

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**BALÇOVA VE SEFERİHİSAR YÖRESİ TARIMSAL
AMAÇLI KULLANILAN SULAMA SULARININ KİMİ
KALİTE ÖĞELERİNİN BELİRLENMESİ ÜZERİNE
BİR ARAŞTIRMA**

Fulden YAVUZ

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Bülent YAĞMUR

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu: 501.13.01

Sunuş tarihi: 15.02.2011

**Bornova-İZMİR
2011**

Fulden YAVUZ tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak sunulan “**Balçova ve Seferihisar Yöresi Tarımsal Amaçlı Kullanılan Sulama Sularının Kimi Kalite Öğelerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma**” başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve **15.02.2011** tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı : Yrd. Doç. Bülent YAĞMUR

Üye : Prof. Dr. Bülent OKUR

Üye : Prof. Dr. Şerafettin AŞIK

ÖZET**BALÇOVA VE SEFERİHASAR YÖRESİ TARIMSAL AMAÇLI
KULLANILAN SULAMA SULARININ KİMİ KALİTE ÖĞELERİNİN
BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

YAVUZ, FULDEN

Yüksek Lisans Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Tez Yöneticisi, Yrd.Doç. Dr. Bülent YAĞMUR

Şubat 2011, 70 sayfa

Bu araştırmanın amacı; İzmir İli Balçova ve Seferihisar yörelerinde tarımsal sulama suyu olarak kullanılan yeraltı sularının sulama suyu kalitesi ve kimi ağır metal içeriklerinin belirlenmesidir.

Araştırmada Balçova yöresinden 20, Seferihisar yöresinden 16 adet olmak üzere toplam 36 adet yeraltı ve kuyu suyu örneği alınmıştır. Balçova yöresinden alınan su örneklerinin % 5'i C2S1; % 95'i C3S1; Seferihisar yöresinden alınan su örneklerinin % 6,25'i C2S1; % 6,25'i C4S2; % 87,50'si C3S1 sulama suyu sınıfı içerisinde yer almaktadır. Araştırma sonucunda her iki yöreden alınan su örneklerinin pH değerlerinin 6,60-7,84 arasında değiştiği, sulama suyu kalitesi açısından pH yönüyle herhangi bir sorunun olmadığı saptanmıştır. Balçova yöresinden alınan sulama sularının % 70' i çok sert , % 20' si sert , % 10' u ise oldukça sert sular sınıfındadır. Seferihisar yöresine ait suların ise % 25' i çok sert ve % 68,75' i sert % 6,25' i oldukça sert sular sınıfındadır. Balçova yöresinde suların Bor konsantrasyonlarının çoğu yerde kriter değeri aştığı, Seferihisar yöresi su örneklerinin kriter değerin altında Bor konsantrasyonuna sahip olduğu belirlenmiştir. Balçova ve Seferihisar yöresi su örneklerinin iz element ve ağır metaller içeriklerinin (Fe, Cu, Zn, Mn, Co, Pb, Cr, Cd, Ni, As, Ba, ve Al) konsantrasyonlarının düşük düzeylerde olduğu ve her iki yörede de bu elementler yönüyle herhangi bir kirlilik sorununun olmadığı belirlenmiştir. Her iki yöreden alınan su örneklerinde N/P oranının kriter değerin altında olması nedeniyle herhangi bir organik kirliliğin olmadığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yeraltı suyu, tuzluluk, ağır metal, sulama suyu kalitesi

ABSTRACT

A STUDY OVER THE DETERMINATION OF SOME QUALITY ELEMENTS OF THE IRRIGATION WATERS, WHICH ARE USED FOR AGRICULTURAL PURPOSES, IN BALÇOVA AND SEFERİHİSAR REGIONS

YAVUZ, Fulden

PHD in Department of Soil and Plant Nutrition

Supervisor: Yrd.Doç. Dr. Bülent YAĞMUR

February 2011, 70 pages

The purpose of this study is to examine the quality and heavy metal contents of under ground waters, which are used as agricultural irrigation water, in Balçova and Seferihisar regions of Izmir.

In total, 36 water samples, 20 from Balçova and 16 from Seferihisar, were taken from the under ground waters and well waters of Seferihisar and Balçova regions in the study. 5% of the water samples taken from Balçova region is included in the category of the irrigation water of C2S1, 95% in C3S1; 6.25% of the water samples taken from Seferihisar region is included in the category of the irrigation water of C2S1, 6.25% in C4S2, and 87.50% in C3S1. In the consequence of the research, it was determined that the pH values of the water samples taken from the both regions changed between 6,60-7,84 and that there was not any problem with respect to the pH values in terms of irrigation water quality. 70% of the irrigation waters taken from Balçova region is very hard, 20% of them hard and 10% of them rather hard. On the other hand, 25% of the waters taken from Seferihisar region is in the category of very hard, 68.75% of them hard and 6.25% of them rather hard waters. It was determined that boron concentrations of the waters taken from Balçova region exceeded the benchmark value and the water samples from Seferihisar region had the boron concentration below the benchmark value. It was established that the concentrations of trace element and heavy metal contents (Fe, Cu, Zn, Co, Pb, Cr, Cd, Ni, As, Ba and Al) of the waters samples of Balçova and Seferihisar regions were at low levels and that there was not any problem of contamination with respect to these elements in both regions. In the respect that N/P rate of the water samples taken from the both regions was under the benchmark value, it was determined that there was not any organic contamination as well.

Key Words: Under ground water, salinity, heavy metal, irrigation Water Quality.

TEŞEKKÜR

Tez konusunun belirlenmesinde ve araştırmalar sırasında katkılarıyla çalışmalarımın yönlendirilmesinde değerli yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Yrd.Doç.Dr. Bülent YAĞMUR'a, her konuda desteğini esirgemeyen İzmir İl Kontrol Laboratuvarı Müdürü Sayın Veysel Baki OKAN başta olmak üzere su ve mineral analizlerinde yardımcı olan kurum alışanları Ziraat Yüksek Mühendisi Vezan KARABULUT, Ziraat Mühendisi Esra Nilay YENİ ve Veteriner Hekim Abdülkadir YILMAZ'a eğitimimin bu aşamaya gelmesinde desteklerini esirgemeyen aileme yürekten teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	V
ABSTRACT	VII
TEŞEKKÜR	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ	XIII
ÇİZELGELER DİZİNİ	XV
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM	16
3.1. Materyal	16
3.1.1. Balçova Yöresinin Coğrafik Konumu ve İklimi	18
3.1.2. Seferihisar Yöresinin Coğrafik Konumu ve İklimi	18
3.2. Yöntem	20
3.2.1. Su Örneklerinin Alınışı	20
3.2.2. Su Örneklerinin Analizi	20
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	22
4.1. Su Örneklerinin Fiziksel Analiz Sonuçları	22
4.1.1. Buharlaştırma Kalıntısı	22
4.1.2. Renk	22

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.1.3. Bulanıklılık.....	24
4.1.4. Sertlik.....	25
4.2. Su Örneklerinin Kimyasal Analiz Sonuçları.....	27
4.2.1 pH.....	27
4.2.2 Elektriksel İletkenlik	27
4.2.3. Katyon ve Anyonlar	31
4.2.4. Sodyum Adsorbsiyon Oranı ve Sulama Suyu Sınıfı.....	33
4.3. Anorganik azot ve Fosfor Değerleri	35
4.4. İz Element ve Ağır Metal Miktarları	40
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	52
KAYNAKLAR	57
ÖZGEÇMİŞ	66
EKLER.....	67
Ek 1. Kıtaçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri	68
Ek2. Türkiye’de Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Önemli Su Kalite Kriterleri	69
Ek3. Sulama Suyundaki İz Elementlerin İzin Verilen Maksimum Sınırları	70

ŒEKİLLER DİZİNİ

<u>Œekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Ülkemizde kişi başına dufen su miktarı ve yıllara göre değişimi (www.dsi.gov.tr) .	4
1.2. 2030 Yılına yönelik sektörel su kullanım miktarı	5
3.1. Balçova yöresinde su örnekleri alınan kuyuların yerleri	17
3.2. Seferihisar yöresinde su örnekleri alınan kuyuların yerleri	18

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. İzmir ili sulanan alan miktarı	4
3.1. Balçova yöresi su örneklerinin alındığı kuyulara ilişkin bazı özellikleri	16
3.2. Seferihisar yöresi su örneklerinin alındığı kuyulara ilişkin bazı özellikler	17
3.3. Analizlerde kullanılan cihazların adları.....	21
4.1. Balçova ve Seferihisar yöresinden alınan su örneklerinin bazı fiziksel özellikleri	23
4.2. Suların sertlik sınıflaması	25
4.3. Su örneklerinin Fransız Sertliğine göre sınıflandırılması	26
4.4. Sulama sularının elektriksel iletkenlik değerlerine göre sınıflandırılması.....	28
4.5. Balçova yöresine ait sulama sularının kimyasal özellikleri	29
4.6. Seferihisar yöresine ait sulama sularının kimyasal özellikleri	30
4.7. Balçova ve Seferihisar yöresine ait sulama sularının elektriksel iletkenlik (EC) değerlerine göre kalite sınıflaması	31
4.8. SAR'a göre sulama sularının sınıflaması	34
4.9. Balçova yöresine ait suları amonyum, nitrit, nitrat ve N/P oranları.....	36
4.10. Seferihisar yöresine ait suları amonyum, nitrit, nitrat ve N/P oranları.....	36
4.11. Balçova yöresine ait sulama suyu örneklerinin kimi iz element ve ağır metal içerikleri (mg/l).....	42

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.12. Seferihisar yöresine ait sulama suyu örneklerinin kimi iz element ve ağır metal içerikleri (mg/l)	43
4.13. Scofield'e göre sulama sularının bor sınıflandırılması	44
4.14. Balçova yöresi su örneklerinin bor sınıflaması	44

1.GİRİŞ

Su; insan, hayvan ve bitkiler için vazgeçilmez bir yaşam kaynağıdır. Sulama, her çağda bitki yetiştiriciliğinde ana faktörlerden birisi olmuştur. Dünyadaki su miktarı sabit olup, hiçbir zaman değiştirilemez. Çünkü yer küre üzerindeki su, denizler ile atmosfer arasında devamlı çevirim halindedir (Egemen ve Sunlu 1999).

Tüm canlı varlıklar yaşamaları, gelişmeleri ve diğer gereksinimleri için çok büyük miktarlarda suya ihtiyaç duyarlar ve bu suyu da yerüstü ve yeraltı su kaynaklarından sağlarlar. Tükenmeyen doğal kaynaklar içerisinde toprak varlığı ile birlikte bir ülkenin zenginliğinin temelini oluşturan su kaynakları potansiyelinin ve kalitesinin bilinmesi çeşitli kullanım alanlarına yönlendirilecek su miktarları ile ilgili plan ve programların hazırlanmasında büyük önem taşır (Munsuz vd., 1999)

Nüfus artış hızının yüksek oluşu, gelişen sanayi, atık suların temiz su kaynaklarına deşarjı vb. nedenler su kaynaklarımızı olumsuz yönde etkilemektedir (Munsuz vd., 1999). Türkiye gibi nüfusu hızla artan, kalkınma süreci içinde bulunan ve sanayileşmeye geçiş aşamasında bulunan ülkelerde tarım ürünlerine olan gereksinim her yıl artmaktadır. Bugün itibarıyla tarım alanlarının tamamının kullanıldığı ülkemizde, üretimin arttırılmasının tek yolu, birim alandan elde edilen verimin arttırılmasıdır. Sulama ve dolayısıyla sulama suyu, tarımsal üretimde verimi en çok arttıran etmenlerin başında gelmektedir (Munsuz vd., 1999)

Su, iyi bir çözücü olması nedeniyle doğada saf olarak bulunmaz, içerisinde az ya da çok çözülmüş madde bulundurur. 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. Bu nedenle sulamada kullanılan su kaynağının yabancı madde derişimlerinin bilinmesi, toprağa verilmesinde sakınca olmadığı saptandıktan sonra toprağa verilmesi önemli bir konudur (Munsuz vd., 1999).

Yeryüzündeki eski medeniyetlerin çoğunun sulu tarımın uygulandığı alanlarda kurulduğu, fakat yine bu medeniyetlerin çoğunun sulamada yapılan hatalar yüzünden çöktüğü tarihi belgelerden anlaşılmaktadır. İlk uygarlığın

kurulduğu yer olarak kabul edilen Nil vadisindeki yerleşimler ile daha sonra Mezopotamya'da ortaya çıkan uygarlıklar buna güzel örneklerdir. Öte yandan, Amerikalı ve Fransız arkeologlar 4200 yıl önce, 300 yıl etkisini gösteren bir kuraklığın Ortadoğu'nun ilk uygarlığı olarak bilinen Akad Uygarlığı'nın çökmesine neden olduğunu bildirmektedirler (Esenyel, 2001).

Yerküremizde su miktarı $2,10^{18}$ ton olarak hesaplanmıştır. Ancak, bunun çok azından yararlanılmaktadır. En iyi sular kaynak sularıdır. Fakat kaynak suları miktar bakımından yeterli değildir. Kuyu suları da genelde iyidir. Ancak bunlar da miktar bakımından azdır.

78 milyon hektar yüzölçümüne sahip ülkemizin Doğu Karadeniz kıyı kesimi dışında kalan bölgelerin 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 m^3 , yer altı su potansiyeli 14 milyar m^3 'tür. Türkiye'nin toplam tarım alanı 28,05 milyon hektar olup, bunun 25,75 milyon hektarı sulanabilir arazidir. Mevcut su potansiyeli ile teknik ve ekonomik olarak sulanabilecek arazi miktarı 8,5 milyon hektar olup, bunun 5,1 milyon ha'lık kısmı sulamaya açılabilmiştir (DSİ, 2007).

Sulamanın başarılı ve sürekli bir şekilde uygulanması;

- a) sulama zamanı,
- b) bir sulamada verilecek su miktarı,
- c) sulama aralığı
- d) uygun sulama yönteminin seçimi
- e) kullanılan sulama suyunun niteliği ile yakından ilgilidir.

Sulama suları ister akarsulardan isterse de kuyu sularından temin edilsin, üzerinde aktıkları kaya ve topraklardan erittikleri birtakım kimyasal maddeler ihtiva edebilir. Bu erimiş maddeler genellikle tuz karakterinde olup konsantrasyon ve bileşimleri suyun kalitesini belirler.

Suyun yerin altında kalan bölümüne yeraltı suyu denilmektedir. Yerüstü su kaynaklarının yetersiz kaldığı koşullarda ise insanlar yeraltı sularına yönelmişlerdir. Yeraltısuyu; ekonomik, elde edilmesi kolay, zararlı mikroorganizmalardan nispeten arınmış, kimyasal kirlenmelere yüzey sularına göre daha geç maruz kalan, yenilenebilir doğal bir kaynaktır. Tüm dünyada su yönetiminde önemli bir rol oynar. Bazı bölgelerde halkın tek su kaynağıdır. Canlılar su ihtiyaçlarının %85'inden fazlasını yeraltı sularından karşılarlar (Raghuanath, 1987).

Sulama suyu içerisinde en çok sodyum, magnezyum ve kalsiyum tuzları bulunur. Sulama suyunda bulunan fazla sodyum topraklarda tuzluluk ve alkalilik sorununa yol açarak toprak yapısının bozulmasına ve tarımsal açıdan kullanılamaz duruma gelmesine yol açar.

Bunların dışında sulama sularında toksik düzeyde bor, bakır, kurşun, krom, nikel, kobalt çinko gibi elementlerin bulunması durumunda oluşacak toprak kirliliği sonucu bitki gelişimi olumsuz etkilenir. Bu nedenle tarımsal amaçlı kullanılan sulama sularının mutlaka kalitelerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Toprakların tarıma elverişli hale getirilmesi, fiziksel ve kimyasal bakımdan zahmetli ve masraflı olmakla beraber mümkündür. Fakat suyun tarıma elverişli olmaması durumunda alınacak önlemler hem tesis olarak pahalı, hem de işletme açısından tarımla uğraşanların olanakları dışındadır.

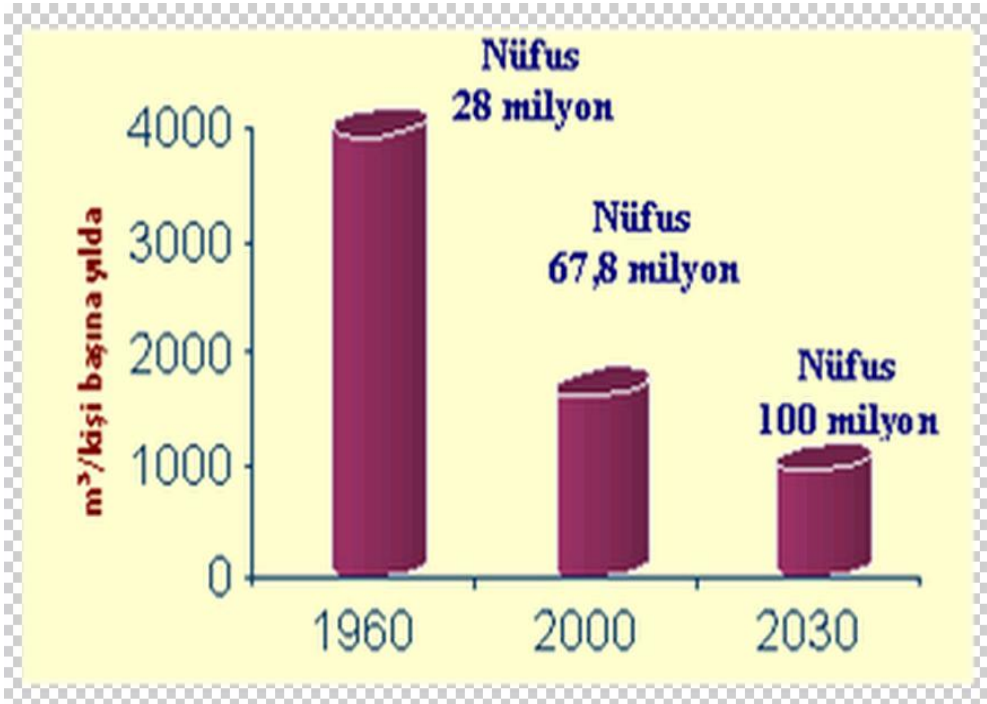
Türkiye'nin üçüncü büyük ili olan İzmir'in nüfus yoğunluğu açısından Türkiye ortalamasının üzerinde olduğu, buna karşın su potansiyeli açısından ise ülke ortalamasının altında kaldığı bilinmektedir. Küresel iklim değişikliğinin yarattığı kuraklık sebebiyle İzmir'de yağış miktarında yüzde 5.1'lik bir azalmanın ölçümlendiği önümüzdeki yıllarda kuraklık daha da artarak devam etmesi sonucu yer altı ve yüzey sularının azalacağı düşünüldüğünde İzmir'de suyun etkin kullanımı şarttır.

İzmir ilindeki tarıma elverişli arazi 392 485 hektar olup, bunun 304 165 hektarı sulanabilir arazidir. İzmir ilinin yüzeysel su potansiyeli 2,07 km³ olup bunun 0.75 km³'ü Kuzey Ege sularından, 0,13 km³'ü Gediz nehrinden ve 1,19 km³'ü ise Küçük Menderes nehrinden oluşmaktadır. Yer altı suyu potansiyeli ise 0,494 km³ olup İzmir ilinin toplam brüt su kaynakları potansiyeli 2,564 km³'dür. İzmir ili sulanan alan miktarı Çizelge 1.1'de verilmiştir.

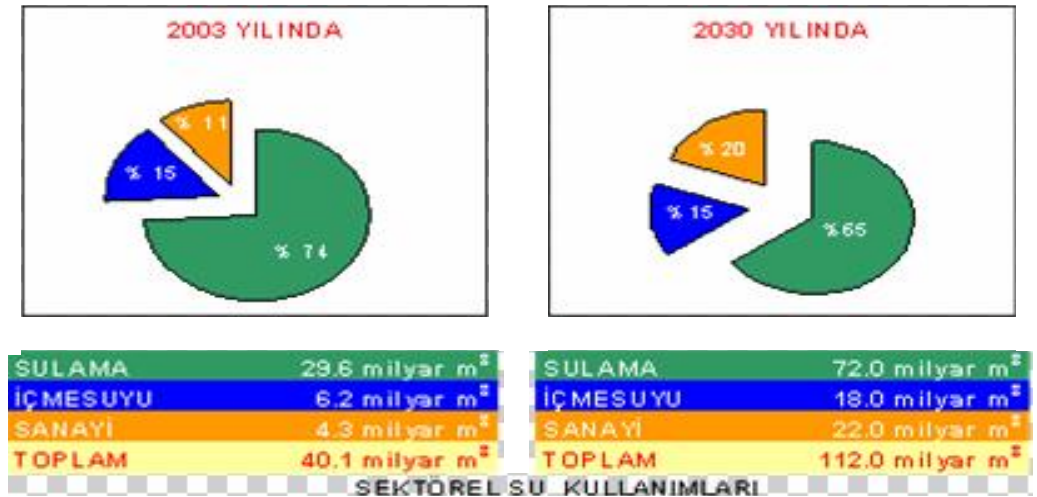
Çizelge1.1. İzmir ili sulanan alan miktarı (DSİ 2. Bölge Müdürlüğü 2006 yılı Raporu)

Sulama Şekli	DSİ		İl Özel İdaresi		Toplam	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Yüzey Suyu Sulamaları	36177	21	11505	7	47682	28
Yeraltı suyu Sulamaları	10830	6	27884	16	38714	22
Halk Sulaması (Sondaj kuyuları ile)					85000	50
Genel Toplam					171396	100

DSİ tarafından hazırlanan ülkemizde kişi başına düşen su miktarının yıllara göre değişimi Şekil 1.1’de, sektörel su kullanım miktarları ise Şekil 1.2’ de verilmiştir. Şekil 1 incelendiğinde yıllar içerisinde kişi başına düşen su miktarının yıllara göre azaldığı ve azalmaya devam edeceği görülmektedir.



Şekil 1.1 Ülkemizde kişi başına düşen su miktarı ve yıllara göre değişimi (www.dsi.gov.tr)



Şekil 1.2. 2030 Yılına yönelik sektörel su kullanım miktarı

Artan nüfusu besleyebilmek ve ileriki yıllarda bir sorunla karşılaşmamak için mevcut tarım topraklarının korunması arazilerin kabiliyetlerine uygun olarak ve bilimsel esaslara göre kullanılması gerekmektedir. Bunun yanında tarımsal amaçlı kullanılan suyun kalitesini belirlemek, suyun içerisinde askıda bulunan mineral ve organik maddelerin zamanla toprakta birikerek toprağın kalitesini bozmasını önlemek açısından önemlidir.

Yeraltı ve yerüstü suların sulama açısından kalite özelliklerinin bilinmesi ve izlenmesi, toprak ve bitki üzerindeki etkileri nedeniyle oldukça önemlidir. Sulama suyu kalitesinin iyi olup olmaması ise içerisinde erimiş durumda bulunan tuzların cins ve miktarı ile bunların bitki ve toprağa olan etkisine bağlıdır. Bu nedenle toprağın ve sulama suyunun özelliklerinin çok iyi bilinmesi, varsa problemlerin giderilmesi gerekmektedir. Dolayısıyla su kimyasal bakımdan zararlı maddeler ihtiva etmemeli, kalitesi sulamaya elverişli olmalıdır.

Nüfus yoğunluğuna göre su ve toprak kaynakları potansiyeli düşük olan İzmir ilinde bir damla suyu ve bir karış tarım toprağını kullanırken çok kez düşünmek gerekir. Nüfus yoğunluğu yanı sıra sanayinin de gelişimi ve yoğunluğu dikkate alınınca ilimiz açısından suyun her bir damlasının akılcıca ve etkin kullanılması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle çalışmada Balçova ve Seferihisar yörelerine ait sulama sularının sulama suyu kalitesinin belirlenmesi ve sulamaya uygunluk açısından değerlendirilmesinin yapılması amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Su planlaması ve yönetiminin iyi yapılamaması ve suların kirleticilerin etkisine açık kalmaları durumunda önümüzdeki elli yıl içinde aküferlerin boşalabileceği, tarımda kullanılan suyun tarım dışı amaçlarla kullanılabilmesi, bu durumun ise sulu tarım alanlarında yaşanan büyümenin sona ermesine yol açabileceğini ileri sürülmektedir. Eğer bu durum gerçekleşirse, nüfus artmaya devam ettiği sürece kişi başına düşen sulu tarım alanı da düzenli olarak küçülmeye devam edecek bu ise kişi başına düşen gıda üretiminin düşmesi anlamına gelecektir (Brown, 2001).

Sularda kalsiyum ve magnezyum bikarbonatları geçici sertliği, yine bu elementlerin klorür, nitrat, sülfat, fosfat ve silikatları ise kalıcı sertliği meydana getirir. Geçici sertlik bikarbonatlardan ileri geldiğinden, suların kaynatılması ile giderilir. Suyun ısıtılarak geçici sertliğinin giderilmesinin oldukça pahalı olması nedeniyle geçici sertliğin giderilmesinde kimyasal yöntemler uygulanır. Suya amonyak ve sönmüş kireç katıldığında geçici sertlik karbonat tuzları şeklinde çöker (Şahinci, 1991). Halbuki kalıcı sertlik kalsiyum ve magnezyum sülfat ve klorürden ileri geldiği için kaynatılmakla giderilemez (Hounslow, 1995; Akgiray, 2003).

Küçüktığı (2002) Altınapa barajı su karakterlerini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada su örneklerinin analizi sonucunda belirlenen değerler “su kirliliği ve kontrol yönetmeliği”nce verilen su kalitesi kriter değerleri ile karşılaştırıldığında sıcaklık, bulanıklık, pH, klorür, sülfat, nitrat, demir mangan ve amonyum yönünden 1. sınıfa girdiği, nitrit azotu yönünden 2. ve 3. sınıfa; iletkenlik, Ca, Mg ve toplam sertlik yönünden ise “TSE 266” ve “Sağlık Bakanlığı Su Standartları”na uygun olduğu belirtilmiştir.

Saatçi vd., (1973) İzmir-Balçova yöresinde sulamada kullanılan bazı kuyu, artezyen, kaynak ve dere sularının sulama yönünden kalitelerini belirlemek amacıyla yaptıkları bir çalışmada; kuyu sularının pH'larını 6.55-8.09; EC değerlerini 424-5500 μ mhos/cm; SAR değerlerini 0,20-11,65 ve bor içeriklerini ise 0,01-6,55 ppm değerleri arasında saptamışlardır. Bazı kuyulardaki tuzluluğun ve borun yüksek çıkmasına, yöredeki kaplıca sularından kuyulara olan girişimin neden olduğunu belirtmişlerdir.

Ünlü vd. (2008), tarafından yapılan bir çalışmada Hazar gölüne ait su örneğinin su kalite parametrelerinden pH'nın 8.9 olduğu, bu parametre yönünden III. sınıf su kalitesi özelliğine sahip bulunduğu; klorür değerlerinin 354-418 mg/l arasında olduğu ve III. sınıf sulama suyu olduğu, sulama suyu sınıflaması yönünden ise IV. sınıf sulama suyu kalitesine sahip sulamaya elverişsiz bir su olduğu saptanmıştır. Toplam fosfor değerleri 0,15-2,21 mg/l aralığında olup ötrofikasyon kontrolü sınır değerlerinin çok üzerinde olduğu saptanmıştır.

Demir (2008), Isparta ve çevresi yeraltı sularının kalitesinin belirlenmesi amacıyla yaptığı çalışmada; çalışma alanındaki yer altı sulama sularının pH'sının 6,85-7,67 arasında değişim gösterdiği, buna göre sulama sularının pH'sının I. ve II. sınıf (yüksek-orta) sular sınıfına girdiğini belirlenmiştir. Aynı çalışmada içme sularının pH'sının ise 7,08-8,40 arasında olduğu, içme suyu standartlarına göre sınır değerlerini aşmadığı saptanmıştır. Çalışmada yeraltısularının elektriksel iletkenlik ölçümleri 293-917 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişen değerler verirken, Yakaören bölgesindeki yeraltısularının diğer bölgelerdeki yeraltısularına oranla daha düşük elektriksel iletkenlik değerlerine sahip olduğu, bunun sebebinin ise su-kayaç etkileşiminin az oluşundan kaynaklanabileceği belirtilmiştir.

pH sudaki hidrojen iyonu konsantrasyonu ölçüsüdür ve sudaki asit ve bazlar arasındaki dengeyi gösterir. Suların pH'sı hidrojen iyonu üreten veya oluşturan birbirleri ile ilişkili kimyasal reaksiyonlar tarafından kontrol edilir. Kirlenmemiş suların pH'sı 6,5–8,5 arasındadır (Hem, 1985). Sudaki karbonat, hidrokisit ve bikarbonat iyonları suyun bazikliğini arttırırken, serbest mineral asitleri ve karbonik asitler suyun asitliğini arttırır. Asidik sular bazik sulara göre daha az yaygındır (McNeely, 1979).

Doğal suların pH'sı karbondioksit-bikarbonat-karbonat denge sistemi tarafından kontrol edilir. (WHO,1984) Suların içerdikleri gazlar, koloidal maddeler, çeşitli elektrolit ve elektrolit olmayan maddeler, pH, Eh sistemdeki korozyonun yayılımını ve suyun aşındırıcı (agressivlik) özelliğini belirlerler (Clarke, 1966; Kelly, 1983; Anonim, 1984; Hem, 1985). Kalsiyumkarbonat çökeli mi korozyonu kontrol edebilir. Bu süreci kontrol eden faktörler sıcaklık, pH, toplam çözünmüş katılar, sertlik, karbondioksit ve alkalitedir (WHO, 1984). Yüksek pH içme sularında hafif koku oluşturur. Suların renk yoğunluğu pH'nın yükselmesi ile artar.

Okur vd.(2001)'nin Büyük Menderes nehrindeki kirliliğin boyutlarını aylık ve mevsimsel olarak ortaya koymak amacıyla yaptıkları çalışmada; erimiş katı maddeler değeri her ay 100 mg/l' nin üzerinde belirlenirken, pH değeri özellikle Aydın ili girişinde 9.00 değerinin altına hiç düşmemiş,su örneklerine ait tuz içerikleri de 1 ve 2 no' lu nehrin başlangıç noktasına ait örnekleme yerleri dışında tuzlu sular niteliğinde olduğu, nehre ait özellikle 4 ve bunu izleyen 5, 6, 7 ve 8 no' lu örneklerin Bor içerikleri yönünden tarım açısından önemli risk oluşturdukları belirlenmiştir.

Menemen Ovası toprakları için de ana sulama kaynağı olan Gediz nehrinin, sulama suyu kalitesi ile ağır metal ve iz element içeriğinin alansal değişiminin incelendiği bir çalışmada, EC 200-1650 μ mhos/cm; buharlaştırma kalıntısı 127,6-1166,4 mg/l; pH 7,08-8,00; Cl⁻ 0,35-6,93 me/l; SAR 0,04-3,30 değerleri arasında belirlenmiştir. Aynı araştırmada, Gediz Nehri su kalitesinin, nehrin doğduğu yer olan Murat Dağı'ndan, döküldüğü yer olan Foça'ya doğru azaldığı; ayrıca kirliliğin arttığı belirlenmiştir. (Delibacak vd., 2002).

Sudaki iyonların derişimi arttıkça elektriksel iletkenlik de artar, dolayısıyla elektriksel iletkenlik ölçümleri sudaki toplam iyon konsantrasyonu hakkında iyi bir göstergedir (Day ve Nightingale, 1984; Hem, 1985). Yeraltı sularının içerdikleri iyonların toplam derişimi ve dolayısıyla elektriksel iletkenliği;

- 1) suların yeryüzüne çıkıncaya kadar izledikleri yola,
- 2) kayaçların cinsine ve çözünürlüklerine,
- 3) iklime,
- 4) bölgedeki yağış şartlarına bağlıdır.

Elektriksel iletkenlik, suyun elektrik akımını iletebilme özelliğinin sayısal olarak ifadesidir. Suların elektriksel iletkenliği, iyonların suda varlığına, toplam derişimine, hareketliliklerine, değerliklerine, görelî değişimlerine ve sıcaklığa bağlıdır. Sıcaklık artışı ile suların elektriksel iletkenlikleri de artar. Suların elektriksel iletkenliği yüksek ise, çürütme özelliği fazladır. 25°C'de Saf suyun iletkenliği 0,055 mikromhos/cm'dir. Laboratuvarda elde edilen saf suların elektriksel iletkenlikleri 0,5 ile 5 mikromhos/cm; içilecek suların 30–2000; çok tuzlu petrol sularının ise 10000 mikromho/cm'den fazladır (Şahinci, 1991).

Mecitözü-Konaklı (Çorum) çevresinin hidrojeolojisi ve yeraltısuyu kalitesini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada yöreye ait suların elektriksel iletkenlikleri (EC) 377-972 $\mu\text{mho}/\text{cmf}$ sertlikleri 21,5-41 FSP arasında değiştiği ve analizleri yapılan suların Su Kirliliği Yönetmeliğine göre yüksek kaliteli yer altı suları olduğu bildirilmiştir (Koçbay, 1997).

pH yaklaşık 6-10 arasında ise, çözeltilerde HCO_3^- baskındır. Daha düşük pH değerlerinde, ortamda karbonik asit (H_2CO_3), daha alkali sularda ise CO_3^{2-} baskın iyondur (Nicholson, 1993; Hounslow, 1995).

Doğal sulardaki sülfatın (SO_4^{2-}) başlıca kaynakları sedimanter kayalar (özellikle jips, anhidrit, şeyl) magmatik kayalar ve organik maddelerdir. Sülfür mineralleri suyla temas ederek bozdukları zaman oksitlenerek sülfat iyonları oluşur ve bu iyonlar suya geçer (Hem, 1985). Bu doğal kaynaklar dışında deri, selüloz, tekstil, sülfirik asit, metalürji endüstrisi atıksuları, asit yağmuru ve kükürt içeren maden sahalarının drenaj suları da yüzey ve yeraltı sularındaki SO_4^{2-} miktarını arttıran kaynaklardır.

Kükürt indirgenmemiş halde metal sülfürleri olarak magmatik ve sedimanter kayalarda yaygın olarak bulunur. Yerleşim bölgelerinde evsel atıksuların yüzeysel sulara boşaltılması veya çeşitli yollarla yeraltı suyuna sızması, bu sulardaki sülfat derişimini yükseltir. Sülfat (SO_4^{2-}) iyonunun 300-400 mg/l'nin üzerinde bulunması suya istenmeyen bir tad verir (Eisen ve Anderson, 1979; Hem, 1985; Hounslow, 1995). Sülfat sulama sularında klordan daha az toksiktir.

Kaplan ve Sönmez (2000) Belek özel çevre koruma alanı akarsularının su kalitelerinin ve kirleticilerinin değerlendirilmesi üzere yaptıkları çalışmada su örneklerinin sodyum iyonu içerikleri yönünden % 55,6'sının 2. sınıf, % 22,2'sinin 3. sınıf, % 22,2'i ise 4. sınıfta yer aldığı; kimyasal oksijen ihtiyacı bakımından araştırma alanı su örneklerinin % 33,3'ünün 1. sınıf, % 55,6'sının 2. sınıf, % 11,1'inin 3. sınıfa girdiği belirtilmiştir. Su örneklerinin % 11,1'inin tavsiye edilen değerle kabul edilebilir maksimum değer arasında potasyum içerdiği; kalsiyum ve magnezyum içerikleri yönünden bütün örneklerin kabul edilebilir maksimum değer üzerinde (50 mg/1) bulunduğu; su örneklerinin % 27,8'inin tavsiye edilen değerle kabul edilebilir maksimum değer (25-250 mg/1) arasında, % 72,2'i kabul edilebilir maksimum değer üzerinde (250 mg/1) sülfat içerdiği belirtilmiştir.

Başar vd. (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 alınmış araştırma sonucunda, göl suyu ve artezyen sularının tuzluluk ve sodyum içeriği yönünden C_3S_1 , akarsuların ise C_2S_1 sınıfında yer aldığı belirtilmiştir. Ayrıca, incelenen su kaynaklarının B, Cl ve SO_4 içeriklerinin normal düzeylerde oldukları, göl suyunun HCO_3 içeriğinin sınır değerlerin yakınında olduğu belirlenmiştir.

Okur vd. (2002) Büyük Menderes ve Gediz Nehrinde yapmış oldukları çalışmada nehirlerin tüm yıl boyunca yoğun bir tuzlanma ve organik kirlenme ile karşı karşıya olduğu, kirlenmenin boyutlarının su örneği alınan noktalara göre farklılık gösterdiği belirtilmiştir.

Şener vd. (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, NO_3^- , NO_2^- , CO_3^{--} , HCO_3^- , SO_4^{--} , Cl⁻, K⁺, Na⁺, (Ca+Mg), RSC ve SAR yönünden sulamaya uygunluklarını araştırmışlardır. Araştırma sonucunda, aldıkları tüm su örneklerinin sulamaya uygun (Halileli, Yeni Mahalle ve Umurbey kuyu suları hariç) olduklarını belirlemişlerdir. Araştırmada kuyu sularında NO_3 seviyesinin yüksek çıktığı, kimyasal yönden yüzey sularının yeraltı sularından daha iyi olduğu belirtilmiştir.

Kaya ve Öztürk (2003) tarafından yapılan Elazığ ili sulama suları kalitesinin belirlendiği çalışmada yöreye ait suların tarım yapılmasına uygun özellik göstermiş olduğu belirlenmiştir.

Emdad et al. (2004), karık sulama yöntemiyle sulanan alanlarda sulama suyu kalitesinin toprak yapısı ve infiltrasyon üzerine etkilerini belirlemek için yaptıkları bir çalışmada, sulama suyu kalitesinin toprağın kimyasal ve fiziksel özelliklerini etkilediğini belirtmişlerdir. Bu etkinin ise, çözünmüş maddelerin yüksek konsantrasyonlarında meydana geldiği ve sulama sezonu boyunca devam ettiği belirtilmiştir.

Menemen yöresinde Aşık vd. (2004), tarafından yapılan bir çalışmada yeraltı su kaynaklarından II. dönemde alınan su örneklerinin % 20'si C_2S_1 (orta tuzlu düşük sodyumlu); % 68,57'si C_3S_1 (orta dereceden yüksek dereceye kadar

tuzlu düşük sodyumlu); % 8,57'si C4S1 (çok yüksek tuzlu düşük sodyumlu); % 2,86'sı C4S2 (çok yüksek tuzlu orta sodyumlu) sulama suyu sınıfı içerisinde yer aldığı, ovadaki yeraltı sularının yaklaşık % 80 'lik bir bölümü sulama suyu niteliklerine özellikle tuz içerikleri yönüyle uygun olmadığı belirlenmiştir

Sönmez vd. (2004), Demre yöresi seralarında kullanılan sulama sularının sulamaya uygunluklarını tuzluluk yönünden farklı dönemlerde aldıkları su örneklerinde suların genellikle C₂ ve C₃ sınıflarına girdiklerini belirtmişlerdir

Varol vd. (2005), Tekirdağ ili sulama sularının özelliklerini belirlemek amacıyla bir çalışma, analizi yapılan su örneklerinin sertlik, pH, Cl ve SAR yönünden sulamaya uygun oldukları, yaklaşık % 90'ının C₂S₁ sınıfına girdiği belirtilmiştir.

Ordu vd. (2006), Ergene Nehri su kalitesinin çevre bilgi sistemi tasarlanarak belirlenmesiyle ilgili yaptıkları çalışmada, nehrin su kalitesinin membada I. sınıf iken mansapta IV. sınıfa düştüğünü saptamışlardır.

Ayrancı (2006), tarafından Muğla-Ortaca yöresindeki seralarda sulama amaçlı kullanılan yer altı sularının kalitelerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen çalışmada; alınan su örneklerinde EC, pH, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, K⁺, CO₃⁻, HCO₃⁻, Cl⁻ ve SO₄⁻ analizleri yapılmış, elde edilen sonuçlara göre; örneklerin % 76'sının C₂S₁, % 24'ünün ise C₃S₁ sınıfa girdiği; en önemli sorunun klor içeriğinin yüksekliği olarak belirlemiştir.

Aşık vd. (2008) Aşağı Gediz Havzası sulama alanına su sağlayan Adala, Ahmetli ve Emiralem regülatör sularının sulama suyu kalite parametrelerini belirlemek ve bunların mekansal ve zamansal değişimlerini ortaya koymak amacıyla iki yıl yürüttükleri çalışmada; Adala, Ahmetli ve Emiralem regülatörlerinin hemen çıkışlarından (mansaplarından) sulama sezonu boyunca yaklaşık 20 günlük aralıklarla 4 kez (dönem) su örnekleri almışlar, her iki yılda da alınan tüm su örnekleri, tuzluluk ve sodyumluluk yönünden C₂S₁ sulama suyu sınıfı içerisinde yer almıştır. Ağır metal, fosfor ve azot konsantrasyonları da genel olarak sınır değerleri aşmamıştır. Kalite parametreleri mekansal boyutta, membadan mansaba; zamansal boyutta ise, sulama sezonu başından sulama sezonu sonuna doğru genel olarak değişmiştir. Söz konusu değişim, mekansal boyutta daha belirgin, zamansal boyutta ise aynı derecede belirgin olmadığı saptanmıştır.

Kovancı (1979) İç Ege Bölgesi sulama sularının bitki besleme açısından nitelikleri ve kimyasal içerikleri üzerine yaptığı araştırmada yeraltı sulama sularında NO_3 içeriklerinin genel olarak tehlikeli düzeyde olmadığını, bu sularda iz ile 7,23 me/l NO_3 (iz ile 101,2 ppm $\text{NO}_3\text{-N}'u$) olduğunu, toplam 48 adet su örneği içerisinde sadece Selendi (Manisa) ilçesinden alınan su örneğinin diğer su örneklerine göre daha yüksek miktarda NO_3 içerdiğini saptamıştır.

Bursa ovasında açılmış bir sondaj kuyusunda 16–20 g/l olan NO_3 konsantrasyonunun, gübrelemenin yapıldığı mevsimlerde 110–150 mg/l'e kadar çıktığı tespit edilmiştir (Yahşi, 1981).

Torunoğlu (1986), M. Kemalpaşa çayında 0,273-1,613 ppm NO_3 (= 0,062-0,364 ppm $\text{NO}_3\text{-N}'u$) bulunduğunu, akarsularda 50-150 ppm NO_3 (= 11,3-33,9 ppm $\text{NO}_3\text{-N}'u$) içeriğinin kirlenme belirtisi olarak kabul edildiğini bildirmiştir.

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

Saatçi vd. (1988), evsel ve endüstriyel atıklarla kirlenmiş Melez çayında yaptıkları çalışmada bu çayın NO_3 içeriğinin 83,7–120,9 mg/l arasında bulunduğunu bildirmişlerdir.

Saatçi vd. (1988), kirlenmiş sulara NO_2 bulunmadığını veya en çok 0,0003 ppm $\text{NO}_2\text{-N}'u$ olduğunu bildirmişlerdir. Altınbaş ve ark. (1994) Gediz nehrinde iz ile 0,225 ppm $\text{NO}_2\text{-N}'u$ belirlemişlerdir.

Kaplan vd. (1993), Antalya-Kumluca yöresinde kuyu sularının nitrat içeriklerinin belirlemesi amacıyla yaptıkları çalışmada NO_3 kirlenmesi olasılığı yüksek olan Kumluca yöresi kuyu suyu örneklerinin NO_3 iyonu içeriğini ortalama 52,15 mg/l olmak üzere 2,46–164,91 mg/l değerleri arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Kuyu suyu örneklerinin NO_3 içerikleri Dünya Sağlık Örgütü (WHO 1993)'nün bildirdiği 45 mg/l'lik sınır değerine göre değerlendirildiğinde, örneklerin % 50'sinin NO_3 bakımından kabul edilebilir sınırlar üzerinde kirlendiğini ortaya koymuşlardır.

Yüceer ve Ardıçoğlu (1993); arazilerde yapılan gübrelili ve ilağlı zirai çalışmaların yeraltı su kaynaklarını kirletmede rol oynadığı belirlenmiştir. Genel olarak yeraltı sularında en çok rastlanan maddeler azot bileşikleri, fosfatlar, ağır metaller ve diğer zehirli maddelerdir.

Ağaoğlu vd. (1999) Van Bölgesi içme ve kullanma sularında nitrit ve nitrat düzeylerini belirlemek üzere yaptıkları çalışmada; kuyu sularında en yüksek nitrat ortalaması Çaldıran ilçesinde, en dşik ortalama değerisi ise Grpnar ilçesinde tespit etmişlerdir. Van merkez ve Saray ilçesinde bulunan kuyu sularında ortalama nitrat düzeyleri de benzer şekilde bulunmuştur. Araştırmada nitrit miktarları ise Van merkez ve ilçelerden alınan içme suyu örneklerinde genelde standartlara uygun bulunmuş, bölgede su örneklerinin nitrit içeriklerinin 0,1 ppm'in altında (0.060-0.091) olduğu belirtilmiştir.

Kara vd. (2008), yaptıkları çalışmada Erkenez ayının kirlilik durumunu fiziko-kimyasal parametrelerle belirlemişlerdir. Çalışmada, alınan su örnekleri; çözünmüş oksijen, pH, elektriksel iletkenlik, nitrit, nitrat, amonyum, fosfor, sülfat, kalsiyum, sodyum ve potasyum yönünden incelenmiş, araştırma sonucunda sülfat, nitrit ve fosfat değerlerinin oldukça yüksek çıktığı ifade edilmiştir.

Sentetik deterjanlar fosfor içerdikleri için, atık sularla alıcı su ortamlarına ulaşarak yüzey sularında ötrofikasyona ve dolayısıyla ikincil kirlenmeye neden olurlar. Evsel atık sularda 5-20, tarımsal drenaj sularında 0,05-1,00, kirlenmiş gl sularında 0.01-0.04, ötrofik gl sularında 0.03-1.50, akarsularda 0,01-1,00 ve yağmur sularında 0,004-0,030 ppm toplam P bulunur (Uslu ve Türkman 1987).

Tarımsal uygulamalar sonucu sudaki HPO_4^- miktarının 0,300 ppm'in üzerine çıkması insanlar tarafından suyun kirletildiğini gösterir. Akarsularda sediment kirliliği ile de yakın ilişkisi olan fosfat kirliliği; toprak kolloidleri tarafından tutulan fosfatların daha çok erozyon, taşkınlr ve sulanan tarım alanlarından yıkanan fosfatların akarsulara taşınması şeklinde olmaktadır (Saatçı vd., 1988).

Altınbaş vd. (1994) Gediz Nehrinden aldıkları su örneklerinde 0,01-3,825 ppm P saptamışlardır. Aynı araştırmacılar sularda algal çiçeklenmeye engel olmak iim P miktarının <0.01 ppm olması gerektiğini bildirmişlerdir.

Altınbaş vd. (1994) Menemen ovasında yaptıkları bir çalışmada, Emiralem Regülatörü ve Buruncuk ky civarından alınan su örneklerinde Cu, Cr, Pb ve Cd

konsantrasyonlarını sırasıyla 0,006 ve 0,207, 0,025 ve 0,031, 0,030 ve 0,070, 0,005 ve 0,006 mg/l, bulmuşlardır. Bu çalışmada bulunan değerlere göre su örneklerinin Cu, Cr ve Pb içeriklerinin yüksek konsantrasyonda olduğu belirtilmiştir.

Shivkumar vd. (1997) tarafından yapılan bir araştırmada; endüstriyel faaliyet yapılan bölgeler civarında, yüzey sularındaki Fe konsantrasyonlarının 1 ppm değerine kadar çıktığı, ancak yüzey sularından yer altı suyuna demirin çok az sızımı nedeniyle, yeraltı suyunda yüksek konsantrasyonlarda Fe saptanmadığı, dolayısıyla izin verilebilir sınırları aşmadığı belirtilmiştir. Bunun yanında Zn konsantrasyonlarının 1000 ppb değerini aştığı, bunun kaynağının ise endüstriyel kirlenme ve çalışma alanındaki çiftçilerin verim artırmak amacıyla yoğun olarak kullandıkları pestisit ve gübreler olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca B konsantrasyonlarının 1 ppm değerine ulaştığı, Cr konsantrasyonlarının endüstriyel faaliyet yapılan bölgelere yakın yerlerde yüzey sularındaki konsantrasyonun yaklaşık onda biri civarında olduğu saptanmıştır.

Sekin vd. (2001) tarafından Manisa yöresinde yapılan bir çalışmada içme, kullanma ve sulama suyu elde edilen derin kuyulardan sonbahar, kış ve yaz başlangıcı olmak üzere üç farklı dönemde su örnekleri alınmış ve bunlarda toksik etkili olabilecek iz elementlerin (Pb, Cd, As, Hg, Cr, Se, Sb, Fe, Cu, Mn, Ba, Zn ve B) değişimi incelenmiştir. Araştırma sonucunda tüm kuyularda Se ve Sb elementlerine rastlanmamış, diğer elementlerin konsantrasyonlarının ise izin verilen maksimum sınır değerlerin altında olduğu saptanmıştır.

Okur vd.(2001)'nin Büyük Menderes nehrindeki kirliliğin boyutlarını aylık ve mevsimsel olarak ortaya koymak amacıyla yaptıkları çalışmada; Büyük Menderes nehrine ait farklı aylarda yapılan örneklemelerde Fe, Cu, Pb, Cr ve Al bakımından ölçüt veriyi aşan değerler analiz edilmezken Zn, Mn, Co elementlerince kirlilik sınırına giren sonuçlar belirlenmiştir. Nehirde yoğun bir amonyak azotu ve nitrit azotu kirlenmesi analiz edilmiş, farklı aylarda alınan su örneklerinde 1,5 – 93 mg/l arasında değişen NO₃-N' u belirlenmiştir.

Elmacı vd. (2002) Gediz nehri ile sulanan tarım alanlarında B, Co, Ni ve Co gibi bazı elementlerin sınır değerlerin üstüne çıktığını bildirmişlerdir.

Akçay vd. (2003), yaptığı bir çalışmada Büyük Menderes ve Gediz Nehri sedimentlerinde ağır metal içerikleri belirlenmiş; Gediz Nehri'nin Pb, Cr, Mn, Zn

bakımından kirli olduğu sonucuna varılmıştır. Bu kirliliği endüstrileşmenin, tarımsal aktivitelerin ve evsel atıkların oluşturabileceği belirtilmiştir.

Menemen yöresinde Aşık vd. (2004), tarafından yapılan bir çalışmada 2 farklı dönemde su örneği alınmış, örnek alınan 36 kuyu suyunun çoğunda, I. dönem ağır metal konsantrasyonları II. dönemde artış göstermiştir. I. döneme göre; Fe konsantrasyonu 17, Cu 24, Zn 23, Mn 16, Cr 1, Co 29, Cd 25, Ni 32 ve Pb 32 kuyuda artış göstermiş; en büyük artış oranı Mn konsantrasyonunda (yaklaşık 20 kat) gerçekleşirken, en düşük artış oranı Cr konsantrasyonunda (% 75) gerçekleşmiştir. I. döneme göre, Fe konsantrasyonu 16, Cu 8, Zn 10. Mn 14, Cr 26, Co 3, Cd 2, Ni 1 ve Pb 1 kuyuda azaldığı , en büyük azalış oranı Fe konsantrasyonunda (yaklaşık 2 kat) gerçekleşirken, en düşük azalış oranı Pb konsantrasyonunda (% 20) gerçekleştiği belirlenmiştir. Cu ve Co konsantrasyonları birer kuyuda (sırasıyla 17 ve 6 no'lu kuyular), Mn konsantrasyonları 3 kuyuda (5, 20 ve 27 no'lu kuyular), Cr (14, 21, 30, 32, 33 ve 34 no'lu kuyular) ve Cd (11, 14, 26, 27, 30 ve 35 no'lu kuyular) konsantrasyonları ise 6'şar kuyuda değişmediği bildirilmiştir.

Kumbur vd. (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 parametrelerinin kullanılan tarımsal kimyasalların etkisiyle herhangi bir değişim göstermediği, ağır metal düzeylerinde ise bölgesel ve dönemsel değişmelerin olduğu belirtilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

Araştırma materyalini Balçova yöresinden alınan 20 adet su örneği ile Seferihisar yöresinden alınan 16 adet su örneği oluşturmaktadır. Su örnekleri Balçova yöresinde DSİ'ne ait kayıtlı açık kuyu bulunmadığından bölgeyi temsil edecek şekilde yörede yaşayanların açmış oldukları küçük derinlikli keson kuyulardan (Çizelge 3.1), Seferihisar yöresinde ise yine yöreyi en iyi şekilde temsil edecek şekilde ve DSİ'ne ait kayıtlı kuyuların bulunduğu yerlerden (Çizelge 3.2) alınmıştır.

Çizelge 3.1. Balçova yöresi su örneklerinin alındığı kuyulara ilişkin bazı özellikler

Kuyu no	Koordinatı	Kuyu derinliği
1	503834 Doğu /4248997 Kuzey	5
2	503210 Doğu /4249256 Kuzey	10
3	503731 Doğu /4251038 Kuzey	3
4	504404 Doğu /4250519 Kuzey	18
5	502456 Doğu /4251195 Kuzey	10
6	503400 Doğu /4251011 Kuzey	10
7	503445 Doğu /4250815 Kuzey	17
8	503672 Doğu /4251045 Kuzey	6
9	5037210 Doğu /4251038 Kuzey	9
10	503861 Doğu /4250993 Kuzey	6
11	503981 Doğu /4250975 Kuzey	10
12	504077 Doğu /4250964 Kuzey	10
13	504026 Doğu /4250986 Kuzey	13
14	504224 Doğu /4250826 Kuzey	5
15	504224 Doğu /4250708 Kuzey	9
16	504217 Doğu /4250680 Kuzey	9
17	504239 Doğu /4250672 Kuzey	10
18	504256 Doğu /4250723 Kuzey	9
19	504381 Doğu /4250702 Kuzey	15
20	504485 Doğu /4250833 Kuzey	5

Çizelge 3.2. Seferihisar yöresi su örneklerinin alındığı kuyulara ilişkin bazı özellikler

Kuyu no	Koordinatlar	Kuyu derinliği
1	485352 Doğu /4226872 Kuzey	40
2	485333 Doğu /4226627 Kuzey	50
3	485330 Doğu /4226715 Kuzey	90
4	485156 Doğu /4226514 Kuzey	150
5	484082 Doğu /4225922 Kuzey	55
6	483276 Doğu /4226372 Kuzey	60
7	482438 Doğu /4226961 Kuzey	20
8	482075 Doğu /4227969 Kuzey	20
9	483098 Doğu /4227300 Kuzey	35
10	483744 Doğu /4226845 Kuzey	33
11	483894 Doğu /4226790 Kuzey	68
12	484262 Doğu /4226957 Kuzey	100
13	484842 Doğu /4227571 Kuzey	100
14	485961 Doğu /4226882 Kuzey	103
15	484326 Doğu /4228725 Kuzey	16
16	484850 Doğu /4227305 Kuzey	14



Şekil 3.1. Balçova yöresinde su örnekleri alınan kuyuların yerleri



Şekil 3.2. Seferihisar yöresinde su örnekleri alınan kuyuların yerleri

3.1.1 Balçova Yöresinin Coğrafik Konumu ve İklimi

Balçova; İzmir kent merkezinde, İzmir Körfezi'nin güneyinde 28,9 km²' lik bir alan üzerine kurulmuştur. Doğusunda Konak, batısında ve güneyinde Narlıdere, kuzeyinde ise İzmir Körfezi yer almaktadır. İlçenin, İzmir Körfezine 6 km kıyısı bulunmaktadır. Denizden yüksekliği 0 – 432 metre aralığındadır.

İlçe, tipik Akdeniz iklimi özelliği göstermektedir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık ve yağışlıdır. İlçede maki karakterli bitki örtüsü ve kızılçam ormanları bulunmakta olup dağlık kesimde belirli bir yükseltiye kadar maki bulunur iken, daha yükseklerde kızılçam ormanları yaygındır. Ortalama yıllık yağış miktarı 600–800 mm'dir. Yaz kuraklığı çok belirgin ve şiddetlidir. Mayıs'tan ekime kadar süren bu dönemde yer altı su seviyesi düşmekte, dereler ve kaynaklar kurumaktadır. Ocak ayı sıcaklık ortalaması yaklaşık 8°C iken Temmuz ortalaması 28 °C'dir.

3.1.2 Seferihisar Yöresinin Coğrafik Konumu ve İklimi

Seferihisar, Ege Bölgesi'nde, İzmir ilinin güneybatısında yer almaktadır. Cumhuriyet öncesinde 1884 yılında ilçe olmuştur. Günümüzde İzmir'in 28 ilçesinden birisidir. İl merkezine uzaklığı 45 km'dir. Kuzeyinde Urla ve Güzelbahçe, Doğusunda Menderes ilçeleriyle komşudur. İlçenin batısının ve güneyinin Ege Denizi'ne kıyısı olmakla birlikte ilçe merkezi denizden 5 km içeride bulunmaktadır. İlçenin yüzölçümü 386 km²'dir. Seferihisar 26°45'00";

27°01'30" doğu boylamları ile 38°17'00" ve 38°02'00" kuzey enlemleri arasında yer almaktadır.

Seferihisar morfolojik bakımdan bazı birimlere ayrılabilir. İlk ayırt edilen birim aşınım yüzeyleridir. Akarsu vadileriyle yarılan aşınım yüzeylerinin eteklerindeki yamaçlar ise ayrı bir morfolojik birim oluşturur. Seferihisar yöresinin yer şekillerinde akarsu aşındırması sonucu meydana gelen biriktirmenin rolü büyüktür. Nitekim Azmak Deresi, Yassı Çay ve kollarının biriktirme şekillerinden alüvyal ova düzlükleri oluşmuştur. Azmak Deresi ve kollarının oluşturduğu taban ovasına Azmak Ovası denilmekte, bir başka ova tabanı ilçe merkezinden başlayıp, Teos ören yerine kadar devam etmektedir.

Seferihisar'da diğer bir morfolojik birim kıyılarıdır. Kıyılar, Urla Yarımadası'nın diğer kıyıları gibi girintili çıkıntılıdır. Bu kıyıların girintili çıkıntılı olmasının nedeni; dördüncü zaman (Kuaterner) glasyel dönemi sonunda deniz seviyesinin yükselmesi ve bu arada tektonik hareketler sonucu meydana gelen kırılmalara bağlanabilir.

İklim şartlarının belirlenmesinde planeter faktörlerden başka yükselti, rölyef, kıyı konumu, denizden uzaklık, kıyı akıntıları gibi fiziki coğrafya koşulları da etkili olmaktadır. Seferihisar'da ise morfolojik bakımdan yüksek alanlar az olduğu için rölyefin ve yükseltinin pek etkisi yoktur. Yörenin ikliminde en büyük etki denize aittir. Denize yakınlık ve denizin ılıman etkisiyle sıcaklık kış aylarında pek düşmez.

Seferihisar ve çevresinde yüksek yaz sıcaklıkları yaşanırken kışlar ılık geçmektedir. Bu duruma göre Seferihisar'ın Akdeniz termik rejim bölgesi içinde olduğu söylenebilir. Çünkü yılın 4 ayında (Haziran-Temmuz-Ağustos-Eylül) sıcaklıklar 20 °C nin üstündedir.

Seferihisar'da yıllık ortalama bağıl nem % 64 olup, aylara göre değişmektedir. Sonbahardan itibaren bağıl nem oranı ilkbahar sonuna kadar yıllık ortalamadan fazla, Mayıs ayından itibaren yıllık ortalamasının altındadır. Minimum nem durumuna bakıldığında; hiçbir ayda atmosfer neminin % 10'un altına düşmediği anlaşılır. Batı sektörlü rüzgarların etkin olduğu, sıcaklığın azaldığı, bulutluluğun arttığı kış aylarında bağıl nem oranı artmakta, kuzey sektörlü rüzgarların görüldüğü ve bulutluluğun azaldığı yaz aylarında ise azalmaktadır. Seferihisar'da yıllık ortalama yağış miktarı 588,1 mm'dir. En yağışlı mevsim kış

mevsimi ve en yağışlı ay Aralık ayıdır (142mm). En az yağış ise yaz aylarında görülür (Temmuz ayında 1 mm). Seferihisar yarı nemli, mezotermal, su noksanı yaz aylarında çok kuvvetli, deniz etkisi alan bir özelliğe sahiptir. Mayıs - Eylül ayları arasında topraktaki su yetersizliği yörede tarım faaliyetlerini olumsuz etkilemektedir. Kasım ayından Nisan ayına kadar olan dönemde ise buharlaşma az olduğu ve yağış miktarları da yeterli olduğu için toprakta su bulunmaktadır.

3.2 Yöntem

3.2.1 Su Örneklerinin Alınışı

Örneklerin alınacağı kuyuları belirlemek amacıyla araştırma yörelerine ait haritalar üzerinde örnekleme yerleri belirlendi. Alınan su örnekleri, örneğin alındığı kuyunun suyu ile üç kez yıkanıp 2,5 litrelik pet şişelere doldurularak laboratuara getirildi. Örneklerle ilgili önemli bilgiler su tanıtım formuna kaydedildi. Analizlerin tamamı bitinceye kadar örnekler buzdolabında saklandı.

3.2.2 Su Örneklerinin Analizi

Alınan su örneklerinde tepkime (pH), elektriksel iletkenlik (EC), bulanıklık, renk, sertlik (Ca^{2+} ve Mg^{2+} sertliği), katyonlar (Na^+ , K^+ , $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$), anyonlar (Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^-), $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, P, buharlaşma kalıntısı, ve ağır metallerin (B,Fe, As, Cu, Zn, Mn, Cd, Cr, Co, Ni, ve Pb) analizleri yapılmıştır. Analizler İzmir İl kontrol Laboratuvarı bünyesinde bulunan cihazlar kullanılarak yapılmıştır (Çizelge.4.3). pH, cam elektrodlu pH (TS 3263) metre ile (Merck, 1973); elektriksel iletkenlik, EC metre ile (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954); bulanıklık NTU cinsinden ISO 7027 compliant-Nefelometrik Turbidity Unit bulanıklık cihazında ölçülerek; renk Pt-Co skalasında renk ölçüm cihazında okunarak; buharlaştırma kalıntısı, su örneklerinin buharlaştırılması sonucu gravimetrik olarak tayin edilmiştir (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954). Toplam sertlik ($\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ Sertliği), (Ca^{2+}) kalsiyum ve (Mg^{2+}) magnezyum sertliği analizleri Water Hardness ölçüm cihazında LCK 327 kitiyle ölçüldü. Katyonlardan Na^+ K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy ICP) Optik Emisyon Spektrometresi cihazında okunarak (TS EN ISO 11885), anyonlardan Cl LCK 311 ölçüm cihazında spektrofotometrik olarak, Sülfat (SO_4) MN-Nanocolor ölçüm cihazında, 300 D kiti ile spektrofotometrik olarak ölçülmüştür.Karbonat (CO_3^{2-}) analizinde fenol fitaleyn, hidrokarbonat

(HCO₃⁻) analizinde metil oranj indikatörü kullanılarak ve 0,1 N HCl ile titre edilerek (Merck, 1973) belirlenmiştir.

Nitrat azotu (NO₃-N), nitrit azotu (NO₂-N) ve amonyak azotu (NH₃-N) analizleri spektrofotometrik olarak LCK-304, LCK-339, LCK-341 nolu kitlerle okunarak saptanmıştır. Toplam anorganik azot ise NO₃-N, NO₂-N ve NH₃-N'ları toplamından hesaplanarak belirlenmiştir.

Bazı iz element ve ağır metaller (Fe, Cu, Zn, Mn, Co, Pb, Cr, Cd, Ni, Hg, As, Al, Ba) ise ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy ICP) Optik Emisyon Spektrometresi cihazında okunmak suretiyle belirlenmiştir (TS EN ISO 11885'e göre); Bor ICP Optik emisyon spektrometresi cihazında okunarak belirlenmiştir (TS EN ISO 11885). Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) formül yardımı ile hesaplanmış ve sulama suyu kalitesi, saptanan EC ve SAR sayısal değerlerinin sulama suları sınıflandırma diyagramına uyarlanması ile belirlenmiştir (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954). Analizlerden elde edilen sonuçlar ulusal ve uluslararası standartlara göre değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.3. Analizlerde kullanılan cihazların adları

Analiz	Birim	Cihazın adı ve markası
pH	-	PH metre 210 Metre lab.
Elektriksel iletkenlik	µmhos/cm	Sartorius iletkenlik cihazı
Ca-Mg ve Toplam sertlik	mg/l	Water Hardness-LCK 327-
Ca, Mg Na, K, Fe, Pb, Zn, Ni, Cu, Al, Ba, Hg, Mn, Li, Ni, Co, Cr, Al, Cd, Bor	mg/l	ICP Optik emisyon spektrometresi
NH ₄ - NO ₃ - NO ₂ - Cl	mg/l	LCK-304-339-341-311 Spektrofotometrik
SO ₄ - P	me/l	MN Nanocolor 300D-349D Spektrofotometrik
Bulanıklık	NTU	ISO7027 compliant 900 Nefelometrik turbidity
Renk	Pt-Co	Renk Ölçüm Pt-Co skalasında

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Balçova ve seferihisar yörelerinden alınan sulama suyu örneklerinin fiziksel özellikleri Çizelge 4.1’de, kimyasal özellikleri Çizelge 4.5 ve 4.6’da, ağır metal ve iz element içerikleri Çizelge 4.11 ve 4.12’de; azot fraksiyonları ile fosfor miktarları (mg/l) ve N/P oranları Çizelge 4.9 ve 4.10’de verilmiştir.

4.1 Su Örneklerinin Fiziksel Analiz Sonuçları

Balçova ve Seferihisar yörelerinden alınan su örneklerinde belirlenen buharlaşma kalıntısı, renk, bulanıklılık ve sertlik analizi sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir.

4.1.1. Buharlaştırma Kalıntısı

Su içerisinde bulunan toplam ermiş katı maddeler ile süspanse maddelerin (organik ve mineral) toplam konsantrasyonu buharlaştırma kalıntısı olarak ifade edilir.

Araştırma yörelerinden alınan su örneklerinin buharlaştırma kalıntısı değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çizelge 4.1’den de görüleceği gibi, Balçova yöresinden alınan su örneklerinde buharlaştırma kalıntısı değerleri; en düşük 1 nolu kuyudan alınan su örneğinde 640 mg/l, en yüksek 2 nolu kuyudan alınan su örneğinde 1260 mg/l olarak bulunmuş, ortalama buharlaştırma kalıntısı değeri ise 976 mg/l olarak hesaplanmıştır. Seferihisar yöresinden alınan su örneklerinde ise en düşük buharlaştırma kalıntısı değeri 13 nolu kuyudan alınan su örneğinde 580 mg/l, en yüksek ise 8 nolu kuyudan alınan su örneğinde 15030 mg/l olarak belirlenmiştir. Seferihisar yöresi için ortalama buharlaştırma kalıntısı değeri 1813,75 mg/l olarak hesaplanmıştır. Aşık vd. (2004) tarafından Menemen yöresinde yapılan araştırmada 35 adet yeraltı suyu örneğinde; buharlaştırma kalıntısı verileri 330-2800 mg/l arasında bulunmuştur.

4.1.2. Renk

Diger su kalite parametrelerinde olduğu gibi renk parametresinin de içme ve kullanma sularında belli standart değerlerde olması gerekmektedir. Hazen (Pt-Co) renk ölçüm yöntemi sadece doğal suların renk ölçümünde kullanılabilir. 1994 yılında yayınlanan uluslararası Avrupa Normu EN ISO 7887’ye göre doğal

sular ve açık renkli endüstriyel atıksuların rengi optik bir cihaz yardımıyla ölçülmektedir. Arıtılmış su parametrelerine göre tavsiye edilen renk 15 Pt-Co 'dır.

Çizelge 4.1. Balçova ve Seferihisar yöresinden alınan su örneklerinin bazı fiziksel özellikleri

Ör. No	Balçova				Seferihisar				
	Buharlaştırma kalıntısı (mg/l)	Renk (birim)	Bulanıklık (NTU)	Sertlik (Fr)	Ör. No	Buharlaştırma kalıntısı (mg/l)	Renk (birim)	Bulanıklık (NTU)	Sertlik (Fr)
1	640	8	0,26	49,66	1	730	8	0,81	31,86
2	1260	7	0,35	80,46	2	820	4	0,29	43,43
3	1070	12	0,47	55,18	3	980	7	0,87	46,99
4	680	6	0,44	54,82	4	1030	28	3,45	45,92
5	960	9	0,42	58,03	5	1250	11	1,75	51,09
6	1120	5	0,56	24,74	6	1080	27	6,32	39,87
7	1230	8	0,36	74,94	7	1210	9	2,05	47,53
8	1060	12	0,46	47,17	8	15030	70	23,00	54,29
9	1070	5	0,35	59,27	9	1020	9	1,45	51,26
10	1140	8	0,53	88,29	10	970	7	1,10	49,13
11	910	9	0,40	91,67	11	910	17	3,70	50,55
12	1240	10	1,07	69,95	12	1120	17	4,40	71,56
13	1190	12	1,09	72,98	13	580	17	2,33	39,87
14	1140	21	0,37	50,91	14	770	8	0,82	53,58
15	920	138	22,1	55,71	15	790	7	0,75	54,11
16	820	13	1,26	64,08	16	730	13	0,76	68,00
17	730	0	0,89	67,46	Mak	15030	70	23,00	71,56
18	800	150	45,6	22,61	Min	580	4	0,29	31,86
19	760	5	0,92	91,31	Ort	1813,75	16,19	3,37	49,94
20	780	0	0,72	50,02					
Mak	1260	150	45,6	91,67					
Min	640	0	0,26	22,61					
Ort	976	21,95	3,93	61,46					

Bataklık ve orman alanlarından kaynaklanan doğal maddeleri içeren sular suya kahverengi-sarı bir renk verirler. Bu tür suların hem estetik hem de psikolojik nedenlerden ötürü içme suyu olarak kullanılması istenmez. Halk sağlığı ile ilgili kuruluşlar, kullanma suyu temin edilecek kaynaklara estetik nedenlerden dolayı, renk parametresine 15 birim (Hazen Metodu) sınır değerini getirmişlerdir. Suyun rengi, doğal metal iyonları (demir ve manganez gibi), humus ve turba maddeleri, plankton, bitkiler ve endüstriyel atıklardan dolayı oluşabilmektedir. Herhangi bir kaynaktan temin edilecek suyun, kullanım amacına bağlı olarak (içme suyu olarak, sanayi proseslerinde kullanım vb.) renk giderimi (arıtımı) işlemi gerekebilmektedir. İki tür renk kavramı vardır gerçek renk ve zahiri renk.

Gerçek renk: Atıksu numunesi içindeki bulanıklık oluşturuucu partiküllerin doğurduğu rengin önüne geçilmesi için santrifüj ve filtrasyon tatbik edilmiş numunedeki renktir.

Zahiri renk: Santrifüj veya filtrasyon yapılmaksızın doğrudan ölçülen renktir.

Balçova yöresinden alınan su örneklerinde renk değerleri 0-150 birim arasında olup, ortalama değer 21,95 birim; Seferihisar yöresinde ise bu değerler 4-70 birim arasında değişmekte olup, ortalama değer olarak 16,19 birim olarak bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Balçova yöresinde 15 ve 18 nolu kuyulardan alınan su örnekleri ile Seferihisar yöresinde 8 nolu kuyudan alınan su örneği TSE (20 birim) ve WHO ile EPA (1-15 birim) tarafından önerilen sınır değerler ile kıyaslandığında renk sorunu olan sular, diğerlerinin ise renklilik sorunu olmayan sular olduğu görülmektedir.

4.1.3. Bulanıklılık

İçme ve kullanma suları berrak olmalıdır. Suyun bulanıklığı içerisinde bulunan bitkisel artıklar, balçık, su yosunları ve küçük hayvancıklara bağlı olarak gelişebilir. Bazen aşırı mikroorganizma üremesine bağlı olarak bulanıklık meydana gelebilir. Ayrıca suyun içerisinde bulunan demir ve mangan gibi inorganik tuzların bulunması da suda bulanıklığa neden olur.

Bu tür bulanıklık, sular kaynatılınca ortadan kalkar. Demir içeren sular bekletilir veya havalandırılırlarsa dipte kırmızı bir tortu birikir. Bu suda bulunan demirin oksitlenerek demir oksit şeklinde çökmesine bağlıdır. Diğer bulanıklık sebebi olan maddeler; çamur, ince organik maddeler, plankton ve diğer mikroorganizmalardır. Bulanıklık türbidite değeri ile ölçülür. Türbidite; suyun kendisine gelen ışığı doğrudan değil de yön değiştirerek ve bir kısmını da soğutarak geçirmesi özelliğidir. Suların bulanıklık derecesi Turbidimetre adı verilen bulanıklık ölçer ekipman yardımıyla son derece hassas olarak ölçülebilir. Bu cihazlarda genel olarak Nephelometric Turbidity Unit (NTU) birimini kullanırlar (Schoeller, 1973; Akgiray, 2003). TSE 266 ya göre tavsiye edilen değer 5 NTU; müsaade edilen üst sınır değer ise 25 NTU 'dur. 5 NTU veya daha yüksek miktarda olan bulanıklık göz ile farkedilir.

Çalışma alanı olan Balçova yöresinde analiz edilen bulanıklılık değerleri 0,26-45,6 NTU, ortalama 3,93 NTU; Seferihisar yöresindeki su örneklerinde ise 0,29-23,00 NTU olup, ortalama değer 3,37 NTU olarak bulunmuştur. Araştırmada Balçova yöresine ait 15 nolu kuyuda, Seferihisar yöresine ait 8 nolu kuyuda belirgin bir bulanıklığa rastlanmıştır. Her iki yöreye ait diğer kuyulardan alınan su örneklerinde genellikle sularda bulunması önerilen 5 NTU değerinden daha düşük bulanıklılık değeri analiz edildiğinden bu örneklerde bulanıklıklı yönünden herhangi bir sorun bulunmamaktadır (Çizelge 4.1)

4.1.4. Sertlik

Suların içme, endüstri ve hizmet amacıyla kullanımında önemli bir kalite özelliği olan sertliği (acılığı), içerisinde erimiş halde bulunan kalsiyum ve magnezyum tuzlarından ileri gelmektedir. Kalsiyum ve magnezyum bikarbonatları “geçici sertliği” veya “karbonat sertliğini” kalsiyum ve magnezyum klorür, sülfat, nitrat, fosfat ve silikatları ise “kalıcı sertliği” veya “devamlı sertliği” meydana getirirler. Kalıcı ve geçici sertliğin tümüne birden “bütün sertlik” veya “toplam sertlik” denir. Her ülkede kullanılan sertlik dereceleri birimlendirmeleri değişik olmaktadır. Sertlik derecelerine göre suların sertlik sınıflaması değişik sertlik birimleri sınır değerlerine göre Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Suların sertlik sınıflaması (Şahinci, 1991)

Fransız sertliği	Alman Sertliği	İngiliz Sertliği	Suyun sınıfı
0,0-7,2	0,0-4,0	0,0-5,0	Çok Yumuşak
7,2-14,5	4,0-8,0	5,0-10,0	Yumuşak
14,5-21,5	8,0-12,0	10,0-15,0	Az Sert
21,5-32,5	12,0-18,0	15,0-22,5	Oldukça Sert
32,5-54	18,0-30,0	22,5-37,5	Sert
54’den fazla	30 dan fazla	37,5 ten fazla	Çok Sert

Araştırmada Balçova yöresinden alınan su örneklerinin sertlik değerinin 22,61-91,67 arasında, ortalama 61,46; Seferihisar yöresinden alınan su örneklerinin sertlik değerlerinin ise 31,86-71,56 arasında ortalama 49,94 olduğu belirlenmiştir. Ülkemizde suların sertlik derecelerini belirtmek için Fransız Sertlik Derecesi (Fr) kullanılmaktadır. Araştırma yörelerinden alınan su örneklerinin

sertlik miktarının Fransız sertlik birimine göre değerlendirilmesi Çizelge 4.3'te verilmiştir. Bu sınıflamaya göre Balçova yöresine ait kuyulardan alınan su örneklerinin %70' i çok sert , % 20 'i sert , % 10' u da oldukça sert sular olduğu, Seferihisar yöresinden alınan su örneklerinin ise % 68,75 i sert, % 25'i çok sert, % 6,25 i ise oldukça sert sular sınıfına girdiği saptanmıştır. Fransız sertlik sınıflaması değerlerine göre Balçova yöresine ait 1-8-14-20 nolu kuyulardan alınan su örnekleri sert sular ; 6-18 nolu kuyulardan alınan su örnekleri oldukça sert ; 2-3-4-5-9-10-11-12-13-15-16-17-19 nolu kuyulardan alınan su örnekleri ise çok sert sular sınıfına; Seferihisar yöresine ait 1 nolu kuyudan alınan su örneğinin oldukça sert ; 8-12-15 ve 16 nolu kuyular alınan su örneklerinin çok sert sular ; 2-3-4-5-6-7-9-10-11-13-14 nolu kuyulardan alınan su örneklerinin ise sert sular sınıfında yer aldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Küçüktığı (2002) tarafından yapılan çalışmada Altınapa Barajı ham su değerleri minimum 20,00, ortalama 22,05 ve maksimum 23,50 olduğu tesbit edilmiştir. Baraj temiz su değerleri ise minimum 21,93, ortalama 22,51 maksimum 23,50 olarak tesbit edilmiştir. Baraj suyunu hem ham su, hem temiz su değerleri yönünden orta sertliğe girdiği görülmüştür.

Çizelge 4.3. Su örneklerinin Fransız sertliğine göre sınıflandırılması

Örnek No	Balçova		Örnek No	Seferihisar	
	Toplam Sertlik	Sınıf		Toplam Sertlik	Sınıf
1	49,66	Sert	1	31,86	Oldukça Sert
2	80,46	Çok Sert	2	43,43	Sert
3	55,18	Çok Sert	3	46,99	Sert
4	54,82	Çok Sert	4	45,92	Sert
5	58,03	Çok Sert	5	51,09	Sert
6	24,74	Oldukça Sert	6	39,87	Sert
7	74,94	Çok Sert	7	47,53	Sert
8	47,17	Sert	8	54,29	Çok Sert
9	59,27	Çok Sert	9	51,26	Sert
10	88,29	Çok Sert	10	49,13	Sert
11	91,67	Çok Sert	11	50,55	Sert
12	69,95	Çok Sert	12	71,56	Çok Sert
13	72,98	Çok Sert	13	39,87	Sert
14	50,91	Sert	14	53,58	Sert
15	55,71	Çok Sert	15	54,11	Çok Sert
16	64,08	Çok Sert	16	68,00	Çok Sert
17	67,46	Çok Sert			
18	22,61	Oldukça Sert			
19	91,31	Çok Sert			
20	50,02	Sert			

4.2. Su Örneklerinin Kimyasal Analiz Sonuçları

Balçova ve Seferihisar yörelerinden alınan su örneklerinde belirlenen kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.5 ve 4.6'da verilmiştir.

4.2.1 pH

pH, sulama suyunun asidik veya bazikliğinin bir göstergesidir. Bu terim genelde bir ortamın asit, nötr veya bazik olduğunu belirtmek için kullanılır ve kısaca pH simgesi ile gösterilir. Bitki gelişimi üzerine en önemli etkisi, besin maddelerinin bitkilere yararlılığını kontrol etmesidir. Düşük olması, toksisite oluşturacak kadar aşırı demir ve mangan varlığına veya kalsiyum ve magnezyum azlığına; yüksek olması ise, demir, mangan ve diğer iz elementlerin bitkilere yararlısız olmasına, dolayısıyla da bitkilerde bu maddelerin eksikliğine neden olmaktadır (Will and Faust, 1914).

Balçova ve Seferihisar yörelerine ait kuyulardan alınan su örneklerinde 25⁰C ölçülen pH değerleri çizelge 4.5 ve 4.6' de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre Balçova yöresinde en düşük pH değeri 6 nolu kuyuda 7,15 , en yüksek pH değeri ise 7,84 'le 11 nolu kuyuda saptanmıştır. Seferihisar yöresinde ise en düşük pH değeri 6,60 ile 8 nolu su örneğine, en yüksek pH değeri ise 7,65 olarak 6 nolu su örneğinde bulunmuştur. Balçova yöresine ait ortalama pH değeri 7,50 ; Seferihisar yöresi su örneklerinin ortalama pH değeri ise 7,40 olarak hesaplanmıştır. Sulama sularının pH'sı kıta içi su kaynakları kalite kriterleri sınıflamasına (Anonim 1998 Ek-1) her iki yöreye ait sular pH değerleri açısından 1. sınıf sular (pH=6,5-8,5) grubuna girmektedir. Genellikle sulama suları için önerilen pH sınır değerleri 6,0-8,5 arasında olması istenir ve bu pH değerleri sulama suyu kalitesi açısından bir sorun oluşturmamaktadır (Ayers and Westcot, 1985).

Saatçi vd. 1973; Saatçi vd. 1988 Balçova Bölgesinde sulamada kullanılan su örneklerinin pH değeri 6,00-8,40 arasında İzmir ili ve civarında yapılan bir araştırmada ise sulama sularının pH değerlerinin 6,55-8,09 arasında değiştiği saptanmıştır .

4.2.2 Elektriksel İletkenlik

“Elektriki Kondaktivite” “Elektriksel İletkenlik” veya “Özgül Elektriksel İletkenlik” (EC) eş anlamlı terimlerdir. Elektriksel iletkenlik, doğal bir sudaki

iyonlarına ayrılmış elementlerin total konsantrasyonlarını belirlemek için tüm dünyada yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Suların elektriksel iletkenliği ile eriyebilir tuzların toplam konsantrasyonu arasında, doğru orantılı direkt ilişki vardır. Suların elektriksel geçirgenlik değeri arttıkça toplam eriyebilir tuzların konsantrasyonu da artmaktadır. EC değerinin yüksek olması tuzluluk sorununun varlığını gösterir. Suların elektriksel iletkenliğe göre sınıflaması Çizelge 4.4 te verilmiştir.

Balçova yöresinden alınan su örneklerinin EC değerlerinin 851-2030 $\mu\text{mhos/cm}$ arasında değiştiği, ortalama değerinin 1474 $\mu\text{mhos/cm}$ olduğu (Çizelge 4.5), Seferihisar yöresinden alınan su örneklerinin EC değerlerinin ise 750-16700 $\mu\text{mhos/cm}$ arasında değiştiği, ortalama değerinin 2081,50 $\mu\text{mhos/cm}$ olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.4. Sulama Sularının elektriksel iletkenlik değerlerine göre sınıflandırılması

EC ($\mu\text{mhos/cm}$)	Sulama Suyu Sınıfı
0-250	C.1.Az Tuzlu Sular
250-750	C.2. Orta Tuzlu Sular
750-22250	C.3. Fazla Tuzlu Sular
2250-5000	C.4. Çok Fazla Tuzlu Sular

Araştırma sonucunda elde edilen değerler sulama suyu kalitesi açısından değerlendirildiğinde Balçova yöresinden alınan 12 nolu su örneği 4. sınıf, diğer su örnekleri ise 3. sınıf sulama suları; Seferihisar yöresinden alınan su örneklerinde ise 1 nolu su örneği 2. sınıf, 8 nolu su örneği 5. sınıf, diğer su örnekleri 3. sınıf sulama suları içerisinde yer almaktadır (Çizelge 4.5; 4.6). Balçova ve Seferihisar yörelerinden alınan sulama suyu örneklerinde EC değerlerine göre yapılan kalite sınıflaması Çizelge 4.7 te verilmiştir. Çizelge 4.7'den de görüleceği gibi genelde her iki yöre sulama suları elektriksel iletkenlik değerlerine göre sulamada kullanılabilir özellik taşımaktadırlar. Saatçı vd. (1973) İzmir ili Balçova yöresindeki yaptıkları çalışmada su örneklerinin EC değerlerinin 425-5500 $\mu\text{mhos/cm}$ arasında değiştiğini, su örneklerini EC değerlerine göre sınıflandırdıklarında örneklerin orta tuzlu sular ($EC=250-750 \mu\text{mhos/cm}$) ile çok fazla tuzlu sular ($EC>2250 \mu\text{mhos/cm}$) sınıflaması içerisinde yer aldıklarını saptamışlardır.

Çizelge 4.5. Balçova yöresine ait sulama sularının kimyasal özellikleri

Örnek No	pH	ECx10 ⁶	Katyonlar me/l			Katyon toplamı (me/l)	Anyonlar (me/l)			Anyon toplamı (me/l)	SAR	Sulama Suyu Sınıfı
			Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺		Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻			
1	7,37	851	1,19	0,07	6,80	8,06	7,56	0,02	0,73	8,31	0,74	C2S1
2	7,17	1320	5,16	0,08	8,23	13,47	10,85	0,06	2,17	13,07	2,02	C3S1
3	7,55	1457	7,26	0,42	8,24	15,92	10,25	0,02	3,98	14,25	5,91	C3S1
4	7,68	1057	2,59	0,25	6,35	9,19	9,54	0,01	1,52	11,07	1,29	C3S1
5	7,68	1742	8,92	0,36	8,17	17,45	12,98	0,01	3,85	16,84	4,41	C3S1
6	7,15	1835	10,88	0,72	7,14	18,74	15,74	0,09	2,65	18,47	6,02	C3S1
7	7,17	1560	8,13	0,57	6,90	15,60	13,25	0,05	1,67	14,97	4,53	C3S1
8	7,54	1735	8,56	0,44	8,69	17,68	14,98	0,02	2,50	17,50	4,80	C3S1
9	7,47	1740	8,02	0,44	9,15	17,61	14,75	0,04	2,71	17,50	5,01	C3S1
10	7,43	1555	7,08	0,40	8,16	15,64	12,05	0,04	2,94	15,03	4,49	C3S1
11	7,84	1655	9,87	0,27	6,59	16,73	14,25	0,05	1,52	15,82	5,15	C3S1
12	7,54	2030	9,78	0,41	10,08	20,27	17,93	0,04	1,67	19,64	5,36	C3S1
13	7,68	1770	8,49	0,33	8,65	17,47	10,52	0,04	1,92	12,47	6,00	C3S1
14	7,83	1920	10,99	0,38	7,95	19,32	18,26	0,02	1,04	19,33	5,83	C3S1
15	7,32	1290	5,82	0,39	6,80	13,01	10,95	0,03	1,88	12,85	4,24	C3S1
16	7,46	1224	6,24	0,38	5,80	12,42	11,57	0,03	1,04	12,64	3,93	C3S1
17	7,26	1255	7,08	0,44	5,23	12,75	11,02	0,05	1,19	12,26	4,29	C3S1
18	7,76	1320	7,38	0,43	5,53	13,34	11,25	0,03	2,02	13,31	5,64	C3S1
19	7,58	1050	2,75	0,38	7,05	10,18	9,52	0,03	1,35	10,91	1,57	C3S1
20	7,57	1120	3,01	0,34	7,69	11,04	9,26	0,05	2,08	11,40	1,73	C3S1
Mak	7,84	2030	10,99	0,72	10,08	20,27	18,26	0,09	3,98	19,64	6,02	
Min	7,17	851	2,75	0,07	5,23	8,06	7,56	0,01	0,73	8,31	0,74	
Ort	7,50	1474	6,96	0,37	7,46	14,79	12,32	0,037	2,021	14,38	4,149	

Çizelge 4.6. Seferihisar yöresine ait sulama sularının kimyasal özellikleri

Örnek No	pH	ECx10 ⁶	Katyonlar me/l			Kasyon toplamı (me/l)	Anyonlar (me/l)			Anyon toplamı (me/l)	SAR	Sulama Suyu Sınıfı
			Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺		Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻			
1	7,30	750	1,68	0,10	6,43	8,22	6,54	0,08	0,94	7,56	0,94	C2S1
2	7,36	850	1,98	0,09	7,71	9,78	7,35	0,05	0,63	8,03	1,01	C3S1
3	7,35	855	1,88	0,09	7,82	9,78	8,01	0,07	0,52	8,60	0,95	C3S1
4	7,61	874	2,65	0,09	7,21	9,95	7,85	0,07	1,15	9,07	1,39	C3S1
5	7,49	1175	3,40	0,08	8,81	12,29	11,05	0,07	0,52	11,64	1,46	C3S1
6	7,65	1210	2,35	0,09	9,98	12,42	10,75	0,10	1,04	11,89	0,97	C3S1
7	7,28	1495	3,60	0,11	11,74	15,45	14,01	0,10	0,79	14,90	1,31	C3S1
8	6,6	16700	89,13	0,01	76,86	166,00	157,15	0,06	8,67	165,88	14,38	C4S2
9	7,51	1215	2,22	0,25	10,91	13,38	11,95	0,09	0,63	12,66	0,95	C3S1
10	7,36	1155	2,72	0,12	9,81	12,65	10,95	0,08	0,42	11,45	1,23	C3S1
11	7,45	1080	2,85	0,12	8,12	11,10	10,52	0,08	0,31	10,91	1,33	C3S1
12	7,57	1450	3,68	0,08	10,07	13,84	13,75	0,11	0,46	14,32	1,44	C3S1
13	7,62	950	1,61	0,06	6,95	8,61	7,95	0,06	0,58	8,59	0,86	C3S1
14	7,52	1080	3,75	0,12	7,22	11,09	10,32	0,07	0,73	11,11	1,83	C3S1
15	7,25	1240	3,57	0,10	9,50	13,18	12,25	0,10	0,21	12,56	1,53	C3S1
16	7,46	1225	2,94	0,12	9,94	12,99	11,25	0,09	0,42	11,76	1,26	C3S1
Mak	7,65	16700	89,13	0,25	76,86	166,00	157,15	0,11	8,67	165,88	14,38	
Min	6,60	750	1,61	0,06	6,43	8,22	6,54	0,05	0,21	7,56	0,86	
Ort	7,40	2081,50	8,13	0,10	13,07	21,29	19,48	0,08	1,13	20,68	2,05	

Çizelge 4.7. Balçova ve Seferihisar yöresine ait sulama sularının EC değerlerine göre kalite sınıflaması

Örnek No (Balçova)	EC $\mu\text{mhos/cm}$	Değerlendirme	Örnek No (Seferihisar)	EC $\mu\text{mhos/cm}$	Değerlendirme
1	851	kullanılabilir	1	750	İyi
2	1320	kullanılabilir	2	850	kullanılabilir
3	1457	kullanılabilir	3	855	kullanılabilir
4	1057	kullanılabilir	4	874	kullanılabilir
5	1742	kullanılabilir	5	1175	kullanılabilir
6	1835	kullanılabilir	6	1210	kullanılabilir
7	1560	kullanılabilir	7	1495	kullanılabilir
8	1735	kullanılabilir	8	16700	kullanılamaz
9	1740	kullanılabilir	9	1215	kullanılabilir
10	1555	kullanılabilir	10	1155	kullanılabilir
11	1655	kullanılabilir	11	1080	kullanılabilir
12	2030	şüpheli	12	1450	kullanılabilir
13	1770	kullanılabilir	13	950	kullanılabilir
14	1920	kullanılabilir	14	1080	kullanılabilir
15	1290	kullanılabilir	15	1240	kullanılabilir
16	1224	kullanılabilir	16	1225	kullanılabilir
17	1255	kullanılabilir	Mak	16700	
18	1320	kullanılabilir	Min	750	
19	1050	kullanılabilir	Ort	2081,50	
20	1120	kullanılabilir			
Mak	2030				
Min	851				
Ort	1474,3				

4.2.3. Katyon ve Anyonlar

Bitkilerin, gelişimi için çok az ihtiyaç duyulan sodyum (Na) elementi 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).

Balçova yöresinden alınan su örneklerinin sodyum (Na^+) içeriğinin 1,19-10,99 me/l arasında değiştiği; ortalama 6,96 me/l olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Seferihisar yöresine ait su örneklerinde ise sodyum içeriğinin (Na^+) 1,61-89,13 me/l arasında değiştiği, ortalama 8,13 me/l olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.6).

Potasyum (K), tüm bitkiler için önemli bir bitki besin maddesi olup sulama sularında çok az miktarlarda bulunur. Sulama sularında birkaç ppm'den fazla bulunması, gübrelere veya diğer kirleticilerden kaynaklı bir kirliliğin varlığına işaret edebilir. Balçova yöresinden alınan su örneklerinin K^+ değerleri, 0,07-0,72 me/l arasında, ortalama 0,37 me/l (Çizelge 4.5); Seferihisar yöresindeki su örneklerinin K^+ değerleri 0,06-0,25 me/l arasında, ortalama 0,10 me/l olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

Sulama sularının kalitelerinin belirlenmesinde önemli katyonlardan olan $Ca^{2+}+Mg^{2+}$, sulama sularındaki toplam tuzluluğun ve sodyum zararlılığının tahmin edilmesinde kullanılan önemli kriterlerden biridir. Araştırma yöresi olan Balçova' dan alınan su örneklerinde $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ değerinin 5,23-10,08 me/l, arasında değiştiği, ortalama değerin ise 7,46 olduğu bulunmuştur. Yine aynı yöreden alınan su örneklerinin toplam katyon miktarının 8,06-20,27 me/l arasında, ortalama 14,79 me/l olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.5.). Seferihisar yöresinden alınan su örneklerinin $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ değerinin 6,43-76,86 me/l arasında, ortalama 13,07 me/l olduğu belirlenmiştir. Bu yöre için hesaplanan toplam katyon miktarlarının 8,22-166,00 me/l arasında, ortalama 21,29 me/l olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.6).

Balçova yöresinden alınan su örneklerinde anyonlardan Cl^- değerleri, 7,56-18,26 me/l, ortalama 12,32 me/l, SO_4^{2-} değerleri, 0,73-3,98 me/l, ortalama 2,021 me/l, HCO_3^- değerleri, 0,01-0,09, ortalama 0,037 me/l olarak bulunmuş, CO_3^{2-} anyonu ise saptanamamıştır (Çizelge 4.5) . Seferihisar yöresindeki su örneklerinde ise Cl^- değerleri; 6,54-157,15 me/l, ortalama 19,48 me/l; SO_4^{2-} değerleri; 0,21-8,67 me/l; ortalama 1,13 me/l; HCO_3^- değerleri, 0,05-0,11 me/l, ortalama 0,08 me/l olarak belirlenmiş; CO_3^{2-} anyonu ise saptanamamıştır (Çizelge 4.6). Toplam anyon miktarları Balçova yöresindeki sulara 8,31-19,64 me/l, ortalama 14,38 me/l (Çizelge 4.5), Seferihisar yöresinde 7,56-165,88 me/l, ortalama 20,68 me/l olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.6).

Klor (Cl), sulama sularının ve toprak çözeltisinin toplam çözünebilir tuz konsantrasyonunu artıran bir iyon olmasının yanında bitkilere doğrudan toksik olması nedeniyle oldukça önemlidir. Kökler vasıtasıyla alınarak yapraklara taşınıp ve burada birikerek ya da doğrudan sulama suyuyla yapraklardan alınarak bitkilere zararlı olabilir (Glover, 1996).

Sulama sularında yüksek konsantrasyonlarda bikarbonat (HCO_3) bulunursa, toprak çözeltilisinin daha konsantre duruma gelmesi halinde kalsiyum ve magnezyum karbonat olarak çökelmeye başlar. Bu durum, toprak çözeltilisinde kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonunun azalmasına ve sodyumun oransal olarak artmasına neden olur. Bu da sonuçta dolaylı olarak sodyum zararına neden olur (Ayyıldız, 1990).

Sülfat (SO_4) ise , bitkilerin sülfür ihtiyacının önemli bir kaynağı olup fazla olması, fosforun bitkilere yararlılığını azaltmakta ve bitkilerin organik asit konsantrasyonunu optimum seviyelerin altına düşürmektedir (Soltanpour et al., 1999). SO_4 konsantrasyonunun yüksek olmasının bir diğer olumsuz etkisi ise, kalsiyumun çökmesine neden olması ve bitkilere toksik etki yapabilmesidir (Ayyıldız, 1990). Saatçı vd. (1988), İzmir ili ve civarında yaptıkları çalışmada su örneklerinde Na^+ 'un 0,02-148,91 me/l; K^+ 'un 0,130-1,087; me/l, Ca^{2+} 'nın 1,25-7,24 me/l; Mg^{2+} 'un 0,42-8,75 me/l; Cl^- 'un 0,25-129,37 me/l, SO_4^{2-} değerinin 1,03-10,14 me/l; HCO_3^- miktarının 1,30-23,10 me/l; CO_3^{2-} içeriğinin iz-8,40 me/l arasında değiştiğini saptamışlardır.

4.2.4. Sodyum Adsorbsiyon Oranı ve Sulama Suyu Sınıfı

Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR), sodyum zararının oransal bir göstergesi olup, bu değer ne kadar yüksek olursa toprak ve bitki açısından sodyum zararının da o kadar yüksek olduğu bilinmektedir. SAR değeri yüksek sularla uzun süreli sulama yapılması, toprakların fiziksel ve kimyasal yapılarının bozulmasına neden olmaktadır. Bu durum özellikle suyun toprağa infiltrasyonunu ve toprak içindeki perkolasyonunu sınırlandırır (Hopkins et al., 2007). Sonuç olarak bu olumsuz koşul tohumların çimlenmesini güçleştirir (Trivedi, 1992)

Her iki yöreden alınan su örneklerinde yapılan analizlerde elde edilen Na^+ ve $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ değerleri kullanılarak hesaplanan Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR) değerleri çalışma alanı olan Balçova yöresinde 0,74-6,02; ortalama 4,149 (Çizelge 4.5), Seferihisar yöresinde ise 0,86-14,38 arasında ortalama 2,05 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.6). Sulama sularının SAR değerine göre kalite sınıflaması Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. SAR'a göre sulama sularinin sınıflaması (Sahinci, 1991)

Sulama Suyu Sınıfları	SAR(%)
Çok iyi nitelikte Sulama Suları	10'dan Küçük
İyi Nitelikte Sulama Suları	10-18
Orta Nitelikte Sulama Suları	18-26
Kötü Özellikteki Sulama Suları	26 'dan Büyük

Araştırma yöresi su örneklerinin tuzluluk ve alkalilik yönünden kalite sınıflaması, su örneklerinin EC ve SAR değerleri yardımıyla, U.S. Salinity Lab. Staff., (1954) tarafından sulama sularının sınıflandırılmasında kullanılan diyagramdan yararlanılarak belirlenmiştir. Buna göre Balçova ve Seferihisar yörelerinden alınan 1 nolu sulama suyu örnekleri C2S1 “Orta Tuzlu Düşük Sodyumlu” sular; Seferihisar yöresinden alınan 8 nolu sulama suyu örneği C4S2 “Çok Yüksek Tuzlu Orta Sodyumlu” sular; her iki yöreye ait diğer su örnekleri ise C3S1 “Yüksek Tuzlu Düşük Sodyumlu” sular sınıfına girmektedir. C2S1 sınıfı sular orta derecede yıkanmanın sağlandığı koşullarda tuzluluk kontrolü ve özel toprak idaresine gereksinim olmaksızın tuza orta dereceden yüksek dereceye kadar dayanıklı bitkilerde herhangi bir sakınca göstermeden kullanılabilirler. C3S1 sınıfı sular düşük permeabilite ve yetersiz drenaj koşulları sahip topraklarda sulama suyu olarak kullanılamaz, elverişli drenaj koşullarında bile tuzluluk kontrolü için özel toprak idaresi gerekir ve tuza orta dereceden iyi dereceye kadar dayanıklı bitkiler seçilmelidir. Bu sınıf sular değişebilir sodyumdan ileri gelebilecek herhangi bir zarar olmaksızın, hemen hemen bütün topraklarda sulama suyu olarak kullanılabilir. C4S2 sınıfı sular ise sulama suyu kalitesi iyi olmayan, normal koşullar altında sulamaya elverişli olmayan, çok özel hallerde tuza dayanıklı bitkiler seçilmek koşuluyla yüksek permeabilite ve çok iyi drenaj koşullarına sahip topraklarda, yeterli yıkamayı sağlayacak miktarda fazla su verilmek koşuluyla ile sulamada kullanılabilirler. Her iki yöre için sulama suyu sınıflama yönüyle yapılan değerlendirmede Balçova yöresinden alınan su örneklerinin % 5'i C2S1; % 95.' C3S1; Seferihisar yöresinden alınan su örneklerinin % 6,25'i C2S1; % 6,25'i C4S2 ve % 87,50'sinin C3S1 sulama suyu sınıfı içerisinde yer aldığı saptanmıştır.

Saatçi vd. (1973) İzmir ili Balçova bölgesinde yaptıkları çalışmada araştırma yöresinden alınan su örneklerinin SAR değerlerinin 0,20-11,65 arasında değiştiğini, suların tuzluluk ve alkalilik sınıflaması bakımından C2S1, C3S1,

C3S2, C4S2 ve C5S4 sınıfında yer aldığı tesbit edilmiştir. İzmir ili ve civarında yapılan bir başka çalışmada ise alınan su örneklerinin SAR değerinin 0,15-96,98 arasında değiştiği, örneklerin C2S1, C3S1, C3S2, C4S4 sınıfına girdiği belirlenmiştir (Saatçi vd. 1988).

Aşık vd. (2004) tarafından yapılan bir araştırma da Menemen Ovası'nda bulunan yeraltı su kaynaklarından I. dönemde alınan su örneklerinin % 21,21'i C2S1; % 57,8'i C3S1; % 6,06'sı C3S2; % 3,03'ü C4S2; % 12,12'si C4S4 sulama suyu sınıfı içerisinde yer aldığı belirlenmiştir.

4.3 Anorganik Azot ve Fosfor Değerleri

Amonyak sularında bulunan azotun en fazla indirgenmiş inorganik bileşiğidir ve çözülmüş amonyak (NH_3) ve amonyum iyonlarından (NH_4^+) oluşur. Amonyak ve tuzları suda kolay çözünür, amonyum iyonu genellikle bir geçiş formudur (McNeely vd., 1979). Yeraltı sularındaki amonyak derişimi, amonyumun toprak taneleri ve kil mineralleri tarafından adsorblanması nedeniyle genellikle düşüktür (APHA, 1981). Amonyumun doğal kaynakları organik (metabolik prosesler) ve inorganik (kayaç ayrışması, hidrotermal aktivite gibi); antropojenik kaynağı ise gübreler ve endüstriyel faaliyetlerdir (Aiuppa vd. 2003). Amonyak arıtılmış evsel atık suların yaygın bileşenlerinden birisidir.

Balçova yöresinden alınan sulama sularında $\text{NH}_3\text{-N}$ değeri iz-0,56 mg/l arasındadır. Bu yöredeki ortalama değer 0,056 mg/l olarak belirlenmiştir. $\text{NH}_3\text{-N}$ değerleri 3-4-5-6-7-8-9-10-13-14-16-17-19-20 nolu kuyularda iz; 1-2 nolu kuyularda 0,03 mg/l; 12 nolu kuyuda 0,22 mg/l; 18 nolu kuyuda 0,23 mg/l; 11 nolu kuyuda 0,56 mg/l; 15 nolu kuyuda 0,05 mg/l düzeyinde belirlenmiştir (Çizelge 4.9). Seferihisar yöresinden alınan su örneklerinde ise $\text{NH}_3\text{-N}$ değerleri iz-0,16 mg/l arasında, ortalama 0,032 mg/l olarak bulunmuştur. Seferihisar yöresine ait 1-10-13-14-15 nolu kuyulardan alınan su örneklerinde iz ; 3-5-7-11 nolu örneklerde 0,02 mg/l; 2-4-16 nolu örneklerde 0,03 mg/l ; 6 nolu örnek 0,04 mg/l ; 8 nolu örnek 0,12 ve 12 nolu örnek ise 0,16 mg/l $\text{NH}_3\text{-N}$ saptanmıştır (Çizelge 4.10).

Türkiye'de sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan kıtaçi su kaynakları kalitesi sınıflaması kriterlerine (Anonim, 1998, Ek:1) ve Atlı ve Belenli (1998; Ek-:2) tarafından verilen kriterlere göre her iki yörede de $\text{NH}_3\text{-N}$ açısından sulama suları 1. sınıf sular sınıfındadır.

Çizelge 4.9. Balçova Yöresine ait suları Amonyum, Nitrit, Nitrat ve N/P oranları

Örnek No	NH ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	Toplam Anorganik Azot (mg/l)	P (mg/l)	N/P
1	0,03	0,03	3,41	3,47	0,058	59,83
2	0,03	0,04	8,54	8,61	0,072	119,58
3	İz	0,11	10,25	10,36	0,100	103,60
4	İz	iz	10,28	10,28	0,071	144,79
5	İz	0,04	9,87	9,91	0,060	165,17
6	İz	0,02	10,15	10,17	0,073	139,32
7	İz	0,03	10,95	10,98	1,222	8,99
8	İz	0,16	15,24	15,40	0,100	154,00
9	İz	iz	4,07	4,07	0,058	70,17
10	İz	0,03	11,07	11,10	0,100	111,00
11	0,56	0,02	11,68	12,26	0,069	177,68
12	0,22	0,02	11,81	12,05	0,104	115,87
13	İz	iz	14,07	14,07	0,154	91,36
14	İz	iz	14,30	14,30	0,339	42,18
15	0,05	iz	11,75	11,80	0,070	168,57
16	İz	iz	12,41	12,41	0,070	177,29
17	iz	iz	8,58	8,58	0,069	124,35
18	0,23	0,22	12,31	12,76	0,100	127,60
19	iz	iz	10,85	10,85	0,068	159,56
20	iz	iz	8,95	8,95	0,586	15,27
Mak	0,56	0,22	3,41	15,40	0,058	177,68
Min	iz	iz	15,24	3,47	1,222	8,99
Ort	0,056	0,036	10,527	10,619	0,177	113,81

Çizelge 4.10. Seferihisar Yöresine ait suları Amonyum, Nitrit, Nitrat ve N/P oranları

Örnek No	NH ₃ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	Toplam Anorganik Azot (mg/l)	P (mg/lt)	N/P
1	iz	iz	6,67	6,67	0,10	66,70
2	0,03	iz	9,20	9,23	0,14	65,93
3	0,02	iz	9,18	9,2	0,10	92,00
4	0,03	0,01	9,06	9,1	0,12	75,83
5	0,02	iz	8,57	8,59	0,12	71,58
6	0,04	0,05	10,94	11,03	0,10	110,30
7	0,02	0,02	8,70	8,74	0,08	109,25
8	0,12	iz	2,24	2,36	0,64	3,69
9	0,02	iz	9,80	9,82	0,10	98,20
10	iz	iz	10,20	10,2	0,14	72,86
11	0,02	iz	9,87	9,89	0,10	98,90
12	0,16	0,07	7,85	8,08	0,14	57,71
13	iz	iz	6,06	6,06	0,11	55,09
14	iz	iz	24,41	24,41	0,64	38,14
15	iz	iz	3,19	3,19	0,15	21,27
16	0,03	iz	6,58	6,61	0,07	94,43
Mak	0,16	0,07	24,41	24,41	0,64	110,30
Min	iz	iz	2,24	2,36	0,07	3,69
Ort	0,032	0,0094	8,91	8,95	0,178	70,74

Küçüktığı (2002) yapmış olduğu bir çalışmada ham suda 0,00-0,15 mg/l, ortalama olarak 0,07 mg/l NH₃-N bulunduğunu tesbit etmiş, temiz suda ise amonyak tesbit edilmemiştir.

Kil minerallerine bağlanmış amonyak iyonları toprak erozyonu sonucu sulara geçer. Sentetik gübreler amonyak ve amonyum tuzları içerirler (McNeely vd. 1979). Amonyum/amonyak oranı, pH ve sıcaklığa bağlıdır. pH'nın 8,5'tan büyük olduğu durumlarda amonyak yüzdesi hızla artar (Uslu ve Türkman, 1987). Sulara serbest amonyağın bulunması yakın kirlenmenin bir göstergesidir. Serbest amonyak ve nitrit düşük miktarlarda bile yüksek toksik etki yapmaktadır (Erguvanlı ve Yüzer, 1987; Yalçın vd, 2004).

Nitrit sulara düşük miktarlarda bulunan bir azot bileşiğidir. Oksijenin bulunduğu ortamda kararsız durumda olduğundan, amonyak ve nitrat arasında (nitrifikasyon) veya nitrat ve azot oksit arasında (denitrifikasyon) geçiş formu olarak bulunur. Nitrit iyonu bitkiler tarafından azot kaynağı olarak kullanılabilir. Suda nitritin bulunuşu, organik kirlenme tarafından etkilenmiş aktif biyolojik süreçlerin varlığını gösterir (McNeely vd., 1979). Nitrit iyonu sulara oldukça yaygın olarak görülür, fakat nitrata oranla oldukça düşük miktarda bulunur. Nitrit organik azotun bakteriler tarafından tamamen oksitlenememesi sonucu ortaya çıkar. Bozunan bitkisel ve hayvansal atıklar, evsel atıksular, tarımda kullanılan gübreler, endüstriyel atıksular, katı atıkların yakılması, atmosferdeki azotun yıkanması yüzey ve yeraltısularına nitrit sağlayan başlıca kaynaklardır.

Balçova yöresine ait sulara NO₂-N değeri iz-0,22 mg/l arasında, ortalama değer 0,036 mg/l bulunmuştur Yörede 4-9-13-14-15-16-17-19 ve 20 nolu kuyulardan alınan su örneklerinde iz; 11 ve 12 nolu su örneklerinde 0,02 mg/l; 1 ve 10 nolu örneklerde 0,03 mg/l; 2 ve 5 nolu örneklerde 0,04 mg/l; 3 nolu örnekte 0,11 mg/l; 8 nolu örnekte 0,16 mg/l; 18 nolu örnekte 0,22 mg/l NO₂-N bulunmuştur (Çizelge 4.9).

Seferihisar yöresinde ise NO₂-N değerleri iz-0,07 mg/l, ortalama 0,0094 mg/l olarak belirlenmiştir. Yöreye ait 1-2-3-5-8-9-10-11-13-14-15-16 nolu kuyulardan alınan su örneklerinde iz; 4 nolu kuyudan alınan örnekte 0,01 mg/l; 7 nolu kuyudan alınan örnekte 0,02 mg/l; 6 nolu kuyudan alınan örnekte 0,05 mg/l; 12 nolu kuyudan alınan örnekte 0,07 mg/l NO₂-N değerleri saptanmıştır (Çizelge 4.10).

NO₂-N'u Kıta içi su kaynaklarının kalite sınıflarına göre; yüksek kaliteli sularda 0.002 ppm; az kirli sularda 0.01 ppm; kirli sularda 0.05 ppm ve çok kirli sularda >0.05 ppm NO₂-N'u olabileceği belirtilmiştir (Uslu ve Türkman, 1987).

Küçüktığı (2002) yapmış olduğu bir çalışmada ham suda nitrit azotu değerinin minimum 0,03 mg/l, maksimum 0,14 mg/l , ortalama olarak 0,08 mg/l bulunduğunu; temiz suda ise nitrit azotu değerlerinin standartları aştığı ancak arıtma ile literatürde verilen standartlara ulaştığı tesbit edilmiştir. İçme suyunda nitritin yüksek konsantrasyonlarda bulunması zehirlilik etkisi yapmaktadır. Genel olarak yeraltısularında azot olarak 0.1 mg/l'den fazla nitrit bulunmaz (Erguvanlı ve Yüzer, 1987; Yalçın vd., 2004). Nitrit sulama sularında genellikle çok düşük konsantrasyonlarda bulunur ve sulamada önemi azdır.

Nitrat (NO₃) sularda bulunan bağlı azot bileşiklerinin en önemlisidir. Yüzey sularından kararlı azot bileşiği olan nitrat iyonunun yüksek çözünürlüğü, azot bileşiklerinin tamamen oksitlenmiş olmasının sonucudur. Yeraltı sularında nitrat derişimi, tarımsal faaliyetler ve evsel atıkların toprağa yada toprağın altındaki boşluklara verilmesi gibi nedenlerle giderek artmaktadır. Azot gübrenmesinin sonucu olarak tarım alanlarındaki yeraltısularının NO₃ konsantrasyonu oldukça üst seviyelerde gözlenmektedir. Nitrat (NO₃), toprakta stabil olmayan bir azot kaynağıdır. Bir kısmı bitkiler tarafından alınır, bir kısmı gaz halinde denitrifikasyona uğrar. Geri kalan kısmı ise, yıkanarak taban suyuna veya yüzey akışı ile akarsu, göl ve denizlere taşınır. Sulara karışan veya bitki bünyesinde birikebilen nitrat çevreyi kirletici ana unsurdur.

Balçova Yöresine ait su örnekleri NO₃-N değerleri 3,41-15,24 mg/l arasında, ortalama değer 10,52 mg/l olarak bulunmuştur (Çizelge 4.9). Türkiye'de sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan su kalite kriterlerine (Atlı ve Belenli, 1998) göre yöredeki su örnekleri NO₃-N açısından 1 ve 9 nolu örnekler 1.sınıf ; 2-5-8-17 ve 20 nolu örnekler 2. sınıf ; 3-4-6-7-10-11-12-13-14-15-16-18-19 nolu örnekler 3.sınıf sulama suları (Ek:2) grubundadır. Seferihisar yöresinde ise NO₃-N değerleri 2,24-24,41-mg/l arasında olup, ortalama değer 8,91 mg/l bulunmuştur (Çizelge 4.10). Önerilen su kalite kriterlerine göre yöredeki 8 ve 15 nolu kuyulardan alınan örnekler nitrat içeriği yönünden 1.sınıf ; 1-2-3-4-5-7-9-10-11-12-13-16 nolu kuyulardan alınan su örnekleri nitrat içeriği yönünden 2. sınıf ; 6 ve 14 nolu kuyulardan alınan örnekler ise nitrat içeriği yönünden 3. sınıf sulama suyu grubuna girmektedir.

Sulama suyuyla verilen fazla miktarda nitrat toprak geçirgenliğini azaltır. Oksijensiz şartlar altında nötrale yakın pH değerlerinde ve organik hidrojen verici maddelerin bulunması durumunda nitrat iyonları önce nitrite daha sonrada azot oksit (N_2O) ve moleküler azota (N_2) indirgenir. Bu süreç "denitrifikasyon" olarak adlandırılır (Freeze ve Cherry, 1979; Uslu ve Türkman, 1987).

Küçüktığı (2002) yapmış olduğu bir çalışmada ham suda nitrat miktarı minimum 2,0 mg/l, maksimum 5,5 mg/l, ortalama 3,22 mg/l olduğu; temiz suda ise minimum 2,2 mg/l, maksimum 5,5 mg/l, ortalama değerin 3,11 mg/l olarak bulunmuştur.

Sularda 5-10 mg/l'nin üzerinde nitratın bulunması bu suyun dışarıdan kirletildiğini gösterir. Nitratın içme sularında 45 mg/l'den fazla bulunması durumunda çocuklarda methemoglobinemia (karbondioksit zehirlenmesi - mavi bebek) hastalığına sebep olduğu tespit edilmiştir (Uslu ve Türkman, 1987; McNeely vd. 1979).

Toplam inorganik azot miktarlarının ($NO_3-N+NH_3-N+NO_2-N$), Balçova yöresinde 3,47-15,40 mg/l arasında, ortalama 10,619 mg/l (Çizelge 4.9), Seferihisar yöresinde ise 2,36-24,41 mg/l arasında; ortalama 8,95 mg/l olduğu hesaplanmıştır (Çizelge 4.10).

Sulama sularında önemli bir kirlilik parametresi sulama sularının fosfor içeriğidir. Balçova yöresine ait su örneklerinde saptanan P değerleri 0,058-1,222 mg/l arasında olup, ortalama 0,177 mg/l olarak bulunmuştur (Çizelge 4.9). Seferihisar yöresinden alınan örneklerde ise P değerleri 0,07-0,64 mg/l, ortalama 0,178 mg/l olarak bulunmuştur (Çizelge 4.10). Sularda algal çiçeklenmeye engel olmak için P miktarının 0,01 ppm'den az olması gerekir (Altınbaş vd., 1994).

Sulama sularında bir diğer kirlilik parametresi olan N/P oranları Balçova yöresine ait sularda 8,99-177,68 arasında olup, ortalama değer 113,81 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.9). Seferihisar yöresinden alınan su örneklerinde N/P oranı ise 3,69-110,30 ortalama değer 70,74 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.10).

N/P oranının 10 olduğu koşullarda sularda ciddi bir kirlenmenin var olduğu, bu oranın daralması suların kirlendiğini gösterir (Altınbaş vd., 1994). Buna göre Balçova yöresinden alınan 7 nolu örnekte N/P oranı 8,99 (Çizelge 4.9), Seferihisar yöresinden 8 nolu kuyudan alınan su örneğinde ise N/P oranı 3,69 olarak

belirlenmiştir (Çizelge 4.10). N/P oranının kriter değer olan 10'un altında olması her iki su örneğinde de ciddi bir kirliliğin söz konusu olduğunu göstermektedir.

4.4. İz Element ve Ağır Metal Miktarları

İz elementler ve ağır metaller sulara çok düşük veya iz konsantrasyonlarda bulunan elementlerdir. Bu elementlerden bor, demir, bakır, çinko, mangan, krom, kobalt, kurşun nikel, kadmiyum, selenyum, arsenik, siyanür ve cıva sulara fazla miktarda bulunmaları istenmeyen elementlerdir. Suların bileşimindeki ağır metaller, pH değişimi ile çözülmüş oksijen içeriğini düşürürler. Genellikle çevre kirliliği yönünden oldukça önemli olan bu elementlerin çok küçük konsantrasyonlarda bile sulara bulunması kaliteyi olumsuz etkiler. Gerek sulama, gerek içme-kullanma ve gerekse sanayide suların kullanımı sınırlandırır (Tuncay, 1994).

Balçova ve Seferihisar yörelerinden alınan su örneklerinde belirlenen kimi iz element ve ağır metal içerikleri Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Bor (B):

Bor sulara çok düşük konsantrasyonlarda bulunan bir elementtir. Az miktarı tüm bitkilerin normal gelişimi için gerekli olan, ancak aşırı miktarları bitkilere toksik olan bor (B), sulama suyu kalitesi yönünden önemli bir elementtir. Bitkilerin normal gelişimi için sulama sularında 0,5 mg/l'te kadar bor'un bulunması istenir. Bununla beraber 4 mg/l'den daha fazla bor içeren sular ise tüm bitkiler için toksiktir (Aşık vd., 2004). Yarı toleranslı bitkilerin sulanmasında kullanılan sulara 1-2 ppm, kirlenmiş yüzey sularında 0,055-0,1 ppm (Scheffer and Schachtschabel, 1989), doğal sulara 0,03-0,08 ppm (Wegener, 1994) B bulunduğu bildirilmiştir. Sulama sularında kritik B miktarı 0,75 ppm (Parker, 1972), su kalite kriterlerine göre her çeşit toprakta kullanılabilen suların B içeriğinin ise 1,0 ppm olabileceği bildirilmektedir (Tuncay, 1987). Doğal olarak hiçbir zaman elementel formda bulunmayan borun toksik miktarlarına genellikle fay hatlarına yakın kuyu sularında, sıcak kaynak ve kaplıca sularında, tuzlu ve alkali toprakların bulunduğu bölgelerde yeraltı ve taban sularında rastlanır. Deniz suyunda bor miktarı 4-7 ppm arasındadır (Saatçı ve Tuncay 1982). Bor minerali yataklarından süzülen sular ve kömür havzalarının atık suları yüksek oranlarda bor ile kirlenmiş olabilir. Balçova Agamemnon olan sızmalarla yöredeki sular Bor miktarı bakımından kirlenmiştir. Bor noksanlığı ise bitkilerde önemli zarara neden

olur. Bununla birlikte birçok kültür bitkileri üzerinde toksik etkiye sahip olup 0,5 mg/l'den yüksek konsantrasyonları duyarlı bitkilerde ekonomik zarara neden olur.

Meyve ağaçları ve narenciye gibi bitkiler bor elementine karşı hassastır. Bu gibi bitkilerin sulama suyundaki konsantrasyonu 0,3-1 ppm olmalıdır.

Balçova yöresi sulama suyu örneklerinin bor içeriği 0,0231-3,2533 mg/l değerleri arasında olup, ortalama değer 1,8833 mg/l olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.11). Balçova yöresi sularının bor içeriği bora duyarlı bitkiler, yarı dayanıklı bitkiler ve dayanıklı bitkiler için verilen kriter değerlerle (Çizelge 4.13) karşılaştırıldığında duyarlı bitkiler için % 80'i; yarı dayanıklı bitkiler için % 70'i; yarı dayanıklı bitkiler için %5'i kullanılamaz durumdadır (Çizelge 4.14). 1 ve 2 nolu kuyulara ait su örnekleri bor içeriği bakımından duyarlı bitkiler için çok iyi; 4 nolu kuyudan alınan su örneği ise iyi olarak sınıflandırılmakta; 3-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19 ve 20 nolu kuyulardan alınan su örnekleri ise bor içeriğininin yüksek olması nedeniyle kullanılamaz sınıfta yer almaktadır. Yarı dayanıklı bitkiler için 5-10-11-12-14-15-16-17 ve 18 nolu örnekler bor içeriği yönünden kullanılması sakıncalı; 3-6-7-8-9 ve 13 nolu örnekler kullanılamaz; 19 ve 20 nolu örnekler iyi, 1-2 ve 4 nolu su örnekleri ise çok iyi olarak sınıflandırılmaktadır. Dayanıklı bitkiler için sadece 4 nolu kuyudan alınan su örneği kullanılması sakıncalı; 3-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17 ve 18 nolu kuyulardan alınan su örnekleri kullanılabilir; 1-2-19 ve 20 nolu kuyulardan alınan su örnekleri ise bor içeriği yönüyle çok iyi olarak sınıflandırılmaktadır (Çizelge 4.14). Sulama sularında bor içeriğinin yüksek olması ve tuzluluk sorunu nedeniyle bu bölgede meyvecilik ve narenciye üretimi yerini kesme çiçek yetiştiriciliğine bırakmıştır.

Seferihisar yöresinden alınan su örneklerinin bor değerleri 0,0351 mg/l (3 nolu kuyu) ve 0,3010 mg/l (11 nolu su örneği) arasında olup, ortalama 0,1857 mg/l olarak saptanmıştır (Çizelge.4.12). Araştırma Seferihisar yöresinden alınan su örneklerinde saptanan bor miktarları duyarlı bitkiler dahil diğer tüm bitkiler için 1.sınıf çok iyi sular sınıfındadır.

Çizelge 4.11. Balçova yöresine ait sulama suyu örneklerinin kimi iz element ve ağır metal içerikleri (mg/l)

Örnek No	Bor	Fe	Cu	Zn	Mn	Co	Pb	Cr	Cd	Ni	As	Ba	Al
1	0,0231	0,0011	0,0011	0,0563	0,0017	0,0015	0,0019	0,0010	0,0013	0,0011	0,0012	0,0418	iz
2	0,0720	0,0019	0,0033	0,0814	0,0040	0,0036	0,0017	0,0025	0,0018	0,0015	0,0024	0,0405	iz
3	2,7823	0,0021	0,0033	0,0551	0,0024	0,0030	0,0011	0,0018	0,0021	0,0013	0,0011	0,0570	iz
4	0,4894	0,0015	0,0033	0,0120	0,0044	0,0044	0,0015	0,0027	0,0019	0,0034	0,0007	0,0734	iz
5	2,1719	0,0029	0,0033	0,0060	0,0030	0,0025	0,0015	0,0012	0,0019	0,0010	0,0018	0,1000	iz
6	3,2533	0,0013	0,0033	0,0060	0,0037	0,0042	0,0022	0,0020	0,0021	0,0032	0,0012	0,0507	iz
7	2,7214	0,0014	0,0033	0,0048	0,0020	0,0025	0,0018	0,0010	0,0018	0,0028	0,0013	0,0507	iz
8	2,7085	0,0039	0,0043	0,0168	0,0045	0,0040	0,0015	0,0020	0,0040	0,0079	0,0017	0,0595	iz
9	2,8405	0,0017	0,0033	0,0024	0,0012	0,0015	0,0015	0,0020	0,0012	0,0070	0,0011	0,0557	iz
10	2,4444	0,0022	0,0033	0,0215	0,0015	0,0040	0,0018	0,0020	0,0014	0,0032	0,0019	0,0545	iz
11	2,1950	0,0033	0,0033	0,0251	0,0047	0,0044	0,0012	0,0040	0,0009	0,0012	0,0019	0,0582	iz
12	2,0778	0,0011	0,0033	0,0060	0,0020	0,0037	0,0011	0,0020	0,0017	0,0015	0,0029	0,0696	iz
13	2,5321	0,0012	0,0033	0,0021	0,0025	0,0028	0,0011	0,0030	0,0019	0,0057	0,0007	0,0570	iz
14	2,2384	0,0044	0,0033	0,0048	0,0037	0,0037	0,0017	0,0040	0,0021	0,0018	0,0021	0,0671	iz
15	2,0713	0,0057	0,0022	0,0048	0,0032	0,0032	0,0017	0,0020	0,0017	0,0089	0,0017	0,0545	iz
16	2,1064	0,0015	0,0043	0,0180	0,0024	0,0018	0,0015	0,0037	0,0018	0,0049	0,0037	0,0570	iz
17	2,0611	0,0048	0,0033	0,0299	0,0017	0,0020	0,0017	0,0020	0,0018	0,0050	0,0019	0,0532	iz
18	2,0953	0,0034	0,0033	0,0108	0,0047	0,0047	0,0017	0,0020	0,0021	0,0030	0,0021	0,0494	iz
19	0,8016	0,0031	0,0033	0,0012	0,0018	0,0017	0,0018	0,0010	0,0021	0,0053	0,0015	0,0595	iz
20	0,8828	0,0012	0,0022	0,0012	0,0040	0,0012	0,0015	0,0010	0,0019	0,0019	0,0018	0,0658	iz
Maksimum	3,2533	0,0044	0,0043	0,0814	0,0047	0,0047	0,0022	0,0040	0,0040	0,0089	0,0037	0,1000	iz
Minimum	0,0231	0,0011	0,0011	0,0012	0,0012	0,0012	0,0011	0,0010	0,0009	0,0011	0,0007	0,0405	iz
Ortalama	1,8833	0,0022	0,0031	0,0204	0,0030	0,0030	0,0016	0,0022	0,0019	0,0037	0,0018	0,0598	iz

Çizelge 4.12. Seferihisar yöresine ait sulama suyu örneklerinin kimi iz element ve ağır metal içerikleri (mg/l)

Örnek No	Bor	Fe	Cu	Zn	Mn	Co	Pb	Cr	Cd	Ni	As	Ba	Al
1	0,0646	0,0025	0,0022	0,0022	0,0012	0,0011	0,0011	0,0015	0,0013	0,0018	0,0011	0,0620	iz
2	0,0406	0,0029	0,0022	0,0084	0,0025	0,0017	0,0012	0,0023	0,0018	0,0012	0,0014	0,0494	iz
3	0,0351	0,0011	0,0043	0,0132	0,0038	0,0011	0,0011	0,0018	0,0021	0,0011	0,0018	0,0494	iz
4	0,0831	0,0015	0,0022	0,0024	0,0029	0,0022	0,0011	0,0018	0,0019	0,0024	0,0015	0,0456	iz
5	0,0674	0,0019	0,0022	0,0036	0,0023	0,0018	0,0009	0,0011	0,0019	0,0011	0,0001	0,0481	iz
6	0,1321	0,0013	0,0033	0,2382	0,0027	0,0018	0,0012	0,0011	0,0021	0,0021	0,0001	0,0734	iz
7	0,1958	0,0014	0,0033	0,0814	0,0020	0,0012	0,0018	0,0015	0,0018	0,0018	0,0014	0,0620	iz
8	0,2170	0,0039	0,0001	0,0634	1,4311	0,0012	0,0012	0,0022	0,0004	5,0000	0,0046	0,2039	iz
9	0,2309	0,0017	0,0011	0,0096	0,0018	0,0009	0,0015	0,0022	0,0012	0,0427	0,0012	0,0620	iz
10	0,2863	0,0022	0,0022	0,0658	0,0018	0,0019	0,0018	0,0017	0,0004	0,0024	0,0007	0,0557	iz
11	0,3010	0,0033	0,0022	0,0371	0,0027	0,0011	0,0012	0,0024	0,0009	0,0025	0,0018	0,0570	iz
12	0,2660	0,0011	0,0022	0,0347	0,0017	0,0012	0,0011	0,0012	0,0017	0,0085	0,0018	0,0582	iz
13	0,2392	0,0012	0,0011	0,0132	0,0022	0,0015	0,0012	0,0018	0,0019	0,0012	0,0018	0,0431	iz
14	0,2863	0,0044	0,0022	0,0108	0,0257	0,0022	0,0021	0,0012	0,0021	0,0257	0,0027	0,0722	iz
15	0,2826	0,0027	0,0022	0,0012	0,0018	0,0015	0,0009	0,0011	0,0017	0,0019	0,0009	0,0582	iz
16	0,2789	0,0015	0,0022	0,1724	0,0027	0,0027	0,0022	0,0022	0,0018	0,0019	0,0009	0,0747	iz
Maksimum	0,3010	0,0044	0,0043	0,0012	1,4311	0,0027	0,0022	0,0024	0,0021	5,0000	0,0046	0,2039	iz
Minimum	0,0351	0,0011	0,0001	0,2382	0,0012	0,0009	0,0009	0,0011	0,0004	0,0011	0,0001	0,0431	iz
Ortalama	0,1857	0,0022	0,0022	0,0554	0,1623	0,0016	0,0014	0,0017	0,0016	0,3186	0,0016	0,0736	iz

Saatçi vd. (1988) İzmir ili ve civarında yaptıkları araştırmada su örneklerinin bor içeriğinin iz-1,90 ppm arasında değiştiği, yine İzmir ili Balçova bölgesinde yapılan bir çalışmada su örneklerinin bor içeriğinin 8,10-10,25 ppm olduğu yörede sulama suyu olarak kullanılan bazı suların kalitelerinin bozulmalarının nedeninin kaplıcalarından meydana gelen sızmaların bu sulara karışmasından kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir (Saatçi vd.,1973).

Çizelge 4.13. Scofield'e göre sulama sularının bor sınıflandırılması (Ayyıldız, 1990)

Bor Sınıfı	Duyarlı bitkiler	Yarı dayanıklı bitkiler	Dayanıklı bitkiler
Çok iyi	<0,33	<0,67	<1,00
İyi	0,33-0,67	0,67-1,33	01.Şub
Kullanılabilir	0,67-1,00	1,33-2,00	02.Mar
Kullanılması sakıncalı	1,00-1,25	2,00-2,50	3-3,75
Kullanılamaz	>1,25	>2,50	>3,75

Bu çizelgeye göre Balçova ve Seferihisar yörelerine ait kuyulardaki suların bor sınıfları aşağıdaki gibidir.

Çizelge 4.14. Balçova yöresi su örneklerinin bor sınıflaması

Örnek No	Balçova	Duyarlı bitkiler	Yarı Dayanıklı Bitkiler	Dayanıklı Bitkiler
1	0,0231	çok iyi	çok iyi	çok iyi
2	0,0720	çok iyi	çok iyi	çok iyi
3	2,7823	kullanılamaz	kullanılamaz	kullanılabilir
4	0,4894	iyi	çok iyi	sakıncalı
5	2,1719	kullanılamaz	sakıncalı	kullanılabilir
6	3,2533	kullanılamaz	kullanılamaz	kullanılabilir
7	2,7214	kullanılamaz	kullanılamaz	kullanılabilir
8	2,7085	kullanılamaz	kullanılamaz	kullanılabilir
9	2,8405	kullanılamaz	kullanılamaz	kullanılabilir
10	2,4444	kullanılamaz	sakıncalı	kullanılabilir
11	2,1950	kullanılamaz	sakıncalı	kullanılabilir
12	2,0778	kullanılamaz	sakıncalı	kullanılabilir
13	2,5321	kullanılamaz	kullanılamaz	kullanılabilir
14	2,2384	kullanılamaz	sakıncalı	kullanılabilir
15	2,0713	kullanılamaz	sakıncalı	kullanılabilir
16	2,1064	kullanılamaz	sakıncalı	kullanılabilir
17	2,0611	kullanılamaz	sakıncalı	kullanılabilir
18	2,0953	kullanılamaz	sakıncalı	kullanılabilir
19	0,8016	kullanılamaz	iyi	çok iyi
20	0,8828	kullanılamaz	iyi	çok iyi

Demir (Fe):

Demir (Fe), bitkiler için temel mikro besin elementi olup, eksikliği kloroza neden olur. Sulama sularındaki demir miktarı Kıta içi su kaynakları kalite kriterlerine göre yapılan sınıflandırılmada; I. sınıf suların 0,3 ppm, II.sınıf suların 1 ppm, III. sınıf suların 5 ppm, IV. sınıf suların >5 ppm Fe kapsadıkları belirtilmiştir (Uslu ve Türkman, 1987). Yeraltısularında demirin en yaygın formu Fe^{2+} (ferro)'dir. Yeraltısularının çözünmüş demir içeriği, <0,01-10 ppm arasında değişir. Demir miktarının 0.3 mg/l'den az olması tavsiye edilmektedir (Wedepohl, 1978; Hem,1985,1992; Akgiray, 2003). Balçova yöresine ait su örneklerinde demir miktarları 0,0011-0,0057 mg/l arasında; ortalama değer ise 0,0026 mg/l (Çizelge 4.11), Seferihisar yöresindeki su örneklerinde ise 0,0011-0,0044 mg/l arasında; ortalama 0,0022 mg/l (Çizelge 4.12) bulunmuştur. Bu değerlere göre her iki yöredeki demir değerleri sulama suyunda izin verilebilen maksimum ağır metal (Ayvaz 199; Ek 3) ve kıta içi su kaynakları kalite kriterleri sınıflamasına göre (Anonim;1989; Ek 1) 1.sınıf sulama suları suları içerisinde yer almaktadır.

Saatçi vd. (1988) İzmir ili ve çevresinde yaptıkları çalışmada sularda Fe içeriğinin iz-0,28 ppm arasında değiştiğini; Aşık vd. (2004) Menemen'de yaptıkları bir araştırma da sulama öncesi dönemde; Fe konsantrasyonları 0,004 mg/l ile 1,82 mg/l arasında; sulama sonrası dönemde ise; Fe konsantrasyonlarının 0,008 mg/l ile 1,065 mg/l arasında değiştiğini belirlemiştir.

Bakır (Cu):

Bitkiler için mutlak gerekli besin elementlerinden biri olan bakır asidik ya da karbonatı yüksek sularda konsantrasyonu yüksek olabilir Bakır miktarının doğal sularda 0,007-0,02 ppm (Wegener, 1994), yüzey sularında çözünmüş halde ortalama 0,015 ppm olduğu belirtilmiştir. Kıta içi su kaynaklarına göre kritik Cu miktarı ise 0,2 ppm (Anonim, 1989) olarak bildirilmektedir.

Balçova yöresine ait sularda 0,0011-0,0043 mg/l ortalama 0,0031 mg/l (Çizelge 4.11); Seferihisar yöresine ait sularda ise 0,0001-0,0043 mg/l, ortalama 0,0022 mg/l (Çizelge 4.12) bakır miktarı saptanmıştır. Sulama suyunda izin verilen ağır metal konsantrasyonları (Ek 3) ve kıta içi su kaynakları kalite kriterleri sınıflamasına (Ek.1) göre her iki yöreden alınan sulama suyu örneklerinin bakır (Cu^{2+}) açısından 1.sınıf sular sınıfında olduğu belirlenmiştir.

Aşık vd.(2004) Menemen’de yaptıkları bir araştırmada sulama öncesi su örneklerinde Cu konsantrasyonlarının 0,003 mg/l ile 0,012 mg/l; sulama sonrası Cu konsantrasyonlarını ise 0,002 mg/l ile 0,028 mg/l arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Saatçı vd.(1988) İzmir ili ve çevresinde yaptıkları bir çalışmada su örneklerinin Cu miktarının iz-0,011 ppm arasında değiştiğini saptamışlardır.

Çinko (Zn):

Çinko (Zn^{2+}), bitki ve hayvan beslenmesinde önemli bir element olup topraklarda yüksek konsantrasyonlarda bulunması durumunda bitki ve mikro organizmalara toksik olabilmektedir. Suyu genellikle, çeşitli endüstriyel atık suların yanı sıra galvanize boruların korozyonu ile karışır. Çinko tüm ağır metaller içerisinde belki de en az toksik olan metaldir. Sularda fazla bulunması halinde suya hoşta gitmeyen bir tad verir (Akgiray, 2003). Balçova yöresinden alınan su örneklerinde Zn^{2+} miktarı 0,0012-0,0814 mg/l, ortalama 0,0204 mg/l (Çizege 4.11); Seferihisar yöresinden alınan su örneklerinde ise 0,0012-0,2382 mg/l arasında, ortalama 0,0554 mg/l olarak bulunmuştur (Çizelge 4.12). Sulama suyunda izin verilen ağır metal konsantrasyonları (Ek 3) ve kıta içi su kaynakları kalite kriterleri sınıflarına (Ek.1) göre her iki yöreden alınan su örnekleri Zn^{2+} içeriği açısından 1.sınıf sulardır. Doğal sularda 0,1-0,3 ppm (Wegener, 1994), yüzey sularında çözülmüş halde ortalama 0,064 ppm, sulama sularında kriter değer olarak 5 ppm (Parker,1972) Zn bulunduğu bildirilmiştir. Su kalite kriterlerine göre Zn^{2+} miktarı 2 ppm’e kadar olan suların her çeşit toprakta kullanılabilceği bildirilmektedir (Tuncay, 1987). Çinko (Zn^{2+}), içme sularında 5 mg/l’nin üzerinde bulunması halinde suya acı bir lezzet verir.

Aşık vd. (2004) Menemen’de yaptıkları çalışmada sulama öncesi dönemde Zn^{2+} konsantrasyonları 0,001 mg/l ile 1,353 mg/l; sulama sonrası dönemde ise Zn^{2+} konsantrasyonları 0,003 mg/l ile 1,824 mg/l arasında saptanmışlardır. Saatçı vd.(1988) İzmir ili ve civarında yaptıkları bir araştırmada su örneklerinin Zn^{2+} içeriğinin iz -0,0104 mg/l arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

Mangan (Mn):

Mangan (Mn), azot metabolizmasında ve klorofil sentezinde yer aldığı için bitki gelişiminde önemli bir elementtir. Yüksek konsantrasyonlarda bitkilere toksik olabilmekte, özellikle asidik topraklarda bitki kök gelişimi üzerine olumsuz etki yapabilmektedir. Yüzey ve yeraltısuyu kaynağında özellikle anaerobik ve

düşük oksidasyon şartlarında doğal olarak bulunabilir. Mangan elementi aynı zamanda, Mn^{2+} iyonlarının MnO_2 'ye okside olmaları nedeniyle, sulama ekipmanlarının tıkanmasında neden olabilmektedir. Mangan (Mn^{2+}) yeraltısularında genellikle iki değerlikli olarak bulunur, içme sularında istenmeyen renk ve bulanıklığa sebep olur.

Balçova yöresinden alınan su örneklerinin mangan miktarları 0,0012-0,0047 mg/l arasında; ortalama 0,0030 mg/l (Çizelge 4.11) ; Seferihisar yöresinden alınan su örneklerinin mangan miktarlarının ise 0,0012-1,4311 mg/l arasında; ortalama 0,1623 mg/l olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.12). Sulama suyunda izin verilen ağır metal konsantrasyonları (Ek 3) ve kıta içi su kaynakları kalite kriterleri sınıflamasına göre (Ek.1) Balçova ve Seferihisar (8 nolu kuyu hariç) yöresi sulama suları Mn değerleri açısından 1. sınıf sularıdır.

Aşık vd. (2004) Menemen'de yaptıkları araştırmada sulama öncesi su örneklerinin Mn^{2+} konsantrasyonlarının 0,002 mg/l ile 1,184 mg/l; sulama sonrası Mn konsantrasyonlarının 0,002 mg/l ile 0,873 mg/l arasında değiştiğini saptanmışlardır. Saatçı vd.(1988) İzmir ili ve çevresinde yaptıkları araştırmada su örneklerinin Mn miktarlarının iz-0,85 ppm arasında olduğunu bildirmişlerdir. Sulama sularındaki mangan sınır değeri yapılan bir araştırmada 0,4 mg/l olarak belirlenmiştir (Akgiray, 2003). Doğal sulara 0,2-0,8 ppm (Wegener, 1994), yüzey sularında çözünmüş halde ortalama 0,058 ppm, sulama sularında kriter değeri olarak 2 ppm (Parker,1972) Mn bulunduğu belirtilmiştir. Uslu ve Türkman (1987) tarafından I. sınıf sulara 0.1 ppm, II.sınıf sulara 0,5 ppm, III. sınıf sulara 3 ppm ve IV. sınıf sulara > 3 ppm Mn miktarları sınır değerler olarak bildirilmiştir.

Kobalt (Co):

Kobalt (Co), baklagiller hariç, diğer bitkiler için temel mikro besin elementi olarak düşünülmeyen ve sulara kirlilik yaratan bir ağır metaldir. Sulama sularında izin verilebilir Co içeriğinin 0,2 ppm olduğunu bildirmiştir. Su kalite kriterlerine göre 0,05 ppm Co içeren suların her çeşit toprakta kullanılabilmesi bildirilmektedir (Tuncay, 1987).

Balçova yöresinden alınan su örneklerinin Co miktarları 0,0012-0,0047 mg/l arasında, ortalama 0,0030 mg/l bulunmuştur (Çizelge 4.11). Seferihisar yöresinden alınan su örneklerinin Co miktarları ise 0,0009- 0,0027 mg/l, ortalama

0,0016 mg/l olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.12). Sulama suyunda izin verilen ağır metal konsantrasyonları (Ek 3) ve kıta içi su kaynakları kalite kriterleri sınıflamasına göre (Ek.1) her iki yörede de Co miktarı açısından sular 1. sınıf sulama sularıdır.

Saatçi vd. (1988) İzmir ili ve civarında yaptıkları araştırmada su örneklerinin Co miktarlarının iz-0,105 ppm arasında değiştiğini; Aşık vd. (2004) Menemen'de yapmış oldukları bir araştırmada sulama öncesi su örneklerinin Co konsantrasyonlarının 0,005 mg/l ile 0,085 mg/l; sulama sonrası Co konsantrasyonlarının ise 0,006 mg/l ile 0,025 mg/l arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Kurşun (Pb):

Toprak, bitki ve sulara kirlilik yaratan bir ağır metal olan kurşun (Pb), yüksek konsantrasyonlarda bulunması durumunda bitki hücresi gelişimini engelleyen bir ağır metaldir. Balçova yöresi su örneklerinde kurşun miktarları 0,0011-0,0022 mg/l arasında ortalama 0,0016 (Çizege 4.11); Seferihisar yöresi su örneklerinde kurşun miktarları ise 0,0009-0,0022 mg/l arasında, ortalama 0,0014 mg/l olarak analiz edilmiştir (Çizelge 4.12). Wegener (1994), doğal sulara 0,001-0,006 ppm, yerleşim bölgesinin arılmamış atık sularında ise 20-50 ppm Pb bulunduğunu bildirmiştir. Çiftliklerde genel kullanım amaçlı sulara 0,05 ppm, sulama sularında ise 5,0 ppm'lik Pb miktarına izin verilmektedir (Parker, 1972). Bu kriterlere göre bir değerlendirme yapıldığında, her iki yöreden alınan su örneklerinin kurşun içeriği yönüyle sulama suyu kalitesi açısından bir sorun teşkil etmediği görülmektedir.

Saatçi vd. (1988) İzmir ili ve civarında yaptıkları bir çalışmada su örneklerinin Pb içeriklerini iz-500 ppb arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Aşık vd. (2004) taafından yapılan bir araştırmada sulama öncesi su örneklerinde Pb konsantrasyonları 0,009 mg/l ile 0,030 mg/l; sulama sonrası ise alınan su örneklerinin Pb konsantrasyonlarının ise 0,024 mg/l ile 0,062 mg/l arasında değiştiği belirlenmiştir.

Krom (Cr):

Krom (Cr), bitkiler için zorunlu olmayıp, iz miktarları insanlar ve hayvanlar için zorunlu olan bir metaldir. Kromun (Cr) varlığı endüstriyel atıklardan

kaynaklanmaktadır. Sağlık açısından belli bir değerin üzerinde bulunması önerilmez.

Balçova yöresine ait sulama sularında krom değerleri 0,0010-0,0040 mg/l arasında; ortalama 0,0022 mg/l olarak (Çizelge 4.11); Seferihisar yöresine ait sulama sularının krom değerleri ise 0,0011-0,0024 mg/l arasında, ortalama 0,0017 mg/l olarak saptanmıştır (Çizelge 4.12). Doğal sularda 0,6-0,3 ppm krom (Wegener, 1994), sulama sularında 5,0 ppm krom (Parker,1972), su kalite kriterlerine göre her çeşit toprakta kullanılabilen sularda ise 0,1 ppm krom olabileceği bildirilmiştir (Tuncay, 1987). Her iki yöreden alınan su örneklerinde bu kriterlere göre bir değerlendirme yapıldığında, suların sulama suyu kalitesi ve toprağa etkisi açısından bir sorun teşkil etmediği görülmektedir. Ayrıca her iki araştırma yöresinden alınan su örneklerinde saptanan Cr değerleri sulama suyunda izin verilen ağır metal konsantrasyonları (Ek 3) ve kıta içi su kaynakları kalite kriterleri sınıflamasına (Ek.1) göre 1.sınıf sular sınıfına girdiği krom içeriği yönüyle herhangi bir kirliliğin olmadığı görülmektedir.

Aşık vd. (2004) tarafından yapılan bir araştırmada sulama öncesi alınan su örneklerinin Cr konsantrasyonları 0,004 mg/l ile 0,15 mg/l; sulama sonrası alınan su örneklerinin Cr konsantrasyonlarının ise 0,002 mg/l ile 0,007 mg/l arasında değiştiği; Saatçı vd. (1988) İzmir ili civarında yaptıkları araştırmada ise su örneklerinin Cr miktarlarının iz-0,830 ppm değerleri arasında olduğu saptanmıştır.

Kadmiyum (Cd):

Kadmiyum (Cd), düşük konsantrasyonları dahi hem bitkilere hem de hayvanlara toksik olabilen bir ağır metaldir.

Balçova yöresi su örneklerinin kadmiyum içeriklerinin 0,0009-0,0040 mg/l arasında; ortalama 0,0019 mg/l (Çizelge 4.11); Seferihisar yöresi su örneklerinin kadmiyum içeriklerinin ise 0,0009-0,0021 mg/l arasında; ortalama 0,0016 mg/l) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.12). Sulama suyunda izin verilen ağır metal konsantrasyonları (Ek 3) ve kıta içi su kaynakları kalite kriterleri sınıflamasına (Ek.1) göre her iki yöreden alınan su örneklerinde saptanan Cd değerleri açısından 1. sınıf sulardır. Kadmiyum (Cd) miktarının yüzey sularında ortalama erimiş halde 0,0095 ppm, sulama sularında ise 0005 ppm (Parker,1972), su kalite kriterlerine göre her çeşit toprakta kullanılabilen sularda ise 0,2 ppm olabileceği bildirilmiştir (Tuncay, 1987).

Nikel (Ni):

Nikel (Ni), günümüzde bitkiler için temel mikro besin elementi olarak kabul edilmektedir.

Araştırma yöresi Balçova'dan alınan su örneklerinin nikel içeriği 0,0011-0,0089 mg/l, ortalama 0,0037 mg/l; Seferihisar yöresinden alınan su örneklerinin nikel içeriği ise 0,0011-5,000 mg/l; ortalama 0,3186 mg/l olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.12). Doğal sularda nikel içeriğinin 0.003-0.01 ppm (Wegener, 1994), akarsularda 0,004-0,014 ppm (Scheffer and Schachtschabel, 1989), sulama sularında 0,0005 ppm (Parker,1972), su kalite kriterlerine göre her çeşit toprakta kullanılabilen sularda ise 0.2 ppm nikelin olabileceği bildirilmiştir (Tuncay, 1987). Bu kriterlere göre bir değerlendirme yapıldığında, her iki yöre sulama sularının (Seferihisar yöresine ait 8 nolu su örneği hariç) sulama suyu kalitesi ve toprağa etkisi açısından nikel elementi yönüyle bir sorun teşkil etmediği görülmektedir

Arsenik (As):

Arsenik (As), zehirli bir bileşik olup, sulara genellikle zirai ilaçlarla karışabilir. Arsenik hidrotomal damarlarda Au, Ag, Cu, Ni ve Co gibi elementlerle, Ni-Cu sülfat yataklarında fosfatlı kayalarda ve oksitlerde izlenir.

Balçova yöresi su örneklerinin arsenik içeriğinin 0,0007-0,0037 mg/l arasında, ortalama 0,0018 mg/l (Çizelge 4.11); Seferihisar yöresi su örneklerinin arsenik içeriğinin ise 0,0011- 0,0046 mg/l arasında, ortalama 0,0016 mg/l olduğu saptanmıştır Çizelge 4.12). Çok zehirli olan arsenik elementinin içme ve kullanma sularında 0,05 mg/l' ye kadar kullanılmasına izin verilmektedir. (TS 266, 1997). Kıta içi su kaynakları kalite kriterleri sınıflamasına (Ek.1) göre, 20 µg/l arsenik içeren sular I.sınıf; 50 µg/l arsenik içeren sular II.sınıf; 100 µg/l arsenik içeren sular III.sınıf; >100 µg/l arsenik içeren sular IV.sınıf olarak sınıflandırılmaktadırlar. Sulama suyunda izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonlarına (Ek3) göre arsenik için verilen kritik konsantrasyonlar 0,1-2,0 mg/l olarak arasındadır. Her iki yöreden alınan su örneklerinin arsenik içerikleri verilen kriter değerler ile kıyaslandığında herhangi bir kirlilik sorununun olmadığı görülmektedir.

Baryum (Ba²⁺):

Baryum (Ba²⁺) hem mağmatik hem de sedimenter kayalarda bulunan iz elementlerden biridir. Balçova yöresi su örneklerinin baryum içeriklerinin 0,0405-0,1000 mg/l arasında değiştiği, ortalama 0,0598 mg/l olduğu (Çizelge 4.11); Seferihisar yöresi su örneklerinin baryum içeriğinin ise 0,0431-0,2039 mg/l, arasında değiştiği; ortalama 0,0736 mg/l olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.12) . Baryum elementinin içme suyundaki miktarı 2 mg/l'den az olmalıdır (Akgiray, 2003). Baryum (Ba²⁺) için Kıta içi su kaynakları kalite kriterleri sınıflamasına (Ek.1) göre, 1000 µg/l baryum içeren sular I.sınıf; 2000 µg/l baryum içeren sular II.sınıf; 2000 µg/l baryum içeren sular III.sınıf; >2000 µg/l baryum içeren sular IV.sınıf olarak sınıflandırılmaktadırlar. Her iki yöreden alınan su örneklerinin baryum içerikleri verilen kriter değerler ile kıyaslandığında herhangi bir kirlilik sorununun olmadığı görölmektedir.

Alüminyum (Al):

Alüminyum (Al), yerkabuğunda en çok bulunan üçüncü element olmasına karşın doğal sularda çok az miktarda bulunur. Alüminyum, feldspat, feldspatoid, mika ve amfibol gibi mağmatik kayaç minerallerinde önemli miktarda bulunmaktadır. Sedimanterlerde ise alüminyumca zengin olan mineraller killerdir (Hem, 1992).

Balçova ve Seferihisar yörelerine ait sulama suyu örneklerinde Aliminyum miktarları iz düzeyde saptanmıştır (Çizelge 4.11; 4.12). Her iki yöreden alınan su örneklerinde aliminyum miktarları iz düzeyde olduğu için bu element yönüyle herhangi bir sorun bulunmamaktadır.

Küçüktığlı (2002) tarafından yapılan bir çalışmada ham su örneklerinin Aliminyum değerleri iz-0,01 mg/l; ortalama 0,0004 mg/l, olarak; temiz su örneklerinde ise aliminyum miktarlarının 0,07-0,17 mg/l, ortalama 0,11mg/l olduğu saptanmıştır.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma İzmir ili Balçova ve Seferihisar ilçelerinde yürütülmüştür. Balçova yöresinde DSİ'ne ait kayıtlı açık kuyu bulunmadığından bölgeyi temsil edecek şekilde yörede yaşayanların açmış oldukları derinliği fazla olmayan keson kuyulardan alınan toplam 20 adet sulama suyu örneği ve Seferihisar yöresinde yine yöreyi temsil edecek şekilde DSİ'ne ait kayıtlı kuyuların bulunduğu yerlerden alınan toplam 16 adet sulama suyu örneği ile yürütülen çalışmada elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir.

1-Araştırma yörelerinden alınan su örneklerinin fiziksel analiz sonuçları

Balçova yöresinden alınan su örneklerinde buharlaştırma kalıntısı değerleri; 640-1260 mg/l; Seferihisar yöresinden alınan su örneklerinin buharlaştırma kalıntısı değerleri ise 580-15030 mg/l arasında bulunmuştur. Balçova yöresinden alınan örneklerin renk değeri 0-150 birim arasında; Seferihisar yöresinden alınan örneklerin renk değeri ise 4-70 birim arasında belirlenmiştir. Çalışma alanı olan Balçova yöresinde bulanıklık değerleri 0,26-45,6 NTU, ortalama 3,93 NTU; Seferihisar yöresindeki su örneklerinde ise 0,29-23,00 NTU olup, ortalama değer 3,37 NTU olarak bulunmuştur. Araştırmada Balçova yöresine ait kuyulardan alınan su örneklerinin sertlik miktarının 22,61–91,67 Fransız sertliği arasında değiştiği, ortalama değer 61,46 Fransız sertliği olduğu; Seferihisar yöresine ait kuyulardan alınan su örneklerinin sertlik miktarının ise 31,86-71,56 Fransız sertliği arasında değiştiği, ortalama değer 49,94 Fransız sertliği olduğu belirlenmiştir.

2-Araştırma yörelerinden alınan su örneklerinin kimyasal analiz sonuçları

Balçova yöresine ait kuyulardan alınan su örneklerinde 25⁰C ölçülen pH değerleri 7,15-7,84 olarak saptanmış, Seferihisar yöresinde su örneklerinin pH değeri ise 6,60-7,65 arasında bulunmuş olup, Balçova yöresine ait ortalama pH değeri 7,50; Seferihisar yöresinden alınan su örneklerinin ortalama pH değeri ise 7,40 olarak belirlenmiştir. Balçova yöresinden alınan sulara EC'in 851-2030 µmhos/cm arasında, ortalama değer 1474 µmhos/cm olduğu, Seferihisar yöresinde su örneklerinin EC değerleri ise 750-16700 µmhos/cm arasında olup, ortalama değer 2081,50 µmhos/cm olduğu belirlenmiştir. Na değerleri, Balçova

yöresindeki su örneklerinde 1,19-10,99 me/l, Seferihisar yöresine ait su örneklerinde ise 1,61-89,13 me/l arasında bulunmuştur. Balçovadan alınan su örneklerinin ortalama Na^+ değerleri 6,96 me/l, Seferihisardaki su örneklerinin ortalama Na^+ değeri ise 8,13 me/l belirlenmiştir. Balçova yöresinden alınan su örneklerinin K^+ değerleri, 0,07-0,72 me/l arasında, ortalama 0,37 me/l; Seferihisar yöresindeki su örneklerinin K^+ değerleri 0,06-0,25 me/l arasında, ortalama 0,10 me/l olarak saptanmıştır. Araştırma yöresi olan Balçova' dan alınan su örneklerinde yapılan katyon analizlerinden $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ değeri 5,23-10,08 me/l, ortalama 7,46 me/l olarak bulunmuştur. Bu yöreden alınan su örneklerinin toplam katyon içeriği 8,06-20,27 me/l olup, ortalama 14,79 me/l olarak belirlenmiştir. Seferihisar yöresine ait su örneklerinde yapılan $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ analizi sonucunda elde edilen değerlerin 6,43-76,86 me/l arasında değiştiği, ortalama değerin ise 13,07 me/l olduğu belirlenmiş; bu yöreden alınan su örneklerinin toplam katyon miktarları 8,22-166,00 me/l, ortalama 21,29 me/l olarak belirlenmiştir. Balçova yöresinden alınan su örneklerinde analiz edilen anyonlardan Cl^- içeriğinin 7,56-18,26 me/l, ortalama 12,32 me/l, SO_4^{2-} içeriğinin 0,73-3,98 me/l, ortalama 2,021 me/l, HCO_3^- içeriğinin 0,01-0,09 me/l, ortalama 0,037 me/l olduğu bulunmuştur. Seferihisar yöresindeki su örneklerinde analiz yapılan anyonlardan Cl^- içeriğinin 6,54-157,15 me/l, ortalama 19,48 me/l, SO_4^{2-} içeriğinin 0,21-8,67 me/l, ortalama değeri 1,13 me/l, HCO_3^- içeriğinin 0,05-0,11 me/l, ortalama değeri ise 0,08 me/l olduğu belirlenmiştir. Toplam anyon miktarları Balçova yöresindeki sulara 8,31-19,64 me/l, ortalama 14,38, Seferihisar yöresinden alınan sulara ise 7,56-165,88 me/l, ortalama 20,68 me/l olarak belirlenmiştir. Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) değerleri Balçova yöresinde 0,74-6,02, ortalama 4,149; Seferihisar yöresinde ise 0,86-14,38 arasında ortalama 2,05 olarak bulunmuştur.

3-Su örneklerinin anorganik azot ve fosfor analiz sonuçları

Balçova yöresinden alınan sulama sularında $\text{NH}_3\text{-N}$ değeri iz-0,56 mg/l arasında olup, ortalama 0,056 mg/l olarak belirlenmiştir. Seferihisar yöresinde ise $\text{NH}_3\text{-N}$ değerleri iz-0,16 mg/l arasında olup; yöreye ait su örneklerinde ortalama değeri 0,032 mg/l olarak bulunmuştur. Balçova yöresine ait sulara $\text{NO}_2\text{-N}$ değeri iz-0,22 mg/l arasında, ortalama 0,036 mg/l; Seferihisar yöresinde ise $\text{NO}_2\text{-N}$ değerleri iz-0,07 mg/l, ortalama 0,0094 mg/l olarak belirlenmiştir. Balçova yöresine ait su örnekleri $\text{NO}_3\text{-N}$ değerleri 3,41-15,24 mg/l arasında, ortalama değeri 10,527 mg/l, Seferihisar yöresine ait örneklerde ise $\text{NO}_3\text{-N}$ değerleri 2,24-24,41 mg/l arasında olup; ortalama 8,91 mg/l bulunmuştur. Araştırmada toplam inorganik azot miktarlarının ($\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$), Balçova yöresinde 3,47-

15,40 mg/l arasında, ortalama 10,619 mg/l; Seferihisar yöresinde ise 2,36-24,41 mg/l arasında; ortalama 8,95 mg/l olduğu hesaplanmıştır.

Fosfor (P) değerleri ise Balçova yöresine ait su örneklerinde 0,058-1,222 mg/l arasında, ortalama değer 0,177 mg/l; Seferihisar yöresindeki örneklerde ise 0,07-0,64 mg/l, ortalama değer ise 0,178 mg/l bulunmuştur. N/P oranı Balçova yöresine ait su örneklerinde 8,99-177,68 arasında olup, ortalama 113,81; Seferihisar yöresinden alınan su örneklerinde ise 3,69-110,30; ortalama 70,74 olarak belirlenmiştir.

4- Su örneklerinin iz element ve ağır metal analiz sonuçları

Araştırma yörelerinden alınan su örneklerinde iz element ve ağır metal (B, Fe,Cu, Zn, Mn, Co, Pb, Cr, Cd, Ni, As, Ba ve Al) analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenmiştir.

Balçova yöresinden alınan sulama suyu örneklerinde belirlene bor miktarları 0,0231-3,2533 mg/l değerleri arasında olup, ortalama değer 1,8833 mg/l; Seferihisar yöresinden alınan su örneklerinde ise bor değerinin 0,0351-0,3010 mg/l arasında değiştiği; ortalama 0,1857 mg/l olduğu belirlenmiştir.

Balçova yöresine ait su örneklerinde saptanan demir değerleri 0,0011-0,0057 mg/l arasında ; ortalama 0,0026 mg/l; Seferihisar yöresinde ise 0,0011-0,0044 mg/l; ortalama 0,0022 mg/l olarak bulunmuştur.

Cu değerleri Balçova yöresine ait sularda 0,0011-0,0043 mg/l; Seferihisar yöresinde ise 0,0001-0,0043 mg/l arasında bulunmuştur. Her iki yöreye ait sularda ortalama değerler sırasıyla 0,0031-0,0022 mg/l olarak belirlenmiştir.

Balçova yöresinden alınan su örneklerinde Zn^{2+} miktarı 0,0012-0,0814 mg/l, ortalama 0,0204 mg/l; Seferihisar yöresinde ise 0,0012-0,2382 mg/l arasında ortalama 0,0554 mg/l olarak saptanmıştır.

Balçova yöresi su örneklerinin mangan değerleri 0,0012-0,0047 mg/l arasında; ortalama 0,0030 mg/l; Seferihisar yöresinde ise 0,0012-1,4311 mg/l arasında; ortalama 0,1623 mg/l olarak saptanmıştır.

Balçova yöresinden alınan su örneklerinin Co miktarları 0,0012-0,0047 mg/l arasında, ortalama değer ise 0,0030 mg/l bulunmuştur. Seferihisar'da ise 0,0009-0,0027 mg/l, ortalama değer 0,0016 mg/l olarak belirlenmiştir.

Balçova yöresinden alınan su örneklerinde belirlenen kurşun miktarları 0,0011-0,0022 mg/l arasında ortalama değer 0,0016 mg/l ; Seferihisar yöresinden alınan su örneklerinde ise 0,0009-0,0022 mg/l arasında, ortalama 0,0014 olarak belirlenmiştir.

Balçova yöresine ait sulama sularında Cr değerleri 0,0010-0,0040 mg/l arasında; ortalama 0,0022 mg/l; Seferihisar yöresi su örneklerinde ise 0,0011-0,0024 mg/l, arasında; ortalama 0,0017 mg/l bulunmuştur.

Balçova yöresi su örneklerinde belirlenen kadmium değerlerinin 0,0009-0,0040 mg/l arasında değiştiği; Seferihisar yöresinde ise 0,0009-0,0021 mg/l arasında olduğu; her iki yöre su örneklerinin Cd içeriklerinin ortalama değerlerin ise sırasıyla 0,0019 mg/l ve 0,0016 mg/l olduğu belirlenmiştir.

Çalışma alanı olan Balçova yöresinde su örneklerinin Ni değerleri 0,0011-0,0089 mg/l arasında olduğu; ortalama değer 0,0037 mg/l olduğu; Seferihisar yöresinden alınan su örneklerinin Ni içeriğinin ise 0,0011-5,000 mg/l arasında değiştiği ortalama 0,3186 mg/l olduğu belirlenmiştir.

Arsenik değerleri Balçova yöresinde 0,0007-0,0037 mg/l arasında, ortalama 0,0018 mg/l; Seferihisar yöresinde 0,0001-0,0046 mg/l; ortalama 0,0016 mg/l bulunmuştur.

Balçova yöresinden alınan su örneklerinde Ba miktarları 0,0405-0,1000 mg/l arasında, ortalama 0,0598 mg/l; Seferihisar yöresi su örneklerinde ise 0,0431-0,2039 mg/l, ortalama değer 0,0736 mg/l bulunmuştur.

Balçova ve Seferihisar yörelerine ait sulama sularında Al saptanmamıştır.

Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre Balçova ve Seferihisar yöresi yeraltısuyu kalitesinin periyodik olarak incelenmesi sürdürülmeli, kaliteyi düşüren faktörler ortaya çıkarılmalı ve gerekli önlemler alınmalıdır. Özellikle Balçova yöresi su örneklerinin B değerleri açısından düzenli kontrolleri yapılarak, bor sorunu olan alanlarda bora dayanıklı bitkiler tercih edilerek tarımsal üretim

gerçekleştirilmeli veya bor içeriği yüksek olan sular tarımsal amaçlı sulamada kullanılmamalıdır. Seferihisar yöresi sulama sularında B elementi yönünden herhangi sorun bulunmamaktadır.

Her iki yöreden alınan sulama sularının tuzluluk ve alkalilik yönünden büyük çoğunluğunun C_3S_1 sınıfında yer alması nedeniyle sulamada dikkatli davranılması, düşük permabilite ve yetersiz drenaj koşullarına sahip topraklarda sulama suyu olarak kullanılmasının tuzluluk sorunu yaratabileceğinin bilinmesi ve ona göre önlem alınması gerekmektedir. Bu sınıf suların elverişli drenaj koşullarında tuzluluk kontrolü için özel toprak idaresi ve tuza orta deceden iyi dereceye kadar dayanıklı bitkiler seçilmek suretiyle sulamada kullanılması önerilmelidir.

Araştırma yörelerinden alınan su örneklerinin klor içeriği yönünden III. ve IV sınıf sulama suları içerisinde yer alması nedeniyle; özellikle turunçgil ve süs bitkilerinin sulamasında yüksek klor içeriğinin toksite yaratabileceği, damlama sulama sistemlerinde tıkanıklılığa yol açabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Her iki yöreden alınan su örneklerinde N/P oranının genelde kirlilik için verilen kriter değer olan 10'dan büyük olması, yine her iki yöreden alınan su örneklerinin iz element ve ağır metal içeriklerinin genelde kirlilik için verilen kriter değerlerden düşük olması Balçova ve Seferihisar'da bu anlamda önemli bir sonuç olarak ortaya çıkmaktadır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Ağaoğlu, S., Dede S., Alemdar, S. ve Alisarılı, M.,** 2007, Van Bölgesi içme ve Kullanma Sularında Nitrat ve Nitrit Düzeylerinin Araştırılması, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Veteriner Fakültesi Dergisi
- Aiuppa, A., Belomo, S., Brusca, L., D'Alessandro, W. and Federico, C.,** 2003, Natural and anthropogenic factors affecting groundwater quality of an active volcano (Mt. Etna, Italy), Applied Geochemistry, 18:863-882.
- Altınbaş,Ü., Hakerlerler, H., Anaç, D., Tuncay, H. ve Okur, B.,**1994, Gediz Havzası Sulanabilir Tarım Alanlarında Ağır Metal Kirliliği ve Nedenleri Üzerinde Araştırmalar, E.Ü. Arş., Fonu Proje No 91-ZRF-61, İzmir.
- Akçay, H.,Oğuz, A.ve Karapire, C.,** 2003, Study of heavy metal pollution and speciation in Büyük Menderes and Gediz River sediments, Water Research, 37: 813 – 822.
- Akgiray, Ö.,** 2003, İçme suyu ve su arıtımı. Suyumuzun Geleceği ve Türkiye Su Politikaları, 22 Mart Dünya Su Günü paneli, Zekai Şen, Sevinç Sırdaş (Editör), Bildiriler, İstanbul, 62-75s.
- Anonim, World Health Organization (WHO),** 1984, Guidelines for drinking water quality, Volume 2, Health criteria and other supporting information: WHO Publ., Geneva, Switzerland.
- Anonim,** 1998, Su Kirliliği ve Kontrol Yönetmeliği, Resmi Gazete, 19919, 13-74.
- Anonim,** 1991, Nitrat in Grundwasser und Nahrungspflanzen Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (AID)e.v. Postfach 200153, 5300 Bonn 2, 1136.
- APHA-AWWA-WPCF,** 1981, Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater (fifteenth ed): American Public Health Association, Washington, USA, 1134.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- APHA**, 1985, Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association, Washington.
- Aşık Ş., Avcı M., Okur, B., Yağmur, B., Delibacak, S. ve Karataş B.S.**, 2004, Menemen Ovası Yeraltı Suyu Kalitesinin Belirlenmesi, Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Kesin Raporu, Ege University Scientific Research Project Report.
- Atlı ve Belenli**, 1998, Su kirliliği yönetmeliği teknik usuller tebliği, 7 Ocak 1991 tarihli ve 20748 sayılı Resmî Gazete’de yayınlanmıştır.
- Ayers, R.S. and Westcot, D.W.**, 1985, Water quality for agriculture, FAO Irrigation and Drainage paper No: 29 (Rev. 1). Pp: 1-109.
- Ayrancı, Y.**, 2006, Muğla Ortaca Yöresi Sera Sulama Sularının Kalitelerinin Belirlenmesi, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20 (39): 32-36.
- Ayyıldız, M.**, 1990, Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, 1198, Ders Kitabı, 344, Ankara.
- Başar, H., Çelik, H., Turan, M.A. ve Katkat, V.**, 2002, İznik Yöresinde Sulamada Kullanılan Değişik Su Kaynaklarının Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi, Ankara Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 8 (3): 212-217.
- Brown, L.R.**, 2001, Dünyanın Durumu. Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma Ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı Yayınları, 35.
- Clarke, F.E.**, 1966, Significance of chemistry in water well development, Cento Symposium on Hydrology and Water Resources Development, Proceedings, 367- 390.
- Day, B. A. and Nightingale, H. I.**, 1984, Relationships between ground- water silica, total dissolved solids, and specific electrical conductivity: Ground Water, 22.p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Delibacak, S., Elmacı, Ö.L., M .Seçer, A. Bodur,** 2002, Review of Spatial Variations in Water Quality in the Gediz River, International Journal of Water 2, 2/3, 173-183 p.
- Demer, S.,** 2008, Isparta ve yakın çevresi yeraltı sularının Hidrojeolojik, Hidrojeokimyasal ve İzotop jeokimyasal incelenmesi ve içme suyu kalitesinin izlenmesi, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü,** 2007, Tarım-Sulama, Ankara, <http://www.dsi.gov.tr/hizmet/tarim.htm>, (Erişim tarihi:08.02.2011).
- Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü,** 2006, Sakarya-Seyhan Havzalarında Kirlenme Durumlarının incelenmesi ve Bu Havzalarda Kalite Sınıflarının Tespiti Projesi, DSİ Genel Müdürlüğü Haritalı. http://www.dsi.gov.tr/faaliyet_raporlari/2006_faaliyet_raporu.pdf (Erişim Tarihi:08.02.2011)
- Egemen, Ö. ve Sunlu U.,** 1999, Water Quality (in Turkish), E.Ü., Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, No: 14, 148 p.
- Eisen, C. and Anderson, M. P.,** 1979, The effects of urbanization on ground waterquality – A case study: Ground Water, 17, 5, 456- 462P.
- Elmacı, Ö.L., Delibacak, S., Seçer, M. ve Bodur, A.,** 2002, Fertility status, trace elements and heavy metal pollution of agricultural land irrigated from the Gediz River, Int., J.,Water 2:2/3p.
- Emdad, M.R., Raine, S.R., Smith, R.J. and Fardad, E.H.,** 2004, Effect of water quality on soil structure and infiltration under furrow irrigation, Irrig Sci 23: 55–60 DOI 10.1007/s00271-004-0093-y.
- Erguvanlı, K. ve Yüzer, E.,** 1987, Yeraltısuları Jeolojisi, İTÜ, yayın, 23, İstanbul, 339s.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Freeze, R.A. and Cherry, J.A.,** 1979, Groundwater: Prentice Hall, Inc., New Jersey 07632, 604 p.
- Esenyel, Ö.,** 2001, Türkiye'nin Su Potansiyeli ve Potansiyelin Kullanılması, T.C. Harp Akademileri Komutanlığı Yayınlarından, Harp Akademileri Basımevi Yenilevent, İstanbul.
- Glover, C.R.,** 1996, Irrigation Water Classification Systems, Guide 116, College of Agriculture and Home Economics, New Mexico State University. (<http://www.lenntech.com/irrigation/Bicarbonate-hazard-of-irrigation-water.htm>, Erişim tarihi:08.02.2011).
- Hem, J.D.,** 1985, Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water: U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2254, U.S. Geological Survey, Alexandria, VA 22304, USA.
- Hem, J.D.,** 1992. Study and Interpretation of the chemical characteristics of natural water (3rd edition): U.S. Geological Survey Water-Supply 2254 pp.
- Hounslow, A.W.,** 1995, Water Quality Data: Analysis and Interpretation. LewisPublishers, 54p.
- Hopkins, B.G. et al.** 2007. Irrigation Water Quality for Crop Production in the Pacific Northwest. PNW 597-E. Oregon State University.
- Kaplan, M., Sönmez, S.ve Tokmak S.,** 1999. Antalya-Kumluca Yöresi Kuyu Sularının Nitrat İçerikleri. Tr.J.of Agriculture and Forestry . Vol.23. s.309-313.
- Kaplan, M. ve Sönmez S.,** 2000, Belek özel Çevre koruma alanı akarsularının su kalitelerinin ve kirleticilerinin değerlendirilmesi, Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, ANTALYA, 9:34.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kara, C. ve Şimşekli, M.**, 2008, Erkenez Çayı (Kahramanmaraş) Kirliliğinin Fiziko-Kimyasal Parametrelerle İncelenmesi, 3. Çevre Sorunları Kongresi, 15-16 Mayıs 2008, İstanbul.
- Kaya, N. ve Öztürk M.**, 2003, Elazığ il sınırları içerisindeki sulama sularının incelenmesi, Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, ELAZIĞ.
- Kelly, G. J.**, 1983, Assesment and control of corrosion in groudwater, Papers of the International Conference on Grounwater and Man, 2: Water Resources Council Conf., 8, 185- 195.
- Koçbay, A.**, 1997, Mecitözü-Konaklı (Çorum) çevresinin hidrojeolojisi ve yeraltısuyu kalitesi Ankara Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 06100 Ankara.
- Kovancı, İ.**, 1979, İç Ege Bölgesi Sulama Sularının Bitki Beslenmesi Açısından Kimi Nitelikleri ve Kimyasal İçerikleri Üzerinde Bir Araştırma, E.Ü.Ziraat Fakültesi Yayınları, 364, İzmir.
- Kumbur, H., Özsoy, H.D. ve Özer, Z.**, 2008, Mersin İlinde Tarımsal Alanlarda Kullanılan Kimyasalların Su Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi, Ekoloji 17, 68, 54-58.
- Küçüktağlı, M.S.**, 2002, Altınapa Baraj Suyunun Su karakterlerinin Tesbiti, Muğla Üniversitesi Fen Bil. Kimya Anabilim Dalı, Yüksek lisans Tezi.
- McNeely, R.N., Neimanis, V.P. and Dwyer, L.**, 1979, Water Quality Sourcebook- Aguide to water quality parameters: Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Ottawa, Canada.
- Merck,E.**, 1973, Die Untersuchung von Wasser, (7.Aufl), Darmstadt.
- Munsuz, N., Ünver, İ. and Çaycı, G.**, 1999, Türkiye Suları, Ankara Ü. Ziraat Fak. Yayını, 1505.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- National Academy of Science and National Academy of Engineering**, 1973, Water Quality Criteria 1972, Report of the committee on Water Quality Criteria, Ecological Research Series, EPA-R3-73-033.
- Nicholson, K.**, 1993, Geothermal fluids, chemistry and exploration techniques, Springer-Verlag, Berlin, 263p.
- Okur, B., Yener, H., Okur, N.ve 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.
- Ordu, Ş. ve Demir, A.**, 2006, Ergene nehri su kalitesinin çevre bilgi sistemi tasarlanarak belirlenmesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 25:1.
- Parker, C.R.**, 1972, Water Analysis by Atomic Absorption Spectroscopy, Varin Techtron Pty, Ltd., Springvale-Australia.
- Resmi Gazete**, 1991, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği, Sayı 20748, Ankara, 40s.
- Raghuanath, H.M.**, 1987, Ground Water, (second edition), 563 s., John Wiley and Sons, India.
- Saatçı, F., Tuncay, H. ve Altınbaş, Ü.**, 1973, İzmir İli Balçova Bölgesinde Sulamada Kullanılan Bazı Kuyu, Artezyen, Kaynak ve Dere Sularının Sulama Yönünden Kalitelerinin Tespiti Üzerinde Araştırmalar, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları , 197, Bornova.
- Saatçı, F. ve Tuncay, H.**, 1982, İzmir İli Agamemnon kaplıca sularının Balçova Sulama sularına karışması ve toprak va sulama kirliliği yaratması, çevre-82 sempozyumu sk.,7 İzmir.

- Saatçi, F., Altıntaş, Ü., Anaç, D. Ve 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, 25:1, İzmir, 137–151s.
- Şahinci, A.,** 1991, Karst, D.E.Ü. Müh. Fak. Yayınları, İzmir, 1-4s.
- Scheffer, F. and P. Schachtschabel.,** 1989, Lehrbuch der Bodenkunde, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, Germany (Translated into Turkish by Özbek, H., Z. Kaya, M. Gök and H. Kaptan in 1993, as Toprak Bilimi, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın, 73, Adana, Türkiye).
- Schoeller, H.,** 1973, Yeraltı suları (Kaynakların araştırılması, işletilmesi ve değerlendirilmesi, Çeviren: Kazim Karacadağ, 605 s.
- Seçer, M., Bodur, A., Elmacı, Ö.L. ve Delibacak, S.,** 2002, Trace element and heavy metal concentrations in fruit and vegetables of the Gediz River region, Int., J., Water 2, 2/3.
- Sekin, Y., Eryurt, A. ve Bağdathoğlu, N.,** 2001, Manisa Bölgesi Yeraltı Sularında Mevsimsel Değişiklikler: İz Elementler, 1. Çevre ve Jeoloji Sempozyumu (Yeraltı Suları ve Çevre Sempozyumu) Bildiriler Kitabı, 21-23 Mart 2001, İzmir, 255-262.
- Shivkumar, K., Pande, A.K. and Biksham, G.,** 1997, Toxic Trace Element Pollution In Groundwaters Around Patancheru And Bolaram Industrial Areas, Andhra Pradesh, India: A Graphical Approach, Environmental Monitoring and Assessment 45: 57–80.
- Soltanpour, P.N., Al-Wardy, M.M., Ippolito, J.A., Rodriguez, J.B., Self, J., Gillaume, M. and Mathews, D.,** 1999, “Chloride versus Sulfate Salinity Effects on Alfalfa Shoot Growth and Ionic Balance,” Soil Sci., Soc., Am., J. 63:111-116.
- Sönmez, İ., Kaplan, M.,** 2004, Demre Yöresi Seralarında Toprak Ve Sulama Sularının Tuz İçeriğinin Belirlenmesi, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(2), 155-160.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Şener, S., Demirer, T. ve 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.
- Trivedi P. R.,** 1992, Environmental water and soil analysis, 1st Ed. (R. Gurdeep, eds), Akashdeep Publishing House, New Delhi. 112-119pp.
- TS-266,** 1997, Türk Standartları İçme Suları. UDK 663.7.543, 32 s.
- TS-2363,** 1978, Suyun analiz metotları, pH değeri tayini, ICS 13.060.01; 13.060.50,1, baskı.
- TS EN ISO 11885,** 2010, Su kalitesi seçilmiş elementlerin tümevarımlı olarak bağlanmış plazma optik emisyon spektrofotometresiyle (ICP-OES) Tayini Türk Standartları Enstitüsü, Necatibey Caddesi No,112 Bakanlıklar-ANKARA.
- TS 6392 EN ISO 7887,** 1998, Su kalitesi, su rengi muayene ve tayin metotları, Türk Standartları Enstitüsü, Necatibey Caddesi No,112 Bakanlıklar-ANKARA.
- Torunoğlu, T.,** 1986, Bursa İlindeki Su kaynaklarında Kirlenme Kontrolü, Çevre-86 Sempozyumu, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü Yayını İzmir.
- Tuncay, H.,** 1987, Tarım Toprakları ve Sulama Sularında Çevre Kirliliği Problemi, Lisansüstü Ders Notları (Basılmamış).
- Tuncay, H.,** 1994, Su Kalitesi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 512, Bornova İzmir.
- Varol, F., Bellitürk, K., ve Sağlam, M. T.,** 2005, Tekirdağ İli Sulama Sularının Özellikleri, Tarım Bilimleri Dergisi, 11 (4).
- U.S. Salinity Lab. Staff,** 1954, Diagnosis and Improvement of Salina and Alkali Soils. Government Printing Office, Washington.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Uslu, O. ve Türkman, A.,** 1987, Su Kirliliği Kontrolü, Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayını, 1, Ankara.
- Ünlü A.,Çoban, F. ve Tunç M. S.,** 2008, Hazar Gölü Su Kalitesinin Zamanla Değişimi, Doğu Anadolu Bölgesi araştırmaları, Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Elazığ.
- Wedepohl, K. H.,** 1978, Handbook of Geochemistry, II-1, II-2.
- Wegener, M.,** 1994, Institut fr Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes Postfach 330013, D 1000 Berlin 33.
- WHO (World Health Organization),** 1993, Drinking Water Standarts, In Engineering Geology And Environmental Approach (Rahn, P., 1996), Second Edition. 256 257.
- Will, E. and Faust, J.E.,** 1914, Irrigation Water Quality For Greenhouse Production,
<http://www.utextension.utk.edu/publications/pbfiles/pb1617.pdf>, (Erişim tarihi: 29.10.08).
- Varol, F., Bellitürk, K. ve Sağlam, M. T.,** 2005, Tekirdağ İli Sulama Sularının Özellikleri, Tarım Bilimleri Dergisi, 11 (4).
- Yahşi, R.,** 1981, Su Ve Toprak Kaynaklarının Kirlenmesi ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğünün Su Kirliliği İle İlgili Çalışmaları, Su ve Toprak Kaynaklarının Geliştirilmesi Konferansı Bildirileri, II.
- Yalçın, A., Davraz, A. ve Özçelik., M.,** 2004, Yeraltısularının Kirlenmesinde Litoloji ve Yerleşim Alanlarının Etkisi: Ulupınar Kaynağı, Sorkuncak-Eğirdir-Isparta Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 28 (2), 21-29.
- Yüceer, A. ve Ardıçoğlu, M.,** 1993, Yeraltı su kaynaklarının korunmasında öncelikler ve Seyhan Nehri, Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Adana, Çevre dergisi, 23.

ÖZGEÇMİŞ

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümünden 1992 yılında mezun olduktan sonra 1993 yılında Ziraat Bankası Antalya şubesinde göreve başlamıştır. 2002 yılında Bornova Ziraat Mücadele Araştırma Enstitüsü'ne tayin olmuştur. 2005 yılından itibaren İzmir İl Kontrol Laboratuvarı Müdürlüğü'nde Kimyasal Analiz Laboratuvarı'nda Mühendis olarak çalışmaktadır. 2009 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü'nde Yüksek Lisans öğrenimine başlamıştır.

EKLER

Ek1. Kıtaçı Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri (Anonim, 1998)

TABLO 1: KITAÇI SU KAYNAKLARININ SINIFLARINA GÖRE KALİTE KRİTERLERİ

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
A) Fiziksel ve inorganik- kimyasal Paramet.				
1) Sıcaklık (°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 (mg O ₂ /L) ^a	8	6	3	< 3
4) Oksijen doygunluğu (%) ^a	90	70	40	< 40
5) Klorür iyonu (mg Cl ⁻ /L)	25	200	400 ^b	> 400
6) Sülfat iyonu (mg SO ₄ ⁻ /L)	200	200	400	> 400
7) Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L)	0.2 ^c	1 ^c	2 ^c	> 2
8) Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N/L)	0.002	0.01	0.05	> 0.05
9) Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	5	10	20	> 20
10) Toplam fosfor (mg P/L)	0.02	0.16	0.65	> 0.65
11) Toplam çözünmüş madde (mg/L)	500	1500	5000	> 5000
12) Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	> 300
13) Sodyum (mg Na ⁺ /L)	125	125	250	> 250
B) Organik parametreler				
1) Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	25	50	70	> 70
2) Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) (mg/L)	4	8	20	> 20
3) Toplam organik karbon (mg/L)	5	8	12	> 12
4) Toplam kjeldahl-azotu (mg/L)	0.5	1.5	5	> 5
5) Yağ ve gres (mg/L)	0.02	0.3	0.5	> 0.5
6) Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri (MBAS) (mg/L)	0.05	0.2	1	> 1.5
7) Fenolik maddeler (uçucu) (mg/L)	0.002	0.01	0.1	> 0.1
8) Mineral yağlar ve türevleri (mg/L)	0.02	0.1	0.5	> 0.5
9) Toplam pestisid (mg/L)	0.001	0.01	0.1	> 0.1
C) İnorganik kirlenme parametreleri^d				
1) Civa (µg Hg/L)	0.1	0.5	2	> 2
2) Kadmiyum (µg Cd/L)	3	5	10	> 10
3) Kurşun (µg Pb/L)	10	20	50	> 50
4) Arsenik (µg As/L)	20	50	100	> 100
5) Bakır (µg Cu/L)	20	50	200	> 200
6) Krom (toplam) (µg Cr/L)	20	50	200	> 200
7) Krom (µg Cr ⁺⁶ /L)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	> 50
8) Kobalt (µg Co/L)	10	20	200	> 200
9) Nikel (µg Ni/L)	20	50	200	> 200
10) Çinko (µg Zn/L)	200	500	2000	> 2000
11) Siyanür (toplam) (µg CN/L)	10	50	100	> 100
12) Florür (µg F ⁻ /L)	1000	1500	2000	> 2000
13) Serbest klor (µg Cl ₂ /L)	10	10	50	> 50
14) Sülfür (µg S ⁻ /L)	2	2	10	> 10
15) Demir (µg Fe/L)	300	1000	5000	> 5000
16) Mangan (µg Mn/L)	100	500	3000	> 3000
17) Bor (µg B/L)	1000 ^e	1000 ^e	1000 ^e	> 1000
18) Selenyum (µg Se/L)	10	10	20	> 20
19) Baryum (µg Ba/L)	1000	2000	2000	> 2000
20) Alüminyum (mg Al/L)	0.3	0.3	1	> 1
21) Radyoaktivite (pCi/L)				
alfa-aktivitesi	1	10	10	> 10
beta-aktivitesi	10	100	100	> 100
D) Bakteriyolojik parametreler				
1) Fekal koliform(EMS/100 mL)	10	200	2000	> 2000
2) Toplam koliform (EMS/100 mL)	100	20000	100000	> 100000

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

(b) Klorüre karşı hassas bitkilerin sulanmasında bu konsantrasyon limitini düşürmek gerekebilir.

(c) PH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu 0.02 mg NH₃ N/L değerini geçmemelidir.

(d) Bu gruptaki kriterler parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektedir.

(e) Bora karşı hassas bitkilerin sulanmasında kriteri 300 µg/L'ye kadar düşürmek gerekebilir.

Ek2.Türkiye’de Sulama Sularının Sınıflandırılmasında Esas Alınan Önemli Su Kalite kriterleri (Resmi Gazete 1991)

Sulama suyu sınıfı					
Kalite kriterleri	I. Sınıf su (çok iyi)	II. Sınıf su (iyi)	III. Sınıf su (kullanılabilir)	IV. Sınıf su (ihtiyatla kullanılmalı)	V. sınıf su (zararlı) uygun değil
EC ₂₅ ×10 ⁶	0-250	250-750	750-2000	2000-3000	> 3000
Değişebilir % Na Sodyum Yüzdesi	< 20	20-40	40-60	60-80	> 80
Sodyum Adsorbsiyon oranı (SAR)	< 10	10-18	18-26	> 26	
Klorür (Cl ⁻), meq/l , mg/l	0-4 0-142	4-7 142-249	7-12 249-426	12-20 426-710	> 20 > 710
Sülfat (SO ₄ ⁻) meq/lmg/l	0-4 0-192	4-7 192-336	7-12 336-575	12-20 575-960	> 20 > 960
Toplam tuz kons. (mg/l)	0-175	175-525	525-1400	1400-2100	> 2100
Bor konsantrasyonu (mg/l)	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	0-5	5-10	10-30	30-50	> 50

Ek3: Sulama suyundaki iz elementlerin izin verilen maksimum sınırları (mg/l)
(National Academy of Science, 1972; Resmi Gazete, 1991).

İz Element		Tüm topraklarda sürekli kullanım koşullarında	İyi tekstürlü nötr-alkali topraklarda 20 yıldan daha az sulama yapıldığında (pH=6-8.5)
Alüminyum (Al)		5	20
Arsenik (As)		0.1	2
Berilyum (Be)		0.1	0.5
Bor ^(b)	Hassas bitkiler	0.75	2
	Yarı dayanıklı	1	
	Dayanıklı	2	
Kadmiyum (Cd)		0.01	0.05
Krom (Cr)		0.1	1
Kobalt (Co)		0.05	5
Bakır (Cu)		0.2	5
Flor (F)		1	15
Demir (Fe)		5	20
Kurşun (Pb)		5	10
Lityum (Li)	Turunçgiller	0.075	0.075
	Diğer bitkiler	2.50	2.5
Manganez (Mn)		0.20	10
Molibden (Mo)		0.01	0.05 ^(a)
Nikel (Ni)		0.20	2
Selenyum (Se)		0.02	0.02
Vanadyum (V)		0.1	1
Çinko (Zn)		2	10

a: Yalnız asitli topraklarda izin verilen konsantrasyondur.

b: B için Scofield (1936) tarafından önerilen izin verilebilir konsantrasyonlar Çizelge 4.14'de ayrıntılı olarak verilmiştir.