

**NİLÜFER ÇAYI VE NİLÜFER ÇAYI'NA DEŞARJ
EDİLEN KİMİ ARITMA TESİSİ ATIK SULARININ
SULAMA SUYU KALİTE PARAMETRELERİNİN
BELİRLENMESİ**

Saliha DORAK



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**NİLÜFER ÇAYI VE NİLÜFER ÇAYI'NA DEŞARJ
EDİLEN KİMİ ARITMA TESİSİ ATIK SULARININ
SULAMA SUYU KALİTE PARAMETRELERİNİN
BELİRLENMESİ**

Saliha DORAK

Doç.Dr. Hakan ÇELİK
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TOPRAK BİLİMİ ve BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

BURSA-2015

TEZ ONAYI

Saliha DORAK tarafından hazırlanan “Nilüfer Çayı Ve Nilüfer Çayı’na Deşarj Edilen Kimi Arıtma Tesisi Atık Sularının Sulama Suyu Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi” adlı tez çalışması aşğıdaki jüri tarafından oy birliğı/oy çokluğı ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Hakan ÇELİK

Başkan: Prof. Dr. A. Vahap KATKAT İmza
U.Ü. Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Anabilim Dalı

Üye: Doç. Dr. Hakan ÇELİK İmza
U.Ü. Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Anabilim Dalı

Üye: Yrd. Doç. Dr. Selçuk GÖÇMEZ İmza
ADÜ. Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ali Osman DEMİR

Enstitü Müdürü

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

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

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurul çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel olarak 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

Saliha DORAK

ÖZET

Yüksek Lisans

NİLÜFER ÇAYI VE NİLÜFER ÇAYI'NA DEŞARJ EDİLEN KİMİ ARITMA TESİSİ ATIK SULARININ SULAMA SUYU KALİTE PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Saliha DORAK

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hakan Çelik

Özellikle evsel ve endüstriyel atıkların karıştığı sular ile sulanan tarım arazileri aşırı derecede kirlenmektedir. Sulamada kullanılan suların çeşitli organik ve kimyasal kirleticiler içermesi nedeniyle gerek toprak yapısında gerekse çeşitli zirai faaliyetlerde problemler ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada, pek çok tesisin arıtma sularının deşarj yeri olan ve aynı zamanda Bursa ilinin tarımsal sulama suyu kaynağının büyük bir kısmını oluşturan Nilüfer Çayı'nın sulama suyu kalite parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Nilüfer Çayı'na deşarj eden 5 arıtma tesisinin çıkış noktasından ve bu tesislerin deşarj ettikleri derelerden Ağustos 2013 –Mayıs 2014 arasında 4 farklı dönemde atıksu örnekleri alınmıştır. Alınan su örneklerinde pH, EC, Sıcaklık, Klor, Sülfat, Nitrat - N, Amonyum -N, Fosfor, Bor, Karbonat, Bikarbonat, TKatyon ve Ağır metal parametreleri (Demir (Fe), Bakır (Cu), Mangan (Mn), Çinko (Zn), Alüminyum (Al), Kurşun (Pb), Nikel (Ni), Krom (Cr), Kobalt (Co), Kadmiyum (Cd)) analiz edilmiş, SAR (sodyum adsorbsiyon oranı), RSC (sodyum karbonat kalıntısı) parametreleri hesaplanarak elde edilen sonuçlar Resmi gazetenin 13/2/2008-26786 sayılı su kirliliği kontrol yönetmeliğinde belirtilen kriterlere göre değerlendirilmiştir.

Alınan su örneklerinde pH 7.04 – 9.36, EC 0.36 – 6.75 mS cm⁻¹, sıcaklık 10.7 – 32.9°C, Amonyum-N iz – 86.73 mg l⁻¹, Nitrat – N iz – 19.33 mg l⁻¹, Fosfor 0 – 10.68 mg l⁻¹, Bor 0 – 3.85 mg l⁻¹, sülfat 7.82 – 624.03 mg l⁻¹, klor 7.09 – 857.89 mg l⁻¹ arasında belirlenmiş, RSC'nin iz – 45.19 mg l⁻¹ ve SAR değerlerinin ise 0.21 – 36.71 arasında değiştiği hesaplanmıştır. Nilüfer Çayı ve Nilüfer çayı'na deşarj edilen kimi arıtma tesisleri atıksu kalite parametrelerinin dönemlere göre değişiklik gösterdiği, EC ve SAR dikkate alınarak yapılan sınıflandırmaya göre su numunelerinin C₂S₁-C₄S₄ sınıfları arasına girdiği tespit edilmiştir. Deşarj öncesi ve deşarj sonrası Nilüfer Çayı'ndan alınan su parametreleri incelendiğinde arıtma tesislerinden deşarj edilen suların Nilüfer Çayı'nın özellikle pH, EC, Amonyum, Fosfor, Sülfat, Bor ve Klor değerlerine olumsuz yönde etki ettikleri görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Nilüfer Çayı, Su Kalitesi, Su Kirliliği

2015, xv+128

ABSTRACT

Master of Science Thesis

DETERMINATION OF IRRIGATION WATER QUALITY PARAMETERS OF NİLÜFER STREAM AND SOME OF THE DISCHARGED WASTE WATER TREATMENT FACILITIES IN NİLÜFER STREAM

Saliha DORAK

Uludag University

Institute of Natural Sciences

Soil Science and Plant Nutrition Department

Supervisor: Doç. Dr. Hakan Çelik

Agricultural lands are extremely contaminated which were especially irrigated with water involving household and industrial waste. Lots of problems may occur in soils and at various agricultural activities due to the water used for irrigation which include organic and chemical pollutants. In this research, it is aimed to determine the irrigation water quality parameters of Nilüfer stream which is the most important irrigation water resource of Bursa and also the waste water discharge point of many water treatment plants.

Wastewater samples were taken at four different periods between August 2013-Mayıs 2014 from the starting point of the five treatment plants that discharge to Nilüfer stream and from the stream which the treatment plants discharged. In water samples, pH, EC, temperature, chlorine, sulphate, nitrate - N, ammonium-N, phosphorus, boron, carbonate, bicarbonate, total ion and heavy metal parameters were analyzed. SAR (sodium adsorption ratio), RSC (residual sodium carbonate) parameters were calculated. The results obtained from the analysis, were evaluated according to the criteria specified in the water pollution control regulations in the Official Gazette 13/2 / No. 2008-26786.

The amounts in the samples were determined respectively pH 7.04 – 9.36, EC 0.36 – 6.75 mS cm⁻¹, temperature 10.7 – 32.9°C, ammonium-N trace – 86.73 mg l⁻¹, nitrate - N trace – 19.33 mg l⁻¹, phosphorus 0 – 10.68 mg l⁻¹, Boron 0 – 3.85 mg l⁻¹, sulphate 7.82 – 624.03 mg l⁻¹, chlorine, 7.09 – 857.89 mg l⁻¹. RSC trace – 45.19 mg l⁻¹ and SAR 0.21 – 36.71. were calculated. Wastewater quality parameters of Nilüfer Stream and some treatment plants that discharge to this stream vary due to the periods. The classification according to the EC and SAR; wastewater samples classified between C₂S₁-C₄S₄ According to the analysed samples which were taken before and after the discharge, treatment plants wastewater discharges affected the Nilüfer streams some quality parameters negatively especially pH, EC, Ammonium, Phosphorus, Sulphate, Boron and Chlorine.

Key Words: Nilüfer Stream, Water Quality, Water Pollution

2015, xv+128

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın ortaya çıkması için her türlü bilgi ve desteği veren ve eğitim hayatıma kattığı değerler için öncelikle danışman hocam Doç. Dr. Hakan ÇELİK'e, bana bu konuda tez hazırlama olanağı sağlayan hocam Prof. Dr. A. Vahap KATKAT'a ve çalışmamda hiçbir desteğini esirgemeyen hocam Yrd. Doç. Barış Bülent AŞIK'a çok teşekkür ederim.

Çalışmamın ana materyalini oluşturan atıksuların tesislerinden alınmasına müsaade eden S.S. Yeşil Çevre, Buski Batı, Buski Doğu arıtma tesislerinin ve ayrıca Penquen ile Sütaş firmalarının yetkililerine teşekkür ederim.

Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümünün Öğretim Üyelerinden Sayın Doç. Dr. Murat Ali TURAN, Sayın Araş. Gör. Günsu Barışık KAYIN'a tüm yardım ve destekleri için, tezimin analizleri ve yazım aşamasında yardımcı olan yüksek lisans ve lisansını yapmakta olan tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tez konusunun belirlenmesi aşamasında 6 aylık burs desteği sağlayan TEMA Vakfı'na ayrıca teşekkür ederim.

Saliha DORAK

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGE ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
1.GİRİŞ	1
2.KAYNAK ARAŞTIRMASI	2
2.1.Nilüfer Çayı	2
2.2.Su Kirliliğinin Kaynakları	5
2.2.1.Tarımsal Çalışmaların Sebep Olduğu Kirlilik	6
2.2.1.1.Toprak Erozyonundan Kaynaklanan Kirlilik	6
2.2.1.2.Bitki Besin Maddelerinden Kaynaklanan Kirlilik	7
2.2.1.3.Hayvansal Atıklardan Kaynaklanan Kirlilik	7
2.2.1.4.Tarımsal Mücadele İlaçlarından Kaynaklanan Kirlilik	8
2.2.2.Endüstrinin Sebep Olduğu Kirlilik	9
2.2.2.1.Kimyasal Kirlilik	9
2.2.2.2.Fiziksel Kirlilik	9
2.2.2.3.Fizyolojik Kirlilik	9
2.2.2.4.Biyolojik Kirlilik	10
2.2.2.5.Radyoaktif Kirlilik	10
2.2.3.Evsel Alanlardaki Atıkların Sebep Olduğu Kirlilik	11
2.3.Tarımda Atıksu Kullanımı İle İlgili Yapılmış Çalışmalar	11
2.4.Sulama Suyunun Sınıflandırılmasında Kullanılan Sistemler	22
2.4.1.Scofield sistemi	22
2.4.2.Wilcox ve Magistad sistemi	22
2.4.3.Wilcox grafik sistemi	23
2.4.4.Birleşik Amerika tuzluluk laboratuvarı grafik sistemi	24
2.4.4.1.Elektriksel iletkenlik değerine göre sınıflama	25
2.4.4.2.Sodyum durumuna göre sınıflandırma	28
2.4.4.3.Sulama sularının sınıflandırılması için Birleşik Amerika Tuzluluk Laboratuvarı Grafiği	29
2.4.5.Efektif tuzluluk ve potansiyel tuzluluk değerine göre sınıflandırma	30
2.4.5.1.Efektif Tuzluluk	30
2.4.5.2.Potansiyel Tuzluluk	32
2.5.Arıtılmış Atıksuların Deşarjı ve Sulamada Kullanılması İle İlgili Yasal Düzenlemeler	34
2.5.1.Ülkemizdeki yasal düzenlemeler	34
2.5.2.Dünya sağlık teşkilatı (WHO) standartları	42
3.MATERYAL ve YÖNTEM	44
3.1.Materyal	44

3.2.Yöntem	53
3.2.1.Aritma Tesisi ve Derelerden Örnek Alınması ve Analize Hazırlanması	53
3.2.2.Atıksu örneklerinde yapılan analizler ve analiz sonuçlarının değerlendirilmeleri	53
3.2.2.1.Reaksiyon (pH)	53
3.2.2.2.Elektriksel iletkenlik (EC)	53
3.2.2.3.Sıcaklık (°C)	54
3.2.2.4.Karbonat (CO_3^-) ve Bikarbonat (HCO_3^-)	54
3.2.2.5.Klor (Cl^-)	54
3.2.2.6.Sülfat (SO_4^-)	54
3.2.2.7.Toplam Anyon (TAnyon)	54
3.2.2.8.Nitrat (NO_3^-)	55
3.2.2.9.Amonyum (NH_4^+)	55
3.2.2.10.Fosfor (P)	55
3.2.2.11.Bor (B)	55
3.2.2.12.Toplam katyonlar (Na, K, Ca ve Mg)	55
3.2.2.13.Ağır metaller	56
3.2.2.14.Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR)	56
3.2.2.15.Sodyum karbonat kalıntısı (RSC)	56
3.2.2.16.Sulama suyu sınıfı	56
4.BULGULAR ve TARTIŞMA	57
4.1.Elektriksel İletkenlik (EC)	57
4.2.Sıcaklık (°C)	60
4.3.Reaksiyon (pH)	62
4.4.Amonyum Azotu ($\text{NH}_4\text{-N}$)	65
4.5.Nitrat Azotu ($\text{NO}_3 - \text{N}$)	68
4.6.Fosfor (P)	70
4.7.Bor (B)	73
4.8.Sülfat (SO_4^-)	75
4.9.Klor (Cl^-)	78
4.10.Sodyum (Na^+)	81
4.11.Potasyum (K^+)	82
4.12.Kalsiyum (Ca^{+2})	84
4.13.Magnezyum (Mg^{+2})	85
4.14.Karbonat (CO_3^-)	86
4.15.Bikarbonat (HCO_3^-)	87
4.16.Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC)	89
4.17.Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)	91
4.18.EC ve SAR Değerlerine Göre Sulama Suyu Sınıfı	93
4.19.Alüminyum (Al)	95
4.20.Bakır (Cu)	97
4.21.Çinko (Zn)	98
4.22.Demir (Fe)	100
4.23.Kadmiyum (Cd)	102
4.24.Kobalt (Co)	103
4.25.Krom (Cr)	104
4.26.Mangan (Mn)	105

4.27.Nikel (Ni)	106
4.28.Kurşun (Pb)	108
5.SONUÇ	110
EKLER	115
KAYNAKLAR	116
ÖZGEÇMİŞ	128

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER	Açıklama
%	Yüzde
°C	Santigrad
μS	Mikrosiemens
AgNO ₃	Gümüş nitrat
As	Arsenik
B	Bor
BaCl ₂	Baryum Klorür
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Cl	Klor
Co	Kobalt
CO ₃	Karbonat
Cr	Krom
Cu	Bakır
dS	<i>Desisiemens</i>
F	Florür
Fe	Demir
H ₂ SO ₄	Sülfürik asit
HCO ₃	Bikarbonat
K	Potasyum
m ²	Metrekare
m ³	Metreküp
meq	Miliekivalan
mg	Miligram
mhos	Milimhos

ml	Mililitre
Mn	Mangan
Mo	Molibden
Na	Sodyum
NH₄	Amonyum
NH₄-N	Amonyum azotu
(NH₄)₂SO₄	Amonyum sülfat
Ni	Nikel
nm	Nanometre
NO₂	Nitrit
NO₃	Nitrat
NO₃-N	Nitrat azotu
Pb	Kurşun
ppm	Milyonda bir
Se	Selenyum
SO₄	Sülfat
Zn	Çinko

KISALTMALAR**Açıklama**

A.B.D.	Amerika Birleşik Devletleri
AKM	Askıda katı madde
Ar-Ge	Araştırma Geliştirme
BOİ₅	Biyolojik oksijen ihtiyacı
BUSKİ	Bursa Su Ve Kanalizasyon İdaresi
C	Tuzluluk zararı
DDT	Dikloro difenil trichloroethan
DSY	Değişebilir sodyum yüzdesi
DTPA	Dietilentriaminpenta asetik asit
EC	Elektriksel iletkenlik
EDTA	Etilendiamintetraasetik asit
EPA	Amerikan Çevre Koruma Ajansı
ES	Efektif tuzluluk
ESP	Değişebilir sodyum karbonat
FAO	Gıda ve Tarım örgütü
GAP	Güneydoğu Anadolu Projesi
KOİ	Kimyasal oksijen ihtiyacı
RSC	Sodyum karbonat yüzdesi
S	Alkali zararı
SAR	Sodyum adsorbsiyon oranı
SKKY	Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
TAnyon	Toplam anyon
TDS	Toplam çözünmüş katı madde
TKatyon	Toplam katyon
WHO	Dünya Sağlık Örgütü

ŞEKİLLER DİZİNİ

		Sayfa
Şekil 2.1.	Nilüfer Çayı ve kollarının harita üzerinde görünümü	4
Şekil 2.2.	Sulama suyunun sınıflandırılmasında kullanılan diyagram (Richard 1954)	24
Şekil 2.3.	Sulama sularının sınıflandırılmasında kullanılan diyagram (Richard 1954)	31
Şekil 3.1.	Çalışma kapsamında örnekleme yapılan alanlar	45
Şekil 3.2.	Sütaş Süt Ürünleri Arıtma Tesisinin genel görünümü	46
Şekil 3.3.	Penguen Gıda Sanayi A.Ş. Arıtma Tesisi'nin genel görünümü	47
Şekil 3.4.	Penguen Gıda Sanayi A.Ş. Arıtma Tesisi'nden çıkan atık suyun yakındaki Hasanağa Deresi'ne deşarj edildiği noktanın görünümü.	47
Şekil 3.5.	Buski Doğu Atıksu Arıtma Tesisi havalandırma tankları	48
Şekil 3.6.	.Buski Doğu Atıksu Arıtma Tesisi örnek alım noktası	48
Şekil 3.7.	Buski Batı Atıksu Arıtma Tesisi Deşarj noktasının görünümü	49
Şekil 3.8.	S.S. Yeşil Çevre Kooperatifi görünümü	50
Şekil 3.9.	Çayönü Deresi örnekleme noktasının görünümü	50
Şekil 3.10.	Hasanağa Deresi örnekleme noktasının görünümü	50
Şekil 3.11.	Ayvalı Deresi 1. Örnekleme noktasının görünümü	51
Şekil 3.12.	Ayvalı Deresi 2. Örnekleme noktasının görünümü	51
Şekil 3.13..	Misi Deresi örnekleme noktasının görünümü	51
Şekil 3.14.	Deliçay Deresinin 1. örnekleme noktasının görümü	52
Şekil 3.15.	Deliçay Deresinin 2. Örnekleme noktasının görünümü	52
Şekil 4.1.	Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında elektriksel iletkenlik değerleri sonuçları (mS cm ⁻¹)	58
Şekil 4.2.	Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında sıcaklık değerleri (°C)	61

Şekil 4.3.	Aritma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında pH değerleri	64
Şekil 4.4.	Aritma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında amonyum azotu içerikleri (mg l^{-1})	67
Şekil 4.5.	Aritma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında nitrat azotu içerikleri (mg l^{-1})	70
Şekil 4.6.	Aritma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında fosfor içerikleri (mg l^{-1})	72
Şekil 4.7.	Aritma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında bor içerikleri (mg l^{-1})	75
Şekil 4.8.	Aritma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında sülfat içerikleri (mg l^{-1})	77
Şekil 4.9.	Aritma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında klor içerikleri sonuçları (mg l^{-1})	80
Şekil 4.10.	Aritma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında sodyum içerikleri sonuçları (me l^{-1})	81
Şekil 4.11.	Aritma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında potasyum içerikleri sonuçları (me l^{-1})	83
Şekil 4.12.	Aritma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında kalsiyum içerikleri sonuçları (me l^{-1})	84
Şekil 4.13.	Aritma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında magnezyum içerikleri sonuçları (me l^{-1})	85
Şekil. 4.14.	Aritma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında karbonat içerikleri sonuçları (me l^{-1})	87
Şekil. 4.15.	Aritma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında bikarbonat içerikleri sonuçları (me l^{-1})	88
Şekil 4.16.	Aritma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında kalıcı sodyum karbonat değerleri sonuçları (mg l^{-1})	91

Şekil 4.17.	Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında sodyum adsorbsiyon oranı değerleri (mg l^{-1})	93
Şekil 4.18.	Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında alüminyum içerikleri (mg l^{-1})	96
Şekil 4.19.	Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında bakır içerikleri (mg l^{-1})	97
Şekil 4.20.	Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında çinko içerikleri (mg l^{-1})	99
Şekil 4.21.	Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında demir içerikleri (mg l^{-1})	100
Şekil 4.22.	Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında kadminyum içerikleri (mg l^{-1})	102
Şekil 4.23.	Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında kobalt içerikleri (mg l^{-1})	103
Şekil 4.24.	Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında krom içerikleri (mg l^{-1})	104
Şekil 4.25.	Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında mangan içerikleri (mg l^{-1})	105
Şekil 4.26.	Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında nikel içerikleri (mg l^{-1})	107
Şekil 4.27.	Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında alüminyum içerikleri (mg l^{-1})	108
Şekil 5.1.	Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin incelenen parametrelere göre dönemler pazında sulama suyu sınıfları	102

ÇİZELGELER DİZİNİ

		Sayfa
Çizelge 2.1.	Sulama suyunun sınıflandırılmasında müsaade edilebilir limitler	23
Çizelge 2.2	Sulama suları için standartlar	23
Çizelge 2.3.	Kültür bitkilerinin tuzluluğa karşı oransal dayanmaları	27
Çizelge 2.4.	Sulama sularının efektif tuzluluğa göre sınıflandırılması	32
Çizelge 2.5.	Sulama suyu sınıflandırma sistemleri ve göz önüne alınan kriterler	33
Çizelge 2.6.	Atıksuların tarımda kullanılması ile ilgili esaslar ve teknik sınırlamalar	34
Çizelge 2.7.	Kıtaiçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri	36
Çizelge 2.8.	Sulama Sularında İzin Verilebilen Maksimum Ağır Metal Ve Toksik Elementlerin Konsantrasyonları	38
Çizelge 2.9.	Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Kalite Kriterleri	39
Çizelge 2.10.	Bitkilerin Bor Mineraline Karşı Dayanıklılıklarına Göre Sulama Sularının Sınıflandırılması	40
Çizelge 2.11.	FAO standartlarına göre tarımsal sulamada kullanılacak su kalite kriterleri	40
Çizelge 2.12.	Atıksularda bulunabilecek patojen mikroorganizmalar	41
Çizelge 2.13.	Atıksulardaki kimi organik kirleticiler	42
Çizelge 3.1.	Su Numunesi Alınan Noktalar	44
Çizelge 3.2.	Su numunelerinin alındığı dönemler ve aylar	53

Çizelge 4.1.	Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında elektriksel iletkenlik değerlerine göre sulama suyu sınıfları	57
Çizelge 4.2.	Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında sıcaklık değerlerine göre sulama suyu sınıfları	60
Çizelge 4.3.	Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında pH değerlerine göre sulama suyu sınıfları	63
Çizelge 4.4.	Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında amonyum azotu içeriklerine göre sulama suyu sınıfları	66
Çizelge 4.5.	Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında nitrat azotu içeriklerine göre sulama suyu sınıfları	69
Çizelge 4.6.	Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında fosfor içeriklerine göre sulama suyu sınıfları	71
Çizelge 4.7.	Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında bor içeriklerine göre sulama suyu sınıfları	74
Çizelge 4.8.	Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında sülfat içeriklerine göre sulama suyu sınıfları	76
Çizelge 4.9.	Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında klor içeriklerine göre sulama suyu sınıfları	79
Çizelge 4.10.	Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında kalıcı sodyum karbonat değerlerine göre sulama suyu sınıfları	90

Çizelge 4.11.	Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında sodyum adsorbsiyon oranı değerlerine göre sulama suyu sınıfları	92
Çizelge 4.12.	Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemlere göre sulama suyu sınıfları	94
Çizelge 4.13.	Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler ve incelenen parametreler bazında sulama suyu sınıfları	113

1.GİRİŞ

Günümüzde hızlı nüfus artışına karşılık tarım yapılan alanların sınırlı olması, birim alandan daha fazla ve daha kaliteli ürün elde etmeyi temel hedef haline getirmiştir. Bu hedefi gerçekleştirebilmek için bitkinin gereksinim duyduğu su ve bitki besin elementi ihtiyacının optimum şekilde karşılanması gerekmektedir. Dolayısıyla sulama suyu ve gübreler, tarımsal üretimde verimi en çok artıran etmenlerin başında gelmektedir (Munsuz ve ark., 1999). Tüm canlılar yaşamaları, gelişmeleri ve diğer gereksinimleri için çok büyük miktarlarda suya ihtiyaç duyarlar ve bu suyu da yer üstü ve yer altı su kaynaklarından sağlarlar.

Türkiye gibi nüfusu hızla artan, kalkınma süreci içinde bulunan ve sanayileşmeye geçiş aşamasında bulunan tarım ülkelerinde sulama suyunun kalitesi oldukça önemlidir. Suların içerdiği birçok elementin iyon ya da iyon grubu şeklinde konsantrasyonlarının artması, yaşamsal bir kaynak olan suların içme, tarımsal sulama ve endüstride kullanımını kısıtlar ya da engeller. Büyük derişimde yabancı madde içeren sular, sulama suyu olarak kullanıldığında, gerekli önlemler alınmazsa, toprağın yapısının zamanla bozulmasına neden olur. Sonuçta normal topraklar tuzlu ve alkali topraklara dönüşebilir. Sulama ile toprakların yapısının bozulması, sulu tarım sistemi uygulanan bölgelerde önemli bir ekonomik sorun ortaya çıkarır. Tükenmeyen doğal kaynaklar içerisinde toprak varlığı ile birlikte bir ülkenin zenginliğinin temelini oluşturan su kaynaklarının potansiyelinin ve kalitesinin bilinmesi çeşitli kullanım alanlarına yönlendirilecek su miktarları ile ilgili plan ve programların hazırlanmasında büyük önem taşır (Munsuz ve ark., 1999). Bu nedenle sulamada kullanılan su kaynağının yabancı madde derişimlerinin bilinmesi, toprağa verilmesinde sakınca olmadığı saptandıktan sonra toprağa verilmesi önemli bir konudur (Munsuz ve ark., 1999).

Son iki yüz yıl içinde hızla ilerleyen sanayi ve buna bağlı olarak ortaya çıkan nüfus hareketleri ve yoğun tarımsal etkinlikler doğal çevreyi etkileyen ve kirleten ana etmenler olmuştur. Doğanın, sanayi devrimi ve yoğun kentleşmenin ilk dönemlerinde, tüm kirleticileri sonsuza kadar saklayabilme veya sonsuz bir arıtma gücüne sahip

olduğu zannedilmiştir. Ancak, doğa ve canlılar evre kirliliğinden olumsuz şekilde etkilenmeye başladığında, meydana gelen olumsuz etkileri anlama, tanımlama, önlem alma ve üzüm bulma çalışmaları hız ve önem kazanmaya başlamış, belirli aralıklarla akarsulardan su örnekleri alınarak ve kimyasal analizleri yapılarak kirliliğin akarsular üzerindeki etkilerinin izlenmesi bu çalışmaların önemli bir parçasını oluşturmuştur.

78 milyon hektar yzlmne sahip ülkemizin toplam tarım alanı 28,05 milyon hektar olup, bunun 25,75 milyon hektarı sulanabilir arazidir. Türkiye'nin Doğu Karadeniz kıyı kesimi dışında kalan bölgelerinin tamamı, sulamanın tarımsal üretimi kısıtladığı kurak ve yarı kurak iklim sınıfında yer almaktadır. Buna rağmen, ülkemiz küçümsenmeyecek bir su potansiyeline sahiptir. Yağış ortalaması 643 mm olup, yer üstü su potansiyeli 98 milyar m³, yer altı su potansiyeli 14 milyar m³'tür. Mevcut su potansiyeli ile teknik ve ekonomik olarak sulanabilecek arazi miktarı 8,5 milyon hektar olup, bunun 5,42 milyon ha'lık kısmı sulamaya aılabilmiştir (Anonim, 2014).

Denizden ortalama yüksekliği 100 m olan Bursa ili ise 1.081.954 hektar tarım alanına sahip olup, bunun 421,467 hektarını iklim şartlarına bağlı olarak hemen her türlü tarım ürününün yetiştirildiği kltr arazisi teşkil etmektedir. Kültür arazisininin 240,543 hektarı ise sulanabilir durumda olup bu alanın; 65,238 hektarı DSİ tarafından, 22,548 hektarı Mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından, 48,119 hektarı ise üreticiler tarafından olmak üzere ancak 135,905 hektar kadarı sulanabilmektedir (Anonim, 2014).

Yan kollarıyla beraber yaklaşık 168 km olan Nilüfer ayı, Bursa ilinin ana su kaynağı olup, özellikle Bursa Ovası ve akış gzerghındaki diğer tarım arazileri için de hem alternatifsiz sulama suyu kaynağı hem de atıksuyun boşaltıldığı ana alıcı ortamdır. (Anonim 2010).

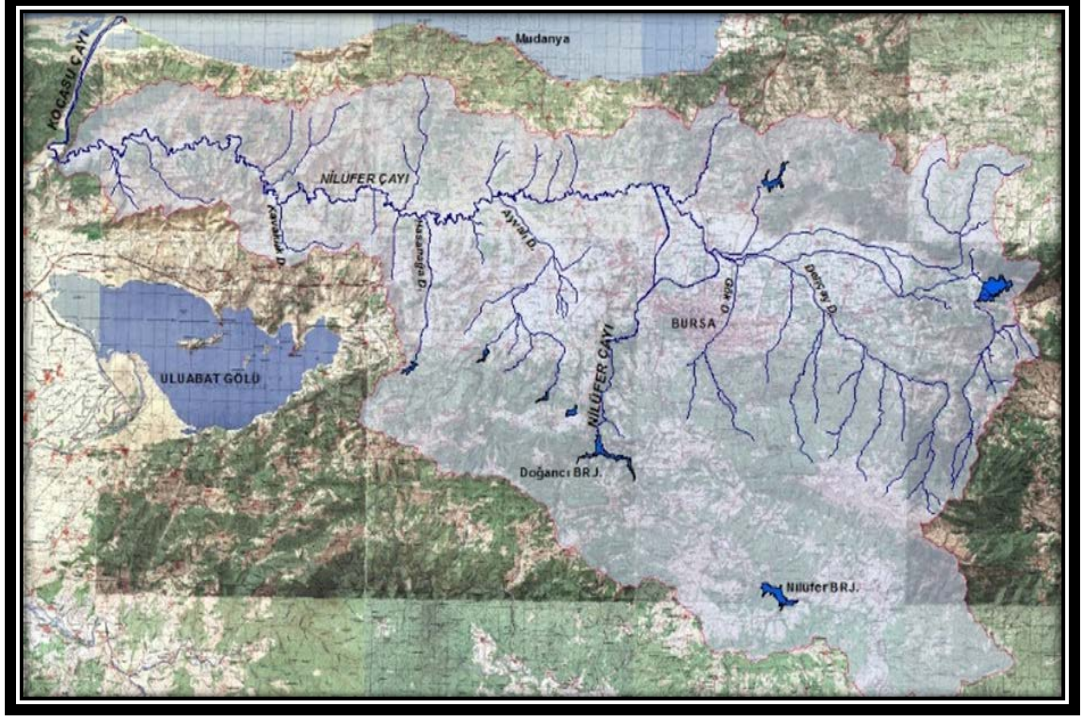
Bursa'daki hızlı kentleşme ve kontrolsüz sanayileşme sebebiyle oluşan evsel ve endüstriyel atık suların, Nilüfer ay'ına direkt deşarjı nedeniyle çay'da uzun yıllardan beri önemli bir kirlilik gözlenmektedir. Özellikle yaz aylarında kollardan gelen suların azalmasıyla Nilüfer ayı'nda kanalizasyon ağırlıklı bir akış olmakta bu da önemli sağlık problemlerine neden olmaktadır.

Evsel ve endüstriyel atık suların arıtılmadan Nilüfer Çayına deşarj edilmesi, zaman içinde su kalitesinin bozulmasına ve “Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY)’nde (Anonim 2004b) kıta içi su kaynakları için verilen kalite kriterlerine göre sınıflandırmada, IV. sınıf a (çok kirli su) düşmesine neden olmuştur. Sulamada kullanılan suların çok kirli olması, içerisinde sodyum, bor ve ağır metaller içermesi nedeniyle zirai faaliyetlerde problemler ortaya çıkmakta, suların uzun yıllar kullanılması sonucunda tarım arazileri aşırı derecede kirlenirken, toprak yapısında da bozulmalar meydana getirmektedir (Anonim 2004, Üstün ve ark., 2007).

Bu çalışmada; Nilüfer Çayı ve Nilüfer Çayı’na deşarj edilen kimi arıtma tesisi atık sularının sulama suyu kalite parametrelerinin belirlenmesi amacıyla Nilüfer Çayı boyunca belli bölgelerden ve kimi arıtma tesislerinden su örnekleri alınmış, sulama suyu sınıflarının ve kirlilik durumlarının mevsimsel olarak “Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine (SKKY) uyup uymadığı belirlenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Nilüfer Çayı



Şekil 2.1. Nilüfer Çayı ve kollarının harita üzerinde görünümü

Bursa Türkiye'nin dördüncü büyük ili olup, ülkemizin önemli sanayi ve tarım kentidir. Son yıllarda Bursa'ya olan göçler sebebiyle nüfusta ciddi artışlar meydana gelmiştir. Bu durum plansız bir biçimde Bursa ovasındaki yapılaşmanın artmasına ve verimli tarım alanlarının hızlı kentsel ve sanayi yapılaşması sonucunda elden çıkmasına neden olmuştur. Ayrıca, kentleşme ve sanayileşme sonucunda ortaya büyük miktarda çeşitli atıklar çıkmıştır. Bu atıklardan Nilüfer Çayı ve çevresi büyük zarar görmektedir.

Nilüfer Çayı Marmara Bölgesi'nin önemli akarsularından biridir. 203 km uzunluğundaki Nilüfer Çayı, Uludağ'ın güney yamaçlarında 850 metre yükseklikteki 2 mağaradan çıkar. Başlangıç bölümünde adı Aras Suyu'dur. Bu su batı doğrultusunda akarken çeşitli kollarla birleşerek "Nilüfer" adını alır. Bursa ili içerisindeki uzunluğu 168 km, ortalama su hacmi $458,848,00 \text{ m}^3 \text{ yıl}^{-1}$, su toplama havzası 680 km^2 , yıllık

ortalama debisi $16,77 \text{ m}^3 \text{ sn}^{-1}$ dir. Nilüfer Çayı ve kollarının harita üzerinde görünümü Şekil 2.1'de sunulmuştur.

Doğancı köyü yakınlarında önüne kurulan bir barajla (Doğancı Barajı) Bursa kent içme suyunun önemli bir bölümünü depolar. Ayrıca kentin içme suyu gereksinimini karşılamak üzere, daha yüksekte Karaislah dolaylarında Nilüfer Barajı yapımı bitirilmiştir. Antik çağ kaynaklarında adı "Odrya" Çayı olarak geçen Nilüfer, Bursa Ovası'nı suladıktan sonra Uluabat Gölü'ne birleşir. Bursa Ovası ve çevresinin derelerini ve Çayırköy Ovası'ndan Ayvalı Dere'yi alır ve daha sonra Susurluk Çayı ile birleşerek Karacabey Boğazı'ndan Marmara Denizi'ne dökülür.

Bursa'daki Soğukpınar, Kaplıkaya, Değirmendere ve Madendere ile Uludağ'ın kuzeyinden doğan Gökdere, Kırkpınar ve Balıklı derelerinin tümü Nilüfer'e karışarak Marmara Denizi'ne dökülür. 1930'lu yıllarda, Bursa ovasına açılan Alkanalı, Cenukkanalı ve Anakanal gibi kanallar da Nilüfer'e bağlıdır (Anonim 2012).

2.2. Su Kirliliğinin Kaynakları

Sularda kirletici etki gösterebilecek unsurlar Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) sınıflandırmaları göz önünde tutularak 9 kategoride incelenmektedir.

1. Organik kirleticiler
2. Salgın hastalıklara neden olan kirleticiler (patojen mikroorganizmalar)
3. Bitkilerin anormal büyümesine neden olan kirleticiler
4. Ziraî mücadele ilaçları
5. Sentetik organik kirleticiler
6. Anorganik kirleticiler
7. Sediment kökenli kirleticiler
8. Radyoaktif kirleticiler
9. Atık ısının meydana getirdiği kirlenmeler

Başlıca dokuz grupta verilen bu kirletici unsurların toplam üç kaynaktan oluştuğu kabul edilmektedir.

Bu yaklaşımla su kirliliğinin kaynakları;

1. Tarımsal faaliyetler,
2. Endüstriyel işlem ve atıklar,
3. Evsel atıklar şeklinde sınıflandırılır.

2.2.1. Tarımsal Çalışmaların Sebep Olduğu Kirlilik

Tarımsal Kirlilik; toprağa uygulanan pestisitlerin, kimyasal gübrelerin, yüzey akışı ile erozyon ve toprağın sürülmesi sonucu oluşan toz, toprak, hayvan gübresi, hayvan ve bitki atığı ve saman dâhil olmak üzere her türlü tarımsal çalışma sonucu meydana gelen katı ve sıvı atıkların sebep olduğu kirlilik olarak tanımlanmaktadır (Uluçam 1997). Tarımsal kirliliği başlıca dört ana grup altında, toplamak mümkündür (Tan 2006).

2.2.1.1. Toprak Erozyonundan Kaynaklanan Kirlilik

Bu kirlilik tamamen tarımsal çalışmalar sonucunda oluşmaz. Herhangi bir akarsu yatağından, şehirlerarası karayollarının inşası sırasındaki kazı ve dolgulardan, şehir genişletme çalışmalarından, şehir içi yol ve binaların inşaat çalışmaları nedeniyle ortaya çıkan kazı ve dolgulardan da meydana gelebilmektedir.

Toprak erozyonunun çeşitli zararları görülmektedir. İlk akla gelen zarar, erozyona uğrayan bir tarım toprağının en verimli olan üst tabakasının kaybolması nedeniyle verimin azalmasıdır. Bunun yanında baraj veya gölet gibi su depolama yapıları, toprak erozyonunun neden olduğu sedimantasyon olayı sonucu kullanılamaz hale gelmektedir. Diğer bir deyişle toprak erozyonu böyle yapıların kullanma ömürlerini oldukça kısaltmaktadır.

Su kirliliği yönünden toprak erozyonunun en önemli ve en büyük etkisi tarım arazilerinden fosforu sedimentlerle akarsulara ve göllere taşıyarak ötrofikasyon olayına neden olmasıdır. Bilindiği gibi fosfor, toprağa verilen önemli bitki besin maddelerinden birisini oluşturmaktadır. Bitki besin maddesi olarak toprağa verilen fosforun ince toprak

zerreleri tarafından absorbe edilmediği ve fazla miktarda erimelediği de bilinmektedir. Bu şekilde sedimentlerle akarsu ve göllere taşınan fosfor ve diğer besin maddeleri, göllerde veya akarsularda mevcut bazı yosun türlerinin artmasına, akarsularda ki yüksek oksijen tüketimi nedeniyle sularda yaşayan bitki ve hayvan türlerinin azalmasına neden olmakta ve bu durum akarsularda mevcut olan doğal dengenin bozulmasına neden olmaktadır.

2.2.1.2.Bitki Besin Maddelerinden Kaynaklanan Kirlilik

Tarımsal üretimden daha fazla ürün elde etmek amacı ile arazilere uygulanan kimyasal gübrelerin neden olduğu kirliliklerden en önemlileri azot ve fosforun doğal düzen içindeki dönüşümleri sonucunda meydana gelen kirliliktir.

Yıldan yıla, özellikle ülkemizde büyük bir hızla artan nüfusun, gıda maddeleri ihtiyaçlarını karşılayabilmek için başvurulan çeşitli kültürel tedbirlerden birisi, toprağın gübrenmesidir.

Kimyasal gübrelerin arazilere uygulanması ile verimde bir artış olması doğaldır. Ancak bu gübrelemenin suların kirliliğine hangi oranda etkili olduğunun da tespiti gerekir. Su kirliliğine neden olan bitki besin maddelerinden özellikle azot, fosfor, sülfat, bor, kalsiyum, magnezyum ve potasyum tüm canlı varlıklar için belirli miktarlarda gerekli ise de, sulardaki fazla miktarlarının çeşitli sakıncaları bulunmaktadır. Belli başlı etkileri arasında akarsular ve göllerdeki ötrofikasyon olayına neden olmaları yanı sıra sodyum adsorbsiyon oranı (SAR), sodyum karbonat kalıntısı (RSC) ve elektriksel iletkenlik (EC) değerlerini arttırmaları sayılabilir.

2.2.1.3.Hayvansal Atıklardan Kaynaklanan Kirlilik

Hayvansal atıklardan kaynaklanan kirlilik, tarımsal çalışmalar içerisinde bulunan hayvancılık ile ilgili olarak, ahır ve ağıllardan yağışlarla yıkanan hayvan idrar ve dışkı atıklarının temizleme sularına, oradan da yüzey sularına karışması ile ya da hayvan gübresinin tarlalara serilmesinden sonra yağışlarla yıkanarak yüzey sularına karışması suretiyle oluşan bir kirlilik şeklidir. Hayvansal sıvı ve katı atıkların toprak verimliliğini artıran çok yararlı bir unsur olduğu bilinen bir gerçektir. Ancak özellikle besi hayvancılığı ve tavukçuluğunun geniş çapta yapıldığı tarım işletmelerinde ve yörelerde

zamanla hayvan atıklarının su kaynaklarına yakın yerlere atılması büyük bir sorun olabilmekte ve su kaynaklarının kirliliğinde bir etken olarak ortaya çıkmaktadır.

2.2.1.4. Tarımsal Mücadele İlaçlarından Kaynaklanan Kirlilik

Tarımsal ürünlerin uygun kalite ve yüksek verimde olmasını sağlamak için kültür bitkileri yetiştirilen arazilerde ot ve böceklerle mücadele amacıyla bitkiye ve toprağa atılan pestisitlerin yıkanarak ya da pestisitlerin atılmasında kullanılan alet ve ekipmanların temizliğinde kullanılan suların su kaynaklarına karışması ile oluşan kirliliktir.

Tarımsal mücadelede kullanılan kimyasal maddeler çevreye çeşitli yollar ile etki etmektedir. Örneğin hava, su, toprak kirliliklerine yol açmakta ve çevre sorunlarında önemli bir etken olmaktadır. Dünyadaki gıda maddesi üretimi artışında payı olan faktörlerden birisi de pestisitlerdir. Pestisitlerden en önemlisi dikloro difenil trikloroethandır (DDT). DDT uygulanmasından uzun bir zaman sonra dahi, gerek toprakta gerekse bitkilerde kalır. Bu nedenle tekrarlanan dozajlar hayvanlara geçebilmektedir. Aynı zamanda DDT nin birikici bir özelliği de vardır. DDT Hayvan yağdokularında depo edilmekte ve zamanla birikerek zehirli olabilecek yüksek konsantrasyonlara ulaşabilmektedir (Uluçam 1997).

DDT akarsular, deşarjlar ve atmosfer aracılığı ile karalardan denizlere ve okyanuslara devamlı taşınmaktadır. Yapılan çalışmalardan elde edilen bulgulara göre DDT üretiminin beklenilenden daha az bir kısmının su ortamına ulaştığı anlaşılmıştır. Ancak suda yaşayan organizmaların bünyelerinde biriktiği konsantrasyon değeri çevredeki mevcut DDT konsantrasyonu değerine göre 10^6 kat fazla olabilmektedir (Epa 1999).

2.2.2.Endüstrinin Sebep Olduğu Kirlilik

2.2.2.1.Kimyasal Kirlilik

Endüstrinin sebep olduğu kirlilik, sularda organik ve anorganik maddelerin bulunmasıyla meydana gelen kirliliktir. En çok karşılaşılan tipi ise proteinler, yağlar, gıda maddeleri ve karbonhidratlar nedeni ile oluşur (Organik kirlilik). Zamk ve jelatin imal eden fabrikaların atıklarında, mezbahaların atık sularında oldukça fazla protein bulunmakta, kâğıt ve tekstil fabrikalarının atıklarında ise fazla miktarda karbonhidrat bulunmaktadır.

Sentetik deterjanlar da kimyasal kirliliğe sebep olan maddeler arasındadır. Az miktarda bulunmaları halinde dahi sularda köpük meydana getirdiklerinden suyun havalanmasını önler, arıtma sistemlerinin randımanını düşürürler.

2.2.2.2.Fiziksel Kirlilik

Bu kirlilik suyun rengi, bulanıklığı, sıcaklığı gibi özelliklere etki eden kirlilik tipidir.

Termal kirlenme ise, fiziksel kirlenmenin diğer bir tipi olup, son senelerde daha yaygın bir duruma gelme özelliğini göstermektedir. Bilindiği gibi termal enerji üreten istasyonlar, oldukça fazla miktarda soğutma suyuna ihtiyaç duyarlar. Bu istasyondan çıkan sular, göllerin ve akarsuların sıcaklıklarını yükseltmekte, çevre koşullarını değiştirmektedir. Bunun sonucu olarak da su, bitki ve hayvan hayatını etkilemektedir (Uluçam 1997).

2.2.2.3.Fizyolojik Kirlilik

Suyun tadını ve kokusunu etkileyen bir kirlilik tipidir. Gıda sanayi atıkları ve şehir kullanma suyu atıkları, azotlu maddelerle zengin olduğundan son derece kötü kokuya sahip olabilmektedirler. Endüstri atık suları demir (Fe), mangan (Mn), fenoller vb. kimyasal maddeleri ihtiva edenler, suya özellikle hoş olmayan bir koku ve tat verirler. Normal olarak bir içme suyunun kokusuz ve tatsız olması gerekliliği standartlar ile belirtilmektedir.

2.2.2.4.Biyolojik Kirlilik

Bu kirlilik, sularda patojenik bakteri, mantar, alg, patojenik protozoa vb. bulunması ile meydana gelen kirlilik tipidir. Diğer bir deyişle suların tifo, kolera, amipli dizanteri vb. çeşitli hastalıklar yapan organizmalarla kirlenmesidir.

Endüstri atık maddelerinin ve kanalizasyon sularının herhangi bir arıtma işlemine tabi tutulmadan denize dökülmesi nedeniyle hastalık yapan bakteriler çoğalmakta ve denize giren insanlarda kulak-burun-boğaz yanmaları, sinüzit, bağırsak hastalıkları, karaciğer hastalıkları ve tifoya neden olmaktadır.

Biyolojik kirliliğin neden olduğu sularla geçen hastalıklar, başlıca dört gruba ayrılmaktadır. Birinci grup hastalıklarda suların önemli bir taşıma vasıtası olduğu kesinlikle bilinmekte olup başlıcaları tifo, kolera, schistosomiasis, virütik sarılık, leptospirosis hastalıklarıdır. İkinci gruptaki hastalıkların sudan geçtiğine dair kuvvetli kanıt olmamakla birlikte büyük şüphe bulunmaktadır. Bunlar arasında çocuk felci, amipli dizanteri ve basilli dizanteri sayılabilmektedir.

Üçüncü gruptaki hastalıkların sudan geçtiğine ilişkin bir kanıt olmayıp, ancak suyun önemli bir taşıma vasıtası olduğuna dair bir düşünce bulunmaktadır. Tenya, paratifo ve tularemi bunlar arasındadır. Dördüncü gruptaki hastalıkların taşınmasında su, dolaylı olarak rol oynamakta olup bunlar arasında sıtma, sarıhumma, dang, fil hastalığı, ensefalit, bulunmaktadır.

2.2.2.5.Radyoaktif Kirlilik

Atmosferdeki atom patlamalarının ve nükleer enerji santrallerinin sebep olduğu kirliliktir.

Atmosferdeki radyoaktif maddeler, yağışlar ile yeryüzüne düşmekte, akarsulara karışmakta, bitkiler tarafından absorbe edilmekte, buradan da otlayanlara ve et yiyenlere geçerek gıda zincirinin üst halkasını teşkil eden insanlara ulaşmaktadır.

Radyoaktif kirliliğin diğer bir biçimi ise nükleer santrallerden meydana gelen sızıntılardır. Nükleer santrallerin atık maddeleri de oldukça önemli çevre kirleticileri

olup günümüzde bu atıklar ya toprağa gömülmekte ya da deniz dibinde depo edilmektedir. Depo edilen bu nükleer atıklardan zaman zaman sızıntılar meydana gelebilmektedir.

2.2.3.Evsel Alanlardaki Atıkların Sebep Olduğu Kirlilik

Bu kirliliğin iki önemli kaynağı kanalizasyon atıkları ve çöplerdir. Bulaşıcı hastalık tehlikesi şehirleri, kapalı kanalizasyon sistemine zorlarken yine şehirdeki su sistemleri ile kanalizasyon arasında bir bağlantı göze çarpmaktadır.

Kanalizasyon sistemine verilen pis suların boşaltılmaları genellikle akarsulara, göllere ve denizlere yapıldığından şehir atık suları önemli bir kirlilik sebebi olmaktadır (Tan 2006).

2.3. Tarımda Atıksu Kullanımı İle İlgili Yapılmış Çalışmalar

Nilüfer Çayı kirliliği ve çevresel etkileri ile ilgili yapılan çalışmalarda durumla ilgili olarak;

Kocaer ve Başkaya (2004) tarafından Nilüfer-Ayvalı Deresi'nden sulanan ve sulanmayan iki tarım toprağında belirlenen kimyasal parametreler kıyaslanmış ve sulama sonucu toprakta oluşması muhtemel farklılıklar değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; dere suyundan yapılan sulamanın özellikle topraktaki tuzluluk ve serbest+değişebilir katyon konsantrasyonlarını önemli ölçüde artırdığı belirlenmiştir.

Üstün ve ark. (2008) tarafından ise Nilüfer Çayı'ndaki askıda katı madde (AKM), amonyum azotu ($\text{NH}_4 - \text{N}$), değişebilir sodyum karbonat (ESP) parametrelerinin ulusal sulama suyu standartları açısından uygun olmadığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde EC ve SAR dikkate alındığı diyagrama göre Nilüfer Çayı sınıflandırılması yapıldığında, su numunelerinin büyük bir kısmı C_3S_2 kalite sınıfına girmiştir. Nilüfer Çayı'nda analiz edilen ağır metallere Cu parametresinde ise, su kalitesinin uzun süreli sulamada verilen sınır değerlerin aşıldığı tespit edilmiştir.

Üstün (2011), Nilüfer Çayı'nda ağır metallerin zamana bağlı olarak değişimini incelemiş ve Nilüfer Çayı su kalitesinin yıldan yıla kötüleştiğini belirlemiştir. Özellikle yoğun atıksu deşarjı kirliliği bir akış oluşturmuş ve Ulusal Yüzeysel Su Kalite Sınıflandırmasına göre Nilüfer Çayı çıkış noktasında Cr ve Pb seviyeleri açısından "çok kirlenmiş su" sınıfına girmiştir.

Aydınalp ve ark. (2010), Nilüfer Çayı ile sulama yapılan ve sulama yapılmayan topraklardaki ağır metal içeriğini araştırmışlar ve Nilüfer Çayı ile sulanan toprakların Dietilentriaminpenta asetik asit (DTPA) ile ekstrakte edilebilir ağır metal miktarının artış gösterdiğini belirlemişlerdir.

Başar ve ark. (2001), hızlı kentleşme ve sanayileşmenin bir sonucu olarak artan şekilde kirlenilen ve Bursa ovasının tek yer üstü su kaynağı Nilüfer Çayı ile yapılan sulamaların şeftali bahçelerinin kimi ağır metal içeriklerine etkisini belirlemek amacıyla yürütmüşlerdir. Çalışmada Nilüfer Çayı'nın akış istikametinde İsmetiye, Armutköy, Alaşar, Çağlayanköy, Dereçavuş, Ahmetbey, Aksungur ve Geçit köylerinde seçilen ve Redhaven, Glohaven ve J.H.Hale çeşitlerinden kurulu 21 bahçeden toprak örnekleri almışlardır. Araştırma sonucunda elde edilen bulgulara göre; su örneklerinin tamamında Mn ve Co, % 90'ında Cr ve % 39'unda ise nikel Ni yüksek düzeylerde belirlenmiştir. Araştırma bahçesi topraklarında Cr ve Ni kirliliğinin bulunduğu, Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Co ve Cd birikiminin olmadığı, bitki örneklerinde Fe ve Zn' nun düşük, Mn, Cu, Cr, Ni, Co, Pb ve Co'nun normal sınırlarda bulunduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar Bursa ovasında Nilüfer Çayı ile sulanan şeftali bahçelerinin ağır metaller ile kirlenme sürecinde olduğunu bildirmişlerdir.

Küçükali ve Atabay (2012) tarafından Nilüfer Çayı özelinde yerel yönetimler ile ilgili kamu kuruluşları ve üniversiteler tarafından yapılan çalışmalarda elde edilmiş olan kirlilik örnekleri değerlendirildiğinde; Bursa Ovası'nda tarımsal sulama amaçlı olarak kullanılan Nilüfer Çayı'nın Uludağ'daki kaynağından Bursa kent merkezine kadar olan bölümünün yüksek çözünmüş oksijen (ÇO), düşük biyolojik oksijen ihtiyacı (BOI₅) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) değerleri gösterdiğinden kirlenmemiş olduğu kabul edilmiştir. Buna karşılık kent merkezinden geçerek Bursa Ovası'na doğru ilerleyen kesiminde Nilüfer Çayı'nın ÇO değeri düşmekte, BOI₅ ve

KOİ değerleri ile kurşun, nikel, çinko, krom ve bakır konsantrasyonlarının yüksekliği dikkat çekmektedir. Su kalitesi açısından değerlendirildiğinde Nilüfer ayı'nın kaynağında su kalitesi ilgili parametrelere göre 1. sınıf su olduğu halde, 4.'cü kilometrede 500 kat, 14.'cü kilometrede 10.000 kat ve 38.'inci kilometrede 65.000 kat kirlenmekte ve 3. ve 4. sınıf su kalitesine dönüşmektedir. Bu olgunun başlıca nedeni; araştırma alanının doğal kaynaklarının fiziksel – biyolojik ve ekolojik özelliklerin göz ardı edildiği arazi kullanımı kararlarının getirdiği olumsuz etkiler neticesinde özellikle araştırma alanında yer alan sanayi ve kentsel ya da kırsal yerleşimlerin neden olduğu su, toprak ve hava kirlilikleridir. Araştırmacı bu kirliliğin yaklaşık olarak sadece yüzde 10'u evsel nitelikli olup, diğer büyük bir kısmını endüstriyel atıklara bağlı kirliliklerin oluşturduğunu bildirmiştir.

Tarımsal ürünlerin sulanması amacıyla kullanılan suların içerdiği ağır metal ve toksik bileşenlerin çok düşük miktarları bile öncelikle bitkiler için zararlıdır ve bitki yetiştiriciliğini kısıtlamaktadır (Ayers ve Westcot 1989, Pescod 1992, Anonim 1991).

Arıtılmış atık suların tarımda yeniden kullanımın öneminin anlaşılması ile birlikte pek çok ülkede bu konuda uygulama yöntemlerine yönelik rehberler hazırlanmıştır. Bunlara örnek olarak Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), WHO ve Amerikan Çevre Koruma Ajansı (EPA) rehberleri gösterilebilir. EPA rehberinde belirtildiği gibi, Florida eyaletinde yeniden kullanım amacıyla arıtılan atık suların yaklaşık % 19'u tarımda kullanılmıştır. Kaliforniya eyaletinde ise arıtılmış atık suların yaklaşık % 48'i sulama amaçlı kullanılmaktadır (Khoury ve ark. 1994).

Atık sular son yıllarda, hemen hemen tüm dünyada yaygın biçimde ve farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Özellikle, Ortadoğu ve Kuzey Afrika ülkelerinde su eksikliğine karşı bir önlem olarak, tarımsal sulamalarda kullanım oranı giderek atmaktadır (Hamoda 1998, Hamdy ve Lacirigniola 1999, Shatanawi ve ark. 2010).

Koç ve Kandemir (1996), Yeşilirmak'ın Almus-Erbaa kolu üzerinde bulunan yerleşim yeri ve endüstriyel sıvı atıkların, bazı kültür bitkilerinde, bitki boyu ve bitki ağırlıklarına olumlu etki yaptığını belirtmişlerdir.

Aşık ve ark. (1997) tüm dünyada olduğu gibi, ülkemizde de meydana gelen kuraklıklar nedeniyle, özellikle tarımsal sulamada, iyi nitelikli suların kullanılması yerine seçeneysel su kaynaklarının devreye sokulmasının son derece önemli olduğunu ifade etmişlerdir. Seçeneysel su kaynaklarının başında arıtılmış atık suların geldiğini bildirmişlerdir.

Türkiye’de ayrıntılı biçimde hazırlanmış standartlara karşın, birkaç küçük sanayi ve Güneydoğu Anadolu Projesi’nde (GAP) bir pilot proje dışında, sulamada, atıksu yaygın olarak, kullanılmamaktadır. Bu durum, sulanır alanlar için yeterli miktarda sulama suyu sağlanmasından veya sulama alanları henüz su kaynakları bakımından sınır değerlere ulaşmamış olmasından kaynaklanmaktadır. Başka bir deyişle üretici hala yeterli miktarda sulama suyu bulabilmektedir (Kanber ve ark. 2005).

Ülkemizde turistik yapılaşmanın ve yatırımların yoğunlaştığı Ege-Akdeniz kesiminde arıtma tesislerinin çıkış suları site yerleşimlerinde bahçe, park sulaması için değerlendirilirken, bazı yerlerde de stabilizasyon havuzlarında biriktirilerek tarımsal amaçla kullanılmaktadır. Tarım, su ve atıksu sektörlerinde finansman ve teşvikle ilgili uygulamaların bu bağlamda mevzuatla güçlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, Ülkemizde şeker ve kâğıt fabrikalarından kaynaklanan atıksuların sulama işleminde kullanılması da yaygın ve uygun olan bir yöntemdir (Anonim 2007, Aslan 2008).

Gutierrez ve ark. (1995), Mexico City’de atık su uygulanan arazilerde ağır metal birikimini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, atık su ile sulanan topraklarda ve bu topraklarda yetiştirilen bitkilerde Pb, Cd, Cu, Zn düzeylerinin kritik değerleri geçmediği, ancak toprağın alt katmanlarında bu metallerin birikme eğilimi gösterdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, atık sulardaki tuz içeriği toprak tuzlulaşmasını tehdit ederken, yüksek organik madde ve reaksiyon (pH) değerlerinin de ağır metallerin çözünürlüğünü, alınmalarını ve taşınmalarını engellemekte olduğunu ortaya koymuşlardır.

Katkat ve ark. (1996), Gemlik Gübre Sanayi A.Ş. Fabrikası atık sularından tarımda yararlanma olanaklarıyla birlikte toprakların kimi özellikleri üzerine etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Bu amaçla U.Ü. Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği’nde 3 yıllık bir tarla denemesi yürütmüşlerdir. Çalışmada; doğrudan sulama

suyu olarak ve belirli oranlarda sulama suyu ile (1:4, 1:2, 1:1) karıştırıldıktan sonra toprağa uygulanan atık suların topraktaki iyon konsantrasyonu ve bitki gelişimi üzerine etkileri incelenmiştir. Atık sularda sulama amacıyla alınan örneklerde yapılan analizler sonucunda çeşitli parametreler (pH, EC, nitrat (NO_3^-) ve amonyum (NH_4^+) başta olmak üzere) yönünden yıllar arasında olduğu gibi aynı yıl içerisinde de farklılıklar saptanmıştır. Yapılan analizlerde yıllara göre atık suyun pH'sı 2.17-9.16, EC'si 3133-5562 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olarak belirlenmiş ayrıca atık suyun anyon ve katyon analizleri yapılmıştır. Deneme sonuçlarına göre; atık su ile sulanan toprakların pH'sında düşme görülürken elektriksel iletkenliğinde önemli düzeyde artış saptamışlardır. Yalnız atık su ile sulanan parsellerden elde edilen domates veriminin düşük olmasına karşın atık suyun belirli oranlarda sulama suyu ile karıştırılarak sulanan parsellerden elde edilen domates verimi normal sulama suyu ile sulanan parsellerden daha fazla bulunmuştur. Ancak atık su mısır verimi üzerine etkili olmamıştır.

Ağır metallerin bitki bünyesine alınabilirliği asidik toprak koşullarında ($\text{pH}<5.5$) artış göstermektedir. Kimyasal içerikleri yönünden, tarımsal alanlarda atık suların sulama için kullanılmasında dikkat edilmesi gereken temel sorun, toksik kimyasalların toprakta birikmesi ve yıkanarak yüzey ve yeraltı suyu kaynaklarına karışmalarıdır. Sonuç olarak endüstriyel atıksuların kontrolsüz olarak doğal ortamlara bırakılması taşıdıkları kirlilik etmenlerinin toprak alanlara taşınmasına ve besin zinciri yolu ile insana kadar ulaşmasına neden olabilmektedir (Okur ve ark. 2002, Birgül ve Solmaz 2007).

Doğan (2003) Şanlıurfa' da yaptığı bir çalışmada, şehir merkezinden geçen, evsel ve sanayi atık sularının döküldüğü Karakoyun deresi suyu ile sulanan soğan bitkisinde toksik element birikimini araştırmıştır. Çalışmada, kullanılan atık suda, arsenik (As), Cu ve Cd elementlerinin sulama suları için sınır değerlerinin üzerinde olduğu vurgulanmıştır. Sonuçta, araştırmacılar, soğan bitkisinde biriken Cd miktarının, daha önce yapılmış çalışmalar ışığında, insan sağlığı için zararlı etkileri bulunacağını bildirmiştir.

Karataş ve ark. (2005), İzmir ilinde oluşan evsel ve endüstriyel nitelikli atık suların arıtıldıktan sonra denize deşarj edilmesi yerine Menemen Ovasında sulama suyu olarak kullanılabilirliğini incelemiştir. Bu amaçla, biyolojik arıtma işleminden geçirilen İzmir

ili evsel ve endüstriyel nitelikli atık sularının sulamaya uygunluğu, bazı sulama suyu kalite parametreleri yönünden Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği ve ilgili literatürler ışığında irdelenmiştir. Sonuç olarak İzmir kentsel arıtılmış atık suyunun, toplam tuz, EC, AKM, SAR, değişebilir sodyum yüzdesi (DSY) ve klor (Cl^{-1}) açısından birçok bitkinin tolerans sınırını aştığı ve dolayısıyla mevcut durumuyla bu suların sulamada kullanımının mümkün olmadığını belirtmişlerdir.

Üstün ve Solmaz (2007), Bursa ilinde kurulu bulunan bir Organize Sanayi Bölgesinden (OSB) kaynaklanan atıksuların mevcut arıtma tesisinde arıtıldıktan sonra sulama suyu olarak tekrar kullanılabilirliğini araştırmışlardır. OSB'de mevcut olan atıksu arıtma tesisinden çıkan arıtılmış atıksuyun, kimyasal çöktürme ve iyon değişimi yöntemlerine tabi tutularak sulama suyu standartlarını aşan kirletici parametreler üzerinde giderim verimleri tespit edilmiştir. Kimyasal çöktürme işleminde optimum giderim verimi pH 11'de sağlanmış olup AKM ve KOİ parametrelerinde sırasıyla %96, %31, renk parametresinde 436, 525 ve 620 nm (nanometre) dalga boylarında %75, %88 ve %90 giderim verimleri elde edilmiştir. İyon değişimi yöntemi ile 20 mL (mililitre) H-Tipi reçine/ 20 mL OH-tipi reçine oranında; %71 sülfat (SO_4^{-2}), %96 Cl^{-1} , %95 iletkenlik ve renk parametresinde 436, 525 ve 620 dalga boylarında ortalama %90 giderim verimleri elde edilmiştir. Çalışma neticesinde, atıksuyun kalitesinin I. sınıf sulama suyu kalitesine ulaştığı ve tekrar kullanılabilirliğinin mümkün olduğunu bildirmişlerdir.

Aşık ve Katkat (2005), Bursa'da bulunan bir gıda sanayii arıtma tesisi atıksuyu'nun sulama suyu olarak kullanım olanağını araştırmıştır. Bu amaçla atık su analiz değerleri 7.01.1991 tarih, 20748 sayılı resmi gazetede yayımlanan "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'nde belirtilen ve suların araziye verilmesi ve sulamaya uygunluğu açısından önerilen sınır değerlerle karşılaştırılmıştır. Çalışmada; arıtma tesisinden bir üretim periyodu boyunca belli zamanlarda alınan atık su örneklerinde, pH, EC başta olmak üzere bikarbonat (HCO_3^{-1}), karbonat (CO_3^{-2}), klor (Cl), sülfat (SO_4^{-2}), bor (B), sodyum (Na^{+}), potasyum (K^{+}), kalsiyum (Ca^{+2}), magnezyum (Mg^{+2}), BOI_5 , KOİ, AKM ve kimi analizler yapılmıştır. Arıtma tesisi atık suyunun sulama suyu olarak kullanım olanağını belirlemek amacıyla yapılan analizler sonucunda, atık suyun zamana bağlı olarak C_3S_1 (yüksek tuzlu) ve C_4S_2 (çok yüksek tuzlu) sulama suyu sınıflarına girdiği belirlenmiştir. Sonuç olarak analizleri yapılan atık

suyun yüksek tuzluluk tehlikesine sahip su olması ayrıca sulama suyunun C_3S_1 ve C_4S_2 sınıfına girmesi nedeniyle sulama amaçlı kullanılmak istenmesi halinde dikkatli olunması gerekmektedir. İlk olarak tesis çevresinde daha iyi kalitede suların sulama amaçlı kullanılması tercih edilmeli ancak su kaynağı sıkıntısı olması durumunda bu arıtma suyunun kullanımı yoluna gidilmelidir. Ülkemizde ortaya çıkan bu tür atık suların sulama suyu açısından alternatif yaratabileceği ancak kullanımı durumunda, sulama ile birlikte toprakta tuz birikimine bağlı olarak toprağın tuz içeriğindeki değişim ve bitki gelişimi üzerine etki bakımından tuzluluğa hassas bitkilerin sulanması durumunda sorunların ortaya çıkabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Kukul ve ark. (2007)' na göre, atık suların uygun bir strateji ile denetimli olarak tarımda kullanılması, bu suların uzaklaştırılması için iyi ve yararlı bir yöntem sayılmaktadır. Bu sayede yalnızca değerli temiz su kaynakları korunmakla kalmaz aynı zamanda, atık suların içerdiği bitki besin maddeleri bitki yetiştiriciliğinde üstünlük sağlar. Atık suların azot ve fosfor içeriği, tarımsal gübre gereksinimini azaltmakta veya bazen tamamen ortadan kaldırmakta ve bitki yetiştiriciliği için yararlı olan toprak mikroorganizmalarının metabolik etkinliklerini artırmaktadır. Geri kazanılmış, toksik ağır metal içermeyen atık suların toprak verimliliğini artırdığı yönünde araştırmalar bulunmaktadır.

Arslan - Alaton ve ark. (2005), Silivri- İstanbul, Paşaköy-İstanbul, Yumurtalık-Adana ve Kayseri belediyelerinin kentsel arıtılmış atıksularının kalitelerinin, sulama suyu olarak uygunluğunu, su kirliliği yönetmeliği çerçevesinde değerlendirdikleri bir çalışma yürütmüşlerdir. Tüm arıtma tesislerindeki atıksular ağır metal içeriği açısından, standartlara uygun bulunmuştur. BOI_5 , SO_4 , pH ve B içeriği açısından hemen hemen tüm tesislerdeki arıtılmış atık sular I. Sınıf sulama suyu özelliği taşıırken, toplam çözünmüş katı madde (TDS), NO_3^- , EC ve SAR bakımından III. ve IV. sınıf sulama suları arasında yer almıştır. Su kirliliği yönetmeliği çerçevesinde, tüm arıtılmış atık sularda özellikle fekal kaliform düzeyinin IV. ve V sınıf olduğunu bildirmişler ve sulama suyu olarak uygun olmadığını vurgulamışlardır. Araştırmacılar, ele alınan, kentsel atıksu arıtım tesislerinin bazılarında dezenfeksiyon ünitelerinin bulunmadığını, ünitelerin bulunduğu tesislerde ise tatmin edici ve etkili şekilde işletilmediğini, bunun

nedeninin de, işletme masraflarının oldukça yüksek olmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Endüstriyel atıksular ile kirlenen toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde değişimler olması kaçınılmazdır (Angin ve Yaganoğlu 2009). Toprağın mikrobiyolojik aktivitesinde değişime yol açabilecek faktörler arasında endüstriyel atıksuların taşıdıkları toksik bileşikler ve farklı pH değerleri başta gelmektedir. Grigoryan ve Galstyan (1979) endüstriyel atıksular ile kirlenmiş bir nehir ile sulanan topraklarda invertaz aktivitesini temiz su ile sulanan topraklara göre %82, fosfataz'ı %60, üreaz'ı %62, katalaz'ı %61 ve toprak solunumunu ise %30 daha az olarak saptamışlardır. Toprakta ağır metal gibi toksik faktörlerin eşik değerlerin üzerine çıkması durumunda mikrobiyal sayı ve aktivitenin olumsuz etkilendiği pek çok araştırma ile ortaya konulmuştur (Zdenek ve ark. 2000). Yapılan çalışmalarda endüstriyel atıksular toprağın mikrobiyal dengesini bozmakta, yapısını ve verimliliğini etkilemekte, çoğu zaman da geri dönüşü imkânsız sonuçların doğmasına yol açtığını ispatlamıştır.

Okur ve ark. (2001), Büyük Menderes ve Gediz Nehrinde yapmış oldukları çalışmada nehirlerin tüm yıl boyunca yoğun bir tuzlanma ve organik kirlenme ile karşı karşıya olduğunu ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar kirlenmenin boyutlarının su örneği alınan noktalara göre de farklılık gösterdiğini belirtmektedirler.

Menemen Ovası toprakları için de ana sulama kaynağı olan Gediz Nehri'nin, sulama suyu kalitesi ile ağır metal ve iz element içeriğinin alansal değişiminin incelendiği bir çalışmada, EC 200-1650 $\mu\text{S cm}^{-1}$; buharlaştırma kalıntısı 127,6-1166,4 mg l^{-1} ; pH 7,08-8,00; Cl^{-} 0,35-6,93 meq l^{-1} ; SAR 0,04-3,30 değerleri arasında belirlenmiştir. Aynı çalışmada, Gediz Nehri su kalitesinin, nehrin doğduğu yer olan Murat Dağı'ndan, döküldüğü yer olan Foça'ya doğru azaldığı; ayrıca kirliliğin de arttığı araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır (Delibacak ve ark., 2002).

Şener ve ark. (2002), Çanakkale, Ezine ve Lapseki yöresindeki yüzey, yeraltı ve rezervuar sularının sulama suyu kalite özelliklerini belirlemek amacıyla yaptıkları bir çalışmada, sulama dönemi boyunca aldıkları su örneklerinin EC, pH, sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$),

NO_3^- , nitrit (NO_2^-), $\text{CO}_3^{=}$, HCO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$, Cl^- , K^+ , Na^+ , kalsiyum + magnezyum ($\text{Ca}^{+2}+\text{Mg}^{+2}$), RSC ve SAR yönünden sulamaya uygunluklarını araştırmışlardır. Araştırma sonucunda, aldıkları tüm su örneklerinin, Halileli, Yeni Mahalle ve Umurbey kuyu suları hariç sulamaya uygun olduklarını belirlemişlerdir. Söz konusu bu kuyularda ise NO_3^- seviyesinin yüksek çıktığını ifade etmişlerdir. Ayrıca kimyasal yönden yüzeysel sularının yeraltı sularından daha iyi olduğunu belirtmişlerdir.

Arslan ve ark. (2007), Bafra Ovası yer altı sularının sulamaya uygunluklarını belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, 2005 yılının haziran, temmuz ve ağustos aylarında 10 kuyudan aldıkları su örneklerinin EC, pH, Na^+ , Ca^{+2} , K^+ , Mg^{++} , $\text{CO}_3^{=}$, HCO_3^- , $\text{SO}_4^{=}$, Cl^- , RSC ve SAR yönünden sulamaya uygunluklarını değerlendirmişlerdir.

Kara ve ark. (2008), Erkenez Çayı'nın kirlilik durumunu fiziko-kimyasal parametrelerle belirlemişlerdir. Çalışmada, alınan su örnekleri; çözünmüş oksijen, pH, EC, NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , P, $\text{SO}_4^{=}$, Ca, Na ve K yönünden analize tabi tutulmuştur. Araştırma sonucunda sülfat, nitrit ve fosfat değerlerinin oldukça yüksek çıktığı ifade edilmiştir.

Ayrancı (2006) tarafından Muğla-Ortaca yöresindeki seralarda sulama amaçlı kullanılan yer altı sularının kalitelerinin belirlenmesi amacıyla bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Alınan su örneklerinde EC, pH, Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^+ , K^+ , $\text{CO}_3^{=}$, HCO_3^- , Cl^- ve $\text{SO}_4^{=}$ analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlardan yararlanarak SAR, RSC ve % Na^+ değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; örneklerin %76'sı C_2S_1 , %24'ü ise C_3S_1 sınıfına girmiştir. SAR ve % Na yönünden tüm örnekler 1. sınıfta yer almıştır. En önemli sorunun ise Cl^- olduğu belirtilmiştir. Ayrıca örneklerin %76'sında sülfata rastlanmıştır.

Sönmez ve ark. (2004), Demre yöresi seralarında kullanılan sulama sularının sulamaya uygunluklarını tuzluluk yönünden farklı dönemlerde aldıkları su örnekleri üzerinde araştırmışlar ve suların genellikle C_2 ve C_3 sınıflarına girdiklerini belirtmişlerdir.

Kumbur ve ark. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, Mersin ili sınırları içerisinde kullanılan tarımsal ilaçların (pestisitlerin) etkin maddelerinde yer alan ağır metallerin

sulardaki kalıntı miktarları araştırılmıştır. Bu amaçla toplam 32 adet su kaynağından (akarsu ve sulama kanalı) ekim öncesi, bitkilerin gelişme süreci ve hasat sonrası olmak üzere üç periyotta örnekler alınmıştır. Alınan bu örneklerde tarımsal ilaç kaynaklı olabileceği düşünülen ağır metal (Cu, Mn, Cr, Ni, Mo) düzeyleri ile pH, tuzluluk ve iletkenlik gibi diğer fiziko-kimyasal parametreler analiz edilmiştir. Araştırma sonucunda, pH, tuzluluk ve iletkenlik gibi parametrelerin kullanılan tarımsal kimyasalların etkisiyle herhangi bir değişim göstermediği, ağır metal düzeylerinde ise bölgesel ve dönemsel değişmelerin olduğu belirtilmiştir.

Başar ve ark. (2002) tarafından yapılan bir çalışmada, Güney Marmara bölgesinin en önemli sulama suyu kaynağı olan İznik Gölü ve diğer sulama suyu kaynaklarının kalite özellikleri belirlenmiştir. Bu amaçla, sulama mevsiminin başında ve sonunda olmak üzere 2 defa su örnekleri alınmıştır. Araştırma sonucunda, göl suyu ve artezyen sularının tuzluluk ve sodyumluluk yönünden C_3S_1 , akarsuların ise C_2S_1 sınıfında yer aldığı belirtilmiştir. Ayrıca, incelenen su kaynaklarının B, Cl^- ve SO_4^{2-} içeriklerinin normal düzeylerde oldukları, göl suyunun HCO_3^- içeriğinin ise sınır değerlerin yakınında olduğu, ifade edilmiştir.

Shivkumar ve ark. (1995), Nakkavagu Havzasında yaptıkları bir çalışmada, değişik sektörlerden 300'den fazla fabrikanın atık sularının doğrudan etraftaki arazilere, sulama alanlarına ve yüzey sularına deşarj edildiği noktalarda, Cu, As, Se, Zn, B, Cr ve Fe gibi toksik iz elementlerin taşınımını incelemişler ve bu elementlerin yüzey ve yer altı suyuna karıştığını saptamışlardır. Kuyulardan alınan su örneklerinde, izin verilebilir limit değerlerden 5-10 kat daha fazla konsantrasyonlarda bu elementlerin olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, bütün kirleticilerin toplamını içerdiğinden, kirlenmenin bir göstergesi olarak kabul edilen TDS konsantrasyonlarının, endüstriyel alanların etrafında yer alan köylerdeki yer altı sularında 2500 mg l^{-1} değerlerine çıktığını saptamışlardır. Bu değer, içme suyu için izin verilebilir limitin yaklaşık beş katıdır.

Woo ve ark. (2000), Çin'in kuzey doğusunda yer alan Hunchun Havzasında yaptıkları su kalitesi belirleme çalışmasında; yer altı ve yer üstü su kaynaklarında Fe, Mn, Cd, F ve nitrat azotu (NO_3-N) kirliliğinin bulunduğunu, ancak hakim kirleticilerin Cd ve flor (F) elementleri olduğunu belirtmişlerdir. Bu kirliliğin ise; gübre kullanımından, sulama

uygulamalarından, akifer özelliklerinin değişiminden, mineral fazların çözünürlüğü ve evsel atık su deşarjlarından kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Yer üstü ve yer altı sularındaki Cd ve F'un geniş yayılımı ve yüksek konsantrasyonları nedeniyle, bu suların temel su kaynağı olarak kullanılması durumunda, önemli sorunlara neden olabileceğini belirtmişlerdir.

Çelik ve ark. (2001)'nin Yerköy ovası yer üstü ve yer altı sularının kalitesini ve birbiriyle olan ilişkilerini belirlemek amacıyla yaptıkları bir çalışmada, B ve Mn elementlerinin izin verilen maksimum değerleri aştığı ve bunun nedenlerinin litolojik kaynaklı olduğu belirtilmiştir.

Baba ve ark. (1999), İzmir Harmandalı düzenli atık depolama sahasının yer altı ve yer üstü su kaynaklarına etkisini araştırmak amacıyla yaptıkları çalışma sonucunda, örnekleme noktalarının büyük çoğunluğunda içme suyu açısından; bazı noktalarda ise sulama suyu açısından anyon, kation ve ağır metal parametrelerinin standartlarda verilen kritik değerleri aştığını ifade etmişlerdir. Bu durumun ise, deponi sahasından gelen sızıntı sularından ve arıtılmadan derelere boşaltılan endüstriyel ve evsel atık sularından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Kovancı (1979), İç Ege Bölgesi sulama sularının bitki besleme açısından niteliklerinin ve kimyasal içeriklerinin belirlenmesi üzerine yaptığı araştırmada, yer altı sulama sularının NO_3^- içeriklerinin genel olarak tehlikeli düzeyde olmadığını, bu sulara iz ile $7,23 \text{ meq l}^{-1} \text{ NO}_3^-$ (=iz ile $101,2 \text{ mg l}^{-1} \text{ NO}_3\text{-N'u}$) olduğunu, toplam 48 adet su örneği içerisinde sadece Selendi (Manisa) ilçesinden alınan su örneğinin diğer su örneklerine göre daha yüksek miktarda NO_3^- içerdiğini belirtmiştir.

Torunoğlu (1986), Mustafakemalpaşa Çayı'nda $0,273\text{-}1,613 \text{ mg l}^{-1} \text{ NO}_3^-$ (=0,062-0,364 $\text{mg l}^{-1} \text{ NO}_3\text{-N'u}$) bulunduğunu, akarsularda $50\text{-}150 \text{ mg l}^{-1} \text{ NO}_3^-$ (=11,3-33,9 $\text{mg l}^{-1} \text{ NO}_3\text{-N'u}$) içeriğinin kirlenme belirtisi olarak kabul edildiğini bildirmiştir.

Saatçi ve ark. (1988) Melez Çayı'nın evsel ve endüstriyel atıklarla kirlenmesini incelemiş ve bu Çayın NO_3^- içeriğinin $83,7\text{-}120,9 \text{ mg l}^{-1}$ arasında bulunduğunu bildirmişlerdir.

2.4.Sulama Suyunun Sınıflandırılmasında Kullanılan Sistemler

Sulama suyu kalitesinin saptanması için bunların sınıflandırılmasında kronolojik sınıflandırmaya göre başlıca 5 sistem geliştirilmiş bulunmaktadır. Ancak iklim, toprak ve bitki faktörleri göz önüne alınmadan yapılacak sınıflandırmalar gerçeğe yakın olmayacaktır.

Geliştirilen sistemler şunlardır;

1. Scofield sistemi
2. Wilcox ve Magistad sistemi
3. Wilcox grafik sistemi
4. Birleşik Amerika Tuzluluk Laboratuvarı grafik sistemi
5. Efektif ve potansiyel tuzluluk sistemi

2.4.1.Scofield sistemi

Sulama sularının sınıflandırılmasında Scofield tarafından oluşturulan ilk sınıflandırma sistemidir. Bu sistemde sulama suları elektriksel iletkenlik ($\mu\text{S cm}^{-1}$ 25°C) ve sodyum yüzde değerlerine göre sınıflandırılır. Sulama suları başlıca beş sınıfa ayrılmış olup her sınıftaki elektriksel iletkenlik ve yüzde sodyum değerleri Çizelge 2.1' de sunulmuştur (Ayyıldız 1983).

2.4.2. Wilcox ve Magistad sistemi

Bu sistem Wilcox ve Magistad tarafından beraberce geliştirilmiş olup Birleşik Amerika'nın pek çok eyaletinde geniş çapta kullanılmıştır. Bu sistem sulama sularını üç sınıf içerisinde toplamaktadır. Ayrıca Scofield sisteminde göz önüne alınan faktörlere ek olarak klor ve sülfat konsantrasyonları da sınıflamada göz önüne alınmaktadır. Her sınıftaki dört faktörün sayısal değerleri Çizelge 2.2'de sunulmuştur (Ayyıldız 1983).

Çizelge 2.1. Sulama suyunun sınıflandırılmasında müsaade edilebilir limitler (Scofield 1935)

Suyun sınıfı	Toplam Çözülmüş katı maddelerin konsantrasyonu	Konsantrasyon				
		EC*10 ⁶ ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	ppm	Sodyum %	me lt ⁻¹	
					Cl ⁻	SO ₄ ⁻²
Sınıf 1	Fevkalade	250	175	20	4	4
Sınıf 2	İyi	250-750	175-525	20-40	4-7	4-7
Sınıf 3	Müsaade edilebilir	750-2000	525-1400	40-60	7-12	7-12
Sınıf 4	Şüpheli	2000-3000	1400-2100	60-80	12-20	12-20
Sınıf 5	Uygun değil	>3000	>2100	>80	>20	>20

Çizelge 2.2. Sulama suları için standartlar (Wilcox ve Magistad 1943)

Sınıflar	Elektiriksel kondaktivite (μS)	Tuz muhtevası (ppm)	Sodyum (%)	Bor (ppm)
1.Sınıf	1000	700	60	0,5
2.sınıf	1000-3000	700-2000	60-75	0,5-2,0
3.sınıf	>3000	> 2000	> 75	> 2,0

Not: Sınıf 1: Fevkalade ile iyi arası (pek çok hallerde bitkilerin çoğu için uygundur)

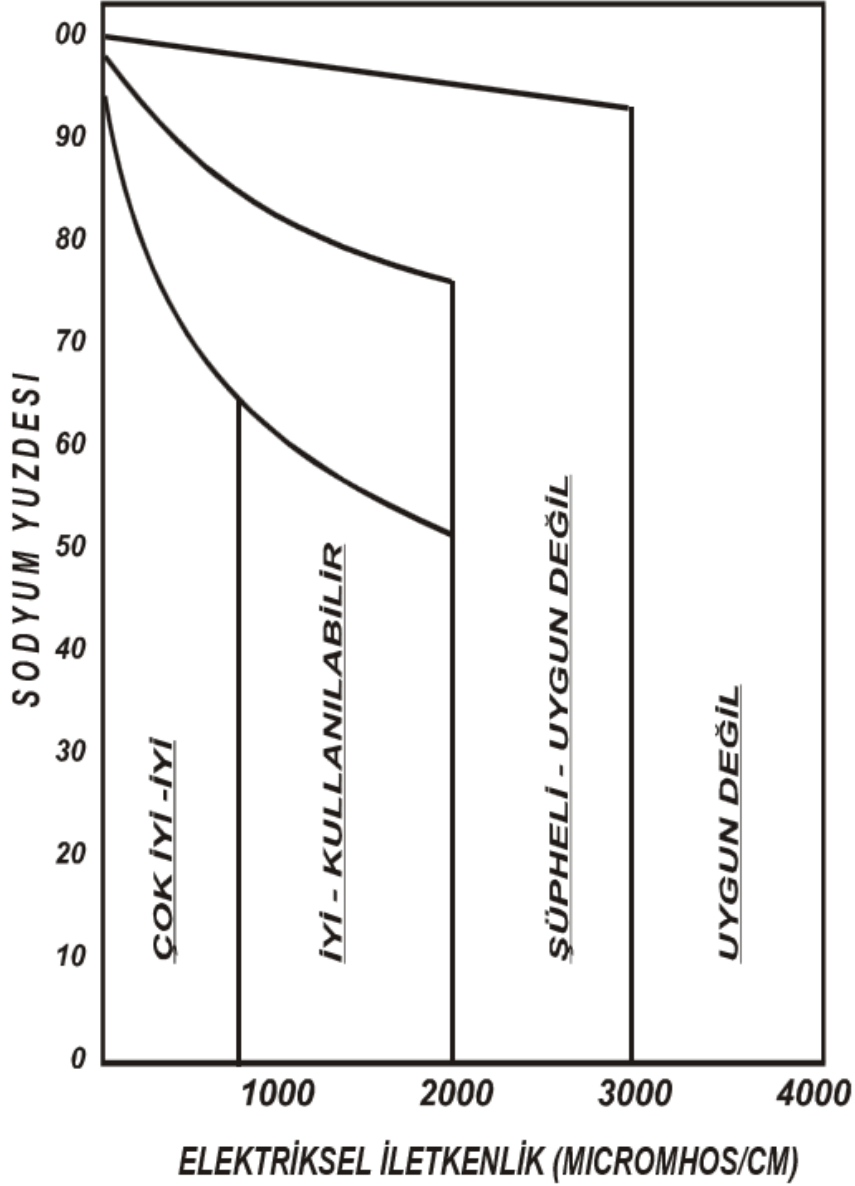
Sınıf 2: İyi ile zararlı olabilir arası (daha hassas bitkiler için zararlı olabilir)

Sınıf 3: Zararlı olabilir ile uygun değil arası (pek çok bitkiler için zararlı olabilir ve hemen bütün bitkiler için uygun değildir).

2.4.3. Wilcox grafik sistemi

Bu sistem Scofield sisteminde kullanılan iki faktörün göz önüne alınarak Wilcox tarafından geliştirilen bir grafik yardımı ile sulama sularının sınıflandırılmasını ön görmektedir (Şekil 2.2). Geliştirilen bu grafik şekilde gösterilmiştir. Şekilde gösterildiği gibi apsisde suyun elektriksel iletkenlik değerleri $\mu\text{S cm}^{-1}$ olarak ve ordinatta yüzde sodyum değerleri alınmıştır. Grafiğin incelenmesinden de görüleceği gibi yüzde sodyum standart değerleri Scofield sistemi kadar katı değildir. Sınıfların isimlerinden anlaşılacağı gibi grupların karışımı biçimindedir.

Bu sistem ülkemizde ilk zamanlarda kullanılmış ise de bundan sonra açıklanacak Birleşik Amerika Tuzluluk Laboratuvarı grafik sisteminin ortaya çıkmasından sonra terk edilmiştir (Ayyıldız 1983).



Şekil 2.2. Sulama suyunun sınıflandırılmasında kullanılan diyagram (Richard 1954)

2.4.4. Birleşik Amerika tuzluluk laboratuvarı grafik sistemi

Bu sistem 1954' te Birleşik Amerika Riverside, California Tuzluluk laboratuvarı elemanlarınca geliştirilmiştir. Bu sistemde toplam tuz konsantrasyonu değeri ($\mu\text{S cm}^{-1}$) olarak muhtemel tuz zararı ve sodyum adsorpsiyon oranı olarak muhtemel sodyum

zararı göz önüne alınmak suretiyle 16 farklı kategori meydana getirilmiştir (Ayyıldız 1983).

Bu sistemde, toprak bünyesi, toprak permeabilitesi, doğal drenaj koşulları, her sulama devresinde verilecek sulama suyunun miktarı, bölgenin iklim koşulları, yetiştirilen bitkilerin tuza dayanıklılık durumları ile ilgili olarak ortalama koşulların varlığı kabul edilerek bir sulama suyunun kullanıldığı düşünülür. Yukarıda belirtilen faktörlerden bir veya birkaçının uygun olmaması halinde, normal koşullar altında emniyetli bir şekilde kullanılan bu suyun, kullanımı sakıncalı duruma gelebilir. Bu durumun aksi olarak, normal koşullar altında kullanılması sakıncalı olan bir su, tarla koşullarının elverişliliği halinde bazen, kaliteli bir sulama suyu olarak kullanılabilir. Bu nedenle sulama sularının sınıflandırılmasında, kullanılan sistemlerin, ortalama koşullarla yakından ilişkili olduğu daima göz önünde bulundurulmalıdır (Sarıkaya 1994).

Sulama suları, A.B.D. Riverside Tuzluluk Laboratuvarı sınıflandırma sisteminde elektriksel iletkenlik ($EC \times 10^6$) değerine dayalı “tuzluluk zararı” (C) ile sodyumun diğer katyonlara olan nisbi oranına göre ve SAR değerine dayalı olarak “alkali zararı” (S) yönünden ayrı ayrı sınıflandırılmakta ve bu iki özelliğin kombinasyonu ile geliştirilmiş sulama sularının sınıflandırılması diagramından suyun sınıfı saptanmaktadır (EPA 1992).

2.4.4.1. Elektriksel iletkenlik değerine göre sınıflama

Ortalama koşullar altında, sulama sularının elektriksel iletkenliği ile toprağın doyumluk süzütüsünün elektriksel iletkenliği arasında çok yakın bir ilişki vardır. Yıkama yapılmaksızın uzun süre elektriksel iletkenliği yüksek tuzlu sularla sulanan topraklarda, doyumluk süzütüsünün elektriksel iletkenliğinin önemli ölçüde arttığı denemelerle saptanmıştır. Bu konuda, tarla şartlarında olası tuzluluk düzeyinin hesaplanmasında kullanılacak formüller de geliştirilmiştir (Pettygrove ve Asano 1994).

Doyumluk süzütüsünün elektriksel iletkenliği $4000 \mu S \text{ cm}^{-1}$ 'yi geçtiği zaman, tarla koşullarında tuzluluk zararı görülmeye başlamaktadır. Özellikle tuza duyarlı bitkilerde bitki gelişmesi yavaşlamakta, tuzluluk arttığı takdirde tamamen durmaktadır. Eriyebilir

tuzların konsantrasyonu arttıkça, tuza yarı dayanıklı ve dayanıklı bitkilerde bile, normal tuzsuz koşullara oranla önemli ölçüde ürün azalması meydana gelmektedir.

Çizelge 2.3'te değişik kültür bitkilerinin, doygunluk süzıntüsünün elektriksel iletkenliğine göre tuzluluk zararına dayanma durumları verilmektedir. Bu çizelgedeki tuza dayanıklılık sıralamasında, şu üç önemli faktör dikkate alınmaktadır.

1. Tuzlu topraklarda bitkinin yaşayabilme kabiliyeti,
2. Tuzlu topraklarda bitkinin verimi,
3. Benzer yetiştirme koşulları altında, tuzsuz bir topraktaki verime oranla, tuzlu bir topraktaki bitkinin oransal verimi (Petermann 1993).

Tuzluluk ile ilgili olarak suların elektriksel iletkenliklerinin ölçülmesi, sulama sularının kalitesinin belirlenmesi ve sulamadan ileri gelebilecek tuzluluk zararlarının tahmininde yeterli bir ölçü olarak yaygın biçimde kullanılmaktadır.

Bu sınıflandırma sisteminde sulama suları elektriksel iletkenlik değerlerine göre sınıflar arasındaki sınır noktaları 0, 250, 750 ve 2250 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olmak üzere başlıca dört sınıfa ayrılmışlardır. Bu sınıflar ve her sınıfa giren suların elektriksel iletkenlik değeri ile tarımsal yönden özellikleri aşağıda verilmiştir (Ayyıldız 1983).

1.Sınıf. Düşük Tuzlu Sular (C₁. Elektriksel iletkenlik değeri 0–250 $\mu\text{S cm}^{-1}$)

Bu sular her toprakta ve her bitki için uygun olup sulamada tuzluluk problemi yaratmadan rahatlıkla kullanılabilirler. Permeabilitesi çok düşük topraklar hariç normal sulama koşullarında yıkama kendiliğinden meydana geleceğinden bir problem yaratmazlar.

Çizelge 2.3. Kültür bitkilerinin tuzluluğa karşı oransal dayanmaları (Özbek 1990)

Toprağın doygunluk süzütüsünün elektriksel iletkenliği ECX10⁶ 25 °C' da (µS cm⁻¹)	Bitkilerin tuzluluğa karşı dayanma durumları
0-200	Kültür bitkilerinde tuzluluk zararı çok az veya hiç yok
2000-4000	Tuzluluğa karşı çok duyarlı olan bitkilerden verim sınırlandırılabilir. Bu bitkiler, Avakado, narenciye, çilek, şeftali, kayısı, badem, erik, elma, armut gibi meyveler, fasülye, kereviz, turp gibi sebzeler ile meadow foxrall tırfıl türlerinin pek çoğunu kapsayan yem bitkileridir.
4000-8000	Tuzluluğa orta derecede dayanıklı birçok bitki türlerinde verim sınırlandırılmaktadır. Bu gruptaki en duyarlı bitkiler üzüm, kavun, kabak, hıyar, bezelye, soğan, havuç, biber, patates, tatlı mısır, marul ile kısmen dayanıklı zeytin, incir, nar, karnabahar, lahana, domates, yulaf, buğday, çavdar, yonca, sudan otu, taş yoncası, keten, mısır ve prinçtir.
8000-16000	Yalnızca tuzluluğa dayanıklı bitkiler ayrı bir şekilde yetiştirilebilirler. Bu bitkiler: hurma, kuşkonmaz, kolza, hayvan pancarı, ıspanak, üçgül, arpa, yabani çavdar, İngiliz çimi, ayırık otu, pamuk ve şeker pancarıdır.
16000' den fazla	Yalnızca tuza çok dayanıklı bölgesel bazı halofit bitkiler doğal örtü olarak yetişebilirler.

2. Sınıf. Orta Tuzlu Sular. (C₂. Elektriksel iletkenlik değeri 250 – 750 $\mu\text{S cm}^{-1}$)

Bu sular orta derecede tuz bulundururlar. Tuza orta derecede dayanıklı olan bitkiler için rahatlıkla kullanılabilirler. Tuza hassas bitkilerde yıkamaya önem verilmelidir.

3. Sınıf. Yüksek Tuzlu Sular. (C₃. Elektriksel iletkenlik değeri 750 – 2250 $\mu\text{S cm}^{-1}$)

Bu sular fazla miktarda tuz bulunduran sulardır. Bu suların devamlı kullanılması halinde tuzluluk probleminin meydana gelmemesi için düzenli yıkama ve özel toprak işleme programının uygulanması gerekir. Özellikle uygun drenaj bulunmayan topraklarda kullanılmamalıdır. Yetiştirilecek bitkilerinde tuza dayanıklı olmaları gerekir.

4. Sınıf. Çok Yüksek Tuzlu Sular. (C₄. Elektriksel iletkenlik değeri 2250 $\mu\text{S cm}^{-1}$, den fazla)

Bu sular çok fazla miktarda tuz bulundururlar. Normal koşullar altında sulamaya uygun değildirler. Bazı özel koşullarda sulamada kullanılırlar. Toprakların fazla geçirgen olması, uygun drenajın bulunması, fazlaca yıkamanın yapılması ve tuza çok dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesi gibi durumlarda bu sular kullanılabilir.

2.4.4.2. Sodyum durumuna göre sınıflandırma

Bu sınıflamada sulama suyunun sodyum adsorpsiyon oranı göz önüne alınmaktadır. Bu yönden sınıflama, değişebilir sodyumun toprağın fiziksel özellikleri üzerine olan etkisine dayanmaktadır. Bununla beraber toprağın fiziksel özelliklerine zarar verebilecek konsantrasyondan daha az sodyumun bulunması halinde bile sodyuma hassas bitkiler, bitki dokularında sodyumun birikmesi sonucu zarar görebilirler.

Sodyumun adsorpsiyon oranı değerleri için yapılan sınıflamada her sınıf için belirli sınır değerlerini vermek mümkün olmamıştır. Bunlara ilişkin eğriler negatif eğimle geçirilmekte ve suyun elektriksel iletkenlik değeri yükseldikçe aynı sınıfa giren suyun sodyum adsorpsiyon oranı azalmaktadır. Buna göre yapılan sınıflamada da sular başlıca dört sınıfa ayrılmış olup her sınıfın özellikleri ana çizgiler halinde aşağıda verilmiştir (Ayyıldız 1983).

1.Sımf. Düşük Sodyumlu Sular (S₁)

Bu sular her toprak ve her bitki için uygun olup sulamada sodyum zararı meydana gelmeden kullanılabilirler. Ancak taş çekirdekli meyve ağaçları ve avakado gibi bazı sodyuma hassas bitkilerin sulanmasında daha dikkatli davranılmalıdır.

2.Sımf. Orta sodyumlu sular (S₂)

Bu sular kaba bünyeli ve permeabiliteleri iyi olan organik topraklarda rahatlıkla kullanılırlar. Yüksek katyon değiştirme kapasitesine sahip ağır bünyeli topraklarda özellikle düşük yıkama koşullarında ve toprakta jipsin bulunmadığı hallerde kullanılmalarında sakınca bulunmakta ve sodyum zararının doğmasına neden olmaktadır.

3.Sımf. Yüksek sodyumlu sular (S₃)

Bu sular genellikle permeabilitesi yüksek kumlu topraklarda kullanılabilirler. Toprağın toplam tuz konsantrasyonu düşük olmalıdır. Uygun drenaj, fazla yıkama ve organik madde ilavesi gibi bazı özel toprak işleme programı uygulanmadıkça bu suların kullanılması sakıncalıdır. İçerisinde jips bulunan topraklarda bu sular rahatlıkla kullanılırlar. Jips bulunmayan topraklarda kimyasal ıslah maddelerinin kullanılması gerekli olabilir.

4.Sımf. Çok yüksek sodyumlu sular (S₄)

Bu sular genellikle sulamaya uygun değildirler. Ancak toplam tuz konsantrasyonu düşük, eriyebilir kalsiyum miktarı yüksek olan topraklarda yıkamaya da önem vererek veya jips ve benzeri kimyasal ıslah maddelerinin beraberce verilmesi halinde sulamada kullanılabilirler.

2.4.4.3.Sulama sularının sınıflandırılması için Birleşik Amerika Tuzluluk Laboratuvarı Grafiği

Birleşik Amerika Tuzluluk Laboratuvarınca sulama sularının sınıflandırılmasında kullanılacak grafik, sulama sularının yukarıda açıklanan elektriksel iletkenlik ve sodyum adsorpsiyon oranı gibi iki özelliğine dayanılarak geliştirilmiştir. Bu grafik şekilde gösterilmiştir (Ayyıldız 1983).

Şekil 2.3'te görüldüğü gibi apsisde $\mu\text{S cm}^{-1}$ olarak suların elektriksel iletkenlik değerleri ve ordinatta da sodyum adsorpsiyon oranı gösterilmiştir. Bundan önce bu iki özelliğe göre yapılan sınıflamaların değişik kombinasyonu olarak C_1S_1 den C_4S_4 e kadar 16 farklı sulama suyu sınıfı özelliği meydana gelmektedir. Bunların anlamları daha önce açıklanmıştır.

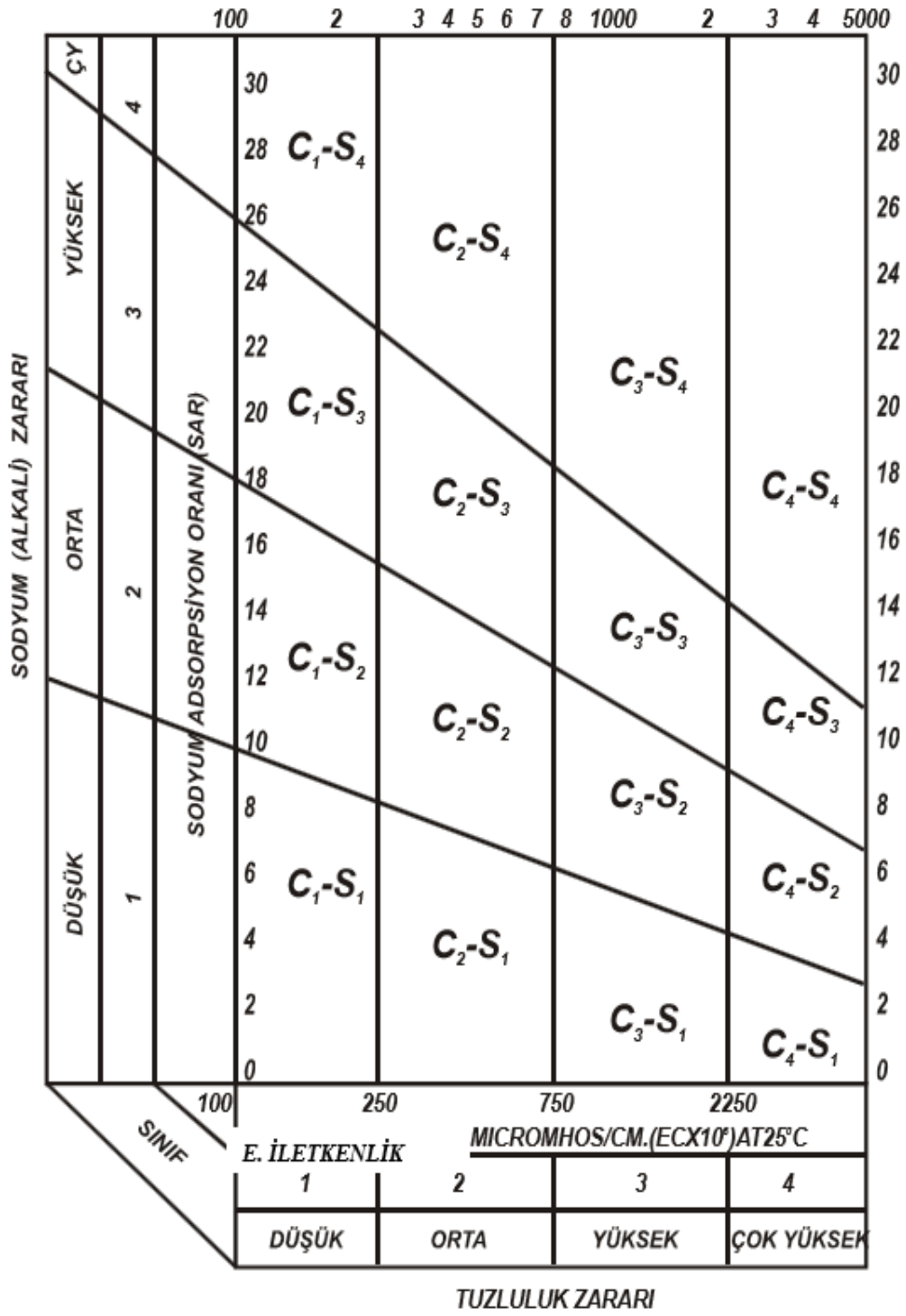
2.4.5. Efektif tuzluluk ve potansiyel tuzluluk değerine göre sınıflandırma

2.4.5.1. Efektif tuzluluk

Sulama sularının sınıflandırılmasında “efektif tuzluluk” görüşü ilk önce 1959 yılında Doneen (1959) tarafından ortaya atılmıştır. Doneen' e göre bir sulama suyunun toplam tuzluluk değeri için standartların tesis edilmesinde kalsiyum karbonat, magnezyum karbonat ve kalsiyum sülfat tuzlarının göz önüne alınmaması gerekmektedir. Çünkü bu tuzların eriyebilirlikleri oldukça sınırlıdır. Geriye kalan tuzlar için Doneen “efektif tuzluluk” terimini kullanmakta ve bu parametre için geçici bir sınıflama önermektedir.

Bu görüş henüz geniş çapta kabul edilmiş değildir. Yakın bir gelecekte kabul edileceği ümit edilmektedir. Diğer sınıflandırma sistemlerinin sahip olmadığı bazı teorik avantajları bulunmaktadır. Bu sistem sınıflamada da B.A. Tuzluluk Laboratuvarı sistemi gibi toprak özellikleri suyun kalitesinin sınıflandırılmasında göz önüne alınmaktadır (Ayyıldız 1983).

Doneen tarafından ileri sürüldüğüne göre sulama suyu içerisinde bulunan iyonlar birbirleri ile birleşerek eriyebilirlikleri oldukça sınırlı olan bazı tuzları meydana getirirler. Bunlar ortamdan ayrılacağından “geri kalan katyonların” toplamı suyun kalitesinin saptanmasında önemli rol oynayacaktır. Bunlara göre efektif tuzluluk suların laboratuvar raporlarındaki toplam iyon değerinden birbirini takip eden çıkarma işlemleri yapılarak hesaplanır. Toplam iyon konsantrasyonundan yapılacak çıkarmaların sırası şöyledir.



Şekil 2.3. Sulama sularının sınıflandırılmasında kullanılan diyagram (Richard 1954)

Birinci çıkarma: kalsiyum karbonat (kalsit)

İkinci çıkarma: magnezyum karbonat (dolomit)

Üçüncü çıkarma: kalsiyum sülfat (jips)

Bu çıkarmalardan sonra geriye kalan ise “kalıcı katyonların toplamı” olup buna Efektif Tuzluluk denilmektedir. Basit olarak yukarıda verilen formlarda kalsiyum ve magnezyumun çökmesinden sonra ortamda kalabilecek katyonların toplam miktarı “efektif tuzluluğu” vermektedir. Bu açıklamadan da anlaşılacağı gibi bu çökelmelerden sonra ortamda sodyum miktarı artacaktır. Bu nedenle sodyumun toprağa yapacağı zarar derecesi önceden tahmin edilebilmektedir (Ayyıldız 1983).

Bu hesaplamalara göre bulunan efektif tuzluluk değerine göre sulama sularının sınıflandırılması Çizelge 2.4’te gösterildiği gibi farklı bünyeli topraklara göre başlıca üç sınıfta toplanmaktadır (Ayyıldız 1983).

2.4.5.2.Potansiyel tuzluluk

Doneen (1959)’ e göre tuzluluğun etkileri “potansiyel tuzluluk” ile en iyi biçimde değerlendirilebilir. Potansiyel tuzluluk bir sulama suyunda bulunan klor konsantrasyonu ile sülfat konsantrasyonunun yarısının toplamı olarak tanımlanmaktadır.

$$\text{Potansiyel tuzluluk} = \text{Cl}^- + \frac{1}{2} \text{SO}_4^{2-}$$

Çizelge 2.4. Sulama sularının efektif tuzluluğa göre sınıflandırılması (Doneen 1959)

Toprak durumu	Kullanılan terim	Efektif Tuzluluk Sınıfları		
		1.sınıf	2.sınıf	3.sınıf
Toprağın yıkanması çok az veya hiç beklenemez	me l ⁻¹	3	3-5	5
	ppm	165	165-275	275
Sınırlı bir yıkama var derine sızma veya drenaj yavaş	me l ⁻¹	5	5-10	10
	ppm	275	275-550	550
Açık topraklar suyun derine sızması kolayca ikmal edilebilir	me l ⁻¹	7	7-15	15
	ppm	385	385-825	825

1. sınıf: bu sular özel işleme olmadan kullanılırlar.

2. sınıf: başarılı biçimde kullanılmaları için özel işleme gerekir. Bunların arasında düzenli yıkama, toprak ıslah maddesinin kullanılması, belirli bitkilerin yetiştirilmesi bulunmaktadır.

3. sınıf: bu sular genellikle sulama için uygun değildir.

Bu eşitlikle konsantrasyon tuzlarının eriyebilirlikleri oldukça fazla olup bazı bitkilere de toksik olmaktadır. Formülde sülfatın yarısının kullanılmasının nedeni bu iyonun klor'a oranla bitkilere daha az toksik olması ve kalsiyum sülfat halinde çökmesi nedeniyle de toprak içinde daha az birikerek daha az tuzluluk meydana getirmesidir (Ayyıldız 1983).

Çeşitli toprak koşulları altında üç sınıf sulama suyu için potansiyel tuzluluk sınırları Çizelge 2.4'te gösterilmiştir.

Çizelgenin incelenmesinden de görüldüğü gibi sulama suyunun laboratuvar analiz raporundan elde edilen klor ve sülfat iyonlarının yarısının toplamı olarak hesaplanan me l⁻¹ halindeki potansiyel tuzluluk değeri değişik toprak koşullarında bu sulama suyunun değişik su sınıflarına girmesine neden olmaktadır (Ayyıldız 1983).

Sonuç olarak sulama sularının sınıflandırılmalarında kullanılan sistemlerin bir listesi, söz konusu sistemlerde göz önüne alınan kriterleri belirtecek biçimde Çizelge 2.5'te sunulmuştur. Çizelgeden de izlenebileceği gibi ilk ortaya atılan sistemlerde genelde daha az sayıda sınıflandırma kriteri ele alınırken, özellikle 1960'lardan sonra geliştirilen sistemlerde EC ve sodyumluluğa ek olarak diğer bazı kriterler de göz önüne alınmıştır. Tüm dünyada geniş kullanım olanağı bulan sistem Anonymous (1954) sistemi olmuştur. Günümüzde bu sistem, ülkemiz dâhil olmak üzere kullanılmaktadır.

Çizelge 2.5. Sulama suyu sınıflandırma sistemleri ve göz önüne alınan kriterler (Yurtsever 1992)

Araştırmacı Adı	Yılı	Göz Önüne Alınan Kriterler
Schofield	1938	EC, % Na
Schofield	1935	EC, %Na, Cl, SO ₄
Wilcox ve Magistad	1943	EC, %Na, B, Cl
Wilcox	1948	EC, %Na
Thorne ve Thorne	1951	EC, %Na
Anonymous	1954	EC, SAR
Doneen	1954	Efektif Tuzluluk-ES
Doneen	1959	Potansiyel Tuzluluk-PS
Doneen	1966	Geçirgenlik Göstergesi-GG
Anonymous	1975	EC, Adj.SAR, %Na, Cl, B, HCO ₃ , NH ₄ -N,
Christiensen ve ark.	1977	EC, SAR, %Na, RSC, Cl, ES, B
Rijtema	1981	TDS, Cl, SAR
Soifer	1987	Sodyum İndeksi, Klor İndeksi

2.5. Arıtılmış Atıksuların Deşarjı ve Sulamada Kullanılması İle İlgili Yasal Düzenlemeler

2.5.1. Ülkemizdeki yasal düzenlemeler

Yetiştirilen ürün türü ve sulama yöntemine bağlı olarak gerekli arıtma metodu ile arıtılmış atık suda istenilen kalite seviyesi değişmektedir. Atıksuların tarımda kullanılması ile ilgili esaslar ve teknik sınırlamalar 7 Ocak 1991 tarihli Su Kirliliği Kontrolü Tebliği'ne göre Çizelge 2.6'da sunulmuştur.

Yine 7 Ocak 1991 tarihli Resmi Gazete' de yayımlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'ne göre mekanik veya biyolojik arıtmadan geçirilmiş atıksular herhangi bir dezenfeksiyon işlemine tabi tutulmaksızın tarla, Çayır ve meraların sulanmasında kullanılabilir. Buna karşılık aerobik stabilizasyon havuzları çıkış sularının bakteriyolojik yönden daha emniyetli oldukları bilinmektedir.

Çizelge 2.6. Atıksuların tarımda kullanılması ile ilgili esaslar ve teknik sınırlamalar (Anonim 1999)

Tarım Türü	Teknik Sınırlama
Meyvecilik ve Bağcılık	Yağmurlama metodu ile sulama yapmak yasaktır
	Yere düşen meyveler yenmemelidir
	Fekal koliform sayısı 1000/100 ml
Elyafli Bitki ve Tohum Üretimi	Salma yağmurlama sulama yapılabilir.
	Yağmurlama sulamada biyolojik olarak arıtılmış ve klorlanmış atıksularda kullanılabilir.
	Fekal koliform sayısı 1000/100 ml
Yem Bitkileri, Yağ Bitkileri	Salma sulama, mekanik arıtılmış atıksu
Yenmeyen Bitkiler ve Çiçeklik	

Resmi Gazete'nin 7.1.1991 tarihinde yayımlanan, 20747 sayılı "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin 46'ncı maddesinde arıtılmış atık suların sulamada kullanılması ile ilgili olarak; atık suların araziye verilmeye veya sulamaya uygun olup olmadığını belirlemek için incelenmesi gereken en önemli parametreler belirtilmiştir. Bunlar;

1. Suyun içindeki çözülmüş maddelerin toplam konsantrasyonu ve elektriksel iletkenlik değeri.

2. Sodyum iyonu konsantrasyonu ve Sodyum iyonu konsantrasyonunun diğer katyonlara oranı.
3. Bor, ağır metal ve zehir etkisi olabilecek diğer maddelerin konsantrasyonu.
4. Bazı koşullarda kalsiyum ve magnezyum iyonlarının toplam konsantrasyonu.
5. Toplam katı madde, organik madde yükü, yağ ve gres gibi yüzen maddelerin miktarı.
6. Patojen mikroorganizmaların miktarıdır.

Bu şekilde bilinçsizce yapılan bir sulama sonucu toprağa bulaşan ağır metaller veya metalik olmayan ana kirletici iz elementler bitkilerde toksik etki oluştururlar (Bilgin ve ark. 1995).

Su kirliliği ve kalitesi ile ilgili olarak “SKKY” ya göre kıta içi yüzeysel su kategorisine giren akarsular 4 ana sınıfa ayrılmıştır (Anonim 2004b);

Sınıf I: Yüksek kaliteli su,

Sınıf II: Az kirlenmiş su,

Sınıf III: Kirli su,

Sınıf IV: Çok kirlenmiş su.

Çizelge 2.7’ de sınıflandırma için geçerli su kalite parametreleri ve bunlara ait sınır değerleri Sınıf I, II, III ve IV için ayrı ayrı verilmiştir. Bir su kaynağının bu sınıflardan herhangi birine dâhil edilebilmesi için bütün parametre değerleri, o sınıf için verilen parametre değerleriyle uyum halinde bulunmalıdır.

Yukarıda belirtilen kalite sınıflarına karşılık gelen suların, aşağıdaki su kullanım alanları için uygun olduğu kabul edilir.

a) Sınıf I - Yüksek kaliteli su;

- 1) Yalnız dezenfeksiyon ile içme suyu temini
- 2) Rekreatiyonel amaçlar (yüzme gibi vücut teması gerektirenler dâhil),
- 3) Alabalık üretimi,
- 4) Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı,
- 5) Diğer amaçlar.

b) Sınıf II - Az kirlenmiş su;

- 1) İleri veya uygun bir arıtma ile içme suyu temini,
- 2) Rekreatyone amaçlar,
- 3) Alabalık dışında balık üretimi,
- 4) Teknik Usuller Tebliği'nde verilmiş olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu olarak,
- 5) Sınıf I dışındaki diğer bütün kullanımlar.

c) Sınıf III - Kirlenmiş su; gıda, tekstil gibi kaliteli su gerektiren endüstriler hariç olmak üzere uygun bir arıtmadan sonra endüstriyel su temininde kullanılabilir.

d) Sınıf IV - Çok kirlenmiş su; Sınıf III için verilen kalite parametrelerinden daha düşük kalitede olan ve üst kalite sınıfına iyileştirilerek kullanılacak yüzeysel sulardır.

Çizelge 2.7'de Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri, Çizelge 2.8'de Sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonları ($\mu\text{g l}^{-1}$) Çizelge 2.9' de Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan kalite kriterleri verilmiştir.

Çizelge 2.7. Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (Resmi Gazete, 2008)

SU KALİTE SINIFLARI				
SU KALİTE PARAMETRELERİ	I	II	III	IV
A) Fiziksel ve inorganik- kimyasal Parametreler				
1) Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	25	25	30	> 30
2) Ph	6,5-8,5	6,5-8,5	6,0-9,0	6,0-9,0 dışında
3) Çözünmüş oksijen ($\text{mg O}_2 \text{ l}^{-1}$) ^a	8	6	3	< 3
4) Oksijen doygunluğu (%) ^a	90	70	40	< 40
5) Klorür iyonu ($\text{mg Cl}^{-} \text{ l}^{-1}$)	25	200	400 ^b	> 400
6) Sülfat iyonu ($\text{mg SO}_4^{-} \text{ l}^{-1}$)	200	200	400	> 400
7) Amonyum azotu ($\text{mg NH}_4^{+}\text{-N l}^{-1}$)	0,2 ^c	1 ^c	2 ^c	> 2
8) Nitrit azotu ($\text{mg NO}_2^{-}\text{-N l}^{-1}$)	0,002	0,01	0,05	> 0,05
9) Nitrat azotu ($\text{mg NO}_3^{-}\text{-N l}^{-1}$)	5	10	20	> 20
10) Toplam fosfor (mg P l^{-1})	0,02	0,16	0,65	> 0,65

Çizelge 2.7'nin devamı. Kıtaiçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (Resmî Gazete, 2004)

11) Toplam çözünmüş madde (mg l ⁻¹)	500	1500	5000	> 5000
12) Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	> 300
13) Sodyum (mg Na ⁺ l ⁻¹)	125	125	250	> 250
B) Organik parametreler				
1) Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg l ⁻¹)	25	50	70	> 70
2) Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) (mg l ⁻¹)	4	8	20	> 20
3) Toplam organik karbon (mg l ⁻¹)	5	8	12	> 12
4) Toplam kjeldahl-azotu (mg l ⁻¹)	0,5	1,5	5	> 5
5) Yağ ve gres (mg l ⁻¹)	0,02	0,3	0,5	> 0,5
6) Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri (MBAS) (mg l ⁻¹)	0,05	0,2	1	> 1,5
7) Fenolik maddeler (uçucu) (mg l ⁻¹)	0,002	0,01	0,1	> 0,1
8) Mineral yağlar ve türevleri (mg l ⁻¹)	0,02	0,1	0,5	> 0,5
9) Toplam pestisid (mg l ⁻¹)	0,001	0,01	0,1	> 0,1
C) İnorganik kirlenme parametreleri^d				
1) Cıva (µg Hg l ⁻¹)	0,1	0,5	2	> 2
2) Kadmiyum (µg Cd l ⁻¹)	3	5	10	> 10
3) Kurşun (µg Pb l ⁻¹)	10	20	50	> 50
4) Arsenik (µg As l ⁻¹)	20	50	100	> 100
5) Bakır (µg Cu l ⁻¹)	20	50	200	> 200
6) Krom (toplam) (µg Cr l ⁻¹)	20	50	200	> 200
7) Krom (µg Cr ⁺⁶ l ⁻¹)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	> 50
8) Kobalt (µg Co l ⁻¹)	10	20	200	> 200
9) Nikel (µg Ni l ⁻¹)	20	50	200	> 200
10) Çinko (µg Zn l ⁻¹)	200	500	2000	> 2000
11) Siyanür (toplam) (µg CN l ⁻¹)	10	50	100	> 100
12) Florür (µg F ⁻ l ⁻¹)	1000	1500	2000	> 2000
13) Serbest klor (µg Cl ₂ l ⁻¹)	10	10	50	> 50
14) Sülfür (µg S ⁻ l ⁻¹)	2	2	10	> 10
15) Demir (µg Fe l ⁻¹)	300	1000	5000	> 5000
16) Mangan (µg Mn l ⁻¹)	100	500	3000	> 3000
17) Bor (µg B l ⁻¹)	1000 ^e	1000 ^e	1000 ^e	> 1000
18) Selenyum (µg Se l ⁻¹)	10	10	20	> 20
19) Baryum (µg Ba l ⁻¹)	1000	2000	2000	> 2000
20) Alüminyum (mg Al l ⁻¹)	0,3	0,3	1	> 1
21) Radyoaktivite (pCi l⁻¹)				
alfa-aktivitesi	1	10	10	> 10
beta-aktivitesi	10	100	100	> 100
D) Bakteriyolojik parametreler				
1) Fekal koliform(EMS/100 mL)	10	200	2000	> 2000
2) Toplam koliform (EMS/100 mL)	100	20000	100000	> 100000

(a) Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birisinin sağlanması yeterlidir.

- (b) Klorüre karşı hassas bitkilerin sulanmasında bu konsantrasyon limitini düşürmek gerekebilir.
- (c) PH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu $0,02 \text{ mg NH}_3\text{-N L}^{-1}$ değerini geçmemelidir.
- (d) Bu gruptaki kriterler parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektedir.
- (e) Bora karşı hassas bitkilerin sulanmasında kriteri $300 \mu\text{g L}^{-1}$ 'ye kadar düşürmek gerekebilir.

Çizelge 2.8. Sulama Sularında İzin Verilebilen Maksimum Ağır Metal Ve Toksik Elementlerin Konsantrasyonları (μgl^{-1}) (Resmi Gazete, 1991a; Bouwer and Idelovitch, 1987).

İz Element	Tüm topraklarda sürekli sulama yapılması durumunda	Killi nötr-alkali (pH=6,0-8,5) topraklarda 20 yıldan daha az sulama yapıldığında
Kadmiyum(Cd)	10	50
Krom (Cr)	100	1 000
Kobalt (Co)	50	5 000
Bakır (Cu)	200	5 000
Demir (Fe)	5 000	20 000
Kurşun (Pb)	5 000	10 000
Mangan (Mn)	200	10 000
Çinko (Zn)	2 000	10 000

Bor konsantrasyonları, Türkiye koşullarının bor kaynağı bakımından zengin ülkeler arasına girdiği için önemli olduğu bilinmektedir. Bitkilerin bor mineraline karşı dayanıklılıklarına göre sulama sularının sınıflandırılması Çizelge 2.10' da sunulmuştur. Aynı zamanda FAO sulama suyu kalite kriterleri Çizelge 2.11' de sunulmuştur

Çizelge 2.9. Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Kalite Kriterleri (Resmi Gazete, 1991).

Sulama Suyu Kalite Kriteri	Sulama Suyu Sınıfı				
	I. sınıf su (çok iyi)	II. sınıf su (iyi)	III. sınıf su (kullanılabilir)	IV. sınıf su (ihtiyatla kullanılabilir)	V. sınıf su (zararlı uygun değil)
EC ₂₅ ×10 ⁶ (µS cm ⁻¹)	0-250	250-750	750-2000	2000-3000	>3000
Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR)	<10	10-18	18-26	>26	-
Sodyum karbonat kalıntısı (RSC) (meq l ⁻¹)	<1,25	1,25-2,50	>2,50	-	-
Klorür (Cl ⁻) (mg l ⁻¹)	0-142	142-249	249-426	426-710	>710
Sülfat (SO ₄ ⁻) (mg l ⁻¹)	0-192	192-336	336-575	576-960	> 960
Toplam tuz konsantrasyonu (mg l ⁻¹)	0-175	175-525	525-1400	1400-2100	> 2100
Bor konsantrasyonu (mg l ⁻¹)	0-0,5	0,5-1,12	1,12-2,0	> 2,0	-
Sulama suyu sınıfı	C ₁ S ₁	C ₁ S ₂ C ₂ S ₂ C ₂ S ₁	C ₁ S ₃ C ₂ S ₃ C ₃ S ₃ C ₃ S ₂ C ₃ S ₁	C ₁ S ₄ C ₂ S ₄ C ₃ S ₄ C ₄ S ₄ C ₄ S ₃ C ₄ S ₂ C ₄ S ₁	-
NO ₃ ⁻ veya NH ₄ ⁺ (mg l ⁻¹)	0-5	5-10	10-30	30-50	>50
Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) (mg l ⁻¹)	0-25	25-50	50-100	100-200	>200
Askıda katı madde (AKM) (mg l ⁻¹)	20	30	45	60	>100
pH	6.5-8,5	6.5-8,5	6.5-8,5	6-9	<6 veya >9
Sıcaklık (°C)	30	30	35	40	> 40

Çizelge 2.10. Bitkilerin Bor Mineraline Karşı Dayanıklılıklarına Göre Sulama Sularının Sınıflandırılması (Resmi Gazete, 1991; Scofield, 1936).

Sulama Suyu Sınıfı	Bitkiler İçin Bor Konsantrasyonu (mg l ⁻¹)		
	Duyarlı Bitkiler ¹	Orta Derecede Dayanıklı Bitkiler ²	Dayanıklı Bitkiler ³
I	<0,33	<0,67	<1,00
II	0,33-0,67	0,67-1,33	1,00-2,00
III	0,67-1,00	1,33-2,00	2,00-3,00
IV	1,00-1,25	2,00-2,50	3,00-3,75
V	>1,25	>2,50	>3,75

1: Örnek : Ceviz, Limon, İncir, Elma, Üzüm ve Fasulye

2: Örnek : Arpa, Buğday, Mısır, Yulaf, Zeytin ve Pamuk

3: Örnek : Şeker Pancarı, Yonca, Bakla, Soğan, Marul ve Havuç

Çizelge 2.11. FAO standartlarına göre tarımsal sulamada kullanılacak su kalite kriterleri (Water Quality For Agriculture, 1982)

Muhtemel Sulama	Birim	Kullanımda kısıtlama derecesi		
		Yok	Az-Orta	Yüksek
Tuzluluk				
EC	dS m ⁻¹	<0,7	0,7-3	>3
Top, Çözünmüş	mg l ⁻¹	<450	450-2000	>2000
İnfiltrasyon				
SAR=0-3 ve EC	>0,7	0,7-0,2	<0,2	SAR=0-3 ve EC
SAR=3-6 ve EC	>1,2	1,2-0,3	<0,3	SAR=3-6 ve EC
SAR=6-12 ve EC	>1,9	1,9-0,5	<0,5	SAR=6-12 ve EC
SAR=12-20 ve EC	>2,9	2,9-1,3	<1,3	SAR=12-20 ve EC
SAR=20-40 ve EC	>5,0	5,0-2,9	<2,9	SAR=20-40 ve EC
Özel iyon Toksikitesi				
-Sodyum(Na)				
Yüzey sulama	SAR	<3	3-9	>9
Yağmurlama	mg l ⁻¹	<69	>69	
-Klor (Cl)				
Yüzey sulama	mg l ⁻¹	<142	142-355	>355
Yağmurlama	mg l ⁻¹	<96,5	>96,5	
Bor (B)	mg l ⁻¹	<0,7	0,7-3,0	>3
Çeşitli Etkiler				
Azot (NO ₃ -N)	mg l ⁻¹	<5	5-30	>30
Bikarbonat (HCO ₃)	mg l ⁻¹	<91,5	91,5-518,5	>518,5
pH	-	Normal aralık 6,5-8,0		

Özellikle kanalizasyon kaynaklı atıksular insan, hayvan ve bitki sağlığına zararlı organizmalar (bakteri, virüs, protozoa, helminth) içerebilmektedir. Çizelge 2.12’de atık sularda bulunabilecek patojen organizmalar verilmiştir. Su patojenik (hastalık yapan) mikroorganizmalar için iyi bir taşıyıcıdır. Tifo, paratifo, kolera, dizanteri, çocuk felci (polio) ve sarılık (hepatit) gibi salgın hastalıkların mikropları su ile taşınır ve yayılırlar. Atıksuların içindeki organik bileşikler arasında özellikle polychlorinated biphenyls (PCBs), fenoller ve pestisidler yer almaktadır. EPA özel limit gerektiren toksik organik ve inorganik kimyasalların bir listesini yapmıştır. Öncelikli kirleticiler olarak adlandırılan bu kirleticiler de Çizelge 2.13’te sunulmuştur.

Çizelge 2.12. Atıksularda bulunabilecek patojen mikroorganizmalar(Kowal 1985, EPA 1989)

	Patojenler	Hastalık ve Simptomları
Bakteri	<i>Shigella sp.</i> <i>Salmonella sp.</i> <i>Salmonella typhi</i> <i>Vibrio cholerae</i> Bağırsak patojenleri Escherichia coli Yersinia sp Campylobacter jeju	Tizanteri Salmonellosis Salmonellosis Kolera Mide ve bağırsak iltihabı İshal ve karın ağrısı Mide ve bağırsak iltihabı
Virüs	Hepatit A virüs Norwalk virus Rotavirus Coxsackie virus Echovirus	Karaciğer iltihabı, sarılık İshal Akut bağırsak ağrısı ve ishal Meningit, akciğer iltihabı, sarılık Felç, beyin iltihabı, ishal vb.
Protozoa	<i>Entamoeba histolytica</i> <i>Giardia lamblia</i> <i>Cryptosporidium sp.</i> <i>Balantidium coli</i>	İnce bağırsak iltihabı İshal, karın ağrısı, kilo kaybı Mide ve bağırsak iltihabı İshal ve dizanteri
Helminth	<i>Ascaris sp.</i> <i>Taenia sp.</i> <i>Necator americanus</i> <i>Trichuris trichuria</i>	Öksürük ve göğüs ağrısı Sinirlilik, uykusuzluk, iştahsızlık Bağırsak hastalıkları Karın ağrısı, ishal, kansızlık

Çizelge 2.13. Atıksulardaki kimi organik kirleticiler(Sniffer 2007)

Pestisidler	PCB
Aldrin	Halogenated aliphatics
Dieldrin	Chloroform
DDT/DDE/DDD	Carbon tetrachloride
2,4-D	Tetrachloroethylene
Heptachlor	Trichloroethylene
Lindane	Viny chloride
Malathion	
Monocyclic aromatics	PCDD ve PCDF
Benzene	Phenols
Toluene	Chlorophenol
Xylene	Pentachlorophenol
Ethylbenzene	Phenol
PAH	Phthalate esters
Pyrene	Diethylhexylphthalate
Fluranthrene	Surfactants
Benzo-[a]-pyrene	LAS
Benzo-[b]b-pyrene	Nonylphenol

2.5.2 Dünya sağlık teşkilatı (WHO) standartları

Atık su için var olan diğer önemli kurallar WHO tarafından özellikle gelişmekte olan ülkelerin ihtiyaçlarına odaklanarak belirlenmiştir. WHO kuralları mikrobiyolojik kaliteyi ve bu kaliteye ulaşmak için gerekli tedavi yöntemini belirlemektedir. Bu da parazitlerin kaldırılmasını sağlamak için dünyada gelişmekte olan en bulaşıcı maddesinin kullanımını sınırlamaktadır.

Aşağıda tarımda atıksuyun yeniden kullanılması için WHO standartları verilmiştir.

- ✓ Atıksu kullanılmak üzere bir kaynak olarak kabul edilir ama güvenli olmalıdır.
- ✓ Standartların amacı, aşırı enfeksiyona karşı açıkta bırakılmış popülasyonu korumaktır (tüketiciler, tarım işçileri, sulanan alanların yakınında yaşayan nüfuslar)
- ✓ Fekal koliform ve bağırsak nematodları patojen göstergeleri olarak kullanılmaktadır.
- ✓ Nematodların gelişmekte olan ülkelere enfeksiyon hastalıkları nedeniyle tedaviye daha dirençli olan parazitlerin varlığının esas olduğu kurallara dahildir.

- ✓ Daha iyi yeniden yönetim uygulamalarını içeren tedbirler atıksu kalitesi ve tedavi hedefleri yanında önerilmiştir; atıksu ile sulanacak bitkiler üzerinde kısıtlamalar, artan sağlık koruması ve kişisel hijyen gözlenmesini sağlayana sulama yöntemlerinin seçimi (koruyucu giysi kullanımını dahil).

3.MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

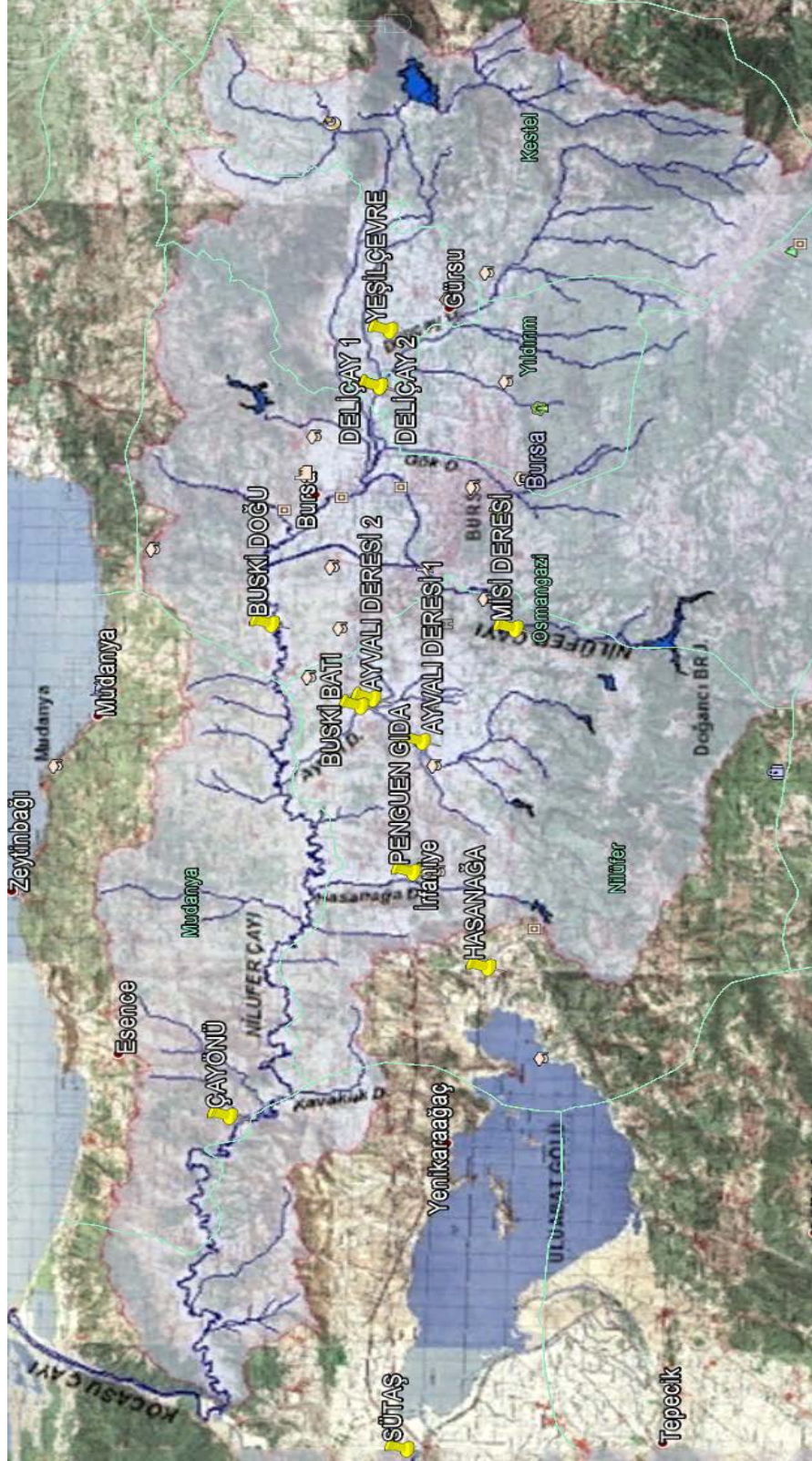
Araştırmanın ana materyalini Nilüfer Çayı ve Nilüfer Çayı'na deşarj edilen 5 adet atıksu arıtma tesislerinin arıtma suları oluşturmaktadır. Nilüfer Çayı'nın sulama suyu sınıfını ve su kalitesini belirleyebilmek için Nilüfer Çayı ve kollarını kapsayacak şekilde belirlenen bazı derelerden ve bu derelere atıksu deşarj eden bazı arıtma tesislerinden su numuneleri alınmıştır.

Su numunesi alınan yerler ve bu yerlerin çalışmada kullanılacak kısaltmaları aşağıdaki Çizelge 3.1' te sunulmuştur.

Çizelge 3.1. Su Numunesi Alınan Noktalar

S.NO	Örnekleme Yeri	Kısaltma
Arıtma Tesisleri		
1	Sütaş Süt Ürünleri A.Ş.Arıtma Tesisi	S
2	Penquen Gıda Sanayi A.Ş Arıtma Tesisi	P
3	S.S.Yeşil Çevre Arıtma Tesisi	YÇ
4	Buski Doğu Atıksu Arıtma Tesisi	BD
5	Buski Batı Atıksu Arıtma Tesisi	BB
Dereler		
1	Çayönü Köyü	Ç
2	Ayvalı Deresinin1. Noktası	A1
3	Ayvalı Deresinin 2. Noktası	A2
4	Hasanağa Deresi	H
5	Misi Deresi	M
6	DeliÇayın 1. Noktası	D1
7	DeliÇayın 2. Noktası	D2

Çalışma kapsamında su numunesi alınan noktalar Şekil 3.1' te gösterilmiştir.



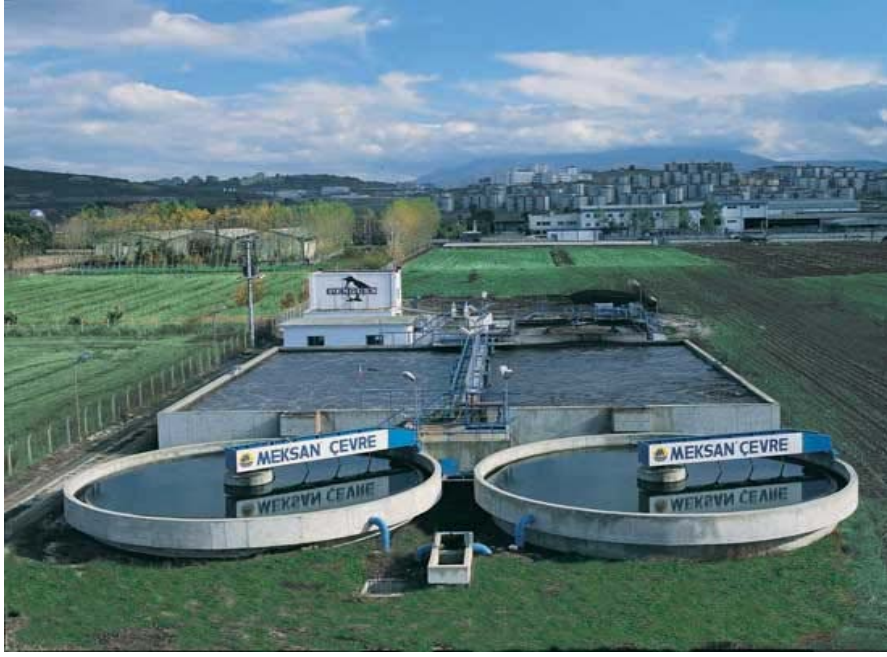
Şekil 3.1. Çalışma kapsamında örnekleme yapılan alanları

Atıksu numunelerinin alındığı Süttaş Süt Ürünleri A.Ş fabrikası, Bursa'nın Karacabey ilçesine bağlı Uluabat köyünde 50 bin metrekare kapalı toplam 120 bin metrekare alanda, günde 1,200 ton süt işleme kapasitesine sahiptir. Karacabey tesisi, üretim fabrikasının yanı sıra, damızlık üretim çiftliği ve süt hayvancılığı eğitim merkezini de kapsamaktadır. Kullanım sularının % 30'u geri kazanılmakta, arıtma tesisi çıkış sularının sulama ve temizlik amaçlı kullanım suyu olarak değerlendirilmesine ilişkin araştırma geliştirme (Ar-Ge) projeleri yürütülmektedir. Arıtma tesisinin genel görünümü aşağıda gösterilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Süttaş Süt Ürünleri Arıtma Tesisinin genel görünümü

Penquen Gıda Sanayi A.Ş atıksu örneklerinin alındığı fabrika, 149 bin metrekare açık arazi üzerine kurulu olup, 62 bin metrekarelik kapalı alanda başlıca 40 çeşit üründen işlenmiş sebze ve meyve üretimi yapılmaktadır. Fabrikanın arıtma tesisi 4000 metrekare alan üzerine kurulmuştur. Tesisin atık su kapasitesi $5500 \text{ m}^3 \text{ gün}^{-1}$ 'dir. Arıtma tesisinin tipi tek kademeli biyolojik arıtmadır (Şekil 3.3). Arıtma tesisinden ortaya çıkan atık sular hemen yakında bulunan Hasanağa deresine deşarj edilmektedir (Şekil 3.4).



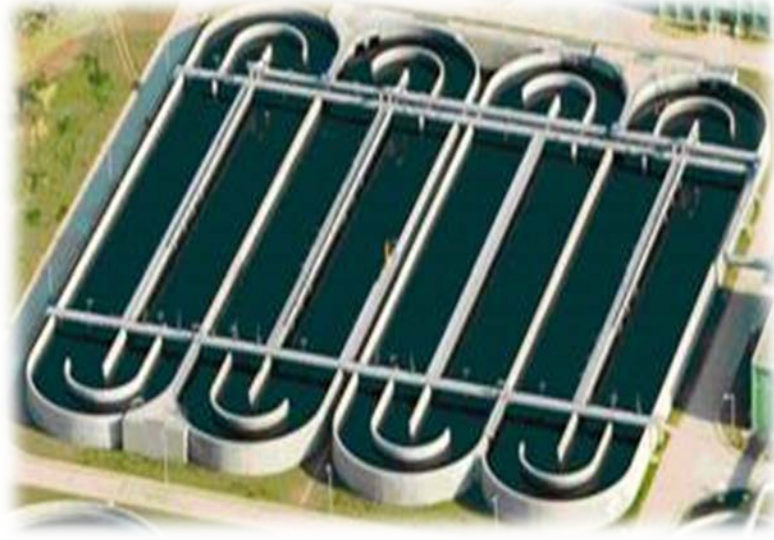
Şekil 3.3. Penguen Gıda Sanayi A.Ş Arıtma Tesisi'nin genel görünümü



Şekil 3.4. Penguen Gıda Sanayi A.Ş Arıtma Tesisi'nden çıkan atık suyun yakındaki Hasanağa Deresi'ne deşarj edildiği noktanın görünümü.

Bursa Doğu Atıksu Arıtma Tesisi, kentin doğu havzasındaki evsel atıksuların arıtılması amacıyla Küçük Balıklı mevkiinde, 250,000 m²'lik bir alanda kurulmuş, yaklaşık olarak

1,550,000 eşdeğer nüfusa hitap edecek şekilde, ortalama proje debisi 2017 yılı için $240,000 \text{ m}^3\text{gün}^{-1}$ ve 2030 yılı için $320,000 \text{ m}^3\text{gün}^{-1}$ evsel atıksuyun arıtılmasına hizmet edecek kapasitede iki aşamalı projelendirilmiştir İleri biyolojik arıtma proseslerinin uygulandığı tesislerde, azot ve fosfor giderimi de gerçekleştirilmektedir. Tesis Nisan 2006'da tamamlanarak işletmeye alınmıştır. Tesisin havalandırma tankları Şekil 3.5'de ve numune alma noktası Şekil 3.6'de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Buski Doğu Atıksu Arıtma Tesisi havalandırma tankları



Şekil 3.6. Buski Doğu Atıksu Arıtma Tesisi örnek alım noktası

Bursa Batı Atıksu Arıtma Tesisi, kentin batı havzasındaki evsel atıksuların arıtılması amacıyla Özlüce mevkiinde, 100,000 m²'lik bir alanda kurulmuş, yaklaşık olarak 650,000 eşdeğer nüfusa hitap edecek şekilde, ortalama proje debisi 2017 yılı için 87,500 m³gün⁻¹ ve 2030 yılı için 175,000 m³gün⁻¹ evsel atıksuyun arıtılmasına hizmet edecek kapasitede iki aşamalı projelendirilmiştir. İleri biyolojik arıtma proseslerinin uygulandığı tesislerde, azot ve fosfor giderimi de gerçekleştirilmektedir. Tesis Nisan 2006'da tamamlanarak işletmeye alınmıştır. Deşarj noktası (Şekil 3.7) aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Bursa Batı Atıksu Arıtma Tesisi Deşarj noktasının görünümü

S. S. Yeşil Çevre Arıtma Tesisi İşletmesi Kooperatifi Arıtma tesisi kentin doğu bölgesinde bulunan 307 sanayi kuruluşunun evsel ve endüstriyel atıkları ile birlikte, Kestel ve Gürsu ilçelerinin evsel atıklarını arıtmaktadır. Tesis günlük 52,500 m³gün⁻¹ kapasite ile çevre ve çevrecilik boyutunda çok önemli bir misyon üstlenmiştir. Özel İdarenin ve Bursa Büyük Şehir Belediyesi adına Bursa su ve kanalizasyon idaresi (BUSKİ)'nin de kooperatif yönetiminde olması ve Bursa valisinin Yönetim Kurulu başkanlığını sürdürmesi nedeniyle kamu hizmeti veren tesis kimliğine de sahiptir. S. S. Yeşil Çevre Arıtma Tesisi İşletmesi Kooperatifi Arıtma tesisi görünümü Şekil 3.8' te gösterilmiştir.



Şekil 3.8. S.S. Yeşil Çevre Kooperatifi görünümü

Derelerden alınan su numunelerinin örnekleme noktaları aşağıdaki Şekil 3.9, Şekil 3.10, Şekil 3.11, Şekil 3.12, Şekil 3.13, Şekil 3.14, Şekil 3.15’da gösterilmiştir.



Şekil 3.9. Çayönü Deresi örnekleme noktasının görünümü



Şekil 3.10. Hasanağa Deresi örnekleme noktasının görünümü



Şekil 11. Ayvalı Deresi 1. Örnekleme noktasının görünümü



Şekil 12. Ayvalı Deresi 2. Örnekleme noktasının görünümü



Şekil 3.13. Misi Deresi örnekleme noktasının görünümü



Şekil 3.14. Deliçay Deresinin 1. örnekleme noktasının görünümü



Şekil 3.15. Deliçay Deresinin 2. Örnekleme noktasının görünümü

3.2. Yöntem

3.2.1. Arıtma Tesisi ve Derelerden Örnek Alınması ve Analize Hazırlanması

Su örnekleri mevsimsel olarak Nilüfer Çayı'nın belirli noktalarından ve kimi arıtma tesislerinden Çizelge 3.2' te sunulan dönemlerde alınmıştır. Örnek alınan şişe, örnek su ile birkaç defa çalkalanmıştır. Şişe içinde hava kalmayacak şekilde ağzına kadar doldurularak şişe üzerine örnek alınan yerin bilgileri yazılmıştır ve üzerine mikroorganizma gelişimini engellemek amacıyla 0,5 ml kloroform ilave edilmiştir. Bu örnekler buzdolabında +4°C'de saklanmış ve kısa süre içinde analizleri yapılmıştır (Sağlam 2001).

Çizelge 3.2. Su numunelerinin alındığı dönemler ve aylar

Dönemler	Aylar
1. (Yaz)	Ağustos 2013
2. (Sonbahar)	Kasım 2013
3. (Kış)	Şubat 2014
4. (İlkbahar)	Mayıs 2014

3.2.2. Atıksu örneklerinde yapılan analizler ve analiz sonuçlarının değerlendirilmeleri

Alınan su örneklerinde yapılan analizlerde kullanılan yöntemler aşağıda ayrıntılı olarak sunulmuş, elde edilen verilerin değerlendirilmesinde Ek 1'de sunulan T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait yağış miktarlarının resmi istatistiklerinden de yararlanılmıştır.

3.2.2.1. Reaksiyon (pH)

Atık su örneklerinin pH'sı WTW pH 320 model pH metre ile belirlenmiştir (Ayyıldız 1983). Elde edilen değerler "SKKY" daki Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Kalite Kriterlerine göre değerlendirilmiştir (Resmi Gazete, 1991).

3.2.2.2. Elektriksel iletkenlik (EC)

Atık su örneklerinin elektriksel iletkenliği WTW LF 320 Model iletkenlik ölçer ile belirlenmiştir (Ayyıldız 1993). Elde edilen değerler "SKKY" daki Sulama Sularının

Sınıflandırılmasında Esas Alınan Kalite Kriterlerine göre değerlendirilmiştir (Resmi Gazete, 1991).

3.2.2.3. Sıcaklık (°C)

Atık su örneklerinin sıcaklık değerleri WTW pH 320 model pH metrenin ısı probu ile alındıkları noktalarda belirlenmiştir (Ayyıldız 1993). Elde edilen değerler “SKKY” daki Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Kalite Kriterlerine göre değerlendirilmiştir (Resmi Gazete, 1991).

3.2.2.4. Karbonat (CO₃⁻) ve Bikarbonat (HCO₃⁻)

Atık su örneklerindeki CO₃⁻ ve HCO₃⁻ miktarı fenolftalein ve metil oranj indikatörleri kullanılarak sülfürik asit (H₂SO₄) ile titrimetrik olarak belirlenmiştir (Ayyıldız 1983). Elde edilen değerler Toplam anyon ve RSC değerlerini hesaplamak için kullanılmıştır.

3.2.2.5. Klor (Cl)

Atık su örneklerinde klor miktarı gümüş nitrat (AgNO₃) çözeltisi ile titrimetrik olarak belirlenmiştir (Ayyıldız 1983). Elde edilen değerler “SKKY” daki Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Kalite Kriterlerine göre değerlendirilmiştir (Resmi Gazete, 1991).

3.2.2.6. Sülfat (SO₄⁻)

Atık su örneklerinin sülfat miktarı baryum klorür (BaCl₂) ilavesi ile çökme esasına göre türbidimetrik olarak spektrofotometre ile belirlenmiştir (Ayyıldız 1983). Elde edilen değerler “SKKY” daki Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Kalite Kriterlerine göre değerlendirilmiştir (Resmi Gazete, 1991).

3.2.2.7. Toplam Anyon (TAnyon)

ABD Tuzluluk Laboratuvarı Sulama Suları sınıflandırmasına göre aşağıda gösterildiği şekilde hesaplanarak elde edilmiştir (Richard 1954):

$$\text{Toplam Anyon (TAnyon)} = \text{CO}_3^{\ominus} + \text{HCO}_3^{\ominus} + \text{Cl}^{\ominus} + \text{SO}_4^{\ominus}$$

3.2.2.8. Nitrat (NO₃⁻)

Atık su örneklerinin nitrat miktarı salisilik asitin sülfürik asit varlığında nitrasyonu esasına dayanılarak kolorimetrik olarak spektrofotometre ile belirlenmiştir (Robarge ve ark. 1983). Elde edilen değerler “SKKY” daki Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Kalite Kriterlerine göre değerlendirilmiştir (Resmi Gazete, 1991).

3.2.2.9. Amonyum (NH₄⁺)

Atık su örneklerinin amonyum miktarı indofenol mavisi yöntemi ile kolorimetrik olarak spektrofotometre ile belirlenmiştir (Robarge ve ark. 1983). Elde edilen değerler “SKKY” daki Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Kalite Kriterlerine göre değerlendirilmiştir (Resmi Gazete, 1991).

3.2.2.10. Fosfor (P)

Atık su örneklerinin fosfor miktarı molibdofosforik mavi renk yöntemine göre kolorimetrik olarak spektrofotometre ile belirlenmiştir (Olsen ve ark. 1954). Elde edilen değerler “SKKY” daki kıtaçi su kaynakları sınıflarının kalite kriterlerine göre değerlendirilmiştir (Resmi Gazete, 2004).

3.2.2.11. Bor (B)

Atık su örneklerinin bor miktarı Azomethin-H yöntemine göre kolorimetrik olarak spektrofotometre ile belirlenmiştir (Wolf 1971). Elde edilen değerler Bitkilerin Bor Mineraline Karşı Dayanıklılıklarının Sulama Sularının Sınıflandırılması esas alınarak değerlendirilmiştir (Resmi Gazete, 1991; Scofield, 1936).

3.2.2.12. Toplam katyonlar (Na, K, Ca ve Mg)

Atık su örneklerinde Na ve K fleymfotometre ile Ca ve Mg ise EDTA ile titrimetrik olarak belirlenmiştir (Ayyıldız 1983). ABD Tuzluluk Laboratuvarı Sulama Suları sınıflandırmasına göre aşağıda gösterildiği şekilde hesaplanarak TKatyon elde edilmiştir (Richard 1954):

$$\text{Toplam Katyon (TKatyon)} = \text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2} + \text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$$

3.2.2.13. Ağır metaller

Atık su örneklerinin Fe, Cu, Mn, Zn, Al, Pb, Ni, Cr, Co, Cd miktarları Berghof MWS2 model mikrodalga ile su analizlerinde yakma yöntemine göre yakılarak Perkin Elmer Optima 2100 DV ile belirlenmiştir (Slawin 1968, Kacar 2009). Elde edilen değerler Sulama Sularında İzin Verilebilen Maksimum Ağır Metal Ve Toksik Elementlerin Konsantrasyonlarına göre değerlendirilmiştir (Resmi Gazete, 1991; Bouwer and Idelovitch, 1987).

3.2.2.14. Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR)

Atık suların sodyum adsorbsiyon oranı ABD Tuzluluk Laboratuvarı Sulama Suları sınıflandırmasına göre aşağıda gösterildiği şekilde hesaplanarak elde edilmiştir (Richard 1954). Elde edilen değerler “SKKY” daki Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Kalite Kriterlerine göre değerlendirilmiştir (Resmi Gazete, 1991).

$$SAR = \frac{Na^+}{((Ca^{+2} + Mg^{+2})/2)^{1/2}}$$

3.2.2.15. Sodyum karbonat kalıntısı (RSC)

Atık suların sodyum karbonat kalıntısı ABD Tuzluluk Laboratuvarı Sulama Suları sınıflandırmasına göre aşağıda gösterildiği şekilde hesaplanarak elde edilmiştir (Richard 1954). Elde edilen değerler “SKKY” daki Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Kalite Kriterlerine göre değerlendirilmiştir (Resmi Gazete, 1991).

$$RSC = (CO_3^{=} + HCO_3^{-}) - (Ca^{+2} + Mg^{+2})$$

3.2.2.16. Sulama suyu sınıfı

Atık suyun sulama suyu sınıfı; toplam tuz konsantrasyonu, tuz zararı ve sodyum adsorbsiyon oranı olarak muhtemel sodyum zararının göz önüne alındığı grafik yardımıyla bulunmuştur (Ayyıldız 1983). Elde edilen değerler “SKKY” daki Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Kalite Kriterlerine göre değerlendirilmiştir (Resmi Gazete, 1991).

BULGULAR ve TARTIŞMA

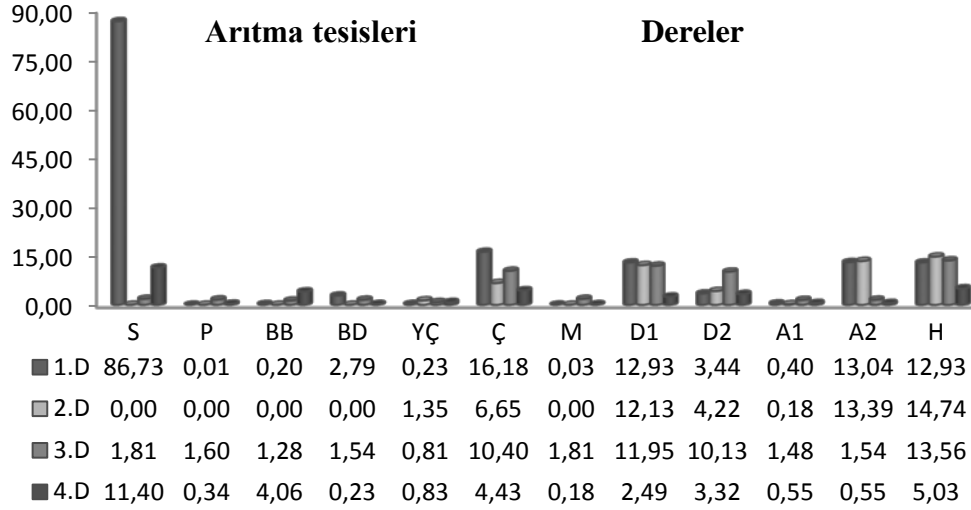
4.1. Elektriksel İletkenlik (EC)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden ve derelerden alınan su örneklerinde EC analizleri yapılmış, elde edilen değerler ve sulama suyu sınıfları Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1'de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında elektriksel iletkenlik değerlerine göre sulama suyu sınıfları (mS cm^{-1})

SINIFLAR	DÖNEMLER							
	1		2		3		4	
	Örn	mS	Örn	mS	Örn	mS	Örn	mS
ARITMA TESİSLERİ								
I	-	-	-	-	-	-	-	-
II	-	-	-	-	-	-	BD	0,70
III	BD	0,94	BD	0,78	BD	0,89	BB	0,89
	BB	1,04	BB	1,15	BB	1,12		
	P	1,91						
IV	-	-	P	2,60	P	2,26	P	2,43
V	YÇ	3,69	YÇ	4,28	YÇ	3,02	YÇ	3,02
	S	6,75	S	4,96	S	3,77	S	5,06
DERELER								
I	-	-	-	-	-	-	-	-
II	A1	0,46	M	0,36	M	0,47	M	0,39
	M	0,48	A1	0,51	A1	0,70	A1	0,46
							Ç	0,74
III							H	0,89
	H	1,77	Ç	1,67	D2	1,17	A2	1,64
			H	1,77	A2	1,30		
			D1	1,93	D1	1,45		
					H	1,53		
				Ç	1,68			
IV	Ç	2,10	A2	2,45	-	-	D2	4,05
	A2	2,67	D2	2,86			D1	4,60
V	D1	3,75	-	-	-	-	-	-
	D2	4,06						

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde EC değerlerinin $0,70 \text{ mScm}^{-1}$ - $6,75 \text{ mS cm}^{-1}$ arasında, sulama suyu sınıflandırmasına göre de II. - V. sınıfları arasında olduğu görülmüştür.



Şekil 4.1. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında elektriksel iletkenlik değerleri sonuçları (mS cm^{-1})

Arıtma tesislerinden alınan sular dönemler bazında incelendiğinde EC değerleri 1. dönemde $0,94 \text{ mS cm}^{-1}$ - $6,75 \text{ mS cm}^{-1}$, 2. dönemde $0,78 \text{ mS cm}^{-1}$ - $4,96 \text{ mS cm}^{-1}$, 3. dönemde $0,89 \text{ mS cm}^{-1}$ - $3,77 \text{ mS cm}^{-1}$ ve 4. dönemde $0,70$ - $5,06 \text{ mS cm}^{-1}$ arasında değişiklik göstermiştir. BD ve P'ye ait sular haricindeki diğer arıtma tesislerinden alınan sularda dönemler arasında sulama suyu kalite sınıfı bakımından farklılık görülmemiştir. P'den alınan suların 1. dönemde III. sınıfta yer aldığı diğer dönemlerde ise IV. sınıfa düştüğü görülmüştür. İlk 3 dönemde III. sınıf sulama suyu olarak değerlendirilen BD'ye ait suların 4.dönemde kalitesi yükselerek II. sınıf sulama suyu sınıfında yer almıştır.

Genel olarak 4 dönemde de V. sınıf sulama suyu sınıfında yer alan YÇ ve S' ye ait sular ile IV. sınıf sulama suyu sınıfında yer alan P'ye ait suların yüksek EC değerleri göstermelerinin nedenleri arasında tesislerde işlenen ürünlerin niteliği ile bağlantılı olduğu, özellikle S' ye ait suların peynir gibi tuzlu süt ürünlerinin yıkanmasına, P' ye ait

suların hazır gıda olarak işlenen konserve ürünlerinin yıkanmasına ve YÇ' ye ait suların ise çevresinde bulunan tekstil fabrikalarının deşarj sularının niteliğine bağı olduğu düşünölmektedir.

EC değeri 2250 $\mu\text{S cm}^{-1}$ 'den fazla olan suların kÖltÖr bitkilerinin sulanmasında kullanılması sakıncalı olup, daha ziyade tuzluluğa dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesine uygundur (Ayyıldız, 1990). Buna göre P, YÇ'ye ait atıksuların sadece tuza dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesinde sulama suyu olarak kullanılmasına izin verilebilir. Genel olarak EC değeri 750-2250 $\mu\text{S cm}^{-1}$ arasında olan sulama suları geniş çapta kullanılmakta, uygun bir drenaj ve işletme koşulları altında yeterli bir Örün elde edilmekte, ancak yeterli yıkamanın yapılamadığı elverişsiz drenaj koşullarında tuzluluk sorunları ortaya çıkmaktadır (Ayyıldız, 1990). Buna göre BD ve BB'ye ait atıksularının sulamada dikkatli bir şekilde kullanılmasında tuzluluk açısından herhangi bir sorun görölmemektedir.

Nilüfer Çay'ının çeşitli kollarını oluşturan derelerden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde ise EC değerlerinin 0,36 mS cm^{-1} - 4,06 mS cm^{-1} arasında, sulama suyu sınıflandırmasına göre de II. - V. sınıflar arasında olduğu görölmüştür.

Derelerden alınan suların EC değerleri dönemler bazında incelendiğinde M ve A1 derelerine ait suların tüm dönemlerde II. sınıf sulama suyunda yer aldıkları görölrken, H, Ç, D1, D2 ve A2 derelerine ait suların dönemler arasında kalite sınıfları arasında farklılıkların bulunduğu, genel olarak II - V. sınıflar arasında olduğu görölmüştür.

Ek 1'de sunulan T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğüne ait yağış miktarlarının resmi istatistikleri incelendiğinde yağış miktarının düşük olduğu dönemlerde EC'nin arttığı, yağışların başlamasıyla beraber derelerde su miktarı artışına bağı olarak EC değerlerinde azalma olduğu görölmüştür. A1 ve M'ye ait örneklerin alındığı derelerin çevrelerinde fabrikaların bulunmaması ve o noktalardan derelere deşarj olmaması nedeniyle EC değerleri diğer derelerin EC değerlerine göre oldukça düşük bulunmuştur. D1 ve D2'ye ait örneklerin alındığı derelerin çevrelerinde ise

çoğunlukla tekstil fabrikalarının bulunması ve bu derelere deşarj yapmaları nedeniyle EC değerleri oldukça yüksek bulunmuştur.

EC'si yüksek olan sular ile sulama yapılması ve yağışların azlığı toprakta tuz miktarının artmasına neden olmaktadır. Suda erimiş halde bulunan tuzların bazıları bitkilere doğrudan toksik etki yapıp toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini de etkileyerek, toprak yapısında bozulma, tuzlulaşma ve alkalileşmeye neden olmaktadır (Üstün ve ark., 2008).

4.2. Sıcaklık (°C)

Nilüfer Çay'ının çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden ve derelerden alınan su örneklerinde santigrad (°C) cinsinden sıcaklık ölçümleri alındıkları noktalarda yapılmış, elde edilen değerler ve sulama suyu sınıfları Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2' de sunulmuştur.

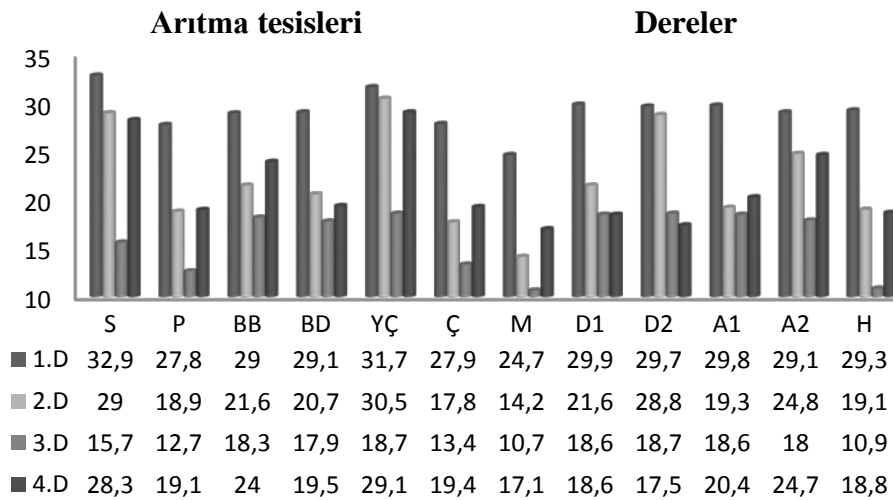
Çizelge 4.2. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında sıcaklık değerlerine göre sulama suyu sınıfları (°C)

SINIFLAR		DÖNEMLER							
		1		2		3		4	
		Örnek	°C	Örnek	°C	Örnek	°C	Örnek	°C
ARITMA TESİSLERİ									
I- II	P	27,8	P	18,9	P	12,7	P	19,1	
	BB	29,0	BD	20,7	S	15,7	BD	19,5	
	BD	29,1	BB	21,6	BD	17,9	BB	24,0	
			S	29,0	BB	18,3	S	28,3	
					YÇ	18,7	YÇ	29,1	
III	YÇ	31,7	YÇ	30,5	-	-	-	-	
	S	32,9							
IV	-	-	-	-	-	-	-	-	
V	-	-	-	-	-	-	-	-	

Çizelge 4.2.'nin devamı. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında sıcaklık değerlerine göre sulama suyu sınıfları ($^{\circ}\text{C}$)

		DÖNEMLER										
		1		2		3		4				
SINIFLAR		Örnek	$^{\circ}\text{C}$	Örnek	$^{\circ}\text{C}$	Örnek	$^{\circ}\text{C}$	Örnek	$^{\circ}\text{C}$			
DERELER												
I – II	M		24,7	M		14,2	M		10,7	M		17,1
	Ç		27,9	Ç		17,8	H		10,9	D2		17,5
	A2		29,1	H		19,1	Ç		13,4	D1		18,6
	H		29,3	A1		19,3	A2		18,0	H		18,8
	D2		29,7	D1		21,6	D1		18,6	Ç		19,4
	A1		29,8	A2		24,3	A1		18,6	A1		20,4
	D1		29,9	D2		28,8	D2		18,7	A2		24,7
III		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IV		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde sıcaklık değerlerinin $12,7^{\circ}\text{C}$ - $32,9^{\circ}\text{C}$ arasında, sulama suyu sınıflandırmasına göre de I. - III. sınıflar arasında olduğu görülmüştür.



Şekil 4.2. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında sıcaklık değerleri ($^{\circ}\text{C}$)

Arıtma tesislerinden alınan sular dönemler bazında incelendiğinde sıcaklık değerleri 1. dönemde 27,8 °C - 32,9 °C, 2. dönemde 18,9 °C – 30,5 °C, 3. dönemde 12,7 °C – 18,7 °C ve 4. dönemde 19,1 °C – 29,1 °C arasında değişiklik göstermiştir. YÇ ve S'ye ait sular haricinde ki diğer arıtma tesislerinden alınan sularda dönemler arasında sulama suyu kalite sınıfı bakımından farklılık görülmemiştir. YÇ' ye ait suların 1. ve 2. dönemde III. sınıfta yer aldığı diğer dönemlerde ise I. ve II. sınıfa yükseldiği görülmüştür. Birinci dönemde III. sınıf sulama suyu olarak değerlendirilen S'ye ait suların diğer dönemlerde I. ve II. sınıf sulama suyu sınıfında yer aldığı görülmüştür. Genel olarak 4 dönemde de I. ve II. sınıf sulama suyu sınıfında yer alan suların sıcaklık değerlerinin yaz mevsiminde arttığı kış mevsiminde ise azaldığı görülmüştür.

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarını oluşturan derelerden alınan atıksu örnekleri sıcaklık bakımında incelendiğinde ise sıcaklık değerlerinin 10,7 °C - 29,9 °C arasında, sulama suyu sınıflandırmasına göre de I. ve II. sınıfa girdiği görülmüştür.

Derelerden alınan suların sıcaklık değerleri dönemler bazında incelendiğinde tüm dönemlerde atıksuların I. ve II. sınıf sulama suyun sınıfında yer aldıkları görülmüştür. 4 dönemde de en düşük sıcaklığın M deresine ait olduğu görülmüştür.

Buradan da anlaşılacağı gibi sıcaklık değerleri bakımından arıtma tesislerinin ve derelerin sulama suyu olarak kullanılmasında bir sakınca görülmemektedir.

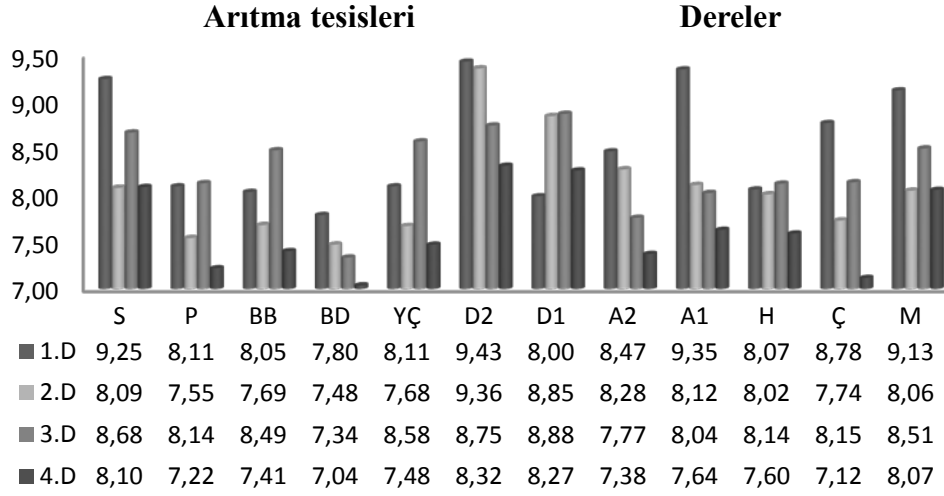
4.3. Reaksiyon (pH)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden ve derelerden alınan su örneklerinde pH ölçümleri yapılmış, elde edilen değerler ve sulama suyu sınıfları Çizelge 4.3 ve Şekil 4.3'te sunulmuştur.

Çizelge 4.3. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında pH değerlerine göre sulama suyu sınıfları

		DÖNEMLER							
		1		2		3		4	
SINIFLAR		Örnek	pH	Örnek	pH	Örnek	pH	Örnek	pH
ARITMA TESİSLERİ									
I – III	BD	7,80	BD	7,48	BD	7,34	BD	7,04	
	BB	8,05	P	7,55	P	8,14	P	7,23	
	P	8,11	YÇ	7,68	BB	8,49	BB	7,41	
	YÇ	8,11	BB	7,69			YÇ	7,48	
			S	8,09			S	8,10	
IV	-	-	-	-	YÇ	8,58	-	-	
					S	8,68			
V	S	9,25	-	-	-	-	-	-	
DERELER									
I – III	D1	8,00	Ç	7,74	A2	7,77	Ç	7,12	
	H	8,07	H	8,02	A1	8,04	A2	7,38	
	A2	8,47	M	8,06	H	8,14	A1	7,60	
	Ç	8,78	A1	8,12	Ç	8,15	H	7,60	
			A2	8,28	M	8,51	M	8,07	
						D1	8,27		
						D2	8,32		
IV	-	-	D1	8,85	D2	8,75	-	-	
					D1	8,88			
V	A1	9,05	D2	9,36	-	-	-	-	
	M	9,13							
	D2	9,43							

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden alınan atıksu örnekleri pH bakımından incelendiğinde pH değerleri 7,04 ile 9,25 arasında, sulama suyu sınıflandırmasına göre de I. - V. sınıflar arasında olduğu görülmüştür.



Şekil 4.3. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında pH değerleri

Arıtma tesislerinden alınan sular dönemler bazında incelendiğinde pH değerlerinin 1. dönemde 7,80 - 9,25, 2. dönemde 7,48 – 8,09, 3. dönemde 7,34 – 8,68 ve 4. dönemde 7,04 – 8,10 arasında değişiklik göstermiştir. YÇ ve S'ye ait sular haricinde ki diğer arıtma tesislerinden alınan sularda dönemler arasında sulama suyu kalite sınıfı bakımından farklılık görülmemiştir. S'den alınan suların 1. dönemde V. sınıfta, 3. dönemde IV. sınıfta, 2. ve 4. dönemde I–III. sınıflarında görülmüştür. 1., 2. ve 4. dönemde I-III. sınıflarında sulama suyu olarak değerlendirilen YÇ'ye ait sular 3. dönemde IV. sınıf sulama suyu sınıfında yer almıştır.

Nilüfer Çay'ının çeşitli kollarını oluşturan derelerden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde ise pH değerlerinin 7,12 - 9,43 arasında, sulama suyu sınıflandırmasına göre I. - V. sınıflar arasında olduğu görülmüştür.

Derelerden alınan sular dönemler bazında incelendiğinde pH değerleri 1. dönemde 8,00 - 9,43, 2. dönemde 7,74 – 9,36, 3. dönemde 7,77 – 8,88 ve 4. dönemde 7,12 – 8,32 arasında olduğu görülmüştür. A1 ve M'ye ait sular 1. dönemde V. sınıf sulama suyu sınıfında yer alırken diğer dönemlerde sulama suyu sınıfları I - III sınıf olarak değerlendirilmiştir.

D2' ye ait suların sulama suyu sınıfları her dönem yükselerek V. Sınıf sulama suyu sınıfından I. - III sınıf sulama suyu sınıfına girmiştir. D1 deresine ait sular 1. Dönemde I – III sınıf sulama suyu sınıfında iken 2. ve 3. Dönem de sulama suyu sınıfı azalarak IV. sınıf sulama suyu sınıfına girmiş ve tekrar sulama suyu sınıfı yükselerek 4. Dönemde I – III sınıf sulama suyu sınıfına girmiştir.

Fotosentez solunum gibi biyolojik aktiviteler, CaCO_3 'ün çökmesi yada çözünmesi karbondioksit konsantrasyonunun azalıp artmasına bağlı olarak pH'ı etkilemektedir. Oksitlenme reaksiyonları pH'ı düşürürken, denitrifikasyon ve sülfatın indirgenmesi asitliği artırmaktadır (Stumm ve Morgan, 1996). Bu nedenle YÇ, S, A1, M, D1 ve D2'nin yaz aylarında pH'larının yüksek bulunmasının nedeni olarak artan fotosentez sırasında plonktonların çözülmüş inorganik karbonu asimile etmeleri sırasında asidik özelliğin azalması ve alkalitenin artması düşünülebilir. pH' sı yüksek olan bu atık sular ile sulama yapılması durumunda demir, mangan ve diğer iz elementlerin çözünürlüklerinin düşmesine bağlı olarak bitkilerde alınımın azalmasına dolayısıyla da bitkilerde bu maddelerin eksikliğine yol açabilir (Will and Faust, 1914).

4.4. Amonyum Azotu ($\text{NH}_4\text{-N}$)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden ve derelerden alınan su örneklerinde $\text{NH}_4\text{-N}$ analizleri yapılmış, elde edilen değerler ve kıta içi su kaynakları sınıfları Çizelge 4.4 ve Şekil 4.4'te sunulmuştur.

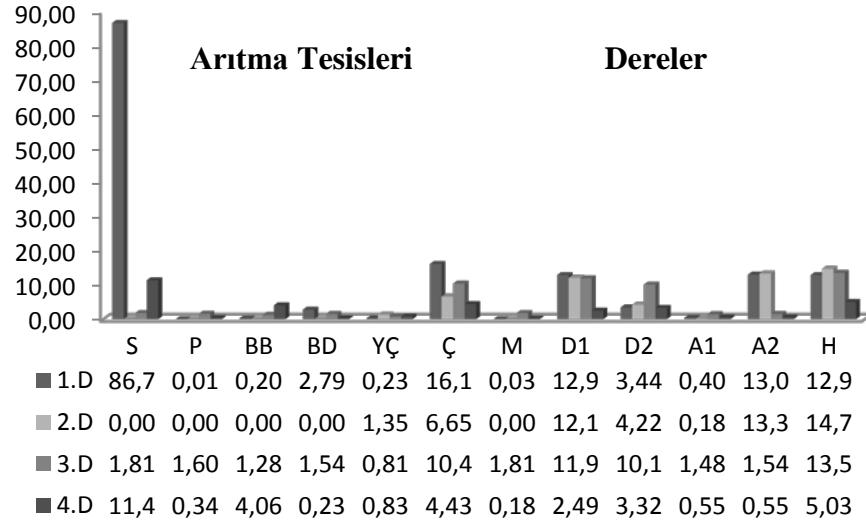
Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde $\text{NH}_4\text{-N}$ değerlerinin iz - 86,73 mg l^{-1} arasında, kıta içi su kaynaklarına göre de I. - IV. sınıflar arasında olduğu görülmüştür.

Arıtma tesislerinden alınan sular dönemler bazında incelendiğinde $\text{NH}_4\text{-N}$ değerlerinin 1. dönemde 0,01 - 86,73 mg l^{-1} , 2. dönemde YÇ' den alınan atıksu hariç diğerlerinin iz miktarda, YÇ' ye ait atık suyun ise 1,54 mg l^{-1} olduğu, 3. dönemde 0,81– 1,31 mg l^{-1} ve 4. dönemde 0,14 – 11,40 mg l^{-1} arasında olduğu görülmüştür. YÇ'ye ait sular 4 dönemde de II. Sınıfa girmiştir. P'ye ait sular 3. dönemde II. Sınıfa girmişken diğer

dönemlerde I. sınıfa girmiştir. Birinci dönemde BD'ye, 4. Dönemde BB' ye, hem 1. dönemde hem 4. dönemde S'ye ait sular NH₄-N açısından çok kirli su olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.4. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında amonyum azotu içeriklerine göre sulama suyu sınıfları (mg l⁻¹)

DÖNEMLER								
SINIFLAR	1		2		3		4	
	Örnek	mg l ⁻¹	Örnek	mg l ⁻¹	Örnek	mg l ⁻¹	Örnek	mg l ⁻¹
ARITMA TESİSLERİ								
I	P	0,01	S	İz			P	0,14
			P	İz				
			BB	İz				
			BD	iz				
II	YÇ	0,23	YÇ	1,35	YÇ	0,81	BD	0,23
					P	1,28	YÇ	0,83
					BB	1,28		
					BD	1,54		
III	BB	0,20			S	1,31		
IV	BD	2,79					BB	4,06
	S	86,73					S	11,40
DERELER								
I	M	0,03	M	İz			M	0,18
			A1	0,18				
II	A1	0,40			A1	1,48	A1	0,55
					A2	1,54	A2	0,69
					M	1,81		
III								
IV	D2	3,44	D2	4,22	D2	10,13	D1	2,49
	D1	12,93	Ç	6,65	Ç	10,40	D2	3,32
	H	12,93	D1	12,13	D1	11,95	Ç	4,43
	A2	13,04	A2	13,39	H	13,56	H	5,03
	Ç	16,18	H	14,74				



Şekil 4.4. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında amonyum azotu içerikleri (mg l^{-1})

Nilüfer Çay'ının çeşitli kollarını oluşturan derelerden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde ise $\text{NH}_4\text{-N}$ değerlerinin $0,16 - 16,18 \text{ mg l}^{-1}$ arasında olduğu görülmektedir.

Derelerden alınan sular dönemler bazında incelendiğinde $\text{NH}_4\text{-N}$ değerlerinin 1. dönemde $0,03 - 16,18 \text{ mg l}^{-1}$, 2. dönemde $0,14 - 14,74 \text{ mg l}^{-1}$, 3. dönemde $1,48 - 13,56 \text{ mg l}^{-1}$ ve 4. dönemde $0,18 - 5,03 \text{ mg l}^{-1}$ arasında olduğu görülmüştür. Tüm dönemlerde M ve A1'e ait sular kaliteli su olarak değerlendirilirken 3. ve 4. dönemde A1'e ait sular dışındaki tüm sular $\text{NH}_4\text{-N}$ açısından çok kirli su olarak değerlendirilmiştir.

pH nötr noktasına ne kadar yaklaşırsa amonyak oranı o derece azalır, amonyum oranı da o derece artar. pH alkali yönde ne kadar artarsa amonyağın zehir etkisi de o derece fazlaşır. Amonyak, hayvansal atıklardan oluşan en temel azotlu atık üründür. Aynı zamanda azotlu organik maddelerin ayrışması sonucu da açığa çıkar (Tomasso, 1994). Suda amonyak birikimi sucul organizmalara toksik etki gösterir. Amonyak, yaklaşık $0,2 \text{ mg l}^{-1}$ gibi düşük derişimlerde balık ve diğer sucul yaşama toksiktir (Haralambous ve ark., 1992). Yüzeysel sularında mikrobiyolojik faaliyetler sonucu amonyak bulunmakla birlikte, sudaki amonyak bazen kirliliğin göstergesi de olabilir. Nisbet ve Verneaux (1970)'ya göre amonyak azotu 1 mg l^{-1} 'den yüksek olan sular ciddi boyutta kirli olarak

değerlendirilmektedir. Gaga Gölü yüzey suyunda $\text{NH}_3\text{-N}$ ortalama olarak 0.11 mg l^{-1} olarak tespit edilmiştir. Ulugöl'de de benzer değerler kaydedilmiştir (Taş ve ark., 2010).

4.5. Nitrat Azotu ($\text{NO}_3 - \text{N}$)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden ve derelerden alınan su örneklerinde $\text{NO}_3\text{-N}$ analizleri yapılmış, elde edilen değerler ve kıta içi su kaynakları sınıfları Çizelge 4.5 ve Şekil 4.5'te sunulmuştur.

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde $\text{NO}_3\text{-N}$ değerlerinin iz - $19,33 \text{ mg l}^{-1}$ arasında, kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre de I. ile III. sınıflar arasında olduğu görülmüştür.

Arıtma tesislerinden alınan sular dönemler bazında incelendiğinde $\text{NO}_3\text{-N}$ değerleri 1. dönemde iz - $3,50 \text{ mg l}^{-1}$, 2. dönemde $0,23\text{--}19,33 \text{ mg l}^{-1}$, 3. dönemde $0,08 - 18,12 \text{ mg l}^{-1}$ ve 4. dönemde $0,30 - 9,39 \text{ mg l}^{-1}$ arasında olduğu görülmüştür. YÇ' ye ait sular 3. ve 4. dönemlerde II. sınıf, S' ye ait sular ise 2. ve 3. dönemlerde III. sınıftadır. Diğer tüm sular 4 dönemde de I. sınıfta yer almıştır.

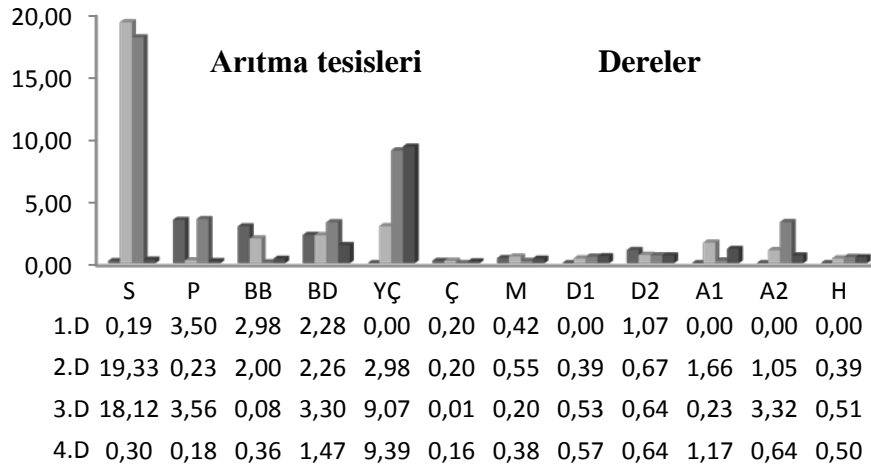
Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarını oluşturan derelerden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde ise $\text{NO}_3\text{-N}$ değerlerinin iz - $3,32 \text{ mg l}^{-1}$ arasında, kıta içi su kaynaklarının kalitelerine göre de hepsinin I. sınıfta olduğu görülmüştür.

Uslu ve ark. (1987), sularda NO_3^- iyonlarının hayvansal ve bitkisel atıkların içerdiği proteinin ayrışması sonucu ortaya çıkan NH_3 'un oksitlenmesinden, tarımsal alanlarda kullanılan nitratlı gübrelerden, atmosferdeki elektriksel deşarjlar sonucunda azotun doğrudan azot oksitlere yükseltgenmesi ve bu oksitlerin sudaki reaksiyonlarından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Çizelge 4.5. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında nitrat azotu içeriklerine göre sulama suyu sınıfları (mg l^{-1})

		DÖNEMLER							
		1		2		3		4	
SINIFLAR		Örnek	mg l^{-1}	Örnek	mg l^{-1}	Örnek	mg l^{-1}	Örnek	mg l^{-1}
ARITMA TESİSLERİ									
I	YÇ	iz		P	0,23	BB	0,08	S	0,30
	S	0,19		BB	2,00	BD	3,30	P	0,36
	BD	2,28		BD	2,26	P	3,56	BB	0,36
	BB	2,98		YÇ	2,98			BD	1,47
	P	3,50							
II						YÇ	9,07	YÇ	9,39
III				S	19,33	S	18,12		
IV									
DERELER									
I	D1	İz		Ç	0,20	Ç	0,09	Ç	0,16
	A1	İz		D1	0,39	M	0,20	M	0,38
	A2	İz		H	0,39	A1	0,23	H	0,50
	H	iz		M	0,55	H	0,51	D1	0,57
	Ç	0,20		D2	0,67	D1	0,53	D2	0,64
	M	0,42		A2	1,05	D2	0,64	A2	0,64
	D2	1,17		A1	1,66	A2	3,32	A1	1,17
II									
III									
IV									

Bitkiler için önemli bir besin maddesi olan nitratların bitkilere toksik etkisi yoktur. Sulama sularında nitratların bulunması istenilen bir özelliktir. Rusya’da, A.B.D.’de 100 ppm.’e kadar nitrat içeren kuyuların bulunduğu bildirilmektedir (Özbek 1990).



Şekil 4.5. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında nitrat azotu içerikleri (mg l^{-1})

Nitrat, oksijence zengin sularda çok yaygın olup, algal büyümeyi sınırlayabilen veya arttırabilen önemli bir mineraldir. Yüzey sularında nitrat miktarı genellikle düşüktür. Oligotrofik sularda azot miktarı düşük, ötrofik sularda ise oldukça yüksektir. Gaga Gölü'nde ortalama $0.93 \text{ mg l}^{-1} \text{ NO}_3\text{-N}$ tespit edilmiştir. Bu parametreye göre, Gaga Gölü'nün su kalitesi I. sınıftır (Taş ve ark., 2010). Klee (1991)'ye göre de göl suyu su kalitesi I. sınıftır. Nitratın toksisitesi düşük olmakla birlikte, sudaki konsantrasyon miktarının 80 mg l^{-1} 'nin üzerine çıkması halinde sazanlar için toksik etki yaratmaktadır (Svobodá ve ark., 1993).

4.6. Fosfor (P)

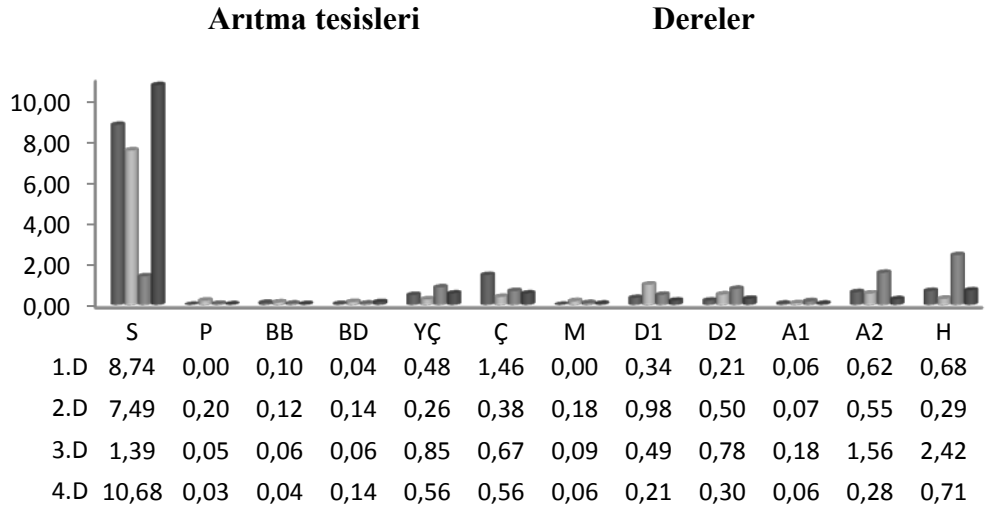
Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden ve derelerden alınan su örneklerinde P analizleri yapılmış, elde edilen değerler ve kıta içi su kaynakları sınıfları Çizelge 4.6 ve Şekil 4.6'da sunulmuştur.

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde P değerlerinin $0 - 10,68 \text{ mg l}^{-1}$ arasında, kıtaiçi su kaynakları sınıflarına göre de I. - IV. sınıflar arasında olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.6. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında fosfor içeriklerine göre sulama suyu sınıfları (mg l^{-1})

DÖNEMLER								
SINIFLAR	1		2		3		4	
	Örnek	mg l^{-1}	Örnek	mg l^{-1}	Örnek	mg l^{-1}	Örnek	mg l^{-1}
ARITMA TESİSLERİ								
I	P	0,00						
II	BD	0,04	BB	0,10	P	0,06	P	0,04
	BB	0,10	BD	0,14	BD	0,06	BB	0,04
III					BB	0,12	BD	0,14
	YÇ	0,48	P	0,20			YÇ	0,56
IV			YÇ	0,26				
	S	8,74	S	7,49	YÇ	0,85	S	10,68
					S	1,39		
DERELER								
I	M	0,00						
II	A1	0,06	A1	0,07	M	0,09	M	0,06
							A1	0,06
III	D2	0,21	M	0,18	A1	0,18	D1	0,21
	D1	0,34	H	0,29	D1	0,49	A2	0,28
	A2	0,62	Ç	0,38			D2	0,30
			D2	0,50			Ç	0,56
			A2	0,55				
IV	H	0,68	D1	0,98	Ç	0,67	H	0,71
	Ç	1,46			D2	0,78		
					A2	1,56		
					H	2,42		

Arıtma tesislerinden alınan sular dönemler bazında incelendiğinde P değerlerinin 1. dönemde 0 - 8,74 mg l^{-1} , 2. dönemde 0,10 - 7,49 mg l^{-1} , 3. dönemde 0,06 - 1,39 mg l^{-1} ve 4. dönemde 0,04 - 1,68 mg l^{-1} arasında olduğu görülmüştür. Tüm dönemler BB ve BD' ye ait sular II. Sınıfta S'ye ait sular ise IV. sınıftadır. P ve YÇ' ye ait sular ise dönemlere göre değişiklik göstermiştir.



Şekil 4.6. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında fosfor içerikleri (mg l^{-1})

Nilüfer Çay'ının çeşitli kollarını oluşturan derelerden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde ise P değerlerinin 0 - 2,42 mg l^{-1} arasında olduğu görülmektedir.

Derelerden alınan sular dönemler bazında incelendiğinde P değerlerinin 1. dönemde 0 - 1,46 mg l^{-1} , 2. dönemde 0,07 - 0,98 mg l^{-1} , 3. dönemde 0,09 - 2,42 mg l^{-1} ve 4. dönemde 0,06 - 0,71 mg l^{-1} arasında olduğu görülmektedir. D1, D2, A2, H ve Ç'ye ait sular tüm dönemlerde kirli yada çok kirli su sınıfındadır. M'ye ait sular sadece 2. dönemde, A1'e ait sular da sadece 3. dönemde kirli su sınıfında yer almış diğer dönemlerde kalite su sınıfında yer almıştır.

Yaptığımız analizlerde fosfat miktarlarının bazı arıtma tesisleri ve derelerde limit değer üstüne çıktığı görülmüştür. Bu yüzden bu derelerde fosfat'tan dolayı kimyasal kirlilik görülmektedir. Fosfor sularda ötrafikasyona sebep olan kirletici bir parametredir. Bu değerdeki artışla aquatik yaşam durur. Sudaki çözünmüş fosfat doğal kaynaklı olabildiği gibi endüstriyel artıkların arıtımının iyi yapılmamasından da kaynaklanır (Schwörbel, 1987).

Fosfor su ortamında meydana gelen ötrofikasyonun da en temel elementidir (Harper, 1992). Kirlenmemiş doğal sularda oldukça küçük miktarlarda bulunur ve göllerin verimliliğini belirler (Tepe ve Boyd, 2003). Çoğu göllerde ortalama fosfor içeriğinin 0.010 ile 0.030 arasında değiştiği bildirilmiştir (Tanyolaç, 2004). Nisbet ve Verneaux (1970) fosfat içeriğinin 0.15 - 0.30 mg/L olan sularda prodüktivitenin yüksek olduğunu ancak bu değerin 0.30 mg l⁻¹'yi aşması halinde suyun kirlenmiş sayılacağını belirtmektedir. Fosfat içeriğinin 0.50 mg l⁻¹'yi aşması halinde ise aşırı kirlenme ve ötrofikasyon söz konusudur. Thoman ve Mueller (1987)'e göre toplam fosfor 10 µg l⁻¹'den küçük ise göl oligotrofik, 10 - 20 µg/L ise mezotrofik, 20 µg l⁻¹'den büyük ise ötrofiktir.

4.7. Bor (B)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden ve derelerden alınan su örneklerinde B analizleri yapılmış, elde edilen değerler ve kıtaıçi su kaynakları sınıfları Çizelge 4.7 ve Şekil 4.7'de sunulmuştur.

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde B değerlerinin 0,10 - 1,25 mg l⁻¹ arasında, kıtaıçi su kalitelerine göre de I. - III. sınıflar arasında olduğu görülmüştür.

Arıtma tesislerinden alınan sular dönemler bazında incelendiğinde B değerlerinin 1. dönemde 0,14 – 1,25 mg l⁻¹, 2. dönemde 0,16 – 0,99 mg l⁻¹, 3. dönemde 0,14 – 0,84 mg l⁻¹ ve 4. dönemde 0,10 – 0,71 mg l⁻¹ arasında olduğu görülmüştür. Tüm dönemlerde tüm sular kaliteli su olarak değerlendirilirken sadece 1. dönemde S'ye ait sular B açısından kirli su olarak değerlendirilmiştir.

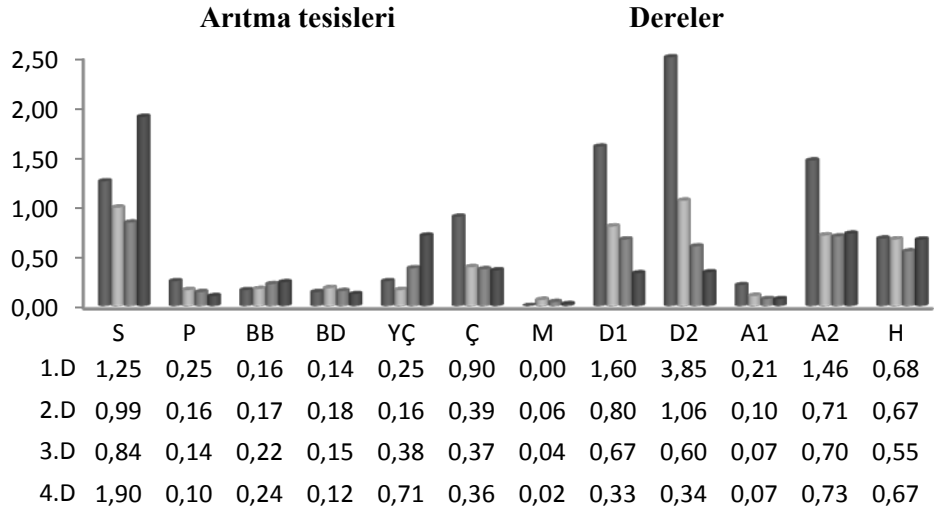
Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarını oluşturan derelerden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde ise B değerlerinin 0 – 3,85 mg l⁻¹ arasında, kıtaıçi kalite kriterlerine göre de I. - IV. sınıfta olduğu görülmüştür.

Derelerden alınan suların B değerleri dönemler bazında incelendiğinde 1. dönemde 0 – 3,85 mg l⁻¹, 2. dönemde 0,06 – 1,06 mg l⁻¹, 3. dönemde 0,04 – 0,70 mg l⁻¹, 4. dönemde

0,02 – 0,73 mg l⁻¹ arasında değiştiği grlmştr. 1. dönemde D2’ ye ait atıksu dışında diğer atıksuların sulama suyu olarak kullanımında bir sakınca grlmemiştir. M ve A1’ e ait sular 4 dönemde de yüksek kaliteli su sınıfında, H’ye ait sular ise kaliteli su sınıfındadır. Birinci dönemde A2 ve D1’e ait sular B açısından kirli su, D2’ye ait sular ise çok kirli su sınıfında yer almakta, diğer dönemlerde ise yüksek kaliteli ve kaliteli su sınıflarında yer almaktadır. Kalitede yükselmenin, yağışların artmasından ve bu derelerin çevresinde bulunan fabrikaların deşarj kalitelerinin 1. dönemden daha iyi olmasından kaynaklı olabileceği düşünülebilir.

Çizelge 4.7. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında bor içeriklerine göre sulama suyu sınıfları (mg l⁻¹)

DÖNEMLER								
SINIFLAR	1		2		3		4	
	rnek	mg l ⁻¹	örnek	mg l ⁻¹	örnek	mg l ⁻¹	örnek	mg l ⁻¹
ARITMA TESİSLERİ								
I	BD	0,14	P	0,16	P	0,14	S	0,10
	BB	0,16	Y	0,16	BD	0,15	P	0,10
	P	0,25	BB	0,17	BB	0,22	BD	0,12
	Y	0,25	BD	0,18	Y	0,38	BB	0,24
II			S	0,99	S	0,84	Y	0,71
III	S	1,25						
IV								
DERELER								
I	M	0,00	M	0,06	M	0,04	M	0,02
	A1	0,21	A1	0,10	A1	0,07	A1	0,07
				0,39		0,37	D1	0,34
							D2	0,34
II	H	0,68	H	0,67	H	0,55	H	0,67
		0,90	A2	0,71	D2	0,60	A2	0,73
			D1	0,80	D1	0,67		
			D2	1,06	A2	0,70		
III	A2	1,46						
	D1	1,60						
IV	D2	3,85						



Şekil 4.7. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında bor içerikleri (mg l^{-1})

Borax formundaki bor, birçok çamaşır temizleme tozları ve evsel kullanım için diğer temizleme materyallerinin içinde yüksek miktarlarda bulunmakta ve aynı zamanda gıda işleme endüstrisinde kullanılmaktadır. Bu nedenle bor, atık sularda aşırı miktarlarda bulunabilir (Shuval et al., 1986). S' ye ait arıtma tesisi atıksuyunun en yüksek B konsantrasyonuna sahip olması da bu şekilde açıklanabilir.

4.8. Sülfat (SO_4^-)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden ve derelerden alınan su örneklerinde SO_4^- analizleri yapılmış, elde edilen değerler ve sulama suyu sınıfları Çizelge 4.8 ve Şekil 4.8'de sunulmuştur.

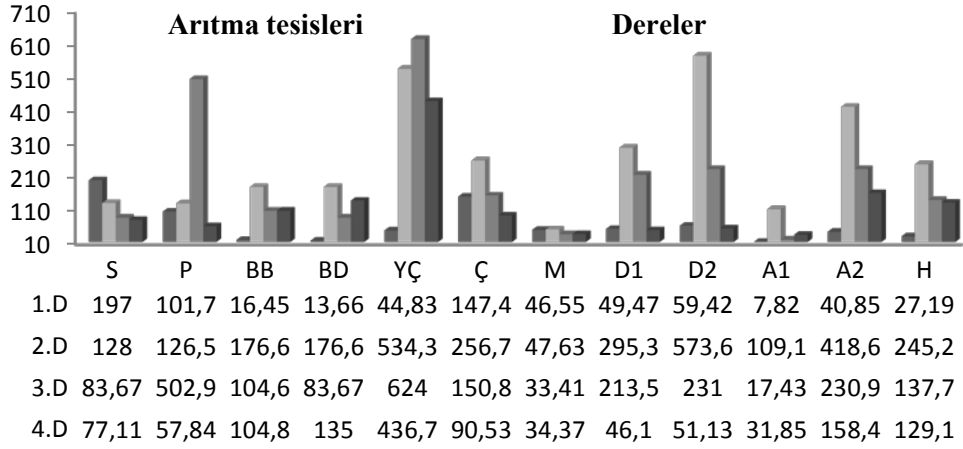
SO_4^- değerleri bakımından Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde SO_4^- değerlerinin 13,66 - 624,03 mg l^{-1} arasında, sulama suyu sınıflandırmasına göre de I. - IV. sınıflar arasına girdiği görülmüştür.

Arıtma tesislerinden alınan sular dönemler bazında incelendiğinde SO_4^- değerlerinin 1. dönemde 13,66 - 196,95 mg l^{-1} , 2. dönemde 126,52 - 534,29 mg l^{-1} , 3. dönemde 83,67 - 624,03 mg l^{-1} , 4. dönemde 57,84 - 436,70 mg l^{-1} arasında olduğu görülmüştür. YÇ' den

alınan atıksu örnekleri dönemler arasında dalgalanma göstermiştir ve 3. dönemde IV. sınıf sulama suyu sınıfına girdiği görülmektedir. P'ye ait atıksu 3. dönemde I. sınıftan III. sınıfa düşmüş, S'ye ait atıksu ise 1. dönemde II. sınıfta iken diğer dönemlerde I. sınıfa yükselmiştir. Sadece 3. dönemde YÇ'ye ait atıksu dışında diğer tüm suların 4. dönemde de sulama suyu olarak $SO_4^{=}$ bakımından kullanılmasında bir sakınca görülmemiştir.

Çizelge 4.8. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında sülfat içeriklerine göre sulama suyu sınıfları ($mg\ l^{-1}$)

DÖNEMLER								
SINIFLAR	1		2		3		4	
	ÖRN	$mg\ l^{-1}$	ÖRN	$mg\ l^{-1}$	ÖRN	$mg\ l^{-1}$	ÖRN	$mg\ l^{-1}$
ARITMA TESİSLERİ								
I	BD	13,66	P	126,52	S	83,67	P	57,84
	BB	16,45	S	127,98	BD	83,67	S	77,11
	YÇ	44,83	BB	176,55	BB	104,59	BB	104,78
	P	101,72	BD	176,55			BD	134,95
II	S	196,95						
III			YÇ	534,29	P	502,89	YÇ	436,70
IV					YÇ	624,03		
V								
DERELER								
I	A1	7,82	M	47,63	A1	17,43	A1	31,85
	H	27,19	A1	109,14	M	33,41	M	34,37
	A2	40,85			H	137,71	D1	46,10
	M	46,55			Ç	150,78	D2	51,13
	D1	49,47					Ç	90,53
	D2	59,42					H	129,08
	Ç	147,41					A2	158,42
II			H	245,17	D1	213,53		
			Ç	256,74	A2	230,86		
			D1	295,29	D2	230,96		
III			A2	418,64				
			D2	573,61				



Şekil 4.8. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında sülfat içerikleri (mg l^{-1})

Sanayi bölgesinde bulunan endüstriyel fabrikalarda metal sülfidlerin kullanımı sonucu, hem suda çözülmüş S^{-2} iyon derişimi artmakta hem de suyun renginin koyulaşmasına sebep olmaktadır. YÇ' den alınan atıksu örneğinin renginin koyu olmasının sebeplerinden biri de bu olduğu düşünülmektedir.

Nilüfer Çay'ının çeşitli kollarını oluşturan derelerden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde ise SO_4^- değerlerinin $7,82 - 573,61 \text{ mg l}^{-1}$ arasında değiştiği, sulama suyu sınıflandırmasına göre I. - III. sınıflar arasında olduğu görülmüştür.

Derelerden alınan sular dönemler bazında incelendiğinde SO_4^- değerlerinin 1. dönemde $7,82 - 147,41 \text{ mg l}^{-1}$, 2. dönemde $47,63 - 573,61 \text{ mg l}^{-1}$, 3. dönemde $17,43 - 230,96 \text{ mg l}^{-1}$ ve 4. dönemde $31,85 - 158,42 \text{ mg l}^{-1}$ arasında olduğu görülmüştür. Derelerden alınan atıksu örneklerinin hepsinin 4 dönemde de sulama suyu olarak kullanımında sakınca görülmemiştir.

Tuzlu-Alkali, Tuzsuz-Alkali toprakların ıslahında kullanılan kükürt ve jips ile tarımsal ilaç olarak kullanılan kükürtlerin mikrobiyolojik oksidasyonu ile oluşan sülfatlar, bu gibi topraklardan sızan drenaj sularını sülfat iyonlarınca özellikle NaSO_4 yönünden zenginleştirir. Bu sulardan yer altı sularına önemli oranda sülfatlar karışabilir. Suni

gübre olarak yaygın şekilde kullanılan amonyum sülfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ yolu ile de topraklara ve drenaj sularına önemli oranda sülfatlar ilave edilebilir (Özbek 1990). Bu nedenle 2. ve 3. dönemde oluşan yağışlar nedeniyle topraklardan sızan drenaj sularının derelerin SO_4^- bakımından zenginleşmesine neden olduğu görülmektedir.

Sülfat değeri doğal sularda 5 - 100 mg/L arasında değişim gösterir (Tepe ve ark., 2006). Sucul ortamlarda çeşitli endüstri atıkları, tarımsal faaliyetler ve evsel atıkların neden olduğu sülfat artışı kirliliğin bir göstergesidir. Sülfat içeriğinin 250 mg/L'den fazla olması ciddi derecede kirlenmeye işaret etmektedir (Nisbet ve Verneaux, 1970)

4.9. Klor (Cl^-)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden ve derelerden alınan su örneklerinde Cl^- analizleri yapılmış, elde edilen değerler ve sulama suyu sınıfları Çizelge 4.9 ve Şekil 4.9'te sunulmuştur.

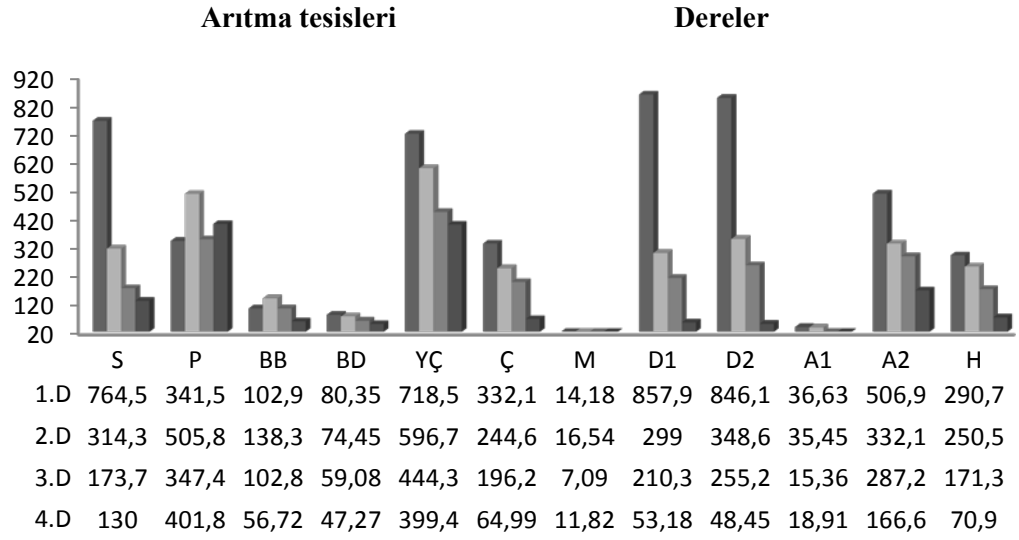
Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde Cl^- değerlerinin 47,27 - 764,54 mg l^{-1} arasında, sulama suyu sınıflandırmasına göre de I. - V. sınıflar arasında olduğu görülmüştür.

Arıtma tesislerinden alınan sular dönemler bazında incelendiğinde Cl^- değerlerinin 1. dönemde 80,35 - 764,54 mg l^{-1} , 2. dönemde 74,45 - 536,74 mg l^{-1} , 3. dönemde 59,08 - 444,31 mg l^{-1} ve 4. dönemde 47,27 - 401,77 mg l^{-1} arasında olduğu görülmüştür. BD ve BB'ye ait atıksuların Cl^- içeriklerinde dönemler arasında farklılık görülmezken ve 4 dönemde de 1. sınıf sulama suyu sınıfına girerken, P 'ye ait atıksular 2. dönemde IV. sınıfa, diğer dönemlerde III. Sınıfa girdiği ve S'den alınan su örneklerinin ise 4 dönemde de su kalitesinde bir iyileşme olduğu görülmüştür.

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarını oluşturan derelerden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde ise Cl^- değerlerinin 7,09 - 857,89 mg l^{-1} arasında, sulama suyu sınıflandırmasına göre de I. - V. sınıflar arasında olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.9. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında klor içeriklerine göre sulama suyu sınıfları (mg l⁻¹)

DÖNEMLER								
SINIFLAR	1		2		3		4	
	Örnek	mg l ⁻¹	Örnek	mg l ⁻¹	Örnek	mg l ⁻¹	Örnek	mg l ⁻¹
ARITMA TESİSLERİ								
I	BD	80,35	BD	74,45	BD	59,08	BD	47,27
	BB	102,92	BB	138,26	BB	102,81	BB	56,72
							S	129,98
II					S	173,71		
III	P	341,50	S	314,32	P	347,41	YÇ	399,40
							P	401,77
IV			P	505,75	YÇ	444,31		
			YÇ	596,74				
V	YÇ	718,45						
	S	764,54						
DERELER								
I	M	14,18	M	16,54	M	7,09	M	11,82
	A1	36,63	A1	35,45	A1	15,36	A1	18,91
							D2	48,45
							D1	53,18
							Ç	64,99
							H	70,90
II			Ç	244,61	H	171,34	A2	166,62
					Ç	196,16		
III					D1	210,34		
	H	290,7	H	250,51	D2	255,24		
	Ç	332,05	D1	298,96	A2	287,15		
			A2	332,05				
IV			D2	348,59				
	A2	506,94						
V	D2	846,07						
	D1	857,89						



Şekil 4.9. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında klor içerikleri sonuçları (mg l^{-1})

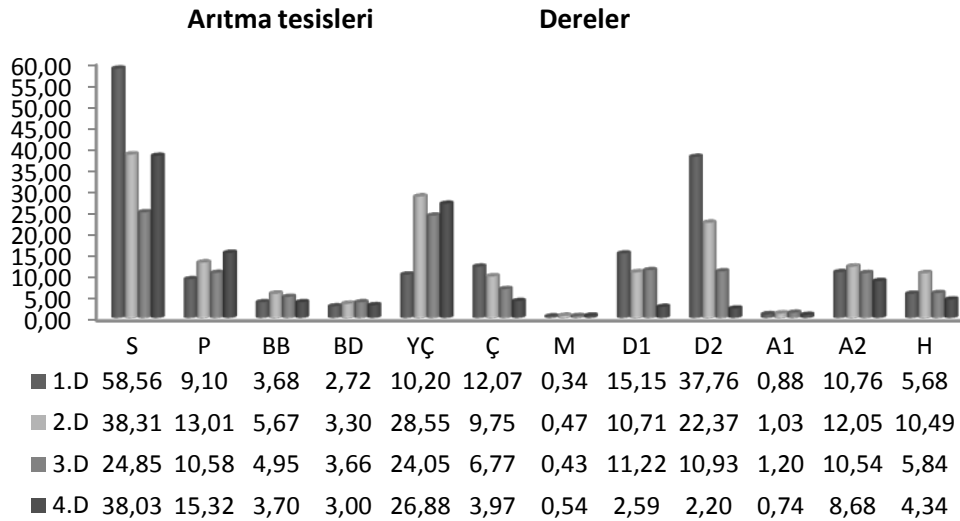
Derelerden alınan sular dönemler bazında incelendiğinde Cl değerlerinin 1. dönemde $14,18 - 857,89 \text{ mg l}^{-1}$, 2. dönemde $16,54 - 348,59 \text{ mg l}^{-1}$, 3. dönemde $7,09 - 287,15 \text{ mg l}^{-1}$ ve 4. dönemde $11,82 - 166,62 \text{ mg l}^{-1}$ arasında olduğu görülmüştür. M ve A1'e ait sular 4 dönemde de I. sınıfa girerken diğer derelerden alınan sular 4 dönemde de sulama suyu bakımından iyileşme göstermiştir. Bunun nedeni EK.1'de sunulan grafiklerden anlaşılacağı gibi yağış miktarlarının artmasından dolayı derelerde seyrelme olduğu düşünülebilir.

Çok düşük konsantrasyonlarda bile ekonomik bitki türlerinde önemli zararlara neden olan klorür tuzlarının sulama sularındaki konsantrasyonuna özel bir önem verilmektedir. Sularda doğal olarak en çok bulunan klorür tuzu, sodyum klorür (NaCl) dür ve deniz sularının hakim olan tuzudur. Sulama sularının NaCl içeriğinin kültür bitkilerine etkisi; bitki türlerine, toprak koşullarına ve iklime göre oldukça farklı sınır değerlerine sahiptir. Avokado ağaçları, limonlar ve bazı süs bitkileri $100-200 \text{ mg/l}$. NaCl'den zarar görürken, arpa ve buğdayda toksite sınırı 8000 mg l^{-1} 'ye kadar çıkmaktadır. Genellikle sulama amacıyla kullanılacak sularda sodyum klorür konsantrasyonunun 700 mg/l 'yi geçmemesi önerilmektedir (Özbek 1990). Buna göre sadece 1. Dönemde YÇ ve S arıtma tesisi ve D1 ve D2' ye ait derelerin sulama suyu olarak kullanılması sakıncalı görülmüştür.

Klorür bütün doğal sularda bulunur. Klorür tuzlarının çözünürlüğü fazla olduğundan normal ve pis sularda en çok bulunan iyonlardan birisidir. Normal sularda 1 mg/L'den birkaç bin mg/L'ye kadar klorür iyonuna rastlanılır (Güler ve Çobanoğlu, 1997). Tüm doğal suların önemli bir kimyasal bileşeni olan klorür iyonunun konsantrasyonu genellikle düşüktür. Klorür değerlerinin yüksek oluşu, tuzluluğun ve buna bağlı olarak elektriksel iletkenliğin de yüksek değerde olduğunun göstergesidir. Klorür konsantrasyonunun alacağı değerler gerek içme ve endüstriyel su kalitesi gerekse de sulama suyu kalitesi açısından doğrudan önem taşımaktadır (Ünlü ve ark., 2008).

4.10. Sodyum (Na⁺)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden ve derelerden alınan su örneklerinin Na⁺ içerikleri yapılmış, elde edilen değerler ve Şekil 4.10'da sunulmuştur.



Şekil 4.10. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında sodyum içerikleri sonuçları (me l⁻¹)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde Na⁺ içeriklerinin 2,72 – 58,56 me l⁻¹ arasında olduğu görülmüştür. Tüm dönemler de en yüksek Na⁺ içeriği S'ye ait arıtma tesisinde

saptanmıştır. Bunun nedeni olarak S firmasının gıda işletmesi olması ve genellikle de peynir gibi tuzlu ürünler üretmesi düşünülebilir.

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarını oluşturan derelerden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde Na^+ içeriklerinin $0,34 - 37,76 \text{ me l}^{-1}$ arasında olduğu görülmüştür. Tüm dönemler de en düşük Na^+ içeriği M ve A1'e ait dereler olduğu saptanmıştır. Bu derelerin yerleşim yerlerinde bulunması ve bu derelere deşarj yapılmaması Na^+ içeriklerinin düşük olmasının nedeni olarak görülebilir.

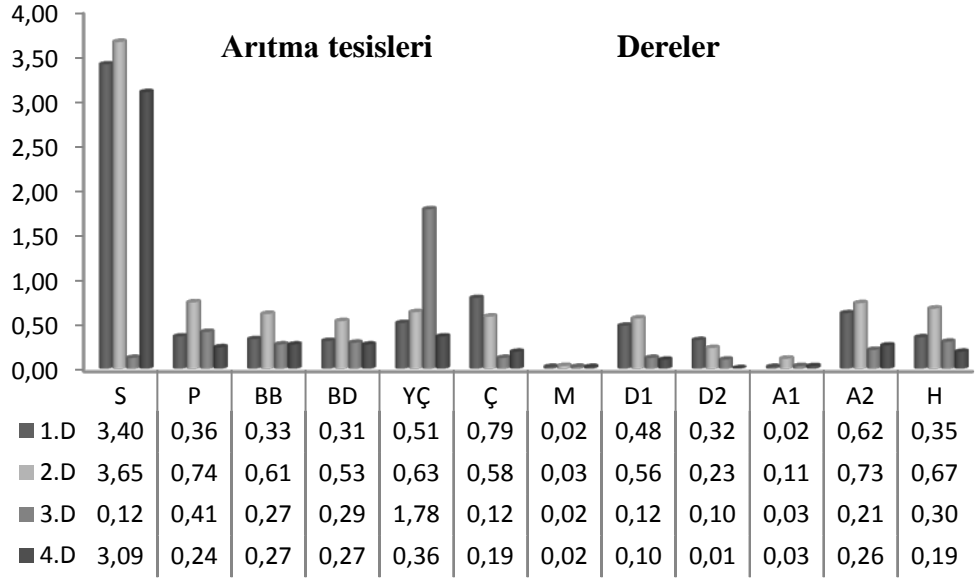
Bitkilerin, gelişimleri için çok az ihtiyaç duyduğu Na, yüksek konsantrasyonlarda sadece bitkilere değil toprak koşullarına da olumsuz etki eder. Sulama sularında Na içeriğinin yüksek olması, toprak agregatlarının dispersiyonuna diğer bir ifadeyle toprak strüktürünün bozulmasına ve buna bağlı olarak da infiltrasyon ve geçirgenliğin azalmasına neden olur. Bu durum ise tohumların çimlenmesini güçleştirmektedir (Trivedi, 1992).

Sodyum oranı yüksek sular toprağın strüktürünü ve geçirgenliğini bozmasının yanı sıra, badem, avakado, sert çekirdekli gibi bitkilerde yaprakların yanmasına yol açar. SAR değeri 4-8 arasında olan sular, sodyuma duyarlı bitkilere zarar vermektedir (Munsuz ve Ünver, 1995).

Sodyum fazlalığı kil partiküllerinin agregatlaşması yerine disperse olmasına ve bazı durumlarda da şişmesine neden olur. Bu; düşük porozite, kötü geçirimsizlik, ıslak olduğunda kötü havalanma ve kurak olduğunda derin çatlaklarla yayılan büyük keseklere sahip olan topraklara neden olmaktadır. Böyle topraklar, hem kurak hem de nemli olduğunda tarım aletleriyle çalışmayı güçleştirecek ve bunların pH'sı genellikle yüksek olacaktır (Shuval et al., 1986).

4.11. Potasyum (K^+)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden ve derelerden alınan su örneklerinin K^+ içerikleri yapılmış, elde edilen değerler ve Şekil 4.11'da sunulmuştur.



Şekil 4.11. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında potasyum içerikleri sonuçları (me l^{-1})

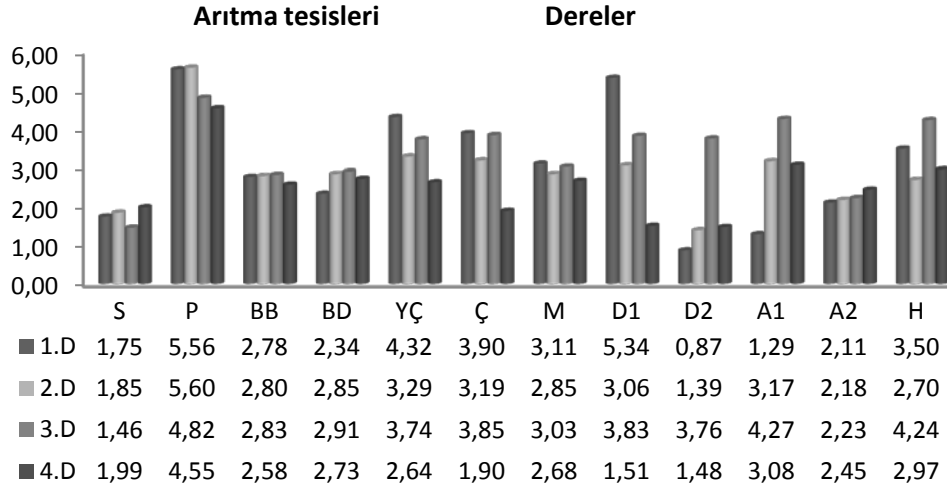
Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde K^+ içeriklerinin $0,12 - 3,65 \text{ me l}^{-1}$ arasında olduğu görülmüştür. Genelde en yüksek K^+ içeriği S'ye ait arıtma tesisinde saptanmıştır.

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarını oluşturan derelerden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde K^+ içeriklerinin $0,02 - 0,79 \text{ me l}^{-1}$ arasında olduğu görülmüştür. Tüm dönemler de en düşük K^+ içeriğine M ve A1'e ait dereler olduğu görülmüştür.

K^+ , bitki besin maddesi olup sulama sularında çok az miktarlarda bulunur. Sulama sularında birkaç mg l^{-1} 'den fazla bulunması, gübrelerden veya diğer kirleticilerden kaynaklı bir kirliliğin varlığına işaret edebilir. Düşük konsantrasyonlarda potasyum bitki için gereklidir. İyi bir bitki gelişmesi için fosfor gibi mineral maddelerle uygun bir dengede tutulması gerekir. Sulama sularında potasyum ve sodyum toprağa benzer şekilde etki ederlerse de potasyum, sodyuma nazaran daha az zararlı olarak kabul edilmektedir (Ayyıldız, 1990). Bireysel olarak K^+ için herhangi bir kriter verilmemiştir.

4.12. Kalsiyum (Ca²⁺)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden ve derelerden alınan su örneklerinin Ca²⁺ içerikleri yapılmış, elde edilen değerler ve Şekil 4.12'de sunulmuştur.



Şekil 4.12. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında kalsiyum içerikleri sonuçları (me l⁻¹)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde Ca²⁺ içeriklerinin 1,46 – 5,60 me l⁻¹ arasında olduğu görülmüştür. Tüm dönemler de en yüksek Ca²⁺ içeriği P'ye ait arıtma tesisinde saptanmıştır.

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarını oluşturan derelerden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde Ca²⁺ içeriklerinin 0,87 – 5,34 me l⁻¹ arasında olduğu görülmüştür. Ca²⁺ içerikleri dönemlere göre derelerde değişiklik göstermiştir.

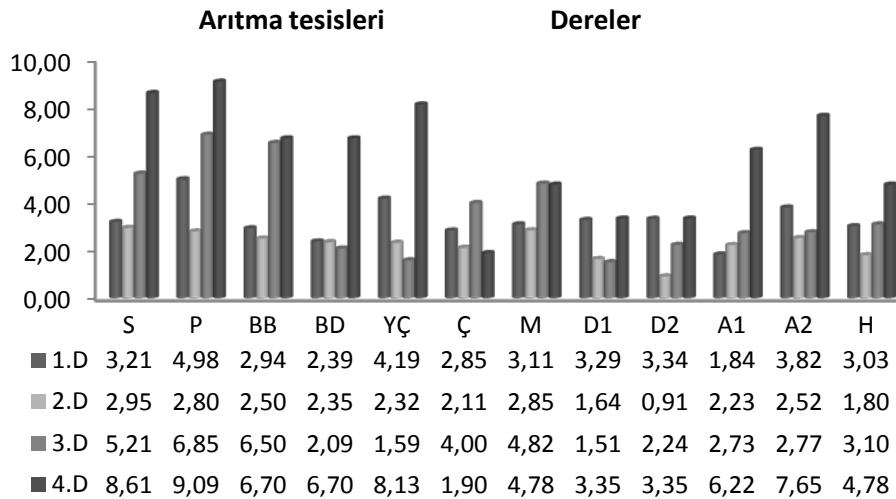
Ca+Mg, sulama sularındaki toplam tuzluluğun ve sodyum zararlılığının tahmin edilmesinde kullanılır. Bitkilerin toprak çözeltilisindeki yüksek Ca²⁺ derişimlerine dayanıklılıkları farklıdır. Kalsiyumun zararlı derişimlerine seyrek rastlanmakla birlikte, bu iyon birçok yararlı iyonun olumsuz etkilerine yol açabilmektedir. (Munsuz ve Ünver,1995).

Yüksek oranda Ca^{+2} ve Mg^{+2} tuzları içeren sular, sodyum zararı tehlikesini azaltır. Ayrıca kalsiyum katyonu, toprakta iyon değişimine katılmak suretiyle, alkaliliği ıslah edici, agregat oluşumu ve toprak strüktürü üzerine etkisiyle toprağın fiziksel özelliklerini düzeltici etkiye sahip olduğundan sulama sularında yüksek konsantrasyonlarda bulunması istenir. Tuncay, (1994) tarafından bildirildiğine göre; Scofield ve Headley (1954) Alkali topraklarda yaptıkları ıslah denemeleri sonucunda ‘‘Sert su toprağı yumuşak, yumuşak su da toprağı sert yapar’’ deyimini özetlemiştir.

Özellikle yüksek konsantrasyondaki kalsiyum klorür (CaCl_2) tuzlarının, bazı kültür bitkilerinde örneğin keten ve bazı çayır bitkilerinde, NaCl 'den daha toksik olduğu saptanmıştır (Kelley, 1951).

4.13. Magnezyum (Mg^{+2})

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden ve derelerden alınan su örneklerinin Mg^{+2} içerikleri yapılmış, elde edilen değerler ve Şekil 4.13'de sunulmuştur.



Şekil 4.13. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında magnezyum içerikleri sonuçları (me l^{-1})

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde Mg^{+2} içeriklerinin $1,59 - 9,09 \text{ me l}^{-1}$ arasında olduğu görölmüştür. Mg^{+2} içeriği dönemlere göre değişmiştir.

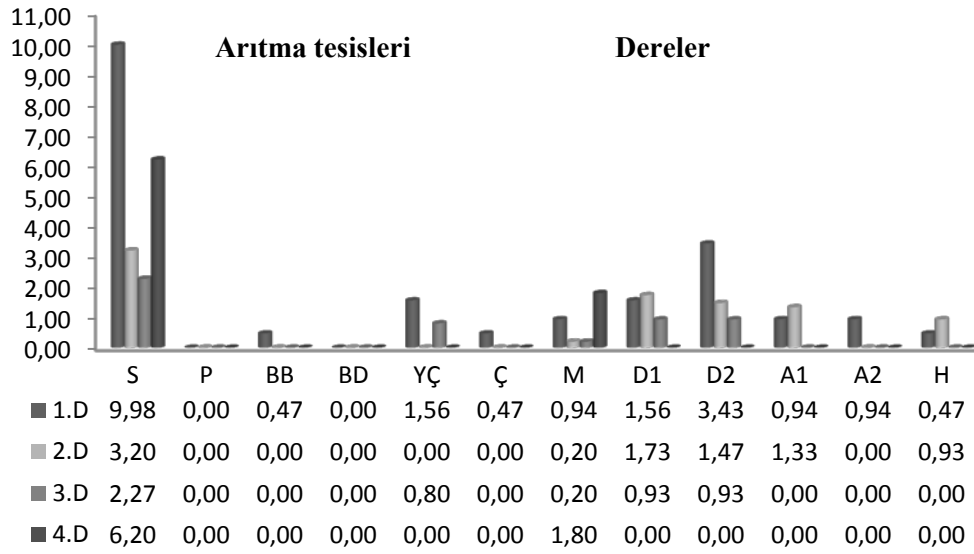
Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarını oluşturan derelerden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde Mg^{+2} içeriklerinin $0,91 - 7,65 \text{ me l}^{-1}$ arasında olduğu görölmüştür. En yüksek Mg^{+2} içeriği 4. dönemde A2'ye ait derede görölürken en düşük içerik 2. dönemde D2'ye ait derede görölmüştür.

Mg^{+2} , normal bitki gelişmesi için gereklidir. Sulama sularındaki magnezyum ve kalsiyum katyonları, toprağı daha geçirgen ve daha işlenebilir hale getirir. Sulama suyunda 24 mg l^{-1} konsantrasyona kadar Mg katyonunun bitki gelişmesine ve toprağa olumsuz bir etkide bulunmadığı saptanmıştır. Çok yüksek konsantrasyonlarda ($3000-5000 \text{ mg l}^{-1}$) magnezyum klorür ($MgCl_2$) ve magnezyum sülfat ($MgSO_4$) olarak fasulyelere toksik olduğu saptanmıştır (Ayyıldız, 1990). Buna göre tüm arıtma tesislerinde ve derelerde çok yüksek konsantrasyonlarda Mg^{+2} içeriğinin olduğu saptanmıştır.

Yapılan araştırmalar yeteri kadar magnezyumun bulunması halinde bitkilerin fosforlu gübrelere daha fazla yararlandıklarını ve tohumun fosfor kapsamının daha yüksek olduğunu göstermiştir (Kacar, 1984). Bireysel olarak Mg^{+2} için herhangi bir kriter verilmemiştir.

4.14. Karbonat (CO_3^-)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden ve derelerden alınan su örneklerinin CO_3^- analizleri yapılmış, elde edilen değerler ve Şekil 4.14'de sunulmuştur. Bireysel olarak CO_3^- için herhangi bir kriter verilmemiştir.



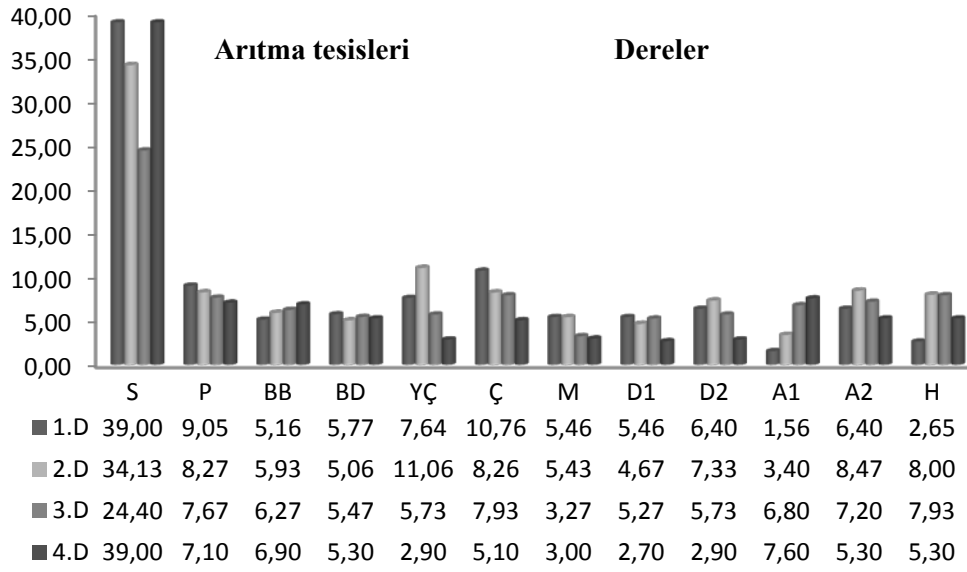
Şekil. 4.14. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında karbonat içerikleri sonuçları (me l⁻¹)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde CO₃⁼ içeriklerinin 0 – 9,98 me l⁻¹ arasında olduğu görülmüştür. En yüksek CO₃⁼ içeriği S'ye ait arıtma tesisinde saptanmıştır. P ve BD'ye ait arıtma tesisinde 4 dönemde de CO₃⁼ içeriği bulunmamıştır.

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarını oluşturan derelerden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde CO₃⁼ içeriklerinin 0 – 3,43 me l⁻¹ arasında olduğu görülmüştür. En yüksek CO₃⁼ içeriği 1. dönemde D2'ye ait dereye görülmüştür.

4.15. Bikarbonat (HCO₃⁻)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden ve derelerden alınan su örneklerinin HCO₃⁻ içerikleri yapılmış, elde edilen değerler ve Şekil 4.15'de sunulmuştur.



Şekil. 4.15. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında bikarbonat içerikleri sonuçları (me l⁻¹)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde HCO₃⁻ içeriklerinin 2,90 – 39,0 me l⁻¹ arasında olduğu görülmüştür. En yüksek HCO₃⁻ içeriği S'ye ait arıtma tesisinde, en düşük içerik ise 4. dönemde YÇ'ye ait arıtma tesisinde saptanmıştır.

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarını oluşturan derelerden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde HCO₃⁻ içeriklerinin 1,56 – 10,76 me l⁻¹ arasında olduğu görülmüştür. En yüksek HCO₃⁻ içeriği 1. dönemde Ç'ye ait dere de görülmüştür. HCO₃⁻ içeriği dönemler arasında değişiklik göstermiştir.

FAO tarafından önerilen sulama suyu için gerekli sulama suyu kalite kriterlerine göre; Bikarbonat (HCO₃⁻) mg l⁻¹ değeri: Yok <91,5, Az-Orta 91,5-518,5, Yüksek >518,5 olarak bildirilmiştir. Buna göre tüm dönemlerde S'ye ait arıtma tesisinde (2379,0 - 2082,1 - 1488,4 - 2379,0 mg l⁻¹), 1. dönemde P'ye ait arıtma tesisinde (551,93 mg l⁻¹) ve Ç'ye ait dere de (656,60 mg l⁻¹) ve 2.,3., 4. dönemde YÇ'ye ait arıtma tesisinde (675,07 – 569,33 – 774,70 mg l⁻¹) yüksek HCO₃⁻ içeriği saptanmıştır. Bunların dışındaki örnekleme lerde HCO₃⁻ içeriği az-orta miktarda bulunmuştur.

Sulama sularında yüksek konsantrasyonlarda HCO_3^- bulunursa, toprak çözeltisinin daha konsantre duruma gelmesi halinde kalsiyum ve magnezyum karbonat olarak çökelmeye başlar. Bu durum, toprak çözeltisinde kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonunun azalmasına ve sodyumun oransal olarak artmasına neden olur. Bu da sonuçta dolaylı olarak sodyum zararına neden olur. CO_2 'nin su içerisinde erimesi ile meydana gelen HCO_3^- , karbondioksitin kaynağı atmosferik veya biyolojik olabilir. Bu doğal yoldan başka HCO_3^- ve CO_3^{2-} kullanılan sanayi atıklarının sulama sularına karışması ile de bulunabilir. Fakat sularda bulunuş oranı sıcaklık, pH ve diğer erimiş katı maddelerin konsantrasyonuna bağlıdır (Ayyıldız, 1990).

4.16. Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden ve derelerden alınan su örneklerinde RSC hesaplamaları yapılmış, elde edilen değerler ve sulama suyu sınıfları Çizelge 4.10 ve Şekil 4.16'da sunulmuştur.

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde RSC değerlerinin iz - 45,19 mg l^{-1} arasında, sulama suyu sınıflandırmasına göre de I. - III. sınıflar arasında olduğu görülmüştür.

Arıtma tesislerinden alınan sular dönemler bazında incelendiğinde RSC değerlerinin 1. dönemde 2,22 -45,19 mg l^{-1} , 2. dönemde 0,07 – 32,47 mg l^{-1} , 3. dönemde iz - 20,00 mg l^{-1} ve 4. dönemde iz - 36,2 mg l^{-1} arasında olduğu görülmüştür. YÇ ve S' ye ait arıtma tesisi atık sularının 4 dönemde de III. sınıfa, P, BB ve BD ' ye ait atıksuların 1. dönemde II. sınıfa, diğer dönemlerde sulama suyu kalitesi yükselerek I. sınıfa girdiği görülmüştür.

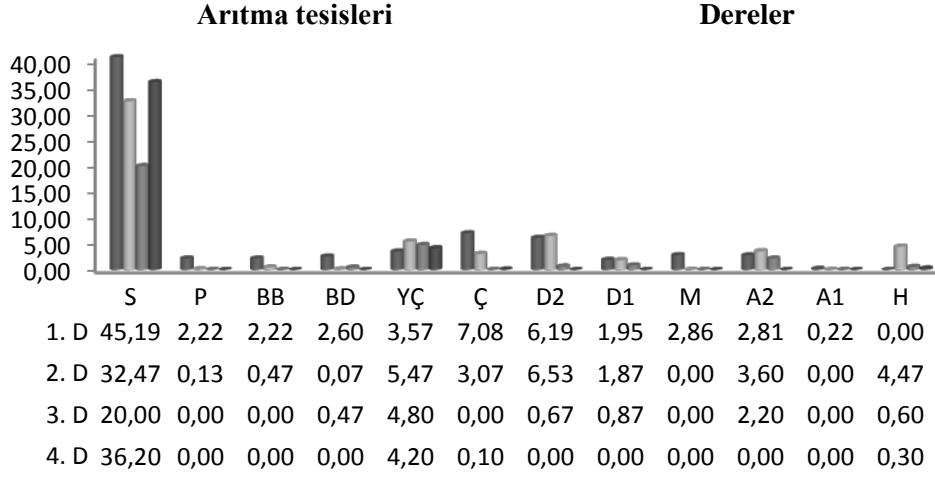
Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarını oluşturan derelerden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde ise RSC değerlerinin iz - 7,08 mg l^{-1} arasında, sulama suyu sınıflandırmasına göre de I. - III. sınıfta olduğu görülmüştür.

Derelerden alınan suların RSC değerleri dönemler bazında incelendiğinde 1. dönemde iz - 7,08 mg l^{-1} , 2. dönemde iz - 6,53 mg l^{-1} , 3. dönemde iz - 2,20 mg l^{-1} ve 4. dönemde

iz - 0,30 mg l⁻¹ arasında olduğu görülmüştür. Derelerden alınan atıksu örneklerinin 4 dönemde de kullanılabilir olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.10. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında kalıcı sodyum karbonat değerlerine göre sulama suyu sınıfları (mg l⁻¹)

DÖNEMLER								
SINIFLAR	1		2		3		4	
	Örnek	mg l ⁻¹	Örnek	mg l ⁻¹	Örnek	mg l ⁻¹	Örnek	mg l ⁻¹
ARITMA TESİSLERİ								
I			BD	0,07	P	iz	P	iz
			P	0,13	BB	iz	BB	iz
			BB	0,13	BD	0,47	BD	iz
II	P	2,22						
	BB	2,22						
	BD	2,60						
III	YÇ	3,57	YÇ	5,47	YÇ	4,80	YÇ	4,20
	S	45,19	S	32,47	S	20	S	36,2
DERELER								
I	H	iz	M	iz	Ç	iz	D2	iz
	A1	0,22	A1	iz	M	iz	D1	iz
					A1	iz	M	iz
					H	0,60	A2	iz
					D2	0,67	A1	iz
					D1	0,87	Ç	0,1
						H	0,30	
II	D1	1,95	D1	1,87	A2	2,20		
	A2	2,81						
	M	2,86						
III	D2	6,19	Ç	3,07				
	Ç	7,08	A2	3,60				
			H	4,47				
			D2	6,53				



Şekil 4.16. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında kalıcı sodyum karbonat değerleri sonuçları (mg l^{-1})

4.17. Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden ve derelerden alınan su örneklerinde SAR değerleri hesaplanmış, elde edilen değerler ve sulama suyu sınıfları Çizelge 4.11 ve Şekil 4.17'da sunulmuştur.

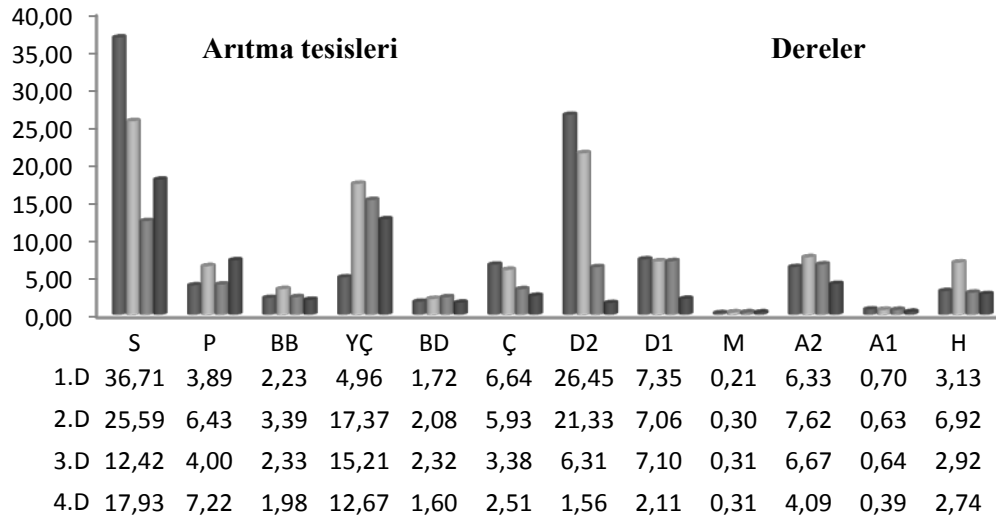
Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde SAR değerlerinin 1,60 - 36,71 arasında, sulama suyu sınıflandırmasına göre de I. - IV. sınıflar arasında olduğu görülmüştür.

Arıtma tesislerinden alınan sular dönemler bazında incelendiğinde SAR değerlerinin 1. dönemde 1,72 - 36,71, 2. dönemde 2,08 - 25,59, 3. dönemde 2,23 - 15,21 ve 4. dönemde 1,60 - 17,93 arasında olduğu görülmüştür. BB, BD ve P' ye ait arıtma tesisi atıksularının 4 dönemde de I. sınıfta, YÇ' ye ait atık sular I. sınıf ve II. sınıfta yer almaktadır. S' ye ait atık suların ise II. sınıf ve IV. sınıf arasında değişiklik göstermiştir.

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarını oluşturan derelerden alınan atıksular incelendiğinde ise SAR değerlerinin 0,21 -26,45 arasında, sulama suyu sınıflandırmasına göre de I. - IV. sınıfta olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.11. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında sodyum adsorbsiyon oranı değerlerine göre sulama suyu sınıfları (mg l^{-1})

DÖNEMLER								
SINIFLAR	1		2		3		4	
	Örnek	mg l^{-1}	Örnek	mg l^{-1}	Örnek	mg l^{-1}	Örnek	mg l^{-1}
ARITMA TESİSLERİ								
I	BD	1,72	BD	2,08	BB	2,23	BD	1,60
	BB	2,23	BB	3,39	BD	2,32	BB	1,98
	P	3,89	P	6,43	P	4,00	P	7,22
	YÇ	4,96						
II			YÇ	17,37	S	12,42	YÇ	12,67
					YÇ	15,21	S	17,93
III			S	25,59				
IV	S	36,71						
DERELER								
I	M	0,21	M	0,30	M	0,31	M	0,31
	A1	0,70	A1	0,63	A1	0,64	A1	0,39
	H	3,13	Ç	5,93	H	2,92	D2	1,56
	A2	6,33	H	6,92	Ç	3,38	D1	2,11
	Ç	6,64	D1	7,06	D2	6,31	Ç	2,51
	D1	7,35	A2	7,62	A2	6,67	H	2,74
				D1	7,10	A2	4,09	
II								
III			D2	21,33				
IV	D2	26,45						



Şekil 4.17. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında sodyum adsorbsiyon oranı değerleri (mg l^{-1})

Derelerden alınan suların SAR değerleri dönemler bazında incelendiğinde 1. dönemde 0,21 – 26,45, 2. dönemde 0,30 – 21,33, 3. dönemde 0,31 – 7,10 ve 4. dönemde 0,31 – 4,09 arasında olduğu görülmüştür. Derelerden alınan atıksu örneklerinden D2' ye ait atıksu örneği 1. dönemde IV. sınıfa, 2. dönemde III. sınıfa girdiği görülmüştür. Diğer derelere ait atıksu örnekleri ise 4 dönemde de I. sınıftadır.

Sulama sularındaki tuzluluk SAR kombinasyonu sulama yapılan topraklarda infiltrasyon problemlerine neden olmaktadır. (Shaki ve ark., 2006, Üstün ve ark., 2008).

4.18. EC ve SAR Değerlerine Göre Sulama Suyu Sınıfı

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden ve derelerden alınan su örneklerinde sulama suyu sınıfları belirlenmiş ve Çizelge 4.12.'de sunulmuştur.

Sulama suyu sınıfı bakımından Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde sulama suyu sınıflarının C_2S_1 - C_4S_4 arasında değiştiği, sulama suyu sınıflandırmasına göre II. ile IV. sınıflar arasına girdiği görülmüştür

Çizelge 4.12. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemlere göre sulama suyu sınıfları

		DÖNEMLER							
		1		2		3		4	
SINIFLAR		Örnek	-	Örnek	-	Örnek	-	Örnek	-
ARITMA TESİSLERİ									
I									
II								BD	C_2S_1
III	P	C_3S_1	BB	C_3S_1	BB	C_3S_1	BB	C_3S_1	
	BB	C_3S_1	BD	C_3S_1	BD	C_3S_1			
	BD	C_3S_1							
IV	YÇ	C_4S_2	P	C_4S_2	P	C_4S_1	P	C_4S_2	
	S	C_4S_4	YÇ	C_4S_4	S	C_4S_3	S	C_4S_4	
			S	C_4S_4	YÇ	C_4S_4	YÇ	C_4S_4	
DERELER									
I									
II	M	C_2S_1	M	C_2S_1	M	C_2S_1	Ç	C_2S_1	
	A1	C_2S_1	A1	C_2S_1	A1	C_2S_1	A1	C_2S_1	
III	H	C_3S_1	Ç	C_3S_1	Ç	C_3S_1	A2	C_3S_1	
	Ç	C_3S_2	H	C_3S_2	D2	C_3S_1	H	C_3S_1	
			D1	C_3S_2	H	C_3S_1	D1	C_3S_2	
					D1	C_3S_2			
					A2	C_3S_2			
IV	D1	C_4S_2	A2	C_4S_2			D2	C_4S_1	
	A2	C_4S_2	D2	C_4S_4			D1	C_4S_1	
	D2	C_4S_4							

Arıtma tesislerinden alınan sular dönemler bazında incelendiğinde sulama suyu sınıflarının 1. dönemde $C_3S_1 - C_4S_1$, 2. dönemde $C_3S_1 - C_4S_4$, 3. dönemde $C_3S_1 - C_4S_4$ ve 4. dönemde $C_2S_1 - C_4S_4$ arasında olduğu görülmüştür. YÇ ve S'ye ait sular 4 dönemde de IV. sınıfa girdiğinden dolayı sulama suyu olarak kullanılması sakıncalıdır.

P'ye ait suların 1. dönemde kullanılabilirken diğer dönemlerde bu suyun da kullanılması sakıncalı görülmüştür. BB ve BD'ye ait suların ise 4 dönemde de kullanılmasında sakınca görülmemiştir. Ancak YÇ, S ve P'ye ait sular ise çok yüksek tuzlu su sınıfına girdiklerinden kullanılmaları sakıncalı görülmüştür. C₃ ve C₄ sınıfında yer alan suların kullanılması halinde, yeterli yıkama ve drenaj koşulları sağlanması ve uygun ıslah maddelerin toprağa ilave edilmesi zorunluluğu vardır (Tuncay, 1994).

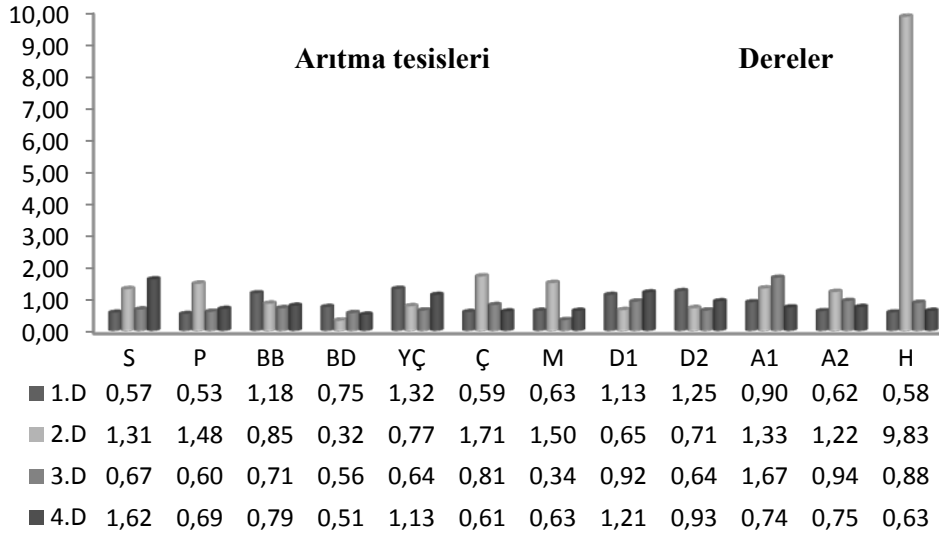
Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarını oluşturan derelerden alınan atıksular incelendiğinde yine sulama suyu sınıflarının C₂S₁ - C₄S₄ arasında, sulama suyu sınıflandırmasına göre de I. - IV. sınıfta olduğu görülmüştür.

Derelerden alınan suların sulama suyu sınıfları dönemler bazında incelendiğinde 1. dönemde C₂S₁ - C₄S₄, 2. dönemde C₂S₁ - C₄S₄, 3. dönemde C₂S₁ - C₃S₂ ve 4. dönemde C₂S₁ - C₄S₁ arasında olduğu görülmüştür.

M ve A1'e ait sular yerleşim yerlerine yakın olduğundan bu derelere deşarj olmadığından dolayı sulama suyu sınıfları 4 dönemde de II. sınıfta yer almaktadırlar. Ç ve H derelerine ait sular 4 dönemde de kullanılmasında sakınca görülmemiş iken, D1, D2 ve A2'ye ait suların kullanılmaları dönemlere göre değişiklik göstermiş özellikle de yaz aylarında kullanılmaları sakıncalı görülmüştür. Yağmurların azalması ve derelerdeki suların buharlaşmasıyla yaz aylarında derelerin tuz miktarlarının arttığı görülmüştür.

4.19. Alüminyum (Al)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden ve derelerden alınan su örneklerinde alüminyum analizleri yapılmış, elde edilen değerler ve sulama suyu sınıfları Şekil 4.18'de sunulmuştur.



Şekil 4.18. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında alüminyum içerikleri (mg l^{-1})

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğindeki Ağır Metal ve Toksik Elementler Konsantrasyonlarını belirten çizelgeye göre alüminyum konsantrasyonunun 5 mg l^{-1} ye kadar olmasına izin verilmektedir.

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde Al değerlerinin $0,32 - 1,62 \text{ mg l}^{-1}$ arasında olduğu görülmüştür.

Arıtma tesislerinden alınan suları dönemler bazında incelendiğinde Al değerlerinin 1. dönemde $0,53 - 1,32 \text{ mg l}^{-1}$, 2. dönemde $0,32 - 1,48 \text{ mg l}^{-1}$ 3. dönemde $0,56 - 0,71 \text{ mg l}^{-1}$ ve 4. dönemde $0,51 - 1,62 \text{ mg l}^{-1}$ arasında olduğu görülmüştür. Buna göre arıtma tesislerinden alınan atıksu örneklerinin Al bakımından sulama suyu olarak kullanılmasında herhangi bir sakınca görülmemiştir.

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarını oluşturan derelerden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde ise Al değerlerinin $0,34 - 9,83 \text{ mg l}^{-1}$ arasında olduğu görülmüştür.

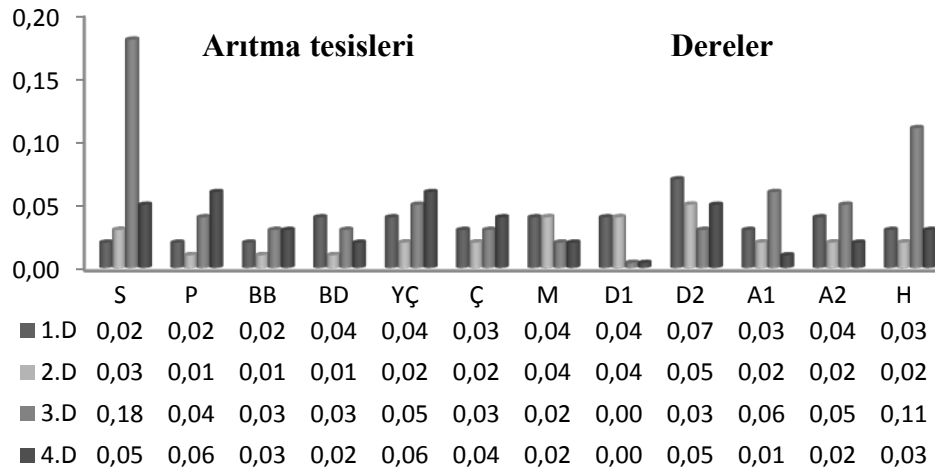
Derelerden alınan sular dönemler bazında incelendiğinde Al değerlerinin 1. dönemde $0,59 - 1,25 \text{ mg l}^{-1}$, 2. dönemde $0,65 - 9,83 \text{ mg l}^{-1}$, 3. dönemde $0,34 - 1,67 \text{ mg l}^{-1}$ ve 4. dönemde $0,61 - 1,21 \text{ mg l}^{-1}$ arasında olduğu görülmüştür. Bu değerlere göre derelerden

alınan atıksu örneklerinin sulama suyu olarak 2. dönemde H' den alınan atıksu haricinde kullanılmasında herhangi bir sakınca görülmemiştir.

Al değerleri bakımından derelerden alınan atıksu örneklerinin dönemler arasında dalgalanma göstermiştir. Bunun nedeninin sanayilerin derelere deşarj ettikleri suyun kalitesinden kaynaklandığı düşünülmektedir..

4.20. Bakır (Cu)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden ve derelerden alınan su örneklerinde bakır analizleri yapılmış, elde edilen değerler ve sulama suyu sınıfları Şekil 4.19'de sunulmuştur.



Şekil 4.19. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında bakır içerikleri (mg l^{-1})

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğindeki Ağır Metal ve Toksik Elementler Konsantrasyonlarını belirten çizelgeye göre bakır konsantrasyonunun $0,2 \text{ mg l}^{-1}$ 'ye kadar olmasına izin verilmektedir.

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde Cu değerlerinin $0,01 - 0,18 \text{ mg l}^{-1}$ arasında olduğu görülmüştür.

Arıtma tesislerinden alınan suların dönemler bazında incelendiğinde Cu değerlerinin 1. dönemde 0,02 - 0,04 mg l⁻¹, 2. dönemde 0,01 – 0,03, 3. dönemde 0,03 – 0,18 mg l⁻¹, 4. dönemde 0,02 – 0,06 mg l⁻¹ arasında olduğu görülmüştür. Buna göre arıtma sularından alınan örneklerin Cu bakımından sulama suyu olarak kullanılmasında herhangi bir sakınca görülmemiştir.

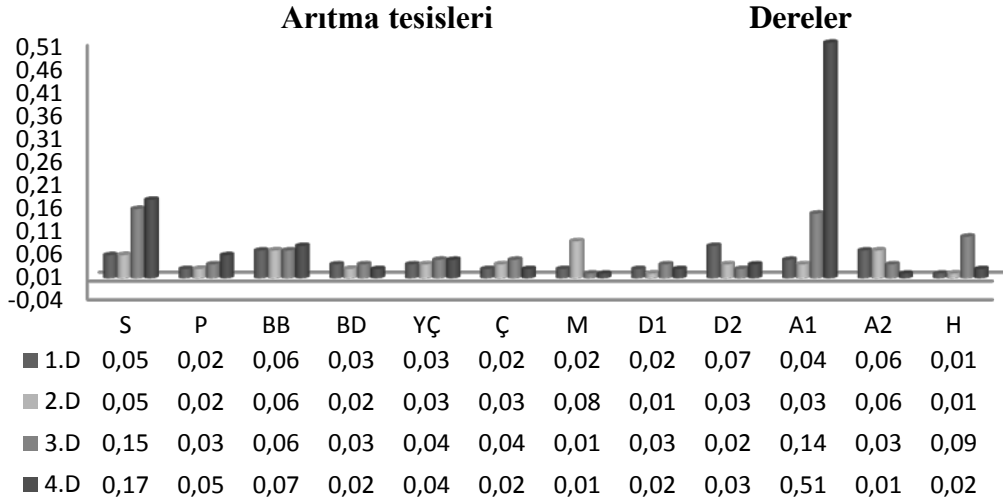
Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarını oluşturan derelerden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde ise Cu değerlerinin 0,00 - 0,11 mg l⁻¹ arasında olduğu görülmüştür.

Derelerden alınan sular dönemler bazında incelendiğinde Cu değerlerinin 1. dönemde 0,03 - 0,07 mg l⁻¹, 2. dönemde 0,02 – 0,05 mg l⁻¹, 3. dönemde 0,02 – 0,11 mg l⁻¹ ve 4. dönemde 0,00 – 0,05 mg l⁻¹ arasında olduğu görülmüştür. Bu değerlere göre derelerden alınan atıksu örneklerinin Cu bakımından sulama suyu olarak kullanımında herhangi bir sakınca görülmemiştir. 3. dönemde ve 4. dönemde en düşük değere D1' den alınan atıksu örneği sahiptir.

Kovancı (1979), İç Ege bölgesi yerüstü sulama sularında iz ile 0,1, yeraltı sulama sularında iz ile 0,07, Altınbaş ve ark (1994) ise Gediz nehri sularında 0,006 – 0,207 ppm arasında Cu bulmuşlardır.

4.21. Çinko (Zn)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden ve derelerden alınan su örneklerinde çinko analizleri yapılmış, elde edilen değerler ve sulama suyu sınıfları Şekil 4.20'de sunulmuştur.



Şekil 4.20. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında çinko içerikleri (mg l^{-1})

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğindeki Ağır Metal ve Toksik Elementler Konsantrasyonlarını belirten çizelgeye göre çinko konsantrasyonunun 2 mg l^{-1} 'ye kadar olmasına izin verilmektedir.

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde Zn değerlerinin $0,02 - 0,17 \text{ mg l}^{-1}$ arasında olduğu görülmüştür.

Arıtma tesislerinden alınan sular dönemler bazında incelendiğinde Zn değerlerinin 1. ve 2. dönemde $0,02 - 0,06 \text{ mg l}^{-1}$, 3. dönemde $0,03 - 0,15 \text{ mg l}^{-1}$ ve 4. dönemde $0,02 - 0,17 \text{ mg l}^{-1}$ arasında olduğu görülmüştür. Buna göre arıtma tesislerinden alınan tüm atıksu örneklerinin Zn bakımından sulama suyu olarak kullanılmasında herhangi bir sakınca görülmemiştir.

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarını oluşturan derelerden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde ise Zn değerlerinin $0,01 - 0,09 \text{ mg l}^{-1}$ arasında olduğu görülmüştür.

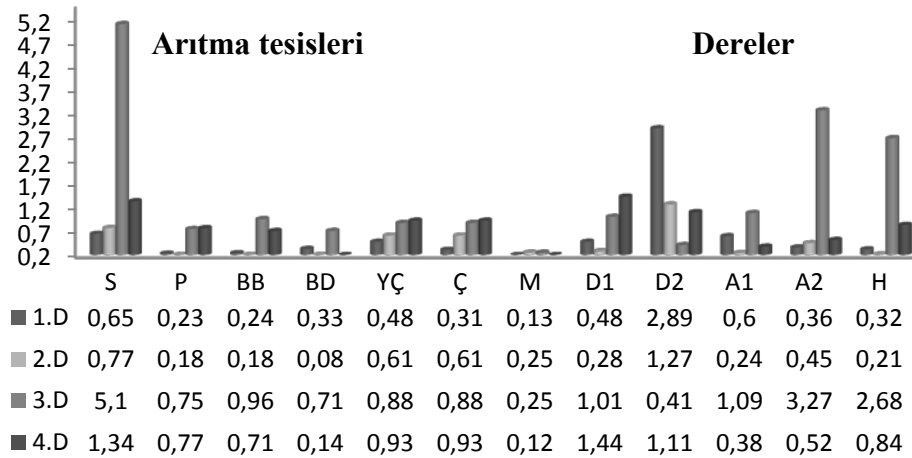
Derelerden alınan suların dönemler bazında incelendiğinde Zn değerlerinin 1. dönemde $0,01 - 0,07 \text{ mg l}^{-1}$, 2. dönemde $0,01 - 0,08 \text{ mg l}^{-1}$, 3. dönemde $0,01 - 0,14 \text{ mg l}^{-1}$, 4. dönemde $0,01 - 0,51 \text{ mg l}^{-1}$ arasında olduğu görülmüştür. Bu değerlere göre derelerden alınan atıksu örneklerinin Zn bakımından tüm dönemlerde sulama suyu olarak kullanılmasında sakınca görülmemiştir.

Çinko değerlerine bakıldığında arıtma tesislerinden alınan atıksu örneklerinde önemli bir farklılık olmadığı görülmüştür. Sadece S' den alınan atıksu örneğinde 3. ve 4. dönemde çinko değerinde artış görülmüştür. Derelerden alınan atıksu örneklerine bakıldığında ise dönemler arasında azda olsa dalgalanma görülmüştür. En büyük farklılık ise A1' e ait atıksuyun 3. ve 4. döneminde görülmüştür.

Mineral gübreler ile topraklara bir miktar Zn verilmektedir. Nitekim Kabata – Pendias ve Pendias (1992), Fosforlu gübrelerin 1,45 – 50 ppm Zn içerdiğini bildirmektedir. Wegener (1994)' e göre yerleşim bölgesinin arıtılmamış atık sularında Zn miktarı 100 – 1000 ppm olduğunu tespit etmişlerdir.

4.22. Demir (Fe)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden ve derelerden alınan su örneklerinde demir analizleri yapılmış, elde edilen değerler ve sulama suyu sınıfları Şekil 21'de sunulmuştur.



Şekil 4.21. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında demir içerikleri (mg l^{-1})

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğindeki Ağır Metal ve Toksik Elementler Konsantrasyonlarını belirten çizelgeye göre demir konsantrasyonunun 5 mg l^{-1} 'ye kadar olmasına izin verilmektedir.

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde Fe değerlerinin 0,08 - 5,1 mg l⁻¹ arasında olduğu görölmüştür.

Arıtma tesislerinden alınan sular dönemler bazında incelendiğinde Fe değerlerinin 1. dönemde 0,23 - 0,65 mg l⁻¹, 2. dönemde 0,08 - 0,77 mg l⁻¹, 3. dönemde 0,71 - 5,1 mg l⁻¹, 4. dönemde 0,14 - 1,34 mg l⁻¹ arasında olduğu görölmüştür. Buna göre arıtma tesislerinden alınan atıksu örneklerinin 3. dönemde S' den alınan atıksu örneği haricinde Fe bakımından sulama suyu olarak kullanılmasında herhangi bir sakınca görölmemiştir.

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarını oluşturan derelerden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde ise Fe değerlerinin 0,12 - 3,27 mg l⁻¹ arasında olduğu görölmüştür.

Derelerden alınan suların dönemler bazında incelendiğinde Fe değerlerinin 1. dönemde 0,13 - 2,89 mg l⁻¹, 2. dönemde 0,21 - 1,27 mg l⁻¹, 3. dönemde 0,25 - 3,27 mg l⁻¹, 4. dönemde 0,12 - 1,44 mg l⁻¹ arasında olduğu görölmüştür. Bu değerlere göre derelerden alınan atıksu örneklerinin sulama suyu olarak kullanımında herhangi bir sakınca görölmemiştir.

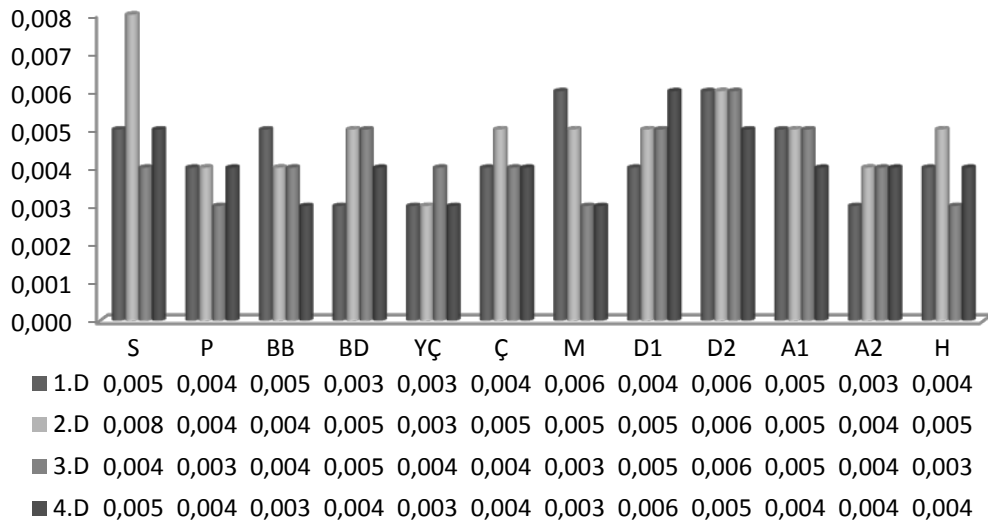
Fe değerleri bakımından tüm atıksu örneklerinin dönemler arasında dalgalanma gösterdiği görölmüştür.

Water Quality Criteria' a göre her türlü toprakta kullanılabilen suların Fe i.çeriğinin 5 ppm olduğu belirtilmiştir (Saatçi ve ark., 1988). Aynı araştırmacılar Fe'in sulama suyu kalitesi üzerine pek önemli etkisi olmadığını bildirmelerine rağmen; Altınbaş ve ark. (1994)'na göre, suyun pH'ını düşürmek suretiyle sudaki canlıları olumsuz etkilemektedir. Kovancı (1979), İç Ege bölgesi yerüstü ve yeraltı sulama sularında; iz ile 0,1 ppm Fe belirlerken, Saatçi ve ark. (1988), İzmir ili civarında sularda iz ile 0,28 ppm Fe saptamışlardır.

4.23. Kadmiyum (Cd)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden ve derelerden alınan su örneklerinde kadmiyum analizleri yapılmış, elde edilen değerler ve sulama suyu sınıfları Şekil 4.22'da sunulmuştur.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğindeki Ağır Metal ve Toksik Elementler Konsantrasyonlarını belirten çizelgeye göre kadmiyum konsantrasyonunun 0,01 mg l⁻¹'ye kadar olmasına izin verilmektedir.



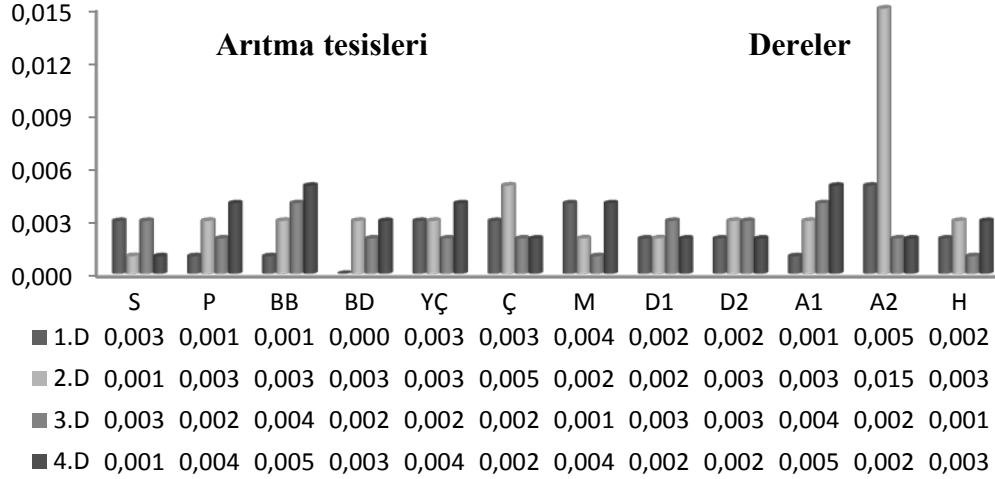
Şekil 4.22. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında kadmiyum içerikleri (mg l⁻¹)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde Cd değerlerinin 0,003 - 0,008 mg l⁻¹ arasında olduğu görölmüştür. Sulama suyu olarak kullanılmalarında herhangi bir sakınca görölmemiştir.

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarını oluşturan derelerden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde ise Cd değerlerinin 0,003 - 0,006 mg l⁻¹ arasında olduğu görölmüştür. Sulama suyu olarak kullanılmalarında herhangi bir sakınca görölmemiştir. Cd konsantrasyonunun yüksek değerleri insanlara zararlı olabilir.

4.24. Kobalt (Co)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden ve derelerden alınan su örneklerinde kobalt analizleri yapılmış, elde edilen değerler ve sulama suyu sınıfları Şekil 4.23'de sunulmuştur.



Şekil 4.23. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında kobalt içelikleri (mg l⁻¹)

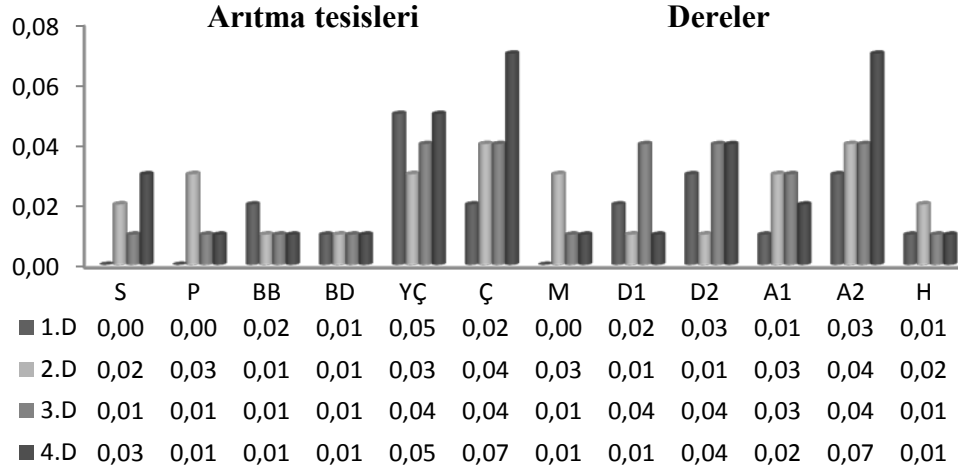
Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğindeki Ağır Metal ve Toksik Elementler Konsantrasyonlarını belirten çizelgeye göre kobalt konsantrasyonunun 0,05 mg l⁻¹'ye kadar olmasına izin verilmektedir.

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde Co değerlerinin 0,000 - 0,004 mg l⁻¹ arasında olduğu görülmüştür. Sulama suyu olarak kullanılmalarında herhangi bir sakınca görülmemiştir.

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarını oluşturan derelerden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde ise Co değerlerinin 0,001 - 0,015 mg l⁻¹ arasında olduğu görülmüştür. Sulama suyu olarak kullanılmalarında herhangi bir sakınca görülmemiştir. En yüksek değerin 2. dönemde A2' ye ait örnek olduğu görülmüştür.

4.25. Krom (Cr)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden ve derelerden alınan su örneklerinde krom analizleri yapılmış, elde edilen değerler ve sulama suyu sınıfları Şekil 4.24'de sunulmuştur.



Şekil 4.24. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında krom içerikleri (mg l^{-1})

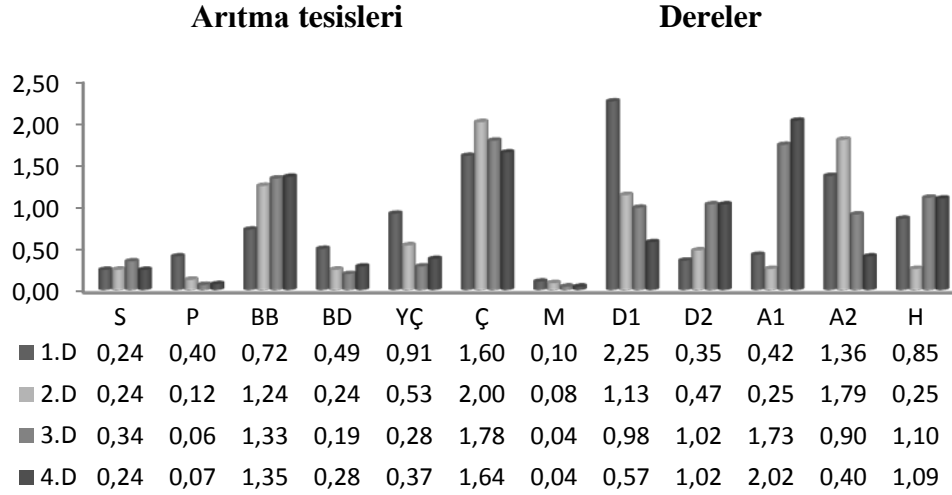
Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğindeki Ağır Metal ve Toksik Elementler Konsantrasyonlarını belirten çizelgeye göre krom konsantrasyonunun $0,10 \text{ mg l}^{-1}$ 'ye kadar olmasına izin verilmektedir.

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde Cr değerlerinin $0,00 - 0,05 \text{ mg l}^{-1}$ arasında olduğu görülmüştür. En yüksek değerlere YÇ'ye ait örnek sahiptir. Sulama suyu olarak kullanılmalarında herhangi bir sakınca görülmemiştir.

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarını oluşturan derelerden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde ise Cr değerlerinin $0,00 - 0,07 \text{ mg l}^{-1}$ arasında olduğu görülmüştür. Sulama suyu olarak kullanılmalarında herhangi bir sakınca görülmemiştir.

4.26. Mangan (Mn)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden ve derelerden alınan su örneklerinde mangan analizleri yapılmış, elde edilen değerler ve sulama suyu sınıfları Şekil 4.25'da sunulmuştur.



Şekil 4.25. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında mangan içerikleri (mg l^{-1})

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğindeki Ağır Metal ve Toksik Elementler Konsantrasyonlarını belirten çizelgeye göre mangan konsantrasyonunun $0,2 \text{ mg l}^{-1}$ 'ye kadar olmasına izin verilmektedir.

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde Mn değerlerinin $0,06 - 1,35 \text{ mg l}^{-1}$ arasında olduğu görülmüştür.

Arıtma tesislerinden alınan sular dönemler bazında incelendiğinde Mn değerlerinin 1. dönemde $0,24 - 0,91 \text{ mg l}^{-1}$, 2. dönemde $0,12 - 1,24 \text{ mg l}^{-1}$, 3. dönemde $0,06 - 1,33 \text{ mg l}^{-1}$, 4. dönemde $0,07 - 1,35 \text{ mg l}^{-1}$ arasında olduğu gösterdiği görülmektedir. Buna göre 2., 3. ve 4. dönemde P' den alınan örnek 3. dönemde BD' den alınan örnek sadece sulama suyu olarak kullanılabilir. Diğer dönemlerde ve atıksu örneklerinde Mn değerlerinin izin verilen sınırı geçtiği görülmektedir.

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarını oluşturan derelerden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde ise Mn değerlerinin 0,04 - 2,25 mg l⁻¹ arasında değiştiği görülmüştür.

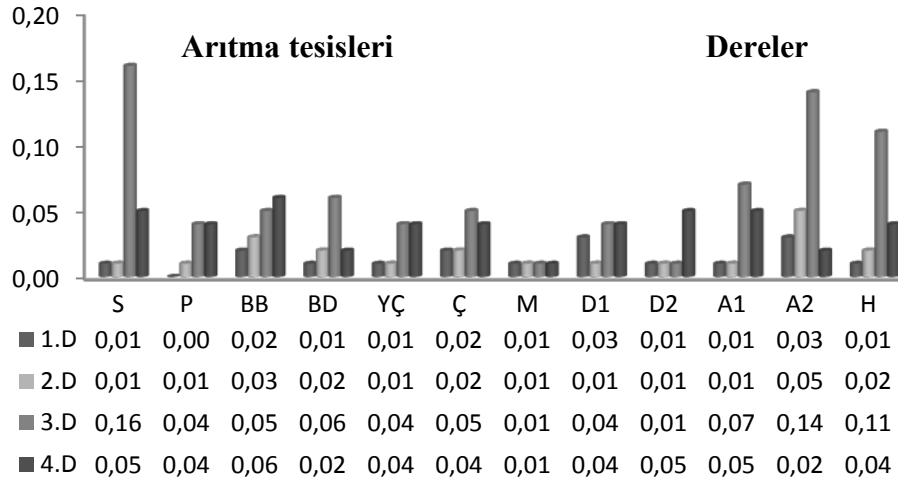
Derelerden alınan sular dönemler bazında incelendiğinde Mn değerlerinin 1. dönemde 0,10 - 1,60 mg l⁻¹, 2. dönemde 0,08 - 2,00 mg l⁻¹, 3. dönemde 0,04 - 1,78 mg l⁻¹, 4. dönemde 0,04 - 1,64 mg l⁻¹ arasında olduğu görülmüştür. Bu değerlere göre derelerden alınan atıksu örneklerinin M'ye ait atıksu haricinde sulama suyu olarak kullanımı uygun değildir.

Mn değerleri bakımından 4 dönemde de en yüksek değerlere Ç deresine ait sular sahiptir. D1, A1 ve A' ye ait dereler dönemler arasında Mn değeri bakımından önemli farklılık göstererek kimi dönemlerde yüksek değerlere sahip olmuşlardır. M' ye ait atıksu örneği ise 4 dönemde de önemli bir farklılık göstermemiş ve Mn değeri bakımından en düşük değere sahip olmuştur.

Kovancı (1979), İç Ege Bölgesi yerüstü sulama sularında iz ve 0,025 ppm, yeraltı sulama uslarında iz ile 1,375 ppm arasında mangan bulunduğunu rapor etmiştir. Altınbaş ve ark. (1994), Gediz nehri ve kollarında almış oldukları su örneklerinde 0,005 - 2,641 ppm Mn konsantrasyonu saptamıştır. Saatçi ve ark. (1988), 'da, İzmir ili ve civarında yapmış oldukları bir çalışmada suların iz ile 0,850 arasında olduğunu bildirmişlerdir.

4.27. Nikel (Ni)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden ve derelerden alınan su örneklerinde nikel analizleri yapılmış, elde edilen değerler ve sulama suyu sınıfları Şekil 4.26'da sunulmuştur.



Şekil 4.26. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında nikel içerikleri (mg l^{-1})

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğindeki Ağır Metal ve Toksik Elementler Konsantrasyonlarını belirten çizelgeye göre nikel konsantrasyonunun $0,2 \text{ mg l}^{-1}$ 'ye kadar olmasına izin verilmektedir.

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde Ni değerlerinin $0,00 - 0,16 \text{ mg l}^{-1}$ arasında olduğu görülmüştür.

Arıtma tesislerinden alınan sular dönemler bazında incelendiğinde Ni değerlerinin 1. dönemde $0,00 - 0,02 \text{ mg l}^{-1}$, 2. dönemde $0,01 - 0,03 \text{ mg l}^{-1}$, 3. dönemde $0,04 - 0,16 \text{ mg l}^{-1}$, 4. dönemde $0,02 - 0,06 \text{ mg l}^{-1}$ arasında olduğu görülmektedir. Buna göre arıtma tesislerinden alınan örneklerin Ni bakımından sulama suyu olarak kullanılmasında herhangi bir sakınca görülmemiştir.

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarını oluşturan derelerden alınan atıksu örnekleri Ni bakımında incelendiğinde ise Ni değerlerinin $0,01 - 0,14 \text{ mg l}^{-1}$ arasında olduğu görülmüştür.

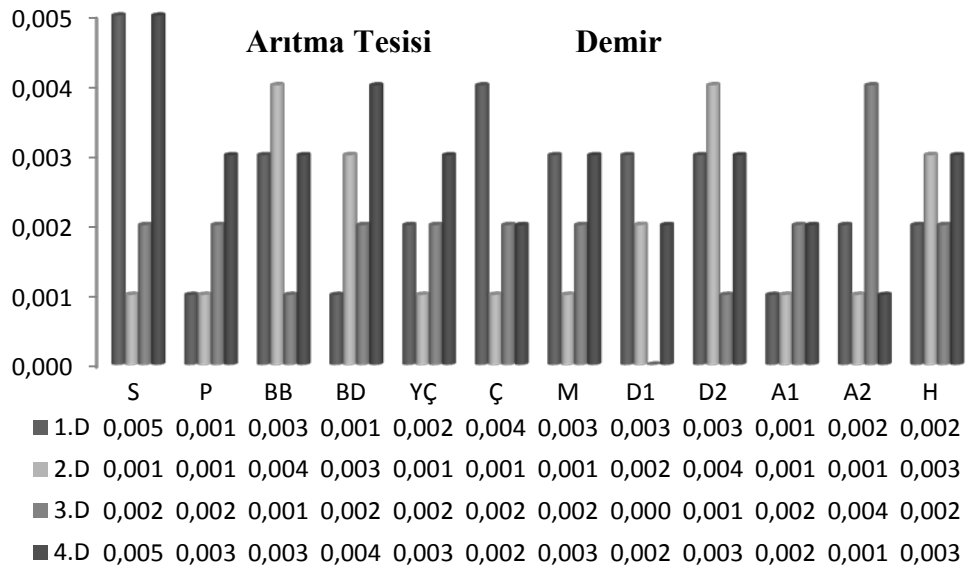
Derelerden alınan sular dönemler bazında incelendiğinde Ni değerlerinin 1. dönemde $0,01 - 0,03 \text{ mg l}^{-1}$, 2. dönemde $0,01 - 0,05 \text{ mg l}^{-1}$, 3. dönemde $0,01 - 0,14 \text{ mg l}^{-1}$, 4. dönemde $0,01 - 0,05 \text{ mg l}^{-1}$ arasında olduğu görülmektedir. Bu değerlere göre

derelerden alınan atıksu örneklerinin Ni değerleri bakımından sulama suyu olarak kullanımında herhangi bir sakınca görülmemiştir. Ni değerlerinin M deresine ait sulara 4 dönemde de sabit olduğu A2 ve H derelerine ait sulara da sürekli dalgalanma gösterdiği görülmüştür.

4.28. Kurşun (Pb)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden ve derelerden alınan su örneklerinde Pb analizleri yapılmış, elde edilen değerler ve sulama suyu sınıfları Şekil 4.27'da sunulmuştur.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğindeki Ağır Metal ve Toksik Elementler Konsantrasyonlarını belirten çizelgeye göre Pb konsantrasyonunun 5 mg l⁻¹'ye kadar olmasına izin verilmektedir.



Şekil 4.27. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin dönemler bazında kurşun içerikleri (mg l⁻¹)

Nilüfer Çayı'nın çeşitli kollarına deşarj yapan arıtma tesislerinden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde Pb değerlerinin 0,001 – 0,005 mg l⁻¹ arasında olduğu

görülmüştür. Buna göre arıtma tesislerinden alınan örneklerin Pb bakımından sulama suyu olarak kullanılmasında herhangi bir sakınca görülmemiştir.

Nilüfer Çay'ının çeşitli kollarını oluşturan derelerden alınan atıksu örnekleri incelendiğinde ise Pb değerlerinin 0,00- 0,004 mg l⁻¹ arasında olduğu görülmüştür. Bu değerlere göre derelerden alınan atıksu örneklerinin Al değerleri bakımından sulama suyu olarak kullanımında herhangi bir sakınca görülmemiştir.

5. SONUÇ

Özellikle evsel ve endüstriyel atıkların karıştığı sular ile sulanan tarım arazileri aşırı derecede kirlenmektedir. Sulamada kullanılan suların çeşitli organik ve kimyasal kirleticiler içermesi nedeniyle gerek toprak yapısında gerekse çeşitli zirai faaliyetlerde problemler ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada, pek çok tesisin arıtma sularının deşarj yeri olan ve aynı zamanda Bursa ilinin tarımsal sulama suyu kaynağının büyük bir kısmını oluşturan Nilüfer Çayı'nın sulama suyu kalite parametrelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Nilüfer Çayı'na deşarj eden 5 arıtma tesisinin çıkış noktasından ve bu tesislerin deşarj ettikleri derelerden Ağustos 2013 –Mayıs 2014 arasında 4 farklı dönemde atıksu örnekleri alınmıştır. Alınan su örneklerinde pH, EC, Sıcaklık, Klor, Sülfat, Nitrat - N, Amonyum -N, Fosfor, Bor, Karbonat, Bikarbonat, TKasyon ve Ağır metal parametreleri analiz edilmiş, SAR (sodyum adsorbsiyon oranı), RSC (sodyum karbonat kalıntısı) parametreleri hesaplanarak elde edilen sonuçlar Resmi gazetenin 13/2/2008-26786 sayılı su kirliliği kontrol yönetmeliğinde belirtilen kriterlere göre değerlendirilmiştir.

Nilüfer Çayı ve Nilüfer Çayı'na deşarj edilen kimi arıtma tesisleri atıksu kalite parametrelerinin dönemlere göre değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Buna göre birinci dönem alınan su örneklerinde P ve BB haricinde arıtma tesislerinden alınan örneklerin pH, EC, Klor, Amonyum-N ve Fosfor içerikleri bakımından olumsuz olduğu, IV ve V. Sınıf sulama sınıflarında yer aldıkları görülmüştür. İkinci dönemde BB ve BD haricinde arıtma tesislerinden alınan su örneklerinde EC, Klor ve Fosfor içerikleri bakımından olumsuzluk olduğu, IV ve V. Sınıf sulama sınıflarında yer aldıkları görülmüştür. Üçüncü dönemde BB ve BD haricinde arıtma tesislerinden alınan su örneklerinde pH, EC, Klor, Sülfat ve Fosfor içerikleri bakımından olumsuzluk olduğu, IV ve V. Sınıf sulama sınıflarında yer aldıkları görülmüştür. Dördüncü dönemde BD haricinde arıtma tesislerinden alınan su örneklerinde EC, Amonyum-N, ve Fosfor içerikleri bakımından olumsuzluk olduğu, IV ve V. Sınıf sulama sınıflarında yer aldıkları görülmüştür. Bu değişimlerin tesislerin çalışmaları ve işledikleri ürünlere bağlı oldukları düşünülmektedir. Süttaş arıtma tesisinde peynir işlenmesi, Yeşil çevrede ise tarım alanlarından drene olan gübreden ve tekstil sanayii atıklarından kaynaklı bir EC yükselmesi söz konusudur.

Derelerden alınan su örneklerinde de parametrelerinin dönemlere göre değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Birinci dönemde alınan su örneklerinin pH, EC, Klor, Amonyum-N ve Fosfor içerikleri bakımından olumsuz olduğu, IV ve V. Sınıf sulama sınıflarında yer aldıkları görülmüştür. Diğer dönemlerde M ve A1 haricinde alınan su örneklerinin pH, EC, Klor, Amonyum-N, Fosfor ve Bor içerikleri bakımından olumsuz olduğu, IV ve V. Sınıf sulama sınıflarında yer aldıkları görülmüştür. M ve A1'den alınan örneklerin birinci döneme göre daha iyi özelliklere sahip olmasının Sanayi'den uzak olması ve yağış miktarlarındaki artışa bağlı olarak seyrelme etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu dereler haricindeki diğer derelerde de yağışlarla birlikte iyileşme olmasına rağmen dört dönemde de EC, amonyum-N ve Fosfor değerlerinin yüksek olması nedeniyle kullanılamaz sınıfına girmektedir.

EC ve SAR değerleri dikkate alınarak yapılan sınıflandırmaya göre Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su numunelerinin C₂S₁-C₄S₄ sınıfları arasına girdiği tespit edilmiştir. Sınıflar arasındaki değişim su kaynağı ve dönemler bazında farklılıklar göstermiştir. Bu değişim işlenen ürünlerin niteliğine bağlı olarak EC ve Sodyum değerlerinin yüksekliğinden ve arıtma tesislerinin deşarjından kaynaklanmaktadır.

Alınan su örnekleri ağır metal içerikleri yönünden incelendiğinde kobalt ve mangan haricinde diğer ağır metal konsantrasyonlarının sulama suyunda kullanılabilir sınır değerlerini aşmadığı görülmüştür.

Deşarj öncesi ve deşarj sonrası Nilüfer Çayı'ndan alınan su parametreleri incelendiğinde arıtma tesislerinden deşarj edilen suların Nilüfer Çayı'nın özellikle pH, EC, Amonyum-N, Fosfor, Sülfat, Bor ve Klor değerlerine olumsuz yönde etki ettikleri görülmüştür. Arıtma tesislerinin çıkış sularında bu değerlerin yüksek miktarlarda bulunması yanı sıra örnek alınan noktalara yakın konumda bulunan tarımsal işletmelerden kaynaklı kontaminasyonlar nedeniyle bu belirtilen değerlerde artışlar gözlenirken, arıtma tesislerinin deşarj sahası dışında bulunan M ve A1 derelerinde bu parametrelerde olumsuz yönde değişim gözlenmemiştir.

Özellikle atık suların pH, EC SAR, RSC, Amonyum – N ve Cl değerlerinin yüksek olması sulama suyu olarak kullanılmasını sınırlandırmaktadır. Bu sular ile sulanan toprakların özellikle EC, nitrat, sülfat, klorür, kalsiyum, magnezyum ve sodyum konsantrasyonlarında normal sulama suyu ile sulanan topraklara oranla belirgin bir

artıŖa neden olduğundan bu suların tarımsal alanlarda kullanılmalarında dikkatli olunması gerekmektedir.

Çizelge 4.13. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin incelenen parametrelere göre dönemler bazında sulama suyu sınıfları

ÖRNEK	DÖNEM	pH	EC	°C	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	P	B	RSC	SAR	Sulama Suyu sınıfı
Arıtma Tesisi													
S	1	V	V	III	V	II	I	IV	IV	III	III	IV	V
	2	I-III	V	I-II	III	I	III	I	IV	II	III	III	V
	3	IV	V	I-II	II	I	III	III	IV	II	III	II	V
	4	I-III	V	I-II	I	I	I	IV	IV	I	III	II	V
P	1	I-III	III	I-II	III	I	I	I	I	I	II	I	III
	2	I-III	IV	I-II	IV	I	I	I	III	I	I	I	IV
	3	I-III	IV	I-II	III	III	I	II	II	I	I	I	IV
	4	I-III	IV	I-II	III	I	I	I	II	I	I	I	IV
BB	1	I-III	III	I-II	I	I	I	III	II	I	II	I	III
	2	I-III	III	I-II	I	I	I	I	II	I	I	I	III
	3	I-III	III	I-II	I	I	I	II	II	I	I	I	III
	4	I-III	III	I-II	I	I	I	IV	II	I	I	I	IV
BD	1	I-III	III	I-II	I	I	I	IV	II	I	II	I	IV
	2	I-III	III	I-II	I	I	I	I	II	I	I	I	III
	3	I-III	III	I-II	I	I	I	II	II	I	I	I	III
	4	I-III	II	I-II	I	I	I	II	II	I	I	I	II
YÇ	1	I-III	V	III	V	I	I	II	III	I	III	I	V
	2	I-III	V	III	IV	III	I	II	III	I	III	II	V
	3	IV	V	I-II	IV	IV	II	II	IV	I	III	II	V
	4	I-III	V	I-II	III	III	II	II	III	I	III	II	V

Çizelge 4.13'ün devamı. Arıtma tesisleri ve derelerden alınan su örneklerinin incelenen parametreler göre dönemler bazında sulama suyu sınıfları

ÖRNEK	DÖNEM	pH	EC	°C	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	P	B	RSC	SAR	Sulama Suyu
DERELER													
Ç	1	I-III	IV	I-II	III	I	I	IV	IV	II	III	I	IV
	2	I-III	III	I-II	II	II	I	IV	III	II	III	I	IV
	3	I-III	III	I-II	II	I	I	IV	IV	I	I	I	IV
	4	I-III	II	I-II	I	I	I	IV	III	I	I	I	IV
D2	1	V	V	I-II	V	I	I	IV	III	I	III	IV	V
	2	V	IV	I-II	III	III	I	IV	III	IV	III	III	V
	3	IV	III	I-II	III	II	I	IV	IV	II	I	I	IV
	4	IV	IV	I-II	I	I	I	IV	III	II	I	I	IV
D1	1	I-III	V	I-II	V	I	I	IV	III	I	II	I	V
	2	IV	III	I-II	III	II	I	IV	IV	III	II	I	IV
	3	IV	III	I-II	II	II	I	IV	III	II	I	I	IV
	4	I-III	IV	I-II	I	I	I	IV	III	II	I	I	IV
M	1	V	II	I-II	I	I	I	I	I	I	II	I	V
	2	I-III	II	I-II	I	I	I	I	III	I	I	I	III
	3	I-III	II	I-II	I	I	I	II	II	I	I	I	II
	4	I-III	II	I-II	I	I	I	I	II	I	I	I	II
A2	1	I-III	IV	I-II	IV	I	I	IV	III	III	II	I	IV
	2	I-III	IV	I-II	III	III	I	IV	III	II	III	I	IV
	3	I-III	III	I-II	III	II	I	II	IV	II	II	I	IV
	4	I-III	III	I-II	II	I	I	II	III	II	I	I	III
A1	1	V	II	I-II	I	I	I	II	II	I	I	I	V
	2	I-III	II	I-II	I	I	I	I	II	I	I	I	II
	3	I-III	II	I-II	I	I	I	II	III	I	I	I	III
	4	I-III	II	I-II	I	I	I	II	II	I	I	I	II
H	1	I-III	III	I-II	III	I	I	IV	IV	II	I	I	IV
	2	I-III	III	I-II	III	II	I	IV	III	II	III	I	IV
	3	I-III	III	I-II	II	I	I	IV	IV	II	I	I	IV
	4	I-III	II	I-II	I	I	I	IV	IV	II	I	I	IV

EKLER

Ek 1. Su örnekleri alındığı dönemlerdeki yağış miktarları

2013 Aylar	Aylık Toplam Yağış (kg/m ²)		
	Bandırma Meydan	Bursa Merkez	Yenişehir Meydan
Ocak	120,2	93,0	91,4
Şubat	114,8	79,2	43,6
Mart	78,2	79,8	64,5
Nisan	37,2	42,2	50,8
Mayıs	12,8	23,4	55,4
Haziran	40,1	59,8	42,2
Temmuz	6,8	20,2	14,8
Ağustos	0,0	1,4	10,0
Eylül	4,4	16,4	10,8
Ekim	86,6	136,1	97,2
Kasım	61,8	62,4	24,4
Aralık	47,5	37,0	23,8
Yıllık Toplam	610,4	650,9	528,9

2014 Aylar			
Ocak	28,1	38,1	32,9
Şubat	23,6	24,5	17,5
Mart	81,2	64,2	47,4
Nisan	71,2	124,6	53,6
Mayıs	96,4	103,1	71,1
Haziran	93,6	118,3	77,6
Temmuz	5,8	5,1	20,4
Ağustos	42,8	50,8	71,4
Eylül	96,6	140,9	105,9
Ekim	79,4	77,3	44,1
Kasım	82,6	76,6	36,6
Aralık	158,2	216,0	87,6
Yıllık Toplam	859,5	1039,5	666,1

KAYNAKLAR

- ALTINBAŞ, ü., Anaç, D., Hakerler, H. (1994).** Gediz Havzası Sulanabilir Tarım Alanlarında Ağır Metal Kirliliği Ve Nedenleri Üzerinde Araştırmalar, Ege Üniversitesi Araştırma Fonu, Araştırma Raporu, Proje No: 91-ZRF-51, İzmir.
- ALTINBAŞ, ü., Anaç, D., Hakerler, H. (1994).** Gediz Havzası Sulanabilir Tarım Alanlarında Ağır Metal Kirliliği Ve Nedenleri Üzerinde Araştırmalar, Ege Üniversitesi Araştırma Fonu, Araştırma Raporu, Proje No: 91-ZRF-51, İzmir.
- Angin, I., Yaganoglu, A.V. 2009.** Arıtma Çamurlarının Fiziksel ve Kimyasal Toprak Düzenleyicisi olarak Kullanımı. Ekoloji 19 (73): 39-47.0, 147- 159.
- Anonim, 1991.** Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği. Resmi Gazete, sayı: 20814.
- Anonim, 1991a.** Resmi Gazete, “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği”, 20748 sayılı Resmi Gazete, 7 Ocak 1991.
- Anonim, 1999.** Türk Çevre Mevzuatı Cilt 2, Nisan 1999, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği, s:1181.
- Anonim, 2004.** Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. Resmi Gazete, sayı: 20747.
- Anonim, 2004b.** Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği”, 25687 Sayılı Resmi Gazete
- Anonim, 2007.** Çevre ve Orman Bakanlığı, Türkiye Çevre Durum Raporu, Yayın No:5, Ankara, sayfa 77.
- Anonim, 2010.** <http://www2.tbmm.gov.tr/d24/10/10-0327.pdf>
- Anonim, 2012.** http://tr.wikipedia.org/wiki/Nil%C3%BCfer_%C3%87ay%C4%B1
- Anonim, 2014.** DSI Genel Müdürlüğü Toprak ve Su Kaynakları Daire Başkanlığı, <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>
- Anonim, 2014a.** <http://biltek.blogcu.com/bursa-tarihi/267230>

Arslan, H., Güler, M., Cemek, B., Demir, Y., 2007. Bafra Ovası yer altı suyu kalitesinin sulama açısından değerlendirilmesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 4(2).

Arslan-Alaton, İ., Gürel, M., Eremektar, G., Övez, S., Tanık A., Orhon, D. 2005. Türkiye'de Sürdürülebilir Atıksu Yönetimi: Mevcut Durum, Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri Arıtılmış Evsel Atıksuların Tarımsal Sulamada Kullanılması Çalışması. MEDAWARE Projesi 9-10 Haziran 2005, ODTÜ, Ankara

Aslan, V. 2008. Türkiye’de Su Potansiyeli ve Atıksuların Geri Kullanımı. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi. Ankara, sf.273-277.

Aşık, B. B., Katkat, A. V., 2005. Gıda Sanayii Arıtma Tesisi Atık Suyu’nun Sulama Suyu Olarak Kullanım Olanğı. Uludag.Üniv.Zir.Fak.Derg., (2005) 19(2): 23-31

Aşık, Ş., Avcı, M., Balcı, A. 1997. Atık Suların Sulamada Kullanım Stratejileri. 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi 5-8 Haziran 1997, Bildiriler Kitabı, Bursa, 564-576.

Aydınalp,C., Fuleky, G., Tolner, L.2010. “The Comparison Study of Some Selected
Ayers, S., Westcot, D.W. 1989. Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage Paper, No. 29, FAO, Rome. 174 p.

Ayrancı, Y., 2006. Muğla Ortaca Yöresi Sera Sulama Sularının Kalitelerinin Belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 20 (39): 32-36.

Ayyıldız, M. 1983. Sulama Suyu Analizleri ve Tuzluluk Problemleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 879, Ders Kitabı: 224, Ankara, 282 s.

Ayyıldız, M., 1990. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ank. Üniv. Zir. Fak. Yay. No: 1196, Ders Kit. No: 344, Ankara.

Baba, A.; Tokgöz, S., 1999. İzmir Harmandalı Düzenli Atık Depolama Sahasının Yüzeysel ve Yeraltı Sularına Etkisi. İzmir Su Kongresi Bildiriler Kitabı, 263-275, 4-5 Haziran 1999, İzmir.

Başar, H., Çelik, H., Turan, M.A., Katkat, V., 2002. İznik Yöresinde Sulamada Kullanılan Değişik Su Kaynaklarının Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi, Ankara Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 8 (3), 212-217.

Başar, H., Okur, N., Aydınalp, C.2001. Bursa Ovası'nda Nilüfer Çayı ile Sulanan Şeftali Bahçelerinin Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. TÜBİTAK/TOGTAĞ 2397 Projesi 33-38.

Bilgin, N., Üstün, H., Gedikoğlu, İ., Dizdar, G., Ünal, S., Önder M., 1995. Evsel ve **Birgül, Solmaz. 2007.** Treatability studies with chemical precipitation and ion exchange for an organized industrial district (OID) effluent in Bursa, Turkey, Desalination, 217(1-3), 301-31, Control Board, Sacramento, USA.

Bouwer, H., E. Idelovitch. 1987. Quality requirements for irrigation with sewage water. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 113(4):516-535.

Çelik, M., Arıgün, Z., 2001. Yerköy (Yozgat) Ovası Yüzey ve Yer Altı Sularının Kalitesi ve Kirliliği. 1. Çevre ve Jeoloji Sempozyumu (Yeraltı Suları ve Çevre Sempozyumu) Bildiriler Kitabı, 159-171, 21-23 Mart 2001, İzmir.

Delibacak, S., Ö.L. Elmacı, M .Seçer, A. Bodur, 2002. Review of Spatial Variations in Water Quality in the Gediz River, International Journal of Water Vol. 2, No. 2/3. p.173-183.

Doğan, M. 2003. Şanlıurfa'da Karakoyun Deresi Atık Suları İle Sulanan Soğanda (Allium cepa L.) Toksik Element Birikimi Üzerine Bir Araştırma, Ekoloji, 12 (48), 1-3.

Doneen, L.D. 1959. ‘‘ Evaluating The Quality of Irrigation Waters in Ventura Country ‘‘ State Department of Water Resource Bulletin 75. Vol. 11. Pages F 1-F 33. Endüstriyel Atıklarla Kirlenen Ankara Çayı İle Sulamanın Toprak Hiz.Gen.Müd.Ankara Ars.Ens., Araştırma Raporları, Ankara.

Endüstriyel Atıklarla Kirlenen Ankara Çayı İle Sulamanın Toprak Hiz.Gen.Müd.Ankara Ars.Ens., Araştırma Raporları, Ankara.

EPA Manual, 1992. Guidelines for Water Reuse, EPA/625 /R-92/004,

EPA. 1989. Technical Support Document For Pathogens Reduction İn Sewage Sludge.NTIS No: PB89-136618, Spiringfield.

EPA. 1999. US. Environmental Protection Agency, <http://www.epa.gov.tr>

Grigoryan, KV, Galstyan, A.S.H.1979. Effect of irrigation water polluted with industrial waste on the enzymatic activity of soils. Soviet Soil Science 11: 220-228.

Gutierrez, R., Sebe, M. C., Sommer, I., 1995. Effects of Land Application of Waste Water from Mexico City on Soil Fertility and Heavy Metal Accumulation. Environmental Reviews, 3(3-4):318-330.

Güler, Ç., Çobanoğlu, Z. 1997. Su kirliliği. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No: 43, Birinci baskı, ISBN 975-7572-60-8, 92 s, Ankara.

Güler, Ç., Çobanoğlu, Z. 1997. Su kirliliği. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No: 43, Birinci baskı, ISBN 975-7572-60-8, 92 s, Ankara.

Hamdy, A., Lacirignola C. 1999. Mediterranean Water Resources: Major Challenges Towards the 21st Century. CIHEAM IAM-B Tecnomack-Bari Italy, 570s.

Hamoda, M.F., Abu Qdais, H.A., Newham, J. 1998. Evaluation of Municipal Solid Waste Composting Kinetics, Resources, Conservation and Recycling, 23 (4):209-223.

Haralambous, A., Maliou, E., Malamis, M. 1992. The use of zeolite for amonium uptake. Water Science and Technology, 25(1): 139-

Haralambous, A., Maliou, E., Malamis, M. 1992. The use of zeolite for amonium uptake. Water Science and Technology, 25(1): 139-

Harper, D. 1992. Eutrophication of fresh waters: Principles, problems and restoration. Chapman and Hall, London, UK.

Harper, D. 1992. Eutrophication of fresh waters: Principles, problems and restoration. Chapman and Hall, London, UK. Heavy Metals in The Irrigated and Non-Irrigated Agricultural Soils”, Bulgarian Journal of Agricultural Science, 16 (6), 754-768.

Kabata-Pendias, A. and Wiacek, K. 1985. Excessive uptake of heavy metals by plants from contaminated soils. Roczn. Gleb. 36, 33-42.

Kacar, B., 1984. Bitki Besleme. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 899 Ders Kitabı:250

Kanber, R., Çullu, M.A., Kendirli, B., Antepi, S., Yılmaz, N. 2005. Sulama, Drenaj ve Tuzluluk”, Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, s.213-251, Ankara.

Kara, C., Şimşekli, M., 2008. Erkenez Çayı (Kahramanmaraş) Kirliliğinin Fiziko-Kimyasal Parametrelerle İncelenmesi, 3. Çevre Sorunları Kongresi, 15-16 Mayıs 2008, İstanbul.

Karatas, B. S., Akkuzu, E., Asık, S., 2005. İzmir Kentsel Arıtılmış Atık Sularının Sulamada Kullanım Olanaklarının incelenmesi. Ege Üniv. Ziraat. Fak. Derg., 2005, 42(3):111-122

Katkat, A.V., Özgümüş, A., Tümsavaş, Z., Çil, N., Korkmaz, C., Başar, H. 1996. Gemlik Gübre Sanayi A.Ş. Atık Sularının Tarımda Kullanılma Olanakları, TÜBİTAK Türk Tarım Ve Ormanlık Dergisi, Ankara, 20: 507-514

Katkat, A.V., Aşık, B.B. 2005. Gıda Sanayi Arıtma Tesisi Atık Suyu’nuun Sulama Suyu Olarak Kullanım Olanığı. Uludağ.Üniv.Zir.Fak.Derg.,(2005) 19(2):23-31

Kelley, W.P., 1951. Alkali Soil Their Formation Properties and Reclamation. Reinhold Publishing Corporation, New York.

Khoury, N., Kalbermatten, J.M., Bartone, C.R. 1994. Reuse of Wastewater in Agriculture: A Guide for Planners UNDP-World Bank Water and Sanitation Program The World Bank Washington, DC.

Klee, O. 1991. Angewandte hydrobiologie. G. Theieme Verlag, 2. neubearbeitete und erweiterte Auflage, 272 p, Stuttgart-New York

Klee, O. 1991. Angewandte hydrobiologie. G. Theieme Verlag, 2. neubearbeitete und erweiterte Auflage, 272 p, Stuttgart-New York

Kocaer, F.O., Başkaya, H.S. 2004. “Bursa İlinde Nilufer-Ayvalı Deresiyle Sulanan ve Alt Havzalarının Kirlilik ve Risk Analizi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezlerinden Üretilmiş Yayınlar, Sigma (4): 97-110

Koç, H., Kandemir, N. 1996. Yeşilirmak’ın Almus-Erbaa Kolu Üzerinde Bulunan Yerleşim Yeri ve Sanayiye Ait Sıvı Atıkların Bazı Kültür Bitkilerinde Çimlenme, Bitki Boyu ve Bitki Ağırlığına Etkisi. Ekoloji Çevre Dergisi 20:21-25.

Kovancı, İ., 1979. İç Ege Bölgesi Sulama Sularının Bitki Beslemesi Açısından Nitelikleri ve Kimyasal İçerikleri Üzerinde Bir Araştırma, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 364, Bornova-İzmir, 214 s

Kovancı, İ., 1979. İç Ege Bölgesi Sulama Sularının Bitki Beslemesi Açısından Nitelikleri ve Kimyasal İçerikleri Üzerinde Bir Araştırma, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 364, Bornova-İzmir, 214 s

Kovancı, İ., 1979. İç Ege Bölgesi Sulama Sularının Bitki Beslenmesi Açısından Kimi Nitelikleri ve Kimyasal İçerikleri Üzerinde Bir Araştırma. E.Ü.Ziraat Fakültesi Yayınları No:364 İzmir.

Kowal, N.E. 1985. Health Effects Of Land Application Of Municipal Sludge, Pub. No: EPA/600/1-85/015, Research Triangle Park.

Kukul, Y.S. 2007. Ünal Çalışkan, A.D, Anaç, S., Arıtılmış Atık Suların Tarımda Kullanılması ve İnsan Sağlığı Yönünden Riskler, Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2007, 44 (3): 101-116 ISSN 1018-8851.

Kumbur, H., Özsoy, H.D., Özer, Z., 2008. Mersin İlinde Tarımsal Alanlarda Kullanılan Kimyasalların Su Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi, Ekoloji 17, 68, 54-58.

Küçükali, U.F., Atabay, S. 2012. Bursa / Nilüfer Çayı'nın Başköy- Kentsel Bölümü ve Sulanmayan Tarım Topraklarının Bazı Kimyasal Özellikleri", Ekoloji, 13, 51,

Munsuz Ve N., Ünver, 1995. Su Kalitesi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Yayın no:1389, Ders Kitabı 403, Ankara Üniversitesi Halkla İlişkiler Yayın Ünitesi.

Munsuz, N., Ünver, İ., Çaycı, G., 1999. Türkiye Suları. Ankara Ü. Ziraat Fak. Yayın no: 1505.

Nisbet, M., Verneaux, J. 1970. Composants chimiques des eaux courantes: discussion et propositions des classes en tant que base d'interprétation des analyses chimiques. Annales de Limnologie 6 (2): 161-190

Nisbet, M., Verneaux, J. 1970. Composants chimiques des eaux courantes: discussion et propositions des classes en tant que base d'interprétation des analyses chimiques. Annales de Limnologie 6 (2): 161-190

Okur, B., Yener, H., Okur, N., Anaç, D., 2002. Büyük Menderes ve Gediz nehirlerine ait bazı kirlilik parametrelerinin değişimi ve çevreye olan olumsuz etkileri. Su Havzalarında Toprak ve Su Kaynaklarının Korunması, Geliştirilmesi ve Yönetimi Sempozyumu, 18-20 Eylül 2002, Antakya, Hatay.

Okur, N., Çengel, M., Katkat, V., Uçkan, H.S. 2001. Kirlenme sürecindeki İznik Göl suyu ile sulanan tarım topraklarında mikrobiyolojik aktivitenin değişimi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 38: 119-126

Olsen, S.R., Cole, C.U., Watanabe, F.S., Dean, H.C. 1954. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, Ed.C.A. Black. American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, USA. pp: 1035-1048.

Özbek H., 1990. Toprak Bilgisi, Ders Kitabı, ÇÜ. Ziraat Fak. Ofset ve Teksir Atölyesi, Adana.

Özbek, 1990. Su Kalitesi Ders Notları s: 56

Pescod, M.B. 1992. Wastewater Treatment and Use in Agriculture. Irrigation and Drainage Paper, No. 47, FAO, Rome. 125 p.

Petermann, T. 1993. Irrigation and the Enviroment: A Review of Enviromental

Pettygrove, G.S. ve Asano.T., 1984. Irrigation with Reclaimed Municipal

Richards, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils . U.S. Dept. Agr. Handbook. 60 s.

Robarge, W.P., Edwards, A., Jhonson, B. 1983. In Soil Science Plant Analysis, 14 (12): 1207-1215

Saatçı, F., Altınbaş, Ü., Anaç, D., Vural, S. 1988. Melez Çayı (İzmir) İçeriğindeki Bazı Organik ve İnorganik Kökenli Maddeler İle Ağır Metallerin Nitelik ve Nicelik Dağılımları Üzerine Araştırmalar. E. Ü. Z. F. Dergisi, Cilt: 25, No: 1, Bornova, İzmir

Saatçı, F., Altınbaş, Ü., Anaç, D., Vural, S. 1988. Melez Çayı (İzmir) İçeriğindeki Bazı Organik ve İnorganik Kökenli Maddeler İle Ağır Metallerin Nitelik ve Nicelik Dağılımları Üzerine Araştırmalar. E. Ü. Z. F. Dergisi, Cilt: 25, No: 1, Bornova, İzmir

Saatçı, F., Altınbaş, Ü., Anaç, D., Vural, S., 1988. Melez Çayı (İzmir) İçeriğindeki Bazı Organik ve İnorganik Kökenli Maddeler ile Ağır Metallerin Nitelik ve Nicelik Dağılımları Üzerine Araştırmalar. E.Ü. Ziraat Fak. Dergisi. Cilt, 25, No: 1 s. 137–151, İzmir.

Sağlam, M.T. 2001. Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri, Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayın No:189, ders Kitabı No:5, 153 s. September,1992,USA.

Sarıkaya, Z., 1994. Arıtılmış Atıksuların Sulamada Kullanımı. 40'ıncı Kuruluş Yılı Su Ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı Bildirileri, ed. DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara, s. 477-494.

Schwörbel, J. 1987. Einführung in die Limnologie. Gustav Fischer Verlag, 269 p, Stuttgart. Tanyolaç, J. 2004. Limnoloji (Tatlısu Bilimi). Hatiboğlu Yayıncılık, 239 s, Ankara.

Schwörbel, J. 1987. Einführung in die Limnologie. Gustav Fischer Verlag, 269 p, Stuttgart. Tanyolaç, J. 2004. Limnoloji (Tatlısu Bilimi). Hatiboğlu Yayıncılık, 239 s, Ankara.

Scofield, 1935. The Salinity of irrigation water. Smitsonian Institute Annual Report. USA.

Shaki, A.A., Adeloje, A.J., 7. (2006), "Evaluation of quantity and quality of irrigation water at Gadowa irrigation project in Murzuq basin, southwest Libya", Agricultural Water Management, 84, 193-201.

Shatanawi, M. R., Hamdy A., Smadi, H. 2010. Urban Wastewater: Problems, Risks and Its Potential Use for Irrigation. Proceedings of the International Workshop Alger, Algeria, s.15-45.

Shivkumar, K. and Biksham, G.: 1995, 'Statistical Approach for the Assessment of Water Pollution Around Industrial Areas: A Case Study from Patancheru, Medak District, India', Environ Monitor Assess. 36, 229-249.

Shuval, H., A. Adien, B. Fattal, E. Rawitz, P. Yekutiail. 1986. Wastewater Irrigation in Developing Countries. World Bank Technical Paper Num. 51, Washington, D.C. 322

Sniffer, D. 2007. Human Health And The Environmental Impacts Of Using Sewage Sludge On Forestry And For Restoration Of Derelict Land (UKLQ09), Task 2

Literature Review Of Environmental And Ecological Impacts, Macaulay Research Consultancy Services Craigiebuckler ABERDEEN AB15 8QH, UK.

Sönmez, İ., Kaplan, M., 2004. Demre Yöresi Seralarında Toprak Ve Sulama Sularının Tuz İçeriğinin Belirlenmesi, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(2), 155-160.

Stumm ve Morgan, 1996. Chemical Interaction IN Particle Separation Environ. Sci. Technol. 11.1066.

Svobodá, Z., Lloyd, R., Máchová, J., Vykusová, B. 1993. Water quality and fish health, FAO, EIFAC technical paper, no: 54.

Svobodá, Z., Lloyd, R., Máchová, J., Vykusová, B. 1993. Water quality and fish health, FAO, EIFAC technical paper, no: 54.

Şener, S., Demirer, T., Kaleli, Ş., 2002. A Research on Irrigation Water Quality of Çanakkale, Ezine and Lapseki Provinces, International Conference On Sustainable Land Use And Management / 2002-Çanakkale.

Tan, A. 2006. Atık Sularda Bazı Kirlilik Parametrelerinin İncelenmesi. Y.L. Tezi, (2006).

Taş, B., Candan, A.Y., Can, Ö. ve Topkara, S. 2010. Ulugöl (Ordu)'ün bazı fizikokimyasal özellikleri. Journal of FisheriesSciences.com, 4(3): 254-263

Taş, B., Candan, A.Y., Can, Ö. ve Topkara, S. 2010. Ulugöl (Ordu)'ün bazı fizikokimyasal özellikleri. Journal of FisheriesSciences.com, 4(3): 254-263

Tepe, Y., Boyd, C. E. 2003. A reassessment of nitrogen fertilization for sunfish ponds. Journal of World Aquaculture Society, 34 (4): 505-511

Tepe, Y., Boyd, C. E. 2003. A reassessment of nitrogen fertilization for sunfish ponds. Journal of World Aquaculture Society, 34 (4): 505-511

Thomann, R. V., Mueller, J. A. 1987. Principle of surface water quality modelling and control. Harper and Row Publishers, 644 p, New York.

Thomann, R. V., Mueller, J. A. 1987. Principle of surface water quality modelling and control. Harper and Row Publishers, 644 p, New York.

Torunoğlu, T., 1986. Bursa İlindeki Su kaynaklarında Kirlenme Kontrolü. Çevre-86 Sempozyumu. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü Yayını İzmir.

Trivedi R.C. 1992. Use of Diversity, Index in Evaluation of water quality. Proceedings of the WHO workshop on Biological Indicators & Indices on Environmental Pollution. PROBES/6/1980-81. Central Pollution Control Board, New Delhi.

Tuncay, H. 1994. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:512 Ofset Basımevi. Bornova – İzmir. Su Kalitesi Kitabı. Sf: 34, 61, 65, 72,

Uluçam, G.,1997. Tunca Nehrinde Kimyasal Kirliliğinin Araştırılması Ve Sonuçta Ortaya Çıkacak Kimyasal Kirliliğin Giderilmesi İçin Uygulanacak Arıtma Metodunun İncelenmesi Yüksek Lisans Tezi, s- 4.9.48

Ünlü, A., Çoban, F., Tunç, M. S. 2008. Hazar Gölü su kalitesinin fiziksel ve inorganik kimyasal parametreler açısından incelenmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23 (1): 119-127

Ünlü, A., Çoban, F., Tunç, M. S. 2008. Hazar Gölü su kalitesinin fiziksel ve inorganik kimyasal parametreler açısından incelenmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 23 (1): 119-127

Üstün, E.G., Solmaz, S.K.A. 2007. Bir Organize Sanayi Bölgesi Atıksu Arıtma Tesisinden Çıkan Atıksuların Tarımsal Amaçlı Sulama Suyu Olarak Yeniden Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Ekoloji Dergisi. 15, 62, 55-61. Wastewater-A Guidance Manual Report,No:84-1 California State Water Resources

Üstün, G.E. 2011. “The Assessment of Heavy Metal Contamination in the Waters of the Nilufer Stream in Bursa”, Ekoloji, 81, 61-66.

Üstün, G.E., Karaer, F., Solmaz, S.K.A. 2008. Bursa Nilüfer Çayının Sulama Suyu Olarak Kullanılabilirliğinin Değerlendirilmesi, Su Tüketim, Arıtma, Yeniden Kullanım Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 3-5 Eylül 2008, s, 97-104

Water Quality For Agriculture, 1982. R.S. Ayers and D. W. Westcot Drrigation Drainage Paper 29 Rev. 1. FAO, Rome, p174.

WHO, 1988. Health Guidelines For The Use Of Wastewater In Agriculture and Aquaculture. WHO Technical Report Series 778, World Health Organization, Geneva, Switzerland.

WHO, 1989. Health Guidelines For The Use Of Wastewater In Agriculture And Aquaculture, Technical Report No:778, Geneva p:74

Wilcox, L.W., ve Magistad, O.c. 1943. İnterpration of Analyses of İrrigation Waters and The Relative Tolerance Of Crop Plants.

Will, E. and Faust, E.J., 1994. Irrigation Water Quality for Greenhouse Production. Agricultural Extention Service, The University of Tennessee

Wolf, B. 1971. The determination of Boron in soil extracts, plant materials, composts, manures, water and nutrient solutions. Soil Science and Plant Analysis, 2 (5): 363-374.

Woo, N.C., Moon, J.W, Won, J.S., Hahn, J.S., Lin, X.Y., Zhao, Y.S., 2000, Water Quality and Pollution in The Hunchun Basin, China, Environmental Geochemistry And Health 22: 1–18.

Yurtsever, E., Sönmez, B. 1992. Sulama Sularının Değerlendirilmesi. Toprak ve Gübre Araşt. Enst. Md. Yay. 181/T-63, Ankara.

Zdenek, F., Shinjiro, K., Berthelin, J. 2000. Distribution of microorganisms, biomass ATP and enzyme activities in organic and mineral particles of a long-term wastewater irrigated soil. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 163: 143-150.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Saliha DORAK

Doğum Yeri ve Tarihi : BURSA 09/10/1988

Eğitim Durumu

- Lise : Yıldırım Beyazıt Anadolu Lisesi, Bursa 2002 - 2006
- Lisans : Uludağ Üniversitesi, Bursa 2007 - 2012
- Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi, Bursa 2012 - Devam

İletişim : 050750011@ogr.uludag.edu.tr

Saliha__dorak@hotmail.com