron ile 0.01 mikron arasında değişiklik göstermekle birlikte koloidal partiküller ya da kolloidler olarak adlandırılırlar. Yaygın olarak suda yaşayan bakterilerin boyları veya çapları yaklaşık 0,1 mikrondur. Suyun içindeki çözünmüş maddeler ise çok küçük olup özgül ağırlık etkileri kalmadığı için uniform bir dağılımda bulunurlar. Yani içi su dolu olan bir kaptaki suyun yüzeyi ile dibinde bulunan çözünmüş maddelerin konsantrasyonunda bir fark görülmez.

Ham suyun arıtılması işlemi sudaki en büyük boyutlu yabancı maddelerin sudan giderilmesi ile başlayarak suda bulunan iyonların giderilmesi tamamlanıncaya kadar devam eder.

Ham suda askıda bulunan maddeler ile organik yapıda olan maddeler fiziksel yöntemlerle, çözünmüş halde bulunan maddeler ise kirliliğin çeşidine göre kimyasal, biyolojik ve ileri arıtma yöntemleriyle sudan uzaklaştırılırlar. Uygulanması planlanan arıtma yöntemleri ise; arıtılmamış suda bulunan ve varlığı istenmeyen maddelerin

çeşitliliği, miktarı ve suyun kullanım amacına bağlı olarak, arıtma tesisinin yatırım ve işletme maliyetleri dikkate alınarak belirlenir.

Suyun öneminin anlaşılmasıyla birlikte dünyada ve ülkemizde yönetimler içme ve kullanım amaçlı su arıtmaya hız vermeye başlamışlardır. Büyükşehirlerde nüfusun artmasıyla birlikte artan su ihtiyacı su biriktirerek (baraj v.s) giderilmeye çalışılmıştır. Lakin biriken su zamanla kirlendiği için arıtma tesisi zorunlu hale gelmeye başlamıştır.

Çalışmada Balıkesir ilinde 2002 yılında Devlet Su İşleri tarafından Fransızlara yaptırılıp, işletiminin Balıkesir Belediyesine bırakmış olduğu, günümüzde ise Balıkesir Su ve Kanalizasyon İdaresinin yönetiminde çalışan Balıkesir İçme Suyu Arıtma Tesisinin işleyişini incelenerek, tesisin ilk kurulduğu yıllar ile günümüz arasındaki performans değerlerini karşılaştırılacaktır. Tesisten alınan bir yıl içerisinde ölçülmüş tüm veriler kendi aralarında karşılaştırma yöntemlerine tabi tutulacak ve elde edilen veriler ulusal ve uluslar arası standartlarla ilişkilendirilmeye çalışılarak ilimizde bulunan içme suyu arıtma tesisinin performansı hakkında fikir sahibi olunmaya çalışılacaktır.

Tesisten alınan yılın ilk aylarındaki değerlerle ilerleyen aylardaki değerler aylık olarak incelenerek çalışma performansı takip edilecek ve tesis için verimlilik değerlendirmeleri yapılacaktır. Arıtmada kullanılan yöntemlerin olup olmadığı tartışılarak, kullanılabilir en uygun yöntemler tavsiye edilecektir. Arıtmada tercih edilen kimyasallar araştırılacak, kullanılan yöntemlerin mali ve işleyiş açısından uygunluğu incelenecektir. Tesis adına yapılabilecek en uygun iyileştirme yöntemleri teoride belirleyerek çalışma verimini arttıracak yöntemler uygulanacaktır.



## **2- KURAMSAL TEMELLER**

Su evrensel bir değer olduğu için kirliliği tüm insanlığı etkilemektedir. Dünyanın farklı ülkelerinde içme suyunda bulunan kirletici madde sınır değerleri değişiklik gösterebilir. st sınırları arasında çok büyük farklılıklar olmasa da ülkenin içinde bulunduğu topografik Őartlara göre su içerisinde karışabilecek kirleticilerin oranları farklıdır. Türkiye de içme sularında artırılması istenilen sınır değerler TS 266 standardı ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelikte belirtilmiştir.

### **2.1. Türkiye de İçme Suyu Sınır Değerleri**

Türkiye de içme sularının sahip olması gereken lt belirlemek amacıyla kullanılan iki farklı parametre vardır. Bu parametreler; TS 266 ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Ynetmeliktir. Tavsiye edilen ve izin verilen değerler izelge 1’de gösterilmiştir.

**Çizelge 1.**TS 266 ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik karşılaştırılması.

TS 266				İnsanı Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik	
Parametre	Birim	Tavsiye Edilen	İzin Verilen	Parametre	Parametrik Değer/100 ml
		Değer	Maks. Değer		
Organoleptik (Duyusal) Parametreler					
Görünüm		Berrak- Renksiz		Tüketiciye kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişiklik yok.	
Koku		Kokusuz		Tüketiciye kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişiklik yok.	
Fiziko Kimyasal Parametreler					
Sıcaklık	°C	12	25	-	
pH		6,5	6,5	6,5-9,5	
Renk	Pt-Co	1	20	Tüketiciye kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişiklik yok.	
Bulanıklık	NTU	5	25	Tüketiciye kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişiklik yok.	
İletkenlik	µs/cm	400	2000	2500	20 °C'de µS / cm
Klorür	mg/l	25	600	250	mg/L
Serbest Klor	mg/l	0,1	0,5	-	
Sülfat	mg/l	25	250	250	mg/L
Kalsiyum	mg/l	100	200	-	
Magnezyum	mg/l	30	50	-	
Sertlik	mg/l		50	-	
Sodyum	mg/l	20	175	200	mg/L
Potasyum	mg/l	10	12	-	
Alüminyum	mg/l	0,05	0,2	200	µg/L

**Çizelge 1.** TS 266 ve İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik karşılaştırılması (devam).

Toplam Çözünmüş Madde	mg/l		1500	-	
Nitrat	mg/l	25	50	50	mg/L
Nitrit	mg/l		0,1	0,50	mg/L
Amonyum	mg/l	0,05	0,5	-	
Kjeldahl Azotu	mg/l		1	-	
Bor	µg/l	1000	2000	1	mg/L
Demir	µg/l	50	200	200	µg/L
Mangan	µg/l	20	50	50	µg/L
Bakır	µg/l	100	3000	2	mg/L
Çinko	µg/l	100	5000	-	
Fosfor	µg/l	400	5000	-	
Florür	µg/l		1500	1,5	mg/L
Baryum	µg/l	100	300	-	
Gümüş	µg/l		10	-	
Toksik Madde					
Arsenik	µg/l		50	10	µg/L
Kadmiyum	µg/l		5	5,0	µg/L
Siyanür	µg/l		50	50	µg/L
Krom	µg/l		50	50	µg/L
Civa	µg/l		1	1,0	µg/L
Nikel	µg/l		50	20	µg/L
Kurşun	µg/l		50	10	µg/L
Antimon	µg/l		10	5	µg/L
Selenyum	µg/l		10	10	µg/L
Mikrobiyolojik Parametreler					
Toplam Koliform	ad/100 ml			Ad/100 ml	
T. Bakteri	Ad/ml	100	500		
Radyoaktivite					
Alfa Aktivitesi	Bq/l	0,037	0,037	-	
Beta Akt.	Bq/l	0,37	0,37	-	

(Anonim 2017)

Türkiye de içme sularının sahip olması gereken kriteri belirlemek amacıyla kullanılan, TS 266 ve İnsanı Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliği karşılaştırdığımızda her iki değerlendirme kriterinde görünüm, koku, renk ve bulanıklık tüketicinin kabul edilebilir gördüğü ve anormal değişiklik olmadığı durumu kıstas almıştır. Fiziko kimyasal parametrelerde; İletkenlik, Sodyum, Alüminyum, Nitrit sınır değerleri TS 266’da daha düşüktür. Klorür, Bor, Arsenik, Kurşun ve Nikel sınırı değerleri TS 266’da daha yüksektir. Serbest Klor, Kalsiyum, Magnezyum, Sertlik, Potasyum, Toplam Çözülmüş Madde, Amonyum, Kjeldahl Azotu, Çinko, Fosfor, Baryum, Gümüş, Alfa ve Beta Aktivitesi sınır değerleri yalnızca TS 266 standardında belirtilmiştir.

## 2.2. Dünya’da İçme Suyu Sınır Değerleri

Dünya üzerinde de içme sularında bulunan kirleticilerin miktarlarını sınırlandırmak amacıyla parametreler belirlenmiştir. TSE; Türkiye’de kabul edilen sınır değerleri, Who; dünya sağlık örgütünün belirlemiş olduğu sınır değerleri, USEPA; Amerika’da kabul edilen sınır değerleri, EC; Avrupa’da kabul gören sınır değerleri belirtmektedir,

**Çizelge 2.** TSE, WHO, USEPA VE EC standartları

Parametre	TSE 266 (2005)	WHO (1999)	USEPA (2002)	EC (1998)
Bulanıklık	25	5	1	1
Birincil Standartlar (Mikrobiyolojik), EMS/100 mL				
Koliform Bakteri	<1	0	<1	0
Birincil Standartlar (Dezenfeksiyon yan ürünleri), µg/L				
T.Trihalometanlar	-	460	80	100
Bromat	-	25	10	10
Birincil Standartlar (İnorganik kimyasallar), mg/L				
Nitrat	50	50	45	50
Florür	1,5	1,5	0,7-2,4	1,5
Alüminyum	0,20	0,20	0,20	0,20
Arsenik	0,05	0,05	0,05	0,01
Baryum	0,3	0,7	1	-

**Çizelge 2.** TSE, WHO, USEPA VE EC standartları (devam).

Krom(toplam)	0,05	0,05	0,05	0,05
Kurşun	0,05	0,05	0,05	0,01
Civa	0,001	0,001	0,002	0,001
Selenyum	0,01	0,01	0,01	0,01
Gümüş	0,01	-	0,05	-
Antimon	0,01	0,005	0,006	0,005
Berilyum	--	-	0,004	-
Birincil Standartlar (Radyolojik), pCi/L				
Gross Alfa	1	2,7	1,5	-
Gross Beta	10	27	50	-
İkincil Standartlar (Estetik)(mg/L)				
T.Çözünmüş Madde	1500	1000	500	-
Renk(birim)	20	15	15	-
pH	6,5-9,2	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-9,5
Deterjanlar	0,2	-	0,5	-
Klorür	600	250	250	250
Sülfat	250	250	250	250
Bakır	3	-	1	2
Demir	0,2	-	0,3	0,2
Mangan	0,05	0,5	0,05	0,05
Çinko	5	-	5	-
İlave Parametreler, mg/L				
Sertlik (CaCO <sub>3</sub> olarak)	-	500	-	-
Kalsiyum	200	-	-	-
Magnezyum	50	-	-	-
Potasyum	12	-	-	-
Sodyum	175	200	-	200
Serbest Klor	0,5	5	-	-
Amonyum	0,5	1,5	-	1,5

(Süphandağ ve ark. 2007)

TSE, WHO, USEPA VE EC standartları karşılaştırıldığında; bulanıklık, Antimon, Toplam Çözünmüş Madde, Renk, Klorür ve Bakır açısından en yüksek olan sınır değerler TSE değerleridir. Toplam Trihalometanlar, Bromat, Gross Alfa, Mangan, Sodyum ve Serbest Klorun en yüksek sınır değerleri Dünya Sağlık Örgütü'nün kabul ettiği değerlerdir. Baryum, Kadmiyum, Gross Betanın maksimum değerleri Birleşmiş Milletler Çevre Örgütü'nün kabul ettiği sınır değerlerdir. 1998 İçme Suyu Direktifinde ise pH değeri diğer standartlara nazaran daha yüksektir. Kriter olarak gösterilen sınır değerler arasında çok bariz farklar göze çarpmamaktadır. İçme suyu ve insan yapısı aynı olduğu için arıtılması gereken kirlilik değerleri de sabittir. Standartlar hazırlanırken temel kirlilik öğeleri için insan sağlığına zarar vermeyecek ve arıtılabilecek en temel değerler belirlenmiştir. Lakin bölgelerin coğrafi ve ekonomik özellikleri göz önünde bulundurulduğunda yöreye özel kirlilikler sebebiyle (bölgeye has bulunan kayaktan içme suyuna geçebilecek kimyasal madde, bölgede kurulmuş olan fabrika atık suyundan içme suyuna geçebilmesi muhtemel kirleticiler vb.) arıtılması gereken ek değerler belirlenmiştir. Standartlar arasında göze çarpan farklar bölgesel farklılıklardır (Edzwald 1998).

Amonyum ( $\text{NH}_4$ ): Suda amonyumun bulunması kullanılan suya evsel, endüstriyel atık ve gübre karıştığını gösterir sularda tat ve koku problemi oluşturur.

Azot (N): Azot, bakteriler tarafından beslenme amacıyla kullanılan, kimyasal yöntemlerle değişik yükseltgenme basamaklarında bulunan ve sularda çoğunlukla bulunan bir parametredir.

Suda  $\text{NH}_3\text{-N}$  (Amonyak Azot),  $\text{Org-N}$  (Organik Azot),  $\text{NO}_2\text{-N}$  (Nitrik Azot) , $\text{NO}_3\text{-N}$  (Nitrat Azot) türleri bulunabilir. Bunlar, alıcı ortamda fazla bulunduğunda canlılar tarafından kullanılarak ötrofikasyona (alg miktarının bir anda yükselmesinin sebep olduğu oksijen azlığı) sebep olur. Bekletme lagünlerinde alg patlamasını önlemek için lagünde bulunan azot, potasyum ve karbon miktarını azaltmak ve ışığı kontrol etmek gerekir (Xu ve ark. 2011).

Nitrat ( $\text{NO}_3$ ): Nitrat, azotlu organik bileşiklerin son yükseltgenme ürünüdür. Nitrat azotunun suda çözünmesi kolaydır ve bu genelde istenmeyen durumlara sebep olur. Kullanılan gübreler, evde ve endüstriyel kuruluşlarda oluşan atıklar, suda olması

muhtemel nitrat miktarını arttırırlar. Nitrat miktarı yüksek olan suların sürekli kullanılması ölüme sebep olabilir. Doğada nitratları indirgeyerek nitrite dönüştüren bakteriler bulunmaktadır. Nitrit olağan miktarından fazla olduğunda vücut tarafından emilir ve dokulara oksijen taşınmasına engel olur. Özellikle bebeklerde mavi bebek hastalığına yol açar ve nitrosamine dönüşerek ilerleyen zamanlarda kanser hücrelerinin oluşumuna sebep olabilir. (Anonim 2011, Xu ve ark. 2011).

Nitrit ( $\text{NO}_2$ ): Su içerisinde nitrit bulunması suyun mikroskopla görülebilecek kadar küçük olan canlılar tarafından kirletildiğini gösterir. Suda bulunan nitrit miktarı bu açıdan önemli bir veridir. İçme sularında nitrit bulunması istenmez. Nitrit ve organik maddenin suda birlikte bulunması suda oluşması muhtemel daha büyük bir kirlilik habercisidir. Bu yüzden suda nitrit bulunmamasına özen gösterilir. Giderilmesi dezenfeksiyon yöntemleri ile kolaylıkla yapılabilir. Kan zehirlenmesine sebep olduğundan dolayı nitrattan daha tehlikelidir. (Xu ve ark. 2011).

Amonyak ( $\text{NH}_3$ ): Hayvanların beslenmesinde kullanılanabilen gübrede de bulunan bir maddedir. Aynı zamanda temizlik malzemelerinde ve gıda endüstrisinde kullanılır. Kimyasal ve fiziksel olaylar sonucunda oluşan amonyağın sağlığa zararı yoktur; ancak mikroorganizma faaliyetleri sonucunda oluşan amonyak tehlikelidir. Amonyakın canlı organizmasına yüksek oranlarda girmesi ile vücutta bulunan asit ve baz dengesi bozulur. 0.5 ppm'den büyük değerlerde amonyak kirliliğinin belirtisidir. Arıtımı klorlama ve iyon değiştirme ile yapılır (Xu ve ark. 2011, Anonim 2014).

Bakır (Cu): Bakır ve bileşikleri yüzeysel sularda bulunabilir. Sudaki bakır, suyun pH, karbonat konsantrasyonu ve diğer anyonlarla ilgilidir. Musluk suyunda bulunan bakır miktarı ham suda bulunan bakır miktarından fazladır. Çünkü depolarda sabit halde bulunan suda bakteri üremesini kontrol altına almak amacıyla bakır kullanılır fakat bakır, borularda korozyon oluşumunu artırır. 1 mg/L'den fazla miktarda bakır bulunması çamaşırlarda ve sıhhi tesisat malzemelerinde leke oluşmasına sebep olur. 2,5 mg/L'yi aşan konsantrasyonlarda ise suyun tadını acılaştırır. (Anonim 2011).

Bor (B): Doğada serbest halde bulunmayan bor, diğer elementlerle birlikte bulunur (Kemp 1956). Bor elementinin ortamda bulunan oksijenle bağ kurması kolay olduğu için doğada çeşitli bor- oksijen bileşiği bulunmaktadır. Bor ve oksijenin birleşerek

oluşturduğu yapıya metallere katılması sonucunda oluşan maddelere borat adı verilir. Boratlar haricinde borik asit ve bor oksit gibi bileşik formları da vardır. İnsan vücudunun bir günde alıp, tekrar vücuttan atabileceği miktar 10-20 mg'dır (Demirtaş 2010).

**Demir (Fe):** Demir suda yaygın olarak bulunan bir kirletici türüdür. Demir suda ( $Fe_2$ ) ve ( $Fe_3$ ) formlarında bulunabilir. İki değerlikli demir yeraltı sularında bulunur ve bu form suda çözünür halde olur. Çözünebilen demir herhangi bir oksijen formuyla karşılaştığında çözünmez hale gelir ve çökerek suyun rengini bozar. Ortamda bakteri formu bulunması durumunda kirlilik artabilir. Ortamda bulunan demiri besin olarak kullanan bakterinin artışı sistemde tıkanıklığa sebep olur. Bu yüzden demir kaynaklı kirlilik incelendiğinde bakterilerin varlığının da araştırılması gereklidir. Suda bulunan demir miktarının 0.3 mg/L'den fazla olması suyun lezzetinde değişikliğe, suda yabancı canlıların oluşmasına ve suyun taşınımının da kullanılan boruların tıkanmasına sebep olur. (Anonim 2016, Noubactep 2010).

**Mangan (Mn):** Suda mangan bulunması durumunda, demirin sebep olduğu olumsuz özelliklerin hemen hemen aynısı görülmektedir. Suyun temizlik amacıyla kullanımını engeller. Borularda demirden daha fazla tıkanıklığa sebep olur.. 0.5mg/L'den fazlası suyun lezzetini bozar. Demir suyu sarımsı yaparken, mangan gri-siyah lekeler bırakır.. Filtrasyon yöntemi ile çökebilene ve çökemeyen mangan, oksidasyon yöntemi ile yalnızca çökemeyen mangan giderilir (Anonim 2017).

**Çinko (Zn) :** Çinko, tuz ve organik bileşik olarak bulunan ve gerekli olan bir iz elementtir (WHO, 2011). Çinko, plastik malzemeler, kozmetik ürünler, galvanizli borular gibi farklı sektörlerde pek çok yerde kullanılır. Yerüstü suyun da 0,01 mg/L ve yeraltı suyun da 0,05 mg/L'yi aşmamalıdır. Metal madenlerinin çıkarıldığı yerlerde çinko daha yüksek miktarlarda görülür. Su taşımak amacıyla kullanılan boruların galvanize çelik boru olması ortam pH'ının düşük olması borularda korozyona sebep olabilir (Gray, 2008). Çinkonun 4 mg/L'den daha yüksek oranlarda olması buruk bir tat vermektedir. 3-5 mg/L yi geçen konsantrasyonlarda, bulanıklık görülebilir ve kaynatıldığında yağlı bir tabaka oluşturabilir (Anonim 2011).



Suda görüntü açısında bozukluk olmasına rağmen 20 mg/L'ye kadar olan miktarlar Dünya Sağlık Örgütü tarafından herhangi bir hastalığa sebep gösterilmemiştir. Ancak 25 ve 40 mg/L arasındaki değerler bulantı ve kusma görülebilmektedir (Nemerov 2009, Oguz 2015).

Florür (F): Florür genellikle alüminyum ve gübre üreten yada kullanan fabrikalardan doğaya yapılan deşarj nedeniyle görülür. Yeraltı sularında 10 mg/L'ye kadar, hatta florür minerallerinin çok bulunduğu alanlarda daha da yüksek konsantrasyonlarda görülebilmektedir (WHO, 2011). Florür düşük konsantrasyonlarda diş çürüklerini engeller, fakat yüksek konsantrasyonlarda iskelet florozisi gibi rahatsızlıklara sebep olmaktadır (WHO, 2004). Florürün içme suyu ile vücuda girmesi muhtemel miktarlar belirlenirken diğer kaynaklardan alınan florür miktarı da dikkate alınmalıdır. İçme suyu dışında başka kaynaklardan alınan florür miktarı bir gün içerisinde 6 mg/L'yi geçiyorsa 1,5 mg/L olarak belirlenen içme suyu sınır değeri daha küçük miktarlara çekilmelidir (Anonim 2011).

Fenolik Maddeler: Fenolik maddeler; antosiyanidinler, flavonlar ve flavonolar, flavanolar, kateşinler ve proantosiyanidinlerdir. Fenolik maddelerin suda bulunması suyun tadının ve kokusunun değişmesine sebep olur. Özellikle klorlu suda oluşan klorofenol bileşikleri miktarı az bile olsa kötü koku oluşumuna sebep olur. Deri ve mukozada tahribata yol açar. Suda bulunan fenolik maddeler; ilaç, petrokimya, plastik sanayi ve organik kimya sanayi gibi sanayi kuruluşlarının kirli atıksuları sebebiyle oluşur (Anonim 2011).

Arsenik: Arsenik gümüş-beyaz renkte, yarı-metal katı bir kimyasal elementtir. Bakır, kurşun, çinko, demir, mangan, uranyum ve altın madenlerinde yapılan işlemler neticesinde bulunur. Arseniğin en fazla ahşap koruyucu üretiminde kullanılır (Gray 2008).

Doğada en yaygın olarak sülfür, metal arsenit ya da arsenat halinde bulunur. Yerüstü sularında daha çok arsenat (+5) formundayken, yeraltı sularında oksijensiz ortamda arsenit (+3) formunda görülür. Arsenik, suda doğal olarak 1-2 µg/L konsantrasyonlarda görüle de, doğada kendiliğinde oluşan yapılar sebebiyle (volkanik kayalıklar vs.) bu konsantrasyonların çok üzerine (12 mg/L) çıkması da mümkün olabilmektedir (Oguz,

2015). Arsenik miktarı yüksek olduğunda sağlığa zararlıdır ve en çok içme suları vasıtasıyla vücutta bulunur. Arseniğin çok daha zararlı formları bulunmaktadır (Anonim 2011).

Kadmiyum: Çinko, kurşun, bakır gibi metallerin üretimi esnasında yan ürün olarak kullanılır. Madencilik, endüstriyel işlemler dışında katı atık sızıntı sularından kaynaklı olarak da su kaynaklarına karışabilmekte, galvanize borular sebebiyle de içme suyunda görülebilmektedir (Oguz, 2015). Kadmiyum ağırlıklı olarak böbreklerde birikim yapar ve insanda 10-35 yıl arası uzun bir biyolojik yarılanma ömrüne sahiptir. Uzun süre düşük seviyede alınan kadmiyum bu birikim sebebiyle böbreklerde, akciğerde, karaciğer ve sinir sisteminde hasara, kemiklerde hassasiyete ve kolay kırılmaya, bazen de farklı tiplerdeki kanserlere neden olabilir. İçme suyu ile alınan çok yüksek seviyedeki kadmiyum, mideyi tahriş eder, kusma ve ishale bazen de ölüme dahi yol açabilmektedir (Anonim 2012).

Siyanür: Su kaynağının kirlenmesi ve bazı bitki türlerinin doğal oluşumu sebebiyle içme sularında görülür. Doğada serbest siyanür üreten bakterilerde bulunmaktadır. Kirlenmemiş su kaynaklarında genellikle 0,01 mg/L'nin altında bulunur (Anonim 2014).

Yüksek konsantrasyonlarda siyanüre maruz kalındığında beyin hasarı, koma ve ölümler görülebilir. Siyanürün küçük miktarlarda ağız yoluyla alınması bile tedavi edilmediğinde ölümlere sebebiyet verir. Siyanür ilk alındığı anda solunumu ve bilinci etkiler (Anonim 2012). Bu semptomlar, alınan miktarlara bağlı olarak ani gelişebilir. Siyanürün insanlarda ya da hayvanlarda kansere sebep olduğuna dair bir tespit ise yoktur.

Krom: Grimsi-beyaz renkte, çok sert, metalik bir kimyasal elementtir. Doğada krom (III) ve krom (VI) olarak bulunur ve krom (VI) formu daha 16 çözünür olması sebebiyle daha hareketli ve değişkendir (Gray 2008). Krom (III) görülen en yaygın hali olup, pek çok toprak ve kayada bulunan bu çözünmeyen hali, hava şartları, oksidasyon ve bakteriyel aktivite ile çözünebilir krom (III) tuzlarına dönüşmektedir. İnsanlar için gerekli bir element olan krom (III) tuzları; katalizör, boya pigmenti, fungusit, seramik ve cam yapımı ile deri tabaklamada kullanılır. Krom (VI) ise doğada daha seyrek olarak

bulunur ve sudaki varlığı endüstriyel ve evsel atıksu deşarjı kaynaklıdır. Krom (III)'ün aksine insan için gerekli bir element olmayıp, sağlığa zararlı olarak gösterilen etkiler kromun bu formuna atfedilmektedir. Krom (VI) bileşikleri; krom alaşımları ve krom metal üretimi için metalürji endüstrisinde ve oksitleme ajanı olarak kimya endüstrisinde kullanılmaktadır. İnsan sağlığına zararlı olan krom formu olan krom (VI)'nın ölçüm zorluğu sebebiyle, toplam krom olarak ölçülmektedir. Ancak WHO tarafından geçici olarak belirlenen limit değerin aşılması durumunda krom (III) ve krom (VI)'nın daha ileri analizlerle ayrı ayrı ölçülmesi tavsiye edilmektedir (Anonim 2014).

Civa: Civa bileşikleri organik ve inorganik formları olmak üzere iki kategoriye ayrılabilir. İnorganik formu sedimentteki bakterilerin aktivitesi sonucunda metil civaya dönüşür ve besin zincirine katılır. Organik civa bileşiklerinin kirlilik karışmamış su kaynağında bulunma ihtimali çok düşüktür. Su kaynaklarına karışmış inorganik kirleticiler organik kirleticilerden daha toksittir. Civa vücutta birildiği için belirli organları etkiler. Çok önemli bir hastalık olan ve kalıcı nörolojik bozulmalara sebebiyet veren Minamata hastalığı civa zehirlenmesi ile olur (Ma ve ark. 1992, Xu ve ark 2011).

Nikel: Nikel tuzları suda rahatça eridiği için suya karışma ihtimali çok yüksektir, bu nedenle bulaşma kolay olur, özellikle nikel içeren bileşiklerin nehirlere gelişi güzel atılması bulaşmaya sebebiyet verir. Bazı arıtım yöntemleri ile nikel nisbeten giderilebilir. Günde 2 lt su içildiği kabul edilirse günlük içme suyu ile alınması planlanan nikel miktarı 10-20 µg ı geçmemelidir ve nikel toksik olmayan bir elementtir (Soylak ve ark. 1997, Dalsgaard 1999).

Antimon (Sb): Yapı bakımından arseniğe benzer ve fizyolojik etkisi de aynıdır.

Selenyum: Su kaynaklarında bulunan selenyum miktarı düşük konsantrasyonlarda olup pH ve demir tuzlarının varlığına bağlı olarak miktarı değişmektedir. 10 µg/L'in çok altındaki konsantrasyonlarda içme sularında görülürken yeraltı suyu konsantrasyonları 6 mg/L'ye kadar çıkabilmektedir (Anonim 2014).

Klorür (Cl<sub>2</sub>): Klorür, doğal ve içme su kaynaklarında en sık karşımıza çıkan iyon türündendir. Suyu topraktan veya yeraltı oluşumlarından çözünme yolu ile ya da tuzlu su - tatlı su karışımları sonucu katılabilir bazı durumlarda idrar ve temizlik sularının

toprağa karışması nedeniyle yer altı suyuna ulaşır. Topraktan karışan klorür'ün sağlık açısından bir sakıncası yoktur (Anonim 2017).

**Sülfat:** Doğal suların tamamında bulunan bir tuz bileşiğidir. Doğada bulunan kaynağı jipstir. Bazı endüstrilerde sülfat açısından zengin olan sular oluşur ve bu sular doğal kaynaklara karışır. Bu da suda bulunan sülfat miktarını artırır. Sülfür bileşikleri tat koku ve korozyon açısından sıkıntılara sebep olduğu için önemli bir kirleticidir. Suda yüksek oranda bulunan sülfat sertliğinin, sodyum tuzunun ve asiditenin yükselmesi anlamına gelir.

**Kalsiyum (Ca):** Kalsiyum kemik yapısı için faydalı olmakla birlikte içim bakımından problem oluşturabilir. Öte yandan, suyun taş yapma potansiyelini de artırır. Lakin suda çok düşük oranlarda bulunması aşındırıcı etki yaratabilir. Suyun geçtiği toprak yapısına göre sudaki kalsiyum miktarı değişkenlik gösterebilir (Sander 1996, Anonim 2017).

**Magnezyum (Mg):** Sudaki magnezyum, suyun geçtiği toprak yapısına göre değişkenlik gösterir, fazla olması durumunda gözlere zarar verir ve bağırsak enfeksiyonlarına sebep olur. Suyun tadını acılaştırır (Anonim 2017).

**Sodyum (Na):** Sağlığa zararlı değildir. Fakat 200 mg/L'nin üzerinde olduğu durumlarda suyun tadı kötüleşir ve tuzluluk hissi oluşur. Gıdalarda ve içme suyunda bulunur. Tuzluluk hissi verir. Sodyum miktarının suda fazla olması evsel ve endüstriyel kirlenme, toprak yapısı ve deniz katkısından kaynaklanabilir (Anonim 2017).

**Potasyum (P):** Etkisi sodyuma benzerdir. Endüstriyel kirlenme, tarımsal gübreler kaynaklıdır. Bazı bölgelerde ise toprak yapısı kaynaklıdır (Anonim 2017).

**Alüminyum (Al):** Alüminyumun fazla olması böbrek hastalıklarına sebep olur ve içinde bulunduğu suyun rengini bozar (Anonim 2017).

**Silikat:** Silikatlar, silikon ve oksijen ile birleşmiş, alüminyum, kalsiyum, magnezyum, demir, potasyum, sodyum vb. metal bileşikleridir. Silikat ( $SiO_3$ ) sebebiyle oluşan kazan taşları kalsiyum sülfat ve kalsiyum karbonattan oluşan taşlara nazaran ısı transferi açısından 10 kat daha zayıftır. Kolloid halinde bulunurlarsa arıtılabilmeleri için

koagülasyon + filtre prosesleri kullanılır, kristaloid halinde ise kimyasal ve fiziksel arıtım gereklidir (Anonim 2011).

Baryum (Ba): Baryum kemiklerde kalsiyum yerine geçerek önemli rahatsızlıklara ve kemikte deformasyonlara sebep olur. Kan basıncını artırır. Metal saflaştırma işlemleri sebebiyle suda baryum görülür (Anonim, 2011).

Gümüş (Ag): Fazla miktarda gümüş iyonları vücuda alındığında cildin rengi değişir. 0.4-1 mg/l'lik miktarlar böbrekte, karaciğerde, dalakta hastalık önemli ve hastalığa sebep olacak değişiklikler oluşturur (Anonim 2011).

Fosfat: Yüzey sularına deterjanlar ve temizlik ürünleri ile karışırlar. Organik atıkların parçalanması ile de su çevrimine girebilir. Kireç önleyici kimyasal formüllerde fosfatlar kullanılır. Su kaynaklarının çoğundaki fosfat düzeyi ultra saf su gerekmiyorsa bir sorun yaratmaz. Fosfatlar yüzey sularında ya da açık su depolarında yosun büyümesine (ötrafikasyon) neden olur (Anonim 2011).

### **2.2.1 Dezenfeksiyon Yan Ürünleri**

Dezenfeksiyon işleminde kullanılan kimyasallar kirletici ile reaksiyona girdiğinde kirleticinin cinsine göre yeni kimyasal ürünler oluşur. Bunlara Dezenfeksiyon Yan Ürünleri denir.

### **2.2.2 Trihalometanlar**

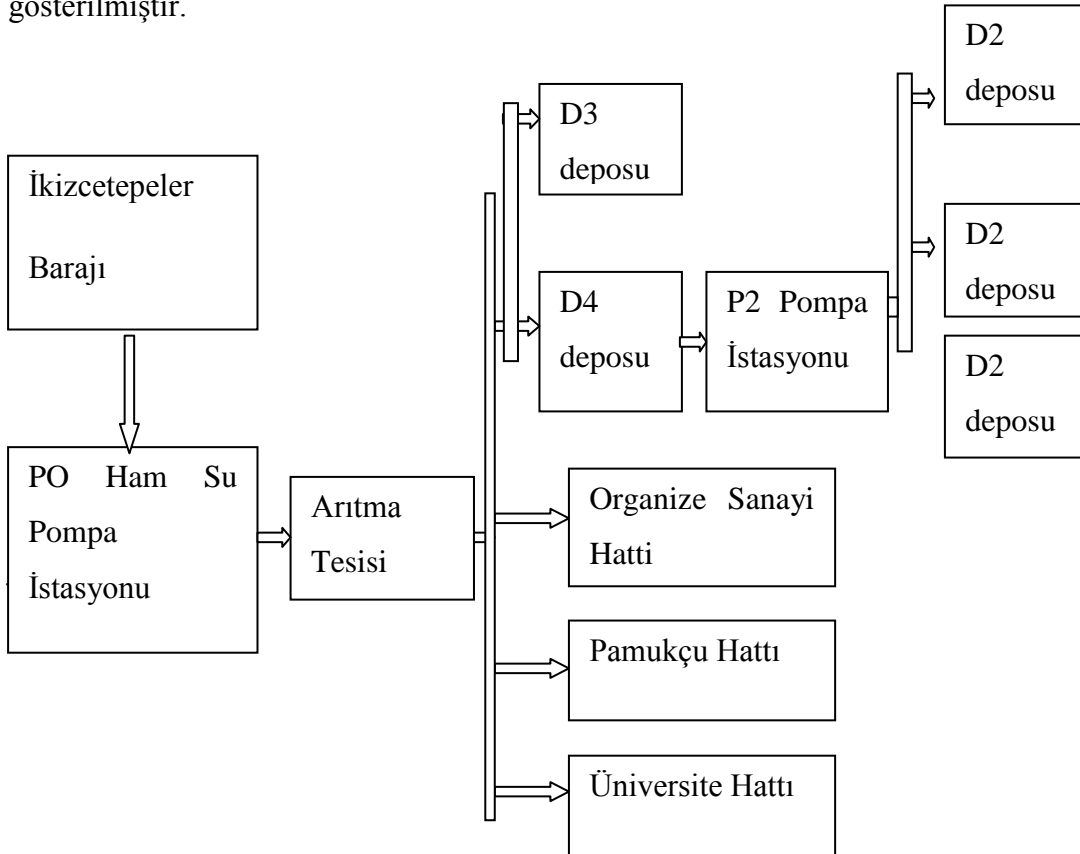
1974'de ilk kez kloroform ve diğer Trihalometanlar (THM) klorlanmış sularda DYÜ olarak tanımlanmıştır. EPA 1979'da THM kontrolü için kullanıma hazır içme sularında 0,1 mg/L sınır değerini getirmiştir. 1998'de ilk aşamada Dezenfektan/DYÜ kuralını ilan etmiş ve THM 0,08 mg/L'ye ayrıca beş haloasetikasite, bromata ve klorite sınır değer uygulamasını başlatmıştır.

THM'ler; sularda bulunan doğal organik maddelerin (DOM), bromür ve iyodürün, kuvvetli oksitleyici olan dezenfektanlar ile reaksiyona girmesi neticesinde oluşan yapılardır.

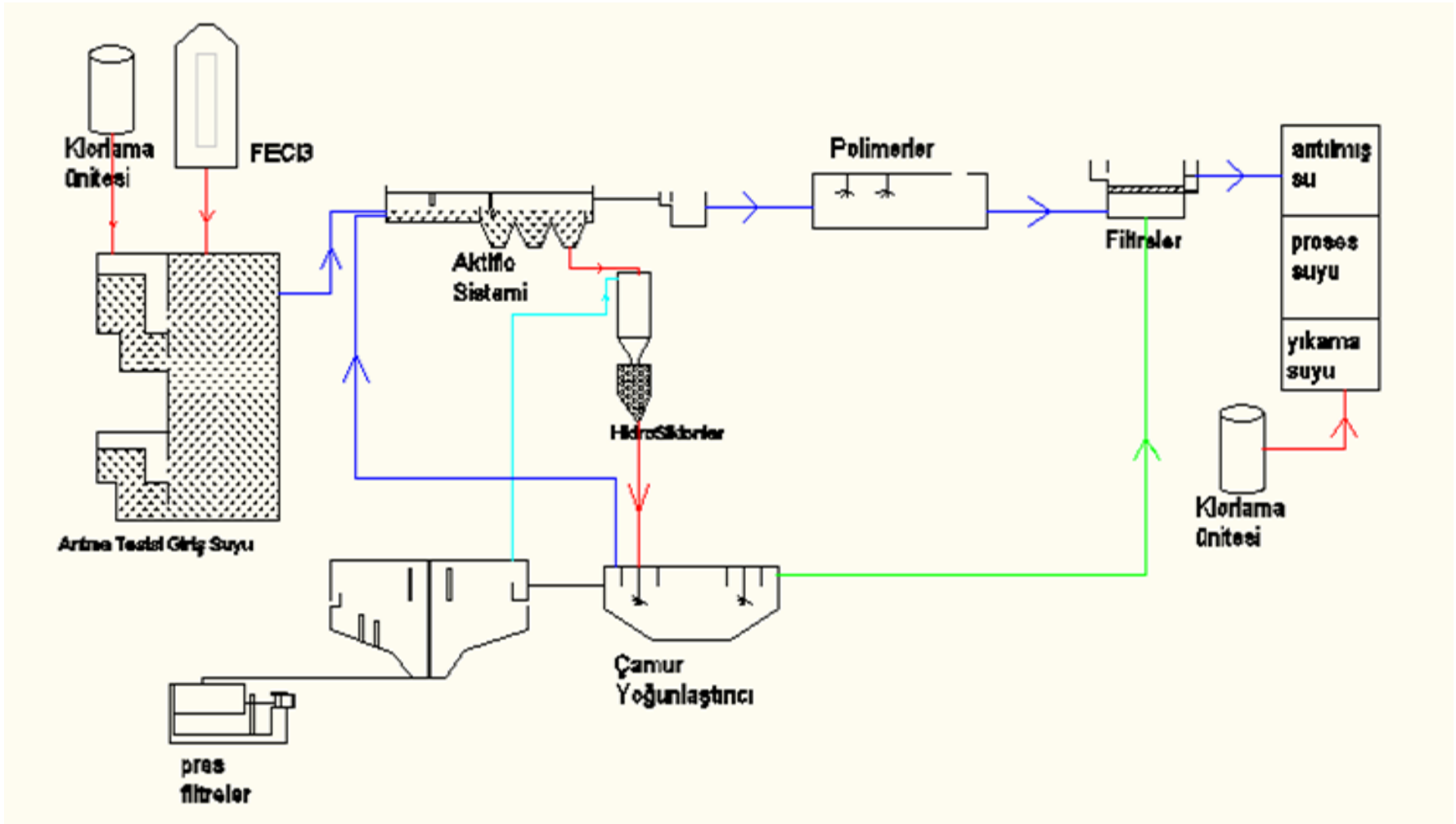
### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Balıkesir İçme Suyu Arıtma Tesisi Akım Şeması ve İşleyişi

Balıkesir İçme Suyu Arıtma Tesisi, Balıkesir – İzmir Karayolu üzerinde şehir merkezine 15 km mesafede 46.000 m<sup>2</sup> alan içerisinde yer almaktadır. 2003 yılında faaliyete geçen tesisin günlük maksimum debisi 220.000 m<sup>3</sup>/gün olup 1.000.000 kişinin içme suyunu karşılayacak kapasitededir. Günlük ortalama debi 72.000 m<sup>3</sup>/gün dür. Tesis fiziksel ve kimyasal arıtma prosesine göre dizayn edilmiştir. İkizcetepeler barajından alınan ham su cazibe ile 8 km mesafedeki Po ham su terfi istasyonuna gelerek arıtma tesisine verilmekte ve arıtıldıktan sonra yine cazibe ile P1 ve P2 terfi istasyonlarına gönderilerek kullanıma sunulmaktadır (Dündar 2017). Terfi istasyonlarının, pompa istasyonlarının ve depoların çalışma güzargahları Şekil 1’de, arıtma tesisinin akım şeması Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Balıkesir İçme Suyu Arıtma Tesisi Dağıtım Hattı (Anonim 2017)



Şekil 2. Balıkesir İçme Suyu Arıtma Tesisi Akım Şeması (Dündar 2017)

### 3.2 Arıtma Tesisi Su Karakterizasyonu ile Bakılan Parametreler ve Periyotları

Balıkesir İçme Suyu Arıtma Tesisinde Bulanıklık, Sıcaklık, pH, Demir, Mangan, Amonyum, Renk, İletkenlik, Çözünmüş Oksijen, Sertlik, Toplam Organik Madde, Nitrit, Nitrat ve Amonyum değerlerine bakılmaktadır.

Verilerinin incelenmesi amacıyla tesisten alınan günlük değerler, ham su ve arıtılmış su için alınan değerler olmak üzere ay bazında ayrı olarak kategorize edilmişlerdir. Veriler 2015 yılında ölçülmüş olan değerlerdir. Her ay için ölçülen değerlerin ortalaması belirlenmiş ve ortalama değer ile ölçülen değer arasındaki bağlantı tablolarda işaretlendirme ile belirtilmiştir. Resmi tatillerde ve cihazların bozulmuş olduğu günlerde analizler yapılamadığı için veriler alınamamıştır. Tablolarda veri alınamayan günlerde gösterilmiştir. Yapılan işlemler Çizelge 3’de gösterilmiştir (Dündar 2017).

**Çizelge 3.** Arıtma Tesisinin İncelenen Parametre ve Bakım Periyotları

Parametre	Birim	Ölçüm Periyodu	
		Ham Su	Arıtılmış Su
Bulanıklık	mg/7	Her gün	Her gün
Sıcaklık	°C	Her gün	Her gün
pH	-	Her gün	Her gün
Demir	mg/l	Her gün	Her gün
Mangan	mg/l	Her gün	Her gün
Amonyum	mg/l	Haftada 1 kez	Her gün
Renk	Pt-Co	Her gün	Her gün
İletkenlik	µs	Her gün	Her gün
Çözünmüş Oksijen	mg/l	Her gün	Her gün
Sertlik	mg/l	Her gün	Her gün
Toplam Organik Madde	mg/l	Her gün	Her gün
Nitrat	mg/l	Haftada 1 kez	Haftada 1 kez
Nitrit	mg/l	Haftada 1 kez	Haftada 1 kez
Amonyum	mg/l	Haftada 1 kez	Haftada 1 kez



### 3.3. Yöntem

Ham su barajdan kendi akış gücü ile gelerek girişte vantuz bölümünden geçip pislik tutucu filtre içinde baraj atıklarından temizlenir ve P0-Pompa istasyonuna gelir. Buradan pompalar vasıtasıyla arıtma tesisine ham su gönderilir. Tesis girişindeki by-pass vanasından geçen ham su havalandırma binasında kaskatlanarak hava ile teması sağlanır. Ön klorlama burada yapılır. Olgunlaştırma safhasında hızlı karıştırıcı ve enjeksiyon tanklarında oluşan küçük parçacıkların kendi aralarında ve geniş floklarla çarpışmaları sağlanarak daha geniş kümeler oluşturması tasarlanmıştır. Su yavaş karıştırılarak flokların dağılması önlenir. Her bir aktifroda 2 adet hızlı çöktürme tankı bulunur. 85 m<sup>3</sup> hacminde olan Potasyum Permanganat tankında suya, suda Mangan var ise enjekte edilir. Şu anda ham suda Mangan bulunmadığından Potasyum Permanganat enjekte edilmemektedir. Tesiste yapılan analizler standart metotlara göre yapılmaktadır (Dündar 2017).

Tesiste 1 adet merkez laboratuvar olmak üzere toplamda 3 Adet laboratuvar bulunmaktadır. Tesis laboratuvarları akredite laboratuvar olmamakla birlikte akredite olabilmek için gerekli çalışmalar devam etmektedir (Dündar 2017).

İçme suyu arıtma tesisi Biyoloji laboratuvarında toplam Koliform bakteri, Escherichia coli, Fekal Koliform, Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri, Fekal Streptokok, Salmonella sp., P.aeruginosa, Clostridium perfringens tayinleri, ekim yöntemleri ile yapılmaktadır (Anonim 2017).

İçme suyu arıtma tesisi kimya laboratuvarında bulanıklık; turbidimetre ile, pH; pHmetre ile, iletkenlik; spektrofotometre ile, çözünmüş oksijen; ICP kromatografisi ile, toplam organik madde; Titrasyon yöntemi ile, toplam demir tayini; İyon Kromatografisi ya da spektrofotometre ile mangan tayini; Spektrofotometre ile, amonyum, nitrit, nitrat ve alüminyum tayini; İyon kromatografisi ile yapılmaktadır (Dündar 2017).

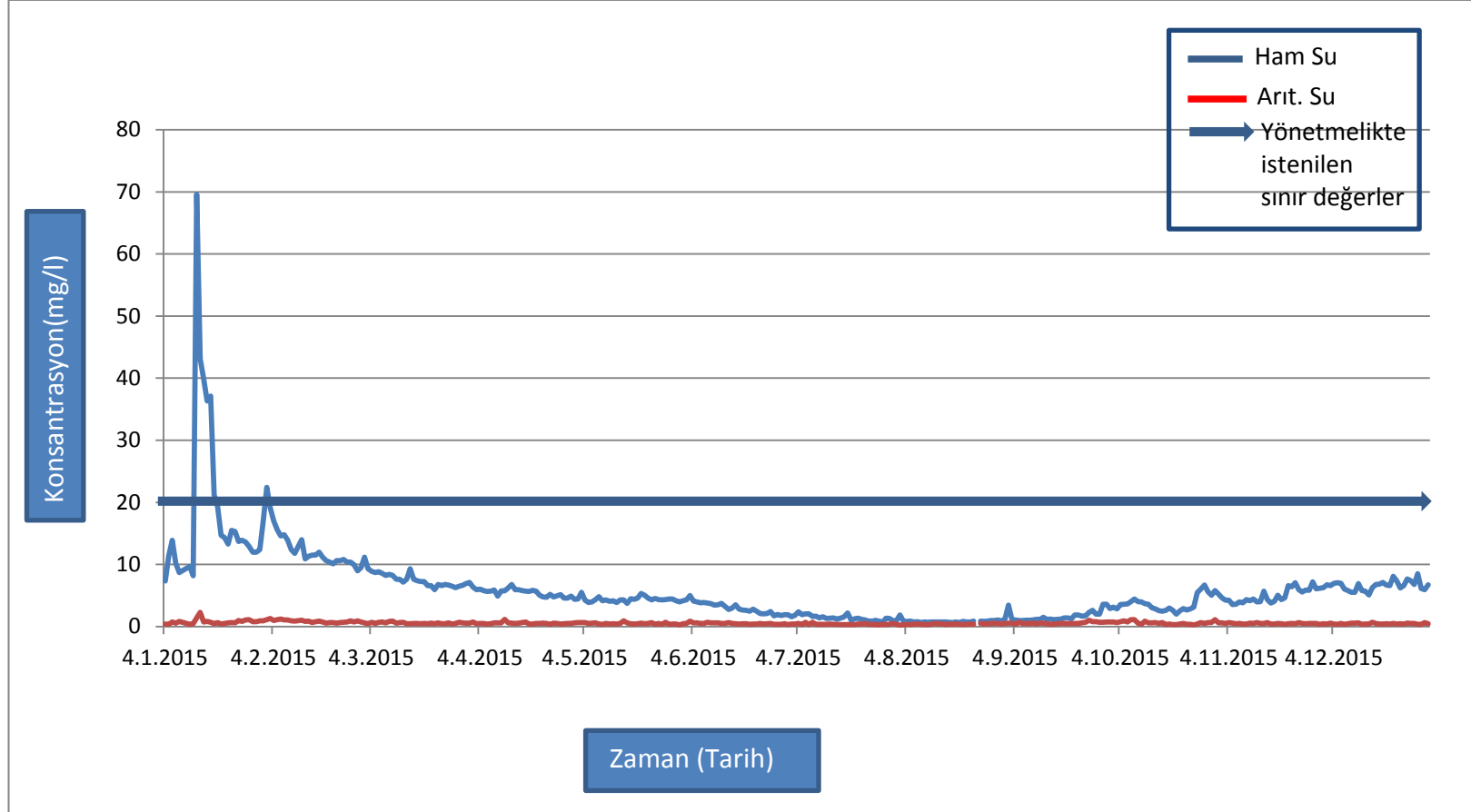
#### **4.BULGULAR VE TARTIŞMA**

İçme suyunda bulunması istenen ve istenmeyen parametreler, bu parametrelerin ulusal ve uluslar arası kanunlarda ve standartlarda belirlenen limit değerleri ile Balıkesir içme suyu arıtma tesisinin iş akış seması belirtildikten sonra tesisin arıttığı kirlilik parametreleri aylık olarak ele alınarak, bu parametrelerin değişimleri ve arıtılma verimleri ile yıllık olarak değerlendirmeleri yapılmıştır.

##### **4.1. Bulanıklığın Aylara Göre Dağılımı**

Ocak ayı ham su ve arıtılmış su verileri Şekil 3’de verilmiştir. Bu verilere bakıldığında ham su ocak ayının ilk günlerinde düşük bulanıklık değerlerine sahipken ay ortasında yükselme göstermektedir. Ayın sonunda ise daha düşük seviyelere inmiştir. Arıtılmış su ise standartlara uygun olarak her gün aynı değerlerde olmaktadır. Ham su Şubat ayının başında en yüksek değeri gösterirken ay ortasında normalden farklı olarak çok düşük seviyelere inmiştir. Ay sonunda doğru sabit bir salınım izleyerek ayı tamamlamıştır. Mart ayından yüksek değerlerle giriş yapan bulanıklık verisi ay boyunca sabit olarak yükselişte kalmaktadır. Mayıs ayında bulanıklık Nisan ayında olduğu gibi yüksek değerlerde sabitlenmişlerdir. Arıtıldıktan sonra ise yasal olarak uygun olan değerlere indirilmiştir. Haziran ayının sonlarına kadar nispeten yüksek seyreden bulanıklık değerleri Temmuz ayı başlarından itibaren gözle görülebilecek oranla düşüş göstermeye başlamış ve bu düşüş Ekim ayının başına kadar devam etmiştir. Ekim ayında tekrar yükselişe geçen değerler yılı Mart ayı ortalarında görülen değerler kadar yüksek miktarlarda kapatmışlardır. 2015 yılı bulanıklık değerlerinin görüldüğü Şekil 3’e baktığımızda yılın başı ve sonunda yüksek olan değerler yıl ortalarında azalmaktadır. Şekil yıllık olarak incelendiğinde ise bulanıklığın arttığı zamanlar iklim itibariyle Balıkesir Bölgesine yağışın fazlaca düştüğü zamanlar olmaktadır. Yağış arttığında dağlardan ve tepelerden İkizce tepeler barajına doğru akan su daha bulanık olduğu için ham suyun bulanıklık yüzdesi yüksek olmaktadır. Yağışın olmadığı ya da az olduğu aylarda ise bulanıklık azalmakta ve arıtılması gereken su miktarı değişiklik

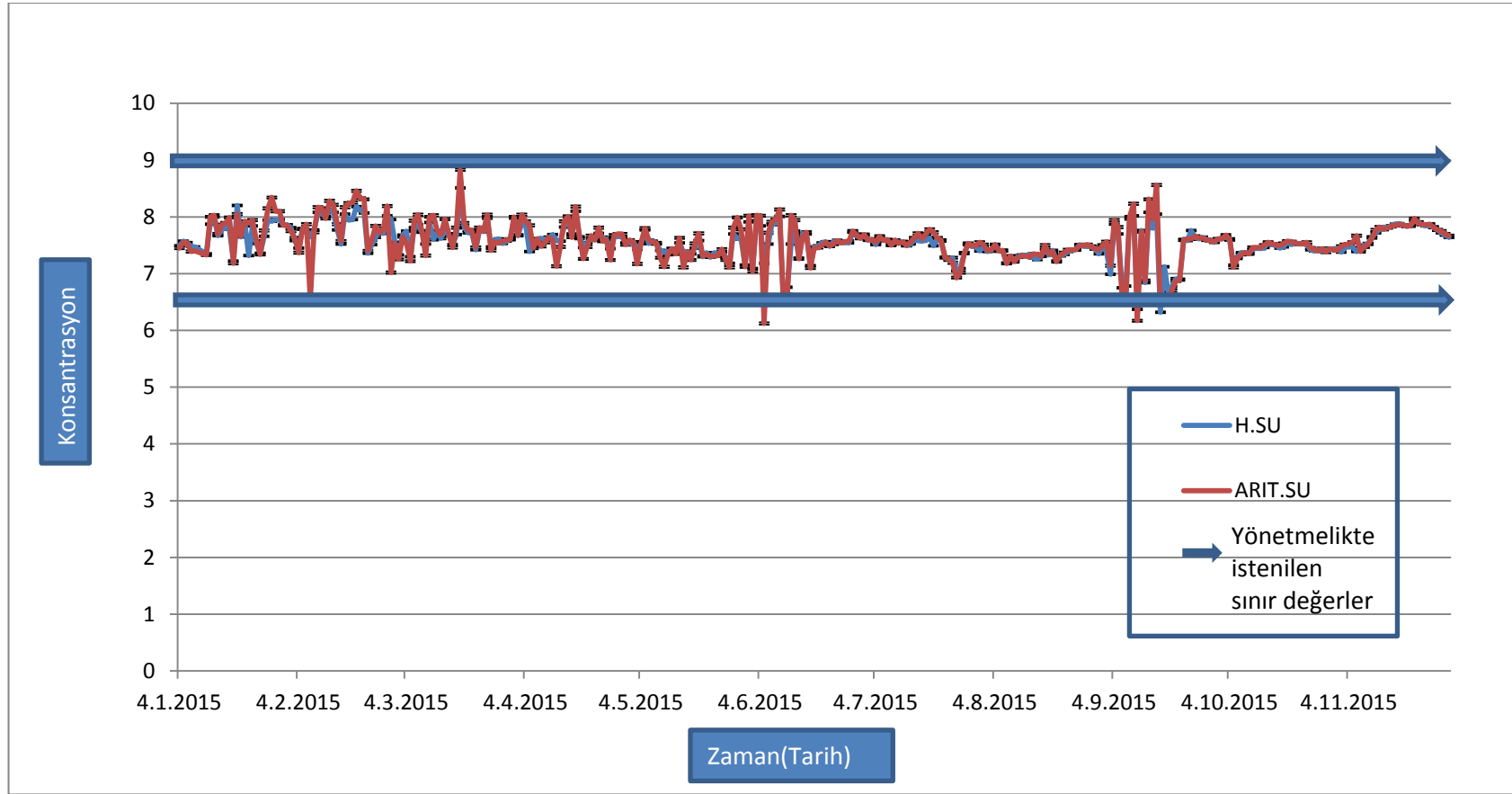
göstermektedir. Bulanıklık fiziksel bir kirlilik olduğu için arıtılması da kimyasal ya da biyolojik kirlilik parametrelerine nazaran daha kolay olmaktadır.



Şekil 3. 2015 yılı ham su ve arıtılmış suda bulanıklık değerleri

## 4.2. pH Değerinin Aylara Göre Dağılımı

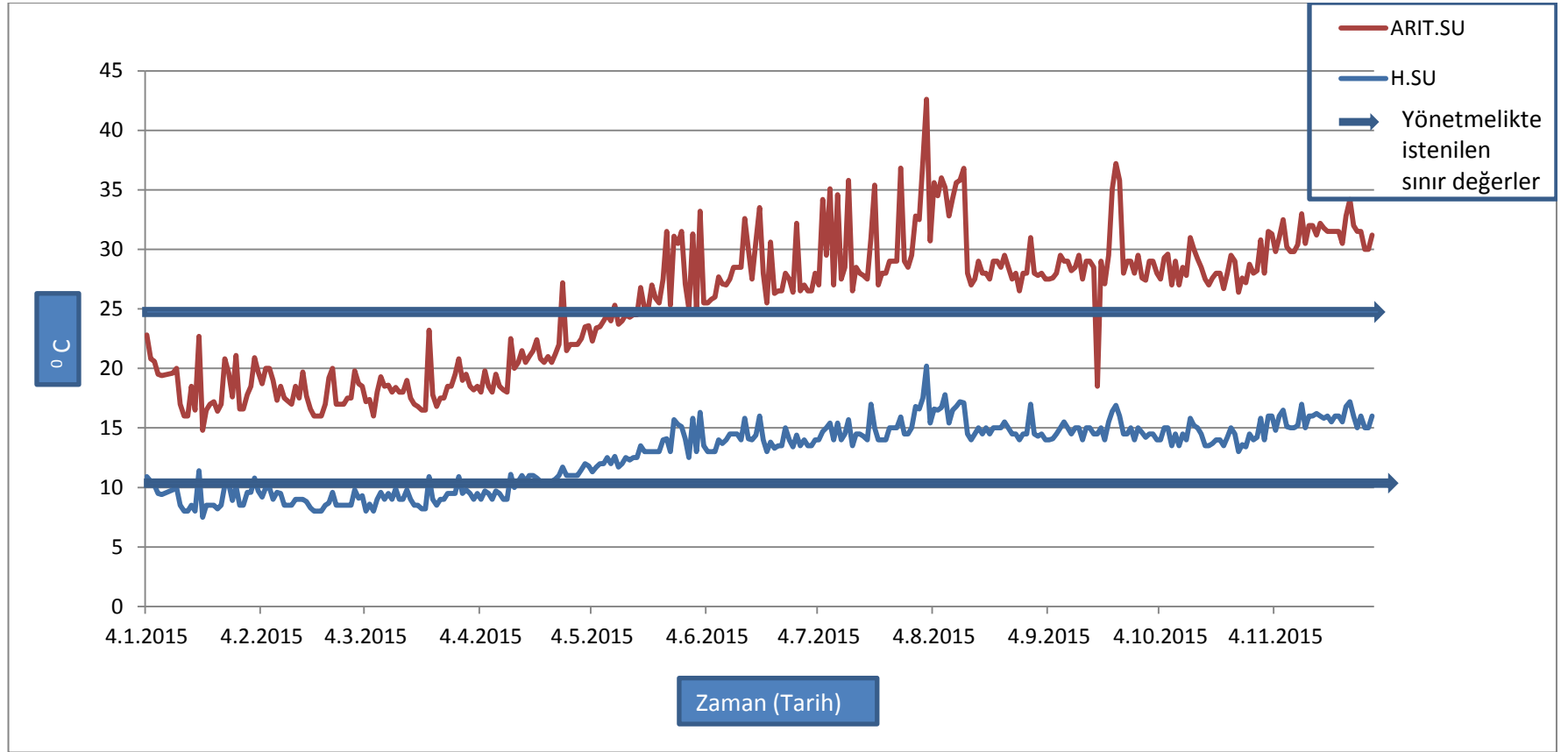
Su belli bir pH aralığı bulunduğundan ham su için olan değerler arasındaki değişim 6'dan yüksek 9'dan düşük olmaktadır. Şekil 4'de görüldüğü gibi Ocak ayının başlarında 7 ve 8 Aralığında salınım gösteren pH ay sonunda 8'den yüksek değerlere çıkmıştır. Şubat ayında 7,5-8,4 arasında olan pH Mart ayı itibariyle 8'in altına düşmüş ve ayı 9'a yaklaşan değerlerle kapatmıştır. Mayıs ayında yıl başına göre yüksek olan değerler düşmüştür. Haziran ayında salınım aralığı artarken Temmuz ve Ağustos ayının tamamında ufak farklılıklarla değişmişlerdir. Eylül ayının başından itibaren değerler yıla nazaran en yüksek farklılıkları göstererek 2015 yılını 8'e yakın pH değerleriyle kapatmıştır. İçme suyu arıtma tesisinin işletilmesinde baz alınan İnsani Tüketim amaçlı sular hakkındaki yönetmeliğe göre pH için istenilen sınır değer 6.5'dir. Şekil'de yönetmelikteki değer gösterilmiş olup ham su ve arıtılmış su için istenilen sınır değer yıl boyunca korunmaya çalışılmıştır. Yılın bazı günlerinde sınır değerin altına düşen verilerde görülmektedir. Fakat yıl boyunca suyun pH'ı ayarlanarak su şebekeye uygun değerlerle giriş yapmıştır.



Şekil 4. 2015 yılı ham su ve arıtılmış suda Ph değerleri

### 4.3.Sıcaklık Değerlerinin Aylara Göre Dağılımları

Sıcaklık değerleri Şekil 5’de görüldüğü gibi Ocak ayına 10 °C sıcaklıkla başlamış ve mart ayına kadar düzenli artış ve azalış göstermiştir. Mayıs ayından hava sıcaklığının artmasıyla birlikte suyun sıcaklığı da artmış ve 15 °C’ye kadar çıkmıştır. Ağustos ayına kadar ortama olarak 15 °C civarında kalan su sıcaklığı ağustos ayında 20 °C’yi görmüş ve sonrasında 15-20 °C arasında salınım göstererek yılı kapatmıştır. Arıtılmış su sıcaklığı ise yılın başlarında 15-25 °C arasında olurken hava sıcaklığının artmasıyla mayıs, haziran, temmuz ve ağustos aylarında düzenli olarak artış göstermiştir. Yönetmelikte istenilen minimum değer ve tavsiye edilen değer Şekil5’de oklarla gösterilmiştir. Hava sıcaklıklarının yükselmeye başladığı zamanlarda ham su değerlerinin sıcaklıklarının arttığı da gözükmemektedir. Arıtılmış suyun yaz aylarında istenilen değerlerinde üzerine çıktığı görülmektedir. Lakin arıtma aşamasında hava sıcaklıklarının artması sebebiyle ısınan su şebekeye verildiğinde boruların güneş ışığı görmemesinden dolayı tüketim için uygun sıcaklığa geri dönmektedir. Arıtılan su içilebilir özellikte olmaktadır. Fakat içmek için tatlı su tercih edilebilirliği şehir genelinde fazla olduğundan dolayı şebekeye verilen suyun sıcaklığının yüksek olması tesise yakın olan yerleşim yerlerinde kullanımı olumsuz etkilememektedir.

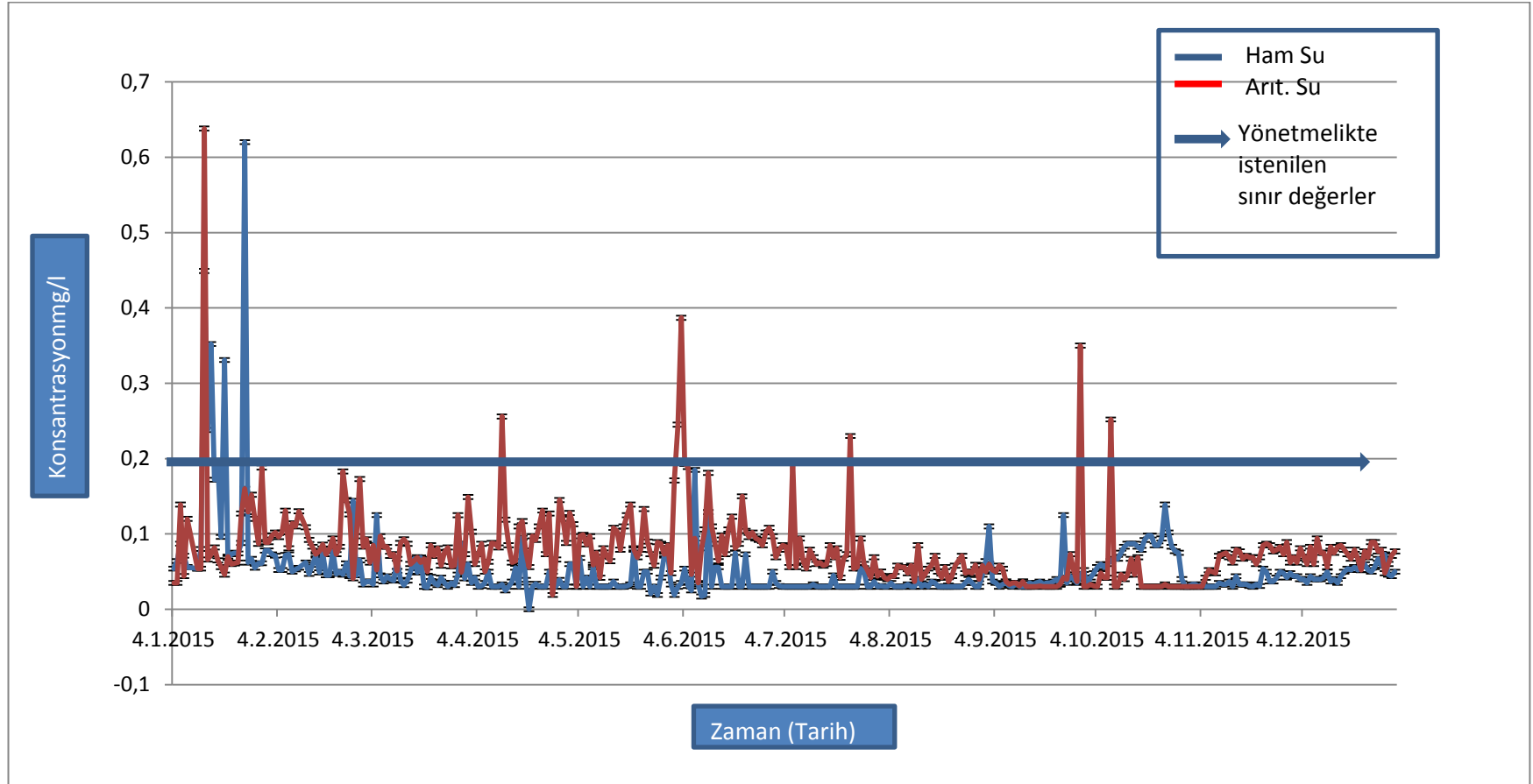


Şekil 5. 2015 yılı ham su ve arıtılmış suda sıcaklık değerleri



#### 4.4. Demir Değerlerinin Aylara Göre Dağılımları

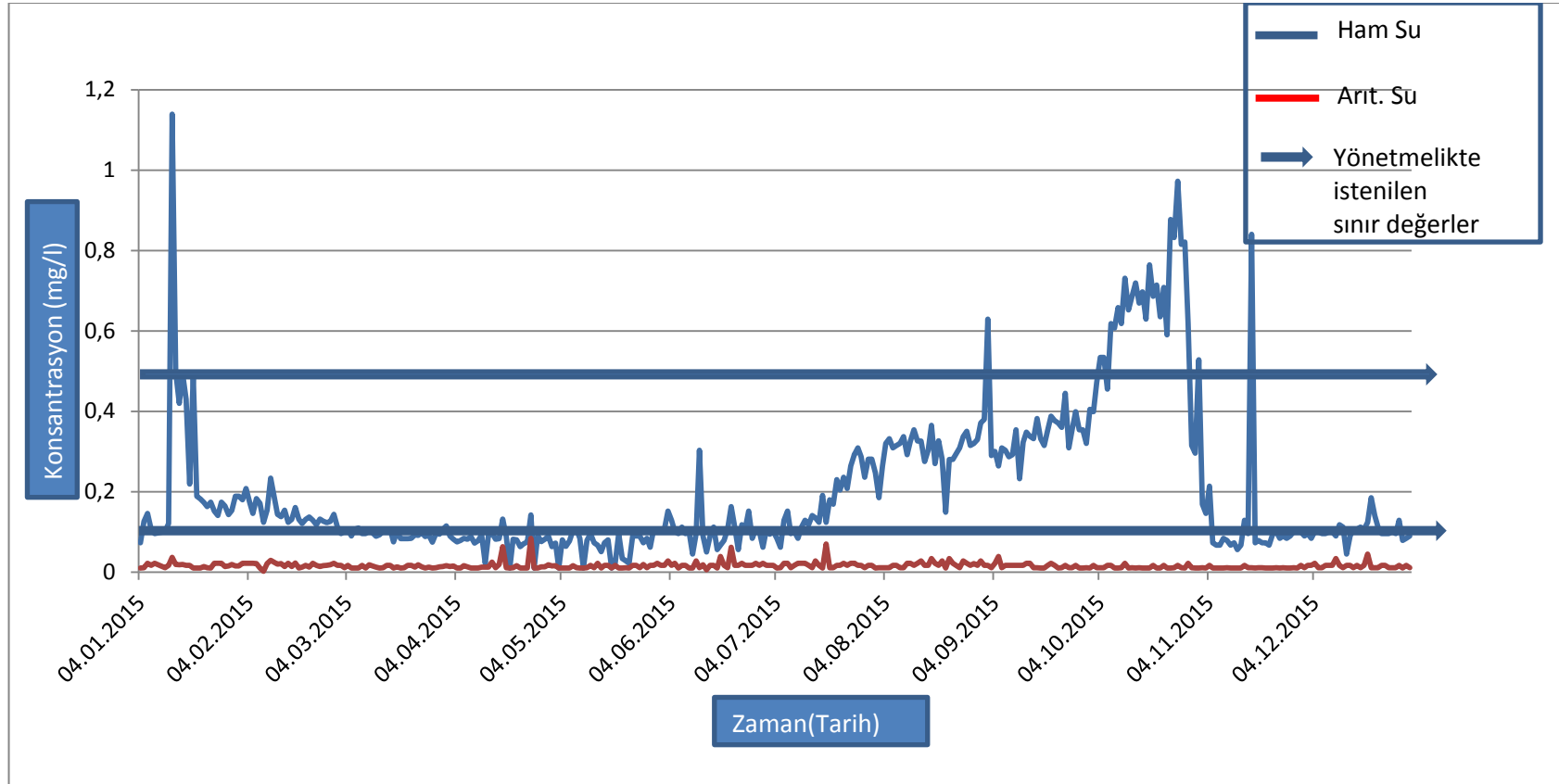
Ham su ve arıtılmış su için demir miktarları tüm yıl boyunca çok küçük miktarlarda değişiklik göstermektedir. Standartlarda olması gereken demir miktarı düşük olduğu için toprak ya da iklim sebebiyle su kaynağı demir açısından beslenmediği sürece demir miktarında çok büyük değişiklikler olmamaktadır. Şekil 6'da demirin yıl içerisinde 0,1'den daha küçük miktarlar ile yer yer 0,6'dan biraz büyük değerlere kadar çıktığı ve salınım aralıklarının geniş olduğu gözükmektedir. Yılsununa doğru ise tüm sene içerisinde görülen salınım oranları düşmekte ve değişiklik 0-0,1 arasında kalmaktadır. Yönetmelikte demir için tavsiye edilen değerler 0,05 ile 0,2 arasında kalan değerlerdir. Demir miktarının 0,2'yi geçmesi istenmemektedir. Yıl içerisinde bazı günlerde demir miktarının yüksek çıktığı gözükmektedir. Lakin yıl geneline bakıldığında ham su ve arıtılmış su için demir miktarı sınır değerler arasında kalmaktadır. Doğal sularda bir miktar demirin bulunması normal kabul edilmektedir. Yüksek miktarlarda bulunan demir suyun geçtiği borulardan suya karışmış olabilir. Demirin yüksek olması suyun demir tatması ve suyun renginin kahverengimsi olmasıyla birlikte şebeke borularının zamanla tıkanmasına sebep olmaktadır (Güler 1997). Borularda kullanılmadan uzun süre sabit olarak beklemiş suyun tadı da zamanla değişmeye başlayacaktır. (Colter ve Waltler 2006)



Şekil 6. 2015 yılı ham su ve arıtılmış suda demir değerleri

#### 4.5. Mangan Değerlerinin Aylara Göre Dağılımları

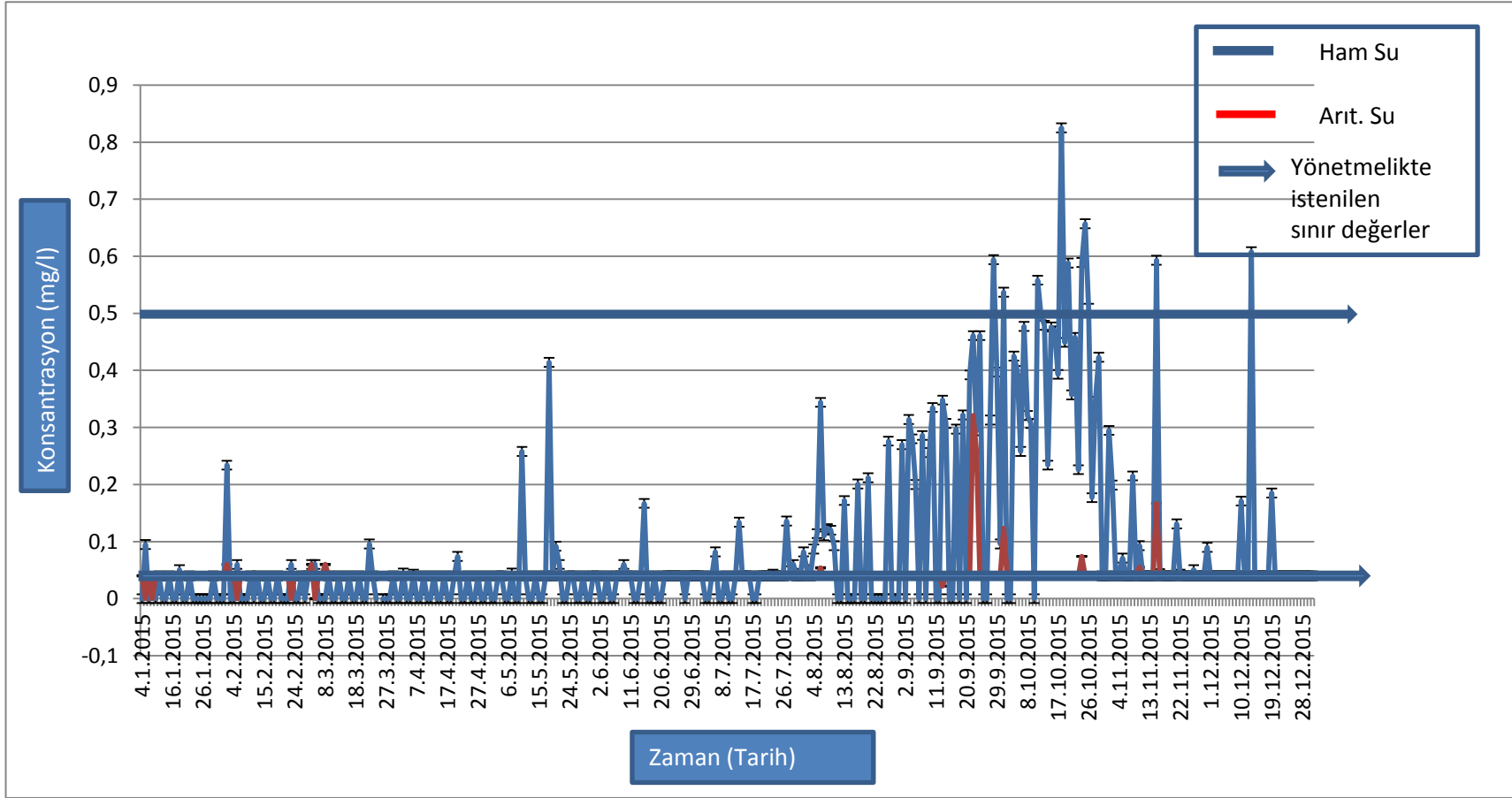
Ham suda bulunan mangan değeri 0 ile 1,2 arasındayken su arıtılma işleminden geçtikten sonra mangan neredeyse tamamen giderilmiştir. Yıl boyunca çok değişik aralıklarda yer yer yüksek yer yer nispeten düşük değerlerde olan mangan yaz aylarında yılın en yüksek değerlerine sahiptir. Şekil 7’de görüldüğü gibi sene başında birkaç kez yükselmekteyken yılın tamamına bakıldığında hava sıcaklığının daha az olduğu aylarda mangan değerleri daha düşük olmaktadır. Mangan değerinin düşük ya da yüksek olmasına bakılmaksızın arıtıldıktan sonra neredeyse sifıra yakın değerlerde olan mangan tesisin mangan arıtması konusunda başarılı olduğunu göstermektedir. Yönetmelikte tavsiye edilen değer 0,2 mg/l ve izin verilen değer 0,5 mg/’dir. 2015 yılı ham suyun mangan değerleri yer yer yönetmelikte belirlenen limitler içerisinde yer yer ise yüksek değerlerdedir. Su arıtıldıktan sonra ise içerisindeki mangan miktarının izin verilen değerinde altında olduğu görülmektedir. Manganın su da fazla miktarlarda olması demirle aynı etkiyi yaratmaktadır. Demir ve Mangan ham su içerisinde doğal olarak bulunan maddelerdir. Mangan doğada çözünebilir ve çözünemeyen formlarda bulunur. 2 değerlikli olan mangan çözünemeyen formdur fakat oksijenle temas geçtiğinde dört değerlikli çözünebilir forma dönüşür. Su içerisinde oksijen yoğunluğunun fazla olması manganında ortamda bulunmasıyla birlikte suda mangan miktarının artmasına sebep olur. Su da istenmeyen mangan dört değerlikli mangandır. Kış aylarında su sıcaklığı azaldığı için suda çözülmüş oksijen yoğunluğu da artar. Bu durumda su içerisindeki istenmeyen manganın artması demektir. Fazla mangan koku ve görüntüde bulanıklık ve birikme sonucunda da boruların tıkanmasına sebep olmaktadır (Uyak, 2017)



Şekil 7. 2015 yılı ham su ve arıtılmış suda mangan değerleri

#### 4.6. Amonyum Değerlerinin Aylara Göre Dağılımları

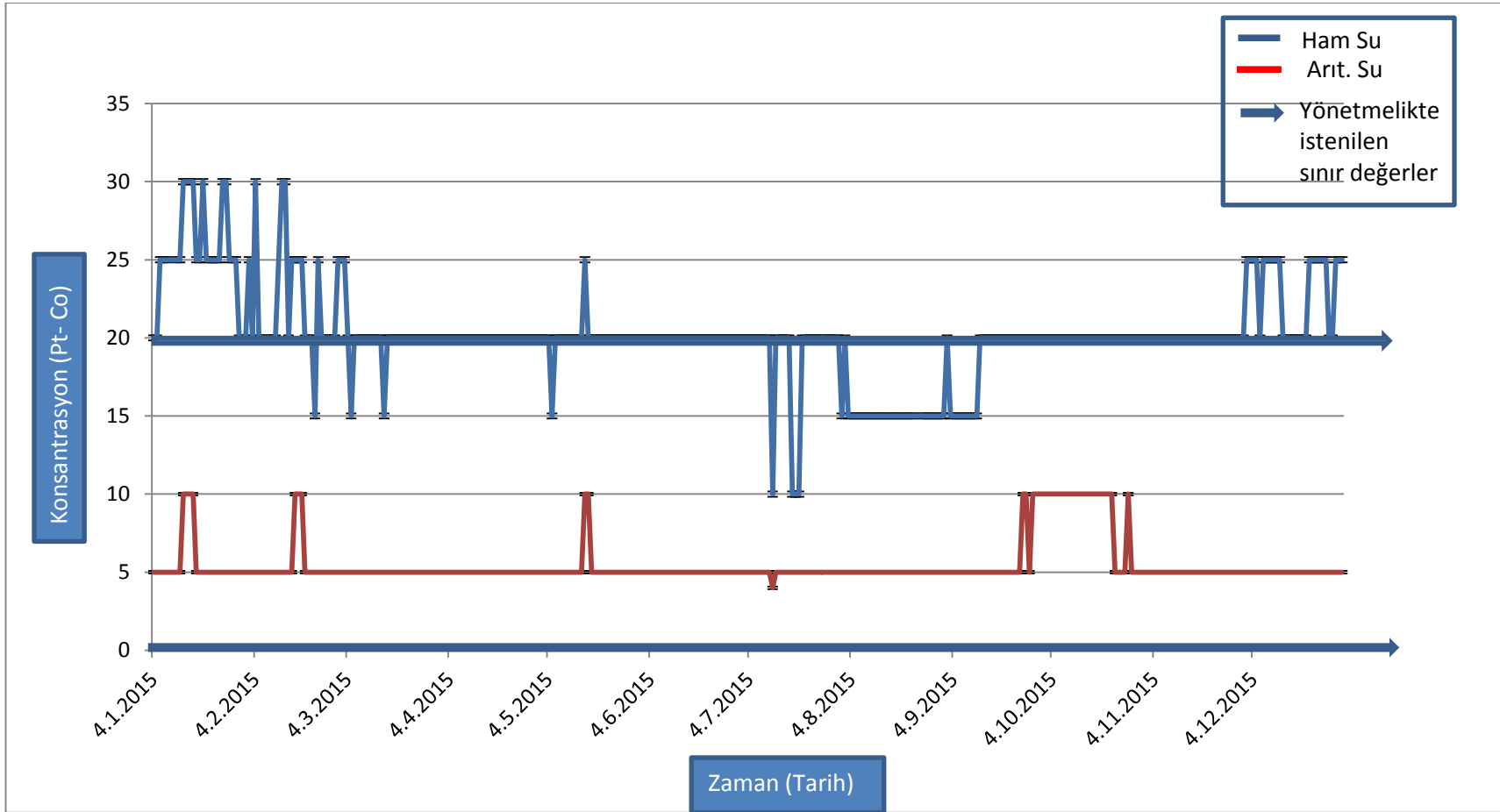
Amonyum suda fiziksel ve kimyasal olaylar neticesinde gözükabilir. Doğal yollarla suda oluşan amonyumun sağlık açısından bir zararı yoktur. Ancak amonyumun oluşmasının nedeni mikroorganizma faaliyetleri ise organik madde kaynaklı olma açısından amonyumun varlığı tehlike yaratır. Amonyum, algler ve yüksek bitkiler tarafından direkt olarak alınabilir. Sucul canlıların atık maddesi olup, tekrar organizmalar tarafından absorblanır. Bol oksijenli sularda amonyum iyonuna çok az miktarda rastlanır (Taş 2006). 2015 yılı başından temmuz ayının ortalarına kadar 0-0,1 arasında sabit salınımlarla seyreden ham su amonyum değerleri Şekil 8’de de görüldüğü gibi Temmuz ayının sonlarında artış göstermiş ve bu artış kasım ayına kadar devam etmiştir. Kasım ve aralık ayında alınan değerler daha az olmasına rağmen salınının azalma gösterdiği gözükmektedir. Ham su değerleri yıl içerisinde artış ve azalış göstermesine rağmen su arandıktan sonra amonyum miktarı tüm yıl boyunca sabit kalmıştır. Yönetmelikte tavsiye edilen amonyum miktarı 0,05 mg/l ve izin verilen amonyum miktarı 0,5 mg/l’dir. Ham su için istenilen değer yer yer sınır değerinin altında kalmış olmasına rağmen su arandıktan sonra amonyum miktarı tavsiye edilen sınır değerlerine çekilebilmiştir. Fakat yılın sonuna doğru bazı amonyum değerlerinin istenilen sınır değeri de aştığı gözükmektedir.



Şekil 8. 2015 yılı ham su ve arıtılmış suda amonyum değerleri

#### **4.7. Renk Değerlerinin Aylara Göre Dağılımları**

Yıl içerisinde sudan renk ile ilgili alınan veriler sık değildir. Yılın en yüksek renk oranına sahip ham su değerlerinin Şekil 9'a bakıldığında Şubat ayında olduğu görülmektedir. Mart ve nisan ayında nispeten düşük olan değerler Temmuz ayı ortalarında daha da düşük olmaktadır. Ekim ve kasım ayında sabit kalan renk aralık ayından biraz artış göstererek yılı tamamlamıştır. Yıl içerisinde ki deęiŐen değerler yaęıŐla orantılı olmaktadır. Su da arıtım yapıldıktan sonra ise renk değerleri standartlarda belirlenen kriterlere göre düŐürülmüŐtür. Yönetmelikte 5 ve 20 Pt - Co aralığında olması istenilmektedir. İstenilen değerler Şekil 9'da oklarla belirtilmiŐ olup arıtılmış suyun renk açısından genellikle istenilen değerlerden yüksek olarak Şebekeye verildiği görülmektedir.

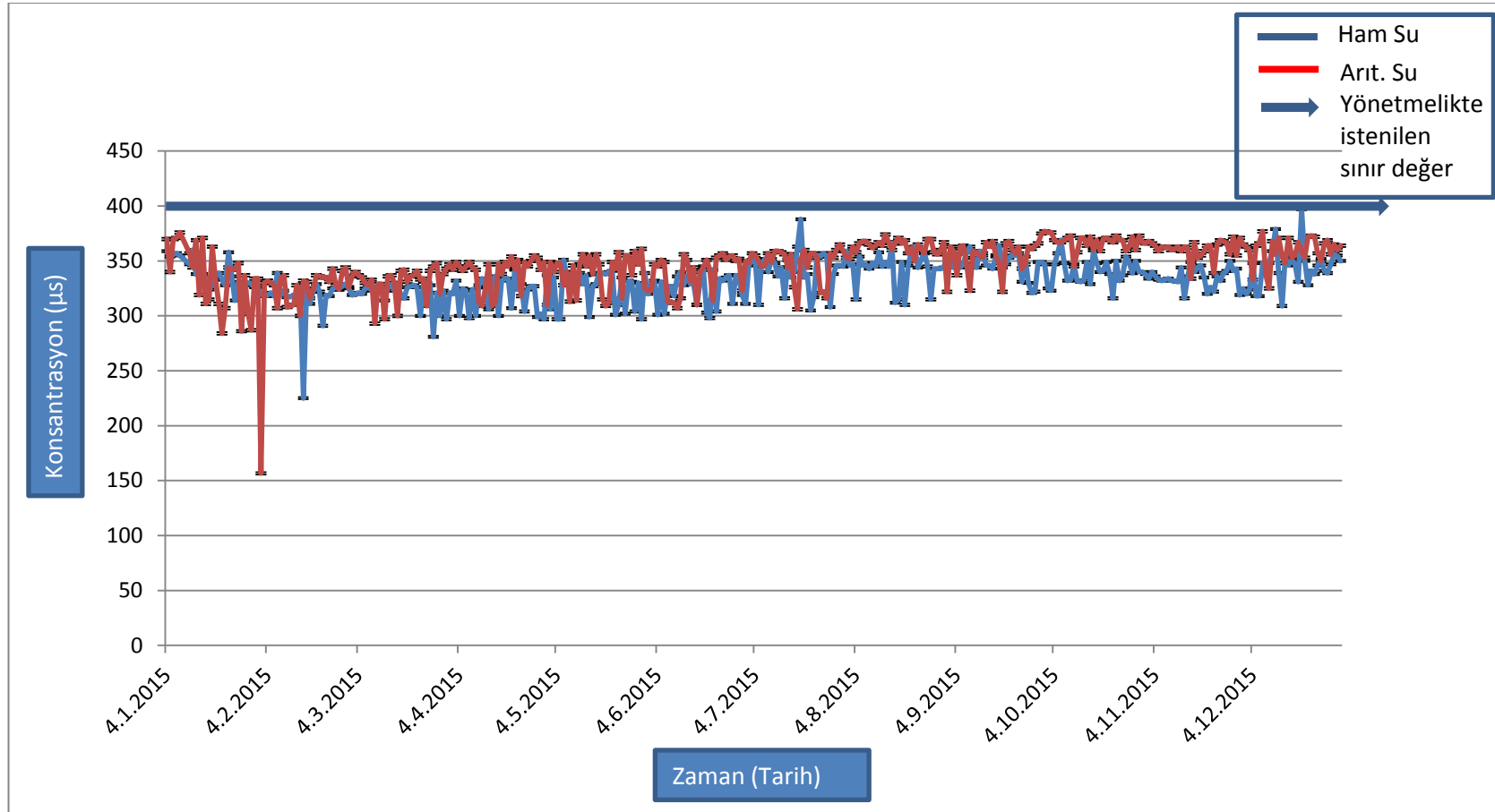


Şekil 9. 2015 yılı ham su ve arıtılmış suda renk değerleri



#### 4.8. İletkenlik Değerlerinin Aylara Göre Dağılımları

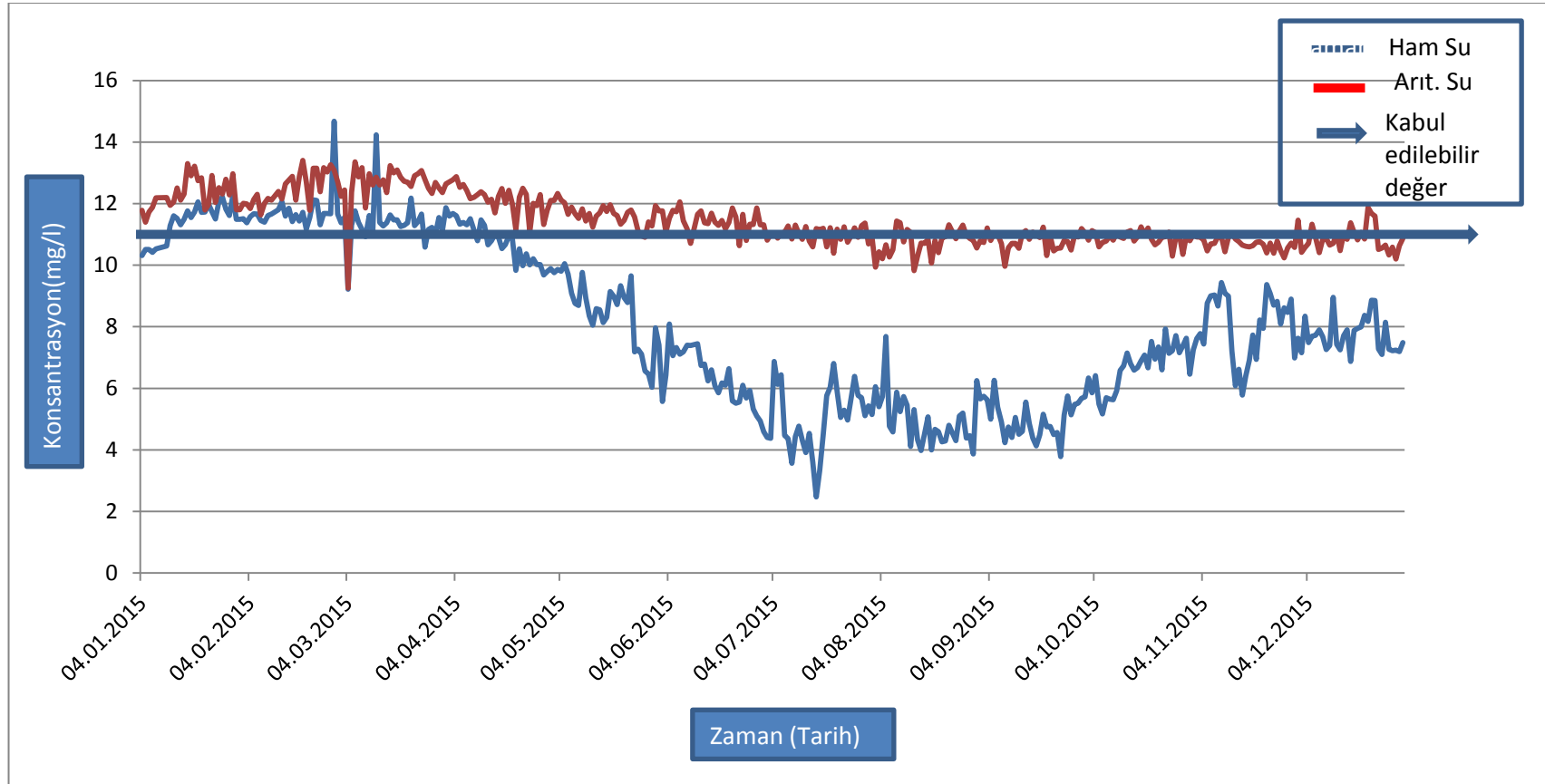
Su bir iletkendir. Suyun İletkenlik değeri suda bulunan iyonların toplam ve bağlı konsantrasyonlarına, hareketliliklerine ve ölçüm sıcaklıklarına bağlıdır. Suyun iletkenliğinin belirlenmesi ile suların değişik kökenli ve farklı kalitede sular olup olmadığı hakkında bilgi sahibi olunur (Anonim 2017). 2015 yılı iletkenlik değerlerinin yıl içerisinde 280-400  $\mu$ S arasında değişiklik gösterdiği Şekil 10'da görülmektedir. Ham su için ölçülen iletkenlik değerleri standartta belirlenen değerlerden çok farklı olmadığı için ham su ve arıtılmış su değerleri Şekil 10'da iç içe gösterilmiştir. Salınım Mart ayı sonlarından yıl sonuna kadar daha belirgin bir hale gelmektedir. Ham su için ölçülen değerler standarttaki değerlerden biraz daha az olduğu için su arıtıldıktan sonra iletkenlik miktarında yükselme görülmektedir. Giriş ve çıkış suyu arasındaki iletkenlik verilerini suyun kullanılabilirliği açısından yorumlayabilmek için Sodyum(Na) ve Potasyum(P) verileri gerekmektedir. Tesisten bu değerlere ulaşamadığı için su iletkenliğinin kaynağının ne olduğuna dair tahminlerde bulunmak zorlaşmaktadır. İletkenlik değeri arıtılmış suda azda olsa artış gösterdiğinden dolayı sistem içerisinde yapılan müdahale sebebiyle iletkenliğin artmış olduğu gözlenmektedir. Fakat suda fazla oranda bulunan sodyum ve potasyum miktarlarının suyun kullanılmasıyla birlikte sağlığa, çevreye ve dağıtım sistemine zarar verdiği göz önünde bulundurulmalıdır. Suyun içinde sodyum miktarının fazla olması SAR (Sodyum Adsorbsiyon Oranı)'ı yükseltir. SAR değeri suyun sodyum ve alkalilik özelliklerini tespit etmek için kullanılır (Kaya, Öztürk 2003). SAR değerinin 18- 26 arasında olduğu tespit edilen suda sodyum oranı yüksektir (Özbek 1987). Yüksek sodyum oranı olan su sulama amaçlı kullanıldığında zamanla toprakta çoraklaşmaya sebep olmaktadır. Toprağın emdiği tuzluluk miktarı %15'i geçtiğinde geçirgenlik azalır, toprak işleme ve çimlenme zayıflar, bitki gelişimi ise ilerleyen zamanlarda olumsuz yönde etkilenir (Ekmekçi ve ark 2005).



Şekil 10. 2015 yılı ham su ve arıtılmış suda iletkenlik değerleri

#### 4.9. Çözünmüş Oksijen Değerlerinin Aylara Göre Dağılımları

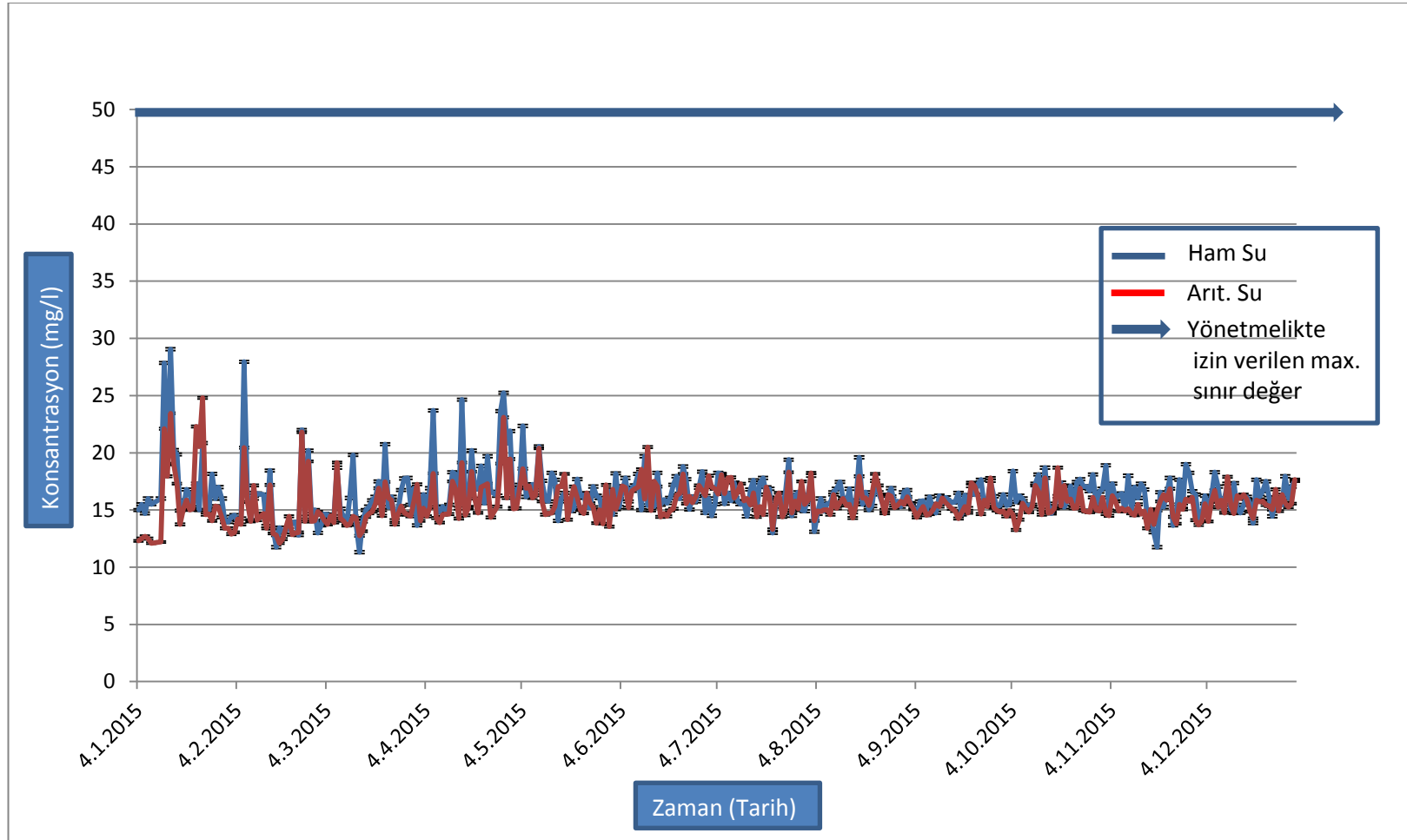
Çözünmüş oksijen miktarı su kirliliği için çok önemli bir parametredir. Çözünmüş oksijenin azlığı, yüzeysel sularda kirliliğin en önemli göstergesidir. Sudaki oksijenin miktarı; atmosferdeki oksijenin kısmî basıncına, suyun sıcaklığına, suya oksijen kazandıran organizmalara ve sudaki mineral konsantrasyonuna bağlıdır. 0°C suda en fazla 14,63 mg/l oksijen çözünebilirken, 30°C'de 7,57 mg/l çözünebilmektedir (Anonim 2017). Sudaki mineral olduğu takdirde bu miktarlar da düşer. Kirlenen sulardaki çözünmüş oksijen miktarı su içerisinde biyolojik faaliyetler oluşması durumunda daha da azalır (Şengörür, Demirel 2002). Şekil 11'de görüldüğü gibi yılın başında ham su ve arıtılmış su arasındaki çözünmüş oksijen değerleri farkı yüksek değilken Nisan ayı ortalarında bu fark hızla artış göstermektedir. Ham suda bulunan çözünmüş oksijen miktarı eylül ayı ortalarına kadar hızlı bir düşüş göstermekte ekim ayıyla birlikte düşüş yerini artmaya bırakarak 2015 yılını yılın başındaki değerlere nispeten çok daha düşük miktarlarla kapatmaktadır. Ham su arıtıldıktan sonra ise çözünmüş oksijen miktarı yılbaşında 12 mg/l'den daha yüksek değerlere indirilmiş fakat yıl ortasını ve yılsonunda çok değişiklik gösteren değerler 10-12 mg/l arasına getirilmiştir. Yönetmelikte çözünmüş oksijenle ilgili herhangi bir sınırlandırıcı ifade bulunmamaktadır. Şekil 11'de okla gösterilen sınır değer uluslar arası standart değeridir. Kullanılan suyun oksijen açısından zengin olması tercih edilen bir durumdur.



Şekil 11. 2015 yılı ham su ve arıtılmış suda çözünmüş oksijen değerleri

#### 4.10. Sertlik Değerlerinin Aylara Göre Dağılımları

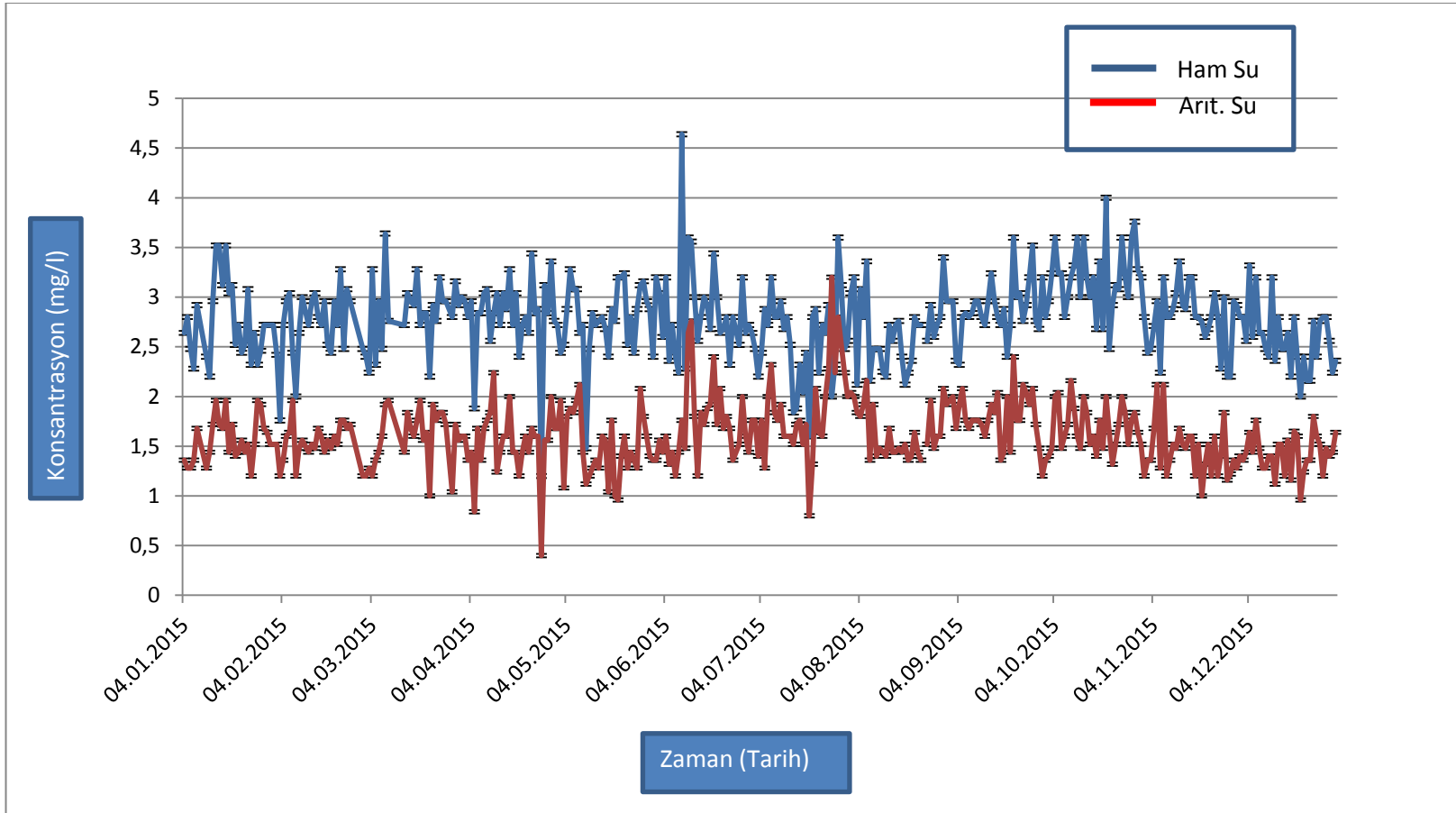
Sulardaki sertlik miktarları suyun bulunduğu bölgenin yer Őekillerinden etkilenmektedir. Suyun akış gzerghında uęramıŐ olduğu kayaçların hepsi sertlik konusunda ham suya katkı sağlamaktadır. Bölgede yer Őekillerinin değişmesi yüzyıllar aldığı için suyun akıŐına dıŐarıdan herhangi bir etki yapılmadığı sürece sertlik değerleri genel itibariyle aynı olacaktır. Kaydedilen sertlik 10-3 mg/l değerleri arasında olmaktadır. Sertlik değerlerinin yıl boyunca belirtilen aralıklarda salınım gösterdiği Şekil 12’de görülmektedir. Arıtıldıktan sonra ise standartlarla belirlenen değerlere getirilmiştir. Yönetmelikte istenilen maksimum sınır değeri sertlik için 50 birimdir. Sertlik suda kalsiyum ve magnezyum iyonlarının olması sebebiyle olur. Suyun sertliğinin sağlık açısından herhangi bir zararı yoktur. Yalnızca sertlikle birlikte suyun içimi farklılaŐmaktadır. Yıl boyunca sertlik yönetmelikte istenilen değeri aşmadığı için özellikle belirtilmemiştir. Rusya’da yerel bir bölgede insanlar üzerinde yapılan bir araŐtırmaya dayanarak sert suyun böbrek taŐı oluşumuna sebep olabileceği söylenmektedir. Aynı araŐtırma hayvanlar üzerinde de yapılmış ve insanlarla benzer etkiler gözlenmiŐtir (Baysan 2001). Sertlik sebebi olan magnezyum ve kalsiyum iyonları aynı zamanda alkalilik sebebidir. Günümüzde alkali diyet savunucuları vücudumuzu alkali hale getirdiğimiz takdirde hızla hastalıkların azalacağına inanmaktadır. Fakat bu bilgi net bilimsel verilere dayanmamaktadır ve uzun süreli uygulamalar sonucunda vücudun vereceği tepkinin ne olacağına dair araştırmalar yapılmamıŐtır (Koza 2016). Sertlik canlıların yanında kullanılan sistemlere de zarar vermektedir. Sert su zamanla suyun geçtiği borularda kireç taŐı oluşumuna ve tıkanıklığa sebep olur (Kızıloğlu ve ark. 2007).



Şekil 12. 2015 yılı ham su ve arıtılmış suda sertlik değerleri

#### 4.11. Toplam Organik Madde Değerlerinin Aylara Göre Dağılımları

Kaydedilen yıllık Toplam Organik Madde değerleri 0-5 mg/l arasında değişmektedir. Ham sudan elde edilen veriler 1,8-4,6 mg/l değerleri arasında olmasıyla birlikte suya toplam organik madde giderimi açısından arıtılma işlemleri uygulandıktan sonra arıtılmış sudaki toplam organik madde miktarı genellikle 1-2 mg/l arasında salınım gösterdiği Şekil 13'de görülmektedir. Balıkesir içme suyu arıtma tesisi ilk yapıldığı yıllarda Fransızlar tarafından işletilmiştir. Tesiste her gün ölçümü yapılan toplam organik madde miktarı da yönetmelikte sınırlandırıcı bir ifade bulunmaksızın işleme başladığı tarihten beri suyun kalitesini anlamak için ölçüm alınan bir parametre olmaktadır. Toplam Organik Madde dezenfeksiyon yan ürünü ana kaynağıdır. Ülkemizde kullanılan yönetmelik ve standartlarda sınırlandırıcı herhangi bir ifade bulunmamasına rağmen suyun Toplam Organik Madde miktarının fazla olması olası kirlilik için önemli bir bilgidir. Organik maddeler kimyasal oksidanlarla reaksiyona girerek halojenli ve halojensiz DYÜ oluşturular. Başta da anlattığımız gibi DYÜ ve THM'lar insan sağlığına zararlı ve hastalık yapıcıdır. Özellikle Hava sıcaklığının arttığı mevsimlerde suda oksijenin çok olması organik maddelerin reaksiyona girerek DYÜ ve THM oluşumunu hızlandırır. Organik maddelerin O<sub>2</sub> kullanıp reaksiyona girmesi, suyun oksijen miktarını düşürmesi, ve suyun içerisinde zararlı maddeler oluşması kullanılan suyu kalitesi açısından olumsuzluk arz etmektedir. Özellikle yaz aylarında suda toplam organik madde miktarının da yüksek olmasıyla birlikte oluşabilecek kimyasal reaksiyonlarda oksijen kullanılması arıtılan suyun hem oksijeninin azalması hem kirliliğin artması anlamına gelmektedir. Tüm bu olumsuzluklar göz önünde bulundurulunca toplam organik madde miktarının takibinin sürekli yapılması ve normalden yüksek olduğu durumlarda tedbir alınması önemlidir.

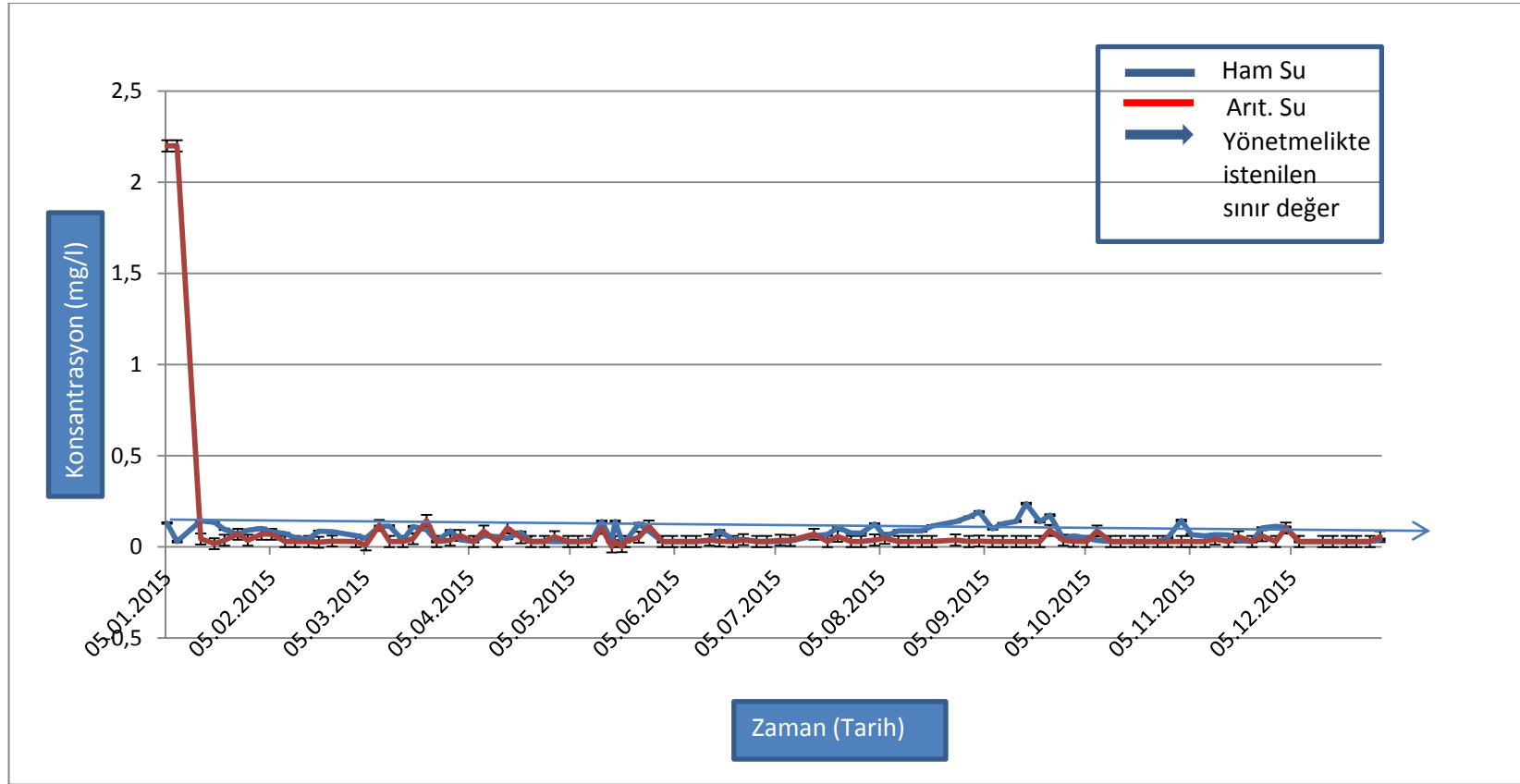


Şekil 13. 2015 yılı ham su ve arıtılmış suda Toplam Organik Madde değeri



#### 4.12. Nitrit Değerlerinin Aylara Göre Dağılımları

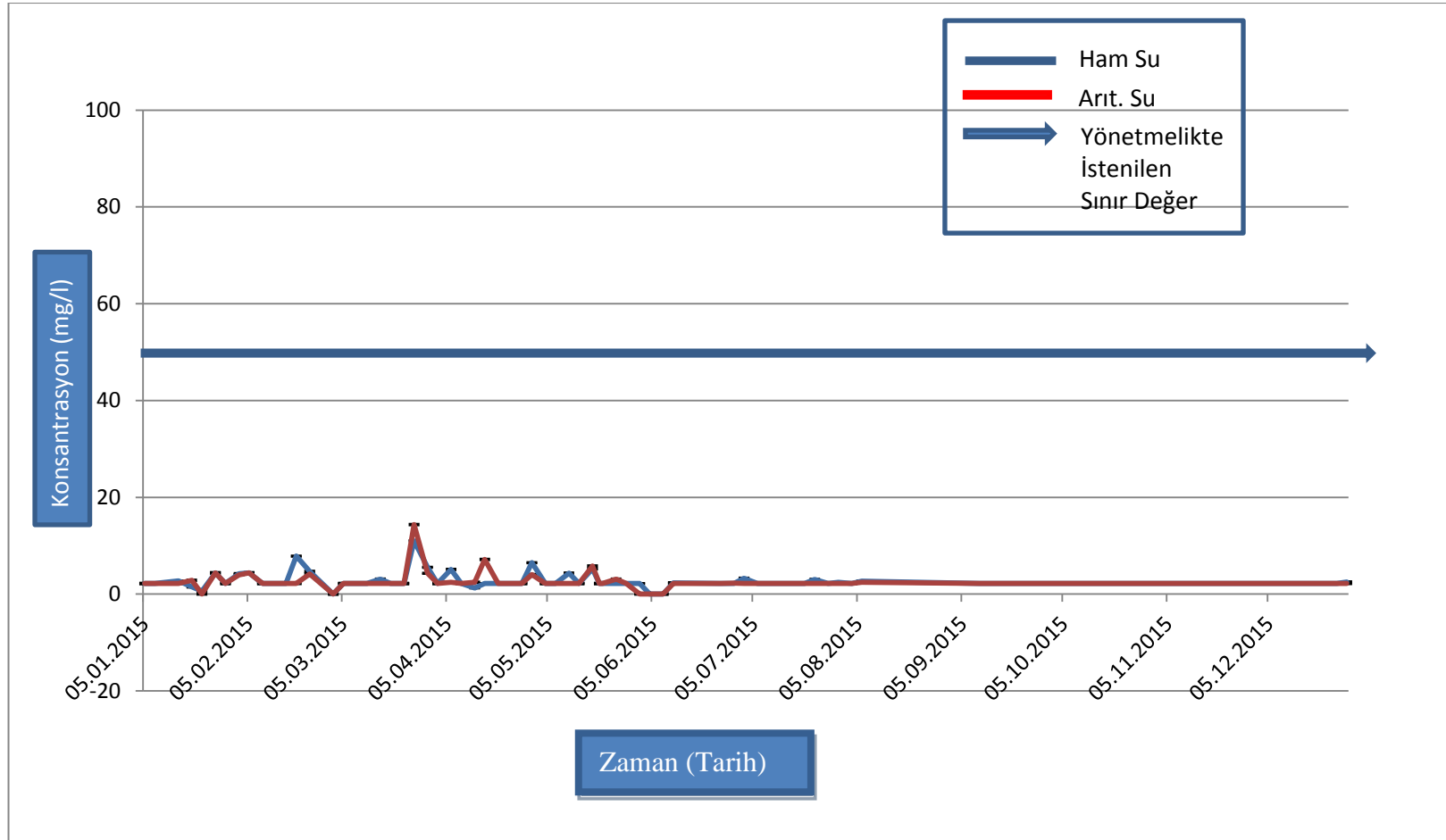
Tesiste nitrit değerleri 2015 yılı için yeni takip edilmeye başladığından dolayı günlük analizler yapılmamaktadır. Şekil 14’de analizlerin yapılmadığı günler veri kayıtları sıfır olarak gösterilmiştir. Tesiste ham su ve arıtılmış su için ölçülen değerler 0-0,5 mg/l arasında değişiklik göstermektedir. Yalnızca ocak ayı başında yıl değerlerine göre normalden daha yüksek olarak veriler alınmıştır. Arıtılma işlemlerinden sonra ise değerler standartlarda istenilen değerlere çekilmiştir. Yönetmelikte izin verilen nitrit değeri 0,1 mg/l’dir. Yıl boyunca nitritte sınır değerini üzerine çıkılmamaya çalışılmış olup yalnızca yılbaşında 2 gün gibi kısa bir süre için nitritin arıtılmadığı görülmektedir. Sistemin tamamı incelendiğinde nitritin yüksek çıktığı 2 günde nitrit tayin yeni yapılmaya başlandığı için yanlış ölçüm alınmış olabileceği düşünülmektedir. Nitrit arıtılmış suda istenmemektedir. Nitrit güneş ışığı ve bazı bakteriler yardımıyla nitrate dönüştürülebilir. Suda nitrate dönüşebilen nitrit tespit edildiğinde bu suda kirlenme olduğunu ifade eder. Bu yüzden suda nitrit istenmemektedir. Yıl boyu verilere bakıldığından ise su kaynağının temiz olduğu ve nitritin sınır değerini aşmadığı gözlenmektedir.



Şekil 14. 2015 yılı ham su ve arıtılmış suda Nitrit değeri

#### 4.13. Nitrat Değerlerinin Aylara Göre Dağılımları

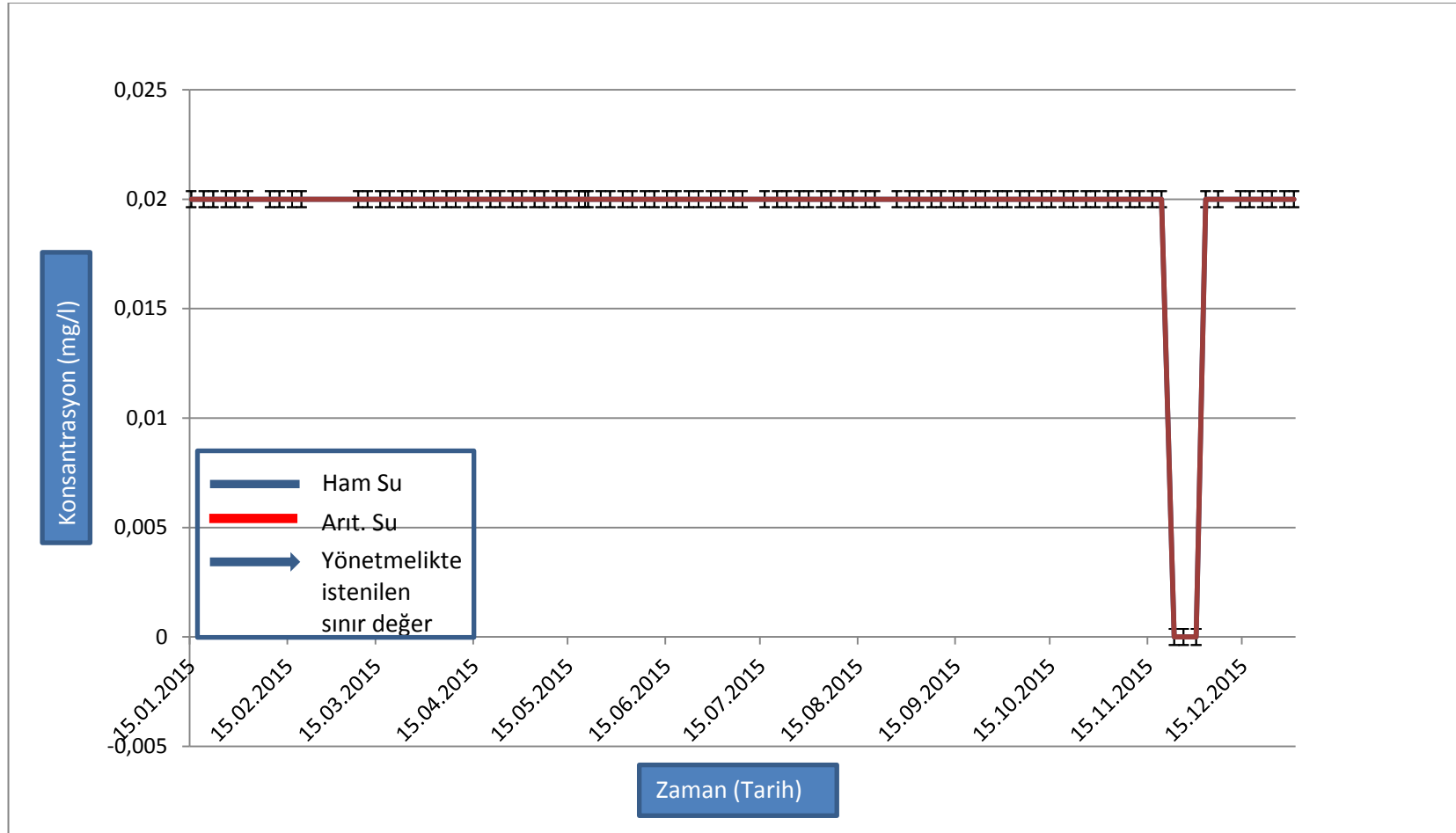
Tesiste nitrat değerleri nitrit değerleri gibi 2015 yılı için yeni takip edilmeye başladığından dolayı günlük analizler yapılmamaktadır. Şekil 15’de analizlerin yapılmadığı günler veri kayıtları sıfır olarak gösterilmiştir. Tesiste ham su ve arıtılmış su için ölçülen değerler genel olarak 0-8 mg/l arasında değişiklik göstermektedir. Yılın başında sabit seyreden değerler nisan ve mayıs ayında yükseliş göstermektedir. Arıtılma işlemlerinden sonra ise değerler standartlarda istenilen değerlere çekilerek sabitlenmiştir. Yönetmelikte tavsiye edilen nitrat değeri 25 mg/l ve izin verilen nitrat değeri 52 mg/l ‘dir. Nitrat suya doğal yollarla (topraktan) karışmış olabilir. Doğal yollarla suya karışan nitrat tehlike arz etmemektedir. Fakat suya karışan nitratın nitrit kaynaklı olması suya kirlilik bulaştığını gösterdiği için, nitratın kaynağının ne olduğu önemlidir. Ayrıca suda nitratın çok olması alglerin çoğalması için uygun bir yaşam alanı oluşturmaktadır. Alglerin çok olması ise oksijen azlığı anlamına gelmektedir (Anonim 2017). Bu durumda içme suyu için tercih edilmemektedir.



Şekil 15. 2015 yılı ham su ve arıtılmış suda Nitrat değeri

#### 4.14. Alüminyum Değerlerinin Aylara Göre Dağılımları

Tesiste ham su ve arıtılmış su için ölçülen Alüminyum değeri litrede 0,02 veya 0,02'den daha küçük bir değerdir. Ölçülen değer çok küçük olduğu için 0,02 mg/l'den daha küçük ölçülen değerler belirtilmemiştir. Alüminyum takip cihazının okuma limiti olmaktadır. Cihazın limit değeri 0,02 mg/l olduğu için ölçülen tüm değerler cihazın minimum değerleridir ve suda oluştuğu düşünülen alüminyum miktarının 0,02 mg/l'den de küçük olacağı düşünülmektedir. Ham su ve arıtılmış sudaki değerler aynı olduğu için sabit bir Şekil oluşmuştur. Tesiste alüminyum değerleri nitrat ve nitrit değerleri gibi belirli aralıklarla ölçüldüğü için diğer parametrelere nazaran daha az veri elde edilmektedir. Alüminyum su ve toprakta doğal halde bulunan elementlerden biridir. Su arıtımında da kullanılan alüminyumun fazlası böbreklerde tahribata yol açtığı ve ilerleyen zamanlarda Alzheimer hastalığına sebep olduğu için istenmemektedir. Yönetmelikte alüminyum için istenilen sınır değer 0,02 mg/l 'dır. Yıl boyunca tesisten alınan alüminyum değerlerinin istenilenin altında ya da sınır değerde olduğu Şekil 16'da görülmektedir.

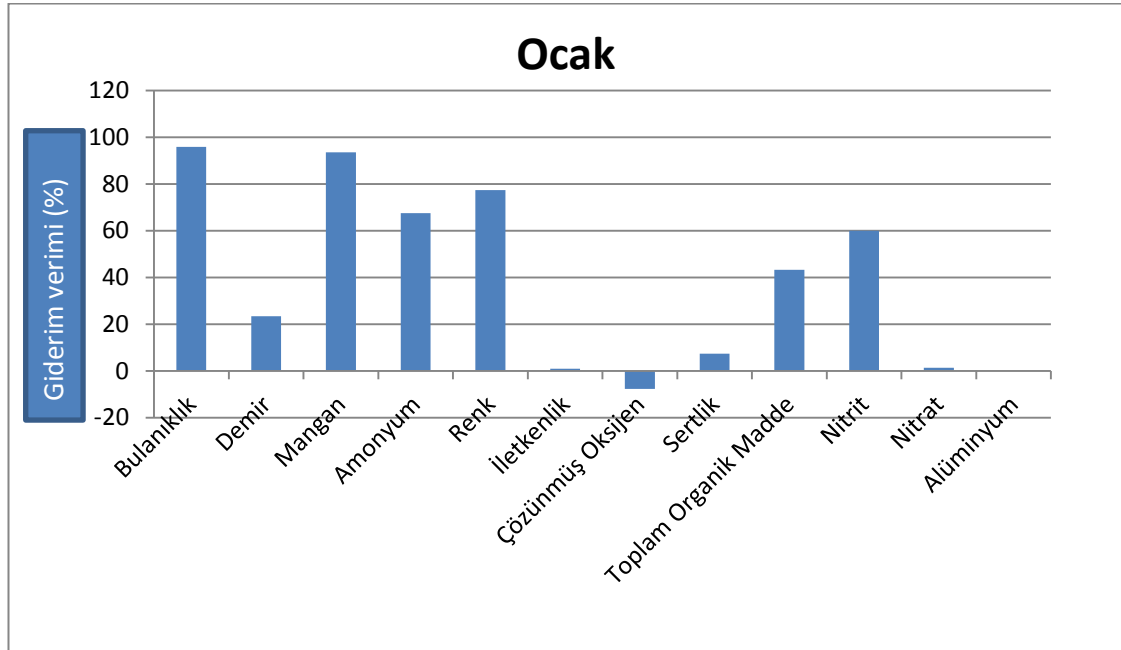


Şekil 16. 2015 yılı ham su ve arıtılmış suda Alüminyum değeri

#### 4.15. Arıtma Performansı

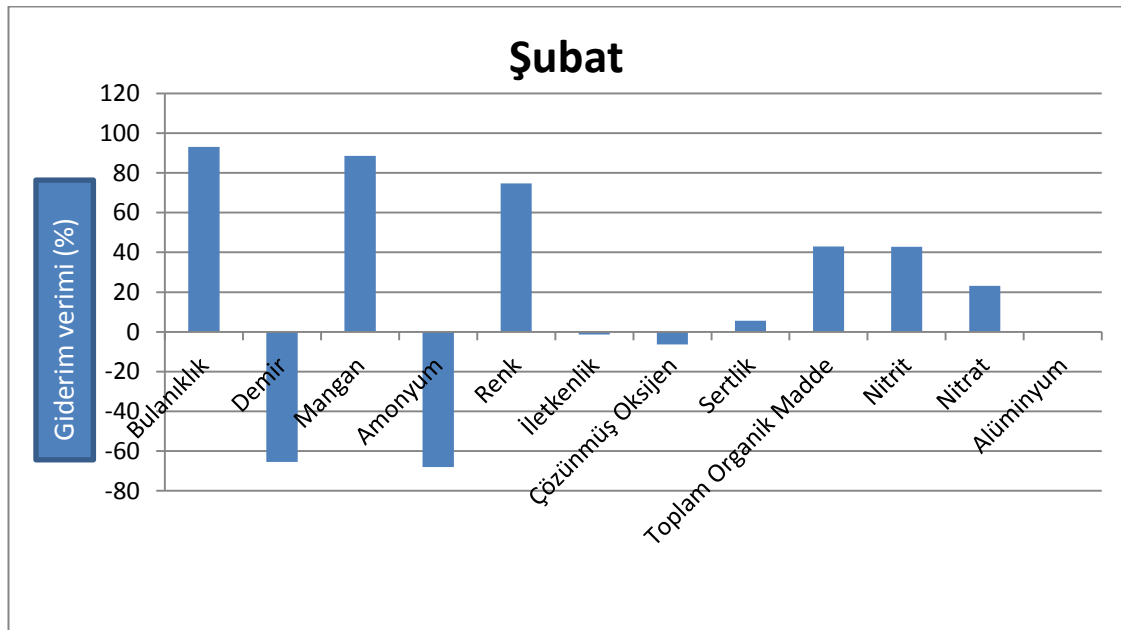
##### 4.15.1. Aylık verim hesaplamaları

Şekil 17’de görüldüğü gibi ocak ayı içerisinde bulanıklık, demir, mangan, amonyum, renk ve ayın ilk günlerinde iletkenlik değerlerinin verimleri pozitif değerlerdedir. İletkenlik ayın sonlarında, çözülmüş oksijen ayın tamamında ve sertlik ayın başlarında verim açısından stabil olmaktadır. Toplam organik maddenin verimi ise aybaşı sabit değerler gösterirken ay ortasında pozitif hale gelmektedir. Verilerin tamamını ele aldığımızda 2015 yılının ilk ayında genelde verim pozitif tarafta akmaktayken nitrit ve nitrat verileri için verim negatif yönde ilerlemiştir. Verimin negatif yönde olması arıtma tesisi için kesinlikle istenilen bir durum değildir. 2015 yılında nitrit ve nitrat arıtımına yeni başlandığı için arıtılmış suda görülen arıtma verimleri çok yüksek olmamaktadır. Bazı günlerde ham su ve arıtılmış sudaki nitrit nitrat değerlerinin aynı kaldığı bile gözükmemektedir.



Şekil 17. Ocak ayı verim oranları

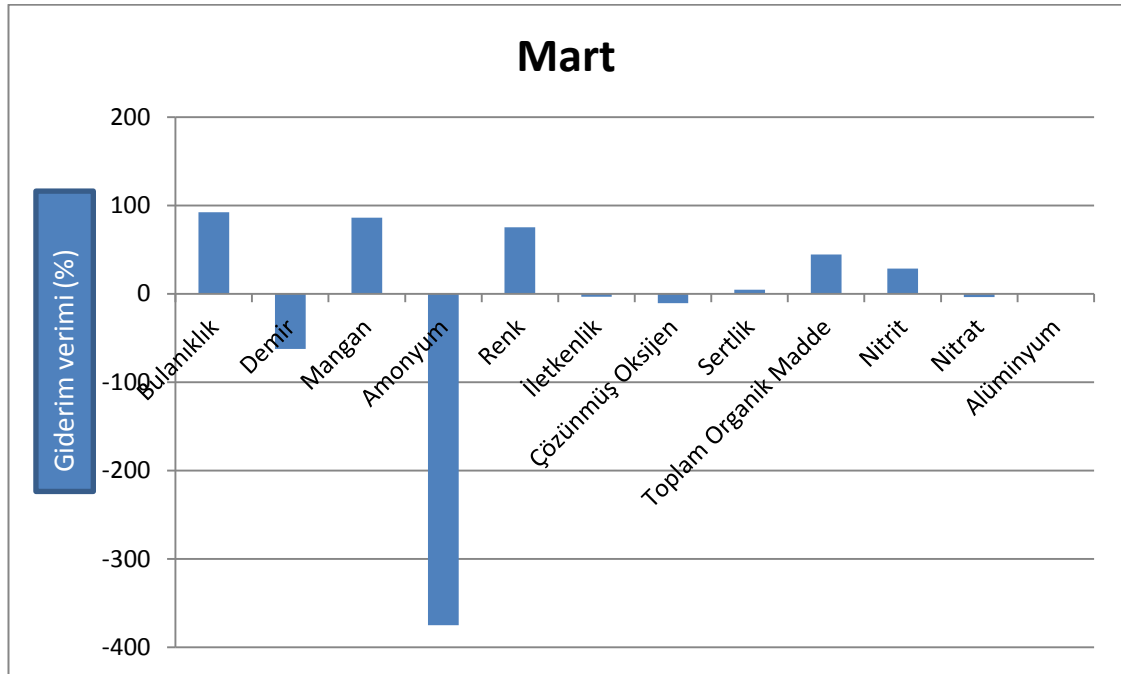
Şubat ayında bulanıklıkta ki arıtma veriminin yer yer %80'i geçtiği Şekil 18'de görülmektedir. Demir ham suda çok düşük miktarlarda bulunur. Arıtma prosesinde koagulant olarak  $FeCl_3$  kullanıldığı için bazı günlerde arıtılmış sudaki demir miktarı yüksek çıkabilir. Demirin suda yüksek çıkması sanılanın aksine faydalıdır. Demir insan vücudu için faydalı olan bir maddedir. Demir eksikliğinde kansızlık görüldüğünden dolayı demir içeriği fazla olan sular tercih edilebilir. Temel olarak şubat ayı içerisinde demir verimi negatif değerlerde seyretmiş olsa bile yönetmelikte izin verilen üst sınır değeri geçmemektedir ve negatif verim demir için iyidir. Amonyumda ise ay başında arıtma açısından sıkıntılar olduğu gözükmemektedir. Ay ortasında negatif olan arıtma verimi ay sonuna doğru pozitif yönde ilerlemektedir. Amonyumun girişte yüksek olması ise havzaya kirlilik karıştığı için olabileceğinden havza temizliğine dikkat edilmelidir. Şekil 18'de verim konusunda dikkat çeken diğer bir parametre ise toplam organik maddedir. Sudan tam giderilememiş TOM ilerleyen zamanlarda suda oluşan THM miktarında artmaya sebep olacağı için arıtım verimine hassasiyet gösterilmelidir.



Şekil 18. Şubat Ayı Verim Oranları

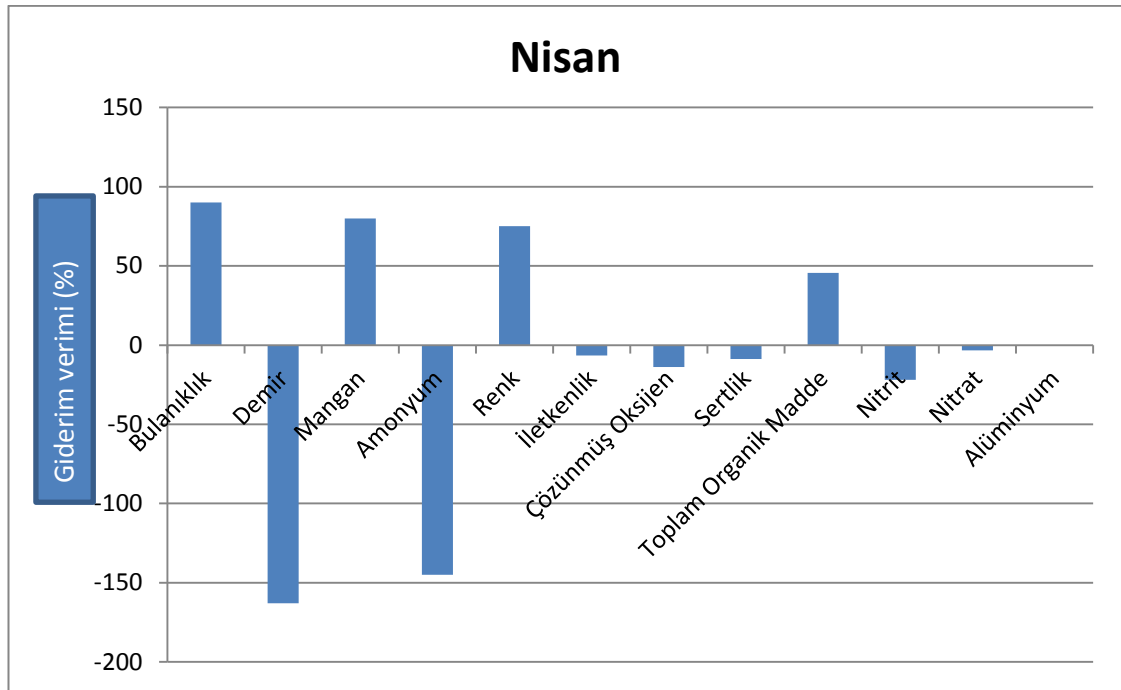


Ay boyunca yalnızca bulanıklık, mangan, toplam organik madde ve nitrit verimleri pozitif değerlerde olduğu Şekil 19’da verilmiştir. Arıtılma işlemlerine başlanılan 3 ayda nitrit artımında görülen yüksek verim artımının iyi olduğunun göstergesi olmaktadır. Lakin aynı verim nitrat artımında gösterilememiştir. Çözünmüş oksijen ise bir önceki ayın arıtma verimini göstermeye devam etmiştir ki bu çözünmüş oksijen konusunda tesiste 2 ay süren ve iyileşmenin olmadığı bir süreç olduğunu gösterir. Amonyumun arıtma veriminde şubat ayına nazaran görülen düşüşün daha sert olması bir önceki ayda nitrit için yüksek olan verimin mart ayında düşmesiyle ilişkilendirilebilir. Daha öncede belirttiğimiz gibi nitrit, nitrat ve amonyum değerleri birbirleriyle bağlantılı olan değerler olması sebebiyle küçük değişikliklerin bile etki alanları büyük olmaktadır. Tesisten net bir açıklama olmasa da suya bir miktar amonyak verilerek monokloramin oluşturulmak suretiyle dezenfeksiyon etkisini arttırmak istendiği kanısı uyanmıştır (Eroğlu 2008). Ancak bu durumun hem amonyak hem de suda oluşan dezenfeksiyon yan ürünleri açısından talihsiz bir durum olduğu da açıktır.



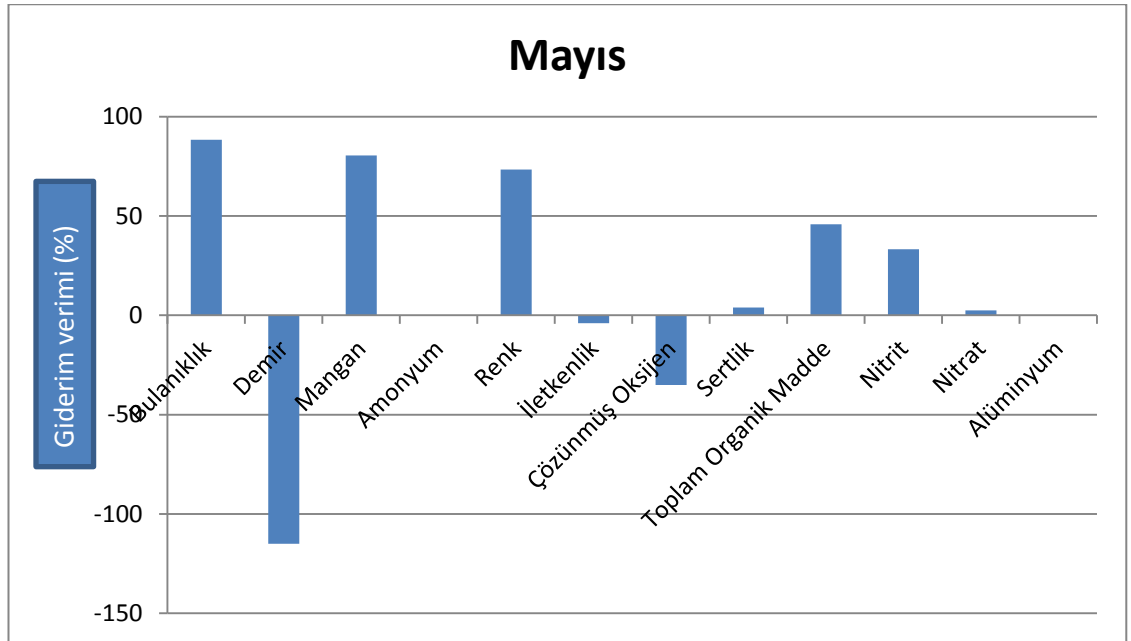
Şekil 19. Mart Ayı Verim Oranları

Nisan ayı içerisinde bulanıklık, mangan, toplam organik karbon, yer yer nitrat ve alüminyum değerleri pozitif verimdedir. Şekil 20’de görüldüğü gibi demir değeri geçen aylar gibi negatif verimde olmaktadır. Bunun nedeni daha öncede açıklanmış olduğu gibi suya FeCl<sub>3</sub> eklenmesidir fakat nisan ayı içerisinde tesisin çıkış suyunda görülen demir miktarının arttığı dikkat çekmektedir. Bu artış genel itibariyle ayın başlarında gözükmekte olduğu için eklenen FeCl<sub>3</sub> miktarına dikkat edilebilir. Amonyumda ise nisan ayında az miktarda da olsa iyileşme görülmektedir. Nisan ayında en dikkat çeken parametre nitrit olmaktadır. Mart ayında nitritte görülen giderim verimindeki artış nisan ayında negatif değerlere kadar düşmektedir. Yani Şekil 20’ye bakıldığında nitritteki verim kaybının sebebinin giderilemeyen amonyumdaki artış olduğu anlaşılmaktadır.



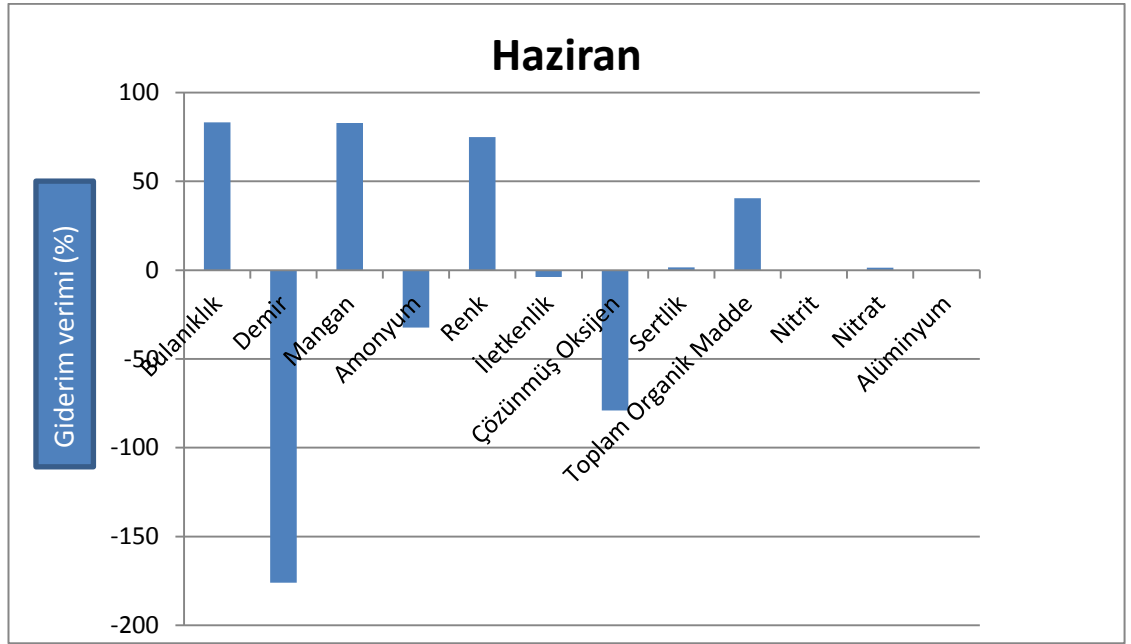
Şekil 20. Nisan Ayı Verim Oranları

Mayıs ayında demir, mangan, amonyum, renk, sertlik, toplam organik madde, ve nitrit değerleri giderim verimleri açısından çok pozitif veriler sunmaktadır. Tesisin genel itibariyle olumlu bir ay geçirdiği Şekil 21’de görülmekte birlikte bir önceki ay daha güzel arıtma sonuçları veren çözünmüş oksijen değeri, mayıs ayında hâlihazırda negatif olan giderim verimini daha da düşürmüştür. Çözünmüş oksijenin veriminin tablonun negatif kısmında olması bu değerler için olumludur. Çünkü hava sıcaklığının artmasıyla suda bulunan çözünmük oksijen miktarı azaldığından su tesiste havalandırılarak çözünmüş oksijen açısından zengin hale getirilmektedir. Bu da verimin negatif kısmında artışa sebep olmaktadır. Çözünmüş oksijen verisinin düşüklüğü tesiste suyun fazla beklemesi ve mayıs ayı itibariyle hava sıcaklıklarının artmaya başlaması olarak yorumlayabiliriz. Nitrat ve alüminyum değerlerinin ise mayıs ayında da nisan ayına benzer bir arıtma verimi göstermektedir.



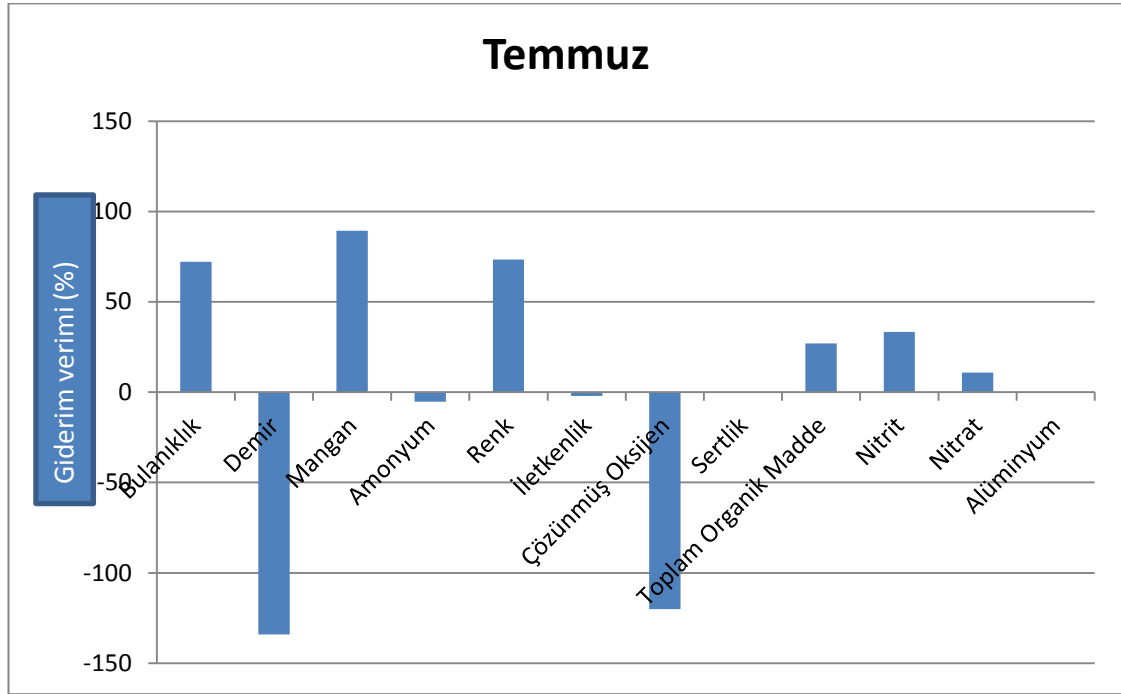
**Şekil 21.** Mayıs Ayı Verim Oranları

Haziran ayı içerisindeki veri dağılımları mayıs ayına benzerlik göstermektedir. Mayıs ayında pozitif verimde arıtma çıkışı gösteren amonyumun verim değeri haziran ayının ortalarında yine negatif değerlere düşmektedir. Haziran ayında çözülmüş oksijen değerlerinde sert bir düşüş dikkat çekmektedir. Bu düşüş havalardın ısınmasıyla oksijen miktarının azaldığı ve arıtım işlemine tabi tutulan suyun oksijeninin arttığı için tabloda artış gösterdiği anlamına gelir. Çözülmüş oksijen verilerinde eğrinin negatif kısımda olması bizi yanılgıya düşürmemelidir. Tesiste havalandırma ünitesi bulunduğu için çözülmüş oksijen miktarı su havalandırılarak arttırılmaktadır.. Nitrit ise ay ortasında nitrat ve alüminyum gibi sabit değerlere gelerek ayı kapatmıştır. Veriler Şekil 22’de gösterilmiştir.



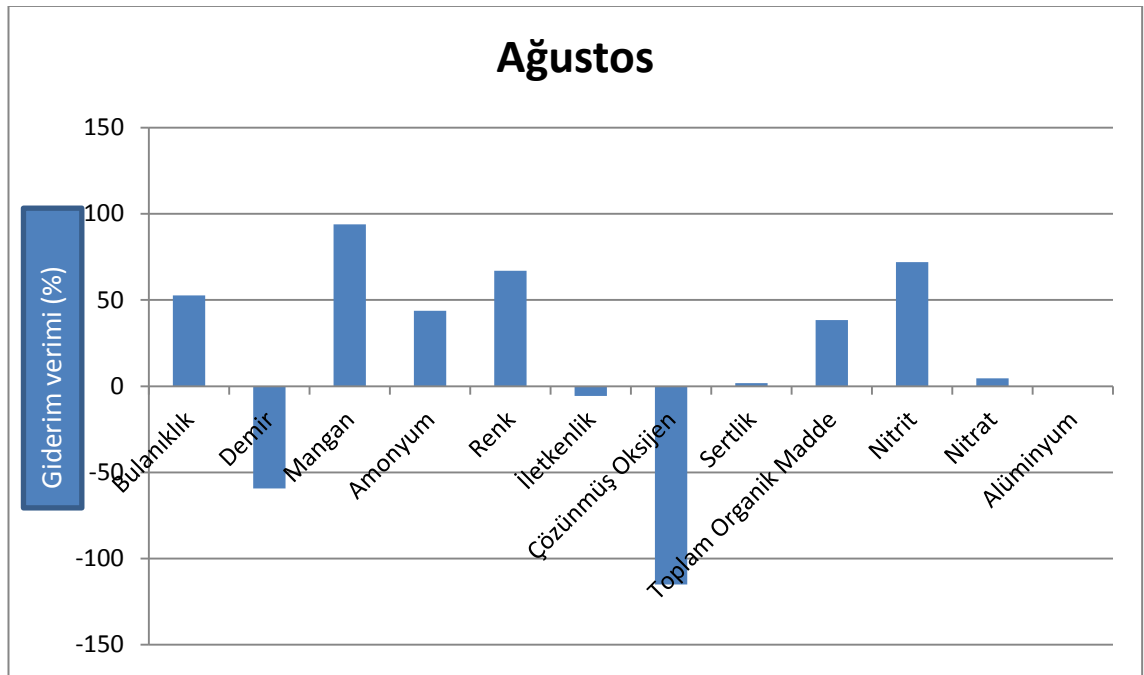
Şekil 22. Haziran Ayı Verim Oranları

Şekil 23’de temmuz ayında geçen 2 aya nazaran iletkenlik için ayın ortasından itibaren görülen ve çözülmüş oksijen için ayın tamamında göze çarpan sert bir verim düşüşü gözükmektedir. Ay ortasında verim sertlik değerlerinde pozitiflik göstermeye başlamış ve toplam organik madde, nitrit, nitrat ve alüminyum için pozitif değerlerde kalmıştır. Bulanıklık ise yılın diğer aylarıyla kıyaslandığında verim açısından en düşük performansı gösterdiği ayı tamamlamıştır. Oksijen miktarındaki azalma yüksek olduğu için arıtmaya giren su hava sıcaklığının artması da göz önünde bulundurularak, yeterli miktarda arttırılmıştır.



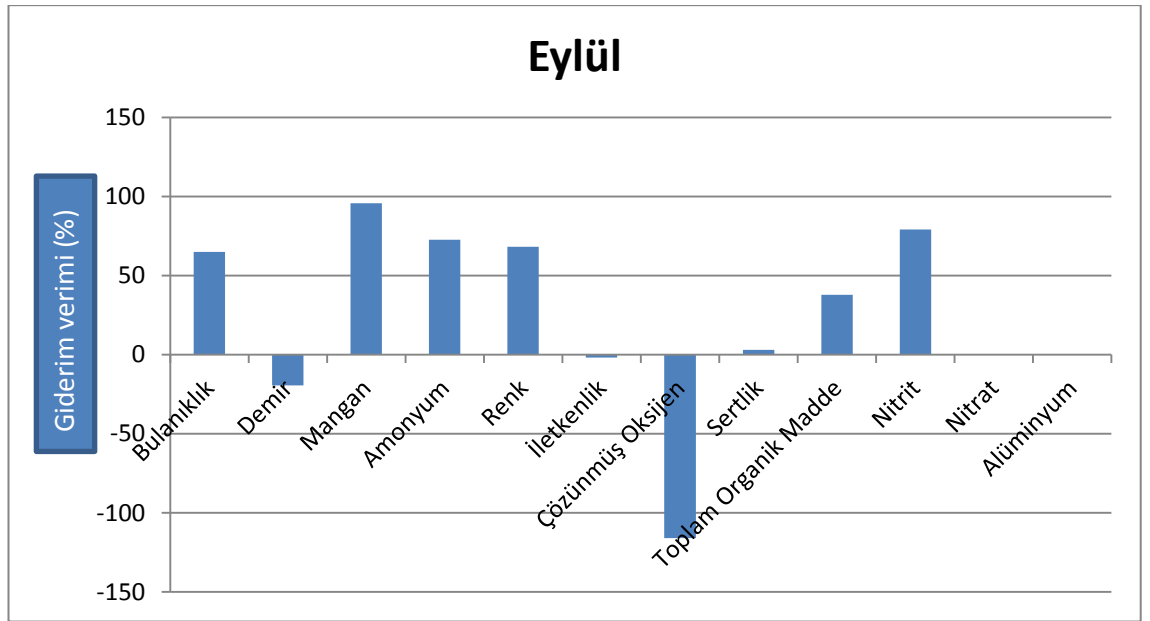
**Şekil 23.** Temmuz Ayı Verim Oranları

Bulanıklığın verimi temmuz ayından daha düşük bir değere düşmüştür. Demirin verimi ise çok düşük negatif değerlerde iken iyileşme göstererek -%150'lerden -%50 değerlerine doğru gerilemiştir. Amonyum veriminde yalnızca yılın ilk ayında görülen düzene Ağustos ayında yaklaşılmaya çalışılmış ve verimi %50'lere kadar çıkmıştır. Genel itibariyle nitrit ve nitratta görülen düşük arıtma verimi ağustos ayında iyileşme göstermiş ve verim yer yer %50'lere kadar çıkmıştır.



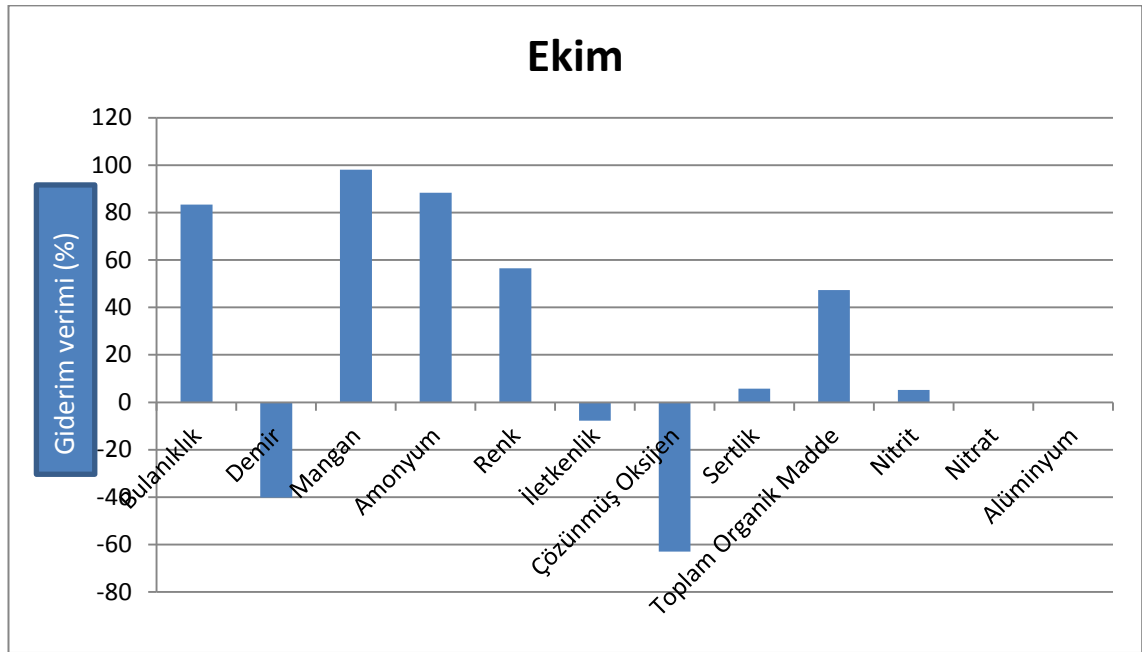
**Şekil 24.** Ağustos Ayı Verim Oranları

Eylül ayında mangan, amonyum, renk, toplam organik madde, nitrit değerlerinin arıtma verimi pozitif değerlerdedir. Ay boyunca çözülmüş oksijenin verimi negatif değerlerdedir. Çünkü az olan çözülmüş oksijen miktarı artırılmıştır. Demir ayın başında pozitif verimden ay ortasında negatif değerlere düşmüş ve ay sonunda yeniden pozitif değerlere yükselmiştir. İletkenlik ve sertlik değerleri ise pozitif verimden ay sonunda negatif değerler göstermektedir. Tüm veriler Şekil 25’de gösterilmiştir.



Şekil 25. Eylül Ayı Verim Oranları

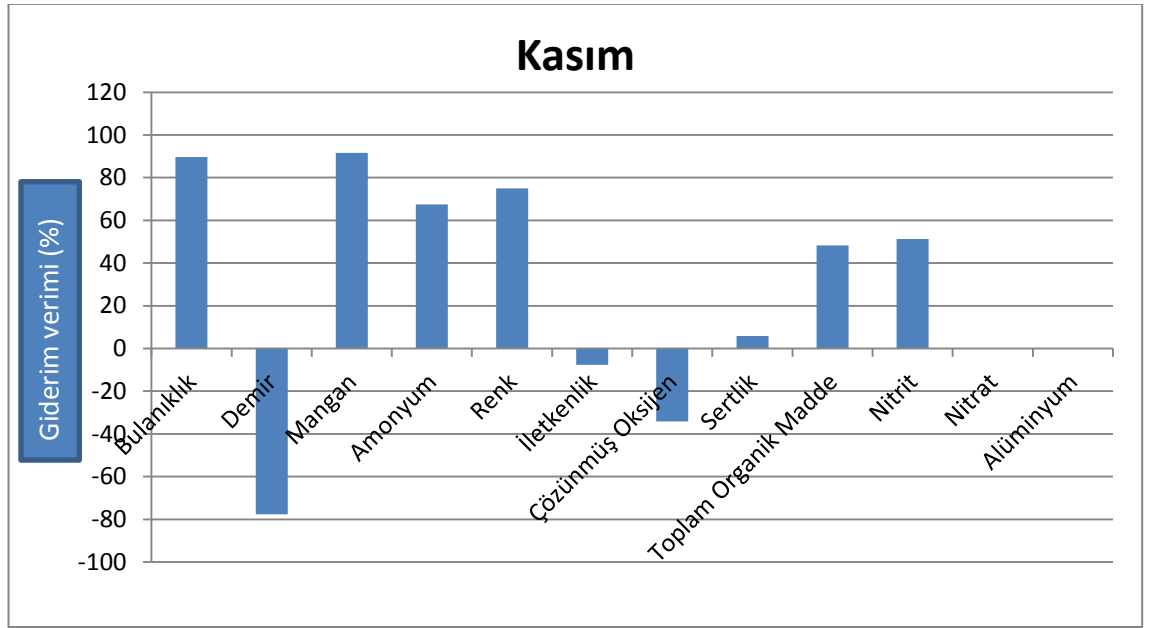
Ekim ayı verileri Şekil 26’da gösterilmiştir. Bulanıklık verimi Ekim ayı içerisinde yeniden %80 verimlere kadar yükselmiştir. Demir verimi eylül ayına göre düşüş göstererek negatif değerlerde %40’lara kadar düşmüştür. Ay sonuna doğru demirin verimi pozitif yönde artarken Ekim ayının tamamını mangan, amonyum, renk, çözülmüş oksijen, sertlik ve toplam organik madde pozitif verimle kapatmıştır. Verim değeri mangan ve amonyum için yer yer %80lerde kadar çıkarken renk ve sertlik için pozitif alanda düşüş gösterir. Nitrat ve alüminyum ise sabit olan verim değerleriyle ayı kapatmıştır.



**Şekil 26.** Ekim Ayı Verim Oranları

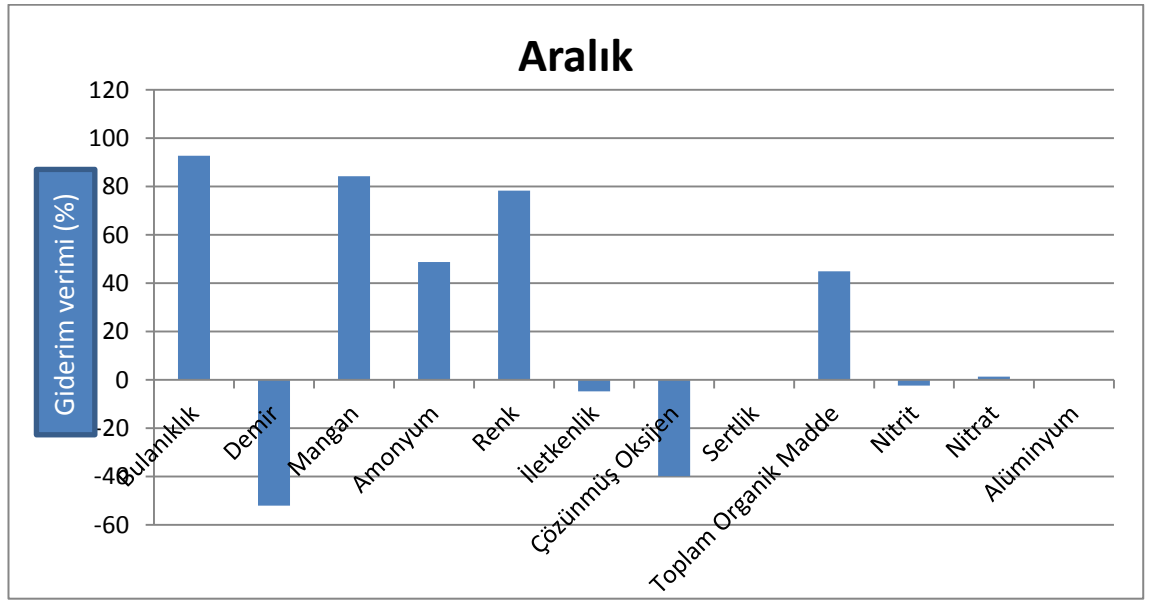


Kasım ayında ekim ayına nazaran bulanıklık verimi daha iyi gözükmetedir. Demirin verim yüzdesi negatif doğrultuda daha fazla düşüş göstermekle birlikte mangan, amonyum, renk, toplam organik madde ve nitrit ayın tamamında verim yüzdesini pozitif değerlerde tutmuştur. Çözünmüş oksijen ayın tamamında negatif verimde seyretmiş, iletkenlik ve sertlik ise pozitif ve negatif verim değerleriyle ayı kapatmıştır. Kasım ayının tüm verileri Şekil 27’de gösterilmiştir.



Şekil 27. Kasım Ayı Verim Oranları

Şekil 28'e baktığımızda aralık ayında yalnızca demir, çözülmüş oksijen ile iletkenlik için ay ortasında sonra, sertlik içinde ayın başlarında negatif yönde verim gözükmektedir. Manganez, amonyum, renk ve toplam organik madde aralık ayında pozitif yönde verim göstermektedir. Nitrit, nitrat ve alüminyum ise genellikle diğer aylarda olduğu gibi nötr verim göstermektedir.



Şekil 28. Aralık Ayı Verim Oranları

#### 4.15.2 2015 Yılı Balıkesir İçme Suyu Arıtma Tesisi Yıllık Verimi

Tesisten alınan veriler verimleri hesaplanarak şekle dökülmüş ve bu şekillerde verilen değerler aylık olarak ayrı ayrı yorumlanmıştır. Balıkesir İçme Suyu Arıtma tesisine genel olarak bakıldığında Amonyum, Çözülmüş oksijen, sertlik, nitrat, nitrit ve alüminyum değerlerinin artırılmasında sıkıntılar yaşanabileceği gözlenmektedir. Yıl boyunca en iyi arıtma sonuçlarının alındığı ay ekim ayıdır. Ekim ayında neredeyse tüm değerler pozitif verimlerde. Öncelikle tesisin veriminin artırılması için alınması gereken temel önlem suyun tesise getirildiği havzanın korunmasının artırılmasıdır. Yıl

içerisindeki verilere bakıldığında amonyum, nitrit ve nitrat değerlerinin yüksekliği görülmektedir. Bu üç parametre birbirine bağlı olan parametrelerdir. Birinin azaltılması diğerlerinin de azalmasına sebep olur. Amonyumun suda görülmesi havzaya kirlilik karışabilme olasılığını akla getirdiği için suyun alındığı havza civarında araştırmalar yapılabilir. Çözünmüş oksijene baktığımızda ise yıl boyunca bu parametre için elde edilen verimlerin negatif değerlerde seyrettiği görülmektedir. Kış aylarında su oksijen bakımından doygunken, yaz aylarında azalan oksijen miktarı arıtmada arttırılmaktadır. Çözünmüş oksijen miktarının yüksek olması içme ve kullanma suyu için aranan bir özelliktir. Fakat hava sıcaklığının yüksek olması, suyun dağıtımına geçilmeden önce fazla bekletilmesi su içerisindeki çözünmüş oksijen miktarını azaltır. Ya da dağıtım sırasında suyun isale hattında fazla beklemesi yine çözünmüş oksijen miktarını azaltır. Bunun için çıkış suyunda görülen çözünmüş oksijen miktarının fazla olması istenir. Çıkış suyu için alüminyum değerleri ya düşük verimle artılmakta ya da giriş ve çıkış su değerleri aynı kalmaktadır. Bunu çözebilmek için ise öncelikle alüminyumun kaynağının öğrenilmesi gerekmektedir.(Glaze 1987)

#### **4.15.3 İlk Yapım ve İşletim Maliyetleri**

Balıkesir içme suyu arıtma tesisi kurulduğu tarihten itibaren birkaç kere farklı kurumlara bağlandığı için tesisin ilk yapım maliyeti bulunamamıştır. Tesisten alınan verilere göre tesisin 2015 yılı içerisinde işletimine devam edebilmek için 3.313.893,87 tl kullanmıştır. Tesise yıl içerisinde giriş yapan ham su miktarı ise 25.249.040 m<sup>3</sup>'dür. Tesisin çalışabilmesi için her bir m<sup>3</sup> ham su için 0,131 tl'ye ihtiyaç duyulmaktadır.

#### **4.15.4 Benzer Tesisle Karşılaştırma**

Bursa ili Dobruca Semtinde yer alan Dobruca İçme Suyu Arıtma Tesislerinin ilk aşaması 1985 yılında bitirilerek tesis Bursa'nın su ihtiyacını karşılamaya başlamıştır II. aşaması ise 1994 yılında bitmiştir. Dobruca İçme Suyu Arıtma Tesislerinin her aşaması 250.000 m<sup>3</sup>/gün bir arıtım kapasitesine sahip olup toplam günlük kapasite 500.000 m<sup>3</sup>'tür. Tesiste giriş, havalandırma sistemi, durultma havuzları ve filtrelerdir. Ek olarak kimya ve klor binaları, çamur koyulaştırıcı, filtre press ile bakım ve onarımlar için atölyeler bulunmaktadır (ÇELİK 2017).

Doğancı barajından tesise gelen ham su önce giriş havuzuna alınır. Suyun basıncı atmosfer basıncına dengelendikten sonra içine bulanıklık ve renk yaratan maddelerin çökmesini sağlamak amacı için alüminyum sülfat, pH değerini düzeltmek için sülfürik asit eklenir. Aynı zamanda da suda varsa mikroorganizmaların suyun yapısını bozmaması için klor dozlaması yapılır. Buna Ön Klorlama adı verilir.

Sonrasında su beş basamaklı kaskat sistemine geçer ve suyun yüzeyinin oksijenle daha kolay temas etmesi sağlanır ve su oksijence zenginleştirilerek tadı iyileşir, varsa kötü kokular giderilmiş olur. Aynı zamanda Demir ve Mangan gibi iyonlar oksijenle reaksiyona girerek oksidasyona uğrarlar ve çöktürme havuzlarında tutulabilecek duruma gelmiş olurlar.

Sonrasında dikey eksenli hızlı karıştırıcılara gelen suyun burada karıştırılarak içindeki askıdaki katı maddelerin alüminyum sülfat ile reaksiyona girer ve mikrofloklar oluşur. Floklu su yatay eksenli, ahşap kanatlı ve hızı ayarlanabilen karıştırıcılarda sırası yavaş karıştırma işleminden geçirilir. Sistemde 1. ve 2. Karıştırıcı vardır. 1. yavaş karıştırmanın amacı mikroflokların birbirlerine çarparak makroflokları oluşturmak, 2. yavaş karıştırmanın amacı ise oluşan bu flokların polielektrolit adlı özel bir çöktürme yardımcı maddesi ile birbirlerine bağlanmalarını ve ağırlaşarak çökebilecek duruma gelmelerini sağlamaktır.

Artık çökebilecek durumda olan flokları taşıyan su, çöktürme havuzlarına plakalar arasından geçer. Bu esnada yeterince ağırlaşmış floklar bu plakalara çarparak durultucu tabanına çökerler. Böylece içindeki bulanıklık ve renk veren maddelerden arınmış su olur ve bu su toplama kanalları vasıtası ile filtrelere aktarılır. Durultucu tabanına çöken çamur ise (kimyasal yönden zenginleşmiş bir çamur olması ve çekirdek flok oluşmasını kolaylaştırmak amacı ile) borularından sürekli emiş yapan gezer köprüler vasıtası ile tabandan çekilerek çamur kanallarına, buradan da transfer pompaları ile durultucu girişine geri döndürülür. Bu süreklilik gerektiren bir geri dönüşümdür.

Dobruca İçme Suyu Arıtma Tesislerinde her bir kademede 14 adet olmak üzere toplam 28 adet hızlı filtre mevcuttur. Filtrelere giren su 10 cm. çakıl destek tabakası üzerine yerleştirilmiş 90 cm. kalınlığında % 96-98 silis içeren çok sert özellikteki kumdan oluşturulmuştur. Yavaş karıştırmadan çıkmış su kum yataktan süzülerek içindeki son

partiküllerden temizlenmiş olarak her iki kademedede de bulunan 10`ar bin tonluk depolara son klorlaması yapılmak üzere alınır.

Klorlama, kimyasal solüsyonların hazırlanması ve dozlanması sırasındaki aşamalar otomatik sistemlerle desteklenerek kontrol edilir. Yine aynı Şekilde tesisteki tüm proses ana kontrol odasından düzenli bir Şekilde denetlenmektedir.

24 saat boyunca laboratuardaki numune musluklarından akmakta olan su haftalık, günlük ve ikişer saatte bir yapılan kimyasal ve mikrobiyolojik analizlerle incelenmekte ve denetim altında tutulmaktadır. Tüm bu önlemlere karşın güvenilirliği daha da üst sınıra çekmek amacı ile su kobay balıkların bulunduğu bir akvaryumdan geçirilmektedir. Böylece kullanılan su her türlü kontrolden geçirilmektedir (Anonim 2017).

#### **4.15.5. Dobruca içme suyu arıtma tesisi işletim maliyeti**

Dobruca içme suyu arıtma tesisinin ilk yapım maliyetleri Balıkesir İçme suyu arıtma tesisi ilk yapım maliyetlerine ulaşamadığı için istenilmemiştir. Tesisten yalnızca 2015 yılı işletim maliyetleri alınmış ve karşılaştırma amaçlı incelenmiştir. Dobruca İçme suyu arıtma tesisinden alınan verilere göre tesise 2015 yılı içerisinde 94.620.000 m<sup>3</sup> su girişi olmuş ve tesisin işletimine devam edebilmesi için yıllık 10.108.599,45 tl kullanılmıştır (ÇELİK 2017). Tesisin çalışabilmesi için giriş yapan m<sup>3</sup> ham su miktarına 0,106 tl'ye ihtiyaç duyulmuştur.

#### **4.15.6. Balıkesir İçme Suyu Arıtma Tesisi için Öngörülen İyileştirme Önerileri**

Balıkesir içme suyu arıtma tesisine dair incelemelerimizi yapabilmek adına tesisten veriler alınmıştır. Alınan bu veriler ölçümü yapılan her bir parametre için ayrı olarak ay bazında incelenmiştir. Parametrelerin verimleri hesaplanarak bu verim değerleri de aylık olarak şekle dökülmüş, tesis işletiminin iyi ve eksik olan kısımlarının görülebilir hale gelmesi sağlanmıştır. Tesisin çalışma veriminin artırılması amacıyla yapılabilecek iyileştirmeler şu Şekildedir;

1. İçme suyu arıtma tesisi çıkış suyu çözünmüş oksijen arıtma verimi düşük çıkmaktadır. Çözünmüş oksijenin suyun içerisinde az olması istenilen bir durum değildir. Çözünmüş oksijen değerinin istenilenin altında olmasının farklı sebepleri olabilir. Arıtma prosesinden çıkan suyun tesiste çok beklemesi suyun içerisindeki oksijen miktarının azalmasına sebebiyet verir ya da yaz aylarında arıtılma sırasında su sıcaklığının hava sıcaklığının yüksek olması sebebiyle, artması oksijen miktarının azalması anlamına gelir. Arıtılmış suda oksijenin neden azaldığı tespit edildikten sonra proses çıkış suyunun oksijen içeriğini arttırmak için proses çıkışına havalandırma havuzu konulabilir.

2. Toplam organik madde tablolarına baktığımızda yıl içerisinde yeterince giderilemeyen veriler olduğu gözükmektedir. Toplam organik maddenin bulunması suyun içerisinde trihalometan oluşum riskinin fazla olduğunu bize anlatır. Klorlanmış içme suyunda oluşan dezenfeksiyon yan ürünleri, özellikle standartlarda sınırlandırılan THM'lerin, oluşmadan önce azaltılması ya da giderilmesi sık tercih edilen bir yöntem değildir. Çünkü THM miktarını istenilen sınıra indirebilmek için gerekli olan maliyet daha yüksektir. Düşük maliyet yüksek verim açısından düşünüldüğünde bu bileşiklerin oluşumuna etki eden faktörlerin ortadan kaldırılması daha ekonomik ve etkili bir yöntemdir. Dezenfeksiyon Yan Ürünleri'nin oluşmasında en büyük rol suda bulunan doğal organik maddelerindir (Gümüş, Akbal 2013). Dezenfeksiyondan önce dezenfeksiyon yan ürünlerini azaltmak amacıyla Doğal Organik Madde giderimi yapılarak dağıtım sistemlerindeki bakteriyolojik büyümeyi engellemek için bırakılan dezenfektan kalıntıları azaltılmaktadır. Bu durumda tüketiciye ulaşan suyun kalitesi artırılmış olmaktadır (Korbutowicz 2005). İçme sularından organik madde gideriminde koagülasyon, aktif karbon adsorpsiyonu, ozonlama, reçine ile giderim ve membran filtrasyon gibi yöntemler kullanılabilir.

3. Tesisin çıkış suyunda elde edilen nitrit değerlerinin yıl boyunca sınır değerlerde olduğu gözükmektedir. Suda nitritin bulunması suyun alındığı havzanın korunmadığını ve havzaya düşük miktarlarda olsa da kirlilik bulaştığını göstermektedir. Giriş suyunda ölçülen nitrit değerini azaltmak için havzanın korunmasına ve çevreden kirleticinin havzaya girmemesine özen gösterilmelidir. Ya da tesiste ham su için nitrit giderimi yapılmalıdır. Tesiste biyolojik ya da ileri arıtma yöntemleri kullanılmadığı için maliyet

açısından havzanın temizliğini sağlamak daha uygun bir seçenektir. Tesis havzasının konumu günümüz için yaşam alanına uzaktadır. Fakat ilerleyen yıllarda şehirleşmenin artmasıyla havza çevresinin imara açılacağı gerçeği göz önünde bulundurulduğunda suyu korumak amacıyla, suyun yakın çevresini hayvancılık ve yapılaşma faaliyetleri gibi kirliliğe sebebiyet verecek durumlardan uzak tutmamız gerekir.

4. Verimin gösterildiği şekillere bakıldığında amonyumun da belirli aylarda arıtma verimi düşmektedir. Amonyumun yüksek olması nitrit ve nitrat oranını yükselteceği için amonyumun düşürülmesi ile düşük ya da sabit değerlerde olan nitrit ve nitrat verimi artacaktır. Amonyum miktarı ise havza kirlenmesi sebebiyle yükselmektedir. Verim hesaplamalarında değindiğimiz gibi tesisin çıkış suyu amonyum verilerinde görülen yükseklik tesis tarafından verilen net bir bilgi olmamasına rağmen suya amonyak katılmış olabileme ihtimalini akla getiriyor. Amonyanın suya katılması suda monokloramin oluşturarak dezenfeksiyonun etkisini arttırmak gibi geçerli bir sebep bile olmuş olsa suda oluşması muhtemel dezenfeksiyon yan ürünlerinin insan sağlığı açısından zararları göz ardı edilmemelidir.

5. Yıllık değerlere baktığımızda demir değerleri arıtılmadan önce düşüktür hatta zaman zaman tavsiye edilen değerinde altına indiği görülmektedir. Arıtmaya girdikten sonra suya  $FeCl_3$  verildiği için çıkış suyunda ölçülen demir miktarı yükselmektedir. Demirin yüksek olmasının herhangi bir zararı bulunmamaktadır. Hatta demir eksikliğinde kansızlık görüldüğünden dolayı suda demir bulunması tercih edilmektedir.

6. Sertlik için yönetmelikte izin verilen değer 50 mg/l'tir. Ham su ve arıtılmış su için sertlik değerleri istenilen değerinin altında kalıyor olmasına rağmen suyumuz aslında sert bir su olmaktadır. Sudaki bekledikçe kendiliğinden veya ısıtıldığında hızla çözünürlüğünü kaybeder. Sertliğe neden olan  $Ca^{++}$  ve  $Mg^{++}$  özellikle ısıtılan yüzeylerde kireç tabakaları halinde birikmeye (Kazan, Isıtıcı v.b) başlar. Su sert olduğu takdirde zamanla geçtiği yüzeylerdeki su basıncını ve akışını azalır. Suyun ısıtıldığı yüzeylerde ise kireçlenme artmakta ve yüzey ısı iletimini az yapar hale gelmektedir. Bu durum ise zamanla yakıt ve elektrik tüketimini artırır. Zamanla borularda biriken kireç sebebiyle boruların değişmesi gerekir ve bu sisteme maddi açıdan külfet oluşturur. Sert suda sabun daha geç köpürdüğü için suyun dağıtım yapıldığı hanelerde de maddi olarak

zahmete sebebiyet verir. Sertliğin gideriminde kullanılabilecek farklı kimyasal ve ileri arıtma yöntemleri vardır. Tesiste ileri arıtma sistemi olmadı için sertlik gideriminde kullanılan iyon değiştirme gibi yöntemler tercih edilmeyebilir fakat kireç-soda gibi yöntemlerde sertliğin giderimi yapılabilir.

7. Alüminyum verileri takip edildiğinde, arıtma sırasında sıkıntılar yaşanabileceği öngörülmektedir. Alüminyum için arıtılmış su ve ham su giriş değerleri aynı olmakta veya alüminyum az bir miktar artılmaktadır. Alüminyumun insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olduğu için alüminyumun kaynağına ve arıtılmasına özen gösterilmelidir. Tesiste koagulant olarak alüminyum tozu kullanılmadığı için bu parametrenin sebebi klorlama olabilir. Öncelikle bu araştırılarak, klorlama yerine ozonlama üniteleri kullanılarak bu problemin çözümü sağlanabilir.



## 5.SONUÇ

Suyun kalitesinin çok önemli olduğu yıllarda yaşamaktayız. Geçmiş yüzyıllarda dünya üzerindeki insan sayısı ve sanayileşme az olduğu için su daha az kirli ve daha az önemliydi. Günümüzde ise sanayileşen toplum ve artan insan sayısı suyun önemini ne kadar fazla olduğu konusunda farkındalık yaşamamıza sebep oldu. Su miktarı azaldığında, üretim sebebiyle suya duyulan ihtiyaç arttığında ve su kaynaklarının kurumaya başladığı gerçeğiyle yüz yüze gelindiğinde dünyanın su konusunda hassas davranması gerektiği ortaya çıkmıştır.

Dünya üzerinde su tasarrufu, su arıtma yöntemleri ve kullanım suyunun ömrünün uzatılması amacıyla alınan tedbirlere bakıldığında çok çeşitli seçenekler karşımıza çıkmaktadır. Ülkelerin zenginlikleri ve suyun önemini farkında olmalarıyla doğru orantılı olarak artan bir su bilinçliliği olmaktadır.

İçmek amacıyla tatlı su kaynakları, kullanım ve proses suyu olarak da kuyu suları, arıtılmış deniz suyu yada yönetimlerin gerekli hazırlıklardan geçirdikten sonra kullanımına izin verdiği şebeke suyu tercih edilmektedir. Bu çalışmada Balıkesir ilinde bulunan Balıkesir İçme Suyu Arıtma Tesisinin şebekeye verilmeden önce hangi aşamalardan geçtiği, tesisin genel özellikleri, tesiste kullanılan üniteler, tesise giren ve çıkan su arasındaki arıtma değerleri incelenmiştir. Tesisten alınan ham su ve arıtılmış suyu verileri ay bazında ayrı ayrı ele alınarak bulanıklık, sıcaklık, demir, mangan, pH, amonyum, nitrat, nitrit, alüminyum, çözülmüş oksijen, toplam organik madde, sertlik, iletkenlik, renk miktarları değerlendirilmiştir. Elde edilen bu değerler verim hesaplamalarıyla da incelenerek tesisin her bir verisinin aylık olarak verimi tespit edilmiştir. Alınan ve hesaplanan bu bilgiler ışığında Balıkesir İçme Suyu Arıtma Tesisinin günümüzdeki performansı belirlenmeye çalışılarak, hangi durumlarda verimin azalabileceği, ilerleyen yıllarda verimin artması amacıyla yapılması gerekenler, elde edilen verilerin olumlu ve olumsuz yanları tartışılmıştır.

Tesisin maksimum verimle çalışıp çalışmadığını anlayabilmek amacıyla benzer başka bir tesisin çalışma performansı ve tesisin sistemleri incelenerek Balıkesir İçme Suyu Arıtma Tesisi ile kıyaslaması yapılmıştır.

Son olarak tesiste eksik olduğu görülen ve eksik olabileceği tahmin edilen bölümler belirlenmiş nasıl önlem alınabileceği tartışılmıştır.

## KAYNAKLAR

- Anonim 2012.** Agency for Toxic Substances and Disease Registry, <https://www.atsdr.cdc.gov>,14.12.2016.
- Anonim 2015.** Agency for Toxic Substances and Disease Registry, <https://www.atsdr.cdc.gov>, 16.01.2017.
- Colter A. and Mahler R.L. 2006.** İron in Drinking Water, *University of Idaho. PNW* 586.
- Akbal F. Gümüş D. 2013.** Removal Of Natural Organic Matter In Drinking Waters and Prevention Of Trihalomethanes Formation. *Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 31(529-553).
- American Water Work Association, 2011.** <https://www.awwa.org>,(20.04.2017).
- Anonim, 2017 (a),** ( Akarecevre.com.tr, 2016).
- Anonim, 2017 (b),** ( www.aquasu.com, 2017).
- Anonim, 2016,** (Suların Analiz Parametreleri, 2011).
- Anonim, 2017 (c),** (Çevremühendisleri.net 2017).
- Anonim, 2017 (e),** (tse.org.tr 2016).
- Anonim, 2017 (f),** (resmigazete.gov.tr 2016-2017).
- Anonim, 2017 (g),** (<http://www.buski.gov.tr>, 2017).
- Balcı B. ve Erkurt F. E. 2017** İçme Sularında Dezenfeksiyon Yan Ürünleri. *Uludağ Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Ders Sunumu.*
- Beyhan T. 2006.** Derbent Baraj Gölü (Samsun) Su Kalitesinin İncelenmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ordu Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü. Ekoloji Dergisi,15,60 (1-6)*
- Şengörür B. ve Demirel A. 2002.** Akgöl'de Ötrifikasyon ve Su Kalite Sınıfının Belirlenmesi. *Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6.Cilt, 3.Sayı.
- Güler Ç. 1997.** Su Kalitesi. *Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No:43, Ankara.*
- Çelik C. 21.06.2017-** Buski Genel Müdürlüğü, Yazılı görüşme.

- Nielsen G. D. 1999.** Absorption and Retention of Nickel from Drinking Water in Relation to Food Intake and Nickel Sensitivity. *Toxicol Appl Pharmacol.*1;154(1):67-75
- Demirtaş, 2010.** Bor'un İnsan Beslenmesi ve Sağlığı Açısından Önemi 2010. *Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi.*
- Dündar H. 2017-** Balıkesir Su ve Kanalizasyon İdaresi İçme Suyu Arıtma Tesisi, Sözlü ve yazılı görüşme.
- Edzwald J.k. 1993.** Coagulation in Drinking Water Treatment:Particles, Organics and Coagulants. *International Association on Water Quality.* 1993, 27 (11) 21-35
- Ekmekçi E. Adan M. Kara T. 2005** Tuzluluğun Bitki Gelişimine Etkisi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü. *Ziraat Fakültesi Dergisi, 2005,20(3):118-125*
- Eroğlu V, 2008.** Su Tasfiyesi. Ankara.
- Kızıloğlu F. Kuşçu Y. Tunç T. Yanık R. 2007** Erzurum İlindeki Bazı Su Kaynaklarının Kalitelerinin Bitki, Toprak ve Sulama Suyu Açısından Değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 38 (2), 173-179, 200.*
- Baysan F. Şengörür B. 2001.** Şişelenmiş İçme Sularındaki Bazı İnorganik Parametrelerin İnsan Sağlığına Etkisinin Araştırılması. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 5.Cilt, 2.Sayı.*
- Glaze W. 1987.** Drinking Water Treatment with Ozone. *Enviromental Science and technology ;21(3):224-30,*
- Internation Agency For Research on Cancer, 2004.** [https://www.iarc.fr,\(10.01.2014\).](https://www.iarc.fr,(10.01.2014).)
- Ito R. 2008.** Mercury speciation and analysis in drinking water by stir bar sorptive extraction with in situ propyl derivatization and thermal desorption–gas chromatography–mass spectrometry. *Journal of Chromatography A. Volume 1209, Issues 1–2 (267-270).*
- Korbutowicz, 2005.** Application of ultrafiltration integrated with coagulation for improved NOM removal. *Desalination, Volume 174, Issue 1, 1 (13-22)*

- Koza M. 2016.** Moda Diyetlere Gerçekçi Bakış. *Ayrıntı Dergisi*, 4. Cilt 42. Sayı.
- Metilainen A. Vapsolainen M. And Sillanpaa M. 2010.** Natural Organic Mater Removal by Coagulation During Drinking Water Treatment. *Advances in Colloid and interface science*, 15;159(2):189-97
- National Health and Medical Research Council of Australia, 2014.**  
<https://www.nhmrc.gov.au>,(05.05.2017).
- Kara N. Öztürk M. 2003.** Elazığ İl Sınırları İçerisindeki Sulama Sularının İncelenmesi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları.*
- Noubactep C, 2010.** Metallic İron for Safe Drinking Water Wolrdwide. *Water Resource*, 15;117:127-142.
- Sander A. Berghult B. Broo A. Johansson E. 1996.** İron Corrosion in Drinking Water Distribution System- The Effect of Ph, Calcium and Hydrogeen Carbonate. *Corrosion Science*, Volume 38, Issue 3, March 1996, Pages 443-455
- Soylak M. Narin İ. Dağan M. 1997.** Trace Enrichment and Atomic Absorption Spectrometric Determination of Lead, Copper, Cadmium and Nickel in Drinking Water Samples by Use of an Activated Carbon Column . *Journal Analytical Letters*, Volume 3, Issue 15.
- Süphandağ, Uyguner. ve Bekbölet 2007.** İstanbul'da tüketilen ticari ve şebeke bazlı içme sularının kimyasal ve spektroskopik profilleri. *İTÜDERGİSİ/e*, Cilt 17, Sayı 2
- United States Environmental Protection Agenc, 1990.** <https://www.epa.gov>, (29.04.2017)
- Uyak V.** İçme sularının Özellikleri, Kalite Parametreleri ve Kirleticilerin Sağlık Etkileri. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kınıklı-Denizli.*
- Özbek T. 1987.** Sulama Kurutma. *Gazi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Basın Yayın Yüksek Okulu Matbaası*, pp.130-135, Ankara,

**XU B. YE T. LI Dp. HU Cy. LIN Ly. SJ. 2011.** Measurement of Dissolved Organic Nitrojen in a Relation Water Treatment Plant: Size Franction, Fate and Relation to Water Quality Parameters. *Science of The Total Environment, Volume 409, Issue 6, 15 (1116-1122)*

**Water Pollution 2017** ‘Water Quality Standarts Beneficial Uses, Policies and Criteria for Oregon’.

**World Health Organization, 2011 - 2004.** [www.who.int/whosis/whostat/2011/en](http://www.who.int/whosis/whostat/2011/en), (16.06.2017)

## ÖZGEÇMİŞ

Adı : Zeynep

Soyadı : Yarma

Doğum Yeri ve Tarihi : Dursunbey 23.04.1987

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Balıkesir Özel Fırat Lisesi

Lisans : Uludağ Üniversitesi

Yüksek Lisans : -

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : 2012-2014:Çevsan Mühendislik Danışmanlık  
2014- : Balıkesir Büyükşehir Belediyesi.

İletişim (e-posta) : zeymaaa@gmail.com