

**MANİSA İLİNDE SULAMADA KULLANILAN  
SULARIN TOPRAK, BİTKİ VE DAMLA SULAMA  
YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Pınar GÖRÜCÜOĞLU**

**Y.Lisans Tezi**

**Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı**

**Prof. Dr. Üstün ŞAHİN**

**2011**

**Her hakkı saklıdır.**

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Y. LİSANS TEZİ

**MANİSA İLİNDE SULAMADA KULLANILAN SULARIN  
TOPRAK, BİTKİ VE DAMLA SULAMA YÖNÜNDEN  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Pınar GÖRÜCÜOĞLU

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

ERZURUM

2011

Her hakkı saklıdır.



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



**TEZ ONAY FORMU**

**Manisa İlinde Sulamada Kullanılan Suların Toprak, Bitki ve Damla Sulama Yönünden  
Değerlendirilmesi**

Prof. Dr. Üstün ŞAHİN danışmanlığında, Pınar GÖRÜCÜOĞLU tarafından hazırlanan bu çalışma 10.../03.../2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği/oy çokluğu (.../...) ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Mustafa OKUROĞLU

İmza

Üye : Prof. Dr. Üstün ŞAHİN

İmza :

Üye : Prof. Dr. Sezai ERCİŞLİ

İmza :

(imza)

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum

Prof. Dr. Ömer AKBULUT

**Enstitü Müdürü**

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## ÖZET

Y. Lisans Tezi

### MANİSA İLİNDE SULAMADA KULLANILAN SULARIN TOPRAK, BİTKİ VE DAMLA SULAMA YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

Pınar GÖRÜCÜOĞLU

Atatürk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Üstün ŞAHİN

Bu araştırmada, Manisa ilinde sulamada kullanılan suların, toprağa, bitkiye ve kapalı sistemlerden özellikle damla sulama sistemine olabilecek etkileri incelenmiştir. Bu amaçla, Devlet Su İşleri tarafından kimyasal analizleri yapılmış 30'u yer altı suyu ve 5'i yer üstü suyu olmak üzere toplam 35 su analiz sonucu kullanılmıştır. Bu su örneklerinde belirlenmiş olan Ca, Mg, Na, K, CO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>, Fe, B iyonları ile suların pH ve elektriksel iletkenlikleri (EC) kullanılarak; Toplam Tuz Miktarı ( $\Sigma$ Tuz), Langelier Saturasyon İndeksi (LSI), Yüzde Sodyum (% Na), Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR), Düzeltilmiş Sodyum Adsorpsiyon Oranı (AdjSAR), Düzeltilen Düzeltilmiş Sodyum Adsorpsiyon Oranı (AdjR<sub>Na</sub>), Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC), Potansiyel Tuzluluk (PT), Permeabilite İndeksi (PI) ve Sertlik gibi parametrelere ait değerler hesaplanmış, bu parametrelere göre de değerlendirmeler yapılmıştır.

İncelenen su kaynaklarında yer üstü su kaynaklarının sorun yaratma potansiyeli yer altı sularına göre daha fazla bulunmuştur. Yer altı su kaynaklarından da özellikle Salihli – Köseali, Salihli – Necati bey çiftlik (şahıs) ve Alaşehir-Kasaplı su kaynaklarında diğer yer altı su kaynaklarına oranla daha ciddi sorunlar yaşanacağı belirlenmiştir.

**2011, 86 Sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Sulama suyu kalitesi, bitki, toprak, damla sulama sistemi

## **ABSTRACT**

Master Thesis

### **EVALUATION OF IRRIGATION WATER USED IN MANİSA RESPECT TO SOIL, PLANT AND DRİP IRRIGATION**

Pınar GÖRÜCÜOĞLU

Atatürk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Prof. Dr. Üstün ŞAHİN

This study was conducted to determine the possible effects of irrigation water quality used in Manisa on soils, plants and drip irrigation systems. For this, a total 35 water analysis results, 30 ground and 5 surface water, done by State Hydraulic Works were used. By using Ca, Mg, Na, K, CO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>, Fe, B, pH and electrical conductivity (EC) values of these samples, some parameters such as total salt content ( $\Sigma Tuz$ ), langelier saturation index (LSI), sodium percentage (% Na), sodium adsorption ratio (SAR), adjusted sodium adsorption ratio (AdjSAR), adjusted Na ratio (AdjR<sub>Na</sub>), residual sodium carbonate (RSC), potential salinity (PT), permeability index (PI) and water hardness were calculated some evaluations were done on these parameters.

We found that surface waters caused more problems than ground water resources and among ground water resources Salihli – Köseali, Salihli – Necati bey çiftlik (person) and Alaşehir-Kasaplı were found to be more problematic.

**2011, 86 Pages**

**Keywords:** Irrigation water quality, plant, soil, drip irrigation system

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmada araştırma konusunun seçilmesinden bu aşamaya kadar geçen sürede görüşleri ve katkıları nedeniyle sayın danışmanım ve hocam Prof. Dr. Üstün ŞAHİN'e;

Çalışmam sırasında her türlü desteğini benden esirgemeyen ve bana her konuda yol gösteren sayın hocam Doç. Dr. Yasemin S. KUKUL'a;

Çalışmam sırasında bana sağlamış oldukları imkanlar ve destekleri için DİNDAROĞLU ailesine;

Çalışmamın başlangıcından itibaren bugüne kadar gösterdikleri sonsuz sabır, maddi ve manevi destekleri için aileme;

Çalışmam süresince benden her zaman desteğini esirgemeyen sayın Zir. Yük. Müh. Mert YARDİBİ'ne;

Teşekkür ederim.

Pınar GÖRÜCÜOĞLU

Şubat, 2011

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                                                       |             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>ÖZET.....</b>                                                                                                      | <b>i</b>    |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                                                                                 | <b>ii</b>   |
| <b>TEŞEKKÜR.....</b>                                                                                                  | <b>iii</b>  |
| <b>ÇİZELGELER DİZİNİ .....</b>                                                                                        | <b>vi</b>   |
| <b>ŞEKİLLER DİZİNİ.....</b>                                                                                           | <b>viii</b> |
| <b>1. GİRİŞ .....</b>                                                                                                 | <b>1</b>    |
| <b>2. KAYNAK ÖZETLERİ.....</b>                                                                                        | <b>3</b>    |
| 2.1. Sulama Suyu Kalitesi .....                                                                                       | 3           |
| 2.1.1. Suyun fiziksel özellikleri.....                                                                                | 3           |
| 2.1.2. Suyun kimyasal özellikleri .....                                                                               | 5           |
| 2.1.3. Suyun biyolojik özellikleri .....                                                                              | 17          |
| 2.2. Sulama Suyu Kalitesini Belirlemeye Yönelik Yapılmış Bazı Çalışmalar .....                                        | 19          |
| <b>3. MATERYAL ve YÖNTEM.....</b>                                                                                     | <b>25</b>   |
| 3.1. Materyal .....                                                                                                   | 25          |
| 3.1.1. İl genel özellikleri .....                                                                                     | 25          |
| 3.1.2. Toprak varlığı ve bitkisel üretimde kullanma durumu.....                                                       | 27          |
| 3.1.3. Su kaynakları potansiyeli .....                                                                                | 34          |
| 3.2. Yöntem.....                                                                                                      | 35          |
| 3.2.1. Sulama suyu analizleri .....                                                                                   | 35          |
| 3.2.2. Su kalitelerinin değerlendirilmesi .....                                                                       | 37          |
| <b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....</b>                                                                        | <b>48</b>   |
| 4.1. I. Alt Bölge Kapsamındaki Su Kaynaklarına İlişkin Sulama Suyu Analiz<br>Sonuçları ve Hesaplama Bulguları .....   | 48          |
| 4.2. II. Alt Bölge Kapsamındaki Yerlere İlişkin Sulama Suyu Analiz Sonuçları ve<br>Hesaplama Bulguları.....           | 51          |
| 4.3. III. Alt Bölge Kapsamındaki Su Kaynaklarına İlişkin Sulama Suyu Analiz<br>Sonuçları ve Hesaplama Bulguları ..... | 56          |
| 4.4. IV. Alt Bölge Kapsamındaki Su Kaynaklarına İlişkin Sulama Suyu Analiz<br>Sonuçları ve Hesaplama Bulguları .....  | 58          |

|                                                                                                       |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.5. Sulama suları kalitelerinin toprak, bitki ve sulama yöntemleri açısından değerlendirilmesi ..... | 62        |
| <b>5. SONUÇ.....</b>                                                                                  | <b>78</b> |
| KAYNAKLAR.....                                                                                        | 82        |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                                                                         | 87        |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Çizelge 2.1.</b> Ayers-Westcot Yöntemine Göre Sulama Suyu Sınıflama Rehberi (Ayers and Westcot 1989).....                                                      | 12 |
| <b>Çizelge 2.2.</b> Sulama Sularında İzin Verilebilen Maksimum Ağır Metal Konsantrasyonları (Anonim 1991).....                                                    | 16 |
| <b>Çizelge 2.3.</b> Damlatıcı Tıkanmasının Belirlenmesi Amacıyla Kullanılan Su Kalite Kriterleri .....                                                            | 17 |
| <b>Çizelge 3.1.</b> Manisa İli Uzun Yıllar (1975-2008) Sıcaklık ve Yağış Değerleri (Anonim 2011b).....                                                            | 27 |
| <b>Çizelge 3.2.</b> Alt Bölgelere Göre Arazi Kullanım Şekilleri (ha) .....                                                                                        | 28 |
| <b>Çizelge 3.3.</b> Manisa İlinde Meyve Ürün Gruplarında Üretim Miktarları (Anonim 2009) .....                                                                    | 29 |
| <b>Çizelge 3.4.</b> Manisa İlinde Üzüm Üretim Miktarları (Anonim 2009) .....                                                                                      | 31 |
| <b>Çizelge 3.5.</b> Manisa İlinde Zeytin Üretim Miktarları (Anonim 2009) .....                                                                                    | 32 |
| <b>Çizelge 3.6.</b> Manisa İlinde Sebze Üretim Miktarları (Anonim 2009) .....                                                                                     | 33 |
| <b>Çizelge 3.7.</b> Manisa İli Su Kaynakları Potansiyeli .....                                                                                                    | 35 |
| <b>Çizelge 3.8.</b> Su Kaynakları ve Örnekleme Yerleri .....                                                                                                      | 36 |
| <b>Çizelge 3.9.</b> Geleneksel ve Yüzey Sulama Yöntemleriyle Sulanan Bazı Bitkilerde Sulama Suyu Tuzluluklarına (dS/m) Karşı Beklenen Yüzde Verim Azalışları..... | 38 |
| <b>Çizelge 3.10.</b> Suların pH <sub>c</sub> Değerlerinin Hesaplanması .....                                                                                      | 40 |
| <b>Çizelge 3.11.</b> HCO <sub>3</sub> /Ca Oranı ve EC ile İlgili Olarak Ca <sub>x</sub> Konsantrasyonu.....                                                       | 42 |
| <b>Çizelge 3.12.</b> RSC Miktarlarına Göre Sulama Sularının Sınıflandırılması .....                                                                               | 43 |
| <b>Çizelge 3.13.</b> Suların Fransız Sertlik Derecesine Göre Sınıflandırılması.....                                                                               | 43 |
| <b>Çizelge 3.14.</b> Potansiyel Tuzluluğa (PT) Göre Sulama Sularının Sınıflandırılması .....                                                                      | 44 |
| <b>Çizelge 3.15.</b> Kültür Bitkilerinin Göreceli Bor Dirençleri .....                                                                                            | 47 |
| <b>Çizelge 4.1.</b> I. Alt Bölge Su Kaynakları Analiz ve Hesaplama Sonuçları.....                                                                                 | 52 |
| <b>Çizelge 4.2.</b> II. Alt Bölge Su Kaynakları Analiz ve Hesaplama Sonuçları.....                                                                                | 55 |
| <b>Çizelge 4.3.</b> III. Alt Bölge Su Kaynakları Analiz ve Hesaplama Sonuçları .....                                                                              | 57 |
| <b>Çizelge 4.4.</b> IV. Alt Bölge Su Kaynakları Analiz ve Hesaplama Sonuçları.....                                                                                | 61 |

|                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Çizelge 4.5.</b> Manisa İli Su Kaynaklarının Bitkiler Açısından Sorun Oluşturabilme<br>Potansiyelleri ve Olası Sorunun Dereceleri.....      | 75 |
| <b>Çizelge 4.6.</b> Manisa İli Su Kaynaklarının Toprak Açısından Sorun Oluşturabilme<br>Potansiyelleri ve Olası Sorunun Dereceleri .....       | 76 |
| <b>Çizelge 4.7.</b> Manisa İli Su Kaynaklarının Damla Sulama Açısından Sorun<br>Oluşturabilme Potansiyelleri ve Olası Sorunun Dereceleri ..... | 77 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 3.1.</b> Manisa İli Agro-Ekolojik Alt Bölgeler ve Bu Bölgelerde Yer Alan İlçeler<br>(Anonim 2011a).....     | 26 |
| <b>Şekil 3.2.</b> Geçirgenliği Düşük (2 cm/h'den küçük) Topraklar İçin Sulama Sularının<br>Sınıflandırılması .....   | 45 |
| <b>Şekil 3.3.</b> Orta Geçirgenlikteki (2–12 cm/h) Topraklar İçin Sulama Sularının<br>Sınıflandırılması .....        | 46 |
| <b>Şekil 3.4.</b> Geçirgenliği Yüksek (12 cm/h'den büyük) Topraklar İçin Sulama Sularının<br>Sınıflandırılması ..... | 46 |

## 1. GİRİŞ

Tüm canlı varlıklar yaşamaları, gelişmeleri ve diğer gereksinimleri için çok büyük miktarlarda suya ihtiyaç duyarlar. Bu suyu da yer üstü ve yer altı 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).

Su kaynaklarının geliştirilmesi; üretimi artırmak amacıyla suyun kullanılması, kalite ve kantite yönünden zaman ve mekan boyutlarında kontrol edilmesi olarak tanımlanabilir. Bu tanımdan da anlaşılacağı gibi sulama sularının kalite yönünden kontrol edilmesi başarılı bir sulama geliştirme projesi için önemli bir unsur olmaktadır (Ayyıldız 1990).

Türkiye gibi nüfusu hızla artan, kalkınma süreci içinde ve sanayileşmeye geçiş aşamasında bulunan ülkelerde tarım ürünlerine olan gereksinim her yıl artmaktadır. Tarım alanlarının tamamının kullanılması durumunda üretimin arttırılmasının tek yolu, birim alandan elde edilen verimin artırılmasıdır. Sulama ve dolayısıyla sulama suyu, tarımsal üretimde verimi en çok artıran etmenlerin başında gelmektedir (Munsuz vd. 1999).

Su iyi bir çözücü olması nedeniyle doğada saf halde bulunmaz, içerisinde az ya da çok çözünmüş madde bulundurur. Büyük konsantrasyonda 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 konsantrasyonlarının bilinmesi, toprağa verilmesinde sakınca olmadığı saptandıktan sonra toprağa verilmesi önemli bir konudur (Munsuz vd. 1999). Ayrıca suların konsantrasyonlarının bitki ve özellikle kapalı sistemli sulama

yöntemleri açısından da belirli sınırlar içerisinde sakınca yaratmayacağının bilinmesi önemlidir.

Yüzölçümü 1 381 000 ha, tarım alanı potansiyeli 523 552 ha olan Manisa ilinin yıllık yağış miktarı 694,4 mm, yer üstü su potansiyeli  $1,23 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/yıl, yer altı su potansiyeli  $0,443 \times 10^9$  m<sup>3</sup>/yıl'dır.

Bu çalışmada, Manisa ilinde sulamada yaygın olarak kullanılan yer altı ve yer üstü su kaynaklarının kimyasal özellikleri dikkate alınarak, toprak, bitki ve kapalı sistemlerden de özellikle damla sulama sistemleri açısından bir değerlendirmesi yapılmış ve kullanıma yönelik kısıtları ortaya konulmuştur.

## **2. KAYNAK ÖZETLERİ**

### **2.1. Sulama Suyu Kalitesi**

Sulama suyunun kalitesinin değerlendirilmesinde, sulama suyu ile ilişkili olarak karşılaşılabilecek problemlerden hareket edilir. Karşılaşılabilecek problemler yönünden kalite kriterleri geliştirilmiştir. Amaç suyun var olan kalitesinin değerlendirilmesi, kullanımı halinde ne tür sorunlarla karşılaşılabileceğinin belirlenmesidir. Yani sulama suyunun kullanım için uygunluğunu ortaya koymaktır. Doğada bulunan suların içerikleri birbirinden farklı olduğu için, sulama sularının değerlendirilmesi amacıyla farklı kalite kriterleri ve sınıflandırma sistemleri geliştirilmiştir.

Sulama suyunun bitki, toprak ve özellikle kapalı sistemli sulama yöntemleri açısından uygun olup olmadığını değerlendirebilmek için suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin bilinmesine ihtiyaç vardır.

#### **2.1.1. Suyun fiziksel özellikleri**

Suyun fiziksel özellikleri renk, bulanıklık, koku, tat ve sıcaklıktır. Renk, doğal metalik iyonlar (demir ve mangan vb.) humus, turba materyalleri, algler, yabani otlar ve sanayi atıklarından meydana gelebilir. Doğal suların rengi organik maddelerden ileri gelir, yüzey sularındaki bitkilerin çürümesinden kaynaklanır (Güler ve Çobanoğlu 1997).

Bulanıklık kil, silt, ince parçalanmış organik maddeler, yosunlar, demir bakterileri ve diğer mikroorganizmaların oluşturduğu haldir. Bulanıklık kum gibi askıda olan maddelerden ileri geliyorsa tehlikeli olmayıp çökeltme ve filtrasyonla giderilebilir. Kil gibi kolloidal maddelerin giderilmesi ise çok güçtür. Su içindeki madde, kaynağına göre kabaca inorganik veya organik olarak sınıflandırılabilir. Organik bileşikler genel olarak kokuya, renge ve tada neden olurken, bulanıklık meydana getiren maddeler çoğunlukla inorganiktir (Güler ve Çobanoğlu 1997). Suların, içinde özellikle organizmalar belli bir

miktardan fazla bulunursa, sulara özel koku ve tat verir. Bu tat ve kokular çok değişiktir. Sular tuzlu, acı, ekşi tatda; balıksı, küfümsü, baharatsı, otsu vb. kokuda olabilir (Güler ve Çobanoğlu 1997).

Akarsularda veya su kütlesindeki sıcaklık değişimi iklim faktörlerinin, doğal kaynakların ve bazı endüstri artıklarının karışımı sonucunda olabilir. Akarsuların sıcaklığının sulama işlemleri ve tarım arazilerinden dönen drenaj suları ile arttığı saptanmıştır. Bazı hallerde 10°C'den 20°C'ye yükseldiği belirtilmektedir. Yüzeysel suların sıcaklıkları doğal olarak iklime göre değişir. Yeraltı sularının sıcaklığı ise, daha çok derinliğe bağlıdır (Ayyıldız 1990).

**Suyun fiziksel özelliklerinin toprak, bitki ve sulama yöntemleri açısından önemi:**

Bulanıklık, su kalitesi açısından istenmeyen bir özelliktir. İleri ölçüde sediment birikmesi durumunda kil oranı yüksek arazilerde verim azalmaktadır. Killi topraklarda sedimentli su ile sulama toprak gözeneklerini tıkayarak suyun drene olmasına engeller, yüzeyde göllenmelere sebep olur, havalanmayı olumsuz etkiler. Bu durum verimliliği düşürür.

Sulama suyu sıcaklığının çok yüksek veya düşük olması halinde bitki kök bölgesi derinliğindeki toprak sıcaklığı da yüksek veya düşük olacağı için, bu durum bitki gelişmesini yavaşlatır veya tamamen durdurabilir.

Damla sulamada damlaticıların tıkanmasına; sulama sularının içerdiği çeşitli organik ve inorganik askı maddeleri (katı kirleticiler), suda eriyebilir kimyasal maddelerin çökmesi, mikroorganizma faaliyeti sonucu oluşan ürünler ve gübreleme faaliyetleriyle oluşabilecek çökelmeler neden olmaktadır (James 1988). Bunlardan en önemlisi katı maddelerden kaynaklanan fiziksel tıkanmadır. Sudaki katı kirleticilerle damlaticıların tıkanmasını önlemek için sulama suyu borular sistemine girmeden önce kesinlikle filtreden geçirilerek süzülmalıdır. Bu amaçla elek filtreler, disk filtreler, kum filtreler, emme borusu elek filtreleri, santrifüj ayırıcılar, basınçsız kum veya çakıl filtre tankları kullanılabilir (Ross 1990).

### 2.1.2. Suyun kimyasal özellikleri

Suyun kimyasal özelliklerini yansıtan ölçütler pH, elektriksel iletkenlik (EC) ve eriyebilir tuzların toplam konsantrasyonu, sodyum iyonunun nispi oranı, artık sodyum karbonat, bor, ağır metaller ve sertliktir.

Su içindeki hidrojen iyonu konsantrasyonunun 10 tabanına göre negatif logaritması pH değeri olarak tanımlanmaktadır. pH'sı 7 olan sular nötr sular olarak bilinir. Bunlarda H ve OH iyonları denge halindedir. Bu tür suların asit ve alkali reaksiyonları yoktur. H iyonu konsantrasyonunun artması ile pH değeri 7'nin altına düşer ve su asit karakter kazanır. OH iyonu konsantrasyonunun artması ile pH 7'nin üzerinde değer alır ve su bazik karakter taşır. pH değerleri 0-14 arasında değişir (Güler ve Çobanoğlu 1997).

Elektriksel iletkenlik ölçümü baz, tuz ve asitlerin sudaki çözeltilerinin elektriği iletmesi temeline dayanır. Suda çözülmüş halde bulunan inorganik tuzlar genellikle anyon ve katyonlarına ayrılmış durumdadır. Elektrikle yüklü olan iyonlar elektrik akımını iletirler. Suda erimiş tuz miktarı arttıkça, suyun elektrik akımını iletmesi de artar.

Elektriksel iletkenlik, genellikle doğal sular içerisinde iyonize olmuş bileşenlerin toplam konsantrasyonlarını göstermek için kullanılır (Bower and Wilcox 1965). Sözü edilen yöntem, oldukça doğru ve çabuk sonuç veren bir yaklaşım olarak bilinir. Suların elektriksel iletkenliği, su içinde bulunan iyonların konsantrasyonlarına, elektrik yüklerine ve hareketliliklerine bağlı olarak değişir. Diğer bir deyişle elektriksel iletkenlik, iyonların kimyasal etkinliklerinin bir ölçüsü olarak kabul edilir (Kanber ve Ünlü 2010).

Elektriksel iletkenlik, +25°C'deki 1 cm<sup>3</sup> suyun iletkenliğini ifade eder. Elektriksel iletkenliğin ölçüsü olarak µmhos/cm ve dS/m birimleri kullanılmaktadır (Demir 2008).

Suların tuzluluğu içerdikleri katyon ve anyonlardan kaynaklanır. Sulama sularında bulunan başlıca katyonlar: Sodyum, Kalsiyum, Magnezyum ve Potasyum'dur.

Sodyum atom ağırlığı 22,997; değeriği 1 olan bir elementtir. Dünya yüzünde en fazla özellikle, alkali metallerin büyük çoğunluğunda yapı taşı olarak bulunur. Sulama sularının hemen hepsinde en azından ölçülebilecek miktarda; deniz suyunda ise çok miktarda vardır. Sodyum tuzlarının yaklaşık tümü suda eriyebilir özelliktedir. Sodyum da diğer katyonlar gibi sulama suyu ile toprağa uygulandığında özellikle kil mineralleri ile tepkimeye girer. Sodyum başat duruma geçtiği zaman toprakta arzu edilmeyen kötü fiziksel koşullar ortaya çıkar. Sulama sularının sodyum açısından oluşturabileceği zararları ifade etmek için uygulamada yüzde sodyum (%Na), sodyum adsorbsiyon oranı (SAR), düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı (AdjSAR), düzeltilen düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı (AdjR<sub>Na</sub>) gibi değerlendirme ölçütleri kullanılır (Kanber ve Ünlü 2010).

Kalsiyum atom ağırlığı 40,08; değeriği 2 olan ve doğada çok bulunan bir elementtir. Birçok mineral ve kayanın temel maddesidir. Tarım yönünden en önemli bileşikleri, kireç taşı, alçı ve kalsiyum fosfattır. Kalsiyum, hemen tüm doğal su, toprak, bitki dokusu ve hayvan kemiklerinde bulunur. Kalsiyum tuzlarının eriyebilirlikleri çok değişiktir. Karbonat ve fosfat tuzları suda erimezken, asitte eriyebilir niteliktedir. Sülfat, klorit ve nitrat tuzları ise suda eriyebilirler (Kanber ve Ünlü 2010).

Magnezyumun atom ağırlığı 24,32; değeriği 2'dir. Doğada çok bulunur. Mika gibi birçok püskürük kayanın temel taşıdır. Serpantin, bir magnezyum silikat; dolomit ise bir kalsiyum-magnezyum karbonattır. Mineral kaynaklar ve deniz suyu yüksek; birçok doğal sular ise düşük miktarda içerirler. Tüm magnezyum tuzları (karbonat, hidroksit, oksit, fosfat vb.) suda, asitte ise daha çok çözünürler. Topraklara kalsiyum gibi etki eder. Bitki büyümesi için temeldir. Özellikle yeşil bitkilerin klorofillerinin önemli bir parçasını oluşturur (Kanber ve Ünlü 2010).

Potasyum atom ağırlığı 39,096; değeriği 1 olan, püskürük kayalarda tortul kayalardan daha fazla bulunan bir elementtir. Toprağı oluşturan bir çok kompleks silikatların temel taşı olan bir maddedir. Silikat mineralleri dışında çok sayıda potasyum tuzları, suda çözünür niteliktedir. Ancak, doğal sularda ve toprak suyundaki miktarı ender olarak

birkaç ppm düzeyini geçer. Toprakta tepkimesi sodyumda olduğu gibidir. Ancak öyle zararlı etkisi yoktur. Potasyum bitki büyümesi için temel sayılan elementlerden birisidir (Kanber ve Ünlü 2010).

Sulama sularında bulunan başlıca Anyonlar: Klor, Sülfat, Bikarbonat, Karbonat ve Nitrat'tır.

Klor, atom ağırlığı 35,457 olan, -1 değerlikli elementtir. Çözeltide daha çok sodyum klorür formunda, kaya tuzu olarak bulunur. En çok deniz suyu ve doğal su kaynakları anılan tuzu içerirler. Klorürlü tuzlar içerisinde en zehirli olan magnezyum klorürdür ( $MgCl_2$ ). Klor iyonları, toprak kolloidleri tarafından tutulmadığı için toprak suyu ile birlikte profilde hareket edebilir. Çoğu klor tuzlarının eriyebilirliği fazla olduğu için toprak suyunda veya drenaj suyunda konsantrasyonu hızla yükselir. Kökler tarafından alınarak yapraklara dek gelebilir. Burada suyun transpire olması nedeniyle yaprak içinde birikir. Genellikle suda bulunan klor iyonlarından ileri gelen zehirlenmeler görülebilir (Kanber ve Ünlü 2010).

Sülfatın molekül ağırlığı 96,06; birleşme değeri -2'dir. Doğada en fazla bulunan sülfat, bir kalsiyum tuzu olan alçıdır. Sulama sularında ve topraklarda küçük konsantrasyonlarda bulunur. Sodyum ve magnezyum sülfatlar suda çözünebilir; kalsiyum sülfat ise suda çok az çözünür. Sülfat, toprakta tuzluluğun artmasından çok diğer toprak özelliklerine etki eder. Suda bulunması bitkiler için yararlıdır (Kanber ve Ünlü 2010).

Bikarbonat molekül ağırlığı 61,018; birleşme değeri -1 olan bir anyondur. Doğada su kaynaklarının dışında, yaygın şekilde bulunmaz. Kalsiyum bikarbonat, normal karbonattan daha eriyebilir özelliktedir. Fakat durağan değildir; sıcaklık ve buharlaşmanın artması sonucu, karbondioksit kaybolur ve kalsiyum karbonata dönerek çöker.



Sulama sularının çoğu, bir miktar kalsiyum bikarbonat taşır. Bu nedenle toprakta kalsiyum karbonat depolanır. Anılan işlem, sulu tarımda büyük öneme sahiptir ve toprakta kalsiyum miktarının artması sonucunu doğurur. Bitki kökleri ve mikroorganizmalar tarafından çıkarılan karbondioksit, suda eridiği zaman bikarbonat konsantrasyonu artar. Ortamda karbondioksit, karbonat ve bikarbonat iyonlarının artması, suyun pH değerini yükselterek alkali özelliklerin hakim olmasını sağlar. Bunun sonucu olarak kalsiyum çöker ve sistemde sodyum başat duruma geçer. Zaten bikarbonatın bitkiye zararlı etkisi, ortamda sodyumun artmasına neden olduğu için dolaylı yoldandır (Kanber ve Ünlü 2010).

Karbonat, molekül ağırlığı 60,01; birleşme değeri -2'dir. Kireç taşı, dolomit ve demir karbonat formlarında bulunur. İlk ikisi verimli topraklarda vardır ve genellikle iyileştirici olarak kullanılır. Alkali karbonatlar, mineral kaynaklarında bol; doğal sularda çok az bulunur. Sodyum ve potasyum karbonatlar suda çözünürler. Buna karşı kalsiyum ve magnezyum karbonatlar çözünmezler. Eriyebilir karbonatlar, sulama suyu ile toprağa eklenirse ve toprakta kalsiyum ve magnezyum yoksa sodyumlulaşma tehlikesi belirir. İstenmeyen özellikler meydana gelir. Kalsiyum ve magnezyum, örneğin alçı bulunuyor ise, kalsiyum karbonat oluşur ve çöker. Toprakta çok az değişme meydana getirir. Sulama suyunda sodyum karbonat gibi alkali karbonatların olması istenmez ve bitkilere zehir etkisi yapar (Kanber ve Ünlü 2010).

Nitrat molekül ağırlığı 62,008; birleşme değeri -1'dir. Sodyum nitrat olarak bulunur. Tüm nitrat tuzları suda çözünürler ve kolayca yıkanılır. Verimli topraklar nitrat içerir. Bunun, organik maddenin oksidasyonundan veya atmosferdeki elementel azotun fiksasyonundan ileri geldiği kabul edilmektedir. Yer altı suları yüzey sularına göre, daha fazla nitrat içerirler. Bu değer 1 ppm'den azdır. Anılan miktar toprağa herhangi bir etki yapmaz. Ancak sürekli sodyum nitrat gübrelemesi yapılması, toprakların yapı ve hidrolik iletkenliğini kötü biçimde etkiler. Sulama suları ile yeterli miktarda nitrat uygulanması özellikle çayır otlarında gelişmeyi arttırır (Kanber ve Ünlü 2010).

Artık sodyum karbonat içeriği toprakta olabilecek bozulmayla ilgili kullanılabilir bir kalite kriteridir. Bu ölçüt suların karbonat, bikarbonat, kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonlarından hareketle hesaplanır.

Bor atom ağırlığı 10,82 olan 3 değerlikli bir iyondur. Doğada birçok formda bulunur. Özellikle boraks (tincal), kimyasal borat (colemanite) veya borik asit olarak sıcak maden suları veya gayzerlerde rastlanır. Hemen tüm sulama sularında değişik konsantrasyonlarda vardır. Asit sularda iyonize halde borik asit olarak bulunurken; pH'sı 9,2'den yüksek olan alkali sularda hem borik asit hem de tetraborat iyonu halinde bulunmaktadır. pH'nın 9,2 olduğu durumlarda yalnızca tetraborat oluşur. Sudaki metaborat ( $\text{BO}_2$ ) formu daha çok pH'nın 9,2'den yüksek olduğu alkali ortamlarda meydana gelir. Borun birçok tuzu suda eriyebilir özelliktedir (Kanber ve Ünlü 2010).

Sulama sularında ağır metaller daha ziyade atık suların sulara karışması durumunda görülebilir. Ağır metallerin bitkiye toksik etkileri söz konusudur.

Suların sertliği, içerisinde çözülmüş halde bulunan kalsiyum ve magnezyumun çeşitli tuzlarından ileri gelir. İçerisinde çözülmüş halde kalsiyum ve magnezyumun çeşitli tuzlarını bulunduran suyun sertliği, bu tuzların konsantrasyonu ile doğru orantılıdır. Başka bir ifade ile içerisinde kalsiyum ve magnezyumun tuzlarının konsantrasyonu yüksek olan suyun sertlik derecesi de yüksek olur (Varol vd. 2005). Sularda sertlik Alman, Fransız, Rus, Amerikan ve İngiliz sertlik dereceleriyle ölçülebilir. Ülkemizde yaygın olarak kullanılan sertlik derecesi Fransız sertlik derecesidir (Aydın ve Sezen 1995). 1 litre suda, 10 mg kalsiyum karbonata eşdeğer kalsiyum ve magnezyum tuzları içeren suların sertliği 1 Fransız Derecesi (1 Fr°) olarak tanımlanır.

#### **Suyun kimyasal özelliklerinin toprak, bitki ve sulama yöntemleri açısından önemi:**

Suyun uygun sınırlarda olmayan pH'sı bitkide beslenme düzensizliklerine neden olur ve pH'nın normal değeri 6,5-8,4 arasında olmalıdır (Hoffman *et al.* 1983). Sulama sistemleri açısından kullanılan suların pH'sının 6,0-6,5 dolaylarında olması istenir (Tüzel ve Anaç 1991).

İnfiltrasyon, tuzluluk artışıyla artar, sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) artışıyla da azalır (Hoffman *et al.* 1992). Topraklarda tuzluluk 4 dS/m'yi geçerse tuzlu topraklar oluşur. Tuzlu topraklar osmotik basınç artışından dolayı bitki su alımını engellediği gibi, bitkiye toksik etkide artar. Bundan dolayı yıkama yapılması, tuza dayanıklı bitki seçilmesi, kök bölgesinde toprak neminin tarla kapasitesine yakın tutulması önem arz eder.

Suların sulamada kullanılabilirliğinin değerlendirilmesinde yaygın olarak USSL (Anonymous 1954) ve Ayers-Westcot (1989) sınıflandırma sistemleri kullanılmaktadır.

USSL yaklaşımında sulama suları EC ve SAR değerlerine göre sınıflara ayrılmış, kullanılabilirlikleri irdelenmiştir.

EC'ye göre sınıflar ve sınırlamalar (Kanber ve Ünlü 2010);

**1. Sınıf su,  $C_1$  (<250  $\mu\text{mhos/cm}$ ):** Sulama yönünden sorun olmayan topraklarda tüm bitkiler için güvenle kullanılabilir.

**2. Sınıf su,  $C_2$  (250–750  $\mu\text{mhos/cm}$ ):** Sulama yönünden sorun olmayan topraklarda tuza orta veya yüksek oranda dayanıklı bitkiler için kullanılabilir. Ancak dönem dönem yıkama yapılmalıdır. Arazide drenaj sistemleri kurulmalıdır.

**3. Sınıf su,  $C_3$  (750-2250  $\mu\text{mhos/cm}$ ):** Tuza orta veya yüksek oranda dayanıklı bitkiler için hafif ve orta bünyeli topraklarda daha yoğun yıkama yapılarak kullanılabilir. Drenajı olmayan alanlarda kullanılmamalıdır.

**4. Sınıf su,  $C_4$  (2250-5000  $\mu\text{mhos/cm}$ ):** Sulama yönünden sorun olmayan alanlarda tuza çok dayanıklı bitkiler için ve sürekli yıkama yapılarak kullanılabilir. Ancak sulamalarda 4. sınıf suların kullanılması önerilmez.

SAR'a göre sınıflar ve sınırlamalar (Kanber ve Ünlü 2010);

**1. Sınıf su,  $S_1$  (<10):** Her toprak ve bitki için güvenle kullanılabilir. İyi nitelikli sulama suyu sayılır. Sert çekirdekli meyve ağaçları ile avokado sulamalarında sodyuma duyarlı oldukları için dikkatli davranılmalıdır.

**2. Sınıf su,  $S_2$  (10-18):** Geçirgen topraklarda güvenle kullanılabilir. Sert çekirdekli bitkiler için tehlikeli olabilirler. Katyon değişim kapasitesi yüksek olan ağır bünyeli topraklarda özellikle düşük yıkama koşullarında ve toprakta  $CO_3$  ve  $HCO_3$  iyonlarının bulunması durumunda sodyum birikmesi olabilir.

**3. Sınıf su,  $S_3$  (18-26):** Çok geçirgen topraklarda alçı eklemek koşuluyla kullanılabilirler. Uygun drenaj sisteminin olmayışı, toprağa iyileştirici kimyasal maddelerin eklenmemesi ve özel toprak işleme programı uygulanmaması durumunda bu sular kesinlikle kullanılmamalıdır. Ağır bünyeli topraklarda kış yağışının 500 mm'den az olduğu yörelerde sodyum birikmesine neden olabilir.

**4. Sınıf su,  $S_4$  (26-35):** Sulamaya genelde uygun değildir. Ancak tuzluluk yönünden sorun olmayan geçirgen topraklarda yıkamaya önem vermek ve alçı veya başka bir kimyasal iyileştiricinin eklenmesi koşuluyla kullanılabilirler.

Ayers–Westcot yöntemi ise, başlıca sorun yaratan 4 alanı ele almıştır. Bunlar tuzluluk, infiltrasyon, toksisite ve diğer etkilere (Çizelge 2.1). Sorunlar şiddetlilik derecesine göre “Sorun Yok”, “Artan Sorun Var (Sorun Başlıyor)” ve “Şiddetli Sorun Var” şeklinde 3 ayrı düzeyde ele alınmıştır. Ayers-Westcot sınıflaması, toprak, iklim, sulama yöntemi, kullanılan özel tarımsal uygulama ve yöresel deneyimlere göre değiştirilebilecek niteliktedir. Ayers and Westcot tarafından verilen rehberdeki SAR değerleri yerine sulama suyunun infiltrasyon sorunu yaratma potansiyelinin daha iyi değerlendirilmesi için düzeltilen düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı ( $AdjR_{Na}$ ) değerleri de kullanılabilir (Kanber ve Ünlü 2010).

**Çizelge 2.1.** Ayers-Westcot Yöntemine Göre Sulama Suyu Sınıflama Rehberi (Ayers and Westcot 1989)

| Potansiyel Sulama Suyu Sorunu                                                               | Sorunun Şiddeti (Kullanım Sınırlılığı) |                |                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------|--------------------|
|                                                                                             | Sorun Yok                              | Sorun Başlıyor | Şiddetli Sorun Var |
| <b>1. Tuzluluk</b> (bitkiye yararlı suyu etkiler)                                           |                                        |                |                    |
| ECw (dS/m)                                                                                  | <0,7                                   | 0,7–3,0        | >3,0               |
| TDS (ppm)                                                                                   | <450                                   | 450–2000       | >2000              |
| <b>2. İnfiltrasyon</b> (Suyun toprağa girme hızını etkiler. SAR ve ECw ile değerlendirilir) |                                        |                |                    |
| SAR = 0-3 ve ECw                                                                            | >0,7                                   | 0,7–0,2        | <0,2               |
| SAR = 3-6 ve ECw                                                                            | >1,2                                   | 1,2–0,3        | <0,3               |
| SAR = 6–12 ve ECw                                                                           | >1,9                                   | 1,9–0,5        | <0,5               |
| SAR = 12–20 ve ECw                                                                          | >2,9                                   | 2,9–1,3        | <1,3               |
| SAR = 20–40 ve ECw                                                                          | >5,0                                   | 5,0–2,9        | <2,9               |
| <b>3. Toksisite</b> (Duyarlı bitkileri etkiler)                                             |                                        |                |                    |
| <b>Sodyum (Na)</b>                                                                          |                                        |                |                    |
| Yüzey sulama (SAR)                                                                          | <3                                     | 3–9            | >9                 |
| Yağmurlama sulama (me/L)                                                                    | <3                                     | >3             |                    |
| <b>Klor (Cl)</b>                                                                            |                                        |                |                    |
| Yüzey sulama (me/L)                                                                         | <4                                     | 4–10           | >10                |
| Yağmurlama sulama (me/L)                                                                    | <3                                     | >3             |                    |
| <b>Bor (B)</b> (ppm)                                                                        | <0,7                                   | 0,7–3,0        | >3,0               |
| <b>4. Diğer Etkiler</b> (Duyarlı bitkileri etkiler)                                         |                                        |                |                    |
| Azot (NO <sub>3</sub> –N) (ppm)                                                             | <5                                     | 5–30           | >30                |
| Bikarbonat (HCO <sub>3</sub> ) (me/L)                                                       | <1,5                                   | 1,5–8,5        | >8,5               |
| (Sadece yağmurlama sulama için)                                                             |                                        |                |                    |
| pH ( normal sınırlar)                                                                       | 6,5–8,4                                |                |                    |

Sulama suyundaki sodyum oranı yüksek ise sodyumun toprak tanecikleri tarafından adsorbe edilmesi sonunda toprağın fiziksel durumunun ciddi bir şekilde bozulması söz konusudur. Genellikle sulama sularında % Na değerlerinin toprağa ve bitkiye zararlı olmaması için 50–60 değerinden yüksek olması istenmez (Güngör vd. 2002). Ancak,

toprağın yüksek katyon değiştirme kapasitesine sahip olduğu yerlerde sulama suyunun % Na değerinin 50'nin üzerindeki değerleri de emniyetli sınırlar içerisinde olabilir (Ayyıldız 1983). Fazla miktarda sodyum adsorbe etmiş topraklar sulanınca toprak tanecikleri birbirine yapışır, geçirimsiz bir hal alır. Bazı toprak cinslerinin geçirgenliğinin, fazla sodyum yüzünden çok fazla miktarda azaldığı görülmüştür.

Kalsiyumun sulama sularında fazla olması, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkiler. Toprağı kolay işlenebilir, gevrek hale getirir. İnfiltrasyon kapasitesini yükseltir. Kalsiyum olağan bitki gelişmesi için temel maddedir. Alkali karbonat formunda sulama suyu ile fazla verilmesi, kalsiyumun uygunluğunu arttırmaz. Kalsiyum eksikliğine daha çok yağışlı alanlarda rastlanır (Kanber ve nl 2010).

Yüksek konsantrasyonlardaki magnezyum tuzları bazı hallerde toksik etkide bulunurlar. Bu toksisite ise nispeten yüksek konsantrasyonlardaki kalsiyum ile azaltılabilir.

Klor konsantrasyonu önceleri sulama sularının sınıflandırılmasında çok önemli bir ölçüt sayılmıştır. Suyun çok nitelikli sayılabilmesi için az oranda klor içermesi bir ön koşul olarak kabul edilmiştir. Aslında klorun çok az miktarı (iz miktarı) bitki gelişimi için gereklidir. Klor iyonun bitkilerde karbonhidrat iletimini ve stomaların açılıp kapanmasını denetlediği bilinmektedir. Yapraklarda biriken klorun konsantrasyonu bitkinin direnç sınırını geçerse zararlanma belirtileri ortaya çıkar. Klor zehirlenmesi ilk önce yaprak uçlarında görülür. Yaprak ucu kurur. Zehirlenme arttı kurumalar yaprak ucundan kenarlara doğru gelişir. l doku miktarının aşırı biçimde artması, yaprağın düşmesine veya tüm yaprakların dökülmesine neden olur. Bu belirtiler duyarlı bitkilerde yaprakta biriken klor konsantrasyonu kuru ağırlığın %0,3-1,0 oranında iken ortaya çıkmaya başlar. Ancak bu bitkiler arasında klora karşı gösterilen duyarlılık değişir (Kanber ve nl 2010). Klor iyonunun 4 me/L'den az miktarlarında toksik etkisi görülmezken 4-10 me/L'de toksik etki ortaya çıkar ve 10 me/L'den sonra ise sorunun şiddeti artar (James 1988).

Sülfatın sulama suyunda bulunması bitkiler için yararlı olabilmektedir. Yüksek miktarda bulunan sülfat, kalsiyumun çökmesine neden olarak toksik etki yaptığı gibi fazla sodyumda bitkilere toksik etki yapabilmektedir (Erözel 1986).

Bikarbonat iyonu tuzlu ortamlarda çok fazla miktarda bulunur. Bitkilerde sararma belirtilerinin oluşmasına neden olur. Anılan iyonun bitki besleme yönünden önemi çok küçüktür. Tarla bitkileri karbondioksiti gaz fazında doğrudan atmosferden; buna karşı suda yaşayan bitkiler gerekli karbondioksiti bikarbonat formunda sudan almaktadırlar (Kanber ve Ünlü 2010).

Sulama sularında bulunan nitrat, gübre değeri nedeniyle istenir. Bitkilere toksik etkisi yoktur. Yüksek konsantrasyondaki nitratin bitkilere etkileri ozmotiktir (Sağlam ve Adiloğlu 1997). Sulama sularında amonyum tuzlarının bulunması topraklarda dispersiyonu artırıcı, geçirgenliği düşürücü etki yapar. Fakat bu etki sürekli değildir (Varol vd. 2005).

Sulama sularındaki bor bitkilere toksik etki yapabilen özel iyondur. Bitkilerin gelişmesi için gerekli olan bor, fazla bulunduğu zaman bitkiler için son derece zararlıdır. Bir kısım bitkiler için 0,2 mg/L bor gelişme için gereklidir; ancak 1-2 mg/L ise zehirlenme yapar. Yüzey suları kimi zaman toksik olacak düzeyde bor içerirler. Kuyu veya özellikle jeotermal alanlarda ve fay kırıklarına yakın yerlerdeki kaynak suları ara sıra toksik miktarda bor içerirler. Bor iyonu sulama suları ile toprağa eklendiğinde profilde dikkate değer herhangi bir etki yapmaz. Toprak parçacıkları tarafından tutulur ve sonra ardı ardına yapılan yıkamalarla profilden uzaklaştırılabilir.

Sulama suyundan kaynaklanan bor sorunları topraktan kaynaklananlardan daha çok meydana gelir. Bor zehirlenmesi tüm bitkilerde görülebilir. Bor zehirlenmesi belirtileri öncelikle yaşlı yapraklarda sararma, beneklenme ve yaprak ucundan kenarlara doğru kurumalarla kendini gösterir. Kuruma ve sararmalar zamanla bor birikimi arttıkça damarlar arasından merkeze doğru gelişir. Yukarıda belirtilen tipik yaprak belirtilerini göstermeyen ancak bordan ciddi biçimde etkilenmiş ağaçlarda örneğin, badem ve

diğerleri gibi dal ve gövdede zamklanma veya sızıntının meydana gelmesi dikkate değerdir. Birçok bitkide zehirlenme belirtileri yaprak ayasındaki bor konsantrasyonu 250-300 mg/kg (kuru ağırlık) düzeyini geçtikten sonra ortaya çıkar. Ancak duyarlı bitkilerin hepsi yapraklarında bor biriktirmez. Örneğin, sert çekirdekli meyveler (şeftali, erik, badem vb.), yumuşak çekirdekli (elma, armut vb.) göre bordan kolayca zarar görürler. Fakat güvenilebilir bir tanım amacıyla yapılacak yaprak analizleri için yeterli miktarda bor biriktirmezler. Bu bitkiler için aşırı bor zararlanması durumu, toprak ve su analizleri ve ağacın gösterdiği belirtiler ile büyüme özelliklerinden anlaşılabilir.

Sularda bulunabilecek ağır metallerin bitkiye toksik etkileri söz konusudur. Sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal konsantrasyonları Çizelge 2.2'de verilmiştir.

Sulama suyunun tuzlu olması koşulunda, yıllık yağışın 300 mm'den fazla olduğu yörelerde özellikle damla sulama yöntemi uygulanabilir. Bunun nedeni, hem tuzun toprakta ıslak cephe sınırına taşınarak kök bölgesindeki tuz konsantrasyonunun azalması ve hem de damla sulama yönteminde bitki kök bölgesinde sürekli yüksek düzeyde nem sağlandığından, erimiş haldeki tuzların oluşturduğu ozmotik potansiyelin yüksek olmasına karşın, matrik potansiyelin düşük düzeyde olması nedeniyle toplam potansiyelin bitkinin kökleri aracılığıyla suyu almasına engellememesidir.

Ancak yüksek tuz konsantrasyonlarında damla sulama sisteminde damlatıcıların kısmen veya tamamen tıkanması söz konusu olabilmektedir. Ca, Mg ve  $\text{HCO}_3$  iyonlarının yüksek konsantrasyonları, yüksek pH ve sıcaklık kimyasal tıkanmaya neden olan faktörlerdir (Hills *et al.* 1989). Borularda oluşacak önemli bir sıcaklık artışı  $\text{CaCO}_3$  ve  $\text{MgCO}_3$  çökelmesini kolaylaştırır (Maier 1981).

**Çizelge 2.2.** Sulama Sularında İzin Verilebilen Maksimum Ağır Metal Konsantrasyonları (Anonim 1991)

| Elementler          | Birim Alana Verilebilecek Maksimum Toplam Miktarlar, kg/ha | İzin Verilen Maksimum Konsantrasyonlar                                    |                                                                                              |
|---------------------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
|                     |                                                            | Her Türlü Zeminde Sürekli Sulama Yapılması Durumunda Sınır Değerler, mg/L | pH Değeri 6,0-8,5 Arasında Olan Killi Zeminlerde 24 Yıldan Daha Az Sulama Yapıldığında, mg/L |
| Alüminyum           | 4600                                                       | 5,0                                                                       | 20,0                                                                                         |
| Arsenik             | 90                                                         | 0,1                                                                       | 2,0                                                                                          |
| Berilyum            | 90                                                         | 0,1                                                                       | 0,5                                                                                          |
| Bor                 | 680                                                        | - <sup>3</sup>                                                            | 2,0                                                                                          |
| Kadmiyum            | 9                                                          | 0,01                                                                      | 0,05                                                                                         |
| Krom                | 90                                                         | 0,1                                                                       | 1,0                                                                                          |
| Kobalt              | 45                                                         | 0,05                                                                      | 5,0                                                                                          |
| Bakır               | 190                                                        | 0,2                                                                       | 5,0                                                                                          |
| Florür              | 920                                                        | 1,0                                                                       | 15,0                                                                                         |
| Demir               | 4600                                                       | 5,0                                                                       | 20,0                                                                                         |
| Kurşun              | 4600                                                       | 5,0                                                                       | 10,0                                                                                         |
| Lityum <sup>1</sup> | -                                                          | 2,5                                                                       | 2,5                                                                                          |
| Manganez            | 920                                                        | 0,2                                                                       | 10,0                                                                                         |
| Molibden            | 9                                                          | 0,01                                                                      | 0,05 <sup>2</sup>                                                                            |
| Nikel               | 920                                                        | 0,2                                                                       | 2,0                                                                                          |
| Selenyum            | 16                                                         | 0,02                                                                      | 0,02                                                                                         |
| Vanadyum            | -                                                          | 0,1                                                                       | 1,0                                                                                          |
| Çinko               | 1840                                                       | 2,0                                                                       | 10,0                                                                                         |

<sup>1</sup> Sulanan narenciye için 0,075 mg/L'dir.

<sup>2</sup> Yalnız demir içeriği fazla olan asitli killi topraklarda izin verilen konsantrasyondur.

<sup>3</sup> Çizelge 3.15'de verilmiştir.

Langelier saturasyon indeksi (LSI) değerinin pozitif olması  $\text{CaCO}_3$  çökeltisi olabileceği şeklinde yorumlanmaktadır (Kanber ve Ünlü 2010). Damla sulama da kullanılan suyun pH sınırı 7,5'dan yüksek olması ve yüksek düzeyde Ca ve Mg içermesi durumunda,  $\text{CaCO}_3$  ve  $\text{MgCO}_3$  şeklinde çökelmelere neden olarak sistemde tıkanmalar oluşturabilmektedir (Howell *et al.* 1983). Tıkanma sorunu Ca ve Mg konsantrasyonu 50 ppm'in üzerine çıktığı durumlarda oluşabilmektedir. Sulama suyu yüksek konsantrasyonda Ca ve Mg iyonları içeriyorsa, sistemde birikimlerin oluşmasını engellemek için periyodik olarak asit uygulanması önerilmektedir (James 1988).

Sulama suyunda  $\text{HCO}_3$  bulunması durumunda sisteme asit verilerek bunların çökelmeleri önlenemediği gibi suyun havalandırılması ve bir havuzda çökelmeler oluncaya kadar dinlendirilmesi de düşünülebilir (Korukçu 1975).

Damlatıcı tıkanmasına neden olan su kalite kriterleri Çizelge 2.3’de verilmiştir (Nakayama 1982).

**Çizelge 2.3.** Damlatıcı Tıkanmasının Belirlenmesi Amacıyla Kullanılan Su Kalite Kriterleri

| Potansiyel Sorun Unsurları             | Tıkanma Zararı |               |          |
|----------------------------------------|----------------|---------------|----------|
|                                        | Yok            | Hafif-Orta    | Şiddetli |
| Fiziksel                               |                |               |          |
| Süspanse Katılar (mg/L)                | <50            | 50–100        | >100     |
| Kimyasal                               |                |               |          |
| pH                                     | <7,0           | 7,0–8,0       | >8,0     |
| Çözünmüş Katılar (mg/L)                | <500           | 500–2000      | >2000    |
| Manganez (mg/L)                        | <0,1           | 0,1–1,5       | >1,5     |
| Demir (mg/L)                           | <0,1           | 0,1–1,5       | >1,5     |
| Hidrojen Sülfid (mg/L)                 | <0,5           | 0,5–2,0       | >2,0     |
| Biyolojik                              |                |               |          |
| Bakteri popülasyonu (maksimum sayı/ml) | <10 000        | 10 000–50 000 | >50 000  |

### 2.1.3. Suyun biyolojik özellikleri

Su alındığı kaynağa bağlı olarak, insan sağlığına zararlı bakteri, virüs, parazit gibi mikroskopik canlılar içerebilir. Bakteri bakımından en güvenli sular, kum ve kumtaşı formasyonundan süzülen sulardır; çünkü bu formasyon çok iyi bir filtre görevi yapar. Kum ne kadar ince olursa filtre de o kadar iyi olacaktır. Çakıl depozitlerinden süzülen sular genellikle filtre olmazlar; kalker formasyonlarında ise yarık ve çatlaklar bulunabileceğinden bu formasyonlar, mikroplarla kirletilmiş suların daha hızlı ve daha uzak mesafelere taşınmasına neden olabilirler (Güler ve Çobanoğlu 1997)

Sudaki başlıca mikroorganizmalara bitkiler (yosun veya diğer tek hücreliler) ve hayvanlar (protozoalar, kurtlar veya kabuklular) da dahildir. Suda patojenik mikroorganizmalar hariç bu canlılardan az miktarda bulunmasının bir zararı yoktur. Ancak, fazla olursa tat, koku ve filtrelerin tıkanması vb. bakımından bazı sorunlar ortaya çıkabilir. Diğer taraftan bu organizmaların çoğu sulama sistemleri için yararlıdır. Örneğin, protozoalar bakterileri yok ettiklerinden suların kendi kendine temizlenmesine yardım ederler (Güler ve Çobanoğlu 1997).

**Suyun biyolojik özelliklerinin toprak, bitki ve sulama yöntemleri açısından önemi:**

Suyun biyolojik özellikleri daha çok damla sulamada önemlidir. Damla sulamada tıkanmaya neden olan mikroorganizmalar; algler, bakteriler, funguslar, yumuşakça yumurtaları ve larvalardır. Sulama suyunun yüksek miktarda organik madde ve demir içermesi, ortamın da mikrobiyal aktivite için uygun olması damlatıcı tıkanmalarına neden olabilmektedir (Kapar vd. 1997). Karakteristik kırmızı renkteki su, demir II'nin demir III'e oksitlenmesinden veya hidroksit şeklinde demirin çökmesinden ileri gelir. Demirin yaratacağı çökeltme sorunu bakteriyal faaliyetlerle daha da artar. Bazı durumlarda su dağıtma sistemleri demir bakterilerinin faaliyetiyle tıkanır.

Çoğu algler gelişmek için ışığa ihtiyaç duyduklarından toprak yüzeyinde siyah boru ve damlatıcıların kullanılması daha uygun olmaktadır. Ancak alg sorunu yine yaşanabileceğinden sistem durdurulmadan önce 2-5 ppm'lik klorun sisteme verilmesi sorunu çözmede yardımcı olabilmektedir (Korukçu 1975). Ayrıca alg gelişimini önlemek için bakır sülfat ve sülfürik asitte kullanılabilir (Howell *et al.* 1983).

Alglerin hızlı bir şekilde büyümesi çökeltme havuzlarında da ciddi problemler oluşturur.

Basıncılı sulama sistemlerinde biyolojik orjinli tıkanmanın giderilmesinde klor uygulaması en ucuz ve en genel yoldur (Pitts *et al.* 1990; Evans 2000; Coelho and Resende 2001). Kalsiyum hypochlorite, sodyum hypochlorite, klor gazı veya diğer

algisitler ve bakterisitler bakteriyel gelişimi önlemek için kullanılabilir (Anonymous 2001).

Devamlı klorlama sulama suyunun ve neticesinde de toprağın tuzluluğunda artışa neden olacaktır. Bu problem diğer alternatiflerin denenmesi ile giderilebilir. Bunlardan biri ultraviyole dezenfeksiyonudur. Ancak bu yöntemde de etkili filtrasyon olmadan başarı sağlanamamaktadır (Hills *et al.* 2000). Son yıllarda üzerinde durulan önemli bir uygulama da biyolojik tıkanmanın biyolojik uygulamalarla giderilmesidir. Mikrobiyal organizmaların kullanıldığı bir çalışmada başarı sağlanmıştır (Şahin vd. 2005).

## **2.2. Sulama Suyu Kalitesini Belirlemeye Yönelik Yapılmış Bazı Çalışmalar**

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

Bursa ovasında açılmış bir sondaj kuyusunda 16-20 mg/L olan  $\text{NO}_3$  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  $\text{NO}_3$  (=0,062–0,364 ppm  $\text{NO}_3\text{-N}'u$ ) bulunduğunu, akarsularda 50-150 ppm  $\text{NO}_3$  (=11,3-33,9 ppm  $\text{NO}_3\text{-N}'u$ ) içeriğinin kirlenme belirtisi olarak kabul edildiğini bildirmiştir.

Uslu ve Türkman (1987), sularda  $\text{NO}_3$  iyonlarının hayvansal ve bitkisel atıkların içerdiği proteinin ayrışması sonucu ortaya çıkan  $\text{NH}_3$ 'ün oksitlenmesinden, tarımsal alanlarda kullanılan nitratlı gübrelerden, atmosferdeki elektriksel deşarjlar sonucunda

azotun doğrudan azot oksitlere yükseltgenmesi ve bu oksitlerin sudaki reaksiyonlarından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Sentetik deterjanlar P içerdikleri için, atık sularla alıcı su ortamlarına ulaşarak yüzey sularda ötrofikasyona ve dolayısıyla ikincil kirlenmeye neden olmakta; evsel atık sularda 5-20, tarımsal drenaj sularında 0,05–1,00, kirlenmiş göl sularında 0,01–0,04, ötrofik göl sularında 0,03–1,50, akarsularda 0,01–1,00 ve yağmur sularında 0,004-0,030 ppm toplam P bulunduğu ifade edilmektedir (Uslu ve Türkman 1987).

Tarımsal uygulamalar sonucu sudaki  $\text{HPO}_4$  miktarının 0,300 ppm'in üzerine çıkması insanlar tarafından suyun kirletildiğini gösterdiği, akarsularda sediment kirliliği ile de yakın ilişkisi olan fosfat kirliliğinin daha çok erozyon, taşkınlar ve sulanan tarım alanlarından yıkanan fosfatların akarsulara taşınması şeklinde olduğu ifade edilmiştir (Saatçi vd. 1988)

Saatçi vd. (1988) evsel ve endüstriyel atıklarla kirlenen Melen çayının kirlenmesini incelemiş ve bu çayın  $\text{NO}_3$  içeriğinin 83,7–120,9 mg/L arasında bulunduğunu bildirmişlerdir.

Şahin vd. (1998), Erzurum İli Tortum ve Uzundere ilçelerindeki seralarda sulamada kullanılan suların, damla sulama sistemine, toprağa ve bitkiye olabilecek etkilerini incelemişlerdir. Araştırmada, 21 farklı yerden alınan sulama suyu örneklerinin Ca, Mg, Na, K,  $\text{CO}_3$ ,  $\text{HCO}_3$ , Cl,  $\text{SO}_4$ , Fe iyonları, organik madde miktarları ile pH ve EC'leri belirlenmiştir. Toplam tuz miktarı, Langelier Saturasyon İndeksi, %Na, SAR, AdjSAR, RSC, Potansiyel Tuzluluk, Permeabilite İndeksi ve sertlik gibi parametreler de belirlenerek sulama sularının kullanılabilirlikleri değerlendirilmiştir. Toprak ve bitki açısından suların bir sorun yaratmayacağı ancak permeabilitede azalmalara yol açabileceği, damla sulama sistemi açısından ise suların sistemde tıkanma sorunu oluşturabileceği saptanmıştır.

Kaplan vd. (1999) Antalya-Kumluca yöresinde kuyu sularının nitrat içeriklerinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada  $\text{NO}_3$  kirlenmesi olasılığı yüksek olan Kumluca yöresi kuyu suyu örneklerinin  $\text{NO}_3$  iyonu içeriğini ortalama 52,15 mg/L olmak üzere 2,46-164,91 mg/L değerleri arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Kuyu suyu örneklerinin  $\text{NO}_3$  içerikleri Dünya Sağlık Örgütü (WHO)'nün bildirdiği 45 mg/L'lik sınır değerine göre değerlendirildiğinde, örneklerin %50'sinin  $\text{NO}_3$  bakımından kabul edilebilir sınırlar üzerinde kirlendiğini ortaya koymuşlardır.

Okur vd. (2002) Büyük Menderes ve Gediz Nehrinde yapmış oldukları çalışmada nehirlerin tüm yıl boyunca yoğun bir tuzlanma ve organik kirlenme ile karşı karşıya olduğunu ortaya koymuşlardır. Araştırmacılar kirlenmenin boyutlarının su örneği alınan noktalara göre de farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir.

Şener vd. (2002), Çanakkale, Ezine ve Lapseki yöresindeki yüzey, yer altı ve rezervuar sularının sulama suyu kalite özelliklerini belirlemek amacıyla yaptıkları bir çalışmada, sulama dönemi boyunca aldıkları su örneklerinin EC, pH, sıcaklık,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}_3$ ,  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ , Cl, K, Na, (Ca+Mg), RSC ve SAR yönünden sulamaya uygunluklarını araştırmışlardır. Araştırma sonucunda, aldıkları tüm su örneklerinin Halileli, Yeni Mahalle ve Umurbey kuyu suları hariç sulamaya uygun olduklarını belirlemişlerdir. Söz konusu bu kuyularda ise  $\text{NO}_3$  seviyesinin yüksek çıktığını ifade etmişlerdir. Ayrıca kimyasal yönden yüzey sularının yer altı sularından daha iyi olduğunu belirtmişlerdir.

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

Gediz nehri çevresinde hasada yakın sebze ve meyvelerin ağır metal içeriklerinin belirlendiği bir çalışmada doğal ya da endüstriyel atıklardan kaynaklanan bazı mikro element ve ağır metal kirlilikleri saptanmıştır (Seçer vd. 2002).

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 alınmıştır. Araştırma sonucunda, göl suyu ve artezyen sularının tuzluluk ve sodyumluluk yönünden  $C_3S_1$ , akarsuların ise  $C_2S_1$  sınıfında yer aldığı belirtilmiştir. Ayrıca, incelenen su kaynaklarının B, Cl ve  $SO_4$  içeriklerinin normal düzeylerde oldukları, göl suyunun ise  $HCO_3$  içeriğinin sınır değerlerin yakınında olduğu ifade edilmiştir.

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 ifade edilmiştir.

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

Hills *et al.* (1989) yaptıkları bir çalışmada damlatıcı debilerinin 590  $\mu S/cm$  iletkenlikte %3-15, 2020  $\mu S/cm$  iletkenlikte ise %20-40 düzeyinde azaldığını belirlemişlerdir.

Varol vd. (2005), Tekirdağ İli sulama sularının özelliklerini belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, analizi yapılan su örneklerinin sertlik, pH, Cl ve SAR yönünden sulamaya uygun oldukları ve yaklaşık %90'ının  $C_2S_1$  sınıfına girdiği belirtilmiştir.

Ayrancı (2006) tarafından Muğla-Ortaca yöresindeki seralarda sulama amaçlı kullanılan yer altı sularının kalitelerinin belirlenmesi amacıyla bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Alınan su örneklerinin pH, EC, Na, Mg, Ca, K,  $CO_3$ ,  $HCO_3$ , Cl,  $SO_4$  analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlardan yararlanarak SAR, %Na, RSC değerleri hesaplanmıştır. Örneklerin %76'sı  $C_2S_1$ , %24'ü ise  $C_3S_1$  sınıfına girmiştir. %Na ve SAR

yönünden tüm örnekler 1. sınıfta yer almıştır. En önemli sorunun klor olduğu belirtilmiş ve ayrıca örneklerin %76'sında sülfata rastlanmıştır.

Ordu ve Demir (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.

Arslan vd. (2007), Bafra Ovası yer altı sularının sulamaya uygunluklarını belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, 2005 yılının Haziran, Temmuz, Ağustos aylarında 10 kuyudan aldıkları su örneklerinin pH, EC, Na, Ca, Mg, K, CO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>, SAR ve RSC yönünden sulamaya uygunluklarını değerlendirmişlerdir.

Kara ve Şimşekli (2008), Erkenez çayının kirlilik durumunu fiziko-kimyasal parametrelerle belirlemişlerdir. Çalışmada, alınan su örnekleri; çözünmüş oksijen, pH, EC, NO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>, P, SO<sub>4</sub>, Ca, Na ve K yönünden analize tabi tutulmuştur. Araştırma sonucunda, SO<sub>4</sub>, NO<sub>2</sub> ve P değerlerinin oldukça yüksek çıktığı ifade edilmiştir.

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 EC gibi diğer fiziko-kimyasal parametreler analiz edilmiştir. Araştırma sonucunda pH, tuzluluk ve EC gibi parametrelerin kullanılan tarımsal kimyasalların etkisiyle herhangi bir değişim göstermediği, ağır metal düzeylerinde ise bölgesel ve dönemsel değişmelerin olduğu belirtilmiştir.

Aşık vd. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, Aşağı Gediz Havzası sulama alanına su sağlayan Adala, Ahmetli ve Emiralem regülatör sularının sulama suyu kalite parametreleri belirlenmiş ve bunların mekansal ve zamansal değişimleri ortaya

konulmuştur. Bu amaçla, Adala, Ahmetli ve Emiralem regülatörlerinin hemen çıkışlarından (mansaplarından) 2004 ve 2005 yılı sulama sezonu boyunca yaklaşık 20 günlük aralıklarla 4 kez (dönem) su örnekleri alınmıştır. Her 2 yılda da alınan tüm su örnekleri, tuzluluk ve sodyumluluk yönünden  $C_2S_1$  sulama suyu sınıfı içerisinde yer almıştır. Ağır metal, P ve N konsantrasyonları da genel olarak sınır değerleri aşmamıştır. Bu suyun, sulama suyu kalite kriterlerine uygun olduğu, toprağa ve bitkiye zarar vermeksizin sulamada kullanılabileceği belirlenmiştir. 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 olmamıştır.

Üzen vd. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, Diyarbakır koşullarında, drenaj tipi lizimetre benzeri tank kullanılarak farklı tuz düzeylerindeki sulama sularının farklı pamuk çeşitlerine olan etkisi araştırılmıştır. Denemede 4 farklı tuz düzeyi ve 3 farklı pamuk çeşidi kullanılmıştır. Pamuk çeşitlerine göre toprak tuzluluk eşik değerleri belirlenmiştir. Çeşitlerde deneme konularına göre su tüketimleri 1043–1135 mm arasında olmuştur. Sulama suyu kullanma randımanları 3,8–1,1 kg/da/mm arasında, toplam su kullanma randımanları ise yine çeşitlere ve tuzluluk düzeylerine göre 3,5–1,0 kg/da/mm arasında değişmiştir.

Dönderici vd. (2010) tarafından yapılan bir çalışmada, Adana Hıfzıssıhha Enstitüsü Müdürlüğü Su Kimyası Laboratuvarında 2009 yılı içerisinde analiz amacıyla gelen kaynak sularının fiziksel ve kimyasal kaliteleri değerlendirilmiştir. Su kalitesinin fiziksel ve kimyasal olarak değerlendirilmesinde renk, tat, koku, bulanıklık, iletkenlik, pH, Al, Fe, B, As, Mn,  $NH_4$ ,  $O_3$  ve  $BrO_3$  parametrelerine yönelik analizler yapılmıştır. Kaynak sularının fiziksel analizleri sonucunda 61 örnekten yalnızca ikisinde bulanıklık tespit edilmiştir. pH ve iletkenlik değerleri uygun bulunmuştur. Kaynak sularında yapılan kimyasal analizlerde 61 örneğin üçünde  $BrO_3$ , 15 örneğin birinde B, 18 örneğin birinde Mn ve birinde ise As düzeylerinin yönetmelik değerini aştığı belirlenmiştir. Çalışılan örneklerde Al,  $NH_4$ , Fe ve  $O_3$  saptanamamıştır.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Bu çalışmada, Manisa ili sınırları içerisinde yer alan tarım alanlarının sulanmasında yaygın olarak kullanılan suların kalite özellikleri değerlendirilmiştir.

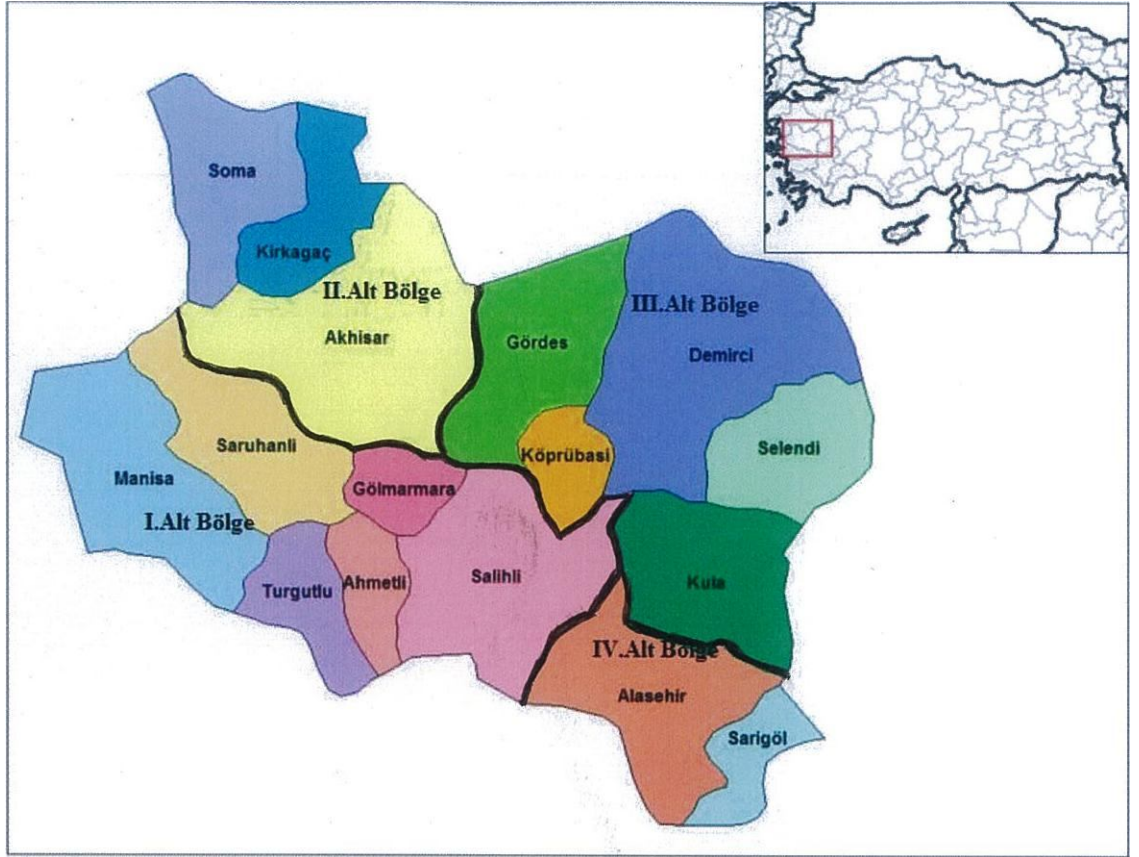
##### 3.1.1. İl genel özellikleri

Manisa ili, Gediz ırmağının geçtiği Manisa ovası kenarında, Manisa dağının kuzey eteğinde kuruludur (Anonim 2002). Coğrafi bakımdan Ege bölgesinin orta ve kuzeyinde yer almakta olup il topraklarının büyük bölümü Gediz havzasında, küçük bir bölümü de Bakırçay havzasında bulunmaktadır. İdari yönden doğudan Uşak ve Kütahya, batıdan İzmir, kuzeyden Balıkesir, güneyden Aydın, güneydoğudan Denizli illeri ile çevrilidir. İl,  $38^{\circ} 04' - 39^{\circ} 58'$  kuzey enlemleri ile  $27^{\circ} 08' - 29^{\circ} 05'$  doğu boylamları arasında yer alır (Anonim 2002). İlin yüzölçümü 1 381 000 ha ve yükseltisi 50-70 m'dir ( Anonim 1998).

İl alanının %54,3'ünü dağlar, %27,8'ini platolar ve %17,9'unu ovalar kaplamaktadır. İlin önemli dağları; Spil dağı (Eski Karlık Zirvesi 1513 m), Yunt dağı (Nemrut Tepe 1074 m), Bozdağlar (Kumpınar Tepe 2070 m), Demirci dağları (Ziyaret Tepe 1800 m), Çaldağı (Aysekizi Tepe 1034 m) ve Uysal dağıdır (1135 m) (Anonim 2002).

İlin platoları; Kula-Gördes platoları ve Uzunca yayları, vadileri; Gediz vadisi, Bakırçay vadisi, Nif Çayı vadisi, Gördes- Kum Çayı vadisi, Alaşehir vadisi, ovaları; Soma-Kırkağaç ovası, Salihli ovası ve Turgutlu ovasıdır.

Manisa ili; biyofiziksel özellikler (bitki örtüsü, topoğrafik yapısı) ve sosyo-ekonomik koşullar bakımından kendi içerisinde bazı farklılıklar göstermektedir. Bu durum göz önüne alınarak il 4 agro-ekolojik alt bölgeye ayrılmıştır. Alt bölgeler ve bu alt bölgelerde yer alan ilçeler Şekil 3.1'de gösterilmiştir (Anonim 2002).



**Şekil 3.1.** Manisa İli Agro-Ekolojik Alt Bölgeler ve Bu Bölgelerde Yer Alan İlçeler (Anonim 2011a)

Manisa ilinin yüksek kesimlerinde denizden uzaklığa ve yükseltiye bağlı olarak karasal iklim görülmektedir. İl merkezini içine alan batı ve ova kesimlerde Akdeniz iklim tipi hakimdir (Anonim 2002). Manisa ilinin uzun yıllara ait (1975-2008) sıcaklık ve yağış değerleri Çizelge 3.1.'de verilmiştir. Yıllık ortalama sıcaklık  $16,9^{\circ}\text{C}$  ve yıllık yağış miktarı  $694,4\text{ mm}$ 'dir (Anonim 2011b).

Doğal bitki örtüsü içinde yükseltiye bağlı olarak ova bitkileri, makiler, kuraklığa dayanıklı, sürekli yeşil kalabilen Akdeniz bitkileri ve ormanlar yer almaktadır. Ormanlık alanlarda palamut, meşe, kızılçam, karaçam hakimdir. Maki türleri ise; geniş yapraklı taş ıhlamuru, mastık, funda, ladin, zeytin, kocayemiş az miktarda da kuşkonmaz, defne ve üvezdir (Anonim 2002).

**Çizelge 3.1.** Manisa İli Uzun Yıllar (1975-2008) Sıcaklık ve Yağış Değerleri (Anonim 2011b)

|                | <b>Ort. Sıcaklık<br/>(°C)</b> | <b>Ort. En<br/>Yüksek<br/>Sıcaklık (°C)</b> | <b>Ort. En Düşük<br/>Sıcaklık (°C)</b> | <b>Yağış (mm)</b> |
|----------------|-------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------|
| Ocak           | 6,6                           | 10,7                                        | 3,0                                    | 117,2             |
| Şubat          | 7,6                           | 12,1                                        | 3,5                                    | 94,0              |
| Mart           | 10,7                          | 16,1                                        | 5,5                                    | 81,3              |
| Nisan          | 15,2                          | 21,1                                        | 9,3                                    | 57,6              |
| Mayıs          | 20,6                          | 27,1                                        | 13,7                                   | 32,9              |
| Haziran        | 25,8                          | 32,6                                        | 18,3                                   | 12,1              |
| Temmuz         | 28,3                          | 35,2                                        | 21,2                                   | 5,2               |
| Ağustos        | 27,8                          | 34,9                                        | 21,0                                   | 4,4               |
| Eylül          | 23,4                          | 30,5                                        | 16,6                                   | 16,6              |
| Ekim           | 18,0                          | 24,2                                        | 12,4                                   | 41,3              |
| Kasım          | 11,8                          | 16,8                                        | 7,3                                    | 98,6              |
| Aralık         | 8,1                           | 11,8                                        | 4,6                                    | 133,2             |
| <b>Ort/Top</b> | <b>16,9</b>                   | <b>22,7</b>                                 | <b>11,3</b>                            | <b>694,4</b>      |

### 3.1.2. Toprak varlığı ve bitkisel üretimde kullanma durumu

Manisa ili I. sınıf arazilerin toplam alanı 174 911 ha, II. sınıf arazilerin 108 552 ha, III. sınıf arazilerin, 100 402 ha, IV. sınıf arazilerin 116 527 ha, V. sınıf arazilerin 157 ha, VI. sınıf arazilerin 264 196 ha, VII. sınıf arazilerin 562 946 ha ve VIII. sınıf arazilerin ise 12 017 ha'dır. Bu alanların yaklaşık %23,3'ünde kuru tarım, %12,8'inde sulı tarım yapılmaktadır.

Manisa ili arazilerinin alt bölgelere göre arazi kullanım şekilleri de Çizelge 3.2'de verilmiştir. Anılan çizelgeden bahçe (sulı) şeklindeki arazi kullanımının I. ve IV. alt bölgelerde yaygın olduğu, çayır şeklindeki kullanımın da sadece IV. alt bölgede olduğu, III. alt bölgede ise bağ (sulı) ve zeytin yetiştiriciliğinin olmadığı görülmektedir. Ancak son yıllarda III. alt bölgede de bağ (sulı) ve zeytin üretimi yapılmaktadır.

**Çizelge 3.2.** Alt Bölgelere Göre Arazi Kullanım Şekilleri (ha)

|                              | I.Alt Bölge   |              |              |               |              |              | II Alt Bölge  |              |              | III.Alt Bölge |               |              |              | IV.Alt Bölge |              | TOPLAM         |
|------------------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|
| Arazi Kullanımı              | Merkez        | Ahmetli      | Gölmarmara   | Salihli       | Saruhanlı    | Turgutlu     | Akhisar       | Kırkağaç     | Soma         | Demirci       | Gördes        | Kula         | Selendi      | Alaşehir     | Sarıgöl      |                |
| <b>Kuru Tarım (Nadash)</b>   | 13639         | 1525         | 4473         | 26405         | 15357        | 1798         | 24836         | 2778         | 8035         | 11500         | 23642         | 17863        | 9448         | 15566        | 9322         | 186187         |
| <b>Kuru Tarım (Nadassız)</b> | 1854          | 2335         | 3563         | 5507          | 4616         | 3394         | 12817         | 11471        | 11932        | 19908         | 11510         | 18575        | 17155        | 4131         | 1383         | 130151         |
| <b>Sulu Tarım</b>            | 23127         | 2015         | 3536         | 17827         | 18224        | 7378         | 15386         | 5799         | 2959         | 854           | 1577          | 475          | 515          | 8803         | 2463         | 110938         |
| <b>Yetersiz Sulu Tarım</b>   |               |              |              |               | 102          |              | 5516          |              |              |               |               |              |              |              |              | 5618           |
| <b>Bağ(Kuru)</b>             | 457           |              |              | 439           | 436          | 365          | 968           | 638          |              |               |               | 154          |              | 752          |              | 4209           |
| <b>Bağ(Sulu)</b>             | 6213          |              |              | 3245          | 17           | 98           | 329           |              |              |               |               |              |              | 4069         | 4340         | 18311          |
| <b>Bahçe(Kuru)</b>           | 3560          | 5122         | 399          | 5276          | 2308         | 7774         | 540           |              |              | 2410          | 550           | 709          | 128          | 6075         | 30           | 34881          |
| <b>Bahçe(Sulu)</b>           |               | 8            |              |               | 227          |              |               |              |              |               |               |              |              | 1350         | 220          | 1805           |
| <b>Zeytin</b>                | 1698          | 51           |              |               | 3565         | 74           | 9267          | 2009         | 3258         |               |               |              |              | 133          |              | 20055          |
| <b>Çayır</b>                 |               |              |              |               |              |              |               |              |              |               |               |              |              | 234          |              | 234            |
| <b>Mera</b>                  | 9542          | 1047         | 2430         | 10670         | 1296         | 1564         | 3993          | 2338         | 3815         | 1979          | 1720          | 3645         | 3266         | 8059         | 558          | 55922          |
| <b>Orman</b>                 | 32189         | 7287         | 11367        | 38863         | 5955         | 7472         | 53953         | 14444        | 34791        | 82170         | 72913         | 20386        | 18261        | 29635        | 12758        | 442444         |
| <b>Funda</b>                 | 28001         | 7782         | 4667         | 15864         | 25489        | 11801        | 35169         | 13290        | 13152        | 24979         | 5045          | 28733        | 21238        | 17104        | 7539         | 259853         |
| <b>TOPLAM</b>                | <b>120280</b> | <b>27172</b> | <b>30435</b> | <b>124096</b> | <b>77592</b> | <b>41718</b> | <b>162774</b> | <b>52767</b> | <b>77942</b> | <b>143800</b> | <b>116957</b> | <b>90540</b> | <b>70011</b> | <b>95911</b> | <b>38613</b> | <b>1270608</b> |

Tarımsal üretim değerleri ile Manisa Türkiye’de ilk üç il arasında yer almaktadır. Manisa ile özdeşleşmiş ürünlerin başında çekirdeksiz kuru üzüm ve tütün gelir. Türkiye’den ihraç edilen çekirdeksiz kuru üzümün %73-85’ini tek başına Manisa karşılamaktadır. Özellikle adını ülkemizden alan Türk tipi (Şark tipi-Oriyantal) tütün üretiminde de Manisa’nın benzer bir önemi vardır. Türkiye’den ihraç edilen tütünün %93’ü Ege Bölgesi’nde, bunun da %50’ye yakını Manisa’da üretilmektedir. Tütün ve üzüm dışında Manisa’nın simgesi haline gelecek bir başka ürün de zeytindir. Son yıllarda zeytin dikim alanları hızla artmaktadır. Manisa, pamuk üretiminde de gerek verim gerekse kalite yönünden dünya ortalamalarının üzerindedir (Anonim 2010).

Manisa İlinde meyve ürün gruplarında üretim miktarları Çizelge 3.3’de verilmiştir.

**Çizelge 3.3.** Manisa İlinde Meyve Ürün Gruplarında Üretim Miktarları (Anonim 2009)

| Alt Bölgeler         | İlçeler       | ÜRETİM (Ton)       |                |                 |                 | Toplam Üretim (Ton) |
|----------------------|---------------|--------------------|----------------|-----------------|-----------------|---------------------|
|                      |               | Yumuşak Çekirdekli | Taş Çekirdekli | Üzümsü Meyveler | Sert Kabuklular |                     |
| <b>I. ALT BÖLGE</b>  | Merkez        | 324                | 16155          | 1367            | 470             |                     |
|                      | Ahmetli       | 81                 | 410            | 52              | 18              |                     |
|                      | Gölmarmara    | 16                 | 27             | 18              | 4               |                     |
|                      | Salihli       | 1337               | 5186           | 1668            | 637             |                     |
|                      | Saruhanlı     | 50                 | 224            | 79              | 23              |                     |
|                      | Turgutlu      | 532                | 13260          | 659             | 463             |                     |
|                      | <b>TOPLAM</b> | <b>2340</b>        | <b>35262</b>   | <b>3843</b>     | <b>1615</b>     | <b>43060</b>        |
| <b>II. ALT BÖLGE</b> | Akhisar       | 651                | 1065           | 161             | 963             |                     |
|                      | Kırkağaç      | 743                | 501            | 168             | 172             |                     |
|                      | Soma          | 289                | 499            | 134             | 251             |                     |
|                      | <b>TOPLAM</b> | <b>1683</b>        | <b>2065</b>    | <b>463</b>      | <b>1386</b>     | <b>5597</b>         |

Çizelge 3.3. (devam)

| Alt Bölgeler          | İlçeler       | ÜRETİM (Ton)       |                |                 |                 | Toplam Üretim (Ton) |
|-----------------------|---------------|--------------------|----------------|-----------------|-----------------|---------------------|
|                       |               | Yumuşak Çekirdekli | Taş Çekirdekli | Üzümsü Meyveler | Sert Kabuklular |                     |
| <b>III. ALT BÖLGE</b> | Demirci       | 2075               | 15309          | 1413            | 1193            | <b>42048</b>        |
|                       | Gördes        | 930                | 1249           | 156             | 550             |                     |
|                       | Köprübaşı     | 41                 | 153            | 7026            | 4               |                     |
|                       | Kula          | 5146               | 827            | 544             | 580             |                     |
|                       | Selendi       | 929                | 3501           | 129             | 293             |                     |
|                       | <b>TOPLAM</b> | <b>9121</b>        | <b>21039</b>   | <b>9268</b>     | <b>2620</b>     |                     |
| <b>IV. ALT BÖLGE</b>  | Alaşehir      | 5725               | 1161           | 291             | 616             | <b>14259</b>        |
|                       | Sarıgöl       | 1142               | 2955           | 743             | 1626            |                     |
|                       | <b>TOPLAM</b> | <b>6867</b>        | <b>4116</b>    | <b>1034</b>     | <b>2242</b>     |                     |
| <b>GENEL TOPLAM</b>   |               | <b>20011</b>       | <b>62482</b>   | <b>14608</b>    | <b>7863</b>     | <b>104964</b>       |

**Not:**Taş çekirdekli zeytin ve üzümde üzümler ayrı olarak incelenmiştir.

Manisa ili 2009 yılı alt bölgeler itibarı ile meyve üretimi incelendiğinde toplam meyve üretiminde I. alt bölgenin %41,0'lık, II. alt bölgenin %5,3'lük, III. alt bölgenin %40,1'lik ve IV. alt bölgenin %13,6'lık paya sahip olduğu ve I., II. ve III. alt bölgelerde taş çekirdekli meyvelerin (erik, içde, kayısı, şeftali, vişne, kiraz, zerdali), IV. alt bölgede de yumuşak çekirdekli meyvelerin (armut, ayva, muşmula, elma) daha fazla üretildiği görülmektedir (Çizelge 3.3).

Manisa ilinde alt bölgelere göre üzüm üretimi Çizelge 3.4'de verilmiştir. Sofralık üzüm üretimi en fazla IV. alt bölgede, kurutmalık üzüm üretimi ise en fazla I. alt bölgede yapılmaktadır (Çizelge 3.4). Üretilen üzümün yaklaşık %74'ü kurutmalıktır (Anonim 2009).

**Çizelge 3.4.** Manisa İlinde Üzüm Üretim Miktarları (Anonim 2009)

| Alt Bölgeler          | İlçeler       | Sofralık Üzüm Üretimi(Ton) |               | Kurutmalık Üzüm Üretimi (Ton) |                |
|-----------------------|---------------|----------------------------|---------------|-------------------------------|----------------|
|                       |               | Çekirdekli                 | Çekirdeksiz   | Çekirdekli                    | Çekirdeksiz    |
| <b>I. ALT BÖLGE</b>   | Merkez        | 1280                       | 15575         | -                             | 127076         |
|                       | Ahmetli       | 10                         | -             | -                             | 94800          |
|                       | Gölmarmara    | -                          | -             | -                             | 35000          |
|                       | Salihli       | 1870                       | 26730         | -                             | 204600         |
|                       | Saruhanlı     | 94                         | -             | -                             | 139700         |
|                       | Turgutlu      | -                          | 7600          | 790                           | 102200         |
|                       | <b>TOPLAM</b> | <b>3254</b>                | <b>49905</b>  | <b>790</b>                    | <b>703376</b>  |
| <b>II. ALT BÖLGE</b>  | Akhisar       | 726                        | -             | -                             | 35625          |
|                       | Kırkağaç      | 800                        | 6300          | -                             | 180            |
|                       | Soma          | 600                        | 60            | -                             | -              |
|                       | <b>TOPLAM</b> | <b>2226</b>                | <b>6360</b>   | <b>-</b>                      | <b>35805</b>   |
| <b>III. ALT BÖLGE</b> | Demirci       | 12860                      | -             | -                             | -              |
|                       | Gördes        | 3230                       | -             | -                             | -              |
|                       | Köprübaşı     | 74                         | 32            | -                             | 92             |
|                       | Kula          | 1660                       | 95            | 130                           | 15             |
|                       | Selendi       | 522                        | -             | -                             | -              |
|                       | <b>TOPLAM</b> | <b>18346</b>               | <b>127</b>    | <b>130</b>                    | <b>107</b>     |
| <b>IV. ALT BÖLGE</b>  | Alaşehir      | 9000                       | 173500        | -                             | 250800         |
|                       | Sarıgöl       | 1680                       | 101250        | -                             | 61146          |
|                       | <b>TOPLAM</b> | <b>10680</b>               | <b>274750</b> | <b>-</b>                      | <b>311946</b>  |
| <b>GENEL TOPLAM</b>   |               | <b>34506</b>               | <b>331142</b> | <b>920</b>                    | <b>1051234</b> |

Manisa’da yaklaşık 20 bin hektar alanda 7 milyon dolayında meyve veren zeytin ağacı bulunmaktadır. Manisa, Türkiye zeytin üretiminin yaklaşık olarak %8,6’sını karşılamaktadır (Anonim 2002). Çizelge 3.5’de alt bölgelere göre Manisa ilinde zeytin üretimi verilmiştir. Toplam zeytin üretiminin yaklaşık %82’si sofralık, %18’i de zeytinyağı üretimi için kullanılmaktadır (Anonim 2009).

Çizelge 3.5. Manisa İlinde Zeytin Üretim Miktarları (Anonim 2009)

| Alt Bölgeler         | İlçeler       | Üretim (Ton)  | Sofralığa Ayrılan (Ton) | Yağ İçin Ayrılan (Ton) |
|----------------------|---------------|---------------|-------------------------|------------------------|
| <b>I.ALT BÖLGE</b>   | Merkez        | 6494          | 1694                    | 4800                   |
|                      | Ahmetli       | 754           | 61                      | 693                    |
|                      | Gölmarmara    | 770           | 770                     | -                      |
|                      | Salihli       | 5305          | 2088                    | 3217                   |
|                      | Saruhanlı     | 9139          | 2248                    | 6891                   |
|                      | Turgutlu      | 2612          | 374                     | 2238                   |
|                      | <b>TOPLAM</b> | <b>25074</b>  | <b>7235</b>             | <b>17839</b>           |
| <b>II.ALT BÖLGE</b>  | Akhisar       | 142876        | 142876                  | -                      |
|                      | Kırkağaç      | 18750         | 9000                    | 9750                   |
|                      | Soma          | 7607          | 1396                    | 6211                   |
|                      | <b>TOPLAM</b> | <b>169233</b> | <b>153272</b>           | <b>15961</b>           |
| <b>III.ALT BÖLGE</b> | Demirci       | 1268          | 1206                    | 62                     |
|                      | Gördes        | 631           | 324                     | 307                    |
|                      | Köprübaşı     | 282           | 185                     | 97                     |
|                      | Kula          | 903           | 570                     | 333                    |
|                      | Selendi       | 522           | 391                     | 131                    |
|                      | <b>TOPLAM</b> | <b>3606</b>   | <b>2676</b>             | <b>930</b>             |
| <b>IV. ALT BÖLGE</b> | Alaşehir      | 2137          | 751                     | 1386                   |
|                      | Sarıgöl       | 949           | 280                     | 669                    |
|                      | <b>TOPLAM</b> | <b>3086</b>   | <b>1031</b>             | <b>2055</b>            |
| <b>GENEL TOPLAM</b>  |               | <b>200999</b> | <b>164214</b>           | <b>36785</b>           |

Çizelge 3.6’da Manisa ilinde sebze üretim miktarları verilmiştir. Manisa ilinde toplam sebze üretiminin %95’ini meyvesi yenen sebzeler (domates, biber, hıyar, kabak, balkabağı, patlıcan, kavun, karpuz, bamya), %3,4’ünü yaprağı yenen sebzeler (lahana, enginar, marul, ıspanak, pırasa, pazı, semizotu, dereotu, roka, maydanoz, tere, nane) geri kalan kısmını da baklagil sebzeleri (bakla, fasulye, börülce, bezelye, barbunya), soğansı yumru ve kök sebzeleri (sarımsak, soğan, kereviz) oluşturmaktadır (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6. Manisa İlinde Sebze Üretim Miktarları (Anonim 2009)

| Alt Bölgeler          | İlçeler       | ÜRETİM (ton)       |                        |                        |                                |                |
|-----------------------|---------------|--------------------|------------------------|------------------------|--------------------------------|----------------|
|                       |               | Baklagil Sebzeleri | Meyvesi Yenen Sebzeler | Yaprağı Yenen Sebzeler | Soğansız Yumru ve Kök Sebzeler | TOPLAM         |
| <b>I. ALT BÖLGE</b>   | Merkez        | 905                | 187023                 | 3230                   | 750                            |                |
|                       | Ahmetli       | 70                 | 60617                  | 510                    | 30                             |                |
|                       | Gölmarmara    | -                  | 111465                 | 13886                  | 1060                           |                |
|                       | Salihli       | 2498               | 239677                 | 2639                   | 853                            |                |
|                       | Saruhanlı     | 112                | 112660                 | 80                     | -                              |                |
|                       | Turgutlu      | 1350               | 123519                 | 8792                   | 800                            |                |
|                       | <b>TOPLAM</b> | <b>4935</b>        | <b>834961</b>          | <b>29137</b>           | <b>3493</b>                    | <b>872526</b>  |
| <b>II. ALT BÖLGE</b>  | Akhisar       | 1312               | 190468                 | 8318                   | 1820                           |                |
|                       | Kırkağaç      | 263                | 86010                  | 190                    | 550                            |                |
|                       | Soma          | 392                | 50904                  | 803                    | 175                            |                |
|                       | <b>TOPLAM</b> | <b>1967</b>        | <b>327382</b>          | <b>9311</b>            | <b>2545</b>                    | <b>341205</b>  |
| <b>III. ALT BÖLGE</b> | Demirci       | 531                | 11428                  | 110                    | 472                            |                |
|                       | Gördes        | 160                | 13600                  | -                      | -                              |                |
|                       | Köprübaşı     | 93                 | 2719                   | 69                     | 24                             |                |
|                       | Kula          | 738                | 38850                  | 972                    | 380                            |                |
|                       | Selendi       | 200                | 14722                  | 765                    | 401                            |                |
|                       | <b>TOPLAM</b> | <b>1722</b>        | <b>81319</b>           | <b>1916</b>            | <b>1277</b>                    | <b>86234</b>   |
| <b>IV. ALT BÖLGE</b>  | Alaşehir      | 1790               | 18055                  | 4485                   | 3055                           |                |
|                       | Sarıgöl       | 276                | 18762                  | 1613                   | 589                            |                |
|                       | <b>TOPLAM</b> | <b>2066</b>        | <b>36817</b>           | <b>6098</b>            | <b>3644</b>                    | <b>48625</b>   |
| <b>GENEL TOPLAM</b>   |               | <b>10690</b>       | <b>1280479</b>         | <b>46462</b>           | <b>10959</b>                   | <b>1348590</b> |

### 3.1.3. Su kaynakları potansiyeli

Manisa ilinin akarsuları; Gediz ırmağı, Alaşehir çayı, Demirci çayı, Selendi çayı, Deliniş çayı, Gördes çayı, Kum çayı, Nif çayı, Bakırçay ırmağı, gölleri ve barajları; Marmara gölü, Demirköprü barajı, Avşar barajı ve Sevişler barajıdır (Anonim 2002).

Gediz ırmağı, Manisa'nın en önemli akarsuyudur. Salihli-Manisa arasında Gediz ırmağına katılan yan dereler sulama açısından çok önemlidir. Manisa'da yapılan ölçümlere göre taşıdığı su miktarı en çok 482 m<sup>3</sup>/s, en az 14,6 m<sup>3</sup>/s'dir.

Alaşehir çayının uzunluğu yaklaşık 115 km ve su toplama alanı 2680 km<sup>2</sup> 'dir. DSİ ölçümlerine göre akarsuyun taşıdığı su miktarı ortalama 15,7 m<sup>3</sup>/s'dir.

Demirci çayı, Demirci'nin 13 km kadar doğusundan, Demirci dağlarının güney yamaçlarından kaynaklanır. Güney yönünde akarak Adala'nın doğusunda Gediz ile birleşir. DSİ ölçümlerine göre çayın taşıdığı ortalama su miktarı 8,1 m<sup>3</sup>/s'dir.

Selendi çayının su toplam alanı 702 km<sup>2</sup>'dir. Dereköy'de yapılan ölçümlere göre taşıdığı su miktarı ortalama 4,5 m<sup>3</sup>/s'dir.

Su toplama alanı 827 km<sup>2</sup> olan Deliniş çayının taşıdığı su miktarı ortalama 6,4 m<sup>3</sup>/s'dir.

Yaklaşık 90 km uzunlukta olan Gördes çayının su toplama alanı 1560 km<sup>2</sup> dolayındadır. Akhisar ovasında Gördük (Medar), Gördes ve Kapaklı çaylarının birleşmesiyle oluşan Kum Çayı, Manisa'ya 5 km uzaklıkta Gediz'le birleşmektedir.

Nif çayının su toplama alanı 1087 km<sup>2</sup>'dir. Turgutlu-Çobanisa arasında taşkınlara neden olduğundan, Gediz'le birleştiği yere kadar geniş bir kanala alınmıştır. Akışı çok düzensizdir. Kış ve ilkbahar aylarında çok yükselen çayın suyu yaz aylarında çok azalır.

Bakırçay ırmağı, İl'in Ege havzasına giren topraklarındaki en önemli ırmağıdır. DSİ ölçümlerine göre su toplama alanı 2887 km<sup>2</sup>, taşıdığı ortalama su miktarı 14,5 m<sup>3</sup>/s'dir (Anonim 2008).

Manisa ili sınırları içerisindeki akarsuların çoğu Gediz havzasında, çok az bir kısmı Bakırçay havzasında toplanmaktadır (Anonim 2002).

Gediz havzasının başlıca su kaynağı 300 km uzunluğundaki Gediz nehri ve Gediz nehri üzerinde yer alan Demirköprü barajıdır (Aşık vd. 2008). Manisa ilinin küçük bir bölümünün girdiği Bakırçay havzası suları Bakırçay aracılığıyla Ege denizine boşalmaktadır (Anonim 2002).

Manisa ilinin toplam su potansiyeli 1,673x10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/yıl'dır (Çizelge 3.7). Manisa ilindeki suların %24'ünü yer altı suları, %76'sını yer üstü suları oluşturmaktadır (Anonim 2002).

**Çizelge 3.7. Manisa İli Su Kaynakları Potansiyeli**

|                   |                                               |
|-------------------|-----------------------------------------------|
| <b>A)Yerüstü</b>  | 1,23x10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /yıl      |
| -Bakırçay Nehri   | 0,19x10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /yıl      |
| -Gediz Nehri      | 1,041x10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /yıl     |
| <b>B)Yer altı</b> | 0,443x10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> /yıl     |
| <b>TOPLAM</b>     | <b>1,673x10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>/yıl</b> |

### 3.2. Yöntem

#### 3.2.1. Sulama suyu analizleri

İlde sulamada kullanılan çok sayıda kaynağa ilişkin kimyasal analiz sonuçları Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü ve DSİ II. Bölge Müdürlüğü 2005 ve sonrasına ait su analiz raporlarından sağlanmıştır. Analizlerin yapıldığı yer altı, yer üstü su kaynakları ile

örnekleme yerleri Çizelge 3.8’de verilmiştir. Bazı su kaynakları için ağır metallerle ilgili bilgiler Manisa İl Çevre Durum Raporu’ndan alınmıştır (Anonim 2008).

**Çizelge 3.8.** Su Kaynakları ve Örnekleme Yerleri

| <b>Bölge</b>          |           | <b>Örnekleme Yeri</b>                                                                                                               | <b>Kaynağın Türü</b>         |
|-----------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| <b>I. Alt Bölge</b>   | Merkez    | Karaali<br>Yeniköy<br>Göksu                                                                                                         | <b>YER ALTI<br/>SUYU</b>     |
|                       | Saruhanlı | Saruhanlı                                                                                                                           |                              |
|                       | Turgutlu  | Karaköy                                                                                                                             |                              |
|                       | Salihli   | Taytan<br>Köseali<br>Kapancı<br>Pazarköy<br>Karayahşi<br>Adala<br>Necati Bey çiftlik (şahıs)<br>Toygaz                              |                              |
|                       | Ahmetli   | Ahmetli                                                                                                                             |                              |
|                       | Kırkağaç  | Kırkağaç                                                                                                                            |                              |
| <b>II. Alt Bölge</b>  | Akhisar   | Akhisar                                                                                                                             |                              |
| <b>III. Alt Bölge</b> | Gördes    | Akpınar                                                                                                                             |                              |
| <b>IV. Alt Bölge</b>  | Alaşehir  | Sarıköz<br>Sobran<br>İlgin<br>Göbekli<br>Piyadeler<br>Kavaklıdere<br>Kasaplı<br>Işıklı (şahıs)<br>Belenyaka<br>Cafer Fakılı (şahıs) |                              |
|                       | Sarıgöl   | Ahmetağa<br>Çavuşlar<br>Yukarı Koçaklar                                                                                             |                              |
| <b>I. Alt Bölge</b>   | Manisa    | Gediz Nehri-Hacıhaliller Mansap<br>Gediz Nehri-Manisa Köprüsü                                                                       | <b>YER<br/>ÜSTÜ<br/>SUYU</b> |
|                       | Salihli   | Gediz Nehri-Demirköprü Baraj Çıkışı                                                                                                 |                              |
| <b>II. Alt Bölge</b>  | Akhisar   | Alaşehir Çayı-Akhisar Köprüsü<br>Gediz Nehri-Akhisar Köprüsü                                                                        |                              |

### 3.2.2. Su kalitelerinin değerdendirilmesi

İncelenen tüm su kaynaklarının pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam tuz ( $\Sigma$ Tuz), yüzde sodyum (%Na), sodyum adsorbsiyon oranı (SAR), düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı (AdjSAR), düzeltilen düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı (AdjR<sub>Na</sub>), artık sodyum karbonat (RSC), Langelier saturasyon indeksi (LSI), sertlik, potansiyel tuzluluk (PT), permeabilite indeksi (PI), bor ve demir içeriğı gibi bazı özellikleri dikkate alınarak sulamaya uygunlukları irdelenmiştir. Bazı su kaynakları için ağır metal içeriklerine göre ilave değerdendirmeler de yapılmıştır. Yöredeki su kaynaklarına ilişkin raporlarda askıda katı madde ve biyolojik analiz sonuçları olmadığından bu yönde değerdendirmeler ise yapılamamıştır.

Kimyasal kalite parametrelerinin hesaplanmasında iyon konsantrasyonları me/L olarak kullanılmıştır. pH ve elektriksel iletkenlik (EC) değerdeleri olarak raporlardaki doğrudan ölçüm sonuçları kullanılmıştır.

Toplam tuz ( $\Sigma$ Tuz) miktarının yaklaşık olarak belirlenmesinde eşitlik 3.1'den yararlanılmıştır (Kanber ve Ünlü 2010).

$$\Sigma\text{Tuz} = (\Sigma\text{Kasyon veya } \Sigma\text{Anyon}) \times 64 \quad (3.1)$$

Sulama suyu tuzluluğunun doğrudan verim üzerine etkisi önemlidir. Bu amaçla yüzey sulama yöntemleriyle sulanan bazı bitkiler için Çizelge 3.9'da Ayers and Westcot (1989)'dan alınan verim azalış oranları ölçüt olarak kullanılmıştır (Kanber ve Ünlü 2010).

**Çizelge 3.9.** Geleneksel ve Yüzey Sulama Yöntemleriyle Sulanan Bazı Bitkilerde Sulama Suyu Tuzluluklarına (dS/m) Karşı Beklenen Yüzde Verim Azalışları

| Tarla Bitkileri     | Verim Azalışı |     |     |      |      |
|---------------------|---------------|-----|-----|------|------|
|                     | %0            | %10 | %25 | %50  | %100 |
| Arpa                | 5,3           | 6,7 | 8,7 | 12,0 | 19,0 |
| Pamuk               | 5,1           | 6,4 | 8,4 | 12,0 | 18,0 |
| Şekerpancarı        | 4,7           | 5,8 | 7,5 | 10,0 | 16,0 |
| Sorgum              | 4,5           | 5,0 | 5,6 | 6,7  | 8,7  |
| Buğday              | 4,0           | 4,9 | 6,3 | 8,7  | 13,0 |
| Soya                | 3,3           | 3,7 | 4,2 | 5,0  | 6,7  |
| Hayvan Pan.         | 3,3           | 3,8 | 4,7 | 6,0  | 8,8  |
| Yerfıstığı          | 2,1           | 2,4 | 2,7 | 3,3  | 4,4  |
| Çeltik              | 2,0           | 2,6 | 3,4 | 4,8  | 7,6  |
| Mısır               | 1,1           | 1,7 | 2,5 | 3,9  | 6,7  |
| Fasulye             | 0,7           | 1,0 | 1,5 | 2,4  | 4,2  |
| Şeker kamışı        | 1,1           | 2,3 | 4,0 | 6,8  | 12   |
| Keten               | 1,1           | 1,7 | 2,5 | 3,9  | 6,7  |
| Bakla               | 1,1           | 1,8 | 2,0 | 4,5  | 8,0  |
| <b>Sebzeler</b>     |               |     |     |      |      |
| Domates             | 1,7           | 2,3 | 3,4 | 5,0  | 8,4  |
| Hıyar               | 1,7           | 2,2 | 2,9 | 4,2  | 6,8  |
| Ispanak             | 1,3           | 2,2 | 3,5 | 5,7  | 10,0 |
| Lahana              | 1,2           | 1,9 | 2,9 | 4,6  | 8,1  |
| Patates             | 1,1           | 1,7 | 2,5 | 3,9  | 6,7  |
| Biber               | 1,0           | 1,5 | 2,2 | 3,4  | 5,8  |
| Marul               | 0,9           | 1,4 | 2,1 | 3,4  | 6,0  |
| Turp                | 0,8           | 1,3 | 2,1 | 3,4  | 5,9  |
| Havuç               | 0,7           | 1,1 | 1,9 | 3,0  | 5,4  |
| Fasulye             | 0,7           | 1,0 | 1,5 | 2,4  | 4,2  |
| Kabak               | 3,1           | 7,8 | 4,9 | 6,7  | 10   |
| Pancar              | 2,7           | 3,4 | 4,5 | 6,4  | 10   |
| Bal kabağı          | 2,1           | 2,6 | 3,2 | 4,2  | 6,3  |
| Karnabahar          | 1,9           | 2,6 | 3,7 | 5,5  | 9,1  |
| Kereviz             | 1,2           | 2,3 | 3,9 | 6,6  | 12   |
| Soğan               | 0,8           | 1,2 | 1,8 | 2,9  | 5,0  |
| <b>Meyveler</b>     |               |     |     |      |      |
| Hurma               | 2,7           | 4,5 | 7,3 | 12,0 | 21,0 |
| Greyfurt            | 1,2           | 1,6 | 2,2 | 3,3  | 5,4  |
| Portakal            | 1,1           | 1,6 | 2,2 | 3,2  | 9,3  |
| Şeftali             | 1,1           | 1,6 | 1,9 | 2,7  | 4,3  |
| Kayısı              | 1,1           | 1,3 | 1,8 | 2,5  | 3,8  |
| Üzüm                | 1,0           | 1,7 | 2,7 | 4,5  | 7,9  |
| Badem               | 1,0           | 1,4 | 1,9 | 2,8  | 4,5  |
| Erik                | 1,0           | 1,4 | 1,9 | 2,9  | 4,7  |
| Böğürtlen           | 1,0           | 1,3 | 1,8 | 2,5  | 4,0  |
| Ahududu             | 1,0           | 1,3 | 1,8 | 2,5  | 4,0  |
| Çilek               | 0,7           | 0,9 | 1,2 | 1,7  | 2,7  |
| <b>Çayır Otları</b> |               |     |     |      |      |
| İng. Çimi           | 3,7           | 4,6 | 5,9 | 1,1  | 14,0 |
| Yonca               | 1,3           | 3,2 | 3,6 | 5,9  | 10,0 |
| Tırfıl              | 1,0           | 1,6 | 2,4 | 3,8  | 7,0  |
| Yüksek otlak ayrığı | 5,0           | 6,6 | 9,0 | 13   | 21   |
| Domuz ayrığı        | 1,0           | 2,1 | 3,7 | 6,4  | 12   |

Sodyum iyonunun etkisini değerlendirmek amacıyla uygulamada çeşitli ölçütler kullanılmaktadır. Bunlardan ilki sodyumun toplam katyonlara oranı olan yüzde sodyum (%Na)'dur.

$$\%Na = \frac{Na}{Na+K+Ca+Mg} 100 \quad (3.2)$$

Ancak, %Na, uzun süre bir nitelik ölçütü olarak kullanılamamıştır. Suyun topraklarda oluşturacağı sodyum zararı, katyon konsantrasyonuna bağlıdır. Na içeriği yüksek ise sodyum zararı fazladır. Buna karşı sulama suyunda Ca ve Mg uygun oranlarda bulunması, topraklarda istenen özelliklerin oluşmasını sağlar. K'un etkisi de Na'a benzer. Ancak, suda çok az bulunduğu için hesaplamalarda dikkate alınmaz veya Na konsantrasyonuna eklenir. Sodyumlu toprakların oluşumu sürecinde meydana gelen olaylar sonunda, sodyum yüzdesinin sulama suyu sınıflaması için iyi bir ölçüt olmadığı anlaşılmış ve başka ölçütler geliştirilmiştir (Kanber ve Ünlü 2010). Sulama suyunun yaratacağı sodyum zararı, sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) değeri ile açıklanmaya çalışılmıştır. Bu oran 1954 yılında ABD Tuzluluk Laboratuvarı tarafından geliştirilmiştir.

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} \quad (3.3)$$

Sulama sularının sodyum zararının saptanmasında SAR değeri, iyi bir gösterge sayılsa bile birçok araştırmacı tarafından eleştirilmiştir. Ayers and Branson (1975), yukarıda verilen SAR değerini değiştirmişler ve düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı (AdjSAR) yaklaşımını önermişlerdir.

$$Adj SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} [1 + (8,4 - pHc)] \quad (3.4)$$

$$pHc = p(K_2' - K_C') + pCa + pHCO_3 \quad (3.5)$$

Eşitlikte  $p$  değeri,  $(-\log)$ 'u göstermektedir.  $pH_c$  ise sulama suyunun topraktaki kireci çözüp çözemeyeceğinin bir göstergesi olup,  $Ca + Mg$  ve  $CO_3 + HCO_3$ 'a bağlı olarak değişir. Eğer  $pH_c$  8,4'ten büyükse sulama suyunun topraktaki kireci eriterek yıkanmasına; 8,4'ten küçükse toprak suyu içerisindeki kirecin çökmesine neden olduğu kabul edilir. Bir yerde  $pH_c$  değeri toprak kireci ile denge halinde olan sulama suyunun kuramsal olarak hesaplanmış  $pH$  değeridir.  $p(K_2'-K_C')$  değeri,  $Ca + Mg + Na$  toplamından;  $pCa$  değeri  $Ca + Mg$  toplamından ve  $pHCO_3$  değeri ise  $CO_3 + HCO_3$  toplamından elde edilir.  $pH_c$  değeri konuyla ilgili olarak Nakayama (1982)'dan alınan Çizelge 3.10'daki değerlerden yararlanılarak hesaplanmıştır (Kanber ve Ünlü 2010).

**Çizelge 3.10.** Suların  $pH_c$  Değerlerinin Hesaplanması

| Konsantrasyon<br>$Ca+Mg+Na$<br>(me/L) | $p(K_2'-K_C')$ | Konsantrasyon<br>$Ca+Mg$<br>(me/L) | $p(Ca+Mg)$ | Konsantrasyon<br>$CO_3+HCO_3$<br>(me/L) | $p(Alkali)$ |
|---------------------------------------|----------------|------------------------------------|------------|-----------------------------------------|-------------|
| 0,5                                   | 2,11           | 0,05                               | 4,60       | 0,05                                    | 4,30        |
| 0,7                                   | 2,12           | 0,10                               | 4,30       | 0,10                                    | 4,00        |
| 0,9                                   | 2,13           | 0,15                               | 4,12       | 0,15                                    | 3,82        |
| 1,2                                   | 2,14           | 0,20                               | 4,00       | 0,20                                    | 3,70        |
| 1,6                                   | 2,15           | 0,25                               | 3,90       | 0,25                                    | 3,60        |
| 1,9                                   | 2,16           | 0,32                               | 3,80       | 0,31                                    | 3,51        |
| 2,4                                   | 2,17           | 0,39                               | 3,70       | 0,40                                    | 3,40        |
| 2,8                                   | 2,18           | 0,50                               | 3,60       | 0,50                                    | 3,30        |
| 3,3                                   | 2,19           | 0,63                               | 3,50       | 0,63                                    | 3,20        |
| 3,9                                   | 2,20           | 0,79                               | 3,40       | 0,79                                    | 3,10        |
| 4,5                                   | 2,21           | 1,00                               | 3,30       | 0,99                                    | 3,00        |
| 5,1                                   | 2,22           | 1,25                               | 3,20       | 1,25                                    | 2,90        |
| 5,8                                   | 2,23           | 1,58                               | 3,10       | 1,57                                    | 2,80        |
| 6,6                                   | 2,24           | 1,98                               | 3,00       | 1,98                                    | 2,70        |
| 7,4                                   | 2,25           | 2,49                               | 2,90       | 2,49                                    | 2,60        |
| 8,3                                   | 2,26           | 3,14                               | 2,80       | 3,13                                    | 2,50        |
| 9,2                                   | 2,27           | 3,90                               | 2,70       | 4,00                                    | 2,40        |
| 11                                    | 2,28           | 4,97                               | 2,60       | 5,00                                    | 2,30        |
| 13                                    | 2,30           | 6,30                               | 2,50       | 6,30                                    | 2,20        |
| 15                                    | 2,32           | 7,90                               | 2,40       | 7,90                                    | 2,10        |
| 18                                    | 2,34           | 10,00                              | 2,30       | 9,90                                    | 2,00        |

Çizelge 3.10. (devam)

| Konsantrasyon<br>Ca+Mg+Na<br>(me/L) | p(K' <sub>2</sub> -<br>K' <sub>c</sub> ) | Konsantrasyon<br>Ca+Mg<br>(me/L) | p(Ca+Mg) | Konsantrasyon<br>CO <sub>3</sub> +HCO <sub>3</sub><br>(me/L) | p(Alkali) |
|-------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------|----------|--------------------------------------------------------------|-----------|
| 22                                  | 2,36                                     | 12,50                            | 2,20     | 12,50                                                        | 1,90      |
| 25                                  | 2,38                                     | 15,80                            | 2,10     | 15,70                                                        | 1,80      |
| 29                                  | 2,40                                     | 19,80                            | 2,00     | 19,80                                                        | 1,70      |
| 34                                  | 2,42                                     |                                  |          |                                                              |           |
| 39                                  | 2,44                                     |                                  |          |                                                              |           |
| 45                                  | 2,46                                     |                                  |          |                                                              |           |
| 51                                  | 2,48                                     |                                  |          |                                                              |           |
| 59                                  | 2,50                                     |                                  |          |                                                              |           |
| 67                                  | 2,52                                     |                                  |          |                                                              |           |
| 76                                  | 2,54                                     |                                  |          |                                                              |           |

Klasik SAR eşitliğinde, toprak suyundaki kalsiyum miktarında meydana gelen değişimler dikkate alınmamıştır. Bu nedenle klasik SAR eşitliğine yeni bir bakış getirilmiştir. Söz konusu yeni bakış, düzeltilen düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı (AdjR<sub>Na</sub>) olarak adlandırılmaktadır (Kanber ve Ünlü 2010).

$$AdjR_{Na} = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca_x + Mg}{2}}} \quad (3.6)$$

Eşitlikteki; Ca<sub>x</sub>, değiştirilmiş Ca değeridir. Ca<sub>x</sub> değeri, sulama suyundaki Ca miktarını temsil etmekle birlikte, uygulanan suyun tuzluluğu, HCO<sub>3</sub>/Ca oranı ve toprağın ilk birkaç mm derinliğindeki kestirimsel CO<sub>2</sub> basıncı (P<sub>CO2</sub> = 0,0007 bar) dikkate alınarak hesaplanır. Ca<sub>x</sub> değerinin hesaplanabilmesi için Ayers and Westcot (1989)'dan alınan Çizelge 3.11'den yararlanılmıştır (Kanber ve Ünlü 2010).

**Çizelge 3.11.** HCO<sub>3</sub>/Ca Oranı ve EC ile İlgili Olarak Ca<sub>x</sub> Konsantrasyonu

| HCO <sub>3</sub> /Ca Oranı | Sulama Suyu Tuzluluğu, (EC, dS/m) |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------------------------|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                            | 0,1                               | 0,2   | 0,3   | 0,5   | 0,7   | 1,0   | 1,5   | 2,0   | 3,0   | 4,0   | 6,0   | 8,0   |
| 0,05                       | 13,20                             | 13,61 | 13,92 | 14,40 | 14,79 | 15,26 | 15,91 | 16,43 | 17,28 | 17,97 | 19,07 | 19,94 |
| 0,10                       | 8,31                              | 8,57  | 8,77  | 9,07  | 9,31  | 9,62  | 10,02 | 10,35 | 10,89 | 11,32 | 12,01 | 12,56 |
| 0,15                       | 6,34                              | 6,54  | 6,69  | 6,92  | 7,11  | 7,34  | 7,65  | 7,90  | 8,31  | 8,64  | 9,17  | 9,58  |
| 0,20                       | 5,24                              | 5,40  | 5,52  | 5,71  | 5,87  | 6,06  | 6,31  | 6,52  | 6,86  | 7,13  | 7,57  | 7,91  |
| 0,25                       | 4,51                              | 4,65  | 4,76  | 4,92  | 5,06  | 5,22  | 5,44  | 5,62  | 5,91  | 6,15  | 6,52  | 6,82  |
| 0,30                       | 4,00                              | 4,12  | 4,21  | 4,36  | 4,48  | 4,62  | 4,82  | 4,98  | 5,24  | 5,44  | 5,77  | 6,04  |
| 0,35                       | 3,61                              | 3,72  | 3,80  | 3,94  | 4,04  | 4,17  | 4,35  | 4,49  | 4,72  | 4,91  | 5,21  | 5,45  |
| 0,40                       | 3,30                              | 3,40  | 3,48  | 3,60  | 3,70  | 3,82  | 3,98  | 4,11  | 4,32  | 4,49  | 4,77  | 4,98  |
| 0,45                       | 3,05                              | 3,14  | 3,22  | 3,33  | 3,42  | 3,53  | 3,68  | 3,80  | 4,00  | 4,15  | 4,41  | 4,61  |
| 0,50                       | 2,84                              | 2,93  | 3,00  | 3,10  | 3,19  | 3,29  | 3,43  | 3,54  | 3,72  | 3,87  | 4,11  | 4,30  |
| 0,75                       | 2,17                              | 2,24  | 2,29  | 2,37  | 2,43  | 2,51  | 2,62  | 2,70  | 2,84  | 2,95  | 3,14  | 3,28  |
| 1,00                       | 1,79                              | 1,85  | 1,89  | 1,96  | 2,01  | 2,09  | 2,16  | 2,23  | 2,35  | 2,44  | 2,59  | 2,71  |
| 1,25                       | 1,54                              | 1,59  | 1,63  | 1,68  | 1,73  | 1,78  | 1,86  | 1,92  | 2,02  | 2,10  | 2,23  | 2,33  |
| 1,50                       | 1,37                              | 1,41  | 1,44  | 1,49  | 1,53  | 1,58  | 1,65  | 1,70  | 1,79  | 1,86  | 1,97  | 2,07  |
| 1,75                       | 1,23                              | 1,27  | 1,39  | 1,35  | 1,38  | 1,43  | 1,49  | 1,54  | 1,62  | 1,69  | 1,78  | 1,86  |
| 2,00                       | 1,13                              | 1,16  | 1,19  | 1,23  | 1,26  | 1,31  | 1,36  | 1,40  | 1,48  | 1,54  | 1,63  | 1,70  |
| 2,25                       | 1,04                              | 1,08  | 1,10  | 1,14  | 1,17  | 1,21  | 1,26  | 1,30  | 1,37  | 1,42  | 1,51  | 1,58  |
| 2,50                       | 0,97                              | 1,00  | 1,02  | 1,06  | 1,09  | 1,12  | 1,17  | 1,21  | 1,27  | 1,32  | 1,40  | 1,47  |
| 3,00                       | 0,85                              | 0,89  | 0,91  | 0,94  | 0,96  | 1,00  | 1,04  | 1,07  | 1,13  | 1,17  | 1,24  | 1,30  |
| 3,50                       | 0,78                              | 0,80  | 0,82  | 0,85  | 0,87  | 0,90  | 0,94  | 0,97  | 1,02  | 1,06  | 1,12  | 1,17  |
| 4,00                       | 0,71                              | 0,73  | 0,75  | 0,78  | 0,80  | 0,82  | 0,86  | 0,88  | 0,93  | 0,97  | 1,03  | 1,07  |
| 4,50                       | 0,66                              | 0,68  | 0,69  | 0,72  | 0,74  | 0,76  | 0,79  | 0,82  | 0,86  | 0,90  | 0,95  | 0,99  |
| 5,00                       | 0,61                              | 0,63  | 0,65  | 0,67  | 0,69  | 0,71  | 0,74  | 0,76  | 0,80  | 0,83  | 0,88  | 0,93  |
| 7,00                       | 0,49                              | 0,50  | 0,52  | 0,53  | 0,55  | 0,57  | 0,59  | 0,61  | 0,64  | 0,67  | 0,71  | 0,74  |
| 10,00                      | 0,39                              | 0,40  | 0,41  | 0,42  | 0,43  | 0,45  | 0,47  | 0,48  | 0,51  | 0,53  | 0,56  | 0,58  |
| 20,00                      | 0,24                              | 0,25  | 0,26  | 0,26  | 0,27  | 0,28  | 0,29  | 0,30  | 0,32  | 0,33  | 0,35  | 0,37  |
| 30,00                      | 0,18                              | 0,19  | 0,20  | 0,20  | 0,21  | 0,21  | 0,22  | 0,23  | 0,24  | 0,25  | 0,27  | 0,28  |

Sulama sularının artık sodyum karbonat içeriği, toprakların fiziksel özelliklerini bozmakta ve “Siyah Alkali” diye tanımlanan sodyumlu toprakların oluşmasına neden olmaktadır. Suların artık sodyum karbonat (RSC) içeriğinin hesaplanmasında aşağıda verilen eşitlik kullanılmıştır.

$$RSC = (CO_3 + HCO_3) - (Ca + Mg) \quad (3.7)$$

RSC miktarına göre sulama sularının sınıflandırılmasında Eaton (1950)’dan alınan Çizelge 3.12’deki değerler kullanılmıştır (Kanber ve Ünlü 2010).

**Çizelge 3.12.** RSC Miktarlarına Göre Sulama Sularının Sınıflandırılması

| Sulama Suyu Sınıfı | RSC (me/L) | Açıklamalar                                                    |
|--------------------|------------|----------------------------------------------------------------|
| 1.Sınıf            | <1,25      | Sulamada güvenle kullanılabilir.                               |
| 2.Sınıf            | 1,25–2,5   | Uygun işletme koşullarında ıslah maddeleri ile kullanılabilir. |
| 3.Sınıf            | >2,5       | Sulamada kullanılmaz.                                          |

Sulama suyunda  $\text{CaCO}_3$  çökmesinin tahmininde langelier saturasyon indeksi (LSI) kullanılmıştır. Bu indeks pH metre ile ölçülen pH değerinden teorik pH değerinin çıkarılmasıyla bulunur. Sonucun pozitif çıkması  $\text{CaCO}_3$  çökeltisi olabileceği şeklinde yorumlanmaktadır (Kanber ve Ünlü 2010).

Sertlik derecesi Fransız Sertlik derecesi ( $\text{Fr}^\circ$ ) olarak Ca ve Mg'un me/L olarak toplam konsantrasyonlarının 5 ile çarpılmasıyla bulunmuştur. Suların sertlik derecesine göre sınıflandırılması Çizelge 3.13'de verilmiştir (Aydın ve Sezen 1995). Sulamada yumuşak sular kullanılmamalıdır (Ayyıldız 1983; Ross 1990).

**Çizelge 3.13.** Suların Fransız Sertlik Derecesine Göre Sınıflandırılması

| Sertlik derecesi ( $\text{Fr}^\circ$ ) | Suyun cinsi       |
|----------------------------------------|-------------------|
| 0–7                                    | Çok yumuşak su    |
| 7–14                                   | Yumuşak su        |
| 14–22                                  | Hafif su          |
| 22–32                                  | Orta su           |
| 32–54                                  | Sert su           |
| >54                                    | Çok aşırı sert su |

Su içerisinde bulunan iyonların toprak tuzluluğuna katkısı eşit ve benzer değildir. Toprak suyu tarla kapasitesinin altındaki değerlere ulaşıncaya  $\text{CaCO}_3$  ve  $\text{MgCO}_3$  çöker. Bu durumda sulama suyunun toprakta oluşturacağı potansiyel tuzluluk (PT)

eriyebilirlikleri oldukça fazla olan Cl ve SO<sub>4</sub> iyonlarının konsantrasyonlarından ileri gelmektedir. PT eşitlik 3.8 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$PT = Cl + \frac{1}{2}SO_4 \quad (3.8)$$

SO<sub>4</sub> iyonunun toksik etkisi, Cl iyonundan az olduğundan yarısı alınmıştır. Bu iyon genellikle CaSO<sub>4</sub> şeklinde çöker ve daha az tuzluluk meydana getirir. PT'ye göre suların sınıfını belirlemek için Doneen (1966)'den alınan Çizelge 3.14'deki değerler kullanılmıştır (Kanber ve Ünlü 2010).

**Çizelge 3.14.** Potansiyel Tuzluluğa (PT) Göre Sulama Sularının Sınıflandırılması

| Toprak özellikleri                                               | PT (me/L) |         |         |
|------------------------------------------------------------------|-----------|---------|---------|
|                                                                  | 1.Sınıf   | 2.Sınıf | 3.Sınıf |
| Killi topraklar: Derine sızma çok az, yıkama hemen hemen hiç yok | <3        | 3–5     | >5      |
| Tınlı topraklar: Yıkama kısıntılı, geçirgenlik orta              | <5        | 5–10    | >10     |
| Kumlu topraklar: Doğal drenajı iyi, açık topraklar               | <7        | 7–15    | >15     |

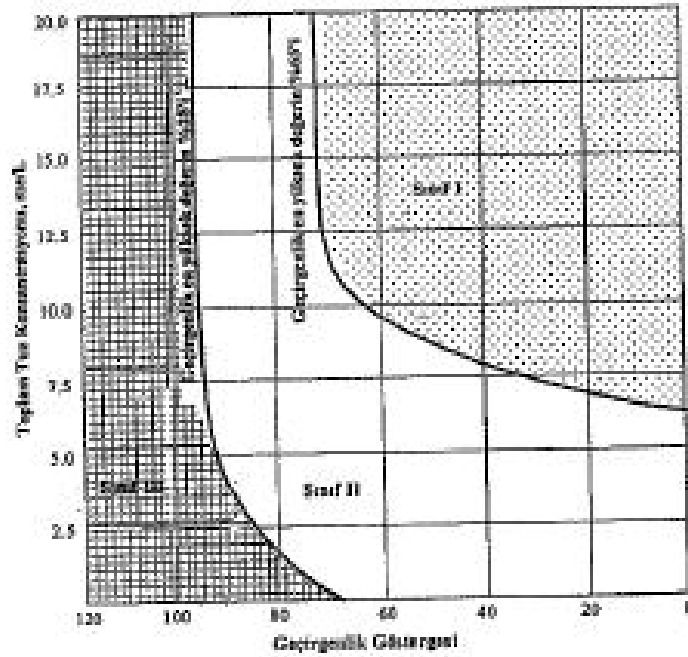
Bir sulama suyunun uzun süre kullanılması ile toprak geçirgenliğinde ortaya çıkabilecek değişmeye 4 etkenin neden olduğu kabul edilmiştir;

1. Sulama suyu toplam tuz konsantrasyonu
2. Sulama suyu Na iyonu konsantrasyonu
3. Sulama suyu HCO<sub>3</sub> iyonu konsantrasyonu
4. Toprağın kendi özellikleri

Bu etkenlerden ilk üçü kullanılarak permeabilite indeksi (PI) veya geçirgenlik göstergesi adıyla yeni bir kavram geliştirilmiş ve sulama sularının sınıflandırılmasında bir ölçü olarak kullanılmaya başlanmıştır.

$$PI = \frac{Na + (HCO_3)^{1/2}}{Ca + Mg + Na + K} \quad (3.9)$$

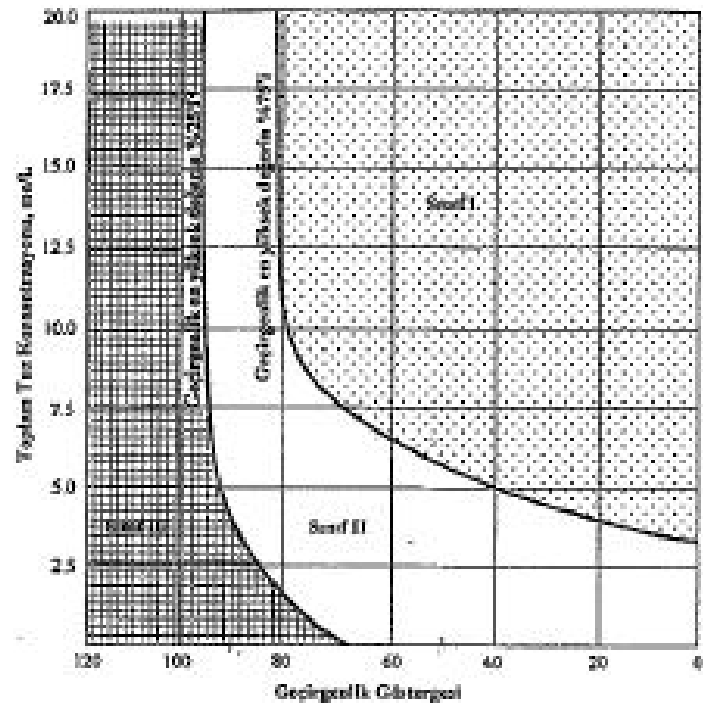
Suların PI'ne göre sınıflandırılmasında Doneen (1966)'den alınmış Şekil 3.2, Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'teki grafiklerden yararlanılmıştır (Kanber ve Ünlü 2010).



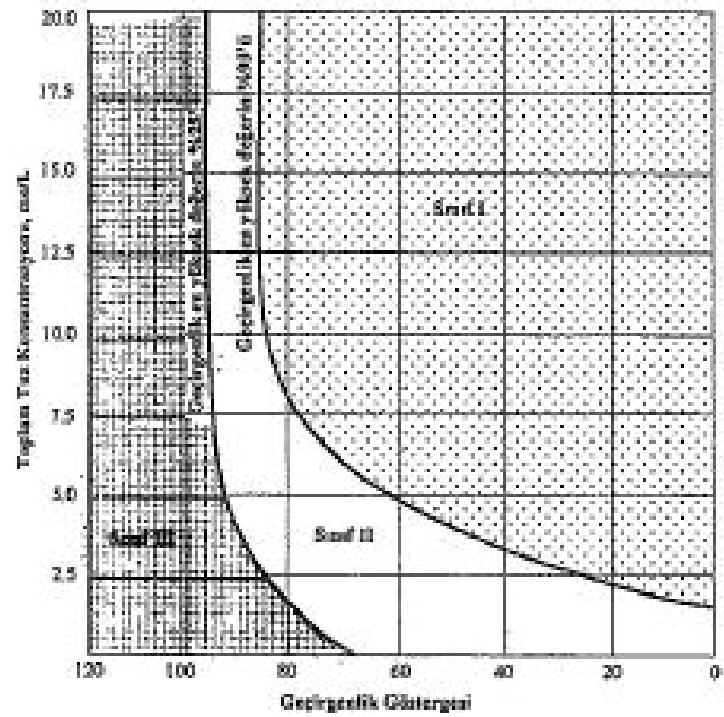
**Şekil 3.2.** Geçirgenliği Düşük (2 cm/h'den küçük) Topraklar İçin Sulama Sularının Sınıflandırılması

Sulama sularında özellikle değerlendirilmesi gereken özel iyon B'un değerlendirilmesinde bitkilerin göreceli bor dirençlerini gösteren Maas 1987'den alınan Çizelge 3.15'deki değerler kullanılmıştır (Kanber ve Ünlü 2010).

Demir Çizelge 2.2 ve Çizelge 2.3'deki, ağır metaller Çizelge 2.2'deki değerler dikkate alınarak değerlendirilmiştir.



**Şekil 3.3.** Orta Geçirgenlikteki (2–12 cm/h) Topraklar İçin Sulama Sularının Sınıflandırılması



**Şekil 3.4.** Geçirgenliği Yüksek (12 cm/h'den büyük) Topraklar İçin Sulama Sularının Sınıflandırılması

**Çizelge 3.15.** Kùltür Bitkilerinin Göreceli Bor Dirençleri

| <b>Çok Duyarlı<br/>(&lt;0.5 mg/L)</b>                                    | <b>Duyarlı<br/>(0,5-0,75 mg/L)</b>                                                             | <b>Duyarlı<br/>(0,75-1,0 mg/L)</b>                                                                          | <b>Yarı Duyarlı<br/>(1,0–2,0 mg/L)</b>                |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Limon<br>Böğürtlen                                                       | Avokado<br>Altıntop<br>Portakal<br>Kayısı<br>Şeftali<br>Erik<br>Bağ<br>Ceviz<br>Üçgül<br>Soğan | Sarımsak<br>Tatlı patates<br>Buğday<br>Arpa<br>Ayçiçeğı<br>Fasulye<br>Susam<br>Bakla<br>Çilek<br>Yerfıstığı | Kırmızı biber<br>Börölce<br>Havuç<br>Patates<br>Hıyar |
| <b>Yarı Dayanıklı<br/>(2,0-4,0 mg/L)</b>                                 | <b>Dayanıklı<br/>(4,0–6,0 mg/L)</b>                                                            | <b>Çok Dayanıklı<br/>(6,0–15,0 mg/L)</b>                                                                    |                                                       |
| Marul<br>Lahana<br>Kereviz<br>Şalgam<br>Yulaf<br>Mısır<br>Tütün<br>Kabak | Sorgum<br>Domates<br>Pancar<br>Şekerpancarı                                                    | Pamuk<br>Kuşkonmaz                                                                                          |                                                       |

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Sulama suyu analiz sonuçları ve hesaplama bulguları, Manisa ilinde biyofiziksel özelliklerine göre oluşturulmuş 4 alt bölge bazında sunulmuş ve tartışılmıştır.

##### 4.1. I. Alt Bölge Kapsamındaki Su Kaynaklarına İlişkin Sulama Suyu Analiz Sonuçları ve Hesaplama Bulguları

Manisa-I. alt bölgede bulunan su kaynaklarında yapılan analizlere ve hesaplamalara ilişkin sonuçlar Çizelge 4.1’de verilmiştir. Bu bölgedeki su kaynaklarından Merkez, Saruhanlı, Turgutlu, Salihli ve Ahmetli ilçelerinde sulamalarda yararlanılmaktadır. Merkez kapsamında Karaali, Yeniköy, Göksu, Gediz Nehri–Hacıhaliller mansap, Gediz Nehri–Manisa köprüsü; Saruhanlı kapsamında Saruhanlı; Turgutlu kapsamında Karaköy; Salihli kapsamında Taytan, Köseali, Kapancı, Pazarköy, Karayahşi, Adala, Necati bey çiftlik (şahıs), Toygar, Gediz Nehri–Demirköprü baraj çıkışı ve Ahmetli kapsamında da Ahmetli su kaynakları incelenmiştir.

Suların pH değerleri 6,90–8,59 arasında değişmektedir (Çizelge 4.1). pH değeri en düşük Salihli–Köseali’de, en yüksek ise Gediz Nehri–Manisa köprüsü su kaynaklarında belirlenmiştir. pH değerleri Ahmetli, Salihli–Necati bey çiftlik (şahıs), Gediz Nehri–Manisa köprüsü ve Gediz Nehri–Hacıhaliller mansapta 8’in üzerinde iken, Salihli–Köseali hariç diğer su kaynaklarında 7–8 arasında değişmektedir.

Elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 0,43–1,52 dS/m,  $\Sigma$ Tuz miktarları da 280,3–950,4 mg/L arasındadır. EC ve  $\Sigma$ Tuz miktarının minimum değerleri Salihli – Adala, maksimum değerleri ise Salihli – Toygar su kaynaklarında bulunmuştur (Çizelge 4.1). USSL tarafından yapılan sınıflandırma dikkate alındığında bölgede EC’ye göre C<sub>1</sub> ve C<sub>4</sub> sınıfı su bulunmamaktadır. Merkez-Yeniköy, Turgutlu–Karaköy, Salihli–Taytan, Salihli–Köseali, Salihli–Karahahşi, Salihli–Necati bey çiftlik (şahıs), Salihli–Toygar, Gediz Nehri–Hacıhaliller mansap, Gediz Nehri–Manisa köprüsü suları C<sub>3</sub> sınıfı su grubuna girmekte, diğerleri ise C<sub>2</sub> sınıfı içerisinde yer almaktadır.

Na değerleri 0,44–8,30 me/L, K değerleri 0,03–0,33 me/L, Ca değerleri 0,40–5,13 me/L, Mg değerleri 1,12–10,84 me/L,  $\text{HCO}_3$  değerleri 2,90–11,56 me/L, Cl değerleri 0,24–4,17 me/L ve  $\text{SO}_4$  değerleri 0,26–2,62 me/L arasında belirlenmiştir (Çizelge 4.1).  $\text{CO}_3$  değeri de Salihli–Necati bey çiftlik (şahıs) ve Gediz Nehri–Manisa köprüsünde sırasıyla 0,28 ve 1,62 me/L olarak saptanmış, diğer su kaynaklarında  $\text{CO}_3$ ’a rastlanmamıştır.

Minimum Na değeri Salihli–Adala’da, maksimum Na değeri ise Salihli–Köseali’de bulunmuştur (Çizelge 4.1). Su kaynaklarından 6 tanesinde (Salihli kapsamında Taytan, Köseali, Pazarköy, Toygar ile Gediz Nehri–Hacıhaliller mansap ve Gediz Nehri–Manisa köprüsü) Na konsantrasyonları 3 me/L’den fazladır.

$\text{HCO}_3$  değerleri Merkez–Yeniköy, Salihli–Köseali ve Salihli Necati bey çiftlik (şahıs) su kaynaklarında 8,5 me/L’den fazladır. Diğer kaynaklarda  $\text{HCO}_3$  değerleri ise 2,90–8,43 me/L arasındadır. Minimum  $\text{HCO}_3$  değeri Ahmetli su kaynağında belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

Su kaynaklarının Cl değerleri Salihli–Toygar, Salihli–Taytan, Gediz Nehri Hacıhaliller mansap ve Gediz Nehri–Manisa köprüsü hariç diğer kaynaklarda 1 me/L’den azdır. 4 me/L’den fazla değer sadece Salihli–Toygar suyunda belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

Yüzde sodyum (%Na) değerleri 8,0–67,7 arasında değişmektedir (Çizelge 4.1). En fazla %Na değeri Salihli–Köseali kaynağında belirlenmiştir. Bölgede %Na değeri 50’den fazla olan tek su kaynağı Salihli–Köseali’dir. Bunun yanında Salihli–Taytan, Salihli–Pazarköy, Salihli–Toygar ve Gediz Nehri–Manisa köprüsü su kaynaklarının %Na değerleri de 40’ın üzerinde bulunmuştur.

Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) değerleri 0,30–5,92 arasında değişmiştir (Çizelge 4.1). SAR değeri en fazla Salihli–Köseali, en az Merkez–Karaali mevkilerindeki su kaynaklarında bulunmuştur. Salihli–Köseali’ye ilave olarak Salihli–Taytan ve Salihli–

Toygar mevkilerindeki su kaynaklarında SAR değeri  $>3$  iken, diğer mevkilerdeki su kaynaklarında ise  $<3$  olarak hesaplanmıştır.

Düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı (AdjSAR) değerleri Salihli–Adala mevkisindeki su kaynağında en düşük, Salihli–Köseali mevkisindeki su kaynağında ise en yüksek hesaplanmıştır. Hesaplanan AdjSAR değerleri 0,63–14,56 arasında değişmiştir (Çizelge 4.1).

Merkez–Karaali mevkisindeki su kaynağında düzeltilen düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı ( $AdjR_{Na}$ ) değeri 0,33 olarak en az, Salihli–Köseali mevkisindeki su kaynağında ise  $AdjR_{Na}$  değeri 7,52 olarak en fazla hesaplanmıştır.  $AdjR_{Na}$  değerleri Salihli–Taytan, Salihli–Köseali ve Salihli–Toygar mevkilerindeki su kaynaklarında  $>3$  iken, diğer su kaynaklarında ise  $<3$ ’tür (Çizelge 4.1).

Turgutlu–Karaköy, Salihli–Taytan, Salihli–Köseali ve Salihli–Pazarköy kaynaklarında RSC değerleri pozitif, diğer mevkilerde negatif olarak bulunmuştur (Çizelge 4.1). Salihli–Köseali kaynağının RSC değeri 2,5 me/L’den büyük iken pozitif değer bulunan diğer su kaynaklarının RSC değeri 1,25 me/L’den küçüktür.

pHc değerleri 6,43–7,47 arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4.1). Ölçülen pH değerlerinden teorik pH değerlerinin çıkarılmasıyla bulunan langelier saturasyon indeksi (LSI) değerleri bu bölgedeki Salihli–Köseali su kaynağı hariç diğer bütün su kaynaklarında pozitif olarak belirlenmiştir. LSI değerleri 0,04–1,66 arasında değişmektedir. En yüksek LSI değeri Salihli–Necati bey çiftlik (şahıs) su kaynağında bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Sertlik değerleri 18,3–65,3 arasında belirlenmiştir. Merkez–Yeniköy, Salihli–Karayahşi, Salihli–Necati bey çiftlik (şahıs), Salihli–Toygar ve Gediz Nehri–Hacıhaliller mansap sularının sertlik değeri  $>32$ ’tür. Salihli–Köseali, Salihli–Pazarköy, Salihli–Adala ve Ahmetli kaynaklarında ise sertlik değeri  $<22$ ’tür (Çizelge 4.1).

Potansiyel tuzluluk (PT) değerleri 0,37–5,46 me/L arasında hesaplanmıştır. Salihli–Toygar, Gediz Nehri–Hacıhaliller mansap ve Gediz Nehri–Manisa köprüsü kaynakları hariç tüm suların PT değerleri <3 me/L’tür (Çizelge 4.1). Permeabilite indeksi (PI) değerleri %32,4–94,3 arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4.1). Salihli–Taytan, Salihli–Köseali ve Salihli–Pazarköy kaynakları hariç diğer tüm kaynaklarda PI değerleri <70’tür.

Bor miktarı 0,00–1,50 ppm arasında bulunmuştur. En fazla B miktarı 1,50 ppm olarak Salihli–Karayahşi kaynağında belirlenmiştir. Merkez–Karaali, Merkez–Göksu, Salihli–Karayahşi ve Salihli–Necati bey çiftlik (şahıs) kaynaklarının B miktarı >0,7 ppm’tür (Çizelge 4.1).

Fe miktarları 0,00–0,27 ppm arasında değişmektedir. En fazla Fe miktarı Salihli–Toygar mevkisinde belirlenmiştir. Salihli–Karayahşi ve Salihli–Toygar su kaynaklarında Fe miktarı >0,10 ppm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

#### **4.2. II. Alt Bölge Kapsamındaki Yerlere İlişkin Sulama Suyu Analiz Sonuçları ve Hesaplama Bulguları**

Manisa-II. alt bölgede bulunan su kaynaklarında yapılan analizlere ve hesaplamalara ilişkin sonuçlar Çizelge 4.2’de verilmiştir. Bu bölgedeki su kaynaklarından Kırkağaç ve Akhisar ilçelerindeki sulamalarda yararlanılmaktadır. Kırkağaç kapsamında Kırkağaç; Akhisar kapsamında Akhisar, Alaşehir çayı–Akhisar köprüsü ve Gediz Nehri–Akhisar köprüsü su kaynakları incelenmiştir.

pH değerleri 7,40–8,27 arasında değişmektedir (Çizelge 4.2). pH değeri en düşük Akhisar’da, en yüksek ise Gediz Nehri–Akhisar köprüsü kaynağında belirlenmiştir. pH değerleri Kırkağaç ve Akhisar mevkilerindeki su kaynaklarında <8 iken, diğer mevkilerdeki su kaynaklarında ise >8’tür.

**Çizelge 4.1. I. Alt Bölge Su Kaynakları Analiz ve Hesaplama Sonuçları**

| Örnekleme Yeri                             | pH   | EC<br>(dS/m) | ΣTuz<br>(mg/L) | Katyonlar (me/L) |      |       |       | Anyonlar (me/L) |                  |      |                 | %Na  | SAR  | AdjSAR | AdjR <sub>Na</sub> | RSC<br>(me/L) | pHc  | LSI  | Sertlik | PT<br>(me/L) | PI<br>(%) | B<br>(ppm) | Fe<br>(ppm) |
|--------------------------------------------|------|--------------|----------------|------------------|------|-------|-------|-----------------|------------------|------|-----------------|------|------|--------|--------------------|---------------|------|------|---------|--------------|-----------|------------|-------------|
|                                            |      |              |                | Na               | K    | Ca    | Mg    | CO <sub>3</sub> | HCO <sub>3</sub> | Cl   | SO <sub>4</sub> |      |      |        |                    |               |      |      |         |              |           |            |             |
| Merkez–Karaali                             | 7,30 | 0,60         | 384            | 0,50             | 0,03 | 2,49  | 2,98  | 0,00            | 5,08             | 0,55 | 0,40            | 8,3  | 0,30 | 0,70   | 0,33               | 0             | 7,07 | 0,23 | 27,3    | 0,75         | 46,7      | 1,40       | 0,03        |
| Merkez–Yeniköy                             | 7,22 | 1,50         | 825            | 1,41             | 0,24 | 0,40  | 10,84 | 0,00            | 11,06            | 0,56 | 0,33            | 10,9 | 0,59 | 1,72   | 0,59               | 0             | 6,51 | 0,71 | 56,2    | 0,73         | 36,7      | 0,10       | 0,00        |
| Merkez–Göksu                               | 7,65 | 0,61         | 438,4          | 0,71             | 0,06 | 2,74  | 3,34  | 0,00            | 5,98             | 0,24 | 0,26            | 10,3 | 0,41 | 1,10   | 0,47               | 0             | 6,70 | 0,95 | 30,4    | 0,37         | 46,4      | 0,90       | 0,03        |
| Saruhanlı                                  | 7,50 | 0,66         | 425,6          | 1,00             | 0,15 | 5,50* |       | 0,00            | 4,50             | 0,50 | 1,65            | 15,0 | 0,60 | 1,36   | -*                 | 0             | 7,15 | 0,35 | 27,5    | 1,32         | 46,3      | 0,01       | 0,00        |
| Turgutlu–<br>Karaköy                       | 7,26 | 0,81         | 573,4          | 2,67             | 0,05 | 3,43  | 2,81  | 0,00            | 7,35             | 0,55 | 0,77            | 29,8 | 1,51 | 3,76   | 1,88               | 1,11          | 6,91 | 0,35 | 31,2    | 0,93         | 60,0      | 0,00       | 0,02        |
| Salihli–Taytan                             | 7,75 | 0,86         | 581,7          | 4,52             | 0,11 | 1,72  | 2,74  | 0,00            | 5,42             | 1,34 | 2,18            | 49,7 | 3,03 | 6,72   | 3,32               | 0,96          | 7,18 | 0,57 | 22,3    | 2,43         | 74,7      | 0,00       | 0,04        |
| Salihli–Köseali                            | 6,90 | 1,23         | 784,6          | 8,30             | 0,03 | 2,23  | 1,70  | 0,0             | 10,87            | 0,58 | 0,94            | 67,7 | 5,92 | 14,56  | 7,52               | 6,94          | 6,94 | 0,04 | 19,6    | 1,05         | 94,3      | 0,00       | 0,03        |
| Salihli–Kapancı                            | 7,54 | 0,57         | 401,7          | 1,06             | 0,11 | 3,99  | 1,12  | 0,00            | 4,83             | 0,37 | 1,21            | 16,8 | 0,66 | 1,51   | 0,88               | 0             | 7,13 | 0,41 | 25,5    | 0,97         | 52,4      | 0,50       | 0,02        |
| Salihli–Pazarköy                           | 7,85 | 0,65         | 457,6          | 3,04             | 0,11 | 1,53  | 2,47  | 0,00            | 4,61             | 0,43 | 2,07            | 42,5 | 2,15 | 4,92   | 2,32               | 0,61          | 7,11 | 0,74 | 20      | 1,46         | 72,2      | 0,00       | 0,00        |
| Salihli–Karayahşi                          | 7,50 | 0,76         | 532,4          | 1,52             | 0,12 | 5,13  | 1,55  | 0,00            | 5,87             | 0,34 | 2,07            | 18,2 | 0,83 | 2,01   | 1,16               | 0             | 6,98 | 0,52 | 33,4    | 1,37         | 47,0      | 1,50       | 0,17        |
| Salihli–Adala                              | 7,98 | 0,43         | 280,3          | 0,44             | 0,20 | 3,74* |       | 0,00            | 2,92             | 0,35 | 1,11            | 10,0 | 0,32 | 0,63   | -*                 | 0             | 7,45 | 0,53 | 18,7    | 0,90         | 47,7      | 0,05       | 0,05        |
| Salihli–Necati bey<br>çiftlik (şahıs)      | 8,09 | 1,41         | 911,3          | 1,15             | 0,03 | 3,06  | 10,0  | 0,28            | 11,56            | 0,76 | 1,76            | 8,0  | 0,45 | 1,33   | 0,49               | 0             | 6,43 | 1,66 | 65,3    | 1,64         | 32,4      | 0,80       | 0,03        |
| Salihli–Toygar                             | 7,04 | 1,52         | 950,4          | 6,28             | 0,11 | 3,94  | 4,52  | 0,00            | 7,21             | 4,17 | 2,59            | 42,3 | 3,05 | 7,82   | 3,63               | 0             | 6,84 | 0,20 | 42,3    | 5,46         | 60,4      | 0,00       | 0,27        |
| Ahmetli                                    | 8,24 | 0,44         | 289,2          | 0,66             | 0,20 | 3,66* |       | 0,00            | 2,90             | 0,55 | 1,05            | 14,6 | 0,49 | 0,94   | -*                 | 0             | 7,47 | 0,77 | 18,3    | 1,07         | 53,3      | 0,05       | 0,08        |
| Gediz Nehri–<br>Hacıhaliller<br>mansap     | 8,27 | 1,23         | 780,1          | 3,33             | 0,03 | 3,70  | 5,13  | 0,00            | 8,43             | 2,07 | 1,89            | 27,3 | 1,58 | 4,22   | 1,86               | 0             | 6,72 | 1,55 | 44,1    | 3,01         | 51,1      | 0,00       | 0,00        |
| Gediz Nehri–<br>Manisa köprüsü             | 8,59 | 0,96         | 654            | 4,64             | 0,33 | 1,65  | 3,60  | 1,62            | 3,46             | 1,92 | 2,62            | 45,4 | 2,86 | 6,45   | 2,98               | 0             | 7,14 | 1,45 | 26,2    | 3,23         | 63,6      | 0,00       | 0,00        |
| Gediz Nehri–<br>Demirköprü baraj<br>çıkışı | 7,65 | 0,66         | 418,5          | 1,41             | 0,03 | 2,39  | 2,71  | 0,00            | 4,15             | 0,88 | 1,56            | 21,5 | 0,88 | 1,93   | 0,98               | 0             | 7,20 | 0,45 | 25,5    | 1,66         | 52,5      | 0,00       | 0,00        |

\*Su analizlerinde Ca ve Mg konsantrasyonları birlikte verildiği için AdjR<sub>Na</sub> değeri hesaplanamamıştır.

EC değerleri 0,49–1,07 dS/m,  $\Sigma$ Tuz miktarları da 298,2–699,5 mg/L arasındadır (Çizelge 4.2). EC ve  $\Sigma$ Tuz miktarlarının minimum değerleri Alaşehir çayı–Akhisar köprüsü mevkisinde, maksimum değerleri ise Gediz Nehri–Akhisar köprüsü mevkisindeki su kaynaklarında belirlenmiştir. USSL tarafından yapılan sınıflandırma dikkate alındığında Gediz Nehri–Akhisar köprüsü kaynağı C<sub>3</sub> diğer su kaynakları C<sub>2</sub> sınıfı içerisinde yer almaktadır.

Na değerleri 1,10–5,65 me/L, K değerleri 0,05–0,46 me/L, Ca değerleri 1,59–3,70 me/L, Mg değerleri 0,99–3,23 me/L, HCO<sub>3</sub> değerleri 3,32–6,51 me/L, Cl değerleri 0,30–1,59 me/L, SO<sub>4</sub> değerleri 0,66–1,45 me/L arasında değişmiş, CO<sub>3</sub>’a rastlanmamıştır (Çizelge 4.2).

Na değeri Alaşehir çayı–Akhisar köprüsü kaynağında minimum, Gediz Nehri–Akhisar köprüsü kaynağında ise maksimum bulunmuştur (Çizelge 4.2). Gediz Nehri–Akhisar köprüsü kaynağında bulunan Na değeri hariç diğer tüm su kaynaklarındaki Na miktarları <3 me/L’tür.

HCO<sub>3</sub> miktarları bölgedeki bütün su kaynaklarında 1,5–8,5 me/L sınır değerler arasındadır (Çizelge 4.2).

Gediz Nehri–Akhisar köprüsü su kaynağında bulunan Cl konsantrasyonu hariç diğer su kaynaklarında bulunan Cl konsantrasyonları 1 me/L’den azdır (Çizelge 4.2). Gediz Nehri–Akhisar köprüsü su kaynağı Cl miktarı ise <3 me/L’tür.

%Na değerleri 21,5–51,7 arasında değişmektedir. Bu değer Gediz Nehri–Akhisar köprüsü mevkisinde %50’den fazla bulunmuştur. Diğer su kaynaklarındaki değerler ise %50’nin çok altında ve birbirine yakın değerlerdir (Çizelge 4.2).

SAR değerleri 0,85–3,64 arasında değişmiştir (Çizelge 4.2). SAR değeri en fazla Gediz Nehri–Akhisar köprüsü, en az Akhisar ve Alaşehir çayı–Akhisar köprüsü

mevkilerindeki su kaynaklarında hesaplanmıştır. Gediz Nehri–Akhisar köprüsü su kaynağı hariç diğer 3 kaynağın SAR değerleri  $<3$ 'tür.

AdjSAR değerleri Alaşehir çayı–Akhisar köprüsü mevkisindeki su kaynağında en düşük, Gediz Nehri–Akhisar köprüsü mevkisindeki su kaynağında ise en yüksek hesaplanmıştır. Hesaplanan AdjSAR değerleri 1,65–8,45 arasında değişmiştir (Çizelge 4.2).

En düşük AdjR<sub>Na</sub> değeri Alaşehir çayı–Akhisar köprüsü mevkisindeki su kaynağında 0,97 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.2). Gediz Nehri–Akhisar köprüsü mevkisindeki su kaynağında ise 3,97 olarak en fazla hesaplanmıştır.

RSC değerleri Akhisar ve Alaşehir çayı–Akhisar köprüsü mevkilerindeki su kaynaklarında negatif, Kırkağaç ve Gediz Nehri–Akhisar köprüsü mevkilerinde pozitif olarak bulunmuştur (Çizelge 4.2). Kırkağaç su kaynağı RSC değeri  $<1,25$  iken, Gediz Nehri–Akhisar köprüsü su kaynağı RSC değeri  $>1,25$ 'tür.

pHc değerleri 7,03–7,45 arasında bulunmuştur. Ölçülen pH değerlerinden teorik pH değerlerinin çıkarılmasıyla bulunan LSI değerleri 0,04–1,20 me/L arasında değişmiş olup LSI değerleri bütün su kaynaklarında pozitifdir. LSI değeri en yüksek Gediz Nehri–Akhisar köprüsü su kaynağında bulunmuştur.

Sertlik değerleri 16,8–27,4 arasında belirlenmiştir. Bölgedeki tüm su kaynaklarının sertlik değerleri  $<32$ 'tür (Çizelge 4.2).

Minimum–maksimum PT değerleri 0,63–2,31 me/L ve PI değerleri de %56,3–75,2 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.2). Gediz Nehri–Akhisar köprüsü kaynağında PT ve PI değerleri maksimum, Kırkağaç kaynağında ise minimum olarak hesaplanmıştır.

Su kaynaklarında B ve Fe'e rastlanmamıştır (Çizelge 4.2).

**Çizelge 4.2. II. Alt Bölge Su Kaynakları Analiz ve Hesaplama Sonuçları**

| Örnekleme Yeri                    | pH   | EC (dS/m) | $\Sigma$ Tuz (mg/L) | Katyonlar (me/L) |      |       |      | Anyonlar (me/L) |                  |      |                 | %Na  | SAR  | AdjSAR | AdjR <sub>Na</sub> | RSC (me/L) | pHc  | LSI  | Sertlik | PT (me/L) | PI (%) | B (ppm) | Fe (ppm) |
|-----------------------------------|------|-----------|---------------------|------------------|------|-------|------|-----------------|------------------|------|-----------------|------|------|--------|--------------------|------------|------|------|---------|-----------|--------|---------|----------|
|                                   |      |           |                     | Na               | K    | Ca    | Mg   | CO <sub>3</sub> | HCO <sub>3</sub> | Cl   | SO <sub>4</sub> |      |      |        |                    |            |      |      |         |           |        |         |          |
| Kırkağaç                          | 7,51 | 0,74      | 451,8               | 1,52             | 0,07 | 3,70  | 1,77 | 0,00            | 6,10             | 0,30 | 0,66            | 21,5 | 0,92 | 2,18   | 1,11               | 0,63       | 7,03 | 0,48 | 27,4    | 0,63      | 56,3   | 0,00    | 0,00     |
| Akhisar                           | 7,40 | 0,55      | 334,7               | 1,16             | 0,05 | 4,02* |      | 0,00            | 3,52             | 0,55 | 1,22            | 22,2 | 0,85 | 1,73   | -*                 | 0          | 0    | 0,04 | 20,1    | 1,16      | 57,7   | 0,00    | 0,00     |
| Alaşehir Çayı–<br>Akhisar Köprüsü | 8,03 | 0,49      | 298,2               | 1,10             | 0,20 | 2,37  | 0,99 | 0,00            | 3,32             | 0,40 | 1,23            | 23,6 | 0,85 | 1,65   | 0,97               | 0          | 7,45 | 0,58 | 16,8    | 1,01      | 62,7   | 0,00    | 0,00     |
| Gediz Nehri–<br>Akhisar Köprüsü   | 8,27 | 1,07      | 699,5               | 5,65             | 0,46 | 1,59  | 3,23 | 0,00            | 6,51             | 1,59 | 1,45            | 51,7 | 3,64 | 8,45   | 3,97               | 1,69       | 7,07 | 1,20 | 24,1    | 2,31      | 75,2   | 0,00    | 0,00     |

\* Ca değeri bulunmadığından Adj.R<sub>Na</sub> hesaplanamamıştır

### 4.3. III. Alt Bölge Kapsamındaki Su Kaynaklarına İlişkin Sulama Suyu Analiz Sonuçları ve Hesaplama Bulguları

Manisa-III. alt bölgede tek su kaynağı olan Akpınar su kaynağı incelenmiştir. Bu su kaynağında yapılan analizlere ve hesaplamalara ilişkin sonuçlar Çizelge 4.3’de verilmiştir. Mevcut su kaynağı Gördes ilçesindeki sulamalarda kullanılmaktadır.

Akpınar su kaynağına ilişkin pH, EC ve  $\Sigma$ Tuz değerleri sırasıyla 7,38, 0,46 dS/m ve 315,5 mg/L olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.3). USSL tarafından yapılan sınıflandırma dikkate alındığında su kaynağı EC’ye göre C<sub>2</sub> sınıfı içerisinde yer almaktadır.

Na değeri 0,75 me/L, K değeri 0,10 me/L, Ca değeri 1,80 me/L, Mg değeri 2,28 me/L, HCO<sub>3</sub> değeri 3,67 me/L, Cl değeri 0,36 me/L ve SO<sub>4</sub> değeri 1,04 me/L olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Akpınar suyunda CO<sub>3</sub>’a rastlanmamıştır.

Na miktarı 3 me/L’den az, HCO<sub>3</sub> miktarı 1,5-8,5 me/L arasında ve Cl miktarı 1 me/L’den azdır.

%Na değeri 15,2 olan suyun SAR değeri de 0,53’tür. Yine SAR’la ilgili olarak Akpınar su kaynağının AdjSAR değeri 1,09 ve AdjR<sub>Na</sub> değeri de 0,57 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

RSC değeri negatif olarak bulunan su kaynağının pH<sub>c</sub> değeri 7,34 olarak hesaplanmıştır. LSI değeri pozitif olup 0,04’tür (Çizelge 4.3).

Akpınar suyunun sertlik değeri 20,4, PT değeri 0,88 me/L, PI değeri de %55,1 olarak hesaplanmış, B’ a rastlanmamıştır. Fe miktarı ise 0,01 ppm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

**Çizelge 4.3.** III. Alt Bölge Su Kaynakları Analiz ve Hesaplama Sonuçları

| Örneklem Yeri  | pH   | EC<br>(dS/m) | ΣTuz<br>(mg/L) | Katyonlar (me/L) |      |      |      | Anyonlar (me/L) |                  |      |                 | %Na  | SAR  | AdjSAR | AdjR <sub>Na</sub> | RSC<br>(me/L) | pHc  | LSI  | Sertlik | PT<br>(me/L) | PI<br>(%) | B<br>(ppm) | Fe<br>(ppm) |
|----------------|------|--------------|----------------|------------------|------|------|------|-----------------|------------------|------|-----------------|------|------|--------|--------------------|---------------|------|------|---------|--------------|-----------|------------|-------------|
|                |      |              |                | Na               | K    | Ca   | Mg   | CO <sub>3</sub> | HCO <sub>3</sub> | Cl   | SO <sub>4</sub> |      |      |        |                    |               |      |      |         |              |           |            |             |
| Gördes-Akpınar | 7,38 | 0,46         | 315,5          | 0,75             | 0,10 | 1,80 | 2,28 | 0,00            | 3,67             | 0,36 | 1,04            | 15,2 | 0,53 | 1,09   | 0,57               | 0             | 7,34 | 0,04 | 20,4    | 0,88         | 55,1      | 0,00       | 0,01        |

#### 4.4. IV. Alt Bölge Kapsamındaki Su Kaynaklarına İlişkin Sulama Suyu Analiz Sonuçları ve Hesaplama Bulguları

Manisa-IV. alt bölgede bulunan su kaynaklarında yapılan analizlere ve hesaplamalara ilişkin sonuçlar Çizelge 4.4’de verilmiştir. Bu bölgedeki su kaynaklarından Alaşehir ve Sarıgöl ilçelerinde yapılan sulamalarda yararlanılmaktadır. Alaşehir kapsamında Sarıkız, Sobran, Ilgın, Göbekli, Piyadeler, Kavaklıdere, Kasaplı, Işıklı (şahıs), Belenyaka, Cafer Fakılı (şahıs); Sarıgöl kapsamında Ahmetağa, Çavuşlar ve Yukarı Koçaklar su kaynakları incelenmiştir.

pH değerleri 6,78–7,70 arasında değişmektedir (Çizelge 4.4). pH değeri en düşük Alaşehir–Kasaplı’da, en yüksek ise Alaşehir–Göbekli kaynağında belirlenmiştir. pH değerleri Alaşehir–Ilgın ve Alaşehir Kasaplı kaynaklarında 7’den az iken, diğer kaynaklarda ise 7–8 arasında değişmektedir.

Minimum–maksimum EC değerleri 0,47–1,94 dS/m,  $\Sigma$ Tuz miktarları 321,2–1233 mg/L arasındadır. Minimum değerler Alaşehir–Sarıkız, maksimum değerler ise Alaşehir–Kasaplı mevkiilerindeki su kaynaklarında bulunmuştur (Çizelge 4.4). USSSL tarafından yapılan sınıflandırma dikkate alındığında bölgede C<sub>1</sub> ve C<sub>4</sub> sınıfı su bulunmamaktadır. Alaşehir–Piyadeler, Alaşehir–Kavaklıdere, Alaşehir–Kasaplı, Alaşehir–Işıklı, Alaşehir–Belenyaka, Alaşehir–Cafer Fakılı (şahıs) ve Sarıgöl–Çavuşlar suları C<sub>3</sub> sınıfı su grubuna girmekte, diğerleri ise C<sub>2</sub> sınıfı içerisinde yer almaktadır.

Na değerleri 0,70–8,0 me/L, K değerleri 0,03–0,28 me/L, Ca değerleri 1,63–6,78 me/L, Mg değerleri 0,99–4,88 me/L, HCO<sub>3</sub> değerleri 3,01–13,18 me/L, Cl değerleri 0,31–3,35 me/L ve SO<sub>4</sub> değerleri 0,75–4,73 me/L arasında belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Bölgedeki bütün su kaynaklarında CO<sub>3</sub>’a ise rastlanmamıştır.

Na değeri minimum Alaşehir–Sobran’da, maksimum ise Alaşehir–Kasaplı’da bulunmuştur (Çizelge 4.4). Su kaynaklarından 7 tanesinde (Alaşehir kapsamında Sarıkız, Sobran, Belenyaka, Cafer Fakılı (şahıs); Sarıgöl kapsamında Ahmetağa,

Çavuşlar, Y. Koçaklar mevkilerinde) bulunan Na konsantrasyonları  $<3$  me/L, diğer su kaynaklarında ise  $>3$  me/L olarak belirlenmiştir.

Minimum  $\text{HCO}_3$  değeri Sarıgöl-Ahmetağa, maksimum  $\text{HCO}_3$  değeri ise Alaşehir-Kasaplı mevkilerindeki su kaynaklarında belirlenmiştir (Çizelge 4.4).  $\text{HCO}_3$  miktarları Alaşehir-Kavaklıdere ve Alaşehir-Kasaplı mevkilerinde 8,5 me/L'den fazladır.

En yüksek CI konsantrasyonu Alaşehir-Kasaplı mevkisindeki su kaynağında saptanmıştır (Çizelge 4.4). CI miktarları Alaşehir kapsamında Kasaplı, Işıklı (şahıs), Cafer Fakılı (şahıs); Sarıgöl kapsamında Ahmetağa ve Çavuşlar kaynakları hariç diğer kaynaklarında 1 me/L'den azdır.

%Na değerleri 10,2–52,8 arasında değişmektedir. En fazla %Na değeri Alaşehir-Göbekli kaynağında bulunmuştur. %Na değerleri Alaşehir-Işıklı, Alaşehir-Kasaplı ve Alaşehir-İlgın mevkilerindeki su kaynaklarında da sırasıyla 40,1, 41,5 ve 42,0 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

SAR değerleri 0,40–3,37 arasında değişmiştir (Çizelge 4.4). SAR değeri en fazla Alaşehir-Kasaplı, en az Alaşehir-Sobran mevkilerindeki su kaynaklarında bulunmuştur. Alaşehir-Kasaplı su kaynağında SAR değeri  $>3$  iken, diğer mevkilerdeki su kaynaklarında ise  $<3$ 'tür.

AdjSAR değerleri Alaşehir-Sobran mevkisindeki su kaynağında en düşük, Alaşehir-Kasaplı mevkisindeki su kaynağında ise en yüksek hesaplanmıştır. AdjSAR değerleri 0,86–12,52 arasında değişmiştir (Çizelge 4.4).

Alaşehir-Sobran mevkisindeki su kaynağında  $\text{AdjR}_{\text{Na}}$  değeri 0,47 olarak en az, Alaşehir-Kasaplı mevkisindeki su kaynağında ise  $\text{AdjR}_{\text{Na}}$  değeri 4,67 olarak en fazla hesaplanmıştır.  $\text{AdjR}_{\text{Na}}$  değerleri Alaşehir-Göbekli, Alaşehir-Kasaplı ve Alaşehir-Işıklı (şahıs) mevkilerindeki su kaynaklarında  $>3$ , diğer su kaynaklarında ise  $<3$  olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Alaşehir kapsamında Göbekli, Piyadeler, Kasaplı, Işıklı (şahıs) sularında RSC değerleri pozitif, diğer kaynaklarda negatiftir (Çizelge 4.4).

pHc değerleri 6,47–7,38 arasında hesaplanmıştır. LSI değerleri Alaşehir–İlgın mevkisindeki su kaynağı hariç diğer su kaynaklarında pozitif olarak belirlenmiştir. En yüksek LSI değeri Alaşehir–Işıklı (şahıs) mevkisindeki su kaynağında bulunmuştur (Çizelge 4.4).

Sertlik değerleri 14,7–56,2 arasında belirlenmiştir. Alaşehir–Göbekli mevkisindeki su kaynağında sertlik değeri en az bulunmuştur (Çizelge 4.4). Alaşehir kapsamında Piyadeler, Kavaklıdere, Kasaplı, Işıklı (şahıs), Belenyaka, Cafer Fakılı (şahıs) ile Sarıgöl–Çavuşlar sularının sertlik değerleri >32'tür.

PT değerleri 0,75–4,68 me/L arasında değişmektedir. Alaşehir kapsamında Kasaplı, Işıklı (şahıs), Cafer Fakılı (şahıs) suları hariç tüm suların PT değerleri <3 me/L'dır. PI değerleri de %37,2–88,0 arasında hesaplanmıştır (Çizelge 4.4). En az PI değeri Alaşehir–Sobran, en fazla ise Alaşehir–Göbekli su kaynaklarında belirlenmiştir.

Bölge sularında B miktarı 0,00–1,50 ppm arasında değişmektedir (Çizelge 4.4). En fazla B miktarı Alaşehir–Kavaklıdere mevkisindeki su kaynağında saptanmıştır. İncelenen su kaynaklarından 10 tanesinde B'a rastlanmamıştır.

Fe miktarları 0,00–0,52 ppm arasında değişmektedir. En fazla Fe miktarı Alaşehir–İlgın mevkisindeki su kaynağında belirlenmiştir. Bölgedeki su kaynaklarından Alaşehir–Sarıköz ve Sarıgöl–Y. Koçaklar mevkilerindeki su kaynaklarında Fe'e rastlanmamıştır. Bölgedeki su kaynaklarından 5 tanesinde (Alaşehir kapsamında Ilgın, Kasaplı, Belenyaka, Cafer Fakılı (şahıs) ile Sarıgöl kapsamında Ahmetağa su kaynaklarında) Fe miktarı >0,10 ppm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

**Çizelge 4.4. IV. Alt Bölge Su Kaynakları Analiz ve Hesaplama Sonuçları**

| Örnekleme Yeri                | pH   | EC<br>(dS/m) | ΣTuz<br>(mg/L) | Kasyonlar (me/L) |      |      |      | Anyonlar (me/L) |                  |      |                 | %Na  | SAR  | AdjSAR | AdjR <sub>Na</sub> | RSC (me/L) | pHc  | LSI   | Sertlik | PT<br>(me/L) | PI<br>(%) | B<br>(ppm) | Fe<br>(ppm) |
|-------------------------------|------|--------------|----------------|------------------|------|------|------|-----------------|------------------|------|-----------------|------|------|--------|--------------------|------------|------|-------|---------|--------------|-----------|------------|-------------|
|                               |      |              |                | Na               | K    | Ca   | Mg   | CO <sub>3</sub> | HCO <sub>3</sub> | Cl   | SO <sub>4</sub> |      |      |        |                    |            |      |       |         |              |           |            |             |
| Alaşehir-Sarıköz              | 7,45 | 0,47         | 321,2          | 1,01             | 0,09 | 1,63 | 2,29 | 0,00            | 3,37             | 0,46 | 1,12            | 20,1 | 0,72 | 1,45   | 0,76               | 0          | 7,38 | 0,07  | 19,6    | 1,02         | 56,7      | 0,00       | 0,00        |
| Alaşehir-Sobran               | 7,35 | 0,62         | 437,7          | 0,70             | 0,16 | 3,68 | 2,30 | 0,00            | 3,39             | 0,31 | 2,84            | 10,2 | 0,40 | 0,86   | 0,47               | 0          | 7,25 | 0,10  | 29,9    | 1,73         | 37,2      | 0,00       | 0,02        |
| Alaşehir-İlgın                | 6,81 | 0,74         | 512            | 3,36             | 0,11 | 2,77 | 1,76 | 0,00            | 3,27             | 0,83 | 4,02            | 42,0 | 2,23 | 4,70   | 2,51               | 0          | 7,29 | -0,48 | 22,6    | 2,84         | 64,0      | 0,00       | 0,52        |
| Alaşehir-Göbekli              | 7,70 | 0,63         | 403,2          | 3,33             | 0,03 | 1,95 | 0,99 | 0,00            | 5,17             | 0,38 | 0,75            | 52,8 | 2,75 | 5,61   | 3,30               | 2,23       | 7,36 | 0,34  | 14,7    | 0,75         | 88,0      | 0,00       | 0,02        |
| Alaşehir-Piyadeler            | 7,21 | 1,02         | 648,3          | 3,28             | 0,03 | 3,15 | 3,67 | 0,00            | 8,06             | 0,55 | 1,52            | 32,4 | 1,78 | 4,57   | 2,12               | 1,24       | 6,83 | 0,38  | 34,1    | 1,31         | 60,4      | 0,30       | 0,06        |
| Alaşehir-Kavaklıdere          | 7,12 | 1,21         | 850            | 3,14             | 0,23 | 5,24 | 4,68 | 0,00            | 8,89             | 0,72 | 3,81            | 23,6 | 1,41 | 3,84   | 1,78               | 0          | 6,67 | 0,45  | 49,6    | 2,62         | 46,0      | 1,50       | 0,04        |
| Alaşehir-Kasaplı              | 6,78 | 1,94         | 1233           | 8,0              | 0,03 | 6,78 | 4,47 | 0,00            | 13,18            | 3,35 | 2,67            | 41,5 | 3,37 | 12,52  | 4,67               | 1,93       | 6,47 | 0,31  | 56,2    | 4,68         | 60,1      | 0,60       | 0,12        |
| Alaşehir-Işıklı (Şahıs)       | 7,54 | 1,31         | 825,6          | 5,17             | 0,27 | 3,85 | 3,61 | 0,00            | 7,72             | 1,10 | 3,81            | 40,1 | 2,68 | 6,86   | 3,28               | 0,26       | 6,84 | 0,70  | 37,3    | 3,00         | 61,2      | 0,00       | 0,08        |
| Alaşehir-Belenyaka            | 7,58 | 0,82         | 583,6          | 2,17             | 0,18 | 3,80 | 2,97 | 0,00            | 4,63             | 0,77 | 2,55            | 23,8 | 1,18 | 2,73   | 1,40               | 0          | 7,08 | 0,50  | 33,8    | 2,04         | 47,3      | 0,00       | 0,30        |
| Alaşehir-Cafer Fakılı (Şahıs) | 7,18 | 1,05         | 645,7          | 2,48             | 0,28 | 2,45 | 4,88 | 0,00            | 3,92             | 1,39 | 4,73            | 24,6 | 1,30 | 2,96   | 1,38               | 0          | 7,12 | 0,06  | 36,6    | 3,75         | 44,6      | 0,00       | 0,13        |
| Sarıgöl-Ahmetağa              | 7,65 | 0,73         | 505,6          | 1,67             | 0,13 | 3,62 | 2,48 | 0,00            | 3,01             | 1,05 | 2,68            | 21,1 | 0,96 | 2,03   | 1,08               | 0          | 7,28 | 0,37  | 30,5    | 2,39         | 43,0      | 0,00       | 0,14        |
| Sarıgöl-Çavuşlar              | 7,50 | 0,97         | 675,2          | 1,90             | 0,20 | 5,16 | 3,29 | 0,00            | 4,91             | 1,22 | 3,30            | 18,0 | 0,92 | 2,24   | 1,15               | 0          | 6,96 | 0,54  | 42,2    | 2,87         | 38,7      | 0,00       | 0,02        |
| Sarıgöl-Y. Koçaklar           | 7,47 | 0,56         | 385,9          | 0,79             | 0,12 | 3,37 | 1,75 | 0,00            | 3,83             | 0,44 | 1,62            | 13,1 | 0,49 | 1,05   | 0,59               | 0          | 7,24 | 0,23  | 25,6    | 1,25         | 45,0      | 0,00       | 0,00        |

#### 4.5. Sulama suları kalitelerinin toprak, bitki ve sulama yöntemleri açısından değerlendirilmesi

Sulama suyu kalitesinin toprak pH'sını ilerleyen süreçte düşürme veya artırma durumu besin elementi yarayışlılığı açısından önemlidir (Yıldız 2008). Çünkü sulama sularının pH değerinin çok düşük veya çok yüksek olması bitkide beslenme bozukluklarına neden olur ve bu değer sulama suları için 6,50–8,40 arasında olması istenir (Ayers and Westcot 1994). Sulama suyu kalitesi dolaylı olarak belli zaman diliminde ve toprağın fiziksel–kimyasal özelliklerine bağlı olarak toprak reaksiyonunu (pH) etkiler. Bitkiler için özellikle 6,5–7,5 (hafif asit–hafif alkalın) pH idealdir. Bazı besin elementlerinin yarayışlılığı açısından değişen pH olumsuz etkiler yapabilmektedir. Örneğin; pH düştükçe, özellikle P iyonu toprakta Fe–Al gibi bazı metallerle yarayışlılığı düşük bileşikler oluşturarak (fiksasyon) bitkinin P'dan yararlanmasını sınırlar. Ayrıca düşük pH, toprakta mikroorganizma çeşit ve aktivitesini de olumsuz etkileyerek nitrifikasyon vb. süreçlere olumsuz etki eder. Yüksek pH'da yine P alımını sınırlar. Bunun nedeni sulama suyundaki olası Ca, Mg, Na vb. iyonların fosforu fikse etmesidir. Ayrıca yükselen toprak pH'sı toprak yüzeyinden özellikle  $\text{NH}_2$  şeklinde azot kayıplarına neden olabilir (Yıldız 2008). Bitki beslenmesi açısından incelenen kaynakların yarısına yakınında pH değerleri istenen sınırlar arasındadır. Ancak Manisa ilindeki diğer su kaynaklarıyla sulamada uzun vadede bitki beslenmesi açısından sorunlar yaşanması kaçınılmaz olacaktır. Özellikle 8'den büyük pH değerine sahip I. alt bölgedeki Salihli–Necati bey çiftlik (şahıs), Ahmetli, Gediz Nehri–Hacıhaliller mansap ve Gediz Nehri–Manisa köprüsü; II. alt bölgedeki Alaşehir çayı–Akhisar köprüsü ve Gediz Nehri–Akhisar köprüsü su kaynaklarının kullanıldığı alanlarda bu sorunlar şiddetli olarak görülebilecektir (Çizelge 4.5).

Sulama yöntemleri açısından pH incelendiğinde yüksek pH (>8) değerlerinin özellikle damla sulama sistemlerinde damlatıcıların tıkanma ihtimalini ciddi oranlarda artıran önemli bir kalite parametresi olduğu görülmektedir (Nakayama 1982). Damla sulama sistemleri açısından I. alt bölgede Salihli–Köseali; IV. alt bölgede Alaşehir–İlgın ve Alaşehir–Kasaplı su kaynaklarının kullanıldığı alanlarda düşük pH (<7)'dan dolayı

tıkanmayla ilgili bir sorun yaşanması söz konusu olmayacaktır. Ancak 7–8 arasında pH değerine sahip I. alt bölgedeki Merkez kapsamında Karaali, Yeniköy, Göksu, Saruhanlı, Turgutlu–Karaköy, Salihli kapsamında Taytan, Kapancı, Pazarköy, Karayahşi, Adala, Toygar ve Gediz Nehri–Demirköprü baraj çıkışı; II. alt bölgedeki Kırkağaç, Akhisar; III. alt bölgedeki Gördes–Akpınar; IV. alt bölgedeki Alaşehir kapsamında Sarıkız, Sobran, Göbekli, Piyadeler, Kavaklıdere, Işıklı (şahıs), Belenyaka, Cafer Fakılı (şahıs); Sarıgöl kapsamında Ahmetağa, Çavuşlar ve Y. Koçaklar su kaynaklarının kullanıldığı alanlarda orta derecede tıkanma, 8’den büyük pH değerine sahip I. alt bölgedeki Salihli–Necati bey çiftlik (şahıs), Ahmetli, Gediz Nehri–Hacıhaliller mansap, Gediz Nehri–Manisa köprüsü; II. alt bölgedeki Alaşehir çayı–Akhisar köprüsü ve Gediz Nehri–Akhisar köprüsü su kaynaklarının kullanıldığı alanlarda ise şiddetli tıkanma sorunu yaşanabilecektir (Çizelge 4.7). Tıkanmayı gidermek için seyreltik asit uygulanması alınacak önlemlerdendir.

Sulama suyunda bulunan tuz çözeltisi bitki büyümesini farklı biçimlerde etkiler (Bauder ve Brock 2001). Tuz çözeltisi, ozmotik potansiyeli artırarak su potansiyelini negatif olarak düşürür ve toprak suyunun kullanılabilirliğini azaltır. Bitki su alımında güçlük çeker, beslenmesi zayıflar. Tuzluluk, kimi özel iyonların konsantrasyonlarını artırabilir. Bunlar ozmotik etkinin dışında, bitki metabolizması üzerine toksik etkiye sahiptir. Tuzluluk artıka suyun bitkiye yararlılığında çok önemli bir azalma meydana gelir (Kanber ve Ünlü 2010).  $\Sigma$ Tuz konsantrasyonu yüksek olduğu zaman bitki köklerindeki hücrelerin protoplazmalarından kök bölgesindeki toprak solüsyonuna doğru bir akım olmaktadır. Ayrıca, bitki bünyesindeki suyu kaybedeceğinden bitkide büyüme durmakta ve ölüm söz konusu olmaktadır (Kaya ve Öztürk 2003). Sulama suyunun EC değeri 0,7 dS/m’den az olduğunda bitkiye yararlı su açısından bir sorun olmadığı ancak 0,7–3,0 dS/m arasında olduğunda sorunun başladığı, >3 dS/m olduğunda ise sorunun şiddetli olduğu ifade edilmiştir (Ayers and Westcot 1989). Buna göre I. alt bölgedeki Merkez–Karaali, Merkez–Göksu, Saruhanlı, Salihli–Kapancı, Salihli–Pazarköy, Salihli–Adala, Ahmetli, Gediz Nehri–Demirköprü baraj çıkışı; II. alt bölgedeki Akhisar ve Alaşehir çayı–Akhisar köprüsü; III. alt bölgedeki Gördes–Akpınar; IV. alt bölgedeki Alaşehir–Sarıkız, Alaşehir–Sobran, Alaşehir–Göbekli ve Sarıgöl–Y. Koçaklar mevkiilerindeki su

kaynakları hariç diğer bütün kaynaklarda bulunan EC değerleri 0,7–3,0 dS/m arasında olduğundan bu kaynakların kullanıldığı alanlarda topraktan su alımında bitkilerin sorun yaşayabileceği söylenebilir (Çizelge 4.5). Sulama suyu tuzluluğuna karşı beklenen verim azalışları yetiştirilen bitkilere göre farklılık gösterir. EC artışına bağlı olarak bitkilerde verim azalışları olmaktadır (Çizelge 3.9). Analizi yapılan su kaynakları tuzluluk açısından C<sub>2</sub> ve C<sub>3</sub> su sınıfına girmektedir. Bu sınıf sular sulama yönünden sorun olmayan hafif bünyeli topraklarda ve tuza orta veya yüksek oranda dayanıklı bitkiler için kullanılabilir. Bölgede yetiştirilen bitkilerden fasulye için I. alt bölgede Merkez–Yeniköy, Turgutlu–Karaköy, Salihli kapsamında Taytan, Köseali, Karayahşi, Necati bey çiftlik (şahıs) ve Toygar ile Gediz Nehri–Hacıhaliller mansap ve Gediz Nehri–Manisa köprüsü; II. alt bölgede Kırkağaç ve Gediz Nehri–Akhisar köprüsü; IV. alt bölgede ise Alaşehir kapsamında Ilgın, Piyadeler, Kavaklıdere, Kasaplı, Işıklı (şahıs), Belenyaka, Cafer Fakılı (şahıs), Sarıgöl kapsamında Ahmetağa ve Çavuşlar, soğan için I. alt bölgede Merkez–Yeniköy, Turgutlu–Karaköy, Salihli kapsamında Taytan, Köseali, Necati bey çiftlik (şahıs), Toygar ile Gediz Nehri–Hacıhaliller mansap ve Gediz Nehri–Manisa köprüsü; II. alt bölgede Gediz Nehri–Akhisar köprüsü; IV. alt bölgede Alaşehir kapsamında Piyadeler, Kavaklıdere, Kasaplı, Işıklı (şahıs), Belenyaka, Cafer Fakılı (şahıs) ile Salihli–Çavuşlar, marul için I. alt bölgede Merkez–Yeniköy, Salihli kapsamında Köseali, Necati bey ile Toygar ve Gediz Nehri–Hacıhaliller mansap; II. alt bölgede Gediz Nehri–Akhisar köprüsü; IV. alt bölgede Alaşehir kapsamında Piyadeler, Kavaklıdere, Kasaplı, Işıklı, Cafer Fakılı (şahıs) ile Sarıgöl–Çavuşlar, biber, üzüm, kayısı, erik için I. alt bölgede Merkez–Yeniköy; Salihli kapsamında Köseali, Necati bey çiftlik (şahıs) ile Toygar ve Gediz Nehri–Hacıhaliller mansap; II. alt bölgede Gediz Nehri–Akhisar köprüsü; IV. alt bölgede Alaşehir kapsamında Piyadeler, Kavaklıdere, Kasaplı, Işıklı (şahıs) ile Cafer Fakılı (şahıs), şeftali ve bakla için I. alt bölgede Merkez–Yeniköy; Salihli kapsamında Köseali, Necati bey çiftlik (şahıs), Toygar ile Gediz Nehri–Hacıhaliller mansap; IV. alt bölgede Alaşehir kapsamında Kavaklıdere, Kasaplı ve Işıklı (şahıs), lahana ve kereviz için I. alt bölgede Merkez–Yeniköy, Salihli kapsamında Köseali ile Toygar ve Gediz Nehri–Hacıhaliller mansap; IV. alt bölgede Alaşehir kapsamında Kavaklıdere, Kasaplı ve Işıklı (şahıs), ıspanak için I. alt bölgede Merkez–Yeniköy, Salihli kapsamında Necati bey çiftlik (şahıs) ve Toygar; IV. alt bölgede Alaşehir kapsamında Kasaplı ve Işıklı (şahıs), domates ve hıyar için IV.

alt bölgede Alaşehir–Kasaplı su kaynaklarının kullanıldığı alanlarda kısmen verimde azalışlar olacaktır. Buna göre sorun yaratabilecek bu gibi alanlarda tuza dayanıklı bitkilerin tercih edilmesinin yanı sıra arazinin yıkanması alınacak önlemler arasındadır (Kızıloğlu vd. 2007).

İncelenen su kaynaklarında  $\Sigma Tuz$  miktarlarının kapalı sulama sistemlerinde özellikle damla sulama sistemlerinde damlatıcılarda da tıkanma sorunu yaratabileceği ifade edilmiştir (Nakayama 1982). Buna göre Manisa ili I. alt bölgede Merkez–Yeniköy, Turgutlu–Karaköy, Salihli kapsamında Taytan, Köseali, Karayahşi, Necati bey çiftlik (şahıs) ile Toygar, Gediz Nehri–Hacıhaliller mansap ve Gediz Nehri–Manisa köprüsü; II. alt bölgede Gediz Nehri–Akhisar köprüsü; IV. alt bölgede ise Alaşehir kapsamında Ilgın, Piyadeler, Kavaklıdere, Kasaplı, Işıklı (şahıs), Belenyaka ile Cafer Fakılı (şahıs); Sarıgöl kapsamında Ahmetağa ve Çavuşlar sularının damla sulamada kullanılması durumunda orta düzeyde tıkanmalar söz konusu olacaktır (Çizelge 4.7).

Sodyum diğer katyonlar gibi sulama suyu ile toprağa uygulandığında, özellikle kil mineralleri ile tepkimeye girer. Sodyum oranı yüksekse sodyumun toprak tanecikleri tarafından adsorbe edilmesi sonucunda toprağın fiziksel durumunda ciddi bir şekilde bozulmalar söz konusu olur. Yani Na fazla olursa mevcut agregatlar dağılarak tekselleşir. Toprak yüzeyinde tekselleşme kaymak tabakası oluştururken, profilde tekselleşme gözeneklerin kil taneleri ile dolarak tıkanmasına, geçirgenliğin azalmasına yol açar. Bazı toprak cinslerinin geçirgenliğinin, fazla sodyum yüzünden çok fazla miktarda azaldığı görülmüştür (Kaya ve Öztürk 2003). Basit anlamda temel ölçüt olan %Na dikkate alındığında I. alt bölgede Salihli kapsamında Taytan, Pazarköy ve Toygar ile Gediz Nehri–Manisa köprüsü; II. alt bölgede Gediz Nehri–Akhisar köprüsü; IV. alt bölgede Alaşehir kapsamında Ilgın, Göbekli, Kasaplı ve Işıklı (şahıs) sularının hafif–orta sorun yaratma potansiyeli varken, sadece Salihli–Köseali su kaynağının ciddi sorun yaratma potansiyeli vardır (Çizelge 4.6). Sodyumun etkisini değerlendirmede daha yaygın kullanılan diğer ölçütler olan SAR, AdjSAR ve AdjR<sub>Na</sub> verileri dikkate alındığında da sadece I. alt bölgedeki Salihli–Köseali ve IV. alt bölgedeki Alaşehir–

Kasaplı su kaynaklarının  $>10$  AdjSAR değerinden dolayı hafif-orta sorun yaratma potansiyeli söz konusu olacaktır (Çizelge 4.6).

Toprak çözeltisindeki tuz konsantrasyonu, kation tabakalarını sıkıştırdığından, toprağın fiziksel özelliklerine olumlu yönde etki ederek geçirgenliği artırır. Ancak infiltrasyon tuzluluk artışıyla artarken, SAR/AdjR<sub>Na</sub> artışıyla azalır (Kızıloğlu vd. 2007). Düşük tuzlu su ( $<0,2$  dS/m) hemen hemen her zaman infiltrasyon sorunlarına sebeptir. Ancak değişebilir kation içeren kimyasal özellikler, kil minerallerinin türü ve toprak tekstürü gibi fiziksel özellikler de dahil olmak üzere birçok faktör su kalitesi dışında infiltrasyonu etkilemektedir. İnfiltrasyon hızı 12 mm/h üzerinde olduğunda yüksek iken, 3 mm/h olduğunda düşük kabul edilir (Ayers and Westcot 1994). EC ve SAR/AdjR<sub>Na</sub> kullanılarak değerlendirilen infiltrasyon değerlerinin I. alt bölgedeki su kaynaklarının 10'unda (Merkez-Karaali, Merkez-Göksu, Saruhanlı, Salihli-Taytan, Salihli-Köseali, Salihli-Kapancı, Salihli-Pazarköy, Salihli-Adala, Ahmetli ve Gediz Nehri-Demirköprü baraj çıkışı); II. alt bölgedeki su kaynaklarının 3'ünde (Akhisar, Alaşehir çayı-Akhisar köprüsü ve Gediz Nehri-Akhisar köprüsü), III. alt bölgedeki Gördes-Akpınar, IV. alt bölgedeki su kaynaklarının 4'ünde (Alaşehir-Sarıköz, Alaşehir-Sobran, Alaşehir-Göbekli, Sarıgöl-Y. Koçaklar) infiltrasyonda sorun yaşanabileceği, diğer su kaynaklarında ise sorun yaşanmayacağı söylenebilir (Çizelge 4.6). İnfiltrasyon sorununun görüleceği mevkilerde topraklar genellikle orta ve düz eğime sahip olduğundan yüzey akışının gerçekleşmeyeceği ancak toprak yüzeyinde göllenmeler oluşabileceği söylenebilir. Bu nedenle drenaj önlemlerinin alınması uygun olacaktır.

Na'un toprak yapısını olumsuz etkilemesi yanında bitkiye etkisi de önemlidir. Bitkiler sodyumsuz veya çok az sodyum içeren ortamlarda olağan olarak gelişirler. Yüksek düzeydeki Na bitkilere toksik etkisi yapar. Na zehirlenme belirtileri, ilk önce yaşlı yapraklarda ve yaprakların kenarlara doğru yanması, ölü dokuların yayılması şeklinde kendini göstermektedir. Sodyum zehirlenmesine karşı duyarlı bitkiler yaprağını döken meyveler, sert çekirdekli, narenciye, avokado ve fasulye sayılmaktadır. Sodyum noksanlığı ise bitkilerin potasyum alım ve kullanımlarını etkiler (Kanber ve Ünlü 2010). Toprakta yeterli miktarda kullanılabilir kalsiyum varsa sodyum zehirlenmesi genellikle

azalmaktadır. SAR değeri  $<3$  me/L olduğunda yüzey sulamada problem yaratmayacağı ancak 3–9 me/L arasında olduğunda sorunun başlayacağı Ayers and Westcot (1989) tarafından belirtilmiştir. I. alt bölgedeki Salihli-Taytan, Salihli-Köseali, Salihli-Toygar; II. alt bölgedeki Gediz Nehri-Akhisar köprüsü; IV. alt bölgedeki Alaşehir-Kasaplı su kaynaklarında SAR değerleri 3–9 arasında olduğundan toksisite açısından yüzey sulamalarda sorun yaşanması söz konusudur (Çizelge 4.5). Yağmurlama sulamada ise suların Na konsantrasyonları dikkate alındığında I. alt bölgede Salihli kapsamında Taytan, Köseali, Pazarköy ile Toygar, Gediz Nehri-Hacıhaliller mansap ve Gediz Nehri-Manisa köprüsü; II. alt bölgede Gediz Nehri-Akhisar köprüsü; IV. alt bölgede ise Alaşehir kapsamında Ilgın, Göbekli, Piyadeler, Kavaklıdere, Kasaplı ve Işıklı (şahıs) su kaynaklarıyla yapılan sulamada toksik etkiler söz konusu olacaktır (Çizelge 4.5).

Bitki kökleri ve mikroorganizmalar tarafından çıkarılan  $\text{CO}_3$ , suda eridiği zaman  $\text{HCO}_3$  konsantrasyonu artar.  $\text{HCO}_3$ 'un artması, suyun pH değerini yükselterek alkali özelliklerin hakim olmasını sağlar. Bunun sonucu olarak, Ca çöker ve sistemde Na başat duruma geçer (Kanber ve Ünlü 2010). Yani yüksek konsantrasyondaki  $\text{HCO}_3$ , Ca ve Mg'u bağladığından Na zararını artırmaktadır (Kızıloğlu vd. 2007).  $\text{CO}_3$  ve  $\text{HCO}_3$  ile aynı konsantrasyonda Ca ve Mg içeren sulardaki bikarbonat iyonlarının alkalilik yönünden bir sorun yaratmadığı genellikle kabul edilmektedir. Ancak bu gibi durumlarda  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  birikimi meydana gelmemektedir. Sulama suyunun  $\text{CO}_3$  ve  $\text{HCO}_3$  konsantrasyonu iki değerli katyonlardan daha fazla ise durum son derece tehlikeli olmakta ve toprakta  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  birikimi meydana gelmektedir (Sağlam 2010). Böylece  $\text{HCO}_3$ 'ın bitkiye zararlı etkisi ortamda Na'un artmasına neden olduğu için dolaylı yoldan olmakta ve bitkilerde sararma şeklinde görülmektedir (Kanber ve Ünlü 2010). Ayers and Westcot (1989) tarafından sulardaki  $\text{HCO}_3$  konsantrasyonunun 1,5–8,5 me/L arasında olduğunda sorunun başlayacağı,  $>8,5$  me/L olduğunda şiddetli sorun yaşanacağı belirtilmiştir. Bu durumda I. alt bölgedeki Merkez-Yeniköy, Salihli-Köseali ve Salihli-Necati bey çiftlik (şahıs); IV. alt bölgedeki Alaşehir-Kavaklıdere ve Alaşehir-Kasaplı mevkilerindeki su kaynaklarıyla sulanan alanlarda şiddetli, diğer kaynaklarla sulanan alanlarda hafif-orta düzeyde sorunlar yaşanması söz konusudur (Çizelge 4.5). Sularda  $\text{HCO}_3$  konsantrasyonu  $>2$  me/L olduğunda ve pH  $>7,5$  olduğunda

sulama sistemlerinde  $\text{CaCO}_3$  birikmesi söz konusudur (Rogers *et al.* 2003). Bu durumda özellikle kapalı sistemli sulama yöntemleri açısından I. alt bölgede Merkez–Göksu, Saruhanlı, Salihli kapsamında Taytan, Kapancı, Pazarköy, Karayahşi, Adala ve Gediz Nehri–Demirköprü baraj çıkışı; II. alt bölgede Kırkağaç; IV. alt bölgede Alaşehir kapsamında Göbekli, Işıklı (şahıs), Belenyaka, Sarıgöl kapsamında Ahmetağa ve Çavuşlar su kaynaklarının kullanıldığı alanlarda hafif–orta tıkanma sorunu, I. alt bölgede Salihli–Necati bey çiftlik (şahıs), Ahmetli, Gediz Nehri–Hacıhaliller mansap, Gediz Nehri–Manisa köprüsü; II. alt bölgede Alaşehir çayı–Akhisar köprüsü ve Gediz Nehri–Akhisar köprüsü su kaynaklarının kullanıldığı alanlarda ise şiddetli tıkanma sorunları yaşanacaktır (Çizelge 4.7).

Sulama sistemlerinde tıkanmayla ilgili olarak suların Ca ve Mg konsantrasyonları da önemlidir. Sulama sularında Ca ve Mg konsantrasyonu 50 ppm'in üzerine çıktığında, pH da özellikle 8'den büyük olduğunda ciddi tıkanma problemleri oluşabileceği belirtilmiştir (Kuşlu vd. 2005). Buna göre Manisa ilinde incelenen su kaynaklarında I. alt bölgede Salihli kapsamında Pazarköy ve Adala su kaynaklarıyla yapılan sulamalarda kısmen Ca ve Mg konsantrasyonlarından kaynaklanan tıkanma problemleri yaşanacaktır. Ca ve Mg konsantrasyonlarından kaynaklanan ciddi tıkanma sorunları ise I. alt bölgede Salihli–Necati bey çiftlik (şahıs), Ahmetli, Gediz Nehri–Hacıhaliller mansap ve Gediz Nehri–Manisa köprüsü; II. alt bölgede Alaşehir çayı–Akhisar köprüsü ve Gediz Nehri–Akhisar köprüsü su kaynaklarının kullanıldığı alanlarda görülecektir (Çizelge 4.7).

CI'un çok az miktarı bitki için gereklidir. CI iyonunun bitkilerde karbonhidrat iletimini ve stomaların açılıp kapanmasını denetlediği bilinmektedir. Bitkilerde CI zararı ilk önce yaprak uçlarında görülür, yaprak ucu kurur. Zehirlenme arttıkça kurumalar yaprak ucundan kenarlara doğru gelişir. Ölü doku miktarının aşırı biçimde artması, yaprağın düşmesine veya tüm yaprakların dökülmesine neden olur (Kanber ve Ünlü 2010). CI konsantrasyonu, yüzey sulamada 4 me/L'yi, yağmurlama sulamada 3 me/L'yi aşması toksisite açısından sorunlar yaşanacağını ifade etmektedir (Ayers and Westcot 1989). Bu durumda sadece I. alt bölgedeki Salihli–Toyggar ve IV. alt bölgedeki Alaşehir–

Kasaplı suları CI açısından hafif şiddette sorun oluşturabilecektir (Çizelge 4.5). Diğer mevkiilerdeki su kaynaklarında CI konsantrasyonları  $<3$  me/L olduğundan sorun yaşanmayacaktır.

RSC değerlerinin pozitif olması suda artık karbonat olduğunu gösterir. Sularda artık karbonatın fazlalığı, toprakların fiziksel özelliklerini bozmakta, siyah alkali toprakların oluşmasına neden olmaktadır (Kanber ve Ünlü 2010). Bu nedenle RSC değeri 1,25–2,5 me/L arası suları dikkatli kullanmak,  $>2.5$  me/L olan suları da kullanmamak gerekir (Eaton 1950). RSC'ye göre Manisa ilinde incelenen su kaynakları bazında I. alt bölgedeki Salihli–Köseali mevkisindeki su kaynağının RSC değeri  $>2,5$  olduğundan sulamada kullanılması uygun değildir. II. alt bölgede Gediz Nehri–Akhisar köprüsü; IV. alt bölgede de Alaşehir–Göbekli ve Alaşehir–Kasaplı su kaynaklarının kullanıldığı bölgelerde ise hafif–orta düzeyde sorunlar yaşanması söz konusu olacaktır (Çizelge 4.6).

Kapalı sistemlerde  $\text{CaCO}_3$  birikimini belirlemek için kullanılan LSI parametresine göre pozitif sonuçlar tıkanma riskini ifade etmektedir (Anonymous 1995; Şahin vd. 1998). İncelenen su kaynaklarından I. alt bölgede Salihli–Köseali ve IV. alt bölgede Alaşehir–İlgın dışındaki tüm su kaynaklarının kullanıldığı kapalı sistemli sulama yöntemlerinde  $\text{CaCO}_3$  tıkanmalarının oluşumu söz konusudur. Özellikle I. alt bölgede Salihli–Necati bey çiftlik (şahıs), Gediz Nehri–Hacıhaliller mansap ve Gediz Nehri–Manisa köprüsü ile II. alt bölgede Gediz Nehri–Akhisar köprüsü suları ciddi tıkanma sorunları oluşturabilecek riskleri taşımaktadır (Çizelge 4.7).

Sulama suyu kalitesi açısından sert sular tercih edilir. Çünkü sert suların içerisindeki Ca ve Mg konsantrasyonu yüksektir. Bu nedenle, sert su yumuşak toprak, yumuşak su ise sert toprak (sodyumca zengin) oluşturmaktadır (Varol vd. 2005). I. alt bölgedeki Salihli kapsamında Köseali, Pazarköy, Adala ile Ahmetli; II. alt bölgedeki Akhisar, Alaşehir çayı–Akhisar köprüsü; III. alt bölgedeki Gördes–Akpınar; IV. alt bölgedeki Alaşehir kapsamında Sarıkız ve Göbekli su kaynakları sertlik yönünden hafif su sınıfına

girmektedir. Bu su kaynaklarının kullanıldığı alanlarda topraklarda sıkışma sorunları yaşanabilecektir (Çizelge 4.6).

Sulama sistemlerinde kimyasal tıkanmaya neden olan  $\text{CaCO}_3$  sertliği dikkate alınır (Pitts *et al* 1990). Bu sertliğe göre incelenen su kaynaklarından sadece IV. alt bölgede Alaşehir–Göbekli’de  $\text{CaCO}_3$  sertliğine bağlı tıkanma problemi az iken, I. alt bölgede Merkez kapsamında Yeniköy ve Göksu; Turgutlu–Karaköy; Salihli kapsamında Karayahşi, Necati bey çiftlik (şahıs), Toygar ile Gediz Nehri–Hacıhaliller mansap; IV. alt bölgede Alaşehir kapsamında Piyadeler, Kavaklıdere, Kasaplı, Işıklı (şahıs), Belenyaka ve Cafer fakılı (şahıs) ile Sarıgöl kapsamında Ahmetağa ve Çavuşlar su kaynakların da tıkanma problemi şiddetli olacaktır. Diğer su kaynaklarında ise hafif–orta düzeyde sorun yaşanacağı belirlenmiştir (Çizelge 4.7).

Eriyebilirlikleri oldukça fazla olan  $\text{Cl}$  ve  $\text{SO}_4$  iyonlarının konsantrasyonlarından ileri gelen PT incelendiğinde I. alt bölgedeki Salihli–Toygar su kaynağı ile sulanan killi topraklar için 3. sınıf, tınlı topraklar için 2. sınıf, Gediz Nehri–Hacıhaliller mansap ve Gediz Nehri–Manisa köprüsü su kaynaklarıyla sulanan killi topraklar için 2. sınıf; IV. alt bölgedeki Alaşehir kapsamında Kasaplı, Işıklı ve Cafer Fakılı (şahıs) su kaynaklarıyla sulanan killi topraklar için 2. sınıf sular olduğu görülmektedir (Çizelge 4.6). Diğer su kaynakları tüm bünyedeki topraklar için 1. sınıf sulardır. 1. sınıf sular toprakta hiçbir önemli fiziksel değişikliğe neden olmazken, 2. sınıf suların kullanıldığı topraklarda hafif–orta düzeylerde potansiyel tuzluluk sorunları yaşanabilecektir.

Sulama suyu toplam tuz, Na ve  $\text{HCO}_3$  konsantrasyonları kullanılarak hesaplanan PI parametresine göre 1. sınıf sular topraklar üzerinde hiçbir önemli fiziksel değişmeye neden olmaz. Ancak 2. ve 3. sınıf sular toprağın geçirgenliğinde sorun yaratan sınıflardır. Toprağa fazla Na iyonu içeren sulama suyu uygulandığında toprağa sızması güç olur ve toprak yüzeyinde gölcükler meydana gelir. Toprak kuruduğunda da yüzeyde çatlamlar oluşur. PI parametresine göre geçirgenliği düşük topraklar için I. alt bölgede Merkez kapsamında Karaali ve Göksu ile Saruhanlı, Turgutlu–Karaköy, Salihli kapsamında Taytan, Kapancı, Pazarköy, Karayahşi, Adala ve Toygar, Ahmetli, Gediz

Nehri–Hacıhaliller mansap, Gediz Nehri–Manisa köprüsü, Gediz Nehri–Demirköprü baraj çıkışı; II. ve III. alt bölgedeki tüm su kaynakları; IV. alt bölgedeki Alaşehir kapsamında Sarıkız, Sobran, Ilgın, Piyadeler, Kavaklıdere, Işıklı (şahıs), Belenyaka ve Cafer Fakılı (şahıs), Sargöl kapsamında Ahmetağa, Çavuşlar ve Y. Koçaklar su kaynakları 2. sınıfa, geçirgenliği orta topraklar için I. alt bölgede Merkez kapsamında Karaali ve Göksu ile Saruhanlı, Turgutlu–Karaköy, Salihli kapsamında Taytan, Kapancı, Pazarköy, Karayahşi, Adala ile Ahmetli, Gediz Nehri–Manisa köprüsü, Gediz Nehri–Demirköprü baraj çıkışı; II. ve III. alt bölgedeki tüm su kaynakları; IV. alt bölgedeki Alaşehir kapsamında Sarıkız, Sobran, Ilgın, Göbekli, Piyadeler ve Belenyaka, Sarıgöl kapsamında da Ahmetağa ve Y. Koçaklar su kaynakları 2. sınıfa, geçirgenliği yüksek topraklar için I. alt bölgede Merkez–Karaali, Salihli kapsamında Taytan, Köseali, Kapancı, Pazarköy ve Adala ile Ahmetli, Gediz Nehri–Demirköprü baraj çıkışı; II. ve III. alt bölgedeki tüm su kaynakları; IV. alt bölgedeki Alaşehir kapsamında Sarıkız, Ilgın ve Göbekli ile Sarıgöl–Y. Koçaklar su kaynakları 2. sınıfa girmekte ve orta sorun yaratmaktadır. I. alt bölgedeki Salihli–Köseali su kaynağı geçirgenliği düşük ve orta topraklar için 3. sınıfa; IV. alt bölgedeki Alaşehir–Göbekli su kaynağı ise geçirgenliği düşük topraklar için 3. sınıfa girmekte ve şiddetli sorun oluşturmaktadır.

Bor bitki gelişimi için temel bir elementtir. Ancak sudaki miktarı yüksek ise ( $> 0,75$  mg/L) toksik etkiye sahiptir (Ayers and Westcot 1994). Bitki tarafından alınan borun büyük bir kısmı hücre duvarında birikir ve stabilitesini artırır. Protein oluşumu için doğrudan önemlidir. Bor genel olarak karbonhidrat metabolizması ve taşınması üzerinde rol oynar. Kök gelişimi, çiçek ve meyve oluşumunda fizyolojik rolleri vardır (Uygan ve Çetin 2004). Yüzey suları bazen toksik düzeyde bor içerirler. Bu çalışma kapsamında incelenen yüzey su kaynaklarındaki bor konsantrasyonları 0 ppm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2).

Bitkilerin bora karşı gösterdikleri dirençler farklıdır. Sert çekirdekli meyveler, yumuşak çekirdekli meyvelere göre bordan kolayca zarar görürler (Kanber ve Ünlü 2010). Taş çekirdekli meyve üretimi Manisa ili I., II. ve III. alt bölgelerde meyve gruplarında en fazla, IV. alt bölgede de 2. sırada yer almaktadır (Çizelge 3.3). Bu alanlarda sulamada kullanılan

suların bor konsantrasyonları incelendiğinde bor zararlarının oluşmasının kaçınılmaz olduğu görülmektedir. Maas (1987) tarafından verilen Çizelge 3.15'deki değerler dikkate alındığında I. alt bölgede Merkez kapsamında Karaali ve Göksu; Salihli kapsamında Karayahşi, Necati bey çiftlik (şahıs); IV. alt bölgede Alaşehir-Kavaklıdere su kaynaklarında bulunan bor miktarları 0,75 ppm'den büyük olduğundan meyvelerde bor zararı olabilecektir. Ayers and Westcot (1989) tarafından verilen genel değerlendirme sisteminde de B miktarı  $>0,7$  ppm koşulunda sorun yaşanacağı belirtilmiştir. Bu sınıflandırmaya göre de yine I. alt bölgedeki Merkez kapsamında Karaali ve Göksu, Salihli kapsamında Karayahşi ve Necati bey çiftlik (şahıs); IV. alt bölgede Alaşehir-Kavaklıdere su kaynaklarının kullanıldığı alanlarda B'la ilgili sorunlar yaşanacaktır (Çizelge 4.5).

Bitkiler demiri genellikle  $Fe^{2+}$  formunda alırlar. Bazen de  $Fe^{3+}$  formunda alabilirler. Demir hangi formda alınırsa alınsın bitki bünyesinde  $Fe^{2+}$  formuna dönüşmeden kullanılamaz. Yüksek kalsiyum olduğunda yani toprak pH'sı yüksek iken demir bileşikleri  $Fe^{2+}$  ve  $Fe^{3+}$  formlarına indirgenemez. Öte yandan bikarbonat iyonları da demirin hareketliliğini azaltarak, alımını azaltabilirler. Topraktaki kirecin çözünmesinde  $CO_2$ 'in önemli etkisi vardır. Havasız koşullar da  $CO_2$  oluşumuna sebep olmakta ve bu durum dolaylı olarak demir eksikliğiyle sonuçlanmaktadır. Sıkışık topraklar, uzun süreli sulama, aşırı yağışlar ve yüksek taban suyu da demir alımını engelleyen unsurlardır. Toprakta fazla miktarda ağır metal olması da (örneğin mangan) demir eksikliğine neden olmaktadır (Aydemir ve İnce 1988). Demirin bitkilerdeki fizyolojik işlevi; birçok enzim sisteminde prostetik grup olarak görev yapan besin maddelerinde yapı elementi olmasıyla ilgilidir (Fırat 1990). Sulama sularında bulunan kolloidal demirin topraktaki işlevi, ince toprak parçacıklarını birleştirerek daha büyük agregatlar yapmaktır (Kanber ve Ünlü 2010). Fe'in su içerisindeki konsantrasyonu düşük olup nadiren birkaç ppm'i geçer. Bu çalışma kapsamında incelenen tüm su kaynaklarında düşük konsantrasyonlarda veya hiç demire rastlanmamıştır. Toprakta bitkiler için yeterli demir bulunur (Kanber ve Ünlü 2010). Bu nedenle ilde mevcut kaynaklarla sulamalarda bitkiler açısından bir sorun söz konusu olmayacaktır. Ancak Fe biyolojik aktiviteye bağlı olarak özellikle basınçlı sulama sistemlerinde tıkanmalara yol açmaktadır (Kuşlu vd 2005). Fe miktarı  $>0,1$  ppm olduğunda damlatıcılarda tıkanma kaçınılmazdır

(Nakayama 1982). Buna göre I. alt bölgedeki Salihli kapsamında Karayahşi ve Toygar; IV. alt bölgedeki Alaşehir kapsamında Ilgın, Kasaplı, Belenyaka, Cafer Fakılı (şahıs) ile Sarıgöl–Ahmetağa su kaynaklarında Fe miktarı  $>0,1$  ppm olduğundan damlatıcılarda hafif–orta düzeyde tıkanma sorunu olacaktır (Çizelge 4.7).

Ağır metaller yönünden yer üstü kaynaklarından Gediz Nehrine Nif Çayı vasıtasıyla İzmir Kemalpaşa İlçesinden gelen kirliliğin belirlenmesi amacıyla Nif Çayı Dursunlar kum ocağı üzerinden tüm aylarda alınan örneklerde kurşun parametresinin yüksek değerler içerdiği, yaz aylarında baryum parametresinin yüksek miktarda bulunduğu, organik kirlilik açısından ise kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) değerlerinin IV. sınıf su özelliği (çok kirli su) gösterdiği belirlenmiştir (Anonim 2008).

Demirköprü barajında inorganik kirlilik parametreleri (kurşun, baryum) baraj suyunu IV. sınıf (çok kirlenmiş su) yapmaktadır. KOİ ve BOİ kirliliği açısından su Ağustos ayı dışında I. sınıf (temiz su) ve II. sınıf su (az kirli su) özelliği göstermektedir. Alaşehir çayında genelde inorganik kirlilik bulunmaktadır. Kurşun, baryum, krom parametreleri çayda bulunan önemli kirleticilerdir. Gediz nehri ve kollarından 2006 ve 2007 yıllarında Manisa İl Çevre ve Orman Müdürlüğüne alınan su örneklerinin analiz sonuçlarının "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Kıtaiçi Su Kaynaklarının Sınıfları" na göre kalite kriterleri göz önünde bulundurularak yapılan değerlendirmede Gediz nehrinin Nif çayından önce (II. sınıf) az kirli su, sonra ise (IV. sınıf) çok kirli su özelliği gösterdiği belirlenmiştir. İnorganik kirlenme parametrelerinden demir parametresinin incelenme sonuçlarından Gediz Nehrinin genelde (II. sınıf) az kirli su, kurşun parametresinin analiz sonuçlarında da Gediz nehrinin (IV. sınıf) çok kirli su özelliği gösterdiği sonucu elde edilmiştir. Sülfat iyonu kirliliği bakımından yapılan değerlendirmede 2006 yılı analizlerinde Gediz nehrinin (IV. sınıf) çok kirli su özelliği gösterdiği, 2007 yılı analizlerinde ise (I. sınıf) yüksek kaliteli su özelliği gösterdiği belirlenmiştir (Anonim 2008).

Mevcut analizlerde görülmeyen ancak Manisa  l  evre Durum Raporundan edinilen bu bilgiler dahilinde Gediz nehrinin kullanıldığı alanlarda bazı ağır metallerin hafif–orta şiddetli düzeylerde toksik etkilerinin de söz konusu olacağı söylenebilir.

**Çizelge 4.5. Manisa İli Su Kaynaklarının Bitkiler Açısından Sorun Oluşturabilme Potansiyelleri ve Olası Sorunun Dereceleri**

| Alt Bölgeler   | Su Kaynakları                         | pH |   |   | EC (dS/m) |   |   | SAR |   |   | Na (me/L) |   |   | HCO <sub>3</sub> (me/L) |   |   | Cl (me/L) |   |   | B (ppm) |   |   | Fe (ppm) |   |   |
|----------------|---------------------------------------|----|---|---|-----------|---|---|-----|---|---|-----------|---|---|-------------------------|---|---|-----------|---|---|---------|---|---|----------|---|---|
|                |                                       | 1  | 2 | 3 | 1         | 2 | 3 | 1   | 2 | 3 | 1         | 2 | 3 | 1                       | 2 | 3 | 1         | 2 | 3 | 1       | 2 | 3 | 1        | 2 | 3 |
| I. Alt Bölge   | Merkez – Karaali                      | X  |   |   | X         |   |   | X   |   |   | X         |   |   |                         | X |   | X         |   |   |         | X |   | X        |   |   |
|                | Merkez – Yeniköy                      | X  |   |   |           | X |   | X   |   |   | X         |   |   |                         |   | X | X         |   |   | X       |   |   | X        |   |   |
|                | Merkez – Göksu                        |    | X |   | X         |   |   | X   |   |   | X         |   |   |                         | X |   | X         |   |   |         | X |   | X        |   |   |
|                | Saruhanlı                             | X  |   |   | X         |   |   | X   |   |   | X         |   |   |                         | X |   | X         |   |   | X       |   |   | X        |   |   |
|                | Turgutlu – Karaköy                    | X  |   |   |           | X |   | X   |   |   | X         |   |   |                         | X |   | X         |   |   | X       |   |   | X        |   |   |
|                | Salihli – Taytan                      |    | X |   |           | X |   |     | X |   |           | X |   |                         | X |   | X         |   |   | X       |   |   | X        |   |   |
|                | Salihli – Köseali                     | X  |   |   |           | X |   |     | X |   |           | X |   |                         |   | X | X         |   |   | X       |   |   | X        |   |   |
|                | Salihli – Kapanıcı                    |    | X |   | X         |   |   | X   |   |   | X         |   |   |                         | X |   | X         |   |   | X       |   |   | X        |   |   |
|                | Salihli – Pazarköy                    |    | X |   | X         |   |   | X   |   |   |           | X |   |                         | X |   | X         |   |   | X       |   |   | X        |   |   |
|                | Salihli – Karayahşi                   | X  |   |   |           | X |   | X   |   |   | X         |   |   |                         | X |   | X         |   |   |         | X |   | X        |   |   |
|                | Salihli – Adala                       |    | X |   | X         |   |   | X   |   |   | X         |   |   |                         | X |   | X         |   |   | X       |   |   | X        |   |   |
|                | Salihli – Necati bey çiftlik (şahıs)  |    |   | X |           | X |   | X   |   |   | X         |   |   |                         |   | X | X         |   |   |         | X |   | X        |   |   |
|                | Salihli – Toygar                      | X  |   |   |           | X |   |     | X |   |           | X |   |                         | X |   |           | X |   | X       |   |   | X        |   |   |
|                | Ahmetli                               |    |   | X | X         |   |   | X   |   |   | X         |   |   |                         | X |   | X         |   |   | X       |   |   | X        |   |   |
| II. Alt Bölge  | Gediz Nehri – Hacıhaliller mansap     |    |   | X |           | X |   | X   |   |   |           | X |   |                         | X |   | X         |   |   | X       |   |   | X        |   |   |
|                | Gediz Nehri – Manisa köprüsü          |    |   | X |           | X |   | X   |   |   |           | X |   |                         | X |   | X         |   |   | X       |   |   | X        |   |   |
|                | Gediz Nehri – Demirköprü baraj çıkışı |    | X |   | X         |   |   | X   |   |   | X         |   |   |                         | X |   | X         |   |   | X       |   |   | X        |   |   |
|                | Kırkağaç                              |    | X |   |           | X |   | X   |   |   | X         |   |   |                         | X |   | X         |   |   | X       |   |   | X        |   |   |
|                | Akhisar                               | X  |   |   | X         |   |   | X   |   |   | X         |   |   |                         | X |   | X         |   |   | X       |   |   | X        |   |   |
| III. Alt Bölge | Alaşehir Çayı – Akhisar Köprüsü       |    |   | X | X         |   |   | X   |   |   | X         |   |   |                         | X |   | X         |   |   | X       |   |   | X        |   |   |
|                | Gediz Nehri – Akhisar Köprüsü         |    |   | X |           | X |   |     | X |   |           | X |   |                         | X |   | X         |   |   | X       |   |   | X        |   |   |
|                | Gördes – Akpınar                      | X  |   |   | X         |   |   | X   |   |   | X         |   |   |                         | X |   | X         |   |   | X       |   |   | X        |   |   |
| IV. Alt Bölge  | Alaşehir – Sarıkız                    | X  |   |   | X         |   |   | X   |   |   | X         |   |   |                         | X |   | X         |   |   | X       |   |   | X        |   |   |
|                | Alaşehir – Sobran                     | X  |   |   | X         |   |   | X   |   |   | X         |   |   |                         | X |   | X         |   |   | X       |   |   | X        |   |   |
|                | Alaşehir – Ilgın                      | X  |   |   |           | X |   | X   |   |   |           | X |   |                         | X |   | X         |   |   | X       |   |   | X        |   |   |
|                | Alaşehir – Göbekli                    |    | X |   | X         |   |   | X   |   |   |           | X |   |                         | X |   | X         |   |   | X       |   |   | X        |   |   |
|                | Alaşehir – Piyadeler                  | X  |   |   |           | X |   | X   |   |   |           | X |   |                         | X |   | X         |   |   | X       |   |   | X        |   |   |
|                | Alaşehir – Kavaklıdere                | X  |   |   |           | X |   | X   |   |   |           | X |   |                         |   | X | X         |   |   |         | X |   | X        |   |   |
|                | Alaşehir – Kasaplı                    | X  |   |   |           | X |   |     | X |   |           | X |   |                         |   | X |           | X |   | X       |   |   | X        |   |   |
|                | Alaşehir – Işıklı (şahıs)             |    | X |   |           | X |   | X   |   |   |           | X |   |                         | X |   | X         |   |   | X       |   |   | X        |   |   |
|                | Alaşehir – Belenyaka                  |    | X |   |           | X |   | X   |   |   |           | X |   |                         | X |   | X         |   |   | X       |   |   | X        |   |   |
|                | Alaşehir – Cafer Fakılı (Şahıs)       | X  |   |   |           | X |   | X   |   |   |           | X |   |                         | X |   | X         |   |   | X       |   |   | X        |   |   |
|                | Sarıgöl – Ahmetağa                    |    | X |   |           | X |   | X   |   |   |           | X |   |                         | X |   | X         |   |   | X       |   |   | X        |   |   |
|                | Sarıgöl – Çavuşlar                    | X  |   |   |           | X |   | X   |   |   |           | X |   |                         | X |   | X         |   |   | X       |   |   | X        |   |   |
|                | Sarıgöl – Y.Koçaklar                  | X  |   |   | X         |   |   | X   |   |   |           | X |   |                         | X |   | X         |   |   | X       |   |   | X        |   |   |

1. Sorun Yok 2. Hafif – Orta Sorunlu 3. Şiddetli Sorunlu

**Çizelge 4.6.** Manisa İli Su Kaynaklarının Toprak Açısından Sorun Oluşturabilme Potansiyelleri ve Olası Sorunun Dereceleri

| Alt Bölgeler                          | Su Kaynakları                        | %Na |   |   | SAR/AdjSAR/AdjR <sub>Na</sub> |   |   | EC- SAR/AdjR <sub>Na</sub> |   |   | RSC (me/L) |   |   | Sertlik |   |   | PT (me/L) |   |   | PI                 |   |   |                   |   |   |                     |   |   |   |
|---------------------------------------|--------------------------------------|-----|---|---|-------------------------------|---|---|----------------------------|---|---|------------|---|---|---------|---|---|-----------|---|---|--------------------|---|---|-------------------|---|---|---------------------|---|---|---|
|                                       |                                      | 1   | 2 | 3 | 1                             | 2 | 3 | 1                          | 2 | 3 | 1          | 2 | 3 | 1       | 2 | 3 | 1         | 2 | 3 | Geçirgenliği düşük |   |   | Geçirgenliği orta |   |   | Geçirgenliği yüksek |   |   |   |
| I. Alt Bölge                          | Merkez – Karaali                     | X   |   |   | X                             |   |   |                            | X |   | X          |   |   | X       |   |   | X         |   |   |                    | X |   | X                 |   |   | X                   |   |   |   |
|                                       | Merkez – Yeniköy                     | X   |   |   | X                             |   |   | X                          |   |   | X          |   |   | X       |   |   | X         |   |   | X                  |   |   | X                 |   |   | X                   |   |   |   |
|                                       | Merkez – Göksu                       | X   |   |   | X                             |   |   |                            | X |   | X          |   |   | X       |   |   | X         |   |   |                    | X |   |                   | X |   |                     | X |   |   |
|                                       | Saruhanlı                            | X   |   |   | X                             |   |   |                            | X |   | X          |   |   | X       |   |   | X         |   |   |                    | X |   |                   | X |   |                     | X |   |   |
|                                       | Turgutlu – Karaköy                   | X   |   |   | X                             |   |   | X                          |   |   | X          |   |   | X       |   |   | X         |   |   |                    | X |   |                   | X |   |                     | X |   |   |
|                                       | Salihli – Taytan                     |     | X |   | X                             |   |   |                            | X |   | X          |   |   | X       |   |   | X         |   |   |                    | X |   |                   | X |   |                     | X |   |   |
|                                       | Salihli – Köseali                    |     |   | X |                               |   | X |                            | X |   |            |   | X |         | X |   | X         |   |   |                    | X |   | X                 |   |   | X                   |   | X |   |
|                                       | Salihli – Kapanıcı                   | X   |   |   | X                             |   |   |                            | X |   | X          |   |   | X       |   |   | X         |   |   |                    | X |   |                   | X |   |                     | X |   |   |
|                                       | Salihli – Pazarköy                   |     | X |   | X                             |   |   |                            | X |   | X          |   |   |         | X |   | X         |   |   |                    | X |   |                   |   | X |                     |   | X |   |
|                                       | Salihli – Karayahşi                  | X   |   |   | X                             |   |   | X                          |   |   | X          |   |   | X       |   |   | X         |   |   |                    | X |   |                   | X |   |                     | X |   |   |
|                                       | Salihli – Adala                      | X   |   |   | X                             |   |   |                            | X |   | X          |   |   |         | X |   | X         |   |   |                    | X |   |                   | X |   |                     | X |   |   |
|                                       | Salihli – Necati bey çiftlik (şahıs) | X   |   |   | X                             |   |   | X                          |   |   | X          |   |   | X       |   |   | X         |   |   | X                  |   |   | X                 |   |   | X                   |   | X |   |
|                                       | Salihli – Toygar                     |     | X |   | X                             |   |   | X                          |   |   | X          |   |   | X       |   |   | X         |   |   |                    | X |   |                   | X |   |                     | X |   |   |
|                                       | Ahmetli                              | X   |   |   | X                             |   |   |                            | X |   | X          |   |   |         | X |   | X         |   |   |                    | X |   |                   | X |   |                     | X |   |   |
|                                       | Gediz Nehri – Hacıhaliller mansap    | X   |   |   | X                             |   |   | X                          |   |   | X          |   |   | X       |   |   |           | X |   |                    |   | X |                   |   | X |                     |   | X |   |
| Gediz Nehri – Manisa köprüsü          |                                      | X   |   | X |                               |   | X |                            |   | X |            |   | X |         |   | X |           |   |   |                    | X |   |                   | X |   |                     | X |   |   |
| Gediz Nehri – Demirköprü baraj çıkışı | X                                    |     |   | X |                               |   |   | X                          |   | X |            |   | X |         |   | X |           |   |   |                    | X |   |                   | X |   |                     | X |   |   |
| II. Alt Bölge                         | Kırkağaç                             | X   |   |   | X                             |   |   | X                          |   |   | X          |   |   | X       |   |   | X         |   |   |                    | X |   |                   | X |   |                     | X |   |   |
|                                       | Akhisar                              | X   |   |   | X                             |   |   |                            | X |   | X          |   |   |         | X |   | X         |   |   |                    | X |   |                   | X |   |                     | X |   |   |
|                                       | Alaşehir Çayı – Akhisar Köprüsü      | X   |   |   | X                             |   |   |                            | X |   | X          |   |   |         | X |   | X         |   |   |                    | X |   |                   | X |   |                     | X |   |   |
|                                       | Gediz Nehri – Akhisar Köprüsü        |     | X |   | X                             |   |   |                            | X |   |            | X |   | X       |   |   | X         |   |   |                    | X |   |                   | X |   |                     | X |   |   |
|                                       | Gördes – Akpınar                     | X   |   |   | X                             |   |   |                            |   | X |            | X |   |         | X |   | X         |   |   |                    | X |   |                   | X |   |                     | X |   |   |
| IV. Alt Bölge                         | Alaşehir – Sarıkız                   | X   |   |   | X                             |   |   |                            | X |   | X          |   |   |         | X |   | X         |   |   |                    | X |   |                   | X |   |                     | X |   |   |
|                                       | Alaşehir – Sobran                    | X   |   |   | X                             |   |   |                            | X |   | X          |   |   | X       |   |   | X         |   |   |                    | X |   |                   | X |   |                     | X |   |   |
|                                       | Alaşehir – Ilgın                     |     | X |   | X                             |   |   | X                          |   |   | X          |   |   | X       |   |   | X         |   |   |                    | X |   |                   | X |   |                     | X |   |   |
|                                       | Alaşehir – Göbekli                   |     | X |   | X                             |   |   |                            | X |   |            | X |   |         | X |   |           | X |   |                    |   | X |                   |   | X |                     |   | X |   |
|                                       | Alaşehir – Piyadeler                 | X   |   |   | X                             |   |   | X                          |   |   | X          |   |   | X       |   |   | X         |   |   |                    | X |   |                   | X |   |                     | X |   |   |
|                                       | Alaşehir – Kavaklıdere               | X   |   |   | X                             |   |   | X                          |   |   | X          |   |   | X       |   |   | X         |   |   |                    | X |   |                   | X |   |                     | X |   |   |
|                                       | Alaşehir – Kasaplı                   |     | X |   |                               |   | X |                            | X |   |            | X |   |         |   | X |           |   | X |                    |   | X |                   |   | X |                     |   | X |   |
|                                       | Alaşehir – Işıklı (şahıs)            |     | X |   | X                             |   |   | X                          |   |   | X          |   |   | X       |   |   | X         |   |   |                    | X |   |                   | X |   |                     | X |   |   |
|                                       | Alaşehir – Belenyaka                 | X   |   |   | X                             |   |   | X                          |   |   | X          |   |   | X       |   |   | X         |   |   |                    | X |   |                   | X |   |                     | X |   |   |
|                                       | Alaşehir – Cafer Fakıh (Şahıs)       | X   |   |   | X                             |   |   | X                          |   |   | X          |   |   | X       |   |   | X         |   |   | X                  |   |   | X                 |   |   | X                   |   | X |   |
|                                       | Sarıgöl – Ahmetağa                   | X   |   |   | X                             |   |   | X                          |   |   | X          |   |   | X       |   |   | X         |   |   |                    | X |   |                   | X |   |                     | X |   |   |
|                                       | Sarıgöl – Çavuşlar                   | X   |   |   | X                             |   |   | X                          |   |   | X          |   |   | X       |   |   | X         |   |   | X                  |   |   | X                 |   |   | X                   |   | X |   |
|                                       | Sarıgöl – Y.Koçaklar                 | X   |   |   | X                             |   |   |                            | X |   | X          |   |   | X       |   |   | X         |   |   |                    | X |   |                   | X |   |                     | X |   | X |

1. Sorun Yok    2. Hafif – Orta Sorunlu    3. Şiddetli Sorunlu

**Çizelge 4.7. Manisa İli Su Kaynaklarının Damla Sulama Açısından Sorun Oluşturabilme Potansiyelleri ve Olası Sorunun Dereceleri**

| Alt Bölgeler   | Su Kaynakları                         | pH |   |   | ΣTuz (mg/L) |   |   | HCO <sub>3</sub> -pH |   |   | Ca + Mg-pH |   |   | LSI |   |   | Sertlik* |   |   | Fe (ppm) |   |   |
|----------------|---------------------------------------|----|---|---|-------------|---|---|----------------------|---|---|------------|---|---|-----|---|---|----------|---|---|----------|---|---|
|                |                                       | 1  | 2 | 3 | 1           | 2 | 3 | 1                    | 2 | 3 | 1          | 2 | 3 | 1   | 2 | 3 | 1        | 2 | 3 | 1        | 2 | 3 |
| I. Alt Bölge   | Merkez – Karaali                      |    | X |   | X           |   |   | X                    |   |   | X          |   |   |     | X |   |          | X |   | X        |   |   |
|                | Merkez – Yeniköy                      |    | X |   |             | X |   | X                    |   |   | X          |   |   |     | X |   |          |   | X | X        |   |   |
|                | Merkez – Göksu                        |    | X |   | X           |   |   |                      | X |   | X          |   |   |     | X |   |          |   | X | X        |   |   |
|                | Saruhanlı                             |    | X |   | X           |   |   |                      | X |   | X          |   |   |     | X |   |          |   |   | X        |   |   |
|                | Turgutlu – Karaköy                    |    | X |   |             | X |   | X                    |   |   | X          |   |   |     | X |   |          |   | X | X        |   |   |
|                | Salihli – Taytan                      |    | X |   |             | X |   |                      | X |   | X          |   |   |     | X |   |          |   | X |          | X |   |
|                | Salihli – Köseali                     | X  |   |   |             | X |   | X                    |   |   | X          |   |   | X   |   |   |          |   | X |          | X |   |
|                | Salihli – Kapancı                     |    | X |   | X           |   |   |                      | X |   | X          |   |   |     | X |   |          |   | X |          | X |   |
|                | Salihli – Pazarköy                    |    | X |   | X           |   |   |                      | X |   |            | X |   |     | X |   |          |   | X |          | X |   |
|                | Salihli – Karayahşi                   |    | X |   |             | X |   |                      | X |   | X          |   |   |     | X |   |          |   |   | X        |   | X |
|                | Salihli – Adala                       |    | X |   | X           |   |   |                      | X |   |            | X |   |     | X |   |          |   |   | X        |   |   |
|                | Salihli – Necati bey çiftlik (şahıs)  |    |   | X |             | X |   |                      |   | X |            |   | X |     |   | X |          |   |   | X        | X |   |
|                | Salihli – Toygar                      |    | X |   |             | X |   | X                    |   |   | X          |   |   |     | X |   |          |   |   | X        |   | X |
|                | Ahmetli                               |    |   | X | X           |   |   |                      |   | X |            |   | X |     | X |   |          |   |   |          | X |   |
|                | Gediz Nehri – Hacıhaliller mansap     |    |   | X |             | X |   |                      |   | X |            |   | X |     |   | X |          |   |   | X        | X |   |
|                | Gediz Nehri – Manisa köprüsü          |    |   | X |             | X |   |                      |   | X |            |   | X |     |   | X |          |   |   | X        |   |   |
|                | Gediz Nehri – Demirköprü baraj çıkışı |    | X |   | X           |   |   |                      | X |   | X          |   |   |     | X |   |          |   |   | X        |   |   |
| II. Alt Bölge  | Kırkağaç                              |    | X |   | X           |   |   |                      | X |   | X          |   |   |     | X |   |          |   |   | X        |   |   |
|                | Akhisar                               |    | X |   | X           |   |   | X                    |   |   | X          |   |   |     | X |   |          |   |   | X        |   |   |
|                | Alaşehir Çayı – Akhisar Köprüsü       |    |   | X | X           |   |   |                      |   | X |            |   | X |     | X |   |          |   |   | X        |   |   |
|                | Gediz Nehri – Akhisar Köprüsü         |    |   | X |             | X |   |                      |   | X |            |   | X |     |   | X |          |   |   | X        |   |   |
| III. Alt Bölge | Gördes – Akpınar                      |    | X |   | X           |   |   | X                    |   |   | X          |   |   |     | X |   |          |   |   | X        |   |   |
| IV. Alt Bölge  | Alaşehir – Sarıkız                    |    | X |   | X           |   |   | X                    |   |   | X          |   |   |     | X |   |          |   |   | X        |   |   |
|                | Alaşehir – Sobran                     |    | X |   | X           |   |   | X                    |   |   | X          |   |   |     | X |   |          |   |   | X        |   |   |
|                | Alaşehir – Ilgın                      | X  |   |   |             | X |   | X                    |   |   | X          |   |   | X   |   |   |          |   |   | X        |   | X |
|                | Alaşehir – Göbekli                    |    | X |   | X           |   |   |                      | X |   | X          |   |   |     | X |   | X        |   |   |          | X |   |
|                | Alaşehir – Piyadeler                  |    | X |   |             | X |   | X                    |   |   | X          |   |   |     | X |   |          |   |   | X        | X |   |
|                | Alaşehir – Kavaklıdere                |    | X |   |             | X |   | X                    |   |   | X          |   |   |     | X |   |          |   |   | X        | X |   |
|                | Alaşehir – Kasaplı                    | X  |   |   |             | X |   | X                    |   |   | X          |   |   |     | X |   |          |   |   | X        |   | X |
|                | Alaşehir – Işıklı (şahıs)             |    | X |   |             | X |   |                      | X |   | X          |   |   |     | X |   |          |   |   | X        | X |   |
|                | Alaşehir – Belenyaka                  |    | X |   |             | X |   |                      | X |   | X          |   |   |     | X |   |          |   |   | X        |   | X |
|                | Alaşehir – Cafer Faklı (Şahıs)        |    | X |   |             | X |   | X                    |   |   | X          |   |   |     | X |   |          |   |   | X        |   | X |
|                | Sarıgöl – Ahmetağa                    |    | X |   |             | X |   |                      | X |   | X          |   |   |     | X |   |          |   |   | X        |   | X |
|                | Sarıgöl – Çavuşlar                    |    | X |   |             | X |   |                      | X |   | X          |   |   |     | X |   |          |   |   | X        | X |   |
|                | Sarıgöl – Y.Koçaklar                  |    | X |   | X           |   |   | X                    |   |   | X          |   |   |     | X |   |          |   |   | X        |   |   |

1. Sorun Yok    2. Hafif – Orta Sorunlu    3. Şiddetli Sorunlu    \* ppm olarak CaCO<sub>3</sub>'tür.

## 5. SONUÇ

Manisa ilinde incelenen yer altı su kaynaklarına göre yer üstü su kaynaklarının toprak, bitki ve kapalı sulama sistemleri açısından daha sorunlu olduğu belirlenmiştir. Yer altı su kaynaklarından da toprak açısından Salihli–Köseali, bitki açısından Salihli–Necati bey çiftlik (şahıs) ile Alaşehir-Kasaplı ve damla sulama sistemleri açısından ise Salihli–Necati bey çiftlik (şahıs) su kaynaklarının ciddi problemler yaratacağı belirlenmiştir.

pH yönünden I. alt bölgede Salihli–Necati bey çiftlik (şahıs), Ahmetli, Gediz Nehri–Hacıhaliller mansap ve Gediz Nehri–Manisa köprüsü ile II. alt bölgede Alaşehir çayı–Akhisar köprüsü ve Gediz Nehri–Akhisar köprüsü su kaynaklarının bitki ve damla sulama sistemlerinde şiddetli sorun yaratacağı belirlenmiştir. Sulama sistemlerinde kimyasal tıkanmaya neden olacak yüksek pH’ı düşürerek tıkanmayı önlemek amacıyla damla sulamacılar sülfürik, N-Phuric, hidroklorik ve fosforik asit gibi kuvvetli asitlerin sisteme enjekte edilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Kuvvetli asitler suyun pH’sını düşürerek damlatıcılardaki kireç birikimini önlerler (Yuan *et al.* 1998). Ancak suyun pH’sının düşürülmesinin düşük pH’lı topraklarda bitkisel üretime zararlı etkisi olabilir (Anonymous 2001). Bundan dolayı bazı sulamacılar kuvvetli asitlere alternatif olarak kireç gideriminde organik asitleri önermişlerdir. Bunun yanında organik asit uygulamalarında da toprakların infiltrasyon hızında önemli derecede azalmalar söz konusu olabilmektedir (Yuan *et al.* 1998). Kapalı sistemlerde kireç tıkanmalarını gidermenin bir başka yolu da kireç çözücü bakteri uygulamasıdır (Eroğlu vd. 2009).

$\Sigma$ Tuz ve EC değerleri açısından I. alt bölgede Merkez–Karaali, Merkez–Göksu, Saruhanlı; Salihli kapsamında Kapancı, Pazarköy ve Adala ile Ahmetli, Gediz Nehri–Demirköprü baraj çıkışı; II. alt bölgede Akhisar ve Alaşehir çayı–Akhisar köprüsü; III. alt bölgede Gördes–Akpınar; IV. alt bölgede Alaşehir kapsamında Sarıkız, Sobran ile Göbekli ve Sarıgöl–Y. Koçaklar su kaynakları hariç diğer tüm su kaynaklarının bitkiler açısından orta düzeyde sorun yaratabileceği belirlenmiştir. Buna göre sorun yaratabilecek su kaynaklarıyla sulama yapılan alanlarda tuza dayanıklı bitkiler

seçilmesinin yanı sıra tarla içi geliştirme projeleri uygulanması, özellikle drenaj önlemlerinin alınması ve düzenli aralıklarla toprakların yıkanması uygun olacaktır (Kızıloğlu vd. 2007).

Na yönünden I. alt bölgede Salihli kapsamında Taytan, Köseali, Pazarköy ve Toygar ile Gediz Nehri–Hacıhaliller mansap, Gediz Nehri–Manisa köprüsü; II. alt bölgede Gediz Nehri–Akhisar köprüsü; IV. alt bölgede Alaşehir kapsamında Ilgın, Göbekli, Piyadeler, Kavaklıdere, Kasaplı ve Işıklı (şahıs) su kaynaklarının bitkilere orta düzeyde toksik etki yapabileceği belirlenmiştir. Sodyum oranı yüksek sularda sulama yapılırken gereğinden fazla su kullanılarak yıkama sağlanmalı ve toprağa organik madde ilave edilmelidir (Kaya ve Öztürk 2006).

I. alt bölgede Merkez–Yeniköy, Salihli–Köseali ve Salihli–Necati bey çiftlik (şahıs); IV. alt bölgede de Alaşehir–Kavaklıdere ve Alaşehir–Kasaplı su kaynaklarının  $\text{HCO}_3$  yönünden bitkilere ciddi derecede toksik etkisi olacağı belirlenmiştir. Cl yönünden ise I. alt bölgede Salihli–Toygar ve IV. alt bölgede ise Alaşehir–Kasaplı su kaynaklarının bitkiye orta düzeyde toksik etki yapabileceği belirlenmiştir. Benzer şekilde  $\text{HCO}_3$  ve Cl'un bitkilere toksik etkisini azaltmak amacıyla da dönem dönem yıkama yapılarak toprakta birikimin önlenmesi yararlı olacaktır.

Bor konsantrasyonunun bitkilere toksik etkisi I. alt bölgede Merkez–Karaali, Merkez–Göksu, Salihli–Karayahşi, Salihli–Necati bey çiftlik (şahıs) ve IV. alt bölgede ise Alaşehir–Kavaklıdere su kaynaklarının orta derecede sorun yaratacağı belirlenmiştir. Bu su kaynaklarıyla sulama yapılan alanlarda bor kirlenmesinin dikkatle izlenmesi önemlidir.

SAR açısından I. alt bölgede Salihli–Köseali ve IV. alt bölgede Alaşehir–Kasaplı su kaynaklarının toprakta orta derecede sorun yaratacağı ortaya çıkmıştır. Bitkide orta derecede sorun yaratacağı belirlenen su kaynakları ise I. alt bölgedeki Salihli–Taytan, Salihli–Köseali, Salihli–Toygar; II. alt bölgedeki Gediz Nehri–Akhisar köprüsü ve IV. alt bölgedeki Alaşehir–Kasaplı'dır. Sodiklik riski söz konusu olduğunda bitki

yetiştiriciliği açısından topraklara kireçtaşı uygulaması yapılabilir. Örneğin patatesten kireçtaşı uygulamasının yumru verimini artırdığı bildirilmiştir (Marschner 1988).

RSC yönünden I. alt bölgede Salihli–Köseali su kaynağının kullanıldığı alanlarda ciddi derecede sorun olacağı belirlenmiştir. Bu su kaynağının sulamada kullanılması önerilmez. II. alt bölgede Gediz Nehri–Akhisar köprüsü; IV. alt bölgede Alaşehir–Göbekli ve Alaşehir–Kasaplı su kaynaklarının ise uygun işletme koşullarında iyileştiricilerle kullanılması önerilir. Bu amaçla Ca içerikli suda çözünebilen doğal kaynaklar düşünülebilir.

Kapalı sulama sistemleri açısından  $\text{Ca} + \text{Mg-pH}$ 'a ve  $\text{HCO}_3\text{-pH}$ 'a bağlı olarak yapılan değerlendirmelerde I. alt bölgede Salihli–Necati bey çiftlik (şahıs), Ahmetli, Gediz Nehri–Hacıhaliller mansap ve Gediz Nehri–Manisa köprüsü; II. alt bölgede de Alaşehir çayı–Akhisar köprüsü ve Gediz Nehri–Akhisar köprüsü su kaynaklarının şiddetli derecede tıkanmalara neden olacağı belirlenmiştir. Belirtilen su kaynaklarından Ahmetli ve Alaşehir çayı–Akhisar köprüsü su kaynakları hariç diğer su kaynaklarının LSI değerlerine göre de şiddetli tıkanma sorunu yaşanacağı ortaya çıkmıştır. Kapalı sistemlerde tıkanmayı değerlendirmede kullanılan diğer bir parametre olan  $\text{CaCO}_3$  sertliğine göre de I. alt bölgede Merkez–Yeniköy, Merkez–Göksu, Turgutlu–Karaköy, Salihli–Karayahşi, Salihli–Necatibey çiftlik (şahıs), Salihli–Toygaz ve Gediz Nehri–Hacıhaliller mansap; IV. alt bölgede Alaşehir kapsamında Piyadeler, Kavaklıdere, Kasaplı, Işıklı (şahıs), Belenyaka, Cafer Fakılı (şahıs); Sarıgöl kapsamında Ahmetağa ve Çavuşlar su kaynaklarında şiddetli sorun olacağı belirlenmiştir. Tıkanmayı gidermek amacıyla yine seyreltik asit uygulaması etkili olacaktır.

Su sertliğinin toprak üzerindeki etkisi değerlendirildiğinde ise I. alt bölgede Salihli–Köseali, Salihli–Pazarköy, Salihli–Adala ve Ahmetli; II. alt bölgede Akhisar ve Alaşehir çayı–Akhisar köprüsü; III. alt bölgede Gördes–Akpınar; IV. alt bölgede Alaşehir–Sarıköz ve Alaşehir–Göbekli su kaynaklarının topraklarda orta derecede sorun yaratabileceği ortaya konulmuştur. Bu suların özellikle killi topraklarda kullanılmasında dikkatli davranılmalıdır.

Salihli–Köseali ve Alaşehir–Göbekli su kaynaklarının kullanıldığı saha topraklarında ciddi düzeyde permeabilite sorununun yaşanabileceği belirlenmiştir. Bu nedenle topraklarda fiziksel yapıyı iyileştirici önlemler arasında toprağa belirli aralıklarla organik materyaller karıştırılması ve ekim öncesi topraklarda düzenli olarak ön sürüm yapılması gerekmektedir. Çöp kompostu uygulamasının da, toprakların agregat stabilitesi ve toplam gözenek hacmi gibi fiziksel özelliklerini olumlu etkilediği ortaya konulmuştur (Hanay 1990). Ayrıca toprak yüzey örtülerinin kullanılması ve sulama yönetiminin geliştirilmesi de alınacak önlemler arasındadır.

Fe’in kapalı sulama sistemlerinde orta düzeyde tıkanma sorunu yaratacağı su kaynakları I. alt bölgede Salihli–Karayahşi, Salihli–Toygar; IV. alt bölgede Alaşehir–İlgın, Alaşehir–Kasaplı, Alaşehir–Belenyaka, Alaşehir–Cafer Fakılı (şahıs) ve Sarıgöl–Ahmetağa olarak belirlenmiştir. Sorun yaratabilecek bu gibi su kaynaklarının kapalı sulama sistemlerinde kullanılması tercih edilmemelidir. Bazı demir oksitleyici bakteriler de (*Thiobacillus ferrooxidans* ve *Sulfalobus acidocaldarius*) demirin çökmesine neden olmaktadır (Kuşlu vd. 2005). Bakterilerin yol açtığı biyolojik tıkanmaların giderilmesinde ise en genel yol klor uygulamasıdır. Ancak devamlı klorlama yapılmasının toprak tuzluluğuna neden olabileceği unutulmamalıdır.

## KAYNAKLAR

- Anonim, 1991. Resmi Gazete, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Numune Alma ve Analiz Metodları Tekniği, 7.1.1991 tarihli, Sayı: 20748, 2-39 s.
- Anonim, 1998. Manisa İli Arazi Varlığı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Etüd ve Proje Daire Başkanlığı, 146 s, Ankara.
- Anonim, 2002. Manisa Tarım Master Planı. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Araştırma Planlama ve Koordinasyon Kurulu Bakanlığı, Manisa Tarım İl Müdürlüğü, Manisa.
- Anonim, 2008. Manisa İl Çevre Durum Raporu. Manisa Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü.
- Anonim, 2009. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Ankara.
- Anonim, 2010. [www1.gantep.edu.tr/~arifilyilmaz/manisaekonomi.htm](http://www1.gantep.edu.tr/~arifilyilmaz/manisaekonomi.htm) (Erişim tarihi: 27.11. 2010).
- Anonim, 2011a. [www.turkiyerehberi.gen.tr/.../manisa-haritasi](http://www.turkiyerehberi.gen.tr/.../manisa-haritasi) (Erişim tarihi: 12.01.2011)
- Anonim, 2011b. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Anonymous, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils (Ed.Richards, L.A.). Agr Hand Book. 160p, USSSL.
- Anonymous, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (19<sup>th</sup> Ed.). American Public Health Association, 1015 Fifteenth Street, NW, Washington, DC 20005.
- Anonymous, 2001. Design and Installation of Microirrigation Systems. ASAE Standarts EP405. 1 JAN01. 2950 Niles Rd., St. Joseph, MI 49085 – 9659, USA.
- Arslan, H., Güler, M., Cemek, B. ve Demir, Y., 2007. Bafra Ovası Yer Altı Suyu Kalitesinin Sulama Açısından Değerlendirilmesi, Tekirdağ Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi, 4(2), 216-226.
- Aşık, Ş., Okur, B., Yağmur, B., Akkuzu, E., Pamuk, G., Karataş B.S. ve Ongun, A.R., 2008. Aşağı Gediz Sulama Şebekesi Sulama Suyu Kalitesinin Belirlenmesi. E. Ü. Bilimsel Araştırma Proje Kesin Raporu Proje No: 05-ZRF-026.
- Aydemir, O. ve İnce, F., 1988. Bitki Besleme. Dicle Üniversitesini Eğitim Fakültesi yayınları No:2, 653s, Diyarbakır.
- Aydın, A. ve Sezen, Y., 1995. Toprak Kimyası Laboratuar Kitabı. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Ders Yayınları No:174, Erzurum, 140-144.
- Ayers, R.S. and Branson, R.L., 1975. Water Quality – Guidelines for Interpretation of Water Quality for Agriculture. Univ. Of Calif. Cooperative Extension, Multilith.
- Ayers, R.S. and Westcot, D.W., 1989. Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage Paper, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 173 p, Rome, Italy.
- Ayers, R.S. and Westcot, D.W., 1994. Water Quality for Agriculture. FAO, Rome, Italy.
- Ayrancı, Y. 2006. Muğla Ortaca Yöresi Sera Sulama Sularının Kalitelerinin Belirlenmesi, Selçuk Üniv. Ziraat Fak. Derg. 20(39), 32-36.

- Ayyıldız, M. 1983. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları No:244, 282 s, Ankara.
- Ayyıldız, M., 1990. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları No:344, 282s, 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.
- Bauder, J.W. and Brock, T.A., 2001. Irrigation Water Quality, Soil Amendment and Crop Effects on Sodium Leaching. Arid Land Research and Management. 15, 101-113.
- Bower, C. A. and Wilcox, L. L., 1965. Soluble Salt Methods of Soil Analysis, Methods of Soil Analysis Part 2, Am. Soc. Argon. No:9 Madison, Wilconsin USA, 933-940.
- Coelho, R.D. and Resende, R.S., 2001. Biological Clogging of Netafim's Drippers and Recovering Process Through Chlorination Impact Treatment. ASAE Paper Number: 012231, Sacramento, California, USA.
- Demir, S., 2008. Isparta ve Yakın Çevresi Yer Altı Sularının Hidrojeolojik, Hidrojeokimyasal ve İzotop Jeokimyasal İncelenmesi ve İçme Suyu Kalitesinin İzlenmesi. Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Doneen, L.D., 1966. Water Quality Requirements for Agriculture. Proc. National Sym. Quality Standarts for Natural Waters, Univ., 213-218p., Michigan.
- Dönderici, Z.S., Dönderici A. ve Başarı, F., 2010. Kaynak Sularının Fiziksel ve Kimyasal Kaliteleri Üzerine Bir Araştırma. Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi, 67(4), 167-172.
- Eaton, F.M., 1950. Significant of Carbonates in Irrigation Waters, Soil Sci. 69, 123 – 133.
- 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, No.2/3.
- Emdad, M.R., S.R., Raine, R.J., Smith and Fardad, E.H., 2004. Effect of Water Quality on Soil Structure and Infiltration Under Furrow Irrigation. Irrigation Science, 23, 55-60.
- Eroğlu, S., Şahin, F., Şahin Ü. ve Anapalı, Ö., 2009. Bacterical Application for Treatment of Clogged Emitters in Drip Irrigation Systems as an Environmentally Friendly Method. New Biotechnology, 25 (1), 271 – 272.
- Erözel, Z., 1986. Sulamada Su Kalitesi ve Tuzluluk Sorunları. Kültürteknik Giriş. Ankara Üniv., Ziraat Fak. Yayınları, Ankara, 97-110.
- Evans, R.G., 2000. Microirrigation. Washington State University, Irrigated Agriculture Reserarch and Extension Center, 24106 North Bunn Road Prosser, USA.
- Fırat, B., 1990. Bitki Besleme. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 341s, Konya.
- Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., 1997. Su Kalitesi. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi No:43. Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Sağlık Bakanlığı, Ankara.
- Güngör, Y., Erözel, A.Z. ve O., Yıldırım, 2002. Sulama (2. Baskı), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1525, Ders Kitabı No: 478, Ankara.

- Hanay, A., 1990. Çöp Kompostunun Toprakların Bazı Yapısal Özellikleri ve Toprak-Su İlişkilerine Olan Etkilerinin Ahır Gübresiyle Karşılaştırılması Üzerine Bir Araştırma. Atatürk Üniv. Zir. Fak. Kültürteknik Böl., 133s., Erzurum (Yayınlanmamış Doktora Tezi).
- Hills, D.J., Nawar F.M. and Waller, P.M., 1989. Effects of Chemical Clogging on Drip-Tape Irrigation Uniformity. Transactions of the ASAE, 32(4), 1202-1206.
- Hills, D.J., Tajrishy M.A. and Tchobanoglous, G., 2000. The Influence of Filtration on Ultraviolet Disinfection of Secondary Effluent for Microirrigation. Transactions of the ASAE, 43(6), 1499 – 1505.
- Hoffman, G.J., Ayers, R.S., Doering, E.J. and McNeal, B.L., 1983. Salinity in Irrigated Agriculture. Design and Operation of Farm Irrigation Systems (Ed., M.E. Jensen). ASAE, 2950 Niles Road, St. Joseph, Michigan, 145-185.
- Hoffman, G.J., Rhoades, J.D., Letey J. and Sheng, F., 1992. Salinity Management. Management of Farm Irrigation Systems. (Ed., G.J. Hoffman, T.A. Howell, K.H. Solomon). ASAE, 2950 Niles Road, St. Joseph, Michigan, 667-715.
- Howell, T.A., Stevenson, D.S., Aljibury, F.K., Gitlin, H.M., Wu, I.P., Warrick A.W. and Raats, P.A.C., 1983. Design and Operation of Trickle (Drip) Systems. Design and Operation of Farm Irrigation Systems (Ed., M.E., Jensen). ASAE, 2950 Niles Road, St. Joseph, Michigan, 663-718.
- James, L.G., 1988. Principles of Farm Irrigation System Design. John Wiley & Sons, New York, 260-299.
- Kanber, R. ve Ünlü, M., 2010. Tarımda Su ve Toprak Tuzluluğu. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Genel Yayın No: 281, 307 s, Adana.
- Kapar, A., Yaşa, İ., İrget M.E. ve Anaç, S., 1997. Ege Bölgesinde Sulama Sularının Damla Sulama Yönteminde Değerlendirilmesi. 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri, 481-488, Kirazlıyayla, Bursa.
- Kaplan, M., Sönmez S., ve Tokmak, S., 1999. Antalya-Kumluca Yöresi Kuyu Sularının Nitrat İçerikleri. Tr.J.of Agriculture and Forestry, 309-313.
- Kara, C. ve Şimşekli, M., 2008. Erkeney Çayı (Kahramanmaraş) Kirliliğinin Fiziko-Kimyasal Parametrelerle İncelenmesi, 3. Çevre Sorunları Kongresi, 15-16 Mayıs 2008, İstanbul.
- Kaya, N. ve Öztürk, M., 2003. Elazığ İl Sınırları İçerisindeki Sulama Sularının İncelenmesi. Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları.
- Kızıloğlu, F.M., Kuşlu, Y., Tunç T. ve Yanık, R., 2007. Erzurum İlindeki Bazı Su Kaynaklarının Kalitelerinin Bitki, Toprak ve Sulama Açısından Değerlendirilmesi. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg. 38 (2), 173-179.
- Korukçu, A., 1975. Damla Sulaması ve Projelenmesi. Damla Sulama I. Teknik Toplantısı, 26 Haziran- 2 Temmuz, 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 No:364, İzmir.
- Kumbur, H., Özsoy H.D. ve Özer, Z., 2008. Mersin İlinde Tarımsal Alanlarda Kullanılan Kimyasalların Su Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi, Mersin, 17(68), 54-58.
- Kuşlu, Y., Şahin, Ü., Anapalı Ö. ve Kızıloğlu, F.M., 2005. Damla Sulama Sistemlerinde Tıkanma ve Giderilmesi ile Farklı Damlatıcı Tiplerinin Özellikleri. GAP IV. Tarım Kongresi Bildiri Kitabı, II. Cilt, 1094–1101.

- Maas, E.W., 1987. Salt Tolerance of Plants. CRC Handbook of Plant Science in Agriculture, (ed.) R. R. Christie, 57-75 p., Florida.
- Maier, H.M., 1981. Sulama Teknolojisi Konusunda Karşılaştırmalı Bir Araştırma (Çev. Soner Dinler). Söke Zirai Üretim İşletmesi Ziraat Teknik Lisesi ve Mekanizasyon Eğitim Merkezi Müd. Yayınları, 18-19s, Aydın.
- Marschner, H., 1988. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. Harcourt Brace & Company Publ. 889 p.
- Munsuz, N., Ünver İ. ve Çaycı, G., 1999. Türkiye Suları. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayın No:1505.
- Nakayama, F.S., 1982. Water Analysis and Treatment Techniques to Control Emitter Plugging. Proc. Irrigation Assocation Conf. Portland, Oregon.
- 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), 99-105.
- Pescod, M.B., 1992, Wastewater Treatment and Use in Agriculture, FAO Irrigation and Drainage, 125p, UK.
- Pitts, D.J., Haman D.Z. and Smajstrla, A.G., 1990. Causes and Prevention of Emitter Plugging in Microirrigation Systems. University of Florida, Florida Cooperative Extension Service, Bulletin 258.
- Rogers, D.H., Lamm, F.R. and Alam, M., 2003. Subsurface Drip Irrigation Systems (SDI) Water Quality Assessment Guidelines. KSU Cooperative Ext. Irrigation Management Series, MF-2575. Manhattan, Kans.
- Ross, D.S., 1990. Water Treatment for Microirrigation. The University of Maryland, College Park, 171p.
- Saatçi, F., Altınbaş, Ü., Anaç, D. ve S., Vural, 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), 137-151, İzmir.
- Sağlam, M.T. ve Adiloğlu, A., 1997. Su Kalitesi. Trakya Üniv. Tekirdağ Ziraat Fak. Ders Kitabı, Tekirdağ.
- Sağlam, M.T, 2010. Sulama Sularında Mevcut Olan Karbonat ve Bikarbonat İyonlarının Toprak Üzerindeki Zararlı Etkilerinin Belirlenmesinde Kullanılan Bazı Kıstaslar. Atatürk Üniv. Zir. Fak. Dergisi, Erzurum, 129-137.
- 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, 196-211.
- Sönmez, İ. ve Kaplan, M., 2004. Demre Yöresi Seralarında Toprak ve Sulama Sularının Tuz İçeriğinin Belirlenmesi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(2), 155-160.
- Şahin, Ü., Anapalı Ö. ve Hanay, A., 1998, Erzurum İli Tortum ve Uzungözü İlçeleri Seralarında Sulamada Kullanılan Suların Toprak, Bitki ve Damla Sulama Yönünden Değerlendirilmesi. Doğu Anadolu Tarım Kongresi Bildiri Kitabı, Erzurum, 1492-1503.

- Şahin, Ü., Anapalı, Ö., Dönmez M.F. and Şahin, F., 2005. Biological Treatment of Clogged Emitters in Drip Irrigation System. *Journal of Environmental Management*, 76, 338-341.
- Şener, S., Demirer T. ve Kaleli, Ş., 2002. A Reserarch on Irrigation Water Quality of Çanakkale, Ezine and Lapseki Provinces, *International Conference on Sustainable Land Use and Management*, Çanakkale.
- Torunoğlu, T., 1986. Bursa İlindeki Su Kaynaklarında Kirlenme Kontrolü. *Çevre-86 Sempozyumu*. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmir.
- Tüzel, İ.H. ve Anaç, S., 1991. Damla Sulama Sistemlerinde Damlatıcı Tıkanması ve Koruma Uygulamaları. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, 28(1), 239-254.
- Uslu, O. ve Türkman, A., 1987. Su Kirliliği Kontrolü. *Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayını:1*, Ankara.
- Uygan, D. ve Çetin, Ö., 2004. Bor'un Tarımsal ve Çevresel Etkileri. *Seydisuyu Su Toplama Havzası II. Uluslararası Bor Sempozyumu*, Eskişehir.
- Üzen, N., Ünlü M. ve Eylen, M., 2009. Diyarbakır Koşullarında Yetiştirilen Pamuğun Farklı Seviyelerdeki Tuz Stresine Gösterdikleri Tepkilerin İncelenmesi. *Dicle Üniversitesi Zir. Fak., Diyarbakır*.
- Varol, F., Bellitürk K. ve Sağlam, M.T., 2005. Tekirdağ İli Sulama Sularının Özellikleri. *Trakya Üniv. Tekirdağ Ziraat Fak. Tarım Bilimleri Dergisi*, 11 (4), 391-396.
- 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*.
- Yıldız, N., 2008. Bitki Beslemenin Esasları ve Bitkilerde Beslenme Bozukluğu Belirtileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, 304s, Erzurum.
- Yuan, Z., Waller P.M. and Choi, C.Y., 1998. Effect of Organic Acids on Salt Precipitation in Drip Emitters and Soil. *Transactions of the ASAE*, 1689 – 1696.

## **ÖZGEÇMİŞ**

1984 yılında Erzincan’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Manisa’da tamamladı. 2003 yılında girdiği Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü’nden 2007 yılında mezun oldu. Aynı yıl Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı.