

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERZURUM KENTSEL ATIKSULARI İLE SULANAN TARIMSAL  
ALANLARDA ORTAYA ÇIKAN SORUNLAR VE ÇÖZÜM  
ÖNERİLERİ

727483

İlker ANGIN

121483

TARIMSAL YAPILAR ve SULAMA ANABİLİM DALI

TC YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

ERZURUM  
2002

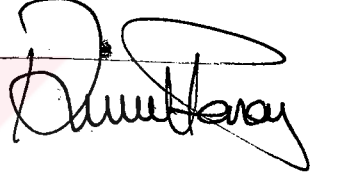
Her hakkı saklıdır

Prof. Dr. A. Vahap YAĞANOĞLU danışmanlığında, İlker ANGIN tarafından hazırlanan bu çalışma 27/09/2002 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.


Başkan : Prof. Dr. A. Vahap YAĞANOĞLU

İmza: 

Üye : Doç. Dr. Abdurrahman HANAY

İmza: 


Üye : Doç. Dr. Mustafa CANBOLAT

İmza: 

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

08/10/2002

**Enstitü Müdürü**



## ÖZET

Y. Lisans Tezi

### ERZURUM KENTSEL ATIKSULARI İLE SULANAN TARIMSAL ALANLARDA ORTAYA ÇIKAN SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

İlker ANGIN

Atatürk Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. A. Vahap YAĞANOĞLU

Bu araştırma, tarımsal alanların sulanmasında kullanılan atıksuların özelliklerinin ve atıksu kullanımına bağlı olarak toprak özelliklerinde ortaya çıkan değişimlerin saptanması ve atıksuların tarımsal alanlarda güvenle kullanılmasına ait çözüm önerileri ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Çalışmada aynı toprak oluş süreçleri, benzer iklim ve topoğrafik koşullar altında bulunan kentsel atıksular ile sulanan alanlardan ve sulanmayan alanlardan alınan toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini ve atıksuyun karakteristiğini belirlemek amacıyla, toprak ve su örnekleri alınmıştır. Söz konusu toprak ve su örneklerinin özelliklerini belirlemek amacıyla analizleri yapılmıştır.

Sulamada kullanılan Erzurum kentsel atıksularının pH, elektriki iletkenlik, toplam çözünmüş katı madde, süspanse katı, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı, toplam azot, fosfor, sodyum adsorbsiyon oranı ve klor değerlerinin, sulamada kullanılmasına izin verilebilir sulardan daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Kentsel atıksular ile sulanan ve hiçbir şekilde sulama yapılmayan alanlar arasında toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından da önemli farklılıklar bulunmuştur.

Sonuç olarak Erzurum'da kentsel atıksuların tarımsal sulamada kullanılması gerektiği durumlarda, birinci kademe arıtma işleminden geçirilmeden kullanılmasının bitkisel üretim, toprak özellikleri ve halk sağlığı yönünden sakıncalı olduğu belirlenmiştir.

**2002, 73 sayfa**

**Anahtar kelimeler:** Atıksu, atıksu kalite koşulları, toprak makro elementleri, toprak mikro elementleri, sulama suyu kalitesi

## **ABSTRACT**

**Master Thesis**

### **PROBLEMS IN AREAS IRRIGATED WITH ERZURUM MUNICIPAL WASTEWATER AND SUGGESTED SOLUTIONS**

**İlker ANGIN**

**Ataturk University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Agricultural Structures and Irrigation**

**Supervisor: Prof. Dr. A. Vahap YAĞANOĞLU**

This study is carried out to determine the characteristics of wastewater, soil problems associated with the use of wastewater and to make solutions on its safe use in agricultural lands. To determine the physical and chemical properties of soil and wastewater characteristics, water and soil samples were taken from non-irrigated and wastewater irrigated areas. Laboratory analyses were conducted to determine properties of soil and water.

The results obtained have showed that, pH, electrical conductivity, total dissolved solids, suspended solids, biochemical oxygen demand, chemical oxygen demand, total nitrogen, phosphorus, sodium adsorption ratio and chloride values of wastewater is high than the interpretations of water quality for irrigation. Soils irrigated with wastewater have significant physical and chemical differences from that non-irrigated.

As a result, it can be said that use of raw wastewater in irrigation is not appropriate for agricultural use, soil properties and health conditions. Its use is appropriate only with primary treatment.

**2002, 73 pages**

**Keywords:** Wastewater, quality requirements of wastewater, soil macro elements, soil micro elements, irrigation water quality

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmada katkı ve yardımlarını esirgemeyen tez yöneticisi hocam Sayın Prof. Dr. A. Vahap YAĞANOĞLU'na, çalışmalarımın her aşamasında büyük ilgi ve destekleriyle bana yardımcı olan hocalarım Sayın Prof. Dr. Ömer ANAPALI'ya, Sayın Doç. Dr. Abdurrahman HANAY'a ve Sayın Doç. Dr. Üstün ŞAHİN'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca Toprak Bölümünde yapılan laboratuvar çalışmalarında kolaylık sağlayan Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. F. Tülay KIZILOĞLU'na ve desteklerini esirgemeyen Sayın Arş. Gör. Metin TURAN'a, Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünde yapılan çalışmalarda yardımcı olan Sayın Yrd. Doç. Dr. Ergün YILDIZ'a, çalışmalarım sırasında önerileri ve eleştirileriyle her zaman yardımlarını gördüğüm çalışma arkadaşlarıma sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

İlker ANGIN  
Ağustos 2002

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ .....</b>	<b>4</b>
2.1. Sulama Sularının Özellikleri ve Sınıflandırılması .....	9
2.1.1. Toplam Tuz Konsantrasyonu .....	10
2.1.2. Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR) .....	11
2.1.3. Toksik İyonlar .....	12
2.1.4. İz Elementleri ve Ağır Metaller .....	12
2.1.5. pH.....	12
2.2. Atıksuların Nitelikleri .....	13
2.3. Atıksuların Sulama Amaçlı Kullanımı ve Kalite Standartları.....	13
2.4. Su Kaynaklarının Kirlenmesi .....	17
2.5. Atıksuların Özellikleri.....	18
2.5.1. Fiziksel Parametreler.....	19
2.5.2. Kimyasal Parametreler .....	21
2.5.2.1. Organik Madde.....	21
2.5.2.2. İnorganik Maddeler .....	22
2.5.2.3. Gazlar .....	22
2.5.3. Biyolojik Parametreler .....	23
2.6. Atıksuların Arıtımı .....	23
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM.....</b>	<b>26</b>
3.1. Materyal .....	26
3.1.1. Araştırma Alanı .....	26
3.1.2. Atıksular .....	28
3.2. Yöntem .....	28
3.2.1. Su ve Toprak Örneklerinin Alınması .....	28
3.2.2. Su Analizleri.....	29
3.2.3. Toprak Analizleri .....	31
3.2.4. İstatistik Analizler .....	32
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....</b>	<b>33</b>
4.1. Sulamada Kullanılan Atıksuların Özelliklerinin Değerlendirilmesi .....	33
4.2. Toprak Özellikleri .....	38
4.2.1. Toprak Tekstürü .....	38
4.2.2. Toprak Tuzluluğu.....	41
4.2.3. Toprak Reaksiyonu (pH).....	42
4.2.4. Toprak Kireç İçeriği .....	44
4.2.5. Toprak Organik Maddesi .....	45
4.2.6. C:N (Karbon/Azot) Oranları .....	47
4.2.7. Toplam Azot.....	48
4.2.8. Elverişli Fosfor.....	50
4.2.9. Değişebilir Sodyum.....	51

4.2.10. Değişebilir Kalsiyum .....	53
4.2.11. Değişebilir Magnezyum .....	54
4.2.12. Değişebilir Potasyum .....	56
4.2.13. Mikro Elementler .....	57
4.2.13.1. Demir ( $Fe^{2+}$ ).....	57
4.2.13.2. Mangan ( $Mn^{2+}$ ).....	59
4.2.13.3. Çinko ( $Zn^{2+}$ ).....	60
4.2.13.4. Bakır ( $Cu^{2+}$ ).....	62
4.2.13.5. Bor ( $B^{3+}$ ).....	63
<b>5. SONUÇ.....</b>	<b>65</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>68</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>72</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>73</b>



## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Araştırma alanının topoğrafik haritası ile toprak ve su örneklerinin alındığı alanlar.....	27
-------------------------------------------------------------------------------------------------------	----





## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Sulama suyunun değerlendirilmesinde kullanılan parametreler .....	10
Çizelge 2.2. Sulama amaçlı kullanılacak atıksuların nicelikleri ve nitelikleri .....	14
Çizelge 2.3. Kaliforniya atıksu kullanım standardı .....	16
Çizelge 2.4. Atıksuyun kullanımı için dünya sağlık örgütü (WHO) tarafından önerilen kullanma koşulları .....	16
Çizelge 2.5. Evsel atıksuların niteliği .....	18
Çizelge 2.6. Atıksuların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile bunların kaynakları .....	19
Çizelge 2.7. Atıksu arıtma tesisi proseslerinin akış diyagramı .....	25
Çizelge 3.1. Araştırma alanının uzun yıllara ilişkin iklim verileri .....	26
Çizelge 3.2. Sulama suyu kalite sınıflaması .....	29
Çizelge 4.1. Sulamada kullanılan atıksuyun özellikleri .....	33
Çizelge 4.2. Araştırma konusu toprak örneklerinin tekstürü .....	40
Çizelge 4.3. Araştırma konusu toprak örneklerinin toprak tuz değerleri (%) .....	42
Çizelge 4.4. Araştırma konusu toprak örneklerinin pH değerleri .....	43
Çizelge 4.5. Araştırma konusu toprak örneklerinin kireç içeriği değerleri (%) .....	44
Çizelge 4.6. Araştırma konusu toprak örneklerinin organik madde içeriği değerleri (%) .....	46
Çizelge 4.7. Araştırma konusu toprak örneklerinin C:N oranları .....	47
Çizelge 4.8. Araştırma konusu toprak örneklerinin toplam azot değerleri (%) .....	49
Çizelge 4.9. Araştırma konusu toprak örneklerinin elverişli fosfor değerleri (ppm) .....	50
Çizelge 4.10. Araştırma konusu toprak örneklerinin değişebilir sodyum değerleri (me/100 gr) .....	52
Çizelge 4.11. Araştırma konusu toprak örneklerinin değişebilir kalsiyum değerleri (me/100 gr) .....	53
Çizelge 4.12. Araştırma konusu toprak örneklerinin değişebilir magnezyum değerleri (me/100 gr) .....	55
Çizelge 4.13. Araştırma konusu toprak örneklerinin değişebilir potasyum değerleri (me/100 gr) .....	56
Çizelge 4.14. Araştırma konusu toprak örneklerinin demir içeriği (ppm) .....	58
Çizelge 4.15. Araştırma konusu toprak örneklerinin mangan içeriği (ppm) .....	59
Çizelge 4.16. Araştırma konusu toprak örneklerinin çinko değerleri (ppm) .....	61
Çizelge 4.17. Araştırma konusu toprak örneklerinin bakır değerleri (ppm) .....	62
Çizelge 4.18. Araştırma konusu toprak örneklerinin bor değerleri (ppm) .....	64

## 1. GİRİŞ

Günümüzde su kaynaklarının etkin kullanımı en önemli sorunlardan biridir. Dünyamızda, halen su kaynaklarının etkin ve sürdürülebilir kullanımı sağlanamamıştır. Hızlı nüfus artışı, su kaynaklarının farklı kullanım alanlarındaki tüketimini sınırlandırmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerin tatlı su ihtiyacı; tarım, endüstri ve kentsel gelişme hızına bağlı olarak artmaktadır. Diğer yandan küresel ısınma ve diğer nedenlerle su kaynakları giderek azalmaktadır. Hayatın temeli olan tatlı su kaynaklarının kullarımdaki artıştan dolayı nisbi azalma sorunu, tüm dünyada ciddi boyutlardadır.

Sulama genellikle, bitki gelişmesi için gerekli olan ancak doğal yollarla karşılanamayan suyun, çevre sorunu yaratmadan yapay olarak toprağa verilmesi şeklinde tanımlanır.

Sulamaya bitkisel üretim için eksik olan suyun tamamlanması yanında, kök bölgesinde kullanılabilir suyun en uygun düzeyde tutulması açısından da bakılmaktadır.

Sulamada amaç, bitkinin verim düşürücü gerilim etkilerine girmesini önlemek başka bir ifadeyle suyun üretimi ve verimi sınırlayıcı bir etmen olmasını engellemektir.

Sulamayı gerekli kılan başlıca iki neden vardır. Bunlardan birincisi yıllık ortalama yağış miktarının yetersiz oluşudur. Sulamayı gerektiren ikinci neden de yağışın yıl içerisinde mevsimlere göre dağılımıdır. Eğer yağışın büyük bir kısmı kış mevsiminde düşüyorsa ve bitkinin yetişme devresinde yeterli yağış olmuyorsa, yıllık yağış miktarı ne kadar çok olursa olsun yine de sulamaya ihtiyaç duyulur (Delibaş 1994).

Kurak bölgelerde bitki yetiştirilmesi tamamen sulamaya bağlıdır. Yarı kurak bölgelerde sulama, yağışlarla karşılanamayan su miktarını bitkiye vermek için yapılır. Yağışlı bölgelerde ise sulama, yağış olmadığı zamanlarda bitkilerde görülen verim düşürücü gerilim etkilerini engellemek için yapılır (Jackson 1982).

Başarılı bir sulama, sadece suyu tarla başına getirmek ve toprağa gelişi güzel vermek olmayıp, sulama tekniğinin gerektirdiği modern koşullarla suyu toprağa uygulamayı zorunlu kılmaktadır. Bunun için de sulama uygulamalarında; toprakların su tutma özelliği, her sulamada ıslatılacak toprak derinliği, uygun su miktarının uygun zaman aralığı içerisinde toprağa verilmesi, sulama süresi ve uygun parsel boyutlarının bilinmesine gerek vardır. Çünkü bitkinin içinde bulunduğu ortamın atmosfer koşullarını değiştirmenin oldukça güç olmasına karşılık, bu ortamın toprak koşulları sulama ve drenaj önlemleriyle optimum verim elde edebilecek biçimde kontrol edilebilir (Hakgören 1996).

Tarımsal su kullanımı toplam su tüketiminin büyük bir kısmını oluşturur. Sulamada kullanılan su dünya su tüketiminin yaklaşık olarak %70'ini oluşturur (Postel 1989). Dünyadaki tarım alanlarının yaklaşık olarak %17'sinde sulu tarım yapılmasına karşın bu alandan elde edilen üretim miktarı; toplam üretim miktarının %34'üdür (Bouwer 1992, Pescod 1992). Bu oran kurak alanlarda daha fazladır. Orta Doğuda işlenen tarım alanlarının %30'u sulanırken, bu alanın toplam tarımsal üretim içerisindeki oranı %75'tir (Pescod 1992).

Sulama, dünyada binlerce yıldan beri bilinmesine karşın 21. yüzyılda daha fazla önem kazanmıştır. Zira, iyi nitelikli suyun gün geçtikçe azalması ve dünya nüfusunun giderek artması su kaynaklarının optimum bir şekilde kullanılmasına ve ek su kaynaklarının arayışına gidilmesine yol açmıştır. Ülkemizdeki kullanılabilir su potansiyelinin %75'ini toplam sulanabilir tarım arazilerimizin %32'sinde kullandığımız gerçeğini de göz önüne aldığımızda ek su kaynaklarının arayışına gidilmesi zorunlu hale gelmiştir (Okuroğlu ve Yağanoğlu 1998, Kanber 1999).

Tarımsal sulama için temiz yer altı ve yerüstü su kaynaklarının yeterli olmadığı durumlarda, ek su kaynakları arayışlarına gidilmektedir. Bu kaynaklardan birisi de arıtma işlemlerinden geçirilmiş atıksulardır (Papadopoulos 1997).

Toprak ve suyun korunmasında atıksuların sulamada kullanılması çok eski bir fikir olup oldukça benimsenmiştir. Atıksuların kullanımı halk sağlığı açısından olumsuzluklar

yaratmasına karşın, atıksularda bitkiler için faydalı besin elementlerinin bol bulunması bu uygulamayı teşvik etmektedir (Shuval 1977).

Son yıllarda atıksuların sulamada kullanılması oldukça yaygınlaşmıştır. Atıksuların sulamada kullanılmasını cazip hale getiren nedenler aşağıda sıralanmıştır (Shuval 1977, Bouwer and Idelovitch 1987, Witt and Reiff 1991, Kanber vd 1992, Pescod 1992, Westcot 1997, Kumbur ve Gündoğdu 1998).

- Atıksuların sulama amaçlı kullanımı ile su kaynaklarının kısıtlı olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde sulu tarım yapılmasına olanak sağlanarak tarımla uğraşan kişilerin hayat standartları geliştirilebilir.
- Atıksuların doğal su kaynaklarına verilmesi ile bunların kirlenmesi ve halk sağlığını tehdit eder duruma gelmesi, atıksuların planlı bir şekilde kullanılmasıyla önlenabilir.
- Atıksular ile yapılan tarımsal sulamada sadece su kullanılmaz aynı zamanda belirli sınırlarda suyun içerisinde çeşitli oranlarda bulunan organik madde, azot, fosfor, potasyum, mikro elementler ve diğer besin elementlerini kullanır. Böylece toplam ticari gübre ihtiyacı azaltılabilir ve çiftçilere ekonomik katkı sağlanabilir.
- Sulamada kullanılan suların kalitesi oldukça geniş sınırlar içerisinde değiştiğinden ve bitkilerin tuza dayanımları farklı olduğundan dolayı atıksular ile bitkiler uygun tarımsal uygulamalarla hiçbir risk bulunmaksızın sulanabilir.

Erzurum ilinde kentsel atıksulardan yararlanılarak önemli ölçüde sulama yapılmaktadır. Özellikle sebze ve yem bitkileri üretimi yapılan tarımsal alanlarda kullanılan kentsel atıksular herhangi bir ön arıtmadan geçirilmemektedir.

Bu araştırma, tarımsal alanların sulanmasında kullanılan atıksuların özelliklerinin ve atıksu kullanımına bağlı olarak toprak özelliklerinde ortaya çıkan değişimlerin saptanması ve atıksuların tarımsal alanlarda güvenle kullanılmasına ait çözüm önerileri ortaya koymak amacıyla yapılmıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Tarımsal sulama için temiz yer altı ve yerüstü su kaynaklarının yeterli olmadığı durumlarda, seçeneysel su kaynakları arayışlarına gidilmektedir. Bu kaynaklardan birisi de arıtma işlemlerinden geçirilmiş atıksulardır (Papadopoulos 1997).

Evsel, endüstriyel, tarımsal ve diğer kullanımlar sonucunda kirlenmiş veya özellikleri kısmen veya tamamen değişmiş sular, maden ocakları ve cevher hazırlama tesislerinden kaynaklanan sular ile cadde, otopark ve benzeri alanlardan yağışların yüzey ve yüzey altı akışa dönüşmesi sonucunda meydana gelen sular atıksu olarak adlandırılır (Kanber vd 1992).

Tosunoğlu vd (1999), atıksuların son yıllarda tarımsal sulamada kullanılmasının oldukça arttığını ve atıksuların tarımsal üretim yapılan topraklar üzerindeki etkilerinin olumlu veya olumsuz olabileceğini belirtmişlerdir. Bu nedenle kullanılacak suyun özelliklerinin bilinmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Toprak ve suyun korunmasında atıksuların sulamada kullanılması çok eski bir fikir olup oldukça benimsenmiştir. Atıksuların sulama amaçlı kullanımı ilk olarak 1865 yılında İngiltere’de ortaya konulmuştur. 1800’lü yılların sonuna doğru atıksuların sulama amaçlı kullanımı Avrupa’nın diğer ülkelerinde yaygınlaşmaya başlamıştır. Örneğin 1904 yılı itibariyle Paris’te 5300 ha alan atıksu ile sulanmaktaydı. 1945 yılından sonra atıksuların sulama amaçlı kullanımı, yer üstü su kaynaklarının kirlenmesinin önlenmesi ve kurak ve yarı kurak bölgelerde su kaynaklarının artırılması ile çok daha fazla önem kazanmıştır (Shuval 1990).

Arıtılmış atıksuların sulamada kullanılması su kaynaklarının sınırlı olduğu kurak ve yarı kurak alanlarda önemli bir potansiyele sahiptir. Ayrıca atıksuyun tarımda kullanılması ile su dengesi geliştirilebilir. Bununla birlikte, sulama suyunun kalitesi bu gibi alanlarda bitki gelişimini etkileyen önemli faktörlerden birisidir. Atıksular genellikle yüksek konsantrasyonlarda hem organik hem de inorganik asılı ve çözünmüş parçacıklar

içerirler. Evsel ve endüstriyel atıksulara karışan tuzların büyük bir kısmı geleneksel arıtma teknikleriyle tam olarak giderilemez ve sulama ile bu tuzlar toprağa geçerler. Bazı araştırmacılar atıksular ile sulanan alanlardaki toprakların fiziksel, biyolojik veya kimyasal değişime uğramalarından dolayı hidrolik kondüktivite değerlerinin azaldığını belirtmişlerdir.

Toprağın hidrolik kondüktivitesini etkileyen fiziksel özellikler içerisinde; hava gözeneklerinin sıkışması, sızan sudaki katı parçacıkların süzme aktivitesi üzerine etkisi ve toprak agregatlarının parçalanması sayılabilir (Vandevivere and Baveye 1992). De Vries (1972), Rice (1974) ve Metzger *et al.* (1983) toprak yüzey geçirgenliğinin azalmasının toprak-su süspansiyonu içerisinde asılı halde bulunan katı parçacıklardan kaynaklandığını ifade etmişlerdir (Tarchitzky *et al.* 1999). Vinten *et al.* (1983a, 1983b), atıksuda bulunan kaba parçacıklardan siltli kil tekstüre sahip toprakların kum ve kumlu tın tekstüre sahip topraklardan çok daha fazla etkilendiğini ve bunun hidrolik kondüktiviteyi düşürdüğünü belirtmişlerdir. Hidrolik kondüktivitenin düşme nedeninin toprak yüzeyinde biriken kaba parçacıklardan kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Özellikle düşük hidrolik kondüktiviteye sahip topraklarda bunun çok daha fazla önemli olduğunu belirtmişlerdir. Çünkü materyal yüklü suyun toprak ile temas süresi arttıkça özellikle kil tipine bağlı olarak geçirgenliğin azalması yani infiltrasyon oranının düşmesi yüzey akışa, toprak yüzeyinde göllenmelere ve gerekli önlemler alınmazsa erozyona yol açabilir (Vinten *et al.* 1983a, 1983b).

Toprağın hidrolik kondüktivitesini etkileyen biyolojik özellikler arasında, yaşayan mikroorganizmaların özellikle de bakterilerin varlığı yer almaktadır (Vandevivere and Baveye 1992).

Toprağın hidrolik kondüktivitesini etkileyen kimyasal özellikler, koloidal parçacıkların ayrışmasını ve toprakların şişme özelliklerini içerirler. Atıksuların sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) genellikle normal sulama sularından yüksektir, böylece atıksular ile sulanan toprakların değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) yükselir (Bouwer and Idelovitch 1987, Tarchitzky *et al.* 1999). Pistol (1981), atıksularda bulunan organik maddelerin çözünebilir  $Ca^{2+}$  ve  $Mg^{2+}$  iyonlarının bir kısmı ile bileşik oluşturabileceğini ve bununda



sulama suyunun efektif SAR değerini ve dolayısıyla toprak eriyiğinin SAR değerini artırbileceğini belirtmiştir (Tarchitzky *et al.* 1999). Ayrıca atıksular ile sulanmış toprakların sodyumluluğu  $\text{NH}_4^+$  ve  $\text{K}^+$  değişimiyle ve birikmiş durumdaki  $\text{CaCO}_3$ 'ın artan çözünlürlüğü ile etkilenebilir (Levy *et al.* 1986).

Schipper *et al.* (1996), yaptıkları çalışmada üçüncü kademe arıtma işleminden geğirilmif atıksuların toprağın 14 biyokimyasal özelliğini etkilediğini saptamışlardır. Yaptıkları çalışmada atıksular ile sulamanın toprağın pH'sını, invertaz aktivitesini, denitrifikasyonunu, mineralize ve toplam azotunu önemli derecede artırdığını ortaya koymuşlardır. Ayrıca iki atıksu yükleme durumuna göre toprak özelliklerinin değişimini irdilemişlerdir. Çalışmada toprak özelliklerinin değişiminin atıksu yükleme durumundan daha çok atıksuyun kimyasal bileşimine bağlı olduğu ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak üçüncü kademe arıtma işleminden geğirilmif atıksuların toprağın biyolojik özelliklerini ters olarak etkilemediği ve denitrifikasyon oranını artırmadığı belirtilmiştir.

Levy *et al.* (1986), karbonat birikimine paralel olarak  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}^+$  ve  $\text{Na}^+$  değişim reaksiyonlarının topraklardaki sodyumluluğa olan etkisini belirlemek amacıyla kumlu, tınlı ve killi topraklarda değişik arıtma teknikleriyle arıtılmış iki atıksu kullanmışlardır. Yaptıkları çalışmada sıvı atıksu uygulanan topraklarda ikinci kademe arıtma işleminden geğirilmif atıksuyun uygulandığı topraklardan daha fazla  $\text{CaCO}_3$  biriktiğini ve sıvı atıksu ile sulanan toprakların sodyumluluğunun kendi aralarında önemli ölçüde değişmediğini buna karşılık ikinci kademe arıtma işlemi uygulanmış atıksu ile sulanan toprakların sodyumluluk düzeyinin arttığını ortaya koymuşlardır. Bu değişimi sıvı atıksuda ikinci kademe arıtma işleminden geğirilmif atıksudan daha yüksek konsantrasyonda bulunan  $\text{NH}_4^+$  ve  $\text{K}^+$  içeriğine bağlamışlardır.

Friedel *et al.* (2000), uzun yıllar atıksular ile sulanan Vertisol ve Leptosol topraklarda organik madde, mikrobiyal salgı ürünleri ve bunların aktivitesini incelemişlerdir. Leptosol topraklardan daha fazla atıksu uygulanan Vertisollarda toplam organik karbon içeriğinin 80 yıl içerisinde 2.5 kat artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte Leptosol topraklarda organik madde indirgeninin sulama zamanı ile birlikte bir artış gösterdiğini vurgulamışlardır. Toprakta organik madde birikiminin ne kirleticiler ne de

mikrobiyal salgı ürünleri vasıtasıyla ortaya çıktığını bu birikimin atıksuda yüksek oranlarda bulunan organik maddeden kaynaklandığını ifade etmişlerdir.

Shahalam *et al.* (1998), atıksuyun toprak, bitki ve çevreye olan etkisini incelemişlerdir. Çalışmada yağmurlayıcılar vasıtasıyla atıksu ve temiz su uygulanan yonca, turp ve domates bitkilerindeki verimler karşılaştırılmış ve gübre uygulanan her iki sulama suyunda verimler arasındaki ilişki birbirlerine yakın bulunmuştur. Siltli tın toprakta çalışma boyunca önemli değişiklikler olmadığı sadece toprak porozitesinde ve tuzluluğunda birtakım değişiklikler görüldüğü belirtilmiştir.

Magesan *et al.* (2000), 28 hafta boyunca üç değişik C:N oranına sahip atıksu ile sulanan kumlu tın tekstüre sahip topraktaki biyolojik özelliklerin ve hidrolik kondüktivitenin değişimini irdelemişlerdir. Çalışmada atıksu ile birlikte uygulanan nitrifikasyon inhibitörün (DCD) ve polisakkarit enzim preparatın (PEP) hidrolik kondüktiviteyi nasıl etkilediği ortaya konulmuştur. Atıksuyun C:N oranı artışının toprak mikrobiyal salgı üretimini, karbonhidratını ve nematod popülasyonunu artırdığını buna karşılık nitrat yıkanımını ve hidrolik kondüktiviteyi % 80 civarında düşürdüğünü ifade etmişlerdir. Çalışmada, nitrifikasyon inhibitör ve polisakkarit enzim preparat uygulamalarının hiçbirisinin toprak karbonhidratını düşürmediği her ikisinin de hidrolik kondüktiviteyi C:N oranına bağlı olarak %280-290 arasında artırdığı vurgulanmıştır.

Sort and Alcañiz (1999), 28 ay boyunca atıksu ile sulanan topraklardaki porozite değişimini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda toprak mikro porozitesinin (<50 µm) ve makro porozitesinin (>50 µm) arttığını saptamışlardır. Ancak bu değişimin geçici olduğunu, çünkü atıksu uygulamasından bir yıl sonra kontrol parseli ile deneme parseli arasında porozite ile ilgili önemli bir farklılığın olmadığını belirlemişlerdir.

Zulu *et al.* (1996), atıksuların Paddy topraklara olan etkisini incelemek amacıyla bir takım saha ve simülasyon çalışmaları yürütmüşlerdir. Çalışma sonucu atıksuların Paddy topraklarda kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Cao and Hu (2000), atıksular ile sulanan Paddy topraklardaki Cu<sup>2+</sup> birikimini



incelemişlerdir. Çalışmada atıksu ile sulanan topraklardaki bakır birikiminin 17.0 mg Cu/kg'dan 101.2 mg Cu/kg'a çıktığını ve bu birikimin özellikle toprağın 0-10 cm'lik derinliğinde olduğunu ortaya koymuşlardır. Bununla birlikte, çeltik bitkisinin  $Cu^{2+}$  birikiminin atıksuyun  $Cu^{2+}$  içeriği ile ilişkili olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca atıksudan dolayı kaynaklanan  $Cu^{2+}$  birikiminin çeltik verimini %18-25 civarında düşürdüğünü belirtmişlerdir.

Magesan *et al.* (1999), farklı yükleme değerlerinde atıksu ile sulanan topraklardaki hidrolik kondüktivite değişimini laboratuvar ve tarla denemeleriyle incelemişlerdir. Tarla denemelerinde 7 yıl süreyle kumlu topraklara uygulanan ikinci kademe arıtma işleminden geçirilmiş atıksuların topraktaki karbonhidratı artırdığını buna karşılık mikrobiyal karbonu veya doymamış hidrolik kondüktiviteyi etkilemediğini, 5 yıl süreyle Allofan topraklara uygulanan üçüncü kademe arıtma işleminden geçirilmiş atıksuların ise toprak özelliklerinde önemli bir değişim yapmadığını vurgulamışlardır. Değişik C:N oranlarına sahip atıksuların toprak özelliklerine olan etkilerini 14 hafta süreyle Allofan topraklarda laboratuvar denemeleriyle incelemişlerdir. Yüksek C:N oranına sahip atıksular ile sulanan topraklarda doymamış hidrolik kondüktivitenin önemli derecede düştüğünü ayrıca toprağın karbonhidrat içeriğinin, mikrobiyal salgı üretiminin ve havalanmasının arttığını saptamışlardır.

Sadeh and Ravina (2000), yoğun tuz konsantrasyonu içeren atıksu uygulamaları ile bitki verimi arasındaki ilişkiyi simülasyon yöntemiyle irdelemişlerdir. Araştırma sonucunda, tuz içeriği yüksek atıksular ile sulanan alanlarda toprak tuzluluğunun arttığını ve bu uygulamanın kışlık buğday bitkisinde verim düşüşüne neden olduğunu saptamışlardır.

Baier and Fryer (1973), sulama suyu kaynağı olarak sadece atıksuyu kullanan çiftçinin gübre uygulama zamanı üzerindeki kontrolünü kaybedeceğini ve bunun sonucu olarak toprakta daha fazla azot birikeceğini ifade etmişlerdir. Bazı durumlarda, özellikle bitki çok yıllıksa, bitkiye herhangi bir kaynaktan çok fazla seviyede azot uygulanmasının pazarlanabilir ürün verimini her zaman olmamakla birlikte azaltabileceğini, etkili olgunlaşma tarihini geciktirebileceğini ve meyve büyüklüğünü küçültebileceğini vurgulamışlardır.

## 2.1. Sulama Sularının Özellikleri ve Sınıflandırılması

Yüksek sıcaklık ve düşük bağıl neme sahip kurak bölgelerde toprak suyunun buharlaşma hızı yüksek olmaktadır. Bu durum sulamaya bağlı olarak toprak profilinde tuz birikimine neden olacağından sulama suyu kalitesi oldukça önemlidir. Tanecik ayrışması, agregat stabilitesi, toprak yapısı ve permeabilitesi gibi toprağın fiziksel özellikleri sulama suyunun içerisinde bulunan değişebilir iyonların yapısına oldukça bağlıdır (Pescod 1992).

Suyun sulamaya uygunluğu, içerdiği katı parçacıklar ve erimiş madde miktarlarına göre kararlaştırılır. Çünkü uygun bir şekilde drene edilen arazilerde sulama suyu niteliği, doğrudan toprağın niteliklerini etkiler (Kanber 1999).

Suyun içerdiği katı parçacıklar içerisinde toprak parçacıkları, tohumlar, yaprak ve diğer kalıntılar girer. Suyun içerdiği sediment miktarı, toprak bünyesine bağlı olarak değişik etkiler gösterebilir. Özellikle hafif bünyeli topraklarda su tutma kapasitesi sediment miktarına bağlı olarak artış göstermesine karşın, ağır bünyeli topraklarda geçirgenliği azaltır ve arazinin verim potansiyelini düşürür.

Sulama suyundaki çözünmüş madde miktarı, iyonların toplam konsantrasyonları olarak tanımlanır ve mevcut iyonların miktar ve türlerine göre değişir. Çözünmüş madde konsantrasyonu yüksek olan suların sulamada kullanılması tarımsal üretimi önemli ölçüde azaltır. Yüksek düzeydeki sodyum miktarı, toprak agregatlarını disperse ederek yapının bozulmasına neden olur; su ve havanın toprak içerisine girmesini ve hareketini sınırlar. Ayrıca sodyum, klor, bor ve diğer iyonlar sulama suyunda belli oranda bulduklarında çoğu bitkide toksik etki gösterirler (Kanber vd 1992). Sulama suyunun değerlendirilmesinde kullanılan parametreler çizelge 2.1'de verilmiştir (Pescod 1992, Kanber 1999).

Çizelge 2.1. Sulama suyunun değerlendirilmesinde kullanılan parametreler

Parametreler	Sembol	Birim
<b>Fiziksel</b>		
- Toplam çözünmüş katı madde	TDS	mg/l
- Elektriki iletkenlik	EC	dS/m <sup>1</sup>
- Sıcaklık	T	°C
- Renk/Bulanıklılık		NTU/JTU <sup>2</sup>
- Sertlik		mg eq. veya CaCO <sub>3</sub> /l
- Sediment		g/l
<b>Kimyasal</b>		
- Asitlik-Alkalilik	pH	
- Katyonlar		
Kalsiyum	Ca <sup>2+</sup>	me/l <sup>3</sup>
Magnezyum	Mg <sup>2+</sup>	me/l
Sodyum	Na <sup>+</sup>	me/l
Potasyum	K <sup>+</sup>	mg/l <sup>4</sup>
- Anyonlar		
Bikarbonat	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	me/l
Sülfat	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	me/l
Klor	Cl <sup>-</sup>	me/l
Karbonat	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	me/l
Nitrat-Azot	NO <sub>3</sub> -N	mg/l
- Sodyum zararı		
Sodyum adsorbsiyon oranı	SAR	
Düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı	SAR <sub>adj</sub>	
Düzeltilen düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı	adj. R <sub>Na</sub>	
- Bor	B	mg/l
- İz elementleri		mg/l
- Ağır metaller		mg/l
- Fosfat-Fosfor	PO <sub>4</sub> -P	mg/l

<sup>1</sup> dS/m : deciSiemens/metre

<sup>2</sup> NTU/JTU : Nephelometrik Bulanıklılık Birimi/Jackson Bulanıklılık Birimi

<sup>3</sup> me/l : miliekivalan/litre

<sup>4</sup> mg/l : miligram/litre = ppm ≈ 640xEC (dS/m)

### 2.1.1. Toplam Tuz Konsantrasyonu

Sulama sularının tuzluluğu, çözünmüş haldeki iyonize tuzların toplamları olarak tanımlanır. Toplam tuz konsantrasyonu en önemli sulama suyu parametrelerinden birisidir. Toprak suyunun tuzluluğu sulama suyunun tuzluluğu esas alınarak belirlenir.

Sulama suyunun içerisinde bulunan çözülmüş madde miktarı bitki gelişmesini, ürün miktarını ve kalitesini etkiler. Bununla birlikte toprak tuzluluğu da sulama suyunun tuzluluğu ile ilişkilidir (Pescod 1992, Okuroğlu ve Yağanoğlu 1998).

Tuzluluğun en temel etkisi, bitki için suyun elverişliliğini sınırlamasıdır. Sulama suyunda tuzun bulunması, topraktan suyun alınması için gerekli olan enerjiyi artırdığı gibi tarımsal üretimi düşürür (Kanber 1999).

Sulama sularının tuzluluğu çoğunlukla elektriksel iletkenlik (EC) kavramı kullanılarak açıklanır. Elektriksel iletkenlik, sulama suyunun içerisinde bulunan katyonların veya anyonların toplamıdır. Elektriksel iletkenlik, değişik iklim koşulları altında ölçülen değerleri birbirleriyle karşılaştırmak için standart sıcaklık kabul edilen 25°C'da ifade edilir (Pescod 1992).

Sulama sularının izin verilebilecek maksimum tuz konsantrasyonu bitkilerin tuza olan dayanımları esas alınarak belirlenir. Ayrıca tarımsal sulamada kullanılacak suların maksimum tuz içeriğinin belirlenmesinde toprağın yıkama suyu gereksinimi de göz önüne alınmalıdır. Bu kısıtlamalar doğrultusunda sulama sularının maksimum tuz konsantrasyonunun belirlenmesinde tek bir sınıftan söz edilemez. Bunun yerine suların uygunluğu için genel bir sınıflama vardır (Bouwer and Idelovitch 1987).

### **2.1.2. Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR)**

Sulama suyu ve toprakta bulunan değişebilir sodyumun yüksek konsantrasyonları, toprak fiziko-kimyasal özelliklerinin, özellikle toprak yapısının bozulmasına ve hidrolik iletkenliğin düşmesine neden olur. Toprağın katyon değiştirme kapasitesinin (KDK) büyük bir bölümü  $Ca^{2+}$  ve  $Mg^{2+}$  tarafından kaplandığı zaman; bu durum topraklara granüle bir yapı kazandırır, sürüm kolaylığı sağlar ve hava ve su geçirgenliğini artırır. Buna karşın, ESP'nin artması, SAR oranını yükseltir ve bağlar sodyum tarafından doldurulur. Bunun sonucu olarak toprak disperse olur, hidrolik iletkenlik düşer ve toprağın işlenmesi güçleşir.

Toprakların ve sulama sularının değişebilir sodyum durumlarının değerlendirilmesinde sodyum adsorbsiyon oranı (SAR), düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı ( $SAR_{adj}$ ) ve düzeltilen düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı ( $adj. R_{Na}$ ) kullanılır (Kanber vd 1992, Pescod 1992, Ayers and Westcot 1994, Kanber 1999).

### **2.1.3. Toksik İyonlar**

Eşik düzeyinden fazla miktarda iyon içeren sulama suları bitkilerde toksik etki meydana getirebilir. Toksik etki yetersiz büyüme, ürün düşüşü, morfoloji değişimi ve hatta bitkinin ölümü olarak kendisini gösterebilir. Bitkinin iyonlardan etkilenme derecesi bitkinin cinsine, bitkinin gelişme devresine, toksik iyonların konsantrasyonuna, iklim ve toprak koşullarına bağlıdır (Pescod 1992).

### **2.1.4. İz Elementleri ve Ağır Metaller**

İz elementleri doğal sulama sularında çok az miktarlarda bulunurlar ve genellikle ihmal edilirler. Ağır metaller, iz elementlerinin özel bir çeşidi olup bitkiler tarafından bünyelerine alındıkları zaman bitkilere ölümcül hasar verirler (Pescod 1992).

### **2.1.5. pH**

pH suyun asitlik veya alkalilik durumunun bir göstergesi olup sulama sularında bazı durumlarda problemler ortaya çıkarır. Doğal olarak sulama sularının pH değerleri 6.50-8.40 arasında değişmektedir (Ayers and Westcot 1994).

## 2.2. Atıksuların Nitelikleri

Tarımsal sulamada kullanılacak atıksu aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır (Bouwer and Idelovitch 1987).

- Bitkiler üzerinde ters etki yapmamalıdır.
- Toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini ters yönde etkilememelidir.
- Tarımsal üretimin çeşitli aşamalarında yer alan kişilerin sağlığını etkilememelidir.
- Hem üreticiler hem de toplum tarafından kabul edilmelidir.

Sulama amaçlı kullanılacak atıksuların değerlendirilmesinde kullanılan parametreler toplam tuz konsantrasyonu, SAR, azot, fosfor, klor, bikarbonat, iz elementleri, katı parçacıklar, asitlik ve alkalilik, çözülmüş organik maddeler, pestisitler, polinükleer aromatik karbonlar, deterjanlar, fenoller ve patojenlerdir (Bouwer and Idelovitch 1987).

Bu parametrelere ilişkin sınır değerler belirlenirken doğal sulama suyu sınıflamaları esas alınır (Ayers and Tanji 1981, Bouwer and Idelovitch 1987).

## 2.3. Atıksuların Sulama Amaçlı Kullanımı ve Kalite Standartları

Atıksuların sulama amaçlı kullanımında dikkat edilmesi gerekli faktörler ürün kalite ve miktarı yönetimi, toprak verimliliği ve çevredir. Sulama amaçlı kullanılacak atıksuyun niceliği ve niteliği planlama açısından büyük önem taşımaktadır. Çizelge 2.2'de sulama amaçlı kullanılacak atıksuların bilinmesi gereken nicelikleri ve nitelikleri verilmiştir (Pescod 1992)

**Çizelge 2.2. Sulama amaçlı kullanılacak atıksuların nicelikleri ve nitelikleri**

<b>Parametreler</b>	<b>Yönetim</b>
<b>Atıksuyun niceliği</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bitki büyüme devresinde kullanılabilir atıksu miktarı</li> <li>- Yıl boyunca kullanılabilir atıksu miktarı</li> <li>- Atıksuyun debisi</li> <li>- İletim şekli; sürekli, kesik veya isteğe bağlı</li> <li>- Araziye uygulanma şekli</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sulanabilecek toplam arazi miktarı</li> <li>Bitki yetiştirilmeyen dönemlerde atıksuyun depo edilmesi</li> <li>Herhangi bir anda sulanabilecek arazi miktarı; sulama yönteminin, arazinin ve ekipmanların planı</li> <li>Arazinin ve ekipmanların planlanması, sulama yönteminin ve sulama zamanının belirlenmesi</li> <li>Sulama suyunun araziye getirilmesi için gerekli olan ekipmanlar</li> </ul>
<b>Atıksuyun niteliği</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Atıksuyun toplam çözülmüş madde miktarı veya elektriki iletkenliği</li> <li>- Katyonların konsantrasyonu</li> <li>- Toksik iyonların konsantrasyonu</li> <li>- İz elementlerinin konsantrasyonu</li> <li>- Besin elementlerinin konsantrasyonu</li> <li>- Askıdaki katı madde miktarı</li> <li>- Nematod ve koliform düzeyi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bitki, sulama yöntemi, yıkama ve diğer arazi yönetim şekillerinin seçilmesi</li> <li>SAR'ın belirlenmesi</li> <li>Toksik iyonların belirlenip önlemlerin alınması</li> <li>İz elementlerinin belirlenip önlemlerin alınması</li> <li>Gübre uygulama dozajını belirleyip aşırı gübrelemenin önüne geçmek ve bitkiyi seçmek</li> <li>Tıkanma problemlerini önlemek amacıyla uygun sulama yöntemini seçmek</li> <li>Uygun bitki ve sulama yöntemini seçmek</li> </ul>

Atıksuların sulama amaçlı kullanımında kısıtsız ve kısıtlı olmak üzere iki yöntemden yararlanılmaktadır (Bouwer and Idelovitch 1987, Shuval 1990, Bouwer 1992, Bouwer 1993). Kısıtlı sulama yaklaşımı daha çok belirli alanlarda ve belirli bitkilere düşük kalitede sulama suyunun kullanımını ifade etmektedir. Kısıtlı sulama uygulamaları, sadece kültürü yapılan bitkilerle ilişkili olmayıp, aynı zamanda su uygulanacak toprağın yapısına, sulanan alanın su kaynağı ile ilişkisine, sulama ve hasat yöntemlerine, uygulanacak gübrenin konsantrasyon ve miktarına, sulanan alanların yerleşim merkezlerine, ulaşım ağlarına ve kentsel su gereksiniminin karşılandığı şebekelere uzaklığına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Bouwer and Idelovitch 1987).



Kısıtlı sulama uygulamaları daha basit ve düşük arıtma masraflı olmalarına karşın yalnızca sulanacak alanın yapısının iyi bilindiği, bitki deseninin iyi seçildiği ve çoğunlukla değişmediği alanlarda az miktarlarda kullanılabilir. Büyük alanların kısıtlı sulaması teknik olarak olasıdır ancak sistem büyüdükçe problemler ortaya çıkmaktadır (Bouwer and Idelovitch 1987).

Kısıtsız sulama yaklaşımı, bitkilerde, topraklarda, hayvanlarda, tarımsal üretimin çeşitli aşamalarında çalışanlarda ve tüketicilerde herhangi bir yan etki göstermeyen yüksek kalitedeki sulama suyunun tüm bitki çeşitlerinde ve toprak yapılarında sulama suyu olarak kullanımını ifade etmektedir (Bouwer and Idelovitch 1987, Shuval 1990, Bouwer 1992, Bouwer 1993).

Tarımsal ürünlerin sulanması için mevcut olan su kalite standartları aynı zamanda atıksular ile yapılacak olan sulamalar için de geçerlidir (Bouwer and Idelovitch 1987). Bununla birlikte, atıksuyun içeriğinde temiz suların içerisinde bulunmayan birtakım ek bileşenler vardır. Bu bileşikler için ayrıca yeni standartların geliştirilmesi gereklidir. Atıksuların tarımsal sulama amaçlı kullanımı için mevcut olan standartların çoğu sağlık kuruluşları tarafından sadece atıkların toplum sağlığı üzerine olan etkileri göz önüne alınarak geliştirilmiştir. Bu standartlarda tarımsal etkiler ile ilişkili bitki, toprak veya estetik açılar göz önüne alınmamıştır.

Atıksuların kısıtsız sulama uygulamalarında kullanılması amacıyla günümüzde iki adet su kalite standardı mevcuttur. Birinci standart gelişmiş ülkelerce uygulanabilecek teknik ve ekonomik açıdan ileri teknoloji ile arıtma işlemini gerçekleştirebilecek standart, ikinci standart ise yüksek arıtma maliyeti sonucu arıtma işlemini gerçekleştiremeyecek bunun sonucu olarak atıksuyun hiçbir arıtma işlemi görmeden kullanılabilmesi gelişmekte olan ülkeler için geliştirilmiştir. Kaliforniya Atıksu Kullanım Standardında yapılan bazı değişiklikler ile gelişmiş ülkeler için mevcut olan standart ortaya çıkartılmıştır (Bouwer and Idelovitch 1987, Shuval 1990, Bouwer 1992). Bu standarda göre arıtma işleminden geçirilmiş atıksuların içerisinde patojen organizmalar bulunmaz ve düşük bulanıklığa sahiptir. Kaliforniya Atıksu Kullanım Standardı çizelge 2.3'te verilmiştir (Shuval 1990). Gelişmekte olan ülkelerde geçerli olan standart Dünya Sağlık



Örgütü (1987) tarafından hazırlanmıştır. Sulamada atıksuyun kullanımı için Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından önerilen kullanma koşulları çizelge 2.4'te verilmiştir (Kanber vd 1992, Kumbur ve Gündoğdu 1998).

**Çizelge 2.3. Kaliforniya atıksu kullanım standardı**

	Meyve Bahçesi ve Bağ	Yem ve Lif Bitkileri	İşleme tabi tutulan bitkiler	Çiğ tüketilen bitkiler
<b>Birinci Kademe Arıtma</b>	Yağmurlama sulamada kullanılmaz	Yüzey veya yağmurlama sulama	Yüzey sulama yapılan bitkiler <sup>1</sup>	
<b>İkinci Kademe Arıtma ve Dezenfeksiyon</b>			Yağmurlama sulama yapılan bitkiler <sup>1</sup>	Yüzey sulama yapılan bitkiler
<b>İkinci Kademe Arıtma, Dezenfeksiyon ve Süzme</b>				Yağmurlama sulama yapılan bitkiler <sup>1</sup>
<b>Kolibasili (adet/100 ml)<sup>1</sup></b>	-	-	2.2	23

**Çizelge 2.4. Atıksuyun kullanımı için dünya sağlık örgütü (WHO) tarafından önerilen kullanma koşulları**

	Sulama			Rekreasyon	
	Doğrudan Yenmeyen Bitkiler	Pişirilerek Yenen Balık Kùltürleri	Çiğ Yenenler	Bağlantısız	Bağlantılı
<b>Sağlık Ölçütü</b>	1+4	2+4 veya 3+4	3+4	2	3+5
<b>Birinci Arıtma</b>	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
<b>İkinci Arıtma</b>		XXX	XXX	XXX	XXX
<b>Kum Filtrasyonu veya Dengi Bir Temizleme Yöntemi</b>		X	X		XXX
<b>Dezenfeksiyon</b>		X	XXX	X	XXX

- (1) Katı materyalden temizleme; parazit yumurtalarından arındırma önemli
  - (2) Birinci maddeye ek olarak bakterilerin giderilmesi önemli
  - (3) Örneklerin %80'inde koliform bakterisi 100 adet/100 ml'yi geçmemelidir
  - (4) Balık veya bitkilerde istenmeyen kalıntılara neden olan kimyasal madde olmayacak
  - (5) Mukoza zarı ve derinin yıkanmasını gerektirecek kimyasallar olmayacak
- XXX: Mutlaka gerekli    XX: Gerekli    X: Bazen gerekli  
- Rekreasyon alanları için önerilen ölçütler, sulama sırasında atıksu ile temas eden sulamacılar tarafından da kabul edilebilir olmalı.

#### 2.4. Su Kaynaklarının Kirlenmesi

Su, canlıların hayatlarını devam ettirebilmeleri için en önemli maddelerden birisidir. İnsanların ihtiyacı için gerekli olan su, kaynaklardan temin edilir ve kullanıldıktan sonra yüzey sularına veya yeraltına geri verilir. Ancak kullanılan bu suların hiçbir arıtma işlemine tabi tutulmadan doğrudan yüzey sularına verilmesi, bunların kirlenmesine sebep olmaktadır.

Su kirlenmesinin ana kaynakları; evlerden gelen kullanılmış sular ile sanayi kuruluşları tarafından su yataklarına verilen sıvı artıklardır. Bunların dışında, hidrolojik havzadaki tarım sahalarından taşınan azot ve fosfor bileşikleri bakımından zengin sulama suyu sızıntıları, erozyon toprakları taşıyan yağış suları, gemi sökülme yerleri, sahil doldurmaları ve katı atık boşaltılması gibi kirlenme kaynakları sayılabilir (Karpuzcu 1988). Eroğlu vd (2000), kirlenme kaynakları dört sınıfta toplamışlardır.

- Evsel atıksular,
- Sanayi atıkları,
- Zirai menşeli kirlenme kaynakları ve
- Tabii kirlenme kaynakları'dır.

Eroğlu vd (2000), kirlenme kaynaklarının alıcı ortamda fiziksel, kimyasal, biyolojik, radyoaktif ve termal kirlenmelere sebep olduklarını belirtmişlerdir.

Fiziksel kirlenme, atıksularda bulunan çeşitli maddelerden kaynaklanan renk, istenmeyen kötü tat, koku ve bulanıklık gibi nedenlerle olan değişiklikleri, kimyasal kirlenme, bilhassa sanayi atıksularının dökülmesinden kaynaklanan organik ve inorganik maddelerin, tuzların, deterjanların ve pestisitlerin neden oldukları kirlenmeyi, biyolojik kirlenme, sularda hastalık yapıcı çeşitli organizmalardan kaynaklanan kirlenmeyi, radyoaktif kirlenme, çeşitli radyoaktif maddelere ait cevherlerin yeraltından çıkarılması ve işlenmesi, nükleer santrallerde gerekli tedbirlerin alınmaması ve nükleer silah denemesi gibi sebeplerden oluşan kirlenmeyi ve termal kirlenmede, ısı santralleri ve bazı sanayi kollarının soğutma sularının yüzey sularına verilmesinden ileri gelen kirlenmeyi kapsamaktadır.

## 2.5. Atıksuların Özellikleri

İncelen sulama suyu atıksu özelliğine sahip olduğunda bu kısımda atıksuların özellikleri hakkında bilgi verilecektir.

Evsel atıksuların %99.9'u temiz su olup kirleticiler sadece %0.1 oranında bulunan asılı ve çözülmüş organik ve inorganik maddelerdir (Pescod 1992). Buna karşın endüstriyel atıksular ağır kirleticilerle yüklü olup temiz su için fazla bir potansiyel vaat etmezler (Kılınç 1998).

Tünay ve Meriç (2000), atıksu özelliklerinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler ile tanımlandığını belirtmişlerdir. Çizelge 2.5'te evsel atıksuların niteliği (Anonymous 1985b, Tchobanoglous and Burton 1991), çizelge 2.6'da da atıksuların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile bunların kaynakları verilmiştir.

**Çizelge 2.5.** Evsel atıksuların niteliği

Öğeler	Konsantrasyon, mg/l		
	Kuvvetli	Orta	Zayıf
Katı Madde	1200	700	350
Toplam çözülmüş katı madde (TDS)	850	500	250
Askıda katı madde (SS)	350	200	100
Azot (N olarak)	85	40	20
Fosfor (P olarak)	20	10	6
Klorür	100	50	30
Alkalilik (CaCO <sub>3</sub> olarak)	200	100	50
Yağ	150	100	50
BOİ <sub>5</sub> (Biyokimyasal oksijen ihtiyacı)	300	200	100

**Çizelge 2.6.** Atıksuların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile bunların kaynakları

<b>Özellik</b>	<b>Kaynaklar</b>
<b>Fiziksel Parametreler</b> - Renk - Koku - Katı Maddeler - Sıcaklık	Evsel ve endüstriyel atıklar, organik maddelerin doğal ayrışımı Atıksuların ayrışması, endüstriyel atıklar Evsel ve endüstriyel atıklar, toprak erozyonu, yüzey akış/infiltrasyon Evsel ve endüstriyel atıklar
<b>Kimyasal Parametreler</b> <b>Organik Parametreler</b> - Karbonhidratlar - Yağlar - Pestisitler - Fenoller - Proteinler - Birincil Kirleticiler - Yüzey Aktif Maddeler - Uçucu Organik Bileşikler - Diğerleri <b>İnorganik Parametreler</b> - Alkalilik - Klorür - Ağır Metaller - Azot - pH - Fosfor - Birincil Kirleticiler - Kükürt <b>Gazlar</b> - Hidrojen sülfür - Metan - Oksijen	Evsel, ticari ve endüstriyel atıklar Evsel, ticari ve endüstriyel atıklar Zirai atıklar Endüstriyel atıklar Evsel, ticari ve endüstriyel atıklar Evsel, ticari ve endüstriyel atıklar Evsel, ticari ve endüstriyel atıklar Evsel, ticari ve endüstriyel atıklar Evsel, ticari ve endüstriyel atıklar Organik maddelerin doğal ayrışımı Evsel atıklar, yer altı infiltrasyonu Evsel atıklar, yer altı infiltrasyonu Endüstriyel atıklar Evsel ve zirai atıklar Evsel, ticari ve endüstriyel atıklar Evsel, ticari ve endüstriyel atıklar; yüzey akış Evsel, ticari ve endüstriyel atıklar Evsel, ticari ve endüstriyel atıklar Endüstriyel atıkların ayrışması Endüstriyel atıkların ayrışması İnfiltrasyon
<b>Biyolojik Parametreler</b> - Hayvanlar - Bitkiler - Tek hücreliler (Bakteriler ve Virüsler)	Açık su yatakları ve işleme tesisleri Açık su yatakları ve işleme tesisleri Evsel atıklar, yüzey akış, işleme tesisleri

### 2.5.1. Fiziksel Parametreler

Atıksuların en önemli fiziksel parametresi asılı, çökelmiş, kolloidal ve solüsyondaki maddelerin bileşiminden oluşan toplam katı madde miktarıdır. Diğer önemli fiziksel parametreler koku, sıcaklık, yoğunluk, renk ve bulanıklıktır (Tchobanoglous and

Burton 1991).

Katı maddeler sudaki çözünmüş ve askı halindeki tüm yabancı maddeleri ifade eder. Asılı katı maddeler 0.001 mm'den daha büyük çaplı tanelerden oluşur. Kolloidal maddelerin tane çapları ise,  $10^{-3}$  mm ile  $10^{-6}$  mm arasında bulunur. Daha küçük çaplı taneler çözünmüş madde sınıfına girerler. Katı maddelerin konsantrasyonları ve boyut dağılımları atıksu özellikleri ve arıtımı açısından büyük önem taşır. Asılı katı maddeler evsel ve endüstriyel atıklardan, toprak erozyonundan, yüzey akışından ve infiltrasyondan kaynaklanır (Tchobanoglous and Burton 1991, Muslu 1994, Tünay ve Meriç 2000).

Sulama sularında bulunacak katı maddeler, kum ve kumlu tın topraklarda genellikle bir sorun yaratmazlar. Hatta yer yer çakıllı ve kumlu sahaların millendirilerek ıslah edilmesini sağlarlar. Buna karşılık asılı katı maddelerce zengin sulama sularının ince bünyeli topraklarda devamlı olarak kullanılması halinde toprağın su geçirgenliği azalır, kaymak tabakasının oluşumu nedeniyle çimlenme ve toprağın havalanması zorlaşır (Kanber vd 1992).

Koku, insana doğrudan fiziksel bir zarar vermemekle birlikte fizyolojik stres yaratan bu nedenle kişilerde iştah azalmasından bulantıya kadar çeşitli etkileri olan çevrede ise genel rahatsızlığa yol açan bir parametredir. Koku, evsel ve endüstriyel atıklardan ve organik maddelerin doğal ayrışımından kaynaklanır. Atıksuda koku oluşturan başlıca maddeler arasında aminler, amonyak, diaminler, hidrojen sülfür, merkaptanlar ve skatol sayılabilir (Tchobanoglous and Burton 1991, Tünay ve Meriç 2000).

Atıksu sıcaklığı genellikle 10-20°C arasında değişir. Sıcaklık atıksuda cereyan eden kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonların hızı açısından büyük önem taşır. Sıcaklığın başlıca kaynakları termik santrallerin ve çeşitli endüstrilerin ısıma-soğutma suları ile evsel atıklardır (Tchobanoglous and Burton 1991, Tünay ve Meriç 2000). Ayrıca bu sıcaklık yer altı suyunun sıcaklığını artırarak ekolojik dengenin bozulmasına yol açar. Sıcaklıklarının düşük oluşu nedeniyle derin kuyulardan elde edilen suların belirli bir sıcaklık derecesine erişmeden sulamada kullanılması uygun değildir (Kanber vd 1992).

Atıksu rengi atıksuyun tazeliğinin bir göstergesidir. Atıksu bayatladıkça sülfür oluşumu ve metal sülfürlerin çökmesi ile gri renk siyaha doğru döner (Tünay ve Meriç 2000).

Bulanıklık, atık ve doğal suların kolloidal ve asılı madde bakımından kalitesini belirlemek için kullanılır. Genel olarak bulanıklık ile asılı katı madde konsantrasyonu arasında bir ilişki yoktur. Atıksularda kolloidal maddeler ışığı absorbe ederler ve geçirgenliğini önlerler (Tchobanoglous and Burton 1991).

## **2.5.2. Kimyasal Parametreler**

Atıksuların kimyasal parametreleri organik maddeler, inorganik maddeler ve gazlar olmak üzere üç ana başlık altında incelenir.

### **2.5.2.1. Organik Madde**

Oksijen tüketimine yol açan organik maddeler evsel, endüstriyel veya zirai kaynaklı olabilir. Ortalama konsantrasyondaki bir evsel atıksuyun çözülmüş kısmının %40'ı, askıdaki maddelerin de %75'i organik maddelerdir (Tchobanoglous and Burton 1991, Muslu 1994). Organik maddelerin önemli bir kısmı proteinler, karbonhidratlar, yağlar, üre gibi temel biyokimyasal maddelerdir. Kalan küçük yüzdeyi ise çok sayıda ve çok farklı yapılara sahip yüzey aktif maddeler, uçucu organik bileşikler oluşturur (Tünay ve Meriç 2000).

Organik maddece çok zengin atıksuların, drenajı zayıf olan tarımsal alanlarda sık ve bol miktarlarda kullanılması halinde bitki kök bölgesinde oksijen yetmezliği görülebilir. Aşırı bakteri faaliyeti sonucu oluşan oksijen azlığı nedeniyle demir ve manganez gibi elementlerde redüksiyona uğrayarak çözümler ve toksik etkisi çok fazla olan iki değerlikli formlara dönüşebilirler (Kanber vd 1992). Ayrıca zirai atıklar yer üstü ve yer altı sulama sularına karışarak sulama suyu kalitesinde değişikliklere neden olabilirler.

### 2.5.2.2. İnorganik Maddeler

İnorganik maddeler evsel, endüstriyel veya zirai kaynaklı olabilir. İnorganik parametreler arasında alkalilik, klorür, ağır metaller, azot, pH, fosfor, birincil kirleticiler ve kükürt sayılabilir. Azot ve fosfor türleri besin elementleri olduğundan dolayı arıtma ve çevre sularında büyük önem taşır. Sülfür de bazı proteinlerin yapı taşı olduğundan biyolojik olarak önemlidir. Ağır metaller (Ni, Cd, Zn, Cu, Fe, Mn, Pb, Hg, Cr) önemli olmakla birlikte yüksek konsantrasyonlarda toksik etki yapar. Ağır metallerin çoğu mikro kirletici grubunda yer alır. Alkalinite, kalsiyum, magnezyum ve sodyum gibi kuvvetli baz kökleri ile birlikte bulunan zayıf asit köklerinden kaynaklanır. Alkalinite, suyun pH değişimlerine karşı direncini sağlar (Tchobanoglous and Burton 1991, Tünay ve Meriç 2000).

Azot bileşikleri nitratın hareketli oluşu nedeniyle, yer altı sularının kirlenmesi bakımından en önemli besin maddesidir. Fosfor bileşikleri toprakta organik ve inorganik formda bulunurlar. Bunların çoğu toprakta fikse edilmişlerdir. Toprağa gübre olarak eklenen fosfor bileşikleri veya organik madde ayrışması sonucu oluşan fosfor bileşikleri, hızla erimeyen formlara dönüşerek toprakta bağlanırlar. Dolayısıyla suların fosfor bileşikleri tarafından kirlenmesi, ancak bu bileşiklerin erozyon sonucu taşınarak sulara karışması sonucu meydana gelebilir. Potasyum toprağa  $K_2SO_4$  ve KCl formunda uygulandığından dolayı taban suyunda bir sorun yaratmaz. Çünkü potasyumun toprakta adsorpsiyonu ve değişebilme oranı yüksektir. İz elementi sulama suyu ile toprağa verildiğinde, toprağın bünyesine, kil miktarına ve tipine ve organik madde miktarına bağlı olarak genellikle tutulur ve toksik etki göstermez. Ancak iz elementlerinin sulama suyu ile toprağa devamlı verilmesi halinde toprakta denge koşulları oluşur ve sulama suyundaki iz elementi konsantrasyonu ile toprağı terk eden drenaj suyu konsantrasyonu arasındaki fark azalır (Kanber vd 1992).

### 2.5.2.3. Gazlar

Atıksularda bulunan gazların başlıca kaynakları endüstriyel atıklardır. Atıksularda

bulunan başlıca gazlar azot, oksijen, karbon dioksit, hidrojen sülfür, amonyak ve metan'dır. Azot, oksijen ve karbon dioksit atmosferde bulunan gazlardır ve bunlar havaya maruz her suda bulunurlar. Hidrojen sülfür, amonyak ve metan atıksuyun içeriğinde bulunan organik maddelerin ayrışması sonucu oluşur (Tchobanoglous and Burton 1991).

Çözünmüş oksijen, aerobik mikroorganizmaların solunum yapmaları için gereklidir. Bununla birlikte oksijen suda çok az miktarda çözünür. Hidrojen sülfür, mineral sülfür ve sülfatın indirgenmesi veya sülfür içeren organik maddenin anaerobik ayrışmasıyla oluşur. Anaerobik ayrışmanın en temel ürünü metan gazıdır (Tchobanoglous and Burton 1991).

### **2.5.3. Biyolojik Parametreler**

Atıksularda bulunan başlıca biyolojik parametreler bakteriler, mantarlar, algler, protozoalar ve virüslerdir. Ayrıca biyolojik parametreler arasında atıksulardaki zehirli maddelerin bir göstergesi olan zehirlilikte bulunur (Tünay ve Meriç 2000).

### **2.6. Atıksuların Arıtımı**

Arıtma yöntemleri, suda bulunan yabancı maddeleri uzaklaştırmada kullanılan mekanizmalar açısından, klasik olarak üç grupta incelenebilir (Tchobanoglous and Burton 1991, Soyupak 1997, Eroğlu vd 2000).

- Mekaniksel (Fiziksel) arıtım,
- Kimyasal arıtım ve
- Biyolojik arıtım'dır.

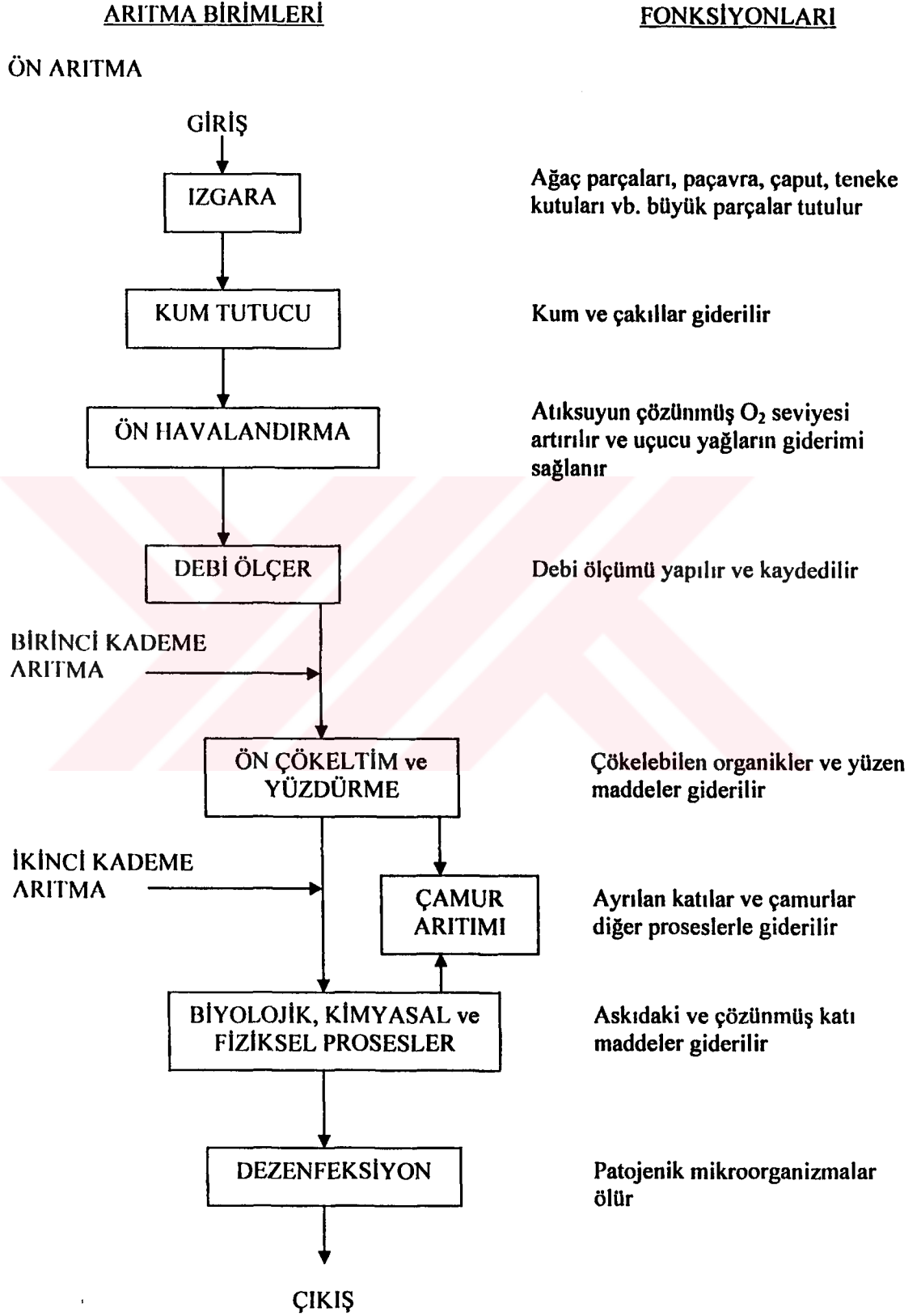
Izgara, kum tutucu, yüzdürme havuzları ve çöktürme mekaniksel (fiziksel) arıtım, kimyasal çöktürme, adsorbsiyon, dezenfeksiyon gibi işlemler kimyasal arıtım ve aktif çamur, damlatmalı filtre ve biyodiskler biyolojik arıtım işlemleridir.



Atıksu arıtma birimleri genel olarak temel işlemler ve temel prosesler olmak üzere iki ana kısımda ele alınabilmektedir. Temel işlemlerde, arıtma veya kirleticilerin giderimi fiziksel faktörlerin yardımıyla sağlanır. Temel proseslerde ise arıtmayı sağlayan etkenler genellikle kimyasal veya biyolojik reaksiyonlardır. Atıksu arıtma tesisi proseslerinin akış diyagramı çizelge 2.7'de verilmiştir (Eroğlu vd 2000).



**Çizelge 2.7. Atıksu arıtma tesisi proseslerinin akış diyagramı**



### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Araştırma Alanı

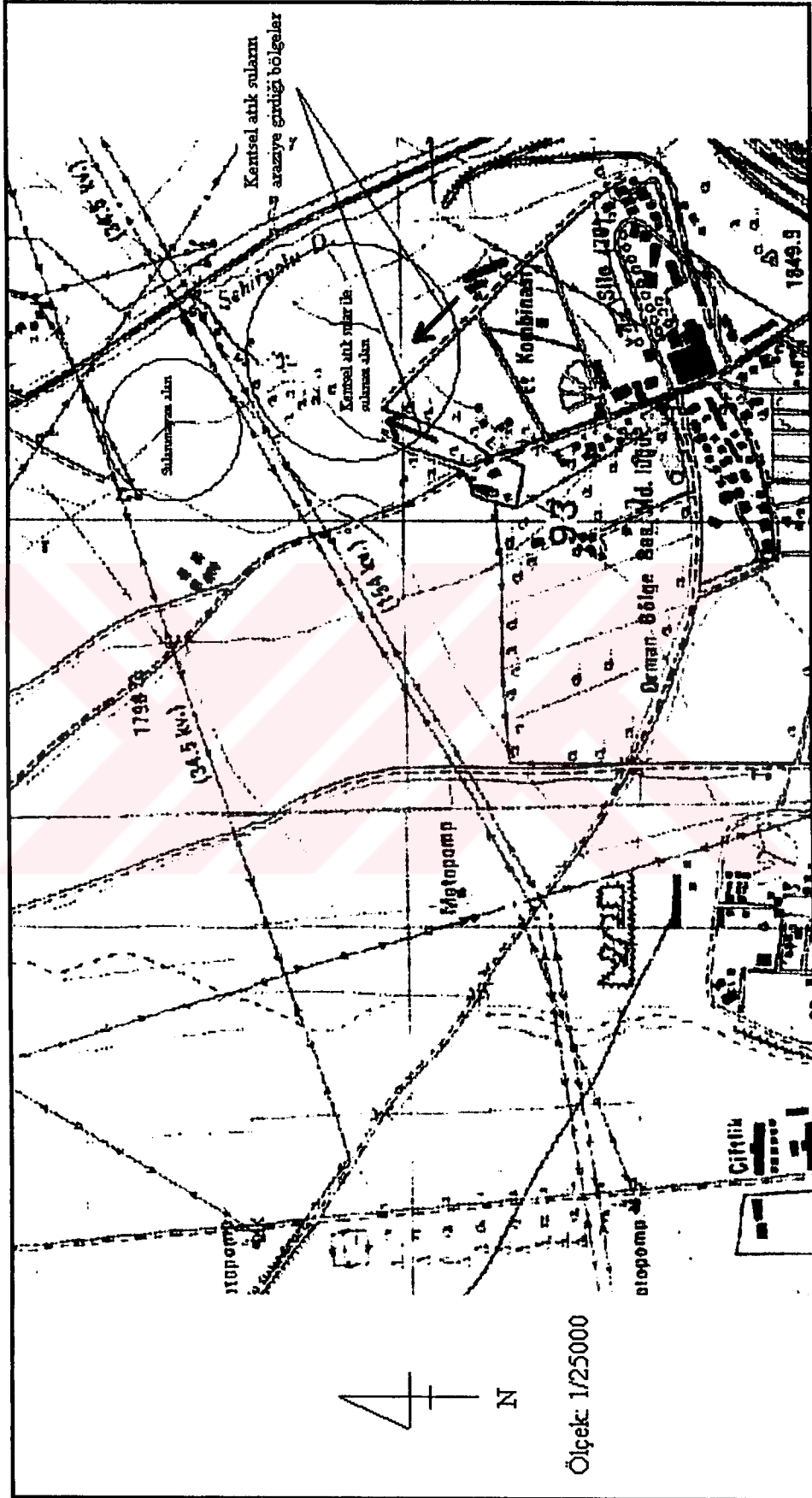
Araştırma alanı 39°55.367'-39°55.604' kuzey, 41°15.103'-41°15.821' doğu, enlem ve boylamlarında yer almakta olup ortalama rakımı 1800 m'dir. Bu alan içerisinde uzun yıllardan beri atıksularla sulanan tarım alanları ile sulanmayan Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftlik arazisi bulunmaktadır (şekil 3.1).

Araştırma alanı Erzurum ovasında yer almakta olup, zonal topraklardan kestane renkli toprak grubu bölgesinde bulunmaktadır. Ova toprakları genel olarak genç topraklar olup, alüviyal ve hidromorfik olarak iki gruba ayrılmaktadır. Ovanın büyük bir kısmını alüviyal topraklar oluşturur. Taban araziye teşkil eden alüviyal topraklar, Karasu nehrinin taşıdığı materyallerin bir ürünüdür ve ince bünyelidir. Bu topraklarda lokal olarak drenaj problemleri görülür. Ovanın güney ve kuzeyindeki dağlara doğru uzanan yanal alüviyal topraklar ise, yan derelerin taşıyıp getirdiği materyalin birikmesi ile meydana gelmiştir. Araştırma alanının da yer aldığı taban araziye teşkil eden alüviyal topraklar bünye yönünden oldukça kaba topraklardır (Baykan 1961).

Araştırma alanının uzun yıllara ilişkin ortalama aylık sıcaklıkları, bağıl nemleri ve toplam yağış miktarları çizelge 3.1'de verilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Araştırma alanının uzun yıllara ilişkin iklim verileri

Meteorolojik Elemanlar	Aylar											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Ort. Sıc. (°C)	-8.7	-7.2	-2.6	5.2	10.7	14.4	19.3	19.5	14.9	8.3	1.4	-5.0
Ort. Bağıl Nem (%)	76	75	74	65	61	56	50	47	50	61	72	76
Ort. Top. Yağ. (mm)	24.7	28.9	35.2	53.3	73.1	52.0	29.2	18.7	25.0	47.5	36.8	22.6



Şekil 3.1. Araştırma alanının topoğrafik haritası ile toprak ve su örneklerinin alındığı alanlar

### **3.1.2. Atıksular**

Araştırmanın yapıldığı alanda sulamada kullanılan atıksuyun kaynağını kentsel atıksular ile yörede yer alan 7 adet et kombinasyonunun deşarj suları oluşturmaktadır. Sulama suyu olarak kullanılan atıksuyun bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait analiz sonuçları araştırma bulguları ve tartışma kısmında verilmiştir.

### **3.2. Yöntem**

Araştırmaya konu olan su ve toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesinde uygulanan yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

#### **3.2.1. Su ve Toprak Örneklerinin Alınması**

Sulama amaçlı kullanılan atıksuyun bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla su örnekleri Mayıs ayı boyunca her 10 günde bir olmak üzere Kanber vd (1992)'nin belirttiği esaslara göre alınmıştır. Araştırmada toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla bozulmuş toprak örnekleri, toprak burgusu ile 0-90 cm profil derinliğinden 30 cm'lik katmanlardan Petersen and Calvin (1965)'in belirttiği esaslar göz önüne alınarak rasgele örnekleme esasına göre alınmıştır. Bu amaçla atıksular ile sulanan arazinin 10 ayrı yerinden 3 katmandan olmak üzere 30 adet toprak örneği alınmıştır. Toprak özelliklerini karşılaştırmak amacıyla söz konusu araziye bitişik ve aynı özellikte olan sulanmayan Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftlik arazisinin ise 4 ayrı yerinden 3 katmandan olmak üzere 12 adet toprak örneği alınmıştır. Bu arazinin toprak yapısının homojen olması nedeniyle 4 farklı yerden örnek alınması yeterli görülmüştür. Alınan toprak örnekleri laboratuara getirilerek kurutulmuş ve 2 mm'lik elekten geçirilerek analize hazırlanmıştır.

### 3.2.2. Su Analizleri

Araştırmanın yapıldığı alanda sulamada kullanılan atıksularının fiziksel özelliklerinden elektriki iletkenlik (EC), toplam çözünmüş katı madde (TDS) ve süspanse katı (SS) madde miktarları, kimyasal özelliklerinden ise biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam azot, fosfat, sodyum, kalsiyum, magnezyum, potasyum, bakır, mangan, bikarbonat, karbonat, bor, sülfat ve klor miktarlarının belirlenmesinde uygulanan analiz yöntemleri açıklanmıştır. Çalışmada atıksulardaki kimyasal ve biyolojik kirlenme üzerinde durulmuştur. Erzurum kentsel atıksularının deterjan ve ağır metallerle kirlenmesi söz konusu olmadığından (Tosunoğlu vd 1999) bunların analizi yapılmamıştır.

Su örneklerinin pH'ları ile elektriki iletkenlikleri Anonymous (1985a)'da belirtildiği gibi "Cam Elektrotlu pH metre" ve "Elektriki İletkenlik Aygıtı" ile ölçülmüş ve Ayers and Westcot (1994) tarafından verilen sınıflamaya göre değerlendirilmiştir.

Su örneklerinin toplam çözünmüş katı madde miktarı "TDS metre", süspanse katı miktarı ise porselen kroze içerisine konulan örneklerin fırında sabit ağırlığa gelinceye kadar buharlaştırılması ile saptanmıştır (Anonymous 1985a). Su örneklerinin toplam çözünmüş katı madde miktarı Ayers and Tanji (1981) tarafından verilen sınıflamaya göre değerlendirilmiştir.

**Çizelge 3.2.** Sulama suyu kalite sınıflaması

Sulama Suyu	TDS (mg/l)	EC (dS/m)
İyi	<500	<0.75
Dikkatle kullanılmalı	500-2000	0.75-3.00
Zararlı	>2000	>3.00

Su örneklerinin biyokimyasal oksijen ihtiyacı, taze su örneği üzerinde ve örneğin 20°C'da, 5 günlük inkübasyonundan sonra yapılan oksijen tayini ile saptanmıştır. Kimyasal oksijen ihtiyacı, gümüş sülfatlı sülfürik asit ve HgSO<sub>4</sub> eklenen örneklere potasyum dikromat çözeltisinin ilavesiyle kaynatılan örneklerin tekrar soğutulması ve

üzerine ferroin indikatörün eklenmesi ve demir-II amonyum sülfat ile titre edilmesi sonucu belirlenmiştir (Anonymous 1985a).

Su örneklerinin toplam azot tayini standart kit "WTW 14537" ile fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ ) tayini ise "Vanadomolibdo fosforik asit kolorimetrik" yöntemi kullanılarak saptanmıştır (Anonymous 1985a).

Su örneklerinin içerisinde bulunan  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  ve  $\text{Fe}^{2+}$  "Anonymous 1985a"da belirtildiği gibi atomik adsorbsiyon spektrofotometresinde okunmak suretiyle belirlenmiştir.

Su örneklerinin karbonat tayini fenol fitalen ilave edilen örneklerin 0.05 N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ile titre edilmesiyle, bikarbonat tayini ise titre edilen bu örneğin üzerine metil oranj eklenmesi ve NaOH ile titre edilmesiyle saptanmıştır (Sezen 1988).

Su örneklerinin bor içeriği, karmin karışımından oluşan kompleksin renk yoğunluğuna dayanılarak 585 nm'de spektrofotometrik olarak belirlenmiştir (Anonymous 1985a).

Su örneklerinin sülfat içeriği, asetik asitli ortamda  $\text{BaCl}_2$  ile çöktürülen sülfat iyonunun meydana getirdiği  $\text{BaSO}_4$  kristallerinin oluşturduğu bulanıklığın spektrofotometrede okunması ile belirlenmiştir (Demircioğlu vd 1995).

Su örneklerinin klor içeriği, Sezen (1988)'in belirttiği esaslara göre örnek üzerine bir damla satüre sodyum bikarbonatın ve birkaç damla potasyum kromatın damlatılması ile 0.05 N gümüş nitrat çözeltisiyle titre edilmesiyle belirlenmiştir.

Su örneklerinin sodyum adsorbsiyon oranı  $\text{SAR} = \text{Na}^+ / \sqrt{\frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{2}}$  formülü ile,

düzeltilen düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı ise  $\text{adj. } R_{\text{Na}} =$

$\text{Na}^+ / \sqrt{\frac{\text{Ca}_x^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{2}}$  formülü ile belirlenmiş ve Ayers and Westcot

sınıflandırma sistemine göre değerlendirilmiştir.

Su örneklerinin sertlik derecesi  $Ca^{2+}+Mg^{2+}$  (me/l) miktarı toplamının 5 ile çarpılması ile belirlenmiştir (Aydın ve Sezen 1995).

### 3.2.3. Toprak Analizleri

Toprak örneklerinin mekanik analizi “Bouyoucus Hidrometre” yöntemi ile (Gee and Hortage 1986), elektriki iletkenlikleri ise saturasyon macunundan sağlanan ekstraktın çözeltilerinde elektriki iletkenlik aygıtı ile belirlenmiştir (Demiralay 1993). Ekstrakttaki tuz yüzdesinin doygunluk yüzdesi ile çarpımının 100’e bölümünden toprak tuz değerleri elde edilmiştir (Demiralay 1993).

Toprakların pH’ları 1:2.5’luk toprak-su süspansiyonunda potansiyometrik olarak “Cam Elektrotlu” pH metre ile (McLean 1982), kireç içerikleri “Scheibler Kalsimetresi” ile volümetrik olarak (Nelson 1982) ve organik madde içerikleri de “Smith-Weldon” yöntemiyle belirlenmiştir (Nelson and Sommer 1982).

Toprakların kation değişim kapasiteleri (KDK), örneklerde sodyum asetatla (1 N, pH=8.2) sodyum adsorbsiyonu sağlandıktan sonra, amonyum asetatla (1 N, pH=7.0) ekstrakte edilen solüsyonlarda “Alev Fotometre”siyle  $Na^+$  okuması yapılarak (Rhoades 1982a), değişebilir kationları da amonyum asetatla (1 N, pH=7.0) çalkalanıp ekstrakte edildikten sonra  $Na^+$  ve  $K^+$ , “Alev Fotometre”sinde okunarak,  $Ca^{2+}+Mg^{2+}$  ise EDTA yöntemiyle titrasyonla tespit edilmiştir (Rhoades 1982b).

Molibdofosforik mavi renk yöntemine göre oluşturulan mavi renkli çözeltinin ışık absorbsiyonu 660 nm dalga boyuna ayarlı spektrofotometrede okunması ile toprakların fosfor içerikleri (Olsen and Sommers 1982), DTPA yöntemine göre ekstrakte edilen süzüklerde atomik adsorbsiyon spektrofotometresinde okuma yapmak sureti ile de bitki tarafından alınabilir mikro elementler ( $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ) belirlenmiştir (Lindsay and Norwell 1969).



Toprak örneklerinin azot içeriği sülfürik asit+tuz karışımı ile yaş yakmaya tabi tutulduktan sonra "Mikrokheldahl" yöntemiyle belirlenmiştir (Bremner and Mulvaney 1982).

Toprağın sıcak su ile ekstraktında  $H_3BO_3$  ile karmin karışımından oluşan kompleksin renk yoğunluğuna dayanılarak bor miktarı 585 nm'de spektrofotometrik olarak belirlenmiştir (Kacar 1994).

#### **3.2.4. İstatistik Analizler**

İstatistik analizler ve çoklu karşılaştırma (LSD) testleri SPSS paket programı yardımıyla yapılmıştır (Anonymous 2002).

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

##### 4.1. Sulamada Kullanılan Atıksuların Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Sulama suyu olarak kullanılan atıksuyun bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait analiz sonuçları çizelge 4.1’de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Sulamada kullanılan atıksuyun özellikleri

Parametre	Birimi	Analiz Sonuçları
pH	1-14	8.26
ECx10 <sup>3</sup>	dS/m	1.73
TDS	mg/l	1402
SS	mg/l	102
Fransız Sertlik Derecesi	mg CaCO <sub>3</sub>	32.50
BOİ	mg/l	825
KOİ	mg/l	1502
SAR	-	5.34
adj. R <sub>Na</sub>	-	6.71
Toplam Azot	mg/l	57.00
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> P	mg/l	3.00
Na <sup>+</sup>	me/l	9.63
Ca <sup>2+</sup>	me/l	2.75
Mg <sup>2+</sup>	me/l	3.75
K <sup>+</sup>	me/l	1.32
B <sup>3+</sup>	me/l	-
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	me/l	2.00
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	me/l	0.125
Cl <sup>-</sup>	me/l	7.00
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	me/l	1.25
Cu <sup>2+</sup>	mg/l	0.11
Mn <sup>2+</sup>	mg/l	0.11
Zn <sup>2+</sup>	mg/l	0.07
Fe <sup>2+</sup>	mg/l	0.02

EC: Elektriki iletkenlik, TDS: Toplam çözülmüş katı madde, SS: Süspans katı, BOİ: Biyokimyasal oksijen ihtiyacı, KOİ: Kimyasal oksijen ihtiyacı, SAR: Sodyum adsorbsiyon oranı, adj. R<sub>Na</sub>: Düzeltilen düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı

Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi atıksuların analizi sonucunda belirlenen pH değeri ortalama 8.26 çıkmıştır. Sulama sularının optimum pH değerleri yetiştirilecek bitkinin

cinsine, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak değişmekle birlikte genellikle 6.50-8.40 arasında olması istenir (Ayers and Westcot 1994). Söz konusu suda pH açısından bir sorun bulunmamasıyla birlikte kullanımına dikkat edilmeli ve kapalı sistem sulamalarında kullanılmasından kaçınılmalıdır. Nitekim Hills *et al.* (1989), sulama sistemleri açısından yüksek pH değerinin kapalı sistemlerde tıkanmalara neden olduğunu belirtmişlerdir.

Analiz sonucu atıksuların elektriksel iletkenlik değeri ortalama 1.73 dS/m, TDS miktarı ise ortalama 1402 mg/l olarak belirlenmiştir (çizelge 4.1). Söz konusu atıksuyun elektriksel iletkenliği, Ayers and Westcot (1994) sınıflandırma sistemine göre orta tuzlu su (0.70-3.00 dS/m), toplam çözünmüş katı madde miktarı ise Ayers and Tanji (1981) sınıflandırma sistemine göre dikkatlice kullanılan su (500-2000 mg/l) sınıfına girmektedir. Su içerisindeki bütün tuzlar suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirir ve böylece ozmotik basınç oluşturur (Erden 1990). Sulama suyunun kalitesini oluşturan bileşimi toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine çift yönlü etkide bulunmaktadır. Tuzlu suların sulamada kullanılmasının bitki yetiştiriciliği ve sulama sistemleri açısından sakıncaları bulunmaktadır. Bitki yetiştiriciliği açısından ozmotik etki, toksik etki ve bitki besin elementlerinin dengeli alınmasına etki etmektedir (Kanber vd 1992, Ayers and Westcot 1994). Bu suların özellikle kapalı sulama sistemlerinde kullanılmasından kaçınılmalıdır. Nitekim Hills *et al.* (1989), sulama sistemleri açısından bu sınıfa giren suların özellikle damla sulamada damlatıcıların debilerinin azalmasına sebebiyet verdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca söz konusu sınıfa giren sular drenaj sistemine sahip olmayan alanlarda kullanılmamalı, drenaj sistemine sahip hafif ve orta bünyeli topraklarda ise yıkama gereksinimi (LR) hesaplanarak kullanılmalıdır (Kanber vd 1992, Ayers and Westcot 1994). Araştırma alanının drenaj sistemine sahip olmaması ancak toprak tekstürünün kum olması sulama suyunun yıkama gereksiniminin hesaplanarak kullanılmasına olanak vermektedir.

Çizelge 4.1'den görüleceği gibi, atıksuların SS miktarı ortalama 102 mg/l olarak saptanmıştır. Toprak yüzeyinin tıkanması toprakta asılı halde bulunan katı parçacıklardan kaynaklanmaktadır. Kum ve kumlu tın tekstüre sahip topraklar atıksuyun içerisinde bulunan kaba parçacıklardan çok fazla etkilenmezler ancak ince bünyeli

topraklarda katı madde miktarı fazla olan suların devamlı olarak kullanılması toprağı daha fazla etkiler böylece hidrolik kondüktivite değeri düşer (Vinten *et al.* 1983a, 1983b, Kirkham 1986). Hidrolik kondüktivitenin düşüşünün esas nedeni toprak yüzeyinde biriken kaba parçacıklardır. Özellikle düşük hidrolik kondüktiviteye sahip topraklarda bu sorun çok daha fazla önemlidir. Çünkü su uygulama ve infiltrasyon oranının düşmesi yüzey akışa, toprak yüzeyinde göllenmelere, suyun fazla kullanılmasına ve gerekli önlemler alınmazsa erozyona yol açar. Gerek araştırma alanının toprak tekstürü, gerekse de yüzey sulama (karık ve salma yöntemleri) yöntemlerinin kullanılması suda bulunan askıda katı madde miktarından etkilenmemesine yol açmaktadır. Ancak suyun kapalı sistem sulamalarında kullanılması durumunda su bir sorun oluşturabilecek düzeyde askıda katı madde içermektedir. Çünkü askıda katı miktarı fazla olan suların kapalı sistemlerde aşındırıcı etkisi de söz konusudur. Pompalar ve yağmurlama sulama sistemleri kısa zamanda aşınmaya uğrayarak kullanılamaz hale gelirler (Kanber vd 1992). Ayrıca damla sulama sistemlerinde tıkanma etmenlerinin en önemlisini askıda katı maddeler oluşturmaktadır. Nakayama (1982)'nin belirttiğı üzere damla sulama sistemlerinde kullanılacak suların askıda katı madde miktarının <50 mg/l'nin altında olması istenen bir durumdur.

Araştırmada örneklenen atıksuların sertlikleri Fransız sertlik derecesine göre ortalama 32.5 mg CaCO<sub>3</sub>'dir (çizelge 4.1). Söz konusu su sert su sınıfına girmektedir (Aydın ve Sezen 1995). Sularda sertlik, suyun toprakla ve jeolojik formasyonla teması sonucu tuzların doğal birikmesinden veya endüstri atıkları gibi yapay olarak tuzların ilavesinden meydana gelebilir. Sulamalardan dönen drenaj suları da sertliği artırır (Ayyıldız 1990). Kalsiyumun ve magnezyumun fazla bulunduğu sular sert sular olarak adlandırılır. Kalsiyumun sulama sularında fazla bulunması toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkiler. Toprağı kolay işlenebilir, gevrek hale getirir ve infiltrasyon kapasitesini yükseltir (Kanber vd 1992, Ayers and Westcot 1994). Bu sebeple sulamada sert sular tercih edilmelidir (Ayyıldız 1990). Sulamada kullanılan su istenilen sertlik derecesini sağlamaktadır.

Atıksuyun BOİ değerinini ortalama 825 mg/l, KOİ değerinini ise ortalama 1502 mg/l olduğu belirlenmiştir (çizelge 4.1). Biyokimyasal oksijen ihtiyacı yüksek olan suların

sulamada kullanılması durumunda toprak havalanmasının kötü olması ve oksijenin elverişsizliği nedeniyle bitki gelişmesinde zararlı etkiler görülebilir (Ayyıldız 1990). Biyokimyasal oksijen ihtiyacı değerinin yüksek kabul edilen 300 mg/l'nin çok üzerinde çıkması et kombinalarının deşarj sularındaki organik maddenin çok fazla olmasından kaynaklandığı şeklinde açıklanabilir.

Toprakların infiltrasyon problemlerinin belirlenmesinde kullanılan en yaygın metot Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR) ve Düzeltilen Düzeltilmiş Sodyum Adsorbsiyon Oranı (adj.  $R_{Na}$ )'dır. Atıksuların analizi neticesinde SAR ve adj.  $R_{Na}$  değerlerinin sırasıyla ortalama 5.34 ve 6.71 olduğu belirlenmiştir (çizelge 4.1). Sulamada kullanılan atıksuyun elektriki iletkenliği ve sodyum adsorbsiyon oranı birlikte değerlendirildiğinde atıksu Ayers and Westcot (1994) sınıflandırma sistemine göre infiltrasyonu etkilememektedir. Ancak atıksuyun  $Na^+/Ca^{2+}$  oranının 3.50 olduğu saptanmıştır. Bu değer 3'ü aşmasının toprağın dispersiyonunu artırdığı ve toprak yapısının bozulmasına yol açtığı ve infiltrasyon problemleri doğurduğu Kanber vd (1992) ve Ayers and Westcot (1994) tarafından belirtilmiştir. Sonuç olarak sulamada kullanılan atıksu infiltrasyon yönünden problemlili çıkmıştır. Bununla birlikte yüzey sulama sistemlerinde  $Na^+$  değerlendirilirken SAR değerinin 3'ten küçük olması durumunda ürün çeşidinde hiçbir kısıtlama olmazken 3-9 arasında olması ürün çeşidini sınırlamaktadır (Ayers and Westcot 1994). Analiz sonuçlarına göre sulama suyunda  $Na^+$  bakımından bir sorun bulunmakla birlikte bitki seçilirken bu elementin konsantrasyonu göz önüne alınmalıdır.

Çizelge 4.1 incelendiğinde görüleceği gibi  $Cu^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  ve  $Fe^{2+}$  elementlerinin ortama konsantrasyonlarının sırasıyla 0.11, 0.11, 0.07 ve 0.02 mg/l olduğu belirlenmiştir. Ayrıca sulama suyu olarak kullanılan atıksuda bor elementine rastlanılmamıştır. Bor ve iz elementlerinin sulama suyunda izin verilebilir sınırların üzerinde bulunması duyarlı bitkiler için oldukça sakıncalıdır (Ayyıldız 1990, Kanber vd 1992, Pescod 1992, Ayers and Westcot 1994). Bor elementinin sulama suyunda bulunmaması ve iz elementlerinin ( $Cu^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  ve  $Fe^{2+}$ ) izin verilebilir sınırların altında bulunması bu bakımdan bir sorun yaratmamaktadır.

Araştırmada örneklenen atıksuyun klor değerinin ortalama 7.00 me/l olduğu saptanmıştır (çizelge 4.1). Klor doğadaki tüm sularda bulunmaktadır ve sulama suları için en sorunlu anyon olarak kabul edilmektedir. Yapraklarda biriken klor, bitkinin direnç sınırını geçerse yapraklarda yanma veya dokuların kurumması gibi zararlar görülür. Bununla birlikte klorun çok az miktarı (iz miktarı) bitki gelişimi için gereklidir. Klor iyonunun bitkilerde, karbonhidrat iletimini ve stoma açılıp kapanmasını denetlediği bilinmektedir (Kanber vd 1992). Sulama sularında klor değerinin 4 me/l'den küçük olması durumunda bitki çeşidinde hiçbir kısıtlama olmazken, 4-10 me/l arasında olması bitki çeşidini sınırlamaktadır (Pescod 1992, Ayers and Westcot 1994). Bu değere göre klor konsantrasyonu izin verilebilir sınırları aşmaktadır bu nedenle de problem oluşturmaktadır.

Çizelge 4.1'den görüleceği gibi, atıksuların toplam azot ve fosfor konsantrasyonlarının sırasıyla 57.00 ve 3.00 mg/l olduğu saptanmıştır. Sulama sularında bulunmasına izin verilebilecek azot ve fosfor değerleri sırasıyla 5 ve 2 mg/l'dir (Ayers and Westcot 1994). Bu değerlere göre söz konusu su azot ve fosfor açısından sakıncalıdır. Nitekim azot ve fosfor bitkiler için yararlı elementler olmalarına karşın sulama sularında fazla miktarda bulunmaları bitkilere toksik etki yapar (Kanber vd 1992).

Sulamada kullanılan atıksuyun bikarbonat ve karbonat değerlerinin sırasıyla 2.00 ve 0.125 me/l olduğu belirlenmiştir (çizelge 4.1). Sulama sularının çoğu bir miktar kalsiyum bikarbonat taşır. Bu nedenle toprakta kalsiyum karbonat depolanır ve kalsiyum miktarı artar. Bitki kökleri ve mikro organizmalar tarafından üretilen karbondioksit suda eridiği zaman bikarbonat konsantrasyonu artar. Ortamda karbondioksit, karbonat ve bikarbonat iyonlarının artması, suyun pH değerini yükselterek alkali özelliklerin hakim olmasını sağlar. Sulama sularında maksimum 1.50 me/l  $\text{HCO}_3^-$  bulunmasına izin verilebilir (Ayers and Westcot 1994). Yapılan analiz sonucu sulama suyunun bikarbonat yönünden sakıncalı olduğu anlaşılmaktadır ve buda toprağın SAR değerinin artmasına yol açmaktadır. Nitekim bikarbonat konsantrasyonunun artması ile kalsiyum çöker ve sistemde sodyum hakim duruma geçer. Bikarbonatın bitkiye olan zararlı etkisi topraktaki sodyum konsantrasyonunun artmasına neden olmasından dolayıdır (Ayyıldız 1990, Kanber vd 1992).

Çizelge 4.1 incelendiğinde görüleceği gibi, sülfat değerinin 1.25 me/l olduğu belirlenmiştir. Sülfat, toprakta tuzluluğun artmasından çok diğer toprak özelliklerine etki eder. Suda bulunması bitkiler için yararlıdır (Kanber vd 1992).

## 4.2. Toprak Özellikleri

Araştırmaya konu olan atıksular ile sulamanın yapıldığı topraklar ile sulama yapılmadan tarımsal faaliyetlerin yürütüldüğü Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftlik arazisi topraklarına ait analiz sonuçları çizelgeler halinde başlıklar altında verilmiştir.

### 4.2.1. Toprak Tekstürü

Araştırma alanlarından alınan toprak örneklerinde yapılan tekstür analizlerinin sonuçları çizelge 4.2'de verilmiştir. Çizelge 4.2 incelendiğinde atıksular ile sulanan toprakların üst katmanında (0-30 cm) kil içeriği %4.66-%14.85, silt içeriği %18.92-%33.10 ve kum içeriği %57.35-%72.44 arasında değişmekte olup tekstürü kum yada kaba bünyeli sınıfa girmektedir. 30-60 ve 60-90 cm derinlikler için sırasıyla kil içeriği %2.83-%13.01, %0.81-%12.81, silt içeriği %14.81-%32.44, %10.08-%33.11 ve kum içeriği %55.89-%78.38 ve %55.94-%86.49 arasındadır.

Atıksular ile sulanan topraklar tekstür bakımından derinliğe bağlı olarak değişiklikler göstermişse de bu değişim tekstürü değiştirecek boyutta olmamış ve üst ve alt katmanlar bakımından topraklar kaba bünyeli topraklar sınıfına girmiştir (FAO 1990).

Sulanmayan toprakların üst katmanında (0-30 cm) kil içeriği %15.00-%19.32, silt içeriği %31.83-%42.58 ve kum içeriği %38.10-%53.17 arasında değişmekte olup tekstürü orta ve kaba bünyeli sınıfa girmektedir. 30-60 ve 60-90 cm derinlikler için sırasıyla kil içeriği %12.90-%23.56, %6.69-%23.49, silt içeriği %27.61-%38.49,

%19.33-%36.28 ve kum içeriği %37.95-%59.49 ve %40.23-%73.97 arasındadır (çizelge 4.2).

Sulanmayan topraklar atıksular ile sulanan topraklar gibi derinliğe bağlı olarak değişiklikler göstermişse de bu değişim tekstürü değiştirecek boyutta olmamış ve alt ve üst katmanlar bakımından topraklar orta ve kaba bünyeli topraklar sınıfına girmiştir (FAO 1990).





Çizelge 4.2. Araştırma konusu toprak örneklerinin tekstürü

Örnek No	Atıksular ile sulanan alandan alınan toprak örnekleri											
	0-30 cm			30-60 cm			60-90 cm					
	% Kil	% Silt	% Kum	% Kil	% Silt	% Kum	% Kil	% Silt	% Kum	% Kil	% Silt	% Kum
1	4.66	22.9	72.44	8.72	22.91	68.37	8.71	22.88	68.42	8.71	22.88	68.42
2	8.71	28.98	62.31	8.71	28.96	62.34	12.81	18.91	68.29	12.81	18.91	68.29
3	14.85	18.92	66.22	12.79	14.81	72.4	9.55	33.11	57.34	9.55	33.11	57.34
4	9.54	31.06	59.4	7.51	31.06	61.43	9.52	28.95	61.53	9.52	28.95	61.53
5	9.54	33.1	57.35	9.53	29	61.47	5.46	18.8	75.75	5.46	18.8	75.75
6	9.54	33.09	57.37	11.56	32.44	56	11.57	32.48	55.94	11.57	32.48	55.94
7	7.49	28.35	64.16	9.52	26.33	64.16	5.46	26.29	68.25	5.46	26.29	68.25
8	11.56	22.3	66.14	5.46	20.23	74.31	3.43	10.08	86.49	3.43	10.08	86.49
9	8.92	26.96	64.12	13.01	31.1	55.89	10.95	31.03	58.01	10.95	31.03	58.01
10	4.86	24.91	70.23	2.83	18.79	78.38	0.81	12.7	86.49	0.81	12.7	86.49
<b>Sulanmayan alandan alınan toprak örnekleri</b>												
11	19.3	40.44	40.26	19.23	34.05	46.72	10.83	31.75	57.42	10.83	31.75	57.42
12	19.32	42.58	38.1	23.56	38.49	37.95	23.49	36.28	40.23	23.49	36.28	40.23
13	17.12	36.07	46.81	15	29.76	55.24	10.82	29.66	59.52	10.82	29.66	59.52
14	15	31.83	53.17	12.9	27.61	59.49	6.69	19.33	73.97	6.69	19.33	73.97

#### 4.2.2. Toprak Tuzluluğu

Atıksular ile sulanan alanın 0-30, 30-60 ve 60-90 cm toprak derinlikleri için tuzluluğun değişim aralığı sırasıyla %0.20-%0.90, %0.15-%0.56 ve %0.13-%0.50 şeklindedir (çizelge 4.3). Toprak tuzluluğunun üst toprak katmanında oldukça yüksek iken alt toprak katmanında düşük olduğu görölmektedir. Katmanlar değerlendirildiğinde 0-30 ve 30-60 cm derinlikleri toprak tuzluluğu bakımından orta tuzlu, 60-90 cm ise tuzsuz sınıfa girmektedir (FAO 1990). Toprak üst katmanında toprak tuzluluğunun alt katmana göre daha yüksek olması sulama suyunun toprak profilinde aşığı doğru inerken kaba materyallerle birlikte üst toprak katmanında daha çok katyon ve anyon bırakmasına, ayrıca taban suyunun yüksek olmasına bağlı olarak alt katmandan kapillarite ile tuzların yukarıya taşınmasına bağlanabilir.

Sulanmayan toprakların 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinlikleri için minimum ve maksimum tuzluluk değerleri sırasıyla %0.04-%0.12, %0.03-%0.04 ve %0.02-0.15 olup özellikle 60-90 cm derinlikte daha yüksek değerlere ulaşılmıştır (çizelge 4.3). Tüm katmanlar birlikte değerlendirildiğinde sulanmayan topraklar tuzsuz sınıfa girmektedir (FAO 1990). Atıksular ile sulanan topraklara göre daha düşük değerlere sahip olması sulama suyu kalitesine bağlanabilir. Atıksuların içerdđi besin konsantrasyonuna bağlı olarak toprakta bıraktığı tuz miktarı daha yüksek olabilir. Sulanmayan toprakların toprak tuzluluğu değerlerinin atıksu ile sulanan toprakların aksine derinliğe bağlı olarak artması taban suyu probleminin bulunmaması ve toprak tekstürünün nispeten daha ince bünyeli olması şeklinde açıklanabilir. Araştırma sonuçları ile uyum içinde olan benzer çalışmalarda mevcuttur (Omman and Walley 1988, Sanders *et al.* 1986).

**Çizelge 4.3. Araştırma konusu toprak örneklerinin toprak tuz değerleri (%)**

<b>Atıksular ile sulanan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
<b>Örnek No</b>	<b>0-30 cm</b>	<b>30-60 cm</b>	<b>60-90 cm</b>
1	0.43	0.22	0.26
2	0.55	0.41	0.29
3	0.48	0.27	0.34
4	0.38	0.27	0.24
5	0.23	0.18	0.17
6	0.27	0.33	0.27
7	0.20	0.16	0.17
8	0.93	0.57	0.51
9	0.20	0.17	0.13
10	0.27	0.17	0.13
Ortalama	0.39	0.28	0.25
<b>Sulanmayan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
11	0.12	0.05	0.11
12	0.07	0.05	0.15
13	0.04	0.05	0.11
14	0.04	0.03	0.03
Ortalama	0.07	0.05	0.10

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), tuz değerleri bakımından alanlar birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı, katmanlar ise farksız bulunmuştur.

Ayrıca araştırma konusu her bir alanın katmanları arasındaki farklılığı ortaya koymak için yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), tuz değerleri arasında farklılık olmadığı bulunmuştur.

#### **4.2.3. Toprak Reaksiyonu (pH)**

Atıksular ile sulanan toprakların toprak reaksiyonu derinlik olarak incelendiğinde 0-30 cm için minimum ve maksimum değerleri sırasıyla 6.84-7.75, 30-60 ve 60-90 cm derinlikleri içinde 6.86-7.76 ve 7.01-7.9 şeklindedir (çizelge 4.4). Toprakların pH değerleri derinlikle beraber değişiklikler göstermişse de genellikle tüm toprak derinliği bakımından nötr sınıfa girmektedir.

Çizelge 4.4'ten de görüleceği gibi sulanmayan toprakların 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinlikleri için minimum ve maksimum pH değerleri sırasıyla 7.37-7.98, 7.46-7.82 ve 7.6-8.06 olup toprak derinliğine bağlı olarak önemli değişiklikler meydana gelmemiş ve toprak reaksiyonu hafif alkalin sınıfında yer almıştır. Sulanmayan toprakların atıksular ile sulanan topraklara göre daha yüksek pH değerine sahip olması atıksu uygulamalarına bağlı olarak su ile birlikte toprağa ilave edilen organik atıkların asit karakterde olması ve organik atıkların mineralize olmasının sonucu açığa çıkan organik asitlerin nispeten toprak pH'sını düşürmesine bağlanabilir. Ayrıca sulama suyunun BOİ ve KOİ değerinin yüksek olması toprak pH'sını düşürmüş olabilir. Elde edilen sonuçlar bu konuda yapılan pek çok çalışma ile uyum içindedir. (Arcak *et al.* 2000, Saltalı *et al.* 2000).

**Çizelge 4.4. Araştırma konusu toprak örneklerinin pH değerleri**

<b>Atıksular ile sulanan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
<b>Örnek No</b>	<b>0-30 cm</b>	<b>30-60 cm</b>	<b>60-90 cm</b>
1	7.65	7.33	7.29
2	7.48	7.76	7.9
3	7.32	7.24	7.35
4	7.48	7.5	7.21
5	7.75	7.63	7.58
6	7.18	7.13	7.76
7	7.47	7.13	7.01
8	7.4	7.45	7.46
9	7.38	7.47	7.53
10	6.84	6.86	7.3
Ortalama	7.40	7.35	7.44
<b>Sulanmayan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
11	7.84	7.52	7.6
12	7.98	7.82	7.73
13	7.44	7.8	8.06
14	7.37	7.46	7.76
Ortalama	7.66	7.65	7.79

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), pH değerleri bakımından alanlar birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p < 0.01$ ) farklı, katmanlar ise farksız bulunmuştur.

Ayrıca araştırma konusu her bir alanın katmanları arasındaki farklılığı ortaya koymak için yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), pH değerleri arasında farklılık olmadığı bulunmuştur.

#### 4.2.4. Toprak Kireç İçeriği

Atıksular ile sulanan toprakların 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinlikleri için kireç içeriğinin değişim aralığı sırasıyla %0.10-%1.11, %0.15-%1.22 ve %0.22-%2.10 şeklindedir (çizelge 4.5). Bu sonuçlara göre üst toprak katmanları (0-30 ve 30-60 cm) çok az kireçli, 60-90 cm derinlikteki toprak örnekleri az kireçli sınıfa girmektedir (FAO 1990). Bu durum daha çok toprak ana materyali ve üst katmanlarda yıkanma çözünürlüğü yüksek kalsiyum tuzlarının alt katmanlara doğru ilerlemesinden kaynaklanmış olabilir. Sulanmayan alandan alınan toprak örnekleri ise genellikle üst katmandan alt katmanlara doğru giderek azalma yönünde bir değişim göstermiş olup tüm katmanlar bakımından çok az kireçli sınıfa girmiştir (FAO 1990).

Çizelge 4.5. Araştırma konusu toprak örneklerinin kireç içeriği değerleri (%)

<b>Atıksular ile sulanan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
<b>Örnek No</b>	<b>0-30 cm</b>	<b>30-60 cm</b>	<b>60-90 cm</b>
1	0.55	0.91	1.11
2	0.39	0.91	1.85
3	0.32	0.98	1.12
4	1.11	1.22	2.10
5	0.26	0.60	0.91
6	0.21	0.34	1.27
7	0.24	0.49	0.66
8	0.13	0.23	0.30
9	0.19	0.15	0.22
10	0.10	0.18	0.23
Ortalama	0.35Aa	0.60Aab	0.98Ab
<b>Sulanmayan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
11	0.15	0.12	0.07
12	0.11	0.12	0.06
13	0.18	0.10	0.10
14	0.15	0.08	0.05
Ortalama	0.15Aa	0.11Bb	0.07Bb

\* Büyük harfler farklı alanların, küçük harfler ise aynı alanın farklı katmanlarına ait analiz sonuçlarını göstermektedir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), kireç değerleri bakımından alanlar birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ), katmanlar ise önemli seviyede ( $p<0.05$ ) farklı bulunmuştur. Katmanlara ait kireç değerleri ortalamaları arasındaki farklılığın ortaya konması için yapılan LSD testi sonuçlarına göre, 1. katmanlar birbirlerinden farksız, 2. ve 3. katmanlar ise birbirlerinden önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı bulunmuştur.

Ayrıca araştırma konusu her bir alanın katmanları arasındaki farklılığı ortaya koymak için ayrı ayrı yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), atıksular ile sulanan alanın katmanları birbirlerinden önemli seviyede ( $p<0.05$ ), sulanmayan alanın katmanları ise birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı bulunmuştur. Bu farklılığın ortaya konması için yapılan LSD testi sonuçlarına göre, atıksular ile sulanan alanın 1. ve 3. katmanlarının ortalama değerleri birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı, 2. katmanın ortalama değeri ise diğer iki katmandan farksız bulunmuştur. Sulanmayan alanın 1. katmanının ortalama değeri 3. katmanın ortalama değerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ), 2. katmanın ortalama değerinden ise önemli seviyede ( $p<0.05$ ) farklı bulunmuştur.

#### **4.2.5. Toprak Organik Maddesi**

Atıksular ile sulanan toprakların organik madde içerikleri toprak derinliğine bağlı olarak oldukça önemli değişiklikler göstermiş olup 0-30, 30-60 ve 60-90 cm toprak derinliği için sırasıyla %2.18-%2.90, %1.33-%2.06 ve %0.78-%1.53 arasında değişmektedir. Toprak organik maddesi üst katmanlar için genellikle az sınıfında yer alırken alt katmanlara doğru bu değer daha da düşerek çok az sınıfına girmektedir (FAO 1990). Benzer durum sulanmayan araziden alınan toprak örneklerinde de izlenmiştir. Sulanmayan toprakların organik madde değerinin atıksular ile sulanan topraklara yakın olması bu alanda intensif tarım yapılmamasıyla açıklanabilir. Elde edilen sonuçlar bu

konuda yapılan pek çok çalışma sonuçlarını destekler nitelikte olmuştur (Sanders *et al.* 1986, Garvanska 2000).

**Çizelge 4.6.** Araştırma konusu toprak örneklerinin organik madde içeriği değerleri (%)

<b>Atıksular ile sulanan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
<b>Örnek No</b>	<b>0-30 cm</b>	<b>30-60 cm</b>	<b>60-90 cm</b>
1	2.74	1.44	1.13
2	2.50	1.74	1.02
3	2.46	1.43	1.11
4	2.90	1.68	1.18
5	2.38	1.38	1.17
6	2.18	1.64	1.33
7	2.40	2.06	0.78
8	2.25	1.33	1.24
9	2.28	1.64	1.09
10	2.84	1.80	1.53
Ortalama	2.49Aa	1.61Ab	1.16Ac
<b>Sulanmayan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
11	2.84	1.53	0.90
12	2.99	2.26	1.46
13	3.35	1.90	0.97
14	3.29	1.35	0.57
Ortalama	3.12Ba	1.76Ab	0.98Ac

\* Büyük harfler farklı alanların, küçük harfler ise aynı alanın farklı katmanlarına ait analiz sonuçlarını göstermektedir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), organik madde değerleri bakımından alanlar birbirlerinden önemli seviyede ( $p<0.05$ ), katmanlar ise çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı bulunmuştur. Katmanlara ait organik madde değerleri ortalamaları arasındaki farklılığın ortaya konması için yapılan LSD testi sonuçlarına göre, 1. katmanlar birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı, 2. ve 3. katmanlar ise birbirlerinden farksız bulunmuştur.

Ayrıca araştırma konusu her bir alanın katmanları arasındaki farklılığı ortaya koymak için ayrı ayrı yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), atıksular ile sulanan ve sulanmayan alanın katmanları birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı bulunmuştur. Bu farklılığın ortaya konması için yapılan LSD testi sonuçlarına göre,

atıksular ile sulanan alanın 1., 2. ve 3. katmanlarının ortalama değerleri birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı bulunmuştur. Sulanmayan alanın 1. katmanının ortalama değeri 2. ve 3. katmanların ortalama değerlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ), 2. katmanın ortalama değeri ise 3. katmanın ortalama değerinden önemli seviyede ( $p<0.05$ ) farklı bulunmuştur.

#### 4.2.6. C:N (Karbon/Azot) Oranları

Çizelge 4.7'den de görüleceği gibi C:N oranı katmanlara bağlı olarak değişmekle birlikte genellikle 10:1 ile 15:1 oranı arasında değişmiştir. Bu şekildeki bir değişim organik madde mineralizasyonunun gerçekleştiğini ve parçalanma ve ayrışmanın nispeten sabit bir değişim aldığı göstermektedir.

Çizelge 4.7. Araştırma konusu toprak örneklerinin C:N oranları

Atıksular ile sulanan alandan alınan toprak örnekleri			
Örnek No	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm
1	11.36	9.88	11.06
2	8.29	10.23	6.94
3	8.91	8.74	8.00
4	11.59	10.26	13.53
5	11.04	10.00	10.38
6	9.37	11.18	11.00
7	10.69	12.58	10.11
8	11.39	11.85	13.00
9	11.48	12.60	11.55
10	10.00	10.40	11.87
Ortalama	10.41	10.77	10.74
Sulanmayan alandan alınan toprak örnekleri			
11	7.65	7.70	6.93
12	10.21	10.08	7.68
13	11.44	10.48	9.33
14	10.05	9.18	8.25
Ortalama	9.84	9.36	8.05

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), C:N değerleri bakımından alanlar birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı, katmanlar ise farksız bulunmuştur.



Ayrıca araştırma konusu her bir alanın katmanları arasındaki farklılığı ortaya koymak için yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), C:N değerleri arasında farklılık olmadığı bulunmuştur.

#### 4.2.7. Toplam Azot

Atıksular ile sulanan toprakların toplam azot miktarı 0-30 cm derinlik için %0.12-%0.18, 30-60 ve 60-90 cm derinlikler içinde sırasıyla %0.07-%0.16 ve %0.05-%0.09 şeklindedir (çizelge 4.8). Toprakların toplam azot değerleri üst katmanlardan alt katmanlara doğru inildikçe bir azalış göstermektedir. Bu azalışın sebebi toprak organik maddesindeki azalışa bağlanabilir.

Sulanmayan toprakların 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinlikleri için toplam azot değerlerinin değişim aralığı sırasıyla %0.17-%0.22, %0.09-%0.13 ve %0.04-%0.11'dir (çizelge 4.8). Sulanmayan alandaki toprakların atıksular ile sulanan topraklarla hemen hemen aynı toplam azot değerine sahip olması bu alanda yapılan tarımsal faaliyetlere bağlı olarak topraklara geçmişte mineral gübre ilave edilmesine bağlanabilir. Bu konuda yapılan pek çok çalışma elde edilen sonuçları destekler nitelikte olmuştur (Omman and Waly 1988, Sezen 1995).

**Çizelge 4.8.** Araştırma konusu toprak örneklerinin toplam azot değerleri (%)

<b>Atıksular ile sulanan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
<b>Örnek No</b>	<b>0-30 cm</b>	<b>30-60 cm</b>	<b>60-90 cm</b>
1	0.14	0.09	0.08
2	0.18	0.16	0.09
3	0.16	0.10	0.08
4	0.15	0.10	0.08
5	0.13	0.08	0.07
6	0.14	0.09	0.07
7	0.13	0.10	0.05
8	0.12	0.07	0.06
9	0.12	0.08	0.06
10	0.17	0.10	0.08
Ortalama	0.14Aa	0.10Ab	0.07Ac
<b>Sulanmayan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
11	0.22	0.12	0.08
12	0.17	0.13	0.11
13	0.17	0.11	0.06
14	0.19	0.09	0.04
Ortalama	0.19Ba	0.11Ab	0.07Ac

\* Büyük harfler farklı alanların, küçük harfler ise aynı alanın farklı katmanlarına ait analiz sonuçlarını göstermektedir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), toplam azot değerleri bakımından alanlar ve katmanlar birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı bulunmuştur. Katmanlara ait toplam azot değerleri ortalamaları arasındaki farklılığın ortaya konması için yapılan LSD testi sonuçlarına göre, 1. katmanlar birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı, 2. ve 3. katmanlar ise birbirlerinden farksız bulunmuştur.

Ayrıca araştırma konusu her bir alanın katmanları arasındaki farklılığı ortaya koymak için ayrı ayrı yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), atıksular ile sulanan ve sulanmayan alanın katmanları birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı bulunmuştur. Bu farklılığın ortaya konması için yapılan LSD testi sonuçlarına göre, atıksular ile sulanan alanın 1., 2. ve 3. katmanlarının ortalama değerleri birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı bulunmuştur. Sulanmayan alanın 1. katmanının ortalama değeri 2. ve 3. katmanların ortalama değerlerinden çok önemli seviyede

( $p < 0.01$ ), 2. katmanın ortalama değeri ise 3. katmanın ortalama değerinden önemli seviyede ( $p < 0.05$ ) farklı bulunmuştur.

#### 4.2.8. Elverişli Fosfor

Atıksular ile sulanan toprakların elverişli fosfor değerleri 0-30, 30-60 ve 60-90 cm toprak derinlikleri için sırasıyla 34.15-68.1, 30.9-46.8 ve 27.5-51.65 ppm arasında değişmektedir (çizelge 4.9).

Sulanmayan toprakların 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerindeki toplam azot değerleri sırasıyla 21.55-40.25, 24-42.25 ve 39.65-50.65 ppm arasında olup özellikle 60-90 cm toprak derinliğinde önemli değişiklikler meydana gelmiştir (çizelge 4.9). Fosfor içeriği toprak derinliğine bağlı olarak genellikle bir azalış göstermiş olmakla birlikte, tüm katmanlar bakımından yeterli düzeydedir (FAO 1990). Elde edilen sonuçlar bu konuda yapılan pek çok çalışma ile uyum içindedir (Saltalı *et al.* 2000, Arcak *et al.* 2000).

**Çizelge 4.9.** Araştırma konusu toprak örneklerinin elverişli fosfor değerleri (ppm)

<b>Atıksular ile sulanan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
<b>Örnek No</b>	<b>0-30 cm</b>	<b>30-60 cm</b>	<b>60-90 cm</b>
1	38.25	36.60	38.80
2	35.55	37.90	38.05
3	36.50	45.10	51.65
4	44.10	46.80	43.15
5	68.10	32.25	45.60
6	44.00	41.85	35.65
7	63.75	30.90	27.50
8	34.15	42.95	46.15
9	44.85	44.80	42.65
10	44.55	39.50	34.20
Ortalama	45.38	39.87	40.36
<b>Sulanmayan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
11	21.55	24.00	50.65
12	23.40	42.25	39.65
13	29.05	27.35	43.00
14	40.25	29.15	43.7
Ortalama	28.56a	30.69a	44.25b

\* Küçük harfler aynı alanın farklı katmanlarına ait analiz sonuçlarını göstermektedir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), elverişli fosfor değerleri bakımından alanlar birbirlerinden önemli seviyede ( $p<0.05$ ) farklı, katmanlar ise farksız bulunmuştur.

Ayrıca araştırma konusu her bir alanın katmanları arasındaki farklılığı ortaya koymak için ayrı ayrı yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), atıksular ile sulanan alanın katmanları birbirlerinden farksız, sulanmayan alanın katmanları ise önemli seviyede ( $p<0.05$ ) farklı bulunmuştur. Bu farklılığın ortaya konması için yapılan LSD testi sonuçlarına göre, sulanmayan alanın 3. katmanının ortalama değeri 1. ve 2. katmanların ortalama değerlerinden önemli seviyede ( $p<0.05$ ) farklı bulunmuştur.

#### **4.2.9. Değişebilir Sodyum**

Toprak örneklerinin değişebilir sodyum miktarı incelendiğinde atıksular ile sulanan toprakların 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinlikleri için değişim aralığı sırasıyla 3.75-16.95, 3.65-13.30 ve 3.35-10.85 me/100 gr şeklindedir (çizelge 4.10). Değişebilir sodyumun üst toprak katmanlarında yüksek iken alt toprak katmanlarında daha düşük olduğu görülmüştür. Bunun nedeni taban suyunun yüksek olmasına bağlı olarak suyun kapillarite ile üst katmanlara doğru hareket etmesi ve sulama suyu olarak kullanılan atıksuyun yüksek miktarlarda sodyum içermesi olabilir.

Sulanmayan alandan alınan toprakların üst katmanlarında değişebilir sodyum içeriğinin 0.10-0.25 me/100 gr arasında olduğu görülmüştür. 30-60 ve 60-90 cm derinlikler için minimum ve maksimum değerler sırasıyla 0.20-0.55 ve 0.35-0.85 me/100 gr'dır (çizelge 4.10). Sulanmayan alandan alınan toprakların değişebilir sodyum miktarının atıksular ile sulanan toprakların aksine derinlik ile arttığı ortaya çıkmıştır.

**Çizelge 4.10.** Araştırma konusu toprak örneklerinin değişebilir sodyum değerleri (me/100 gr)

<b>Atıksular ile sulanan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
<b>Örnek No</b>	<b>0-30 cm</b>	<b>30-60 cm</b>	<b>60-90 cm</b>
1	5.00	5.10	4.30
2	6.30	4.35	6.25
3	7.05	7.10	6.25
4	7.50	7.25	6.60
5	8.45	6.10	4.70
6	6.80	6.80	5.50
7	4.80	3.90	3.75
8	16.95	13.30	10.85
9	3.95	4.95	4.40
10	3.75	3.65	3.35
<b>Ortalama</b>	<b>7.06</b>	<b>6.25</b>	<b>5.60</b>
<b>Sulanmayan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
11	0.25	0.30	0.55
12	0.15	0.55	0.85
13	0.20	0.20	0.40
14	0.10	0.25	0.35
<b>Ortalama</b>	<b>0.18a</b>	<b>0.33ab</b>	<b>0.54b</b>

\* Küçük harfler aynı alanın farklı katmanlarına ait analiz sonuçlarını göstermektedir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), değişebilir sodyum değerleri bakımından alanlar birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı, katmanlar ise farksız bulunmuştur.

Ayrıca araştırma konusu her bir alanın katmanları arasındaki farklılığı ortaya koymak için ayrı ayrı yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), atıksular ile sulanan alanın katmanları birbirlerinden farksız, sulanmayan alanın katmanları ise önemli seviyede ( $p<0.05$ ) farklı bulunmuştur. Bu farklılığın ortaya konması için yapılan LSD testi sonuçlarına göre, sulanmayan alanın 1. katmanının ortalama değeri 3. katmanın ortalama değerinden önemli seviyede ( $p<0.05$ ) farklı bulunmuştur.

#### 4.2.10. Değişebilir Kalsiyum

Atıksular ile sulanan toprakların değişebilir kalsiyum miktarı 0-30 cm derinlik için 9.00-9.47 me/100 gr, 30-60 ve 60-90 cm derinlikler içinde 8.77-9.93 ve 8.07-9.78 me/100 gr arasında olup bu değerler sulanmayan toprakların 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinlikleri için sırasıyla 7.27-7.53, 7.24-8.02 ve 6.87-7.70 me/100 gr şeklindedir (çizelge 4.11). Çizelge 4.11'den de görüleceği üzere toprak kalsiyum içeriği katmanlara bağlı olarak büyük bir değişim göstermemiştir. Tüm katmanlar yeterli düzeyde kalsiyum içermektedir (FAO 1990).

**Çizelge 4.11.** Araştırma konusu toprak örneklerinin değişebilir kalsiyum değerleri (me/100 gr)

<b>Atıksular ile sulanan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
<b>Örnek No</b>	<b>0-30 cm</b>	<b>30-60 cm</b>	<b>60-90 cm</b>
1	9.35	9.93	9.78
2	9.43	9.34	9.78
3	9.47	9.39	9.35
4	9.31	9.59	9.74
5	9.35	9.51	9.24
6	9.35	9.39	9.62
7	9.12	9.12	8.92
8	9.16	8.77	8.07
9	9.16	8.85	8.89
10	9.00	8.81	8.46
<b>Ortalama</b>	<b>9.27</b>	<b>9.27</b>	<b>9.19</b>
<b>Sulanmayan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
11	7.27	7.80	7.28
12	7.50	8.02	7.70
13	7.53	7.37	7.32
14	7.49	7.24	6.87
<b>Ortalama</b>	<b>7.45</b>	<b>7.61</b>	<b>7.29</b>

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), değişebilir kalsiyum değerleri bakımından alanlar birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p < 0.01$ ) farklı, katmanlar ise farksız bulunmuştur.

Ayrıca araştırma konusu her bir alanın katmanları arasındaki farklılığı ortaya koymak için ayrı ayrı yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), atıksular ile sulanan ve sulanmayan alanların katmanları birbirlerinden farksız bulunmuştur.

#### **4.2.11. Değişebilir Magnezyum**

Toprak örneklerinin değişebilir magnezyum içeriği incelendiğinde atıksular ile sulanan toprakların 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinlikleri için minimum ve maksimum değerleri sırasıyla 7.85-8.45, 7.30-8.40 ve 7.30-8.30 me/100 gr'dır (çizelge 4.12). Sulanmayan toprakların üst katmanında değişebilir magnezyum içeriği 6.8-7.0, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerinde ise sırasıyla 6.4-6.7 ve 5.1-6.4 me/100 gr arasında değişmektedir (çizelge 4.12). Çizelge 4.12'den de görülebileceği gibi genellikle toprak üst katmanları alt katmanlara göre daha yüksek magnezyum değerlerine sahiptir. Ayrıca atıksular ile sulanan topraklar sulama yapılmayan topraklara göre daha yüksek magnezyum içeriğine sahiptir. Bunun temel nedeni atıksuyun mineral içeriğine bağlanabilir.

**Çizelge 4.12.** Araştırma konusu toprak örneklerinin değişebilir magnezyum değerleri (me/100 gr)

<b>Atıksular ile sulanan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
<b>Örnek No</b>	<b>0-30 cm</b>	<b>30-60 cm</b>	<b>60-90 cm</b>
1	8.05	8.00	7.80
2	8.25	7.30	8.25
3	8.45	8.40	8.30
4	8.10	8.10	8.15
5	8.25	8.25	7.80
6	8.30	8.30	8.30
7	8.10	7.95	8.00
8	8.05	7.85	7.30
9	7.95	8.30	8.10
10	7.85	7.75	7.35
Ortalama	8.14A	8.02A	7.94A
<b>Sulanmayan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
11	6.90	6.70	6.00
12	6.80	6.40	6.40
13	7.00	6.50	6.00
14	6.90	6.40	5.10
Ortalama	6.90Ba	6.50Ba	5.88Bb

\* Büyük harfler farklı alanların, küçük harfler ise aynı alanın farklı katmanlarına ait analiz sonuçlarını göstermektedir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), değişebilir magnezyum değerleri bakımından alanlar ve katmanlar birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı bulunmuştur. Katmanlara ait değişebilir magnezyum değerleri ortalamaları arasındaki farklılığın ortaya konması için yapılan LSD testi sonuçlarına göre, 1., 2. ve 3. katmanlar birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı bulunmuştur.

Ayrıca araştırma konusu her bir alanın katmanları arasındaki farklılığı ortaya koymak için ayrı ayrı yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), atıksular ile sulanan alanın katmanları birbirlerinden farksız, sulanmayan alanın katmanları ise birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı bulunmuştur. Bu farklılığın ortaya konması için yapılan LSD testi sonuçlarına göre, sulanmayan alanın 3. katmanının ortalama değeri 1. katmanın ortalama değerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ), 2. katmanın ortalama değerinden ise önemli seviyede ( $p<0.05$ ) farklı bulunmuştur.



#### 4.2.12. Değişebilir Potasyum

Atıksular ile sulanan toprakların değişebilir potasyum miktarı 0-30 cm derinlik için 1.04-3.83 me/100 gr, 30-60 ve 60-90 cm derinlikler için ise de sırasıyla 1.00-3.62 ve 0.91-3.83 me/100 gr arasında olup potasyum içeriği yönünden yeterli ve fazla düzeydedir (FAO 1990) (çizelge 4.13).

Sulanmayan toprakların 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinlikleri için değişim aralığı sırasıyla 1.47-1.66, 1.21-1.37 ve 1.18-1.34 me/100 gr arasındadır (çizelge 4.13). Atıksu ile sulanan toprakların sulanmayan topraklara göre daha yüksek düzeyde potasyum içermesini atıksuyun kimyasal bileşimine bağlayabiliriz. Bu konuda yapılan pek çok çalışma elde edilen sonuçları destekler niteliktedir (Tok 1997, Saltalı *et al.* 2000).

**Çizelge 4.13.** Araştırma konusu toprak örneklerinin değişebilir potasyum değerleri (me/100 gr)

<b>Atıksular ile sulanan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
<b>Örnek No</b>	<b>0-30 cm</b>	<b>30-60 cm</b>	<b>60-90 cm</b>
1	2.04	2.15	2.02
2	1.97	1.75	2.35
3	2.45	2.31	2.54
4	3.83	3.03	3.83
5	3.51	3.24	2.29
6	3.17	3.62	3.35
7	2.02	1.70	1.54
8	2.33	1.36	0.91
9	1.54	1.25	1.27
10	1.04	1.00	0.95
Ortalama	2.39	2.14	2.10
<b>Sulanmayan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
11	1.47	1.29	1.23
12	1.66	1.35	1.34
13	1.59	1.37	1.22
14	1.56	1.21	1.18
Ortalama	1.57a	1.31b	1.24b

\* Küçük harfler aynı alanın farklı katmanlarına ait analiz sonuçlarını göstermektedir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), değişebilir potasyum değerleri bakımından alanlar birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı, katmanlar ise farksız bulunmuştur.

Ayrıca araştırma konusu her bir alanın katmanları arasındaki farklılığı ortaya koymak için ayrı ayrı yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), atıksular ile sulanan alanın katmanları birbirlerinden farksız, sulanmayan alanın katmanları ise birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı bulunmuştur. Bu farklılığın ortaya konması için yapılan LSD testi sonuçlarına göre, sulanmayan alanın 1. katmanının ortalama değeri 2. ve 3. katmanların ortalama değerlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı bulunmuştur.

#### **4.2.13. Mikro Elementler**

##### **4.2.13.1. Demir ( $Fe^{2+}$ )**

Toprak örneklerinin demir içeriği incelendiğinde atıksular ile sulanan toprakların 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinlikleri için minimum ve maksimum değerleri sırasıyla 13.47-46.43, 7.45-36.86, 7.45-29.42 ppm'dir. Sulanmayan toprakların üst katmanında değişebilir demir içeriği 4.25-13.82 ppm, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerinde ise bu değerler sırasıyla 4.96-9.92 ve 4.61-8.15 ppm arasında değişmektedir (çizelge 4.14).

Çizelge 4.14 incelendiğinde toprak derinliğine bağlı olarak demir içeriğinin azaldığı görülmektedir. Ayrıca atıksular ile sulanan alanların demir içeriği sulanmayan alanlara göre çok daha fazla çıkmıştır. İncelen tüm toprak örneklerinde demir içeriği yeterli düzeyde olup, atıksu uygulanan toprakların özellikle üst katmanlarında demir içeriğinin toksik seviyelere kadar yükseldiği gözlenmiştir (Lindsay and Norwell 1969, FAO 1990). Elde edilen sonuçlar bu konuda yapılan pek çok çalışma ile uyum içinde olmuştur (Omman and Waly 1988, Sezen 1995, Tok 1997, Sanders *et al* 1986).

Çizelge 4.14. Araştırma konusu toprak örneklerinin demir içeriği (ppm)

<b>Atıksular ile sulanan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
<b>Örnek No</b>	<b>0-30 cm</b>	<b>30-60 cm</b>	<b>60-90 cm</b>
1	27.65	12.41	11.70
2	33.67	29.78	10.64
3	43.25	24.46	24.46
4	38.99	17.01	13.82
5	13.47	10.99	8.15
6	19.85	13.11	7.45
7	21.98	17.02	10.63
8	14.53	13.47	11.70
9	20.21	7.45	7.45
10	46.43	36.86	29.42
Ortalama	28.00Aa	18.26Ab	13.54Ab
<b>Sulanmayan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
11	10.63	4.96	7.09
12	4.25	4.96	4.61
13	5.32	6.74	5.32
14	13.82	9.92	8.15
Ortalama	8.51B	6.65B	6.29A

\* Büyük harfler farklı alanların, küçük harfler ise aynı alanın farklı katmanlarına ait analiz sonuçlarını göstermektedir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), demir değerleri bakımından alanlar ve katmanlar birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı bulunmuştur. Katmanlara ait demir değerleri ortalamaları arasındaki farklılığın ortaya konması için yapılan LSD testi sonuçlarına göre, 1. katmanlar birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ), 2. katmanlar birbirlerinden önemli seviyede ( $p<0.05$ ) farklı, 3. katmanlar ise birbirlerinden farksız bulunmuştur.

Ayrıca araştırma konusu her bir alanın katmanları arasındaki farklılığı ortaya koymak için ayrı ayrı yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), atıksular ile sulanan alanın katmanları birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı, sulanmayan alanın katmanları ise birbirlerinden farksız bulunmuştur. Bu farklılığın ortaya konması için yapılan LSD testi sonuçlarına göre, atıksular ile sulanan alanın 1. katmanının ortalama değeri 2. katmanın ortalama değerinden önemli seviyede ( $p<0.05$ ), 3. katmanın ortalama değerinden ise çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı bulunmuştur.

#### 4.2.13.2. Mangan ( $Mn^{2+}$ )

Atıksular ile sulanan toprakların değişebilir kalsiyum miktarı 0-30 cm derinlik için 15.34-37.17 ppm, 30-60 ve 60-90 cm derinlikler içinde 12.39-24.78 ve 10.62-21.83 ppm arasında olup bu değerler sulanmayan toprakların 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinlikleri için sırasıyla 2.07-5.90, 1.77-4.72 ve 1.48-4.13 ppm şeklindedir (çizelge 4.15).

Çizelge 4.15 incelendiğinde toprak derinliğine bağlı olarak mangan içeriğinin azaldığı görülmektedir. Ayrıca atıksular ile sulanan alanların mangan içeriği sulanmayan alanlara göre çok daha fazla çıkmıştır. Atıksular ile sulama yapılan alanın 0-30 ve 30-60 cm toprak derinliğinde mangan içeriği yeterli düzeyde olup, 60-90 cm derinliğinde ise yetersizdir. Sulanmayan alandaki topraklarda ise mangan içeriği yetersizdir. Bu konuda yapılan pek çok çalışma ile elde edilen sonuçlar uyum içinde olmuştur (Sezen 1995, Saltalı *et al.*2000, Garvanska 2000).

**Çizelge 4.15.** Araştırma konusu toprak örneklerinin mangan içeriği (ppm)

<b>Atıksular ile sulanan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
<b>Örnek No</b>	<b>0-30 cm</b>	<b>30-60 cm</b>	<b>60-90 cm</b>
1	20.65	14.16	12.98
2	24.78	19.47	15.34
3	37.17	24.78	21.83
4	18.29	18.88	14.75
5	15.34	14.47	13.87
6	21.83	21.83	15.34
7	20.65	15.34	12.39
8	20.06	12.39	10.62
9	20.65	17.11	12.98
10	20.65	15.93	12.98
Ortalama	22.01Aa	17.44Ab	14.31Ab
<b>Sulanmayan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
11	2.66	2.36	2.66
12	2.07	1.77	1.48
13	3.54	4.72	2.95
14	5.90	4.13	4.13
Ortalama	3.04B	3.25B	2.81B

\* Büyük harfler farklı alanların, küçük harfler ise aynı alanın farklı katmanlarına ait analiz sonuçlarını göstermektedir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), mangan değerleri bakımından alanlar ve katmanlar birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı bulunmuştur. Katmanlara ait mangan değerleri ortalamaları arasındaki farklılığın ortaya konması için yapılan LSD testi sonuçlarına göre, 1., 2. ve 3. katmanlar birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı bulunmuştur.

Ayrıca araştırma konusu her bir alanın katmanları arasındaki farklılığı ortaya koymak için ayrı ayrı yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), atıksular ile sulanan alanın katmanları birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı, sulanmayan alanın katmanları ise birbirlerinden farksız bulunmuştur. Bu farklılığın ortaya konması için yapılan LSD testi sonuçlarına göre, atıksular ile sulanan alanın 1. katmanının ortalama değeri 2. katmanın ortalama değerinden önemli seviyede ( $p<0.05$ ), 3. katmanın ortalama değerinden ise çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı bulunmuştur.

#### 4.2.14.3. Çinko ( $Zn^{2+}$ )

Toprak örneklerinin çinko içeriği incelendiğinde atıksular ile sulanan toprakların 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinlikleri için değişim aralığının sırasıyla 4.41-10.66, 2.55-8.34 ve 2.09-6.11 ppm olduğu görülmektedir. Sulanmayan toprakların 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerinde bu değerler sırasıyla 3.48-6.26, 2.32-3.78 ve 1.16-2.55 ppm'dir (çizelge 4.16).

Çizelge 4.16 incelendiğinde toprak derinliğine bağlı olarak çinko içeriğinin azaldığı görülmektedir. Atıksular ile sulama yapılan alanın 0-30 ve 30-60 cm toprak derinliğinde çinko içeriği fazla, 60-90 cm derinliğinde ise yeterli düzeyde olduğu saptanmıştır. Sulanmayan alandaki topraklarda ise çinko içeriği yetersizdir (FAO 1990).

Çizelge 4.16. Araştırma konusu toprak örneklerinin çinko değerleri (ppm)

<b>Atıksular ile sulanan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
<b>Örnek No</b>	<b>0-30 cm</b>	<b>30-60 cm</b>	<b>60-90 cm</b>
1	8.34	6.03	5.10
2	9.73	8.34	5.56
3	9.97	4.87	4.17
4	10.66	4.64	4.87
5	8.18	7.88	6.11
6	6.49	4.41	2.55
7	9.27	5.79	2.55
8	8.80	2.55	2.09
9	4.41	2.78	2.32
10	8.57	8.34	3.25
Ortalama	8.44Aa	5.56Ab	3.86Ac
<b>Sulanmayan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
11	6.26	3.78	2.55
12	3.48	2.55	1.85
13	3.48	2.32	1.16
14	5.10	2.62	1.59
Ortalama	4.58Ba	2.82Bb	1.79Bb

\* Büyük harfler farklı alanların, küçük harfler ise aynı alanın farklı katmanlarına ait analiz sonuçlarını göstermektedir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), çinko değerleri bakımından alanlar ve katmanlar birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı bulunmuştur. Katmanlara ait çinko değerleri ortalamaları arasındaki farklılığın ortaya konması için yapılan LSD testi sonuçlarına göre, 1. katmanlar birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ), 2. ve 3. katmanlar ise birbirlerinden önemli seviyede ( $p<0.05$ ) farklı bulunmuştur.

Ayrıca araştırma konusu her bir alanın katmanları arasındaki farklılığı ortaya koymak için ayrı ayrı yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), atıksular ile sulanan ve sulanmayan alanların katmanları birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı bulunmuştur. Bu farklılığın ortaya konması için yapılan LSD testi sonuçlarına göre, atıksular ile sulanan alanın 1. katmanının ortalama değeri 2. ve 3. katmanların ortalama değerlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ), 2. katmanının ortalama değeri ise 3. katmanının ortalama değerinden önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı bulunmuştur. Sulanmayan alanın 1. katmanının ortalama değeri 2. katmanının ortalama değerinden

önemli seviyede ( $p<0.05$ ), 3. katmanın ortalama değerinden ise çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı bulunmuştur.

#### 4.2.13.4. Bakır ( $\text{Cu}^{2+}$ )

Çizelge 4.17 incelendiğinde atıksular ile sulanan toprakların 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinlikleri için bakır içeriğinin minimum ve maksimum değerlerinin sırasıyla 3.70-10.25, 2.39-10.61 ve 0.96-10.73 ppm olduğu görülmektedir. Sulanmayan alandan alınan toprak örnekleri incelendiğinde ise üst katmanda bakır içeriğinin değişim aralığının 4.08-4.70 ppm, 30-60 ve 60-90 cm toprak derinliğinde ise sırasıyla 2.03-3.94 ve 1.19-2.79 ppm olduğu görülmektedir (çizelge 4.17). Çizelge 4.17 incelendiğinde toprak derinliğine bağlı olarak bakır içeriğinin azaldığı görülmektedir. Atıksular ile sulama yapılan ve sulanmayan alandaki bakır değerlerinin yeterli düzeyde olduğu saptanmıştır (FAO 1990).

Çizelge 4.17. Araştırma konusu toprak örneklerinin bakır değerleri (ppm)

<b>Atıksular ile sulanan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
<b>Örnek No</b>	<b>0-30 cm</b>	<b>30-60 cm</b>	<b>60-90 cm</b>
1	4.03	3.56	5.61
2	6.20	9.06	7.63
3	7.87	7.39	8.58
4	10.25	10.61	10.73
5	8.82	9.42	5.18
6	8.44	8.39	5.01
7	5.36	4.65	2.62
8	5.96	2.39	0.96
9	3.70	2.41	0.96
10	4.89	4.36	2.27
Ortalama	6.55	6.22	4.96
<b>Sulanmayan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
11	4.32	3.82	2.79
12	4.08	3.94	2.62
13	4.70	2.03	1.67
14	4.27	3.10	1.19
Ortalama	4.34a	3.22b	2.07c

\* Küçük harfler aynı alanın farklı katmanlarına ait analiz sonuçlarını göstermektedir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), bakır değerleri bakımından alanlar birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı, katmanlar ise farksız bulunmuştur.

Ayrıca araştırma konusu her bir alanın katmanları arasındaki farklılığı ortaya koymak için ayrı ayrı yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), atıksular ile sulanan alanın katmanları birbirlerinden farksız, sulanmayan alanların katmanları ise birbirlerinden çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı bulunmuştur. Bu farklılığın ortaya konması için yapılan LSD testi sonuçlarına göre, sulanmayan alanın 1. katmanının ortalama değeri 2. katmanın ortalama değerinden önemli seviyede ( $p<0.05$ ), 3. katmanın ortalama değerinden ise çok önemli seviyede ( $p<0.01$ ) farklı bulunmuştur. 2. katmanın ortalama değeri 3. katmanın ortalama değerinden önemli seviyede ( $p<0.05$ ) farklı bulunmuştur.

#### **4.2.13.5. Bor ( $B^{3+}$ )**

Yapılan analizler sonucu elde edilen bor değerleri çizelge 4.18'de verilmiştir. Atıksular ile sulanan toprak örneklerine ait bor değerlerinin 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinliğindeki minimum ve maksimum değerleri sırasıyla 0.90-1.45, 0.97-1.46 ve 1.07-1.37 ppm'dir. Sulanmayan toprak örneklerine ait değerler ise sırasıyla 1.11-1.14, 1.13-1.39 ve 1.05-1.31 ppm'dir (çizelge 4.18). Toprakların bor içeriği yeterli düzeyde olup sulama suyu kalitesinden etkilenmemiştir (FAO 1990).



**Çizelge 4.18. Araştırma konusu toprak örneklerinin bor değerleri (ppm)**

<b>Atıksular ile sulanan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
<b>Örnek No</b>	<b>0-30 cm</b>	<b>30-60 cm</b>	<b>60-90 cm</b>
1	1.26	1.08	1.23
2	1.22	1.27	1.21
3	1.07	1.33	1.22
4	1.23	1.3	1.15
5	1.1	1.09	1.07
6	1.25	1.17	1.29
7	0.9	1.18	1.22
8	1.37	1.46	1.21
9	1.45	0.97	1.23
10	1.21	1.22	1.37
Ortalama	1.21	1.21	1.22
<b>Sulanmayan alandan alınan toprak örnekleri</b>			
11	1.14	1.15	1.05
12	1.12	1.39	1.2
13	1.11	1.13	1.31
14	1.11	1.15	1.07
Ortalama	1.12	1.21	1.16

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), bor değerleri bakımından alanlar ve katmanlar birbirlerinden farksız bulunmuştur.

Ayrıca araştırma konusu her bir alanın katmanları arasındaki farklılığı ortaya koymak için ayrı ayrı yapılan varyans analiz sonuçlarına göre (Ek 1), atıksular ile sulanan ve sulanmayan alanların katmanları birbirlerinden farksız bulunmuştur.

## 5. SONUÇ

Bu araştırma, Erzurum kentsel atıksuları ile sulanan tarımsal alanlarda; kullanılan atıksuların özellikleri, atıksu kalitesine bağlı olarak toprak özelliklerinde ortaya çıkan sorunlar belirlenip, atıksuların tarımsal alanlarda güvenle kullanılabilmesi için çözüm önerileri ortaya koymak amacıyla yapılmıştır.

Araştırma alanında, atıksular ile sulanan ve sulanmayan alanlar arasında toprakların çeşitli fiziksel ve kimyasal özelliklerinin de karşılaştırıldığı bu çalışmada; atıksuların toprak özelliklerine olan etkilerinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Sulamada kullanılan atıksuyun analizi ve toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri ile gerçekleştirilmiş deneysel çalışmaların tümünden çıkartılabilecek sonuçlar ve öneriler aşağıda özetlenmiştir.

Çizelge 4.1'den de görülebileceği gibi sulamada kullanılan atıksuların pH, elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş tuz, süspanse katı, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, kimyasal oksijen ihtiyacı, toplam azot, fosfor, sodyum adsorbsiyon oranı ve klor değerlerinin sulamada kullanılmasına izin verilebilir sulardan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu nitelikteki suların özellikle kapalı sistem sulamalarında kullanılmasından kaçınılmalıdır. Aynı zamanda bu özellikteki suların kullanılması durumunda tarımı yapılan bitki seçiminde söz konusu özelliklerin konsantrasyonlarının göz önüne alınarak dayanıklı bitki çeşitlerinin seçilmesi önerilir.

Çizelge 4.3'ten de görüldüğü gibi atıksu ile sulanan toprakların tuzluluk değerinde artış görülmektedir. Bu özellikteki suların sulamada yoğun olarak kullanılması ileride toprak profilinde tuz birikimine neden olabilecektir. Bunun önlenmesi için drenaj sistemlerinin yapılandırılması önerilir.

Çizelge 4.14 ve 4.16'da görülebileceği gibi atıksular ile sulanan toprakların demir ve çinko içerikleri toksik seviyelere kadar yükselmiştir. Demir ve çinko gibi mikro

elementlerin içeriğinin yüksek olması bitkilere toksik etki yaparak verim düşüşüne neden olabilir.

Atıksuların sulama amaçlı kullanımında hangi yöntemden yararlanılırsa yararlanılsın atıksuların mutlak arıtımına gerek vardır. Çünkü atıksuların özelliğine ve toprak tekstürüne bağlı olarak atıksular ile sulanan alanlardaki toprakların elektriki iletkenliği, pH, tuzluluk, kireç, C:N oranı, azot, fosfor, değişebilir sodyum, kalsiyum, magnezyum ve potasyum ve demir, çinko, bakır, mangan ve bor gibi toksik elementlerin miktarında artış görülmektedir. Bu durum tarımsal üretimi olumsuz yönde etkilemektedir.

Arıtmadan geçirilmemiş atıksuların toprağa verilmesinde yalnızca yüzey sulama yöntemleri uygulanabilir. Çünkü atıksuların içerisinde bulunan katı maddelerin kapalı sistemlerde aşındırma ve tıkama etkisi söz konusudur. Pompalar ve yağmurlama sulama sistemleri kısa zamanda aşınmaya uğrayarak kullanılamaz hale gelirler. Ayrıca tuzluluklarının fazla olması nedeniyle damla sulamada damlaticıların debilerinin azalmasına neden olur. Aynı zamanda atıksuyun içerisinde bulunan katı maddeler toprağın hidrolik iletkenlik değerinin düşmesine yol açar.

Atıksuların arıtım işlemine tabi tutulduktan sonra kullanılması bitki besin elementlerinden bitkilerin yararlanmasını daha güvenle sağlayabilir. Atıksu içerisinde değişik oranlarda yer alan organik madde, azot, fosfor, potasyum, mikro elementler ve diğer besin elementleri toplam ticari gübre ihtiyacını azaltarak çiftçilere ekonomik katkı sağlayabilir.

Atıksuların sulamada güvenle kullanılması için çiftçilerin bu konuda eğitilmesi gerekmektedir. Çiftçilerin büyük çoğunluğu sulama konusundaki bilgisizliklerinden ötürü suyu gereğinden fazla kullanmaktadır. Buda sulamadan beklenen yararları sağlamamaktadır ve atıksu ile sulama yapan çiftçiler verim azalışından şikayet etmektedirler. Ayrıca atıksuyun bilinçsizce ve gereğinden fazla miktarlarda kullanılması içerisindeki mikroorganizmalar tarafından bulaşıcı hastalıklar yapabilmek halk sağlığını tehdit edebilir.

Giderek azalan su kaynaklarına alternatif sayılabilecek ve çiftçimiz ile ÷lkemize ekonomik yönden önemli katkısı olabilecek bu konunun üzerinde durulması ve atıksu arıtma tesislerinin en kısa zamanda yapılarak halk sağlığını tehdit eden arıtılmamış atıksuların kullanımından vazgeçilmesi gerekmektedir.



**KAYNAKLAR**

- Anonymous, 1985a. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Sixteenth Edition, American Public Health Association, Washington.
- Anonymous, 1985b. The Use of Non-conventional Water Resources in Developing Countries. Natural Water Resources Series No. 14. United Nations DTCD, New York.
- Anonymous, 2002. SPSS User Manual. SPSS Inc. Chicago, USA.
- Arcak, S., Karaca A. and Haktanır K., 2000. Investigation on Sewage Sludge: Chemical Composition and Effects on Some Chemical Properties of Soil. Proceedings of International Symposium on Desertification. p: 339-345. Konya/Turkey
- Aydın, A. ve Sezen, Y., 1995. Toprak Kimyası Laboratuvar Kitabı. Atatürk Üni. Zir. Fak. Ders Yayınları No: 174, Erzurum.
- Ayers, R. S. and Tanji, K. K., 1981. Agronomic Aspects of Crop Irrigation with Wastewater. Proc. Water Forum, ASCE, New York, N. Y., p: 579-586.
- Ayers, R.S. and Westcot, D. W., 1994. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29, Rome.
- Ayyıldız, M., 1990. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üni. Zir. Fak. Ders Yayınları, 1196, Ankara.
- Baier, D. and Fryer, W. B., 1973. Undesirable Plant Responses with Sewage Irrigation. Journal of the Irrigation and Drainage Division, Vol. 99, No. IR2, 133-141.
- Baykan, Ö., 1961. Atatürk Üniversitesi Erzurum Çiftliği Topraklarının Bazı Özellikleri, Tasnifi ve Haritalaması. Atatürk Üni. Yayını No: 87-34, s: 9-42, Erzurum.
- Bremner, J. M. and Mulvaney C.S., 1982. Nitrogen Total. Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Second Edition. Agronomy. No: 9, p: 597-622.
- Bouwer, H., 1992. Agricultural and Municipal Use of Wastewater. Water Science Technology, Vol. 26, no. 7-8, 1583- 1591.
- Bouwer, H., 1993. From Sewage Farm to Zero Discharge. European Water Pollution Control, Vol. 3, No. 1, 9-16.
- Bouwer, H. and Idelovitch, E., 1987. Quality Requirements for Irrigation with Sewage Water. Journal of Irrigation and Drainage, Vol. 113, No. 4, November 1987, 516-535.
- Cao, Z. H. and Hu, Z. Y., 2000. Copper Contamination in Paddy Soils Irrigated with Wastewater. Chemosphere, 41, 3-6.
- Delibaş, L., 1994. Sulama. Trakya Üni. Tekirdağ Zir. Fak. Yay. No: 213, Ders Kitabı No: 24, Tekirdağ.
- Demiralay, İ., 1993. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üni. Zir. Fak. Ders Yayınları No: 143, Erzurum.
- Demircioğlu, N., Kobya, M., Yıldız, E. ve İrdemez, Ş., 1995. Çevre Mühendisliği Kimyası Laboratuvar Notları. Atatürk Üni. Müh. Fak. Çevre Müh. Böl. Ders Notları Sayı No: 34, Erzurum.
- Erden, A. B., 1990. Çağımız ve Çevre Kirliliği. Kadioğlu Matbaası, Ankara.
- Eroğlu, V., Sarıkaya, Z. ve Sevimli, F., 2000. Atıksu Arıtma Tesisleri. Atıksu Arıtma Tesisleri İşletme El Kitabı. İstanbul Büyükşehir Belediyesi İSKİ Genel Müd., Ed: D. Topacık., s: 1-29.
- FAO, 1990. Micronutrient. Assesment at The Country Leves an International Study.

- FAO Soils Bulletin 63. Rome.
- Friedel, J.K., Langer, T., Siebe, C. and Stahr, K., 2000. Effects of Long-term Wastewater Irrigation on Soil Organic Matter, Soil Microbial Biomass and its Activities in Central Mexico. *Biol. Fertil. Soils*, 31: 414-421.
- Garvanska., S.M., 2000. Determination of The Effect of Sludge from Wastewater Treatment Station Near Sofia-city Fertilizer. *Proceedings of International Symposium on Desertification*. p: 333-338. Konya/Turkey
- Gee, G. W., and Hortage K.H., 1986. Particle- Size Analysis. *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Minerological Methods. Second Edition. Agronomy No: 9*, p: 383-441.
- Hakgören, F., 1996. Sulama (Planlama ve Projeleme İlkeleri). T. C. Akdeniz Üni. Yay. No: 67, Antalya.
- Hills, D. J., Nawar, F. M. and Waller, P.M., 1989. Effect of Chemical Clogging on Drip-tape Irrigation Uniformity. *Trans. ASAE*, 32(4): 1202-1206.
- Jackson, R. D., 1982. Canopy Temperatures and Crop Water Stress. In, Hillel, D. E., Ed. *Advances in Irrigation*. Academic Pres, New York, p: 43-85.
- Kacar, B., 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III. *Toprak Analizleri*. Ankara Üni. Ziraat Fak. Eğitim. Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No:3. Ankara.s: 439-466.
- Kanber, R., 1999. Sulama (II. Baskı). Çukurova. Üni. Zir. Fak. Genel Yayın No: 174, Ders Kitapları Yayın No: A-52, Adana.
- Kanber, R., Kırdı, C., ve Tekinel O., 1992. Sulama Suyu Niteliği ve Sulamada Tuzluluk Sorunları. Çukurova. Üni. Zir. Fak. Genel Yayın No: 21, Ders Kitapları No: 6, Adana.
- Karpuzcu, M., 1988. Çevre Mühendisliğine Giriş (II. Baskı). İ.T.Ü. Kütüphanesi Sayı: 1356, İstanbul.
- Kılınç, M. Y., 1998. Atıksuların Sulamada Kullanılması. I. Atıksu Sempozyumu, 22-24 Haziran 1998, Kayseri, s: 156-159.
- Kirkham, M.B., 1986. Problems of Using Wastewater on Vegetable Crops. *HortScience*, 21(1): 24-27.
- Köksal, H., Ödemiş, B., ve Kanber, R., 1998. Atıksuların Tarımda Kullanım Olanakları. I. Atıksu Sempozyumu, 22-24 Haziran 1998, Kayseri, s: 149-155.
- Kumbur, H., ve Gündoğdu, E., 1998. Evsel Atıksuların Tarımsal Amaçlı Değerlendirilmesi. I. Atıksu Sempozyumu, 22-24 Haziran 1998, Kayseri, s: 160-166.
- Levy, R., Fine, P. and Feigin, A., 1986. Sodicity Levels of Soils Equilibrated with Wastewaters. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50, 35-39.
- Lindsay, W.L. and Norwell W.A., 1969. Development of DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc. Vol: 33*, 49-54.
- Magesan, G. N., Williamson, J. C., Yeates, G. W. and Lloyd-Jones, A. Rh., 2000. Wastewater C:N Ratio Effects on Soil Hydraulic Conductivity and Potential Mechanisms of Recovery. *Bioresource Technology*, 71, 21-27.
- Magesan, G. N., Williamson, J. C., Sparling, G. P., Schipper, L. A. and Lloyd-Jones, A. Rh., 1999. Hydraulic Conductivity in Soils Irrigated with Wastewaters of Differing Strengths: Field and Laboratory Studies. *Aust. J. Soil Res.*, 37, 391-402.
- McLean, E. O., 1982. Soil pH and Lime Requirement. *Methods of Soil Analysis Part 2*.

- Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. No: 9, p: 199-224.
- Muslu, Y., 1994. Atıksuların Arıtılması. İ.T.Ü. Matbaası, Gümüşsuyu, 859s.
- Nakayama, F. S., 1982. Water Analysis and Treatment Techniques to Control Emitter Plugging. Proc. Irrigation Association Conference, 21-24 February 1982. Portland, Oregon, USA.
- Nelson, R.E., 1982. Carbonate and Gypsum. Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. No: 9, p: 181-199.
- Nelson, D. W. and Sommers L. E., 1982. Organic Matter. Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. No: 9, p: 574-579.
- Olsen, S. R. and Sommers L.E., 1982. Phosphorus. Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. No: 9, p: 403-427.
- Okuroğlu, M. ve Yağanoğlu, A. V., 1998. Kültürteknik. Atatürk Üni. Yayınları No: 886, Zir. Fak. Yay. No: 336, Ders Kitapları Serisi No: 83, Erzurum.
- Omman, M.S and Waly T.M., 1988. Effect of Sewage Irrigation on Yield, Three Components and Heavy Metals Accumulation in Neval Orange Trees. Biol. Wastes, 23: 17-24.
- Papadopoulos, I., 1997. Wastewater Use for Irrigation: Management Aspects. Int. Conf. On Wastewater, p: 137-150.
- Petersen, R. G. and Calvin, L. D., 1965. Sampling Methods of Soil Analysis (C. A. Black et al. edit.). Part I, Agronomy Series No:9, Am. Soc. of Arg. Inc. Pub., Madison Wisconsin, USA, p: 54-72.
- Pescod, M. B., 1992. Wastewater Treatment and Use in Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 47, Rome.
- Postel, S., 1989. Water for Agriculture: Facing the Limits. WWI, Washington.
- Rhoades, J.D., 1982a. Cation Exchange Capacity. Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. No: 9, p: 149-157.
- Rhoades, J.D., 1982b. Exchangeable Cations. Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. No: 9, p: 159-164.
- Sadeh, A. and Ravina, I., 2000. Relationships Between Yield and Irrigation with Low-quality Water – A System Approach. Agricultural Systems, 64: 99-113.
- Saltalı, K., Brohi, A.R. and Bilgili A.V., 2000. The Effect of Tobacco Waste on The Soil Characteristics and Plant Nutrient Contents of Alkaline Soils. Proceedings of International Symposium on Desertification. p: 531-536. Konya /Turkey
- Sanders, J.R., Trevor, McM.A. and Christensen B.T., 1986. Extractability and Bioavailability of Zn, Ni, Cd, and Cu in Three Danbush Soils Sampled 5 Years After Application of Sewage Sludge. J. Sci. Food Agric., 37: 1155-1164.
- Schipper, L. A., Williamson, J. C., Kettles, H. A. and Speir, T. W., 1996. Impact of Land-applied Tertiary Effluent on Soil Biochemical Properties. J. Environ. Qual., 25: 1073-1077.
- Sezen, Y., 1988. Suların Genel Özellikleri ve Kalitesi (Basılmamış Ders Notu), Atatürk Üni. Zir. Fak. Erzurum.
- Sezen, Y., 1995. Gübreler ve Gübreleme. Atatürk Üni. Yayınları No: 679. Ziraat



- Fakültesi Yayınları No: 303. Ders Kitapları Serisi No:55. Erzurum.
- Shahalam, A., Abu Zahra, B. M. and Jaradat, A., 1998. Wastewater Irrigation Effect on Soil, Crop and Environment: A Pilot Scale Study at Irbid, Jordan. *Water, Air and Soil Pollution* 106: 425-445.
- Shuval, H.I., 1977. *Water Reuse and Renovation* (ed.). Academic Pres, New York.
- Shuval, H.I., 1990. *Wastewater Irrigation in Developing Countries. Summary of World Bank Technical Paper Number 51*, Washington, USA.
- Sort, X. and Alcañiz, J.M., 1999. Modification of Soil Porosity After Application of Sewage Sludge. *Soil & Tillage Research*, 49, 337-345.
- Soyupak, S., 1997. *Atıksu Arıtma Tesislerinin Planlanması. Türkiye ve Orta Doğu Amme İdaresi Enstitüsü*, Ankara.
- Tarchitzky, J., Golobati, Y., Keren, R. and Chen, Y., 1999. Wastewater Effects on Montmorillonite Suspensions and Hydraulic Properties of Sandy Soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 63, 554-560.
- Tchobanoglous, G., and Burton, F.L., 1991. *Wastewater Engineering. Metcalf & Eddy, Inc., USA.*
- Tok, H. H., 1997. Çevre Kirliliği. *Trakya Üni. Zir. Fak. Tekirdağ.*
- Tosunoğlu, V., Boncukcuoğlu, R., Anapalı, Ö. ve Şahin, Ü., 1999. Eysel ve Endüstriyel Atıkların Karasu'da Neden Olduğu Kirlenme. *Atatürk Üni. Zir. Fak. Derg.*, 30 (2), 169-176.
- Tünay, O. ve Meriç, S., 2000. *Atıksuların Karakterizasyonu. Atıksu Arıtma Tesisleri İşletme El Kitabı. İstanbul Büyükşehir Belediyesi İSKİ Genel Müd., Ed: D. Topacık., 30-38.*
- Vandevivere, P. and Baveye, P., 1992. Saturated Hydraulic Conductivity Reduction Caused by Aerobic Bacteria in Sand Columns. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 56, 1-13.
- Vinten, A. J. A., Mingelgrin, U. and Yaron, B., 1983a. The Effect of Suspended Solids in Wastewater on Soil Hydraulic Conductivity: I. Suspended Solids Labelling Method. *Soil Sci. Am. J.*, 47, 402-407.
- Vinten, A. J. A., Mingelgrin, U. and Yaron, B., 1983b. The Effect of Suspended Solids in Wastewater on Soil Hydraulic Conductivity: II. Vertical Distribution of Suspended Solids. *Soil Sci. Am. J.*, 47, 408-412.
- Westcot, D. W., 1997. *Quality Control of Wastewater for Irrigated Crop Production. FAO Water Reports 10, Rome.*
- Witt, V. M. and Reiff, F. M. 1991. Environmental Health Conditions and Cholera Vulnerability in Latin America and The Caribbean. *J. of Public Health Policy*, 12(4): 450-463.
- Zulu, G., Toyota, M. And Misawa, S., 1996. Characteristics of Water Reuse and its Effects on Paddy Irrigation System Water Balance and The Riceland Ecosystem. *Agricultural Water Management*, 31: 269-283.





## ÖZGEÇMİŞ

İzmir'de 1977 yılında doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Ankara'da tamamladı. 1994 yılında girdiği Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü'nden bölüm ikincisi olarak 1998 yılında mezun oldu.

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünde 1999 yılından beri Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.



**TEC. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**