

**ANKARA ÇAYI'NIN TARIMSAL SULAMA AMAÇLI
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Derya ÇALIŞKAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE BİLİMLERİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ŞUBAT 2010

ANKARA

Derya ÇALIŞKAN tarafından hazırlanan ANKARA ÇAYI'NIN TARIMSAL SULAMA AMAÇLI KULLANIMININ UYGUNLUĞUNUN VE HALK SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç.Dr. Gamze Yücel IŞILDAR
Tez Danışmanı, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Çevre Bilimleri Anabilim Dalında Yüksek Lisans olarak kabul edilmiştir.

Yrd.Doç.Dr Gamze Yücel IŞILDAR
Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Doç.Dr Rabia Sarıkaya
Eğitim Fakültesi, Gazi Üniversitesi

Doç.Dr Çağlan Karasu BENLİ
Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Tarih: / / 2010

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Derya ÇALIŞKAN

**ANKARA ÇAYI'NIN TARIMSAL SULAMA AMAÇLI
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI
(Yüksek Lisans Tezi)**

Derya ÇALIŞKAN

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Şubat 2010**

ÖZET

Bu çalışmanın amacı; Ankara Çayı'nın su kalitesini belirleyerek; tarımsal sulama suyu olarak kullanımının uygunluğunu değerlendirmektir. Bu amaçla; Ankara Çayı'ndan, 4 mevsim boyunca 6 istasyondan su örneği alınmış ve belirlenen sulama suyu parametrelerinin analizleri yaptırılmıştır. Analizlerin sonuçları Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği kapsamında değerlendirilmiştir. Sulama suyu parametrelerinden elektriksel iletkenlik ve değişebilir sodyum yüzdesi değerleri standartların üzerinde çıkmıştır. Ankara Çayının sulama amaçlı kullanımın zaman içerisinde toprakta tuzluluk oluşturacağı tespit edilmiştir. Sulama suyu sınıfı açısından Ankara Çayı'ndan alınan tüm numunelerin C3S1 (Kullanılabilir) sulama suyu sınıfında olduğu, sodyum absorpsiyon oranı , sodyum karbonat kalıntısı , klorür, sülfat, toplam tuz konsantrasyonu , bor konsantrasyonu ve pH gibi ölçülen diğer sulama suyu kalite parametreleri çerçevesinde sınır değerler altında olduğu, ölçülen bu değerlerin istasyonlar arası ve mevsimlere göre değişiklik göstermediği istatistiksel olarak belirlenmiştir.

Sonuç olarak Ankara Çayının sulama amaçlı olarak kullanılabilmesi için tüm sulama suyu kalite parametreleri açısından uygunluğunun sağlandıktan sonra kullanımının uygun olabileceği tespit edilmiştir.

Bilim Kodu : 903.1.126
Anahtar Kelimeler : Su kirliliği ve kontrolü, sulama suyu kalitesi, Ankara Çayı
Sayfa Adedi : 76
Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Gamze YÜCEL IŞILDAR

RESEARCH FOR THE USABILITY OF ANKARA CREEK FOR AGRICULTURAL IRRIGATION PURPOSE

(M. Sc. Thesis)

Derya ÇALIŞKAN

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE**

ABSTRACT

Objective of this study is to assess the potential use of Ankara Creek for irrigation purposes by determining the water quality. For this purpose; samples from 6 stations have been collected throughout four seasons and analysis for irrigation water parameters have been conducted. Results of analysis have been evaluated within the context of “Water Pollution Control Regulation Directive for Technical Procedures”. Out of irrigation water parameters; electrical conductivity and changeable sodium percentage values have exceeded standards. It has also been determined that the use of Ankara Creek for the purpose of irrigation may create salinity. It has been statistically ascertained that, all samples obtained from Ankara Creek C3S1 (Usable) such as sodium absorption rate, sodium carbonate residue, chloride, sulfate, total salt concentration, boron concentration and pH are in irrigation class; under limiting values within the frame of other irrigation water quality parameters; and these values measured to have no change according to stations and seasons.

In conclusion, in order to use Ankara Creek for irrigation purpose, it has been determined that the use shall be convenient after providing the suitability in terms of all irrigation water quality parameters.

Science Code : 903.1.126

Key Words : Irrigation water quality, water pollution parameters, Ankara Stream Water

Page Number : 76

Adviser : Asist. Prof. Dr. Gamze YÜCEL İŞILDAR

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Tezimin tüm aşamaları boyunca derin bilgilerinden faydalandığım, sonsuz ilgi ve desteğini aldığım danışmanım Sn. Yrd. Doç. Dr. Gamze Yücel IŞILDAR’a,

Tüm çalışmam boyunca manevi desteğini hiç esirgemeyen babam Osman ÇALIŞKAN, annem Aynur ÇALIŞKAN, kardeşim Tuna ÇALIŞKAN’a,

Tezimin nihai haline kadar tüm aşamalarında vaktini benimle paylaşan ve destek sağlayan arkadaşım Sn. Burak SAAT’e,

Numunelerin toplanması aşamasında bana eşlik eden arkadaşım Sn. Hakan Can ALTUNBAY’a,

Ankara Çayı ile ilgili yapılan çalışmalarda fikir paylaşımında bulunduğum arkadaşım Sn N. Said YEKEN ‘e teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xviii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
3. MATERYAL VE METOD.....	9
3.1. Çalışma Alanı	9
3.2. Numune Alma	10
3.3. Analiz Yöntemleri	16
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	17
4.1. Elektriksel İletkenlik (EC)	21
4.2. pH	25
4.3. Değişebilir Sodyum Yüzdesi	28
4.4. SAR (Sodyum Absorbsiyon Oranı)	32
4.5. RSC (Sodyum Karbonat Kalıntısı)	36
4.6. Klorür	39
4.7. Sülfat	43

Sayfa

4.8. Toplam Tuz Konsantrasyonu	46
4.9. Bor Konsantrasyonu	50
4.10. Sulama Suyu Sınıfı	53
4.11. Anyonlar	57
4.11.1. Karbonat	57
4.11.2. Bikarbonat	57
4.12. Katyonlar	60
4.12.1. Kalsiyum	60
4.12.2. Magnezyum	63
4.12.3. Potasyum	65
4.12.4. Sodyum	67
4.12.4. Katyonlar toplamı	70
4.13. Ağır Metaller ve Toksik Elementler	73
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	74
KAYNAKLAR.....	77
ÖZGEÇMİŞ	81

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Sonbahar mevsiminde ölçülen sulama suyu değerleri.....	17
Çizelge 4.2. Kış mevsiminde ölçülen sulama suyu değerleri.....	18
Çizelge 4.3. İlkbahar mevsiminde ölçülen sulama suyu değerleri	19
Çizelge 4.4. Sonbahar mevsiminde ölçülen sulama suyu değerleri.....	20
Çizelge 4.5. Mevsimlere göre istasyonlar arası elektriksel iletkenlik değerleri.....	21
Çizelge 4.6. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğine göre EC değeri.....	22
Çizelge 4.7. Ankara Çayı’nda istasyonlar arası ölçülen elektriksel iletkenlik değerinin mevsimsel ortalaması	23
Çizelge 4.8. Ankara Çayın’nda istasyonlar arası ölçülen EC değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerleri	24
Çizelge 4.9. Ankara Çayı’nda mevsimlere göre ölçülen elektriksel iletkenlik değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı.....	24
Çizelge 4.10. Mevsimlere göre istasyonlar arası pH değerleri.....	25
Çizelge 4.11 Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğine göre pH Değeri.	26
Çizelge 4.12. Ankara çayı’nda İstasyonlar arası ölçülen Ph değerinin mevsimsel ortalaması.....	27
Çizelge 4.13. Ankara Çayın’nda istasyonlar arası ölçülen pH değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerleri	27
Çizelge 4.14. Ankara Çayı’nda mevsimlere göre ölçülen pH değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı	28
Çizelge 4.15. Mevsimlere göre istasyonlar arası değişebilir sodyum yüzdesi değerleri	29
Çizelge 4.16. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğine göre sodyum yüzdesi değeri	30
Çizelge 4.17. Ankara Çayı’nda İstasyonlar arası ölçülen değişebilir sodyum yüzdesi değerinin mevsimsel ortalaması	31

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.18. Ankara Çayın’nda istasyonlar arası ölçülen değişebilir sodyum yüzdesi değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerleri	31
Çizelge 4.19. Ankara Çayı’nda mevsimlere göre ölçülen sodyum yüzdesi değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı.....	32
Çizelge 4.20. Mevsimlere göre istasyonlar arası sodyum absorpsiyon oranı değerleri	33
Çizelge 4.21. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğine göre SAR değeri	34
Çizelge 4.22. Ankara Çayı’nda İstasyonlar arası ölçülen sodyum absorpsiyon oranı değerinin mevsimsel ortalaması	35
Çizelge 4.23. Ankara Çayın’nda istasyonlar arası ölçülen SAR değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerleri	35
Çizelge 4.24. Ankara Çayı’nda mevsimlere göre ölçülen SAR değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı	35
Çizelge 4.25. Mevsimlere göre istasyonlar arası sodyum karbonat kalıntısı değerleri	36
Çizelge 4.26. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğine göre RSC değeri	37
Çizelge 4.27. Ankara Çayı’nda İstasyonlar arası ölçülen sodyum karbonat kalıntısı değerinin mevsimsel ortalaması.....	38
Çizelge 4.28. Ankara Çayın’nda istasyonlar arası ölçülen RSC değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerleri	39
Çizelge 4.29. Ankara Çayı’nda mevsimlere göre ölçülen RSC değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı	39
Çizelge 4.30. Mevsimlere göre istasyonlar arası klorür değerleri.....	40
Çizelge 4.31. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğine göre klorür değeri	41
Çizelge 4.32. Ankara Çayı’nda istasyonlar arası ölçülen klorür değerinin mevsimsel ortalaması.....	42

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.33. Ankara Çayın’nda istasyonlar arası ölçülen klorür değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerleri	42
Çizelge 4.34. Ankara Çayı’nda mevsimlere göre ölçülen klorür değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı	42
Çizelge 4.35. Mevsimlere göre istasyonlar arası sülfat değerleri.....	43
Çizelge 4.36 Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğine göre sülfat değeri	44
Çizelge 4.37. Ankara Çayı’nda istasyonlar arası ölçülen sülfat değerinin mevsimsel ortalaması.....	45
Çizelge 4.38 Ankara Çayın’nda istasyonlar arası ölçülen sülfat değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerleri	45
Çizelge 4.39. Ankara Çayı’nda mevsimlere göre ölçülen sülfat değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı	46
Çizelge 4.40. Mevsimlere göre istasyonlar arası toplam tuz konsantrasyonu değerleri	47
Çizelge 4.41 Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğine göre toplam tuz konsantrasyonu değeri	48
Çizelge 4.42. Ankara Çayı’nda istasyonlar arası ölçülen toplam tuz değerinin mevsimsel ortalaması.....	49
Çizelge 4.43. Ankara Çayın’nda istasyonlar arası ölçülen toplam tuz değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerleri	49
Çizelge 4.44. Ankara Çayı’nda mevsimlere göre ölçülen toplam tuz değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı.....	49
Çizelge 4.45. Mevsimlere göre istasyonlar arası bor konsantrasyonu değerleri	50
Çizelge 4.46. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğine göre bor değeri	51
Çizelge 4.47. Ankara Çayı’nda istasyonlar arası ölçülen bor değerinin mevsimsel ortalaması.....	52

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.48. Ankara Çayın’nda istasyonlar arası ölçülen bor değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerleri	52
Çizelge 4.49. Ankara Çayı’nda mevsimlere göre ölçülen bor değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı	53
Çizelge 4.50. Mevsimlere göre istasyonlar arası sulama suyu sınıfları.....	55
Çizelge 4.51. Mevsimlere göre istasyonlar arası bikarbonat değerleri.....	58
Çizelge 4.52. Ankara Çayı’nda istasyonlar arası ölçülen bikarbonat değerinin mevsimsel ortalaması.....	59
Çizelge 4.53. Ankara Çayın’nda istasyonlar arası ölçülen bikarbonat değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerleri	59
Çizelge 4.54. Ankara Çayı’nda mevsimlere göre ölçülen bikarbonat değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı	60
Çizelge 4.55. Mevsimlere göre istasyonlar arası kalsiyum değerleri	61
Çizelge 4.56. Ankara Çayı’nda istasyonlar arası ölçülen kalsiyum değerinin mevsimsel ortalaması.....	62
Çizelge 4.57. Ankara Çayın’nda istasyonlar arası ölçülen kalsiyum değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerleri	62
Çizelge 4.58. Ankara Çayı’nda mevsimlere göre ölçülen kalsiyum değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı	62
Çizelge 4.59. Mevsimlere göre istasyonlar arası magnezyum değerleri	63
Çizelge 4.60. Ankara Çayı’nda istasyonlar arası ölçülen magnezyum değerinin mevsimsel ortalaması.....	64
Çizelge 4.61. Ankara Çayın’nda istasyonlar arası ölçülen magnezyum değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerleri	64
Çizelge 4.62. Ankara Çayı’nda mevsimlere göre ölçülen magnezyum değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı.....	64
Çizelge 4.63. Mevsimlere göre istasyonlar arası potasyum değerleri	65
Çizelge 4.64. Ankara Çayı’nda istasyonlar arası ölçülen potasyum değerinin mevsimsel ortalaması.....	66

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.65. Ankara Çayın’nda istasyonlar arası ölçülen potasyum değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerleri	67
Çizelge 4.66 . Ankara Çayı’nda mevsimlere göre ölçülen potasyum değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı.....	67
Çizelge 4.67. Mevsimlere göre istasyonlar arası sodyum değerleri	68
Çizelge 4.68. Ankara Çayı’nda istasyonlar arası ölçülen sodyum değerinin mevsimsel ortalaması.....	69
Çizelge 4.69. Ankara Çayın’nda istasyonlar arası ölçülen sodyum değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerleri	70
Çizelge 4.70. Ankara Çayı’nda mevsimlere göre ölçülen sodyum değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı	70
Çizelge 4.71. Mevsimlere göre istasyonlar arası katyonlar toplamı değerleri	71
Çizelge 4.72. Ankara Çayı’nda istasyonlar arası ölçülen katyonlar toplamı değerinin mevsimsel ortalaması	72
Çizelge 4.73. Ankara Çayın’nda istasyonlar arası ölçülen katyonlar toplamı değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerleri.....	72
Çizelge 4.74. Ankara Çayı’nda mevsimlere göre ölçülen katyonlar toplamı değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı.....	72

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Ankara Çayı vaziyet planı	9
Şekil 3.2. Ankara Çayı'nı besleyen çayların debileri	10
Şekil 3.3. Ankara Çayın üzerinde numune alınan noktalar	12
Şekil 3.4. İstasyon 1	13
Şekil 3.5. İstasyon 2	13
Şekil 3.6. İstasyon 3	14
Şekil 3.7. İstasyon 4	14
Şekil 3.8. İstasyon 5	15
Şekil 3.9. İstasyon 6	15
Şekil 4.1. Mevsimlere göre istasyonlar arası EC değerleri değişimi grafiği.....	22
Şekil 4.2. Mevsimlere göre istasyonlar arası pH değerleri değişimi grafiği.....	26
Şekil 4.3. Mevsimlere göre istasyonlar arası sodyum yüzdesi değerleri değişimi grafiği	29
Şekil 4.4. Mevsimlere göre istasyonlar arası sodyum absorpsiyon oranı değişimi grafiği.....	33
Şekil 4.5. Mevsimlere göre istasyonlar arası sodyum karbonat kalıntısı değerleri değişimi grafiği	37
Şekil 4.6. Mevsimlere göre istasyonlar arası klorür iyonu değişimi grafiği	40
Şekil 4.7. Mevsimlere göre istasyonlar arası sülfat iyonu değişimi grafiği.....	44
Şekil 4.8. Mevsimlere göre istasyonlar arası toplam tuz konsantrasyonu değişimi grafiği.....	47
Şekil 4.9. Mevsimlere göre istasyonlar arası bor konsantrasyonu değişimi grafiği	51
Şekil 4.10. Sulama suyu sınıflandırma grafiği	56

Şekil	Sayfa
Şekil 4.11. Mevsimlere göre istasyonlar arası bikarbonat anyonu değişimi grafiği.....	58
Şekil 4.12. Mevsimlere göre istasyonlar arası kalsiyum değeri değişimi grafiği.....	61
Şekil 4.13. Mevsimlere göre istasyonlar arası magnezyum değeri değişimi grafiği.....	63
Şekil 4.14. Mevsimlere göre istasyonlar arası potasyum değeri değişimi grafiği.....	66
Şekil 4.15. Mevsimlere göre istasyonlar arası sodyum değeri değişimi grafiği.....	69
Şekil 4.16. Mevsimlere göre istasyonlar arası katyonlar toplamı değişimi grafiği.....	71

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
%	Yüzde
‰	Binde
dS/m	desiSiemens/metre
mmhos/cm	milimikrohos/cm
ppm	milyonda bir
meq/L	Miliekuvalant
mg/l	miligram /litre
Kısaltmalar	Açıklama
ASKİ	Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi
BOİ	Biyolojik oksijen ihtiyacı
EC	Elektriksel iletkenlik
ESP	Değişebilir sodyum yüzdesi
KOI	Kimyasal oksijen ihtiyacı
RSC	Sodyum karbonat kalıntısı
SAR	Sodyum absorpsiyon oranı
SKKY	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences

1. GİRİŞ

Su canlıların yaşaması için hayati öneme sahiptir. En küçük canlı organizmadan en büyük canlı varlığa kadar, bütün biyolojik yaşamı ve bütün insan faaliyetlerini ayakta tutan sudur. Özellikle insan yaşam sürecinin her döneminde beslenme, dolaşım, solunum, boşaltım, üreme gibi hayatsal faaliyetlerin gerçekleşebilmesi için su, olmazsa olmaz bir maddedir. Yani ‘su’yu, yaşamın ta kendisi, temel kaynağı olarak tanımlamak mümkündür. Dünyamızın %70’ ini kaplayan su, bedenimizin de önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Ancak yeryüzündeki su kaynaklarının yaklaşık %0.3’ ü kullanılabilir ve içilebilir özelliktedir [www.cevreorman.gov.tr, 2009]. Dolayısıyla suyun varlığı, temiz suya erişim ve “su kalitesi” nin korunması son derece önemlidir. Suyu olan ihtiyacın artmasına karşın küresel ısınma ve çevre kirliliği gibi nedenlerle su kaynaklarının azalması suyu daha da stratejik bir kaynak haline getirmiştir.

Bu kadar hayati öneme sahip suyun dünyadaki ve ülkemizdeki varlığına ve dağılımına baktığımızda, her ne kadar dünyanın 2/3 ü sularla kaplı olsa da; dünyadaki mevcut su kaynaklarının ancak % 3 kadarı tatlı su kaynağıdır. Bu miktarın da % 31.4’ü yeraltı suyu ve % 68.3’ü kutuplar ve diğer bölgelerde buz formunda tutulu bulunmaktadır. Böylece sulama, içme-kullanma ve endüstriyel amaçlarla gereksinim duyulan suyun, % 0.3’ü göller ve % 0.003’ü akarsularda olmak üzere, çok az bir bölümü yerüstü su kaynaklarında bulunmaktadır. [www.iski.gov.tr, 2009]

Dünya Bankası verilerine göre sağlıklı bir yaşam için yılda kişi başına 36-72 m³ suya ihtiyaç vardır. Bu miktar; sulama, sanayi ve enerji üretimi de eklenince kişi başına yılda 1.000 m³e yükselmektedir. Bu rakamlara göre, maalesef Dünya nüfusunun %40’ını barındıran 80 ülke şimdiden su sıkıntısı çekmektedir. Kişi başına düşen su kullanımı, toplumun gelişmişlik seviyesiyle doğru orantılı olduğundan, su tüketimi gelişmiş ülkelerde oldukça yüksek (Amerika Birleşik Devletleri’nde 1692 m³ (Avrupa’da 726 m³ v.b.) gelişmekte olan ülkelerde ise daha düşüktür (Afrika 244 m³). Yine de şu bir gerçektir ki; 1940-1980 yılları arasında su kullanımı iki katına çıkmıştır. Nüfusun hızla artması, buna karşılık su kaynaklarının sabit kalması sebebiyle su ihtiyacı her geçen gün daha da artmaktadır.

Dünyadaki toplam su tüketiminin %70'i sulama, %22'si sanayi ve %8'i içme ve kullanma suyu amaçlıdır. Gelişmiş ülkelerde bu oranlar sırasıyla %30, %59, %11 iken az gelişmiş ülkelerde %82, %10 ve %8'dir [www.wwf.org.tr, 2009]. Ülkemizde tüketilen 38.9 milyar m³ suyun 32.9 milyar m³'ü yerüstü suyundan, 6 milyar m³'ü ise yeraltı suyundan karşılanmaktadır. Yerüstü suyundan tüketim miktarına göre sulama (% 82), içme- kullanma (% 10), sanayi (% 8) şeklinde olan sıralama, yeraltı suyunda; içme- kullanma (% 39), sulama (% 37), sanayi (% 24) şeklinde gerçekleşmiş bulunmaktadır [Burak, 1997].

Türkiye'deki su potansiyeline baktığımızda ülkemizin dünyanın yarı kurak bir bölgesinde yer aldığı görülmektedir. Dünya yüzüne düşen yağış ortalaması 800 mm civarında iken bu değer Türkiye'de yılda ortalama 643 mm'dir. Ülkemizde bölgeler arasında da büyük farklılıklar görülmekte, yağışlar bazı yörelerde yılda 3000 mm'yi aşarken bazı bölgelerimizde ise 250 mm'nin altına düşmektedir. Bu yüzden, ülkemiz açısından su kaynakları planlama ve geliştirme çalışmaları geçmişte olduğu gibi bugün ve gelecekte de daha büyük önem ve değer kazanarak devam etmek zorundadır.

Yapılan etütler neticesinde günümüz teknik ve ekonomik şartları çerçevesinde çeşitli maksatlara yönelik olarak tüketilebilecek yerüstü ve yeraltı suyu potansiyelinin ise yılda ortalama 110 milyar m³ olduğu belirlenmiştir. Bu miktarın 95 milyar m³'ünün yurt içinden doğan akarsulardan, 3 milyar m³'ünün yurt dışından giriş yapan akarsulardan, 14 milyar m³'ünün ise yeraltı suyundan sağlanabileceği kabul edilmektedir. Bugünkü koşullarda 95 milyar m³ yüzey suyu potansiyelimizin ancak 27.5 milyar m³'ünden (%29) yararlanılabilmektedir. Yararlanılan su potansiyelinin 20.9 milyar m³'ü (%76) sulamada, 3.85 milyar m³'ü (%14) belediyeler tarafından içmesuyu olarak, 2.75 milyar m³'ü (%10) de sanayide kullanılmaktadır [Akkaya, 2007].

Türkiye'de bugün için kişi başına düşen kullanılabilir su potansiyeli, yaklaşık 1 600 m³ /yıl civarındadır. Türkiye'nin kişi başına kullanılabilir su varlığı, diğer bazı ülkeler ve dünya ortalaması ile karşılaştırıldığında su zengini olmayan ülkeler

arasında yer aldığı görülmektedir. Üstelik, mevcut su potansiyelinin % 76 gibi çok büyük bir kısmının sulama amaçlı kullanıldığı göz önüne alındığında, suların rasyonel kullanımı ve su kalitesinin önemi ortaya çıkmaktadır.

Günümüzde hızlı nüfus artışı, sanayileşme, kentleşme, tarım ve en üstte yanlış çevre politikalarından dolayı; bir yandan mevcut su kaynakları kirlenirken bir yandan da su tüketimi hızla artmaktadır. Suyun hidrolojik döngüsü sırasında antropojenik kullanımdan kaynaklanan çok çeşitli yabancı madde ile karışması veya doğal olarak bulunabilen maddelerin çeşitli nedenler ile sularda olması gereken miktarın üstüne çıkması, sularda önemli kirlenme sorunları meydana getirir. Suları kirlenme potansiyeli bakımından kirlenici kaynaklar şöyle sıralanabilir: endüstriyel organik ve inorganik atıklar, endüstriyel atık ısı, kanalizasyon atıkları, tarımsal atıklar, erozyon sonucu oluşan sedimentler, asit maden suları, petrol ve yağ kirlenmeleri vb [Karaca, 2009]. Bu kirlenici sulara karışması ile birlikte, su kalitesinde meydana gelen olumsuz değişimler, suyun kullanım amaçlarına yönelik olarak sorunların ortaya çıkmasına neden olur. Burada suların kullanım amaçlarına uygunluğunu saptamak için uygulanması gerekli standartlar devreye girmektedir. Suyun endüstri, tarım ve diğer alanlarda kullanımı ile ilgili standartlar ve tolerans sınırları da vardır. Standartların ve tolerans sınırlarının konulmasındaki amaç, suyun içerdiği iyon, gaz ve asılı haldeki maddelerin belli sınırları aşması halinde ortaya çıkabilecek olumsuz ve insan, hayvan ve bitki yaşamına zararlı etkilerin önlenmesidir. Su kalitesi ve kirliliği araştırmalarının çoğunun ana amacı, suyun belli kullanım amacına uygunluğunun saptanmasıdır. Bu çalışmada da, Ankara Çayı'nın tarımsal amaçlı kullanımının uygunluğu araştırılacaktır.

Ankara Çayı'nın önemli bir yüzeysel su kaynağı olması su kalitesinin korunması açısından büyük önem taşımaktadır. Yüzeysel su kaynaklarının kirlenmesine yol açan önemli unsurlar; kentsel kanalizasyon sularının arıtılmadan veya kısmen arıtılarak yüzey sularına deşarj edilmeleri, kanalizasyon sistemlerinden ve açıktaki katı atık yığınlarından kaynaklanan sızıntıların dan kaynaklanan kirlenme, toprakta ve sulama kanallarında bulunan tarım ilacı ve kimyasal gübre kalıntılarının yüzey sularına ve akiferlere karışması ve erozyonu hızlandıran, doğal göllerde ve baraj

göllerinde çökelti birikimine yol açan ormansızlaşma ve yetersiz/yanlış tarımsal uygulamalar olarak sıralanabilir. [www.cevreorman.gov.tr, 2009].

Yüzey ve yer altı sularının kirletilmesinde en etkili olan kaynaklardan biriside endüstriyel atıksular olmasına rağmen, bu alanlarda arıtmaların yeterli duruma getirilmesi için yapılan çalışmalar yeterli değildir [TOBB, 2009]. Tüm bunların yanı sıra tarımsal uygulamalarda yüzeysel suların kirlenmesine yol açmaktadır. Zirai mücadele için yapılan ilaçlamalarda, havadaki ilaç zerrecilerinin rüzgarla sulara taşınması sebebiyle sular kirlenmektedir. Diğer yandan kimyasal gübrelerin bilinçsizce ve aşırı kullanımı da zamanla toprağı çoraklaştırmakta, bunun sonucunda hem toprağın verimi düşmekte, hem de yeraltı sularına sızması ve yüzey su akışlarıyla birlikte yerüstü sularına karışması neticesinde su kirliliğine sebep olmaktadır.

Daha önce de bahsedildiğı gibi, ülkemizdeki mevcut su potansiyelinin % 76 sının sulama amaçlı kullanıldığı göz önüne alındığında, sulama amaçlı kullanılan yüzeysel suların kalitesinin önemi çok daha iyi anlaşılmaktadır. Büyük derişimde yabancı madde içeren sular, sulama suyu olarak kullanıldığında, gerekli önlemler alınmazsa, toprağın yapısının zamanla bozulmasına neden olur. Sonuçta normal topraklar tuzlu ve alkali topraklara döşebilir. Sulama ile toprakların yapısının bozulması, sulu ziraat sistemi uygulanan bölgelerde önemli bir ekonomik sorun ortaya çıkar. Bu nedenle sulamada kullanılan; kuyu, kaynak, artezyen ve dere sularının yabancı madde derişimlerinin bilinmesi, toprağı verilmesinde sakınca olmadığı saptandıktan sonra toprağı verilmesi önemli bir konudur.

Buradan hareketle; tarımsal sulama amaçlı kullanıldığını bildiğimiz Ankara Çayı'nın sulama suyu açısından kalitesinin belirlenmesi, tarımsal sulama açısından uygunluğunun değerlendirilmesi ve yukarıdaki kirlilik kaynaklarından hangisinin etkin olduğunun tesbit edilmesi amacı ile bu tez kapsamında proje başlatılarak, proje sonucunda elde edilen bulgular dokümanite edilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Tarımda su kalitesinin önemi her geçen gün üzerinde daha çok durulmaya başlanan bir konu haline gelmiştir. Sulama suyunun karakteristikleri ve kalitesi ile ilgili 20.yüzyılın başlarında çalışmalar başlamış ve tarımın önemi arttıkça ve tarım politikaları güçlendikçe sulama suyu ile ilgili çalışmalar hız kazanmıştır.

1990 lı yıllarda da Türkiye’de sulama suyu ile ilgili yasal şartlar belirlenmiş ve Dünyadaki duruma paralel olarak çalışmalar hız kazanmıştır. 1989 ve 1993 yılları arasında Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara Araştırma Enstitüsü ile Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü tarafından “Evsel ve Endüstriyel atıklarla Kirlenen Ankara Çayı ile Sulamanın Toprak ve Bitkiye olan Etkileri ile Çevresin Mikrobiyolojik Kirlenmesi” ile ilgili bir araştırma yapılmıştır [Bilgin ve ark., 1996]. Beş yıl süren araştırma sonucunda çalınmanın yapıldığı bölge itibariyle sulama suyu kalitesi T3A1 olduğu bitki gelişimine doğrudan doğruya toksik etki yapan iyonlar (sodyum, klorür ve bor) açısından kullanımı kısıtlayıcı bir özellik taşımadığı ancak deterjan, kimyasal oksijen ihtiyacı ve toplam fosfor yönünden kıta içi su kaynakları sınıflandırmasına göre IV. Sınıf (çok kirlenmiş su) olduğu bulunmuştur. Bu tez çalışmasında ise; olumlu bir sonuç olarak, yukarıda bahsedilen çalışmanın üzerinden geçen 16 yıllık sürede, sodyum, klorür ve bor açısından Ankara çayının II. ve III. Sınıf su da olsa, kullanılabilir limitlerde olduğu bulunmuştur.

Ayrıca hem Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Ankara Araştırma Enstitüsü ile Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü’nün çalışması hem de Bakır vd (1988) tarafından yürütülen ‘Su Kökenli Hastalık Yapıcı Parazitlerin İncelenmesi’ çalışması ile Ankara Çayının mikrobiyolojik kirlilik yükünün yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ankara Çayı’nın taşıdığı ve sulama yolu ile toprağa ve bitkiye bulaştırdığı fekal kirlilik, patojen mikroorganizmaların varlığının da işareti olarak sayıldığından çevre sağlığı açısından önemli bir risk olarak ortaya çıkmasından dolayı Ankara Çayı’nın sağlık açısından sulamada kullanılması sakıncalı olduğu öne sürülmüştür. [DSİ, 2006]. Bu tarihlerden sonra 1997 yılında arıtma tesisinin devreye alındığı göz önüne alındığında; mikrobiyolojik analizlerin güncellenmesinin gerekliliği

anlaşılmaktadır. Ancak, bu tez çalışmasında laboratuvar imkansızlıklarından dolayı, mikrobiyolojik analizler güncelleştirilememiştir. Fakat, Ankara Çayı'nın sulama suyu olarak kullanılması konusunda tam bir yorum yapabilmek için mikrobiyolojik analizlerin de yapılmasında fayda görülmektedir.

Aynı dönemlerde, Bayraktar (1988), Ankara Çayı'nın hem tarımsal sulama suyu olarak, hem de diğer alanlarda kullanılmaması ve ivedilikle temizlenilmesi gerektiğini bildirmiştir [Bayraktar, 1988]. Bakır vd (1988), nin Ankara Çayı civarındaki kuyulardaki klor seviyelerini ölçtükleri çalışmanın sonuçlarına göre; Ankara Çayı'na sadece 50-100 m. mesafedeki ve tam tarım alanlarının ortasında yer alan iki kuyuda maksimum klor seviyesi (1,400 mg/l) tespit edilmiştir. Bu sonuç, Ankara çayı ve yeraltı sularının alarm vermekte olduğunu göstermektedir. Cıva ve arsenik konsantrasyonlarının da yüksek olarak bulunduğu bu çalışmada, bu alandaki su kalitesi (kuyu, yeraltı ve yüzeysel sular) izleme çalışmalarının devam etmesi gerektiği bildirilmiştir. Bu çalışmalara paralel olarak, Köksal (1989), Ankara Çayı'nın fosfor kirlilik yükünü araştırmak ve mevcut fosfat kirliliğinin giderilmesi için optimum reaktif ve yöntemlerin belirlenmesi amacıyla Aralık 1987 ve Mart 1988 tarihleri arasında bir seri ölçüm ve deney yapmıştır. Ankara Çayı'nın ortalama fosfor konsantrasyonu 23,31 mg/l olması sebebi ile Ankara Çayı'nın fosfatça aşırı derecede kirlenmiş su grubuna girdiğini bildirmiştir.

Ayrıca deterjan konsantrasyonları da ölçülmüştür ve ortalama deterjan konsantrasyonun 43,34 mg/l olduğu tespit edilmiştir. Fosfat ve deterjan konsantrasyonları birbirine paralel olarak değiştiğinden fosforun %45 lik kısmının deterjan kaynaklı olduğunu bildirmiştir [Köksal, 1989]. Yine Ayers vd. yaptıkları çalışmada, sulama suyu olarak sadece çözünmüş katı madde içeriklerini incelemişlerdir. Su örneklerinin çözünmüş katı madde içeriği aylar itibarı ile 198-7799 mg/l sınırları arasında belirlenmiştir. En yüksek katı madde içeriği Mayıs ayında, en düşük katı madde içeriği ise Mart ayında saptanmıştır. Çözünmüş katı madde içeriği 100 mg/l' yi aşan sularının özellikle damla sulama sistemlerinde kullanılması sistemde tıkanma sorunları yaratacağından önerilmemektedir [Ayers ve Westcot, 1989]. Yurtsever ve Sönmez (1992), sulama sularının kalitesinin

belirlenmesinde yalnızca bunların kimyasal analizlerini yapmanın yeterli olmadığını, aynı zamanda bu suların kullanılacağı ortam koşullarının da dikkate alınması doğru olacağını bildirmişlerdir [Yurtsever ve Sönmez, 1992]. Aynı araştırmacılar bir sulama suyunun kalitesinin yani onun kullanım için uygunluğunun yorumunu yaparken, sulanacak toprağın fiziksel özelliklerini, bitkinin tuza dayanıklılığını, sulama yönteminin uygunluğunu, drenaj yeterliliğini ve sulama ile drenajın işletilmesi gibi faktörlerin göz önünde bulundurulması gerektiğini belirtmişlerdir.

Ankara Çayı'nın tarımsal sulama suyu olarak kullanılabilirliğine ilişkin olarak yapılan çalışmalar araştırıldığında, böyle bir çalışmanın en son 1997 yılında yapıldığı saptanmıştır. 10 yıl gibi uzun bir aradan sonra; bölgede artan halk sağlığı problemleri ve şikayetler üzerine ASKİ tarafından Ankara Çayı'nın su kalitesinin belirlenmesi amacı ile çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Ankara Çayı üzerinde, bu tez çalışmasındaki numune alma istasyonlarına örnek teşkil edecek şekilde; Çubuk barajı, Akköprü, AOÇ köprüsü, TMO köprüsü, Eryaman köprüsü, Sincan köprüsü, arıtma öncesi ve arıtma sonrası alınan numunelerde su kalite parametreleri fiziksel, organik ve kimyasal olarak incelenmiştir [ASKİ, 2008]. Tüm istasyonlardan alınan numunelerde klorür, sülfat, florür, metal ve ağır metal ve toplam çözünmüş madde konsantrasyonları açısından I.sınıf, Azot, Toplam Fosfor, BOI, KOI, Deterjan, Yağ-Gres parametreleri açısından IV.sınıf su olduğu bildirilmiştir [ASKİ, 2008]. Nihai anlamda Ankara Çayı'nın su kalitesinin incelenmesine ilişkin yapılan çalışmalar sonucunda Ankara Çayı kendini besleyen kollardan gelen kirlilik ve kendi taşıdığı kirlilik yüküyle bir akarsuyun ulaşabileceği en yüksek kirlilik derecesine ulaştığı bildirilmiştir. [Girgin ve Kazancı, 1992]. [Girgin ve Kazancı, 1997]. Benzer şekilde, Ankara'da su kalitesinin tespiti için Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü V.Bölge Müdürlüğü tarafından Ankara Çayı'nın da içinde bulunduğu diğer yüzeysel su kaynaklarından numunelerin belirlenen zamanlarda alınmakta olduğu, ancak yüzeysel sulara ilişkin kirlilik haritasının çıkarılmadığı bildirilmiştir [ASKİ, 2008].

Ancak ASKİ'nin ve DSİ'nin yaptığı bu çalışmalarda, Ankara Çayı'nın sulama suyu kriterleri açısından değil; genel su kalite sınıfları açısından irdelenmesine ilişkindir. Bu tez ile ASKİ'nin sonuçları karşılaştırıldığında; anyonlar ve katyonlar açısından

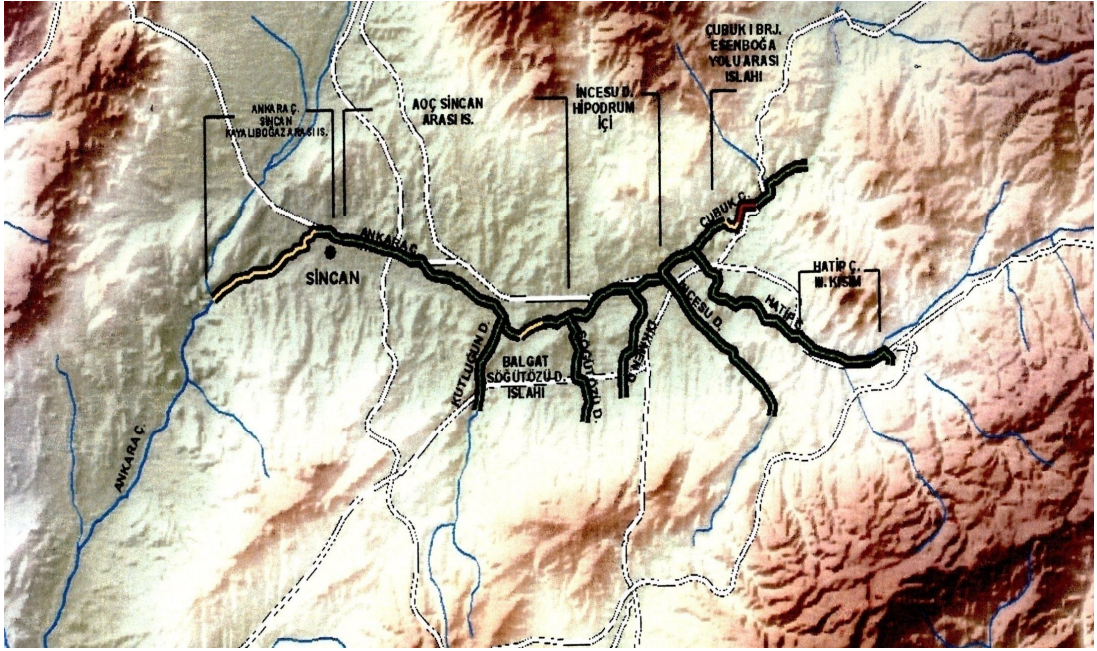
paralellik göstermektedir. Fakat bu tezde, laboratuvar olanaklarının kısıtlılığından dolayı BOİ ve KOİ analizlerinin yapılamaması ve yaptırılmaması tezin eksik yönlerindendir. Fakat; sulama suyu kriterleri açısından yorum yapmak için gerekli tüm parametreler (mikrobiyolojik analizler haricinde) yapıldığından ve tezin esas amacı, Ankara Çayı' nın sulama suyu kriterleri açısından uygunluğunun incelenmesi olduğundan, KOİ ve BOİ verilerinin eksikliği çok büyük bir sorun yaratmamıştır.

Ülkemizde genel olarak sulama suyu ile ilgili yürütülen araştırmalar incelendiğinde; tuzluluk, SAR ve Ca:Mg oranının önem kazandığını görmekteyiz [Çizikçi, 1998]. Elde edilen sonuçlara göre sulama suyunun tuzluluğunun artması çimlenme yüzdesinin azalmasına neden olmuştur. Aynı şekilde topraktaki sodyum miktarı ve magnezyum miktarı arttıkça çimlenen tohum sayısı azalmıştır. Sulama suyu içerisinde bulunan yüksek tuzluluk dereceleri bitkilere dolaysız veya toprağa etkileri nedeniyle dolaylı olarak zararlıdır. Bunların zararlılık dereceleri bitkilerin çeşidi, toprağın karakteri, drenaj şartları su içerisinde bulunan tuzların cinsleri, iklim vb. gibi faktörlerle kontrol altına alınabilir [Ayyıldız, 1983].

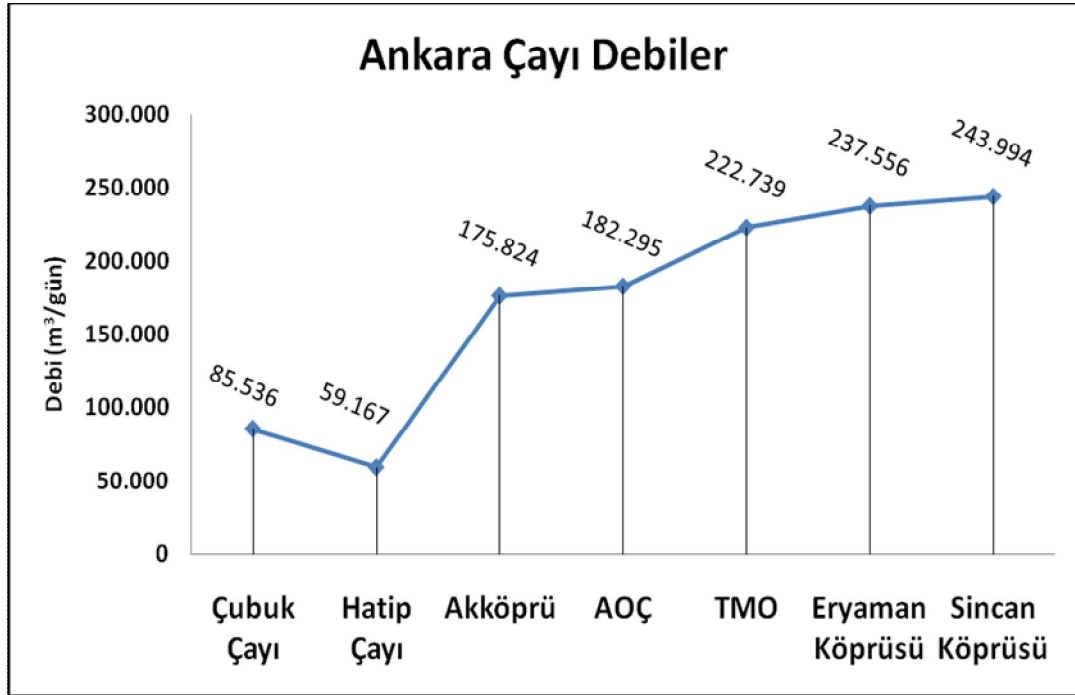
3. MATERYAL VE METOD

3.1. Çalışma Alanı

Ankara Çayı, toplam havzası 3153 km² olup Ankara'nın merkezinden geçen ve sonunda Sakarya Nehrine dökülen 140 km uzunluğunda bir akarsudur. Şekil 3.1 de görüleceği üzere; Aydos Dağlarından doğan Çubuk Çayı, İdris Dağından doğarak Kayaş vadisinden geçen ve birçok derenin birleşimi olan Hatip Çayı ile birleşerek Ankara Çayı adını alır. Ankara Çayına, Elmadağ'dan ve Haymana yaylasından doğan Mogan ve Eymir göllerinin çıktısını da alan İncesu, sağdan Mürted Ovası'ndan geçen Ova Çayı ve solda Maliköy yakınında da Haymana suyu karışır. Daha sonra Ayaş ve Beypazarı ilçelerinden geçer ve Sakarya Nehrine karışır [Atıcı, 2005].



Şekil 3.1. Ankara çayı vaziyet planı



Şekil 3.2 Ankara Çayı'nı besleyen çayların debileri

Ankara Çayı'nı besleyen derelerin debileri Şekil 3.2' de verilmektedir. Sincan köprüsünde en yüksek debi değerinde ulaştığı görülmektedir.

Ankara Çayı'na karışan derelerin çokluğu ve bunların her birinin yoğun nüfusa sahip yerleşim yerlerinden, maalesef bu alanların evsel ve endüstriyel atık yüklerini de taşıyarak geldikleri ve Ankara'nın tam merkezinden geçen Ankara Çayı'nı besledikleri göz önüne alındığında, bu çayın önemi ve ne kadar büyük bir kirlilik tehdidi altında olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca, Ankara Büyükşehir Belediyesi Atıksu Arıtma Tesislerinden çıkan arıtılmış sularında Ankara Çayı'na deşarj edilmektedir.

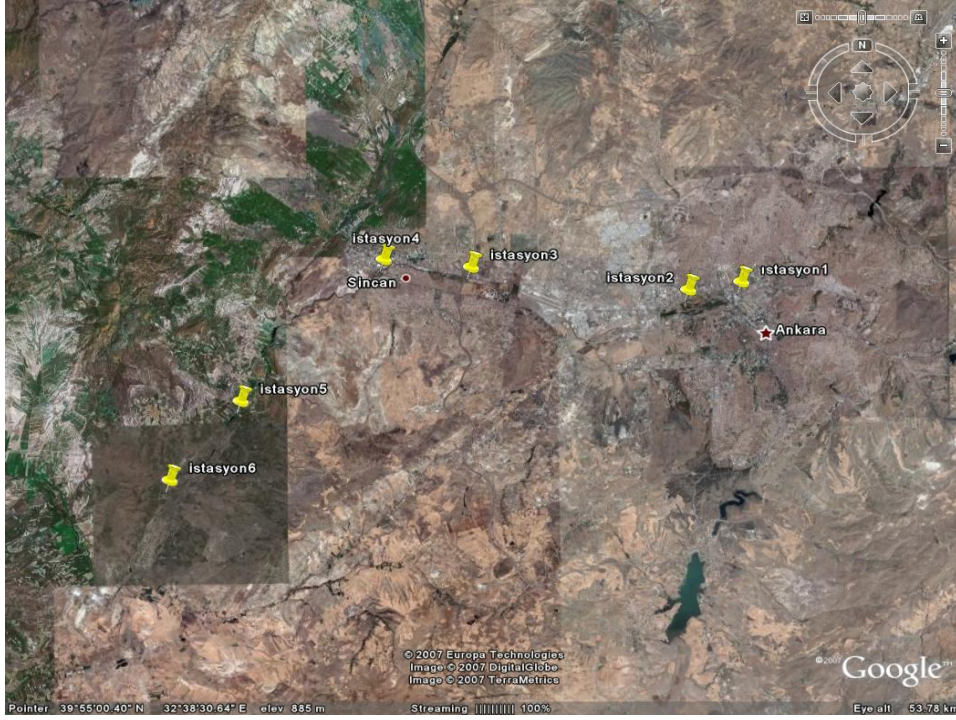
3.2. Numune Alma

Bu çalışmada, Ankara Çayı üzerinde belirlenen, Şekil 3.3'de gösterilen 6 istasyondan numuneler alınmıştır. Bir yıllık periyottaki değişimleri gözlemlemek amacı ile Eylül 2008 ve Ağustos 2009 tarihleri arasında; sonbahar, kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde birer kez olmak üzere numuneler toplanmıştır. Numune alma işlemleri, 10.10.2009 tarih 27372 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Su Kirliliği

Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği'nde verilen esaslar doğrultusunda gerçekleştirilmiştir.

07.01.1991 tarih ve 20748 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği, Madde 46' da verilen Sulama Suyu Kriterleri ve ilgili tablolarda yer alan parametreler esas alınarak ölçümler yapılmış ve bu tablodaki standartlarla karşılaştırılmıştır. Numune alınan istasyonlarda, suyun içindeki çözünmüş maddelerin toplam konsantrasyonu, elektriksel iletkenlik, sodyum iyonu konsantrasyonu ve sodyum iyonu konsantrasyonunun diğer katyonlara oranı, bor, sülfat, klorür, magnezyum, potasyum, sodyum, kalsiyum konsantrasyonu, karbonat, bikarbonat ve bakiye sodyum karbonat değerleri ve pH ölçülmüştür.

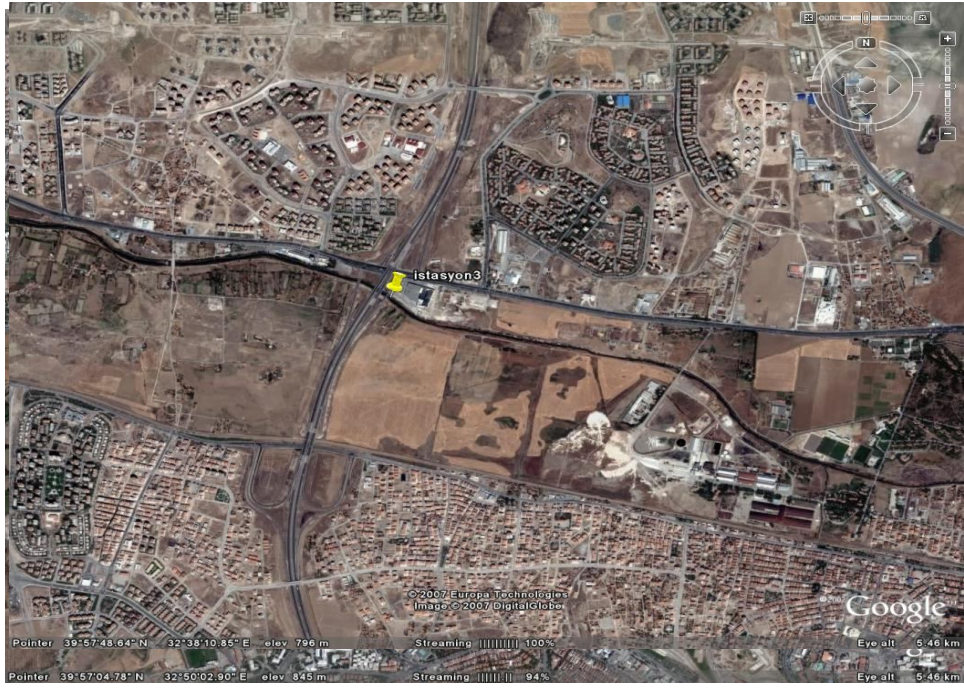
Çalışmanın başlangıcında daha çok noktadan su numunesi alınarak aylık olarak analizlerin yapılması planlanmıştır. Ancak proje bütçesindeki kısıtlamalar nedeni ile su rejiminin ve kirlilik yükünün değişken olabileceği düşünülen 6 istasyondan numune alınarak, mevsimsel periyotlarla analizin yapılmasına karar verilmiştir. Bu istasyonlar belirlenirken bu alanda daha önce yapılan çalışmalar eski ve yeni verileri karşılaştırabilmek ve Ankara Çayındaki kirliliğin nereden nereye geldiğini görebilmek açısından dikkate alınmıştır. Ancak, bu çalışmanın ana amacına hizmet etmek üzere, eski istasyonlar gözden geçirilerek revize edilmiştir. Revize edilirken, Ankara Çayına kirlilik taşıyan derelerin karıştığı noktalar, tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu alanlar, endüstriyel faaliyetlerin yoğun olduğu alanlar ve en önemlisi Atıksu Arıtma Tesisinin deşarj noktası dikkate alınmıştır.



Şekil 3.3. Ankara çayın üzerinde numune alınan noktalar

Ankara Çayı üzerinde numune alınan her bir istasyon Şekil 3.4’de gösterilmektedir.:

- İstasyon 1: Ankara şehir merkezinde Akköprü adı verilen bölgede Dikmen Deresi ile karıştığı yer.
- İstasyon 2: Hayvanat Bahçesi girişi-AOÇ tarım alanlarının yoğun olarak bulunduğu bölge.
- İstasyon 3: Eryaman Kavşağı- AOÇ/Şeker Fabrikaları Kentsel Tarım alanlarının Sonu.
- İstasyon 4: Ankara Organize Sanayi Bölgesi Arkası. (Endüstriyel atıksuların karışma noktası)
- İstasyon 5: Ankara Atıksu Arıtma Tesisi Deşarj Noktası.
- İstasyon 6: Deşarj Noktasının 7 km. güneyi-Tarım Alanları olarak belirlenmiştir.



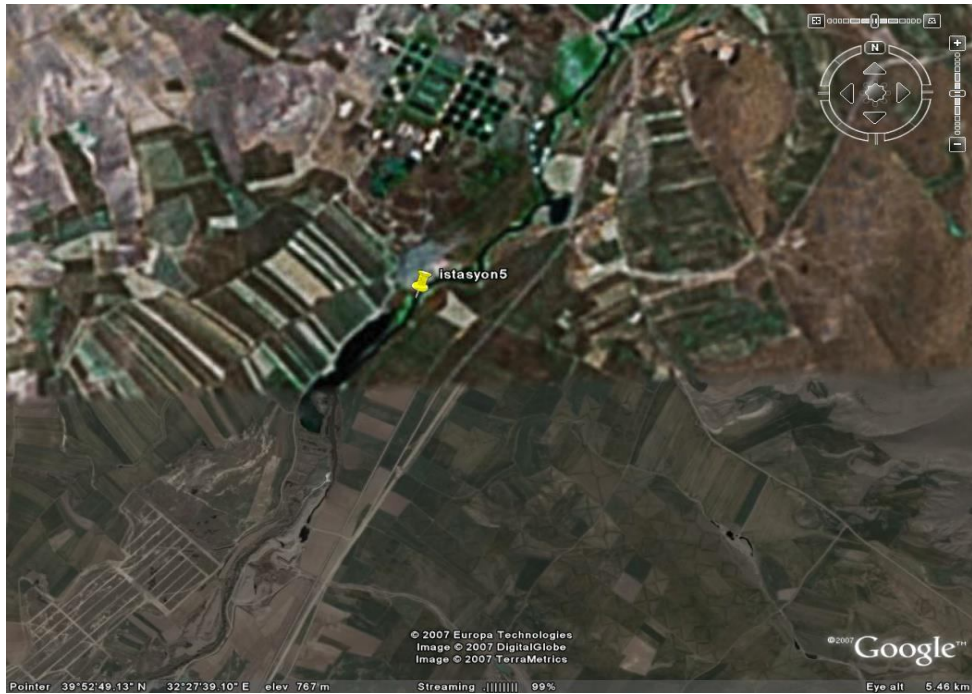
Şekil 3.4.İstasyon 1



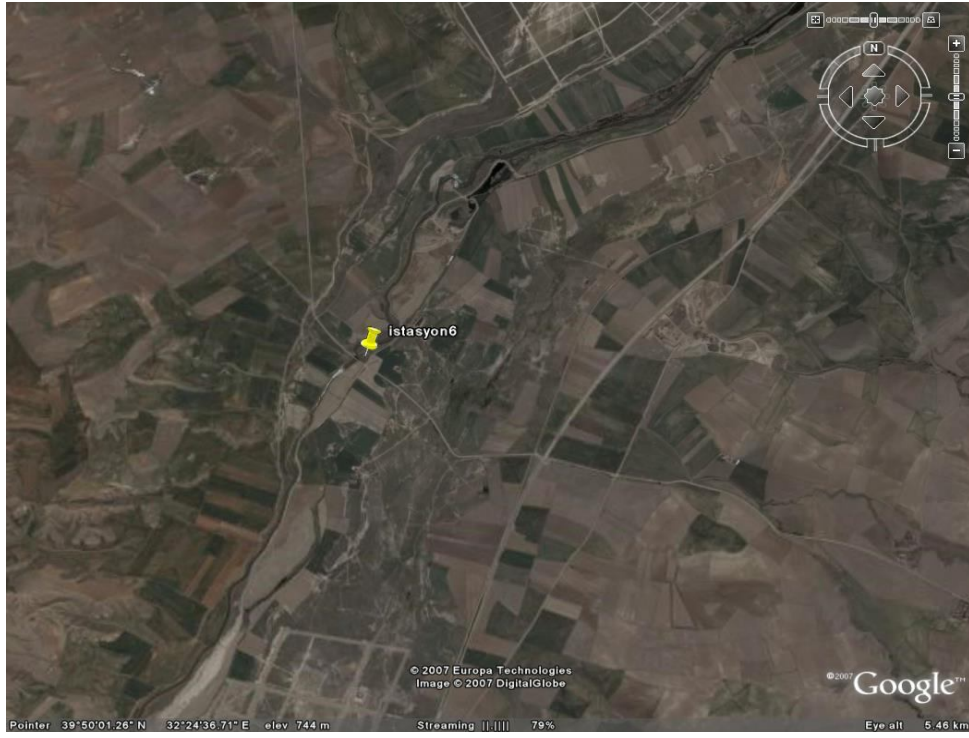
Şekil 3.5. İstasyon 2



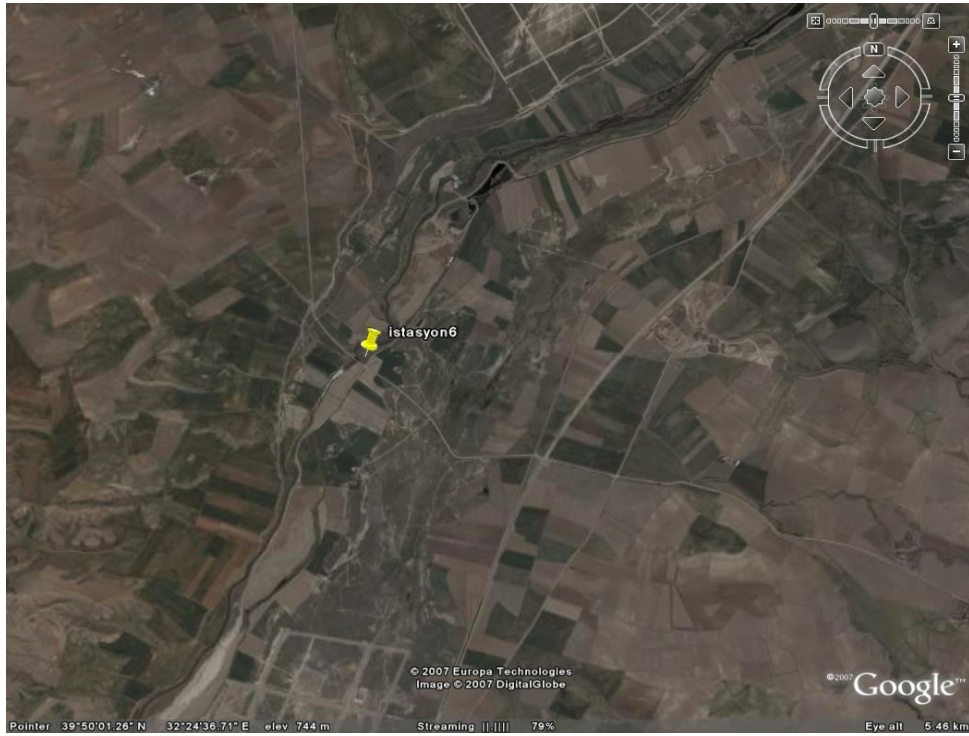
Şekil 3.6. İstasyon 3



Şekil 3.7. İstasyon 4



Şekil 3.8. İstasyon 5



Şekil 3.9. İstasyon 6

3.3. Analiz Yöntemleri

Ankara çayından alınan su numuneleri mevsimsel olarak Ankara Toprak-Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Müdürlüğü Laboratuvarı'nda analiz edilmiştir.

Analizde kullanılan yöntemler aşağıda belirtilmiştir.

- 1- Sulama suyunun pH (Jackson, 1967) ve EC (Anonim, 1951)'si: Kombine EC/pH metre ile belirlenmiştir.
- 2- Katyonlar:
Kalsiyum (Ca^{2+}), Magnezyum (Mg^{2+}), Sodyum (Na^{+}) ve Potasyum (K^{+}): ICP/AES cihazı ile tayin edilmiştir [Sharp, 1991].
- 3- Anyonlar:
a- Karbonat (CO_3^{2-}) ve Bikarbonat (HCO_3^{-}): Metil oranj çözeltisi yöntemine göre titrimetrik olarak tayin edilmiştir [Merck, 1973].
b- Klor (Cl^{-}) : Gümüş nitrat yöntemiyle titrimetrik olarak tayin edilmiştir [Apha, 1989].
c- Sülfat (SO_4^{2-}) : Baryum klorür-EDTA yöntemiyle titrimetrik olarak tayin edilmiştir [Merck, 1973].
- 4- Bor (B) : ICP/AES cihazı ile tayin edilmiştir [Sharp, 1991].

Mevcut ve olası (potansiyel) kirlilik kaynaklarının tesbit edilebilmesi amacı ile analiz sonuçlarının mevsimsel olarak ve istasyonlar arası anlamlı bir fark gösterip göstermediği istatistiksel olarak incelenmiştir. İstatistiksel yöntem olarak SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) kullanılarak iki veya daha fark grup arasında fark olup olmadığının araştırıldığı non parametrik bir test olan ki-kare testi uygulanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Ankara Çayı'ndan 6 farklı istasyondan, dört farklı mevsimde yıllık olarak alınan numunelerin Materyal ve Metod bölümünde bahsedilen parametrelere göre yapılan analiz sonuçları sonbahar mevsimi için Çizelge 4.1'de, kış mevsimi için Çizelge 4.2'de, ilkbahar mevsimi için Çizelge 4.3'de, yaz mevsimi için Çizelge 4.4'de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Sonbahar mevsiminde ölçülen sulama suyu değerleri

			Sonbahar					
Sulama Suyu Kalite Parametreleri			1. İstasyon	2. İstasyon	3. İstasyon	4. İstasyon	5. İstasyon	6. İstasyon
1	pH		7,2	7,25	7,14	6,8	7,37	7,56
2	Elektriksel İletkenlik	dS/m	1360	1380	1600	1700	1615	1635
	Toplam Tuz Konsantrasyonu	ppm	870,4	883,2	1024	1088	1033,6	1046,4
3	Sodyum (Na +)	me/l	5,65	5,8	7,75	8,1	7,75	7,9
4	Potasyum (K +)	me/l	0,46	0,33	0,49	0,55	0,51	0,57
5	Kalsiyum (Ca+)	me/l	4,66	4,62	4,32	4,02	4,02	3,74
6	Magneyum (Mg+)	me/l	3,1	3,04	3,6	4,34	4,06	4,24
7	Katyonlar toplamı	me/l	13,87	13,85	16,6	17,01	16,34	16,45
8	Karbonat	me/l	0	0	0	0	0	0
9	Bikarbonat	me/l	5,76	5,57	6,37	7,06	6,58	7,02
10	Klorür	me/l	6,3	6,32	7,15	7,18	7,01	7,35
11	Sülfat	me/l	1,81	1,96	2,64	2,77	2,75	2,08
12	Bor	ppm	0,78	0,61	0,64	0,71	0,54	0,68
13	Bakiye Sodyum Karbonat	me/l	0	0	0	0	0	0
14	SAR		2,91	3,01	3,95	4,02	3,91	4,02
15	Tuzluluk ve Alkalilik Sınıfı		T3A1	T3A1	T3A1	T3A1	T3A1	T3A1
16	RSC = (CO3 +HCO3) - (Ca +Mg)	me/l	-2	-2,09	-1,55	-1,3	-1,5	-0,96
17	Sodyum yüzdesi = 100 (Na) / Na+Ca +Mg+K		108,22	107,99	108,41	108,91	108,59	108,55
19	Sulama suyu sınıfı		C3S1	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1

Çizelge 4.2. Kış mevsiminde ölçülen sulama suyu değerleri

			Kış					
Sulama Suyu Kalite Parametreleri			1.istasyon	2.istasyon	3.istasyon	4.istasyon	5.istasyon	6.istasyon
1	pH		7,06	7,02	7,5	6,92	7,04	7,31
2	Elektriksel İletkenlik	dS/m	1106	1195	1136	1576	1254	940
	Toplam Tuz Konsantrasyonu	ppm	707,84	764,8	727,04	1008,64	802,56	601,6
3	Sodyum (Na +)	me/l	3,85	3,7	4	7,35	5,25	1,05
4	Potasyum (K +)	me/l	0,31	0,28	0,29	0,28	0,32	0,91
5	Kalsiyum (Ca+)	me/l	5,28	5,75	4,71	4,5	4,51	4,61
6	Magneyum (Mg+)	me/l	2,41	2,22	2,36	3,7	2,62	2,84
7	Katyonlar toplamı	me/l	11,85	11,95	11,36	15,83	12,7	9,41
8	Karbonat	me/l	0	0	0	0	0	0
9	Bikarbonat	me/l	6,31	5,71	5,86	6,95	6,64	4,95
10	Klorür	me/l	3,66	3,67	3,68	6,25	4,3	3,35
11	Sülfat	me/l	2,06	2,57	1,82	2,63	1,76	1,11
12	Bor	ppm	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02
13	Bakiye Sodyum Karbonat	me/l	0	0	0	0	0	0
14	SAR		1,96	1,85	2,13	3,63	2,78	0,54
15	Tuzluluk ve Alkalilik Sınıfı		T3A1	T3A1	T3A1	T3A1	T3A1	T3A1
16	RSC = (CO3 +HCO3) - (Ca +Mg)	me/l	-1,38	-2,26	-1,21	-1,25	-0,49	-2,5
17	Sodyum yüzdesi = 100 (Na) / Na+Ca +Mg+K		108	108,25	107,36	108,48	107,45	108,36
19	Sulama suyu sınıfı		C3S1	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1

Çizelge 4.3. İlkbahar mevsiminde ölçülen sulama suyu değerleri

			İlkbahar					
Sulama Suyu Kalite Parametreleri			1.istasyon	2.istasyon	3.istasyon	4.istasyon	5.istasyon	6.istasyon
1	pH		6,95	7,38	7,56	6,94	6,95	7,39
2	Elektriksel İletkenlik	dS/m	904	950	988	1598	1145	1107
	Toplam Tuz Konsantrasyonu	ppm	578,56	608	632,32	1022,72	732,8	708,48
3	Sodyum (Na +)	me/l	2,8	2,8	3,3	9,4	4,55	4,4
4	Potasyum (K +)	me/l	0,26	0,31	0,26	0,29	0,31	0,32
5	Kalsiyum (Ca+)	me/l	4,16	4	4,36	5	4	4,1
6	Magneyum (Mg+)	me/l	2,32	2,62	2,1	3,83	2,56	2,26
7	Kasyonlar toplamı	me/l	9,54	9,73	10,02	18,52	11,42	11,08
8	Karbonat	me/l	0	0	0	0	0	0
9	Bikarbonat	me/l	5,89	6,52	6,09	5,22	6,82	6,86
10	Klorür	me/l	2,66	3,1	2,68	9,1	4,11	4,19
11	Sülfat	me/l	0,99	0,11	1,25	4,19	0,49	0,03
12	Bor	ppm	0,48	0,93	0,87	0,91	0,89	0,77
13	Bakiye Sodyum Karbonat	me/l	0	0	0	0	0,26	0,5
14	SAR		1,56	1,54	1,84	4,48	2,52	2,47
15	Tuzluluk ve Alkalilik Sınıfı		T3A1	T3A1	T3A1	T3A1	T3A1	T3A1
16	RSC = (CO3 +HCO3) - (Ca +Mg)	me/l	-0,59	-0,1	-0,37	-3,61	0,26	0,5
17	Sodyum yüzdesi = 100 (Na) / Na+Ca +Mg+K		106,74	106,93	106,72	109,12	106,87	106,68
19	Sulama suyu sınıfı		C3S1	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1

Çizelge 4.4. Sonbahar mevsiminde ölçülen sulama suyu değerleri

			Yaz					
Sulama Suyu Kalite Parametreleri			1. istasyon	2. istasyon	3. istasyon	4. istasyon	5. istasyon	6. istasyon
1	pH		6,88	7,36	7,5	7,4	7,46	6,88
2	Elektriksel İletkenlik	dS/ m	1045	940	850	1903	1135	1010
	Toplam Tuz Konsantrasyonu	ppm	668,8	601,6	544	1217,92	726,4	646,4
3	Sodyum (Na +)	me/l	4,15	3,3	4	9,9	5,8	5,5
4	Potasyum (K +)	me/l	0,36	0,31	0,37	0,33	0,42	0,39
5	Kalsiyum (Ca+)	me/l	3,21	3,86	2,74	4,85	3,13	3,05
6	Magneyum (Mg+)	me/l	2,73	1,95	1,4	5,37	2,01	2,03
7	Katyonlar toplamı	me/l	10,45	9,42	8,51	20,45	11,36	10,97
8	Karbonat	me/l	0	0	0	0	0	0
9	Bikarbonat	me/l	6,78	4,21	4,85	8,55	7,03	5,07
10	Klorür	me/l	3,42	2,78	2,89	8,08	3,57	3,46
11	Sülfat	me/l	0,25	2,43	0,77	3,82	0,76	2,44
12	Bor	ppm	0,73	0,81	0,81	1,07	0,94	0,99
13	Bakiye Sodyum Karbonat	me/l	0,84	0	0,7	0	1,89	0
14	SAR		2,41	1,94	2,78	4,38	3,62	3,45
15	Tuzluluk ve Alkalilik Sınıfı		T3A1	T3A1	T3A1	T3A2	T3A1	T3A1
16	RSC = (CO3 +HCO3) - (Ca +Mg)	me/l	0,84	-1,6	0,71	-1,67	1,89	-0,01
17	Sodyum yüzdesi = 100 (Na) / Na+Ca +Mg+K		106,3	106,12	104,51	110,55	105,56	105,47
19	Sulama suyu sınıfı		C3S1	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1

Bu sonuçlar, Ankara Çayı'nın su kalitesini saptamak amacı ile 13.02.2008 tarih ve 26786 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği [SKKY, 1991]'de verilen (Madde 7) Kıtaçi Yüzeysel Suların Sınıflandırılması (Tablo 1)' e göre değerlendirilerek; su kalite sınıfları belirlenmiştir. Ayrıca, bu çalışmanın ana amacına yönelik olarak, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY) Teknik Usuller Tebliği, Madde 46 ve Madde 47 Tablo 4 de verilen Sulama Suyu Kriterleri tablolardaki standartlar ile karşılaştırılmıştır. Böylece Ankara Çayı'nın sulama suyu olarak kullanımının uygunluğu incelenmiştir.

4.1. Elektriksel İletkenlik (EC)

Sulama suyu kalitesini etkileyen kriterlerin başında pH ve EC değerleri gelmektedir. Suların EC değeri, içerdikleri çözünmüş olan iyonların toplamından kaynaklanır ve suların tuzluluk sınıfının belirlenmesinde kullanılır. Özellikle yüksek EC oranına sahip suların sulama amaçlı olarak kullanılması neredeyse imkansızdır. Bu nedenle sulama suyu kalite kriterleri araştırılırken ilk bakılması gereken özelliklerin başında pH ve EC gelmektedir.

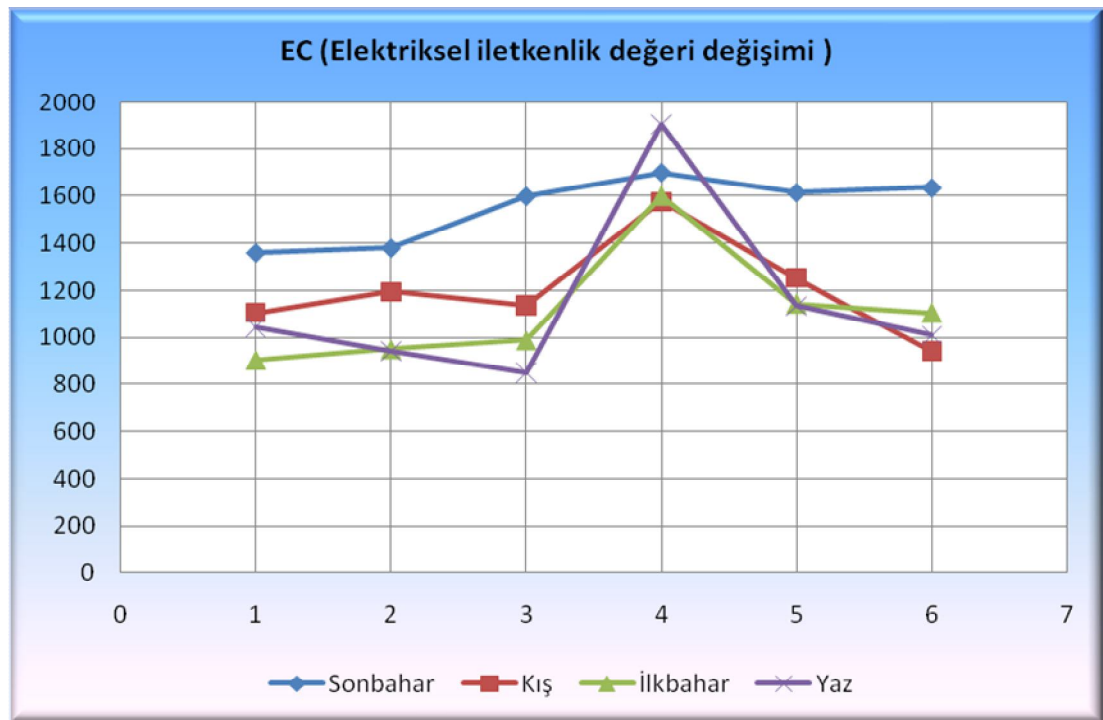
Sulama suları için elektriksel iletkenlik değerinin 1500 (umhos /cm)' den düşük olması önerilmektedir [Will ve Faust, 1999].

Örneğin yüksek tuzlu sular 750-2250 (umhos/cm), ancak, elverişli drenaj koşullarına sahip topraklarda, denetimli olarak ve tuza orta dereceden iyi dereceye kadar dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesinde sulama suyu olarak kullanılabilirler [Kanber ve ark., 1992].

Çizelge 4.5'den görüleceği üzere; Ankara Çayı'ndan seçilen örnekleme noktalarında EC değeri 850 (umhos /cm) ile 1903 (umhos /cm) arasında değişim göstermektedir. Maksimum EC değeri 1903 (umhos /cm) ile 4 nolu istasyonda yaz mevsiminde, minimum EC değeri 850 (umhos /cm) ile 3 nolu istasyonda yaz mevsiminde ölçülmüştür.

Çizelge 4.5. Mevsimlere göre istasyonlar arası elektriksel iletkenlik değerleri

EC (umhos /cm)	1.istasyon	2.istasyon	3.istasyon	4.istasyon	5.istasyon	6.istasyon
Sonbahar	1360	1380	1600	1700	1615	1635
Kış	1106	1195	1136	1576	1254	940
İlkbahar	904	950	988	1598	1145	1107
Yaz	1045	940	850	1903	1135	1010



Şekil 4.1. Mevsimlere göre istasyonlar arası EC değeri değışimi grafiğı

Çizelge 4.6. Su Kirliliğı Kontrolü Yönetmeliğı Teknik Usuller Tebliğıne göre EC değeri

Tablo 4 : Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterleri							
Kalite kriterleri			Sulama suyu sınıfı				
			I. Sınıf su (çok iyi)	II. Sınıf su (iyi)	III. Sınıf su (kullanılabilir)	IV. Sınıf su (ihtiyatla kullanılmalı)	V. sınıf su (zararlı) uygun değil
*	EC ₂₅ x10 ⁶	(umhos/cm)	0-250	250-750	750-2000	2000-3000	> 3000

Su Kirliliğı Kontrolü Yönetmeliğı Teknik Usuller Tebliğı sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterlerine göre EC analiz sonuçları değeriendirildiğinde tüm numunelerin 750-2000 (umhos /cm) arasında olduğundan III. sınıf su (kullanılabilir) olduğu tespit edilmiştir. Sulama sularının sınıflandırılmasında ABD Tuzluluk Laboratuar Sistemi de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemde sular elektriksel iletkenliklerine göre dört grup altında toplanmıştır. Bunlar 0-250 (umhos /cm) (C1), 250-750 (umhos /cm) (C2), 750-2250

(umhos /cm) (C3) ve 2250 (umhos /cm) fazla (C4) olan sulardır [Sağlam ve Adiloğlu, 1997].

EC değeri 750-2250 (umhos /cm) arasında olan sular yüksek tuzlu su olarak sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmaya göre değerlendirme yaptığımızda, numunelerin tümünde EC değerlerinin 750-2250 (umhos /cm) arasında olduğu ve yüksek tuzlu sular sınıfına girdiği görülmektedir. Yüksek tuzlu sular tuza dayanıklı bitkilerin sulanmasında kullanılabilir. Yeterli geçirgenlik ve drenaj şartlarında dahi özel tuzluluk kontrol tedbirleri gerektirir. Drenajı tam olmayan topraklarda kullanılmamalıdır.

Analiz sonuçlarının standartlarla karşılaştırılması ile birlikte bir de EC değerlerinin mevsimlere göre ve numune alınan istasyonlara göre anlamlı bir farklılık gösterip göstermediği istatistiksel olarak hesaplanmıştır.

4.1.1. Elektriksel İletkenlik değerlerinin istasyonlar arası farklılığının incelenmesi

Bu çalışmada Ankara Çayı'ndaki 6 istasyondan alınan su numunlerinde EC değeri ölçülmüş ve istasyonlar arasında EC değeri bakımından mevsimsel fark olup olmadığı araştırılmıştır. Mevsimsel EC değeri ortalamaları ve ölçülen minimum ve maksimum EC değerleri Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Ankara Çayı'nda istasyonlar arası ölçülen elektriksel iletkenlik değerinin mevsimsel ortalaması

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
EC	Ortalama	1559,25	1232,36	1163,46	1253,50
	Standart Sapma	126,68035	202,98763	256,50173	409,63554
	Minimum	1360,00	940,00	904,00	850,00
	Maximum	1700,00	1576,00	1598,00	1903,00

Mevsimsel olarak ölçülen EC değerleri ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını saptamak amacıyla chi square (χ^2) testi yapılmıştır. Sonuçlar çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8 Ankara Çayın’nda istasyonlar arası ölçülen EC değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerleri

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
EC	χ^2	65,51	187,18	288,81	638,01
	p	,000	,000	,000	,000

Çizelge 4.8’de görüldüğü üzere $p = 0,000$ ($p < 0,05$) olduğundan elektriksel iletkenlik değerinin istasyonlara göre ölçümleri arasında istatistik olarak anlamlı bir fark bulunmuştur. Bu farklılığı; istasyonlara gelen farklı kirlilik yükleri ile açıklamak mümkündür. En yüksek EC değeri Şekil 4.1 den de görüleceği üzere, 4 nolu istasyonda ölçülmüştür. Bu istasyon Ankara Organize Sanayi Bölgesi Arkası-Endüstriyel atıksuların karışma noktası olduğundan en yüksek değerin burada çıkması beklenen bir sonuçtur. Bu istasyondaki EC değerleri her mevsimde oldukça yüksektir. Bu da bize organize sanayi bölgesinin yüksek klorür ve sülfat içerikli endüstriyel atıksularının Ankara Çayı’na karıştığını göstermektedir. 6. istasyon ise beklenildiği gibi, arıtma tesisinden sonra yer alan bir istasyon olduğundan, en düşük EC değerleri bu istasyonda bulunmuştur.

Çizelge 4.9. Ankara Çayı’nda mevsimlere göre ölçülen elektriksel iletkenlik değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6
X^2	,000	,000	,000	,000	,000	,000
p	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Çizelge 4.5 ve Şekil 4.1’e göre, maksimum EC değeri yaz ayında ölçülmüştür. Yaz ayında gübreleme yapılması, topraktan çıkan gübrelerin Ankara Çayına karıştığını göstermektedir. Ancak istatistiksel olarak, Çizelge 4.9 de görüldüğü üzere $p > 0.05$ olduğundan Mevsimlere göre İstasyonlarda ölçülen elektriksel iletkenlik değerleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

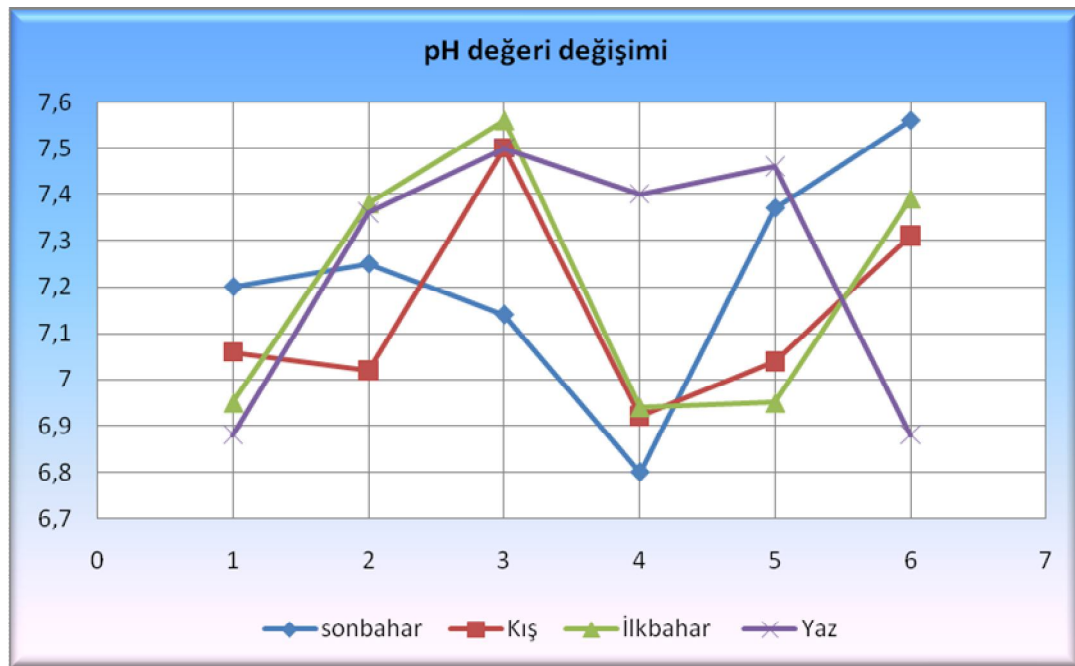
4.2. pH

pH değeri, suda yer alan hidrojen ve hidroksil iyonlarının derişimi olarak adlandırılmaktadır ve suların asidik ve bazikliğinin bir ölçüsüdür. pH'ın en önemli etkinliği bitki besin elementlerinin alımını etkilemesidir [Will ve Faust, 1999]. Sulama suları için 6.5-8.4 aralığı pH açısından sulama yönünden sorun yaratmamaktadır. Sulama suları pH değerlerinin nötre yakın ve hafif alkali (pH: 6.5-8.4) sınıfları arasında değiştiği belirlenmiştir. Araştırmada analiz edilen suların tamamında pH ortalama değeri standart değerler arasında bulunduğundan, pH yönünden normal kabul edilmektedir ve sulama suyu olarak kullanılmasında sorun yaratmayacağı bir gerçektir [Ayers ve Westcot, 1989].

Çizelge 4.10'dan görüleceği üzere; Ankara Çayı'ndan seçilen örnekleme noktalarında pH değeri 6,8 ile 7,56 arasında değişim göstermektedir. Maksimum pH değeri 7,56 ile 6. istasyonda sonbahar mevsiminde ve 3. istasyonda ilkbahar mevsiminde, minimum pH değeri ise 6,8 ile 4. istasyonda sonbahar mevsiminde ölçülmüştür.

Çizelge 4.10. Mevsimlere göre istasyonlar arası pH değerleri

pH	1.istasyon	2.istasyon	3.istasyon	4.istasyon	5.istasyon	6.istasyon
Sonbahar	7,2	7,25	7,14	6,8	7,37	7,56
Kış	7,06	7,02	7,5	6,92	7,04	7,31
İlkbahar	6,95	7,38	7,56	6,94	6,95	7,39
Yaz	6,88	7,36	7,5	7,4	7,46	6,88



Şekil 4.2. Mevsimlere göre istasyonlar arası pH değerleri değişimi grafiği

Çizelge 4.11 Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğine Göre pH değeri

Tablo 4 : Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterleri							
Kalite kriterleri			Sulama suyu sınıfı				
			I. Sınıf su (çok iyi)	II. Sınıf su (iyi)	III. Sınıf su (kullanılabilir)	IV. Sınıf su (ihtiyatla kullanılmalı)	V. sınıf su (zararlı) uygun değil
*	pH		6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-9	< 6 veya > 9

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterlerine göre birinci, ikinci ve üçüncü sınıf sulama sularında 6,5-8,5; 4. sınıf sulama sularında 6,5-9 değerleri arası, 5. sınıf sulama sularında 6'dan küçük ve 9'dan büyük değerler üzerinde pH bulunmasına müsaade edilmiştir.

Ankara çayından alınan numunelerde 6,5-8,5 değerini aşan bir pH değeri olmadığından sulama suyu olarak kullanılabileceğinin uygun olduğu tespit edilmiştir.

4.2.1. pH değerlerinin istasyonlar arası farklılığının incelenmesi

Bu çalışmada Ankara Çayındaki 6 istasyondan alınan su numunlerinde pH değeri ölçülmüş ve istasyonlar arasında pH değeri bakımından mevsimsel fark olup olmadığı araştırılmıştır. Mevsimsel pH değeri ortalamaları ve ölçülen minimum ve maksimum pH değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Ankara çayı’nda İstasyonlar arası ölçülen Ph değerinin mevsimsel ortalaması

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
pH	Ortalama	7,2279	7,1500	7,2035	7,2526
	Standart Sapma	0,23746	0,20640	0,26113	0,26580
	Minimum	6,80	6,92	6,94	6,88
	Maximum	7,56	7,50	7,56	7,50

Mevsimsel olarak ölçülen pH değerleri ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını saptamak amacıyla chi square (χ^2) testi yapılmıştır. Sonuçlar çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.13. Ankara Çayın’nda istasyonlar arası ölçülen pH değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerleri

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
pH	χ^2	0,116	0,116	4,326	4,326
	p	1,000	1,000	0,364	0,364

Çizelge 4.13 ‘de görüldüğü üzere ($p > 0,05$) olduğu için pH değerinin istasyonlara göre ölçülen değeri arasında anlamlı bir fark olmadığı bulunmuştur.

Çizelge 4.14. Ankara Çayı'nda mevsimlere göre ölçülen pH değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı

ph	İstasyon 1	istasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6
χ^2	0,000	0,000	3,500	0,000	0,000	0,000
p	1,000	1,000	,174	1,000	1,000	1,000

Çizelge 4.10 ve Şekil 4.2'ye göre maksimum pH değeri sonbahar ve ilkbahar mevsiminde minimum pH değeri sonbahar mevsiminde ölçülmüştür. Ancak istatistiksel olarak, Çizelge 4.14'dan görüldüğü üzere $p > 0.05$ olduğundan mevsimlere göre istasyonlarda ölçülen pH değerleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

4.3. Değişebilir Sodyum Yüzdesi (ESP)

Değişebilir Sodyum Yüzdesi (ESP), sodyum iyonları ile satürasyon (doymuşluk) düzeyini gösterir. Sulama suyu kalitesi ile ilişkili olarak karşılaşılabileceğimiz sorunlardan bir tanesi de aşırı Na^+ içeren suların toprak fiziksel özellikleri üzerine etkisi olmaktadır. Bu nedenle suların Na^+ içerikleri bir sınıflandırma kriteri olarak göz önüne alınır. Bu amaçla %Na değeri kullanılmaktadır.

$$\%Na = \frac{Na}{Na + K + Ca + Mg} 100$$

[Arceivala, 1984]

(4.1)

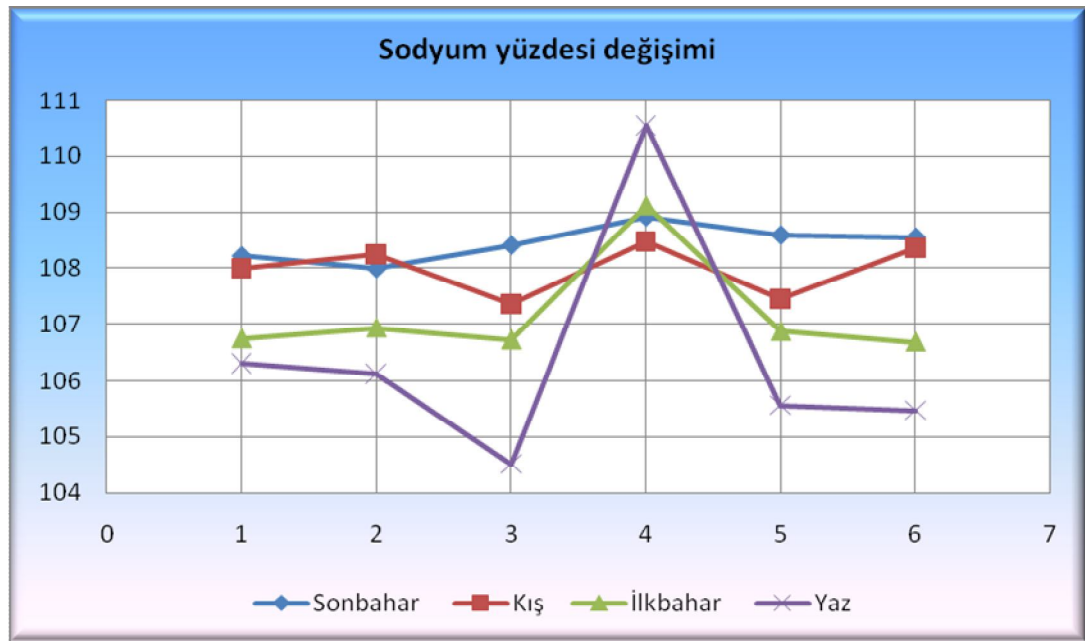
%Na değerinin toprağa ve bitkiye zararlı olmaması için 50–60 değerinden daha büyük olmaması gerekmektedir. Ancak, toprağın yüksek katyon değiştirme kapasitesine sahip olduğu yerlerde sulama suyunun fazla konsantre olmadığı hallerde %Na değerinin 50 nin üzerindeki değerleri de emniyetli sınırlar içerisinde olabilir [Ayyıldız, 1983].

Çizelge 4.15'den görüleceği üzere; Ankara çayından seçilen örnekleme noktalarında değişebilir sodyum yüzdesi değeri 104,51 ile 110,55 arasında değişim

göstermektedir. Maksimum değişebilir sodyum yüzdesi değeri 110,55 ile 4 nolu istasyonda yaz mevsiminde ölçülmüştür. Minimum değişebilir sodyum yüzdesi değeri 104,51 ile 3 nolu istasyonda yaz mevsiminde ölçülmüştür.

Çizelge 4.15. Mevsimlere göre istasyonlar arası değişebilir sodyum yüzdesi değerleri

Değişebilir Sodyum Yüzdesi	1.istasyon	2.istasyon	3.istasyon	4.istasyon	5.istasyon	6.istasyon
Sonbahar	108,22	107,99	108,41	108,91	108,59	108,55
Kış	108	108,25	107,36	108,48	107,45	108,36
İlkbahar	106,74	106,93	106,72	109,12	106,87	106,68
Yaz	106,3	106,12	104,51	110,55	105,56	105,47



Şekil 4.3. Mevsimlere göre istasyonlar arası sodyum yüzdesi değerleri değişimi grafiği

Çizelge 4.16. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğine göre sodyum yüzdesi değeri

Tablo 4 : Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterleri								
Kalite kriterleri				Sulama suyu sınıfı				
				I. Sınıf su (çok iyi)	II. Sınıf su (iyi)	III. Sınıf su (kullanılabilir)	IV. Sınıf su (ihtiyatla kullanılmalı)	V. sınıf su (zararlı) uygun değil
*	Değişebilir Sodyum Yüzdesi	(% Na)	< 20	20-40	40-60	60-80	> 80	

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterlerine göre I.sınıf sulama sularında 20 den küçük, II .sınıf sulama sularında 20-40, 3. sınıf sulama sularında 40-60, 4.sınıf sulama sularında 60-80, 5.sınıf sulama sularında 80 den büyük değişebilir sodyum yüzdesinin bulunmasına müsaade edilmiştir.

Ankara Çayı’ndan alınan su numunelerinin tümünde değişebilir sodyum yüzdesi 80 değerinden büyük olması sebebi ile 5. sınıf (zararlı) su sınıfına girmektedir. Ankara Çayı’nın değişebilir sodyum yüzdesi açısından kullanımı sakıncalıdır. Bu parametre, tuzluluk açısından oldukça önemlidir. Sulama suyunda kalsiyumun belirli bir konsantrasyonun üzerinde olması toprağın hava ve su geçirgenliğini artırırken sodyum konsantrasyonunun yüksek olması tersi bir durumu ortaya çıkarmaktadır. Toprağın değişim yüzeyleri tarafından Na^+ iyonunun adsorbsiyonu toprak çözeltisinin kimyası tarafından kontrol edilmektedir. Toprak çözeltisine sulama suyuyla, Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarına göre yüksek konsantrasyonda Na^+ iyonu girdiği durumda, toprak partiküllerinin değişim yüzeylerindeki katyonlar daha yüksek Na^+ iyonu konsantrasyonu yansıtmaya başlamaktadırlar.

4.3.1. Değişebilir sodyum yüzdesi değerlerinin istasyonlar arası farklılığının incelenmesi

Bu çalışmada Ankara Çayı'ndaki 6 istasyondan alınan su numunlerinde değişebilir sodyum yüzdesi değeri ölçülmüş ve istasyonlar arasında değişebilir sodyum yüzdesi değeri bakımından mevsimsel fark olup olmadığı araştırılmıştır. Mevsimsel değişebilir sodyum yüzdesi değeri ortalamaları ve ölçülen minimum ve maksimum değişebilir sodyum yüzdesi değerleri Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Ankara Çayı'nda istasyonlar arası ölçülen değişebilir sodyum yüzdesi değerinin mevsimsel ortalaması

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Değişebilir Sodyum Yüzdesi	Ortalama	108,4461	107,9851	107,1827	106,4551
	Standart Sapma	0,29094	0,43434	0,87944	1,96354
	Minimum	107,99	107,36	106,68	104,51
	Maximum	108,91	108,48	109,12	110,55

Mevsimsel olarak ölçülen değişebilir sodyum yüzdesi değerleri ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını saptamak amacıyla chi square (χ^2) testi yapılmıştır. Sonuçlar çizelge 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Ankara Çayı'nda istasyonlar arası ölçülen değişebilir sodyum yüzdesi değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerleri

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Sodyum yüzdesi	χ^2	0,014	0,012	0,031	0,239
	p	1,000	1,000	1,000	0,999

Çizelge 4.14'de görüldüğü üzere $p = 0,000$ ($p > 0,05$) olduğundan değişebilir sodyum yüzdesi değerinin istasyonlara göre ölçümleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.19. Ankara Çayı'nda mevsimlere göre ölçülen sodyum yüzdesi değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6
χ^2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
p	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Çizelge 4.15 ve Şekil 4.3'e göre, maksimum ve minimum değişebilir sodyum yüzdesi değeri yaz ayında ölçülmüştür.

Ancak istatistiksel olarak, Çizelge 4.19'de görüldüğü üzere $p > 0.05$ olduğundan mevsimlere göre istasyonlarda ölçülen elektriksel iletkenlik değerleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

4.4. SAR (Sodyum absorpsiyon oranı)

Sulama sularının kalite kriterlerinin belirlenmesinde önemli olan bir diğer belirleyici SAR'dır. Ancak sınıflamanın kesin sınırlarını belirlemek güçtür. Toplam tuz içeriği (EC) ile SAR arasında logaritmik, ters bir ilişki vardır. Suyun EC değeri yükseldikçe, SAR değeri azalmaktadır [Kanber ve ark., 1992].

Sodyum adsorbsiyon oranının hesaplanması için sulama suyunun içerdiği Na (meq/l), Ca (meq/l), ve Mg (meq/l), iyonlarının konsantrasyonlarının bilinmesi gerekir. Böylece Na katyonunun Ca ve Mg katyonlarına oranı ile SAR değeri aşağıdaki formülle hesaplanılabilir [Metcalf ve Eddy, 1991].

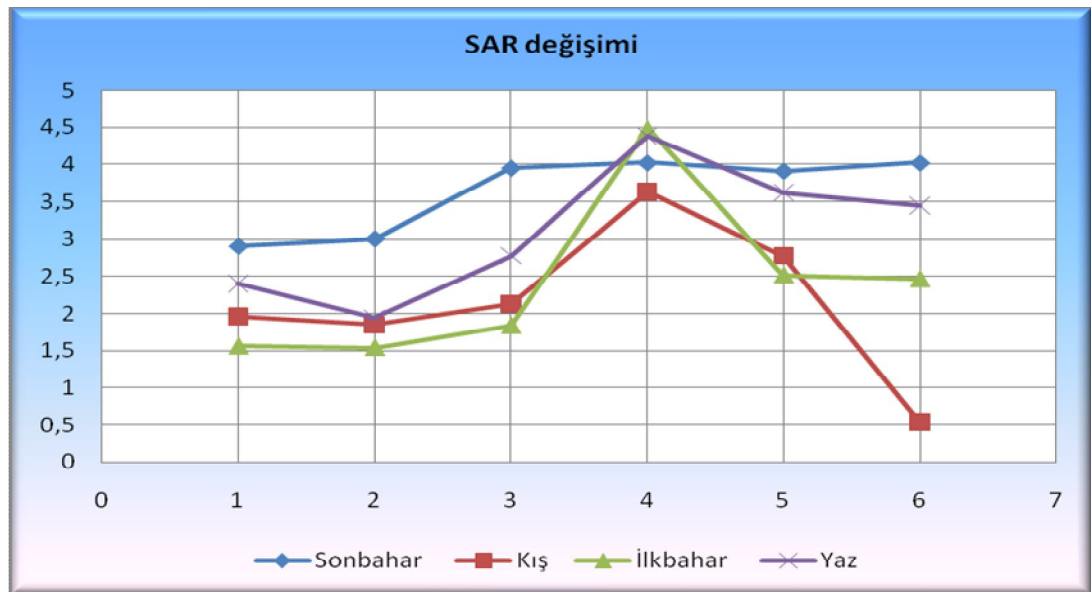
$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{++} + Mg^{++})/2}} \quad (4.2)$$

Çizelge 4.20' dan görüleceği üzere; Ankara çayından seçilen örnekleme noktalarında sodyum absorpsiyon oranı 0,54 ile 4,48 arasında değişim göstermektedir.

Maksimum değışebilir sodyum absorbsiyon oranı 4,48 ile 4 nolu istasyonda ilkbahar mevsiminde ölçülmüştür. Minimum sodyum absorbsiyon oranı 0,54 ile 6 nolu istasyonda yaz mevsiminde ölçülmüştür.

Çizelge 4.20. Mevsimlere göre istasyonlar arası sodyum absorbsiyon oranı değerleri

SAR	1.istasyon	2.istasyon	3.istasyon	4.istasyon	5.istasyon	6.istasyon
Sonbahar	2,91	3,01	3,95	4,02	3,91	4,02
Kış	1,96	1,85	2,13	3,63	2,78	0,54
İlkbahar	1,56	1,54	1,84	4,48	2,52	2,47
Yaz	2,41	1,94	2,78	4,38	3,62	3,45



Şekil 4.4. Mevsimlere göre istasyonlar arası sodyum absorbsiyon oranı değışimi grafiğı

Çizelge 4.21. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğine göre SAR değeri

Tablo 4 : Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterleri							
Kalite kriterleri			Sulama suyu sınıfı				
			I. Sınıf su (çok iyi)	II. Sınıf su (iyi)	III. Sınıf su (kullanılabilir)	IV. Sınıf su (ihtiyatla kullanılmalı)	V. sınıf su (zararlı) uygun değil
*	Sodyum Absorbsiyon Oranı	SAR	< 10	10-18	18-26	> 26	

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterlerine göre 1.sınıf sulama sularında 10 dan küçük, 2.sınıf sulama sularında 10-18, 3. sınıf sulama sularında 18-26 4.ve 5.sınıf sulama sularında 26 den büyük sodyum absorbsiyon oranı bulunmasına müsaade edilmiştir.

Ankara çayından alınan su numunelerinin tümünde sodyum absorbsiyon oranı 10 değerinden küçük olduğu için 1. sınıf (Çok İyi) su sınıfına girmektedir. Ankara Çayı'nın sodyum absorbsiyon oranı açısından kullanımı sakıncalı değildir.

4.4.1. SAR değerlerinin istasyonlar arası farklılığının incelenmesi

Bu çalışmada Ankara Çayındaki 6 istasyondan alınan su numunelerinde sodyum absorbsiyon oranı değeri ölçülmüş ve istasyonlar arasında sodyum absorbsiyon oranı değeri bakımından mevsimsel fark olup olmadığı araştırılmıştır. Mevsimsel sodyum absorbsiyon oranı değeri ortalamaları ve ölçülen minimum ve maksimum sodyum absorbsiyon oranı değerleri Çizelge 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Ankara Çayı'nda İstasyonlar arası ölçülen sodyum absorpsiyon oranı değerinin mevsimsel ortalaması

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Değişebilir	Ortalama	3,6982	2,5200	2,6867	3,2994
Sodyum	Standart Sapma	,46528	,91487	1,18453	,81303
Yüzdesi	Minimum	2,91	,54	1,54	1,94
	Maximum	4,02	3,63	4,48	4,38

Mevsimsel olarak ölçülen değişebilir SAR değerleri ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını saptamak amacıyla chi square (χ^2) testi yapılmıştır. Sonuçlar çizelge 4.23'de verilmiştir.

Çizelge 4.23. Ankara Çayın'nda istasyonlar arası ölçülen SAR değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerleri

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
SAR	χ^2	3,909	2,286	1,400	1,333
	p	,418	,808	,924	,931

Çizelge 4.23'da görüldüğü üzere $p = 0,000$ ($p > 0,05$) olduğundan değişebilir sodyum yüzdesi değerinin istasyonlara göre ölçümleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.24. Ankara Çayı'nda mevsimlere göre ölçülen SAR değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6
χ^2	,000	,000	,000	,000	,000	,000
p	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Çizelge 4.16 ve Şekil 4.4'e göre, maksimum SAR değeri ilkbahar mevsiminde, minimum SAR değeri yaz mevsiminde ölçülmüştür.

Ancak istatistiksel olarak, Çizelge 4.24'de görüldüğü üzere $p > 0,05$ olduğundan mevsimlere göre istasyonlarda ölçülen elektriksel iletkenlik değerleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

4.5. RSC (Sodyum Karbonat Kalıntısı)

Sulama sularının sınıflandırılmasında eriyebilir tuzların toplam konsantrasyonu, Na^+ konsantrasyonu ve özel iyon toksisitesi dışında diğer bazı kriterlerin de kullanımı önerilmektedir. Bu kriterlerden bazıları kalıcı sodyum karbonat RSC, efektif tuzluluk ve potansiyel tuzluluk parametreleridir.

Kalıcı sodyum karbonat değeri aşağıdaki formülü ile hesaplanır;

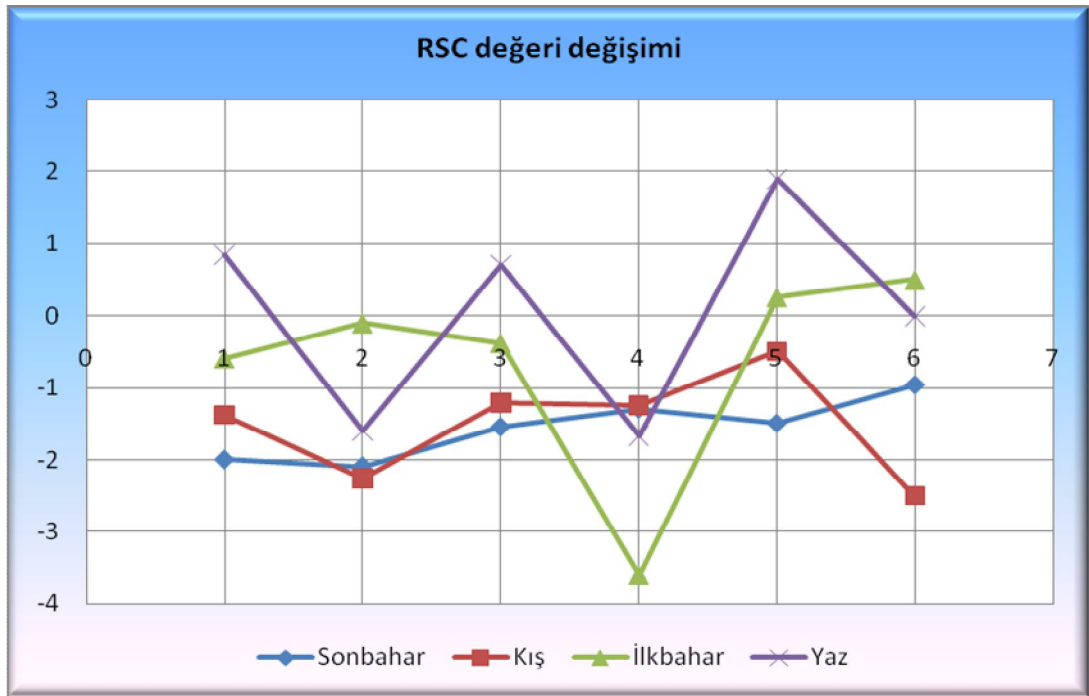
$$RSC = (CO_3^{=} + HCO_3^{-}) - (Ca^{++} + Mg^{++}) \quad (4.3)$$

Ortamdaki karbonat ve bikarbonat ilk olarak iki değerlikli kalsiyum ve magnezyum ile birleşme eğilimi gösterecektir. Bütün kalsiyum vev magnezyum iyonları karbonat ve bikarbonat iyonları ile birleştiklerinde, ortamda hala karbonat ve bikarbonat var ise (sonuç “pozitif”) ortamdaki karbonat ve bikarbonat ile sodyum birleşme eğilimi gösterecektir ve eriyebilirliği sınırlı olan sodyumbikarbonat oluşacaktır. Eğer sonuç negatif ise bu durumda sodyum bikarbonat oluşma olasılığı olmadığından, sodyum karbonatın olumsuz etkisi beklenmeyecektir [Ayers ve Westcot, 1989].

Çizelge 4.25’ den görüleceği üzere; Ankara çayından seçilen örnekleme noktalarında değişebilir sodyum karbonat kalıntısı -3,61 meq/l ile 1,89 meq/l arasında değişim göstermektedir. Maksimum sodyum karbonat kalıntısı 1,89 meq/l ile 5 nolu istasyonda yaz mevsiminde ölçülmüştür. Minimum sodyum karbonat kalıntısı -3,61 ile 4 nolu istasyonda ilkbahar mevsiminde ölçülmüştür.

Çizelge 4.25. Mevsimlere göre istasyonlar arası sodyum karbonat kalıntısı değerleri

RSC (meq/l)	1.istasyon	2.istasyon	3.istasyon	4.istasyon	5.istasyon	6.istasyon
Sonbahar	-2	-2,09	-1,55	-1,3	-1,5	-0,96
Kış	-1,38	-2,26	-1,21	-1,25	-0,49	-2,5
İlkbahar	-0,59	-0,1	-0,37	-3,61	0,26	0,5
Yaz	0,84	-1,6	0,71	-1,67	1,89	-0,01



Şekil 4.5. Mevsimlere göre istasyonlar arası sodyum karbonat kalıntısı değerleri değişimi grafiği

Çizelge 4.26. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğine göre RSC değeri

Tablo 4 : Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterleri							
Kalite kriterleri			Sulama suyu sınıfı				
			I. Sınıf su (çok iyi)	II. Sınıf su (iyi)	III. Sınıf su (kullanılabilir)	IV. Sınıf su (ihtiyatla kullanılmalı)	V. sınıf su (zararlı) uygun değil
* Sodyum Karbonat Kalıntısı	RSC		> 1.25	1.25-2.5	> 2.5		

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterlerine göre 1.sınıf sulama sularında 66 mg/l (1,25 meg/l)'den küçük, 2. sınıf sulama sularında 66-133 mg/l (1,25 -2,5 meg/l), 3. sınıf sulama sularında 113 mg/l (2,5meg/l)'den fazla, 4. ve 5.

sınıf sulama sularında 113 mg/l den fazla sodyum karbonat kalıntısı bulunmasına müsaade edilmiştir.

Ankara Çayı'ndan alınan su numunelerinin tümü 1,25 meg/l değerinden küçük olmasından dolayı 1. sınıf su sınıfına girmektedir. Sulama suyu olarak kullanımında bir sakınca bulunmadığı görülmektedir.

4.5.1. RSC değerlerinin istasyonlar arası farklılığının incelenmesi

Bu çalışmada Ankara Çayındaki 6 istasyondan alınan su numunelerinde sodyum karbonat kalıntısı değeri ölçülmüş ve istasyonlar arasında sodyum karbonat kalıntısı değeri bakımından mevsimsel fark olup olmadığı araştırılmıştır. Mevsimsel sodyum karbonat kalıntısı değeri ortalamaları ve ölçülen minimum ve maksimum sodyum karbonat kalıntısı değerleri Çizelge 4.27'de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Ankara Çayı'nda İstasyonlar arası ölçülen sodyum karbonat kalıntısı değerinin mevsimsel ortalaması

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
	Ortalama	-1,5526	-1,5150	-0,6517	1,3325
Sodyum	Standart Sapma	0,39935	0,74261	1,50311	0,64593
Karbonat kalıntısı	Minimum	-2,09	-2,50	-3,61	0,71
	Maximum	-0,96	-0,49	0,50	1,89

Mevsimsel olarak ölçülen sodyum karbonat kalıntısı değerleri ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını saptamak amacıyla chi square (χ^2) testi yapılmıştır. Sonuçlar çizelge 4.28'de verilmiştir.

Çizelge 4.28. Ankara Çayı’nda istasyonlar arası ölçülen RSC değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerlerleri

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
RSC	χ^2	0,116	0,000	0,000	0,500
	p	1,000	1,000	1,000	0,779

Çizelge 4.28’de görüldüğü üzere $p = 0,000$ ($p > 0,05$) olduğundan değişebilir sodyum yüzdesi değerinin istasyonlara göre ölçümleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.29. Ankara Çayı’nda mevsimlere göre ölçülen RSC değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6
χ^2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
p	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Çizelge 4.25 ve Şekil 4.5’e göre, maksimum RSC değeri yaz mevsiminde, minimum RSC değeri ilkbahar mevsiminde ölçülmüştür.

Ancak istatistiksel olarak, Çizelge 4.29’dan görüldüğü üzere $p > 0,05$ olduğundan mevsimlere göre istasyonlarda ölçülen RSC değerleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

4.6. Klorür (Cl)

Klorür, bütün sularda bulunan bir anyondur. 140 ppm’den yüksek konsantrasyonları (140 ppm = 3.95 meq/l) bitkiler için zehirli etki yapmaktadır (Anonymus, 1996). Yıllık bitkilerin düşük klorür derişimlerine hassas olmamalarına karşın, çoğu ağaç bitkileri ve diğer ağaçsız bitkiler çok düşük klorür derişimlerine bile hassastır. Fakat hassas olmayan bitkiler bile yüksek klorür derişimlerinden etkilenir.

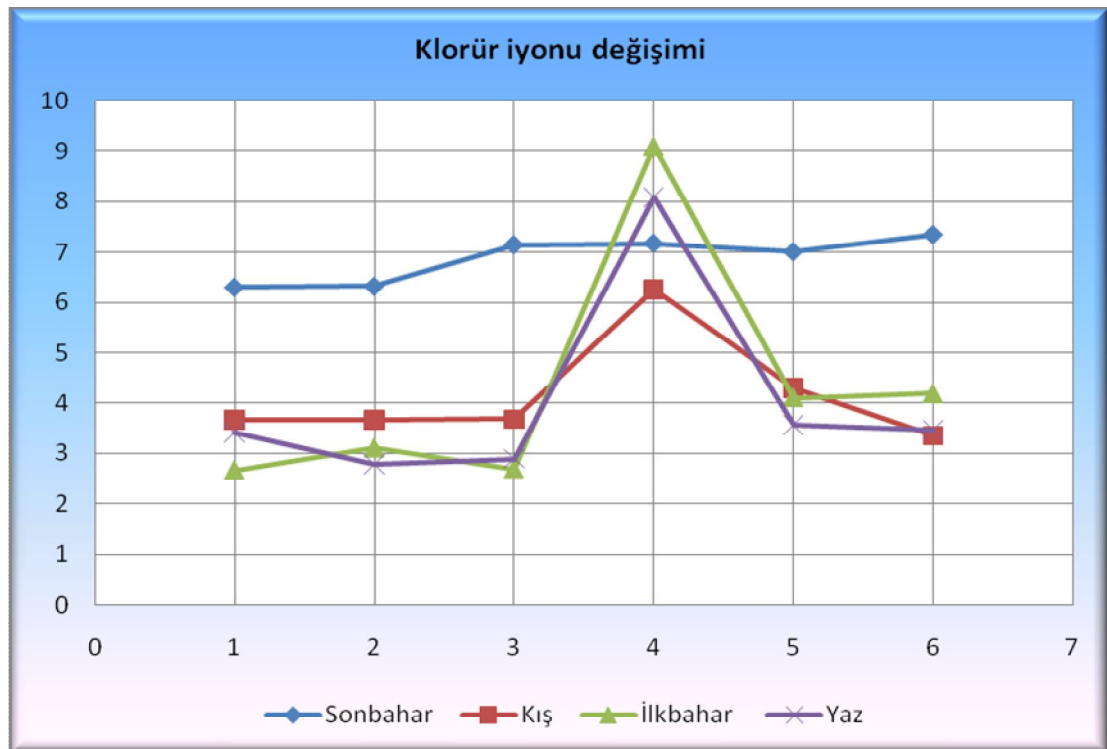
Sulama suyu olarak kullanılması açısından Cl⁻ anyonu değeri 4 meq/l’ den düşük ise kabul edilebilir, 4-10 meq/l koşullara göre (toprak ve bitki) denetimli kullanım ve 10

meq/l' den fazla ise uygun olmayan şekilde kabul edilmektedir, ayrıca yağmurlama sulama için Cl⁻'ün sınır değeri 3 meq/l'den az olmalıdır [Ayers ve Westcot, 1989].

Çizelge 4.30' dan görüleceği üzere; Ankara Çayı'ndan seçilen örnekleme noktalarında Klorür (Cl⁻) iyonu değeri 2,66 meq/l ile 8,08 meq/l arasında değişim göstermektedir. Maksimum Cl⁻ iyonu değeri 4 nolu istasyonda yaz mevsiminde tespit edilmiştir, minimum değeri ise 1 nolu istasyonda ilkbahar mevsiminde ölçülmüştür.

Çizelge 4.30. Mevsimlere göre istasyonlar arası klorür değerleri

Klorür (Cl⁻)	1.istasyon	2.istasyon	3.istasyon	4.istasyon	5.istasyon	6.istasyon
Sonbahar	6,3	6,32	7,15	7,18	7,01	7,35
Kış	3,66	3,67	3,68	6,25	4,3	3,35
İlkbahar	2,66	3,1	2,68	9,1	4,11	4,19
Yaz	3,42	2,78	2,89	8,08	3,57	3,46



Şekil 4.6. Mevsimlere göre istasyonlar arası klorür iyonu değişimi grafiği

Çizelge 4.31. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğine göre klorür değeri

Tablo 4 : Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterleri							
Kalite kriterleri			Sulama suyu sınıfı				
			I. Sınıf su (çok iyi)	II. Sınıf su (iyi)	III. Sınıf su (kullanılabilir)	IV. Sınıf su (ihtiyatla kullanılmalı)	V. sınıf su (zararlı) uygun değil
*	Klorür	meq/l	0-4	4-7	7-12	12-20	> 20

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterlerine göre 1. sınıf sulama sularında 0-4 meq/l, 2. sınıf sulama sularında 4-7 meq/l, 3. sınıf sulama sularında 7-12 meq/l, 4. sınıf sulama sularında 12-20 meq/l, 5. sınıf sulama sularında 20 meq üzerinde klorür iyonu bulunmasına müsaade edilmiştir.

Ankara çayından alınan numunelere göre klorür iyonu açısından değerler 4-7 meq/l ve 7-12 meq/l arasında olduğundan sulama suyu olarak kullanılabilir olduğu gözlemlenmektedir.

Analiz sonuçlarının standartlarla karşılaştırılması ile birlikte bir de Klorür değerlerinin mevsimlere göre ve numune alınan istasyonlara göre anlamlı bir farklılık gösterip göstermediği istatistiksel olarak hesaplanmıştır.

4.6.1. Klorür değerlerinin istasyonlar arası farklılığının incelenmesi

Bu çalışmada Ankara Çayı'ndaki 6 istasyondan alınan su numunlerinde klorür değeri ölçülmüş ve istasyonlar arasında klorür değeri bakımından mevsimsel fark olup olmadığı araştırılmıştır. Mevsimsel klorür değeri ortalamaları ve ölçülen minimum ve maksimum klorür değerleri Çizelge 4.32'de verilmiştir.

Çizelge 4.32. Ankara Çayı’nda istasyonlar arası ölçülen klorür değerinin mevsimsel ortalaması

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Klorür	Ortalama	6,9137	4,3516	5,4008	4,8571
	Standart Sapma	0,41322	1,12212	2,80222	2,34360
	Minimum	6,30	3,35	2,66	2,78
	Maximum	7,35	6,25	9,10	8,08

Mevsimsel olarak ölçülen klorür değerleri ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını saptamak amacıyla chi square (χ^2) testi yapılmıştır. Sonuçlar çizelge 4.33’de verilmiştir.

Çizelge 4.33. Ankara Çayın’nda istasyonlar arası ölçülen klorür değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerleri

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Klorür	χ^2	0,200	1,160	6,308	5,000
	p	0,999	0,949	0,277	0,416

Çizelge 4.33’de görüldüğü üzere $p > 0,05$ olduğundan klorür değerinin istasyonlara göre ölçümleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.34. Ankara Çayı’nda mevsimlere göre ölçülen klorür değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı

	istasyon1	istasyon2	istasyon3	istasyon4	istasyon5	istasyon6
χ^2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
p	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Çizelge 4.30 ve Şekil 4.6’ ya göre, maksimum klorür değeri yaz mevsiminde, minimum klorür değeri ilkbahar mevsiminde ölçülmüştür.

Ancak istatistiksel olarak, Çizelge 4.34’ de görüldüğü üzere $p > 0.05$ olduğundan mevsimlere göre istasyonlarda ölçülen klorür değerleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

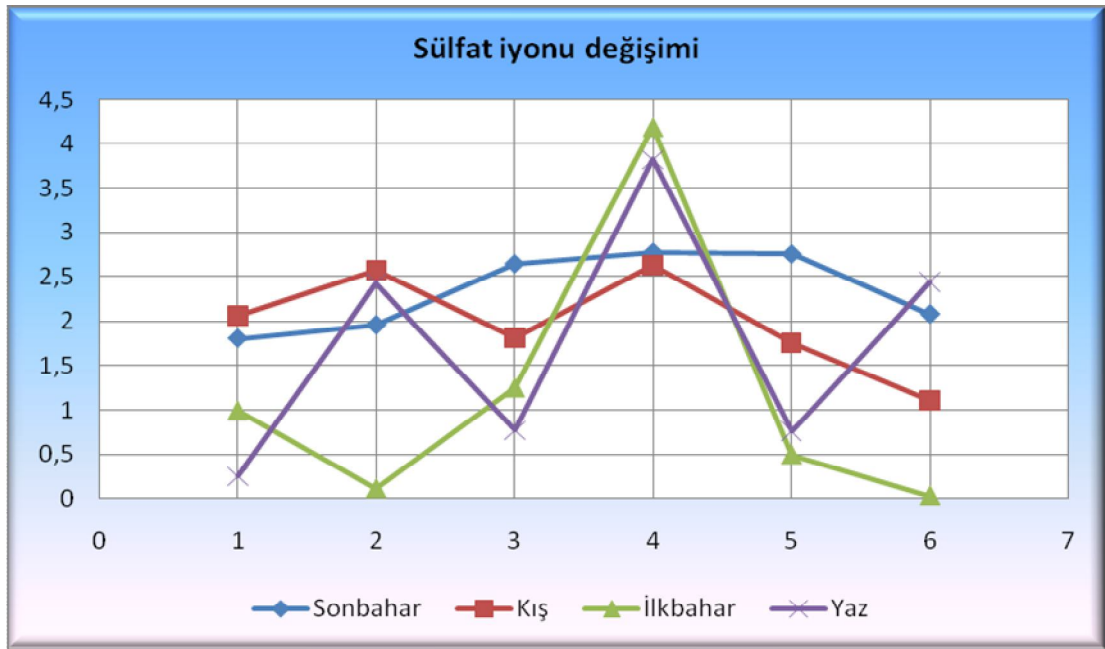
4.7. Sülfat (SO_4^{-2})

Kükürt içeren kaya ve minerallerin parçalanma, ayrışma ve oksidasyonu sonucu sülfatlar oluşur. Sülfat, sulama sularında daha az toksiktir. Yüksek konsantrasyonlarda sülfat iyonları kalsiyumun çökmesine neden olurlar ve bitkilere toksik olabilirler [Ayyıldız, 1983]. Sulama sularında sülfatın bulunma aralığı 0 ile 20 meq/l arasında değiştiği ön görülmektedir [Ayers ve Westcot, 1989].

Çizelge 4.31' den görüleceği üzere; Ankara çayından seçilen örnekleme noktalarında Sülfat değeri 0,11 meq/l ile 4,19 meq/l arasında değişim göstermektedir. Maksimum Sülfat değeri 4 nolu istasyonda ilkbahar mevsiminde, minimum değeri ise 2 nolu istasyonda ilkbahar mevsiminde ölçülmüştür.

Çizelge 4.35. Mevsimlere göre istasyonlar arası sülfat değerleri

Sülfat	1.istasyon	2.istasyon	3.istasyon	4.istasyon	5.istasyon	6.istasyon
Sonbahar	1,81	1,96	2,64	2,77	2,75	2,08
Kış	2,06	2,57	1,82	2,63	1,76	1,11
İlkbahar	0,99	0,11	1,25	4,19	0,49	0,03
Yaz	0,25	2,43	0,77	3,82	0,76	2,44



Şekil 4.7. Mevsimlere göre istasyonlar arası sülfat iyonu değişimi grafiği

Çizelge 4.36. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğine göre sülfat değeri

Tablo 4 : Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterleri							
Kalite kriterleri			Sulama suyu sınıfı				
			I. Sınıf su (çok iyi)	II. Sınıf su (iyi)	III. Sınıf su (kullanılabilir)	IV. Sınıf su (ihtiyatla kullanılmalı)	V. sınıf su (zararlı) uygun değil
*	Sülfat	meq/l	0-4	4-7	7-12	12-20	> 20

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterlerine göre 1.sınıf sulama sularında 0-4 meq/l, 2. sınıf sulama sularında 4-7 meq/l, 3. sınıf sulama sularında 7-12 meq/l , 4.sınıf sulama sularında 12-20 meq/l, 5. sınıf sulama sularında 20 meq üzerinde sülfat iyonu bulunmasına müsaade edilmiştir.

Ankara Çayı'ndan alınan numunelerde, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite

kriterlerine göre ilkbahar mevsiminde 4 nolu istasyon (2. sınıf sulama suyu) hariç numune alınan tüm noktalarda sülfat değeri sulama sularında 1. sınıf sulama suyu olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenden dolayı sulama suyu olarak kullanılmalarında bir sakınca bulunmamaktadır.

4.7.1. Sülfat değerlerinin istasyonlar arası farklılığının incelenmesi

Bu çalışmada Ankara Çayındaki 6 istasyondan alınan su numunlerinde sülfat değeri ölçülmüş ve istasyonlar arasında sülfat değeri bakımından mevsimsel fark olup olmadığı araştırılmıştır. Mevsimsel sülfat değeri ortalamaları ve ölçülen minimum ve maksimum sülfat değerleri Çizelge 4.37’de verilmiştir.

Çizelge 4.37. Ankara Çayı’nda istasyonlar arası ölçülen sülfat değerinin mevsimsel ortalaması

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Sülfat	Ortalama	2,4120	2,1531	3,1667	2,6550
	Standart Sapma	0,39974	0,48649	1,58747	1,19102
	Minimum	1,81	1,11	0,99	0,76
	Maximum	2,77	2,63	4,19	3,82

Mevsimsel olarak ölçülen sülfat değerleri ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını saptamak amacıyla chi square (χ^2) testi yapılmıştır. Sonuçlar çizelge 4.34’de verilmiştir.

Çizelge 4.38 Ankara Çayın’nda istasyonlar arası ölçülen sülfat değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerleri

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Sülfat	χ^2	0,600	1,308	3,000	3,000
	p	0,988	0,934	0,223	0,558

Çizelge 4.38’de görüldüğü üzere $p > 0,05$ olduğundan Klorür değerinin istasyonlara göre ölçümleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.39. Ankara Çayı’nda mevsimlere göre ölçülen sülfat değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6
χ^2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
p	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Çizelge 4.35 ve Şekil 4.7’ ye göre, maksimum ve minimum sülfat değeri ilkbahar mevsiminde ölçülmüştür.

Ancak istatistiksel olarak, Çizelge 4.39’ de görüldüğü üzere $p > 0.05$ olduğundan mevsimlere göre istasyonlarda ölçülen sülfat değerleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

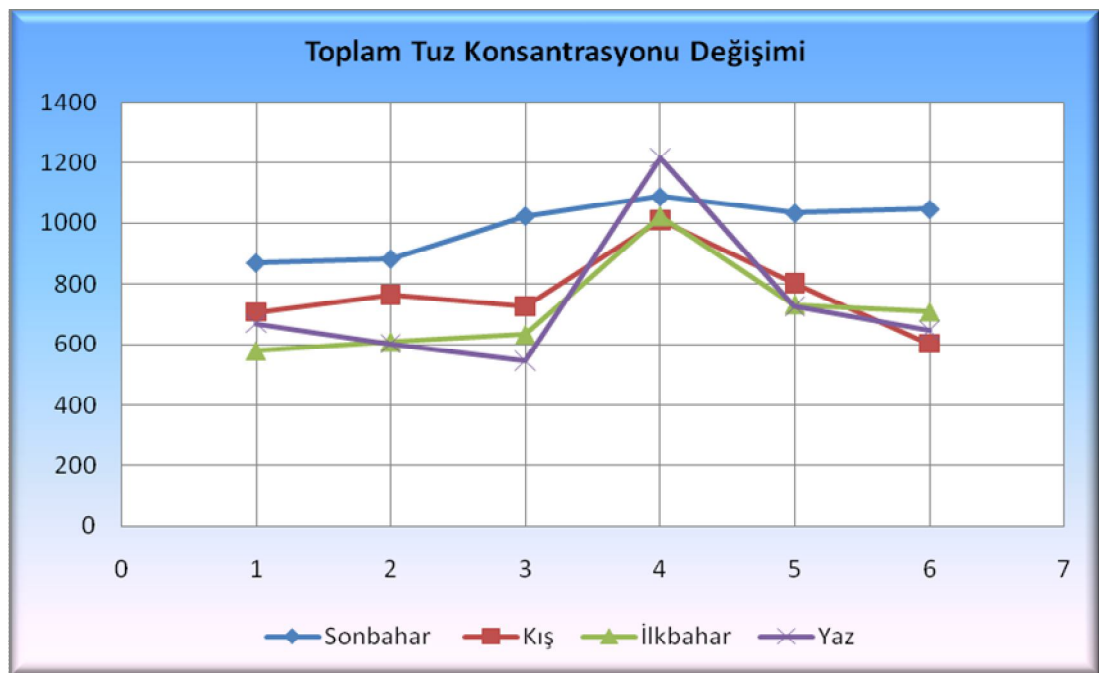
4.8. Toplam Tuz Konsantrasyonu

Sulama suyu içerisinde bulunan yüksek tuz konsantrasyonları bitkilere direk veya toprağa etkileri nedeniyle de daolaylı olarak zararlıdır. Bunların zararlılık dereceleri; bitkinin çeşidi, toprağın karakteri, drenaj şartları, su içinde bulunan tuzların cinsleri, iklim ve benzeri faktörlerle değerlendirilebilir [Ayyıldız, 1983].

Çizelge 4.37’den görüleceği üzere; Ankara Çayı’ndan seçilen örnekleme noktalarında toplam tuz konsantrasyonu değeri 544 meq/l ile 1217,92 meq/l arasında değişim göstermektedir. Maksimum toplam tuz konsantrasyonu değeri 4 nolu istasyonda ilkbahar mevsiminde, minimum değeri ise 3 nolu istasyonda yaz mevsiminde ölçülmüştür.

Çizelge 4.40. Mevsimlere göre istasyonlar arası toplam tuz konsantrasyonu değerleri

Toplam Tuz Kons	1.istasyon	2.istasyon	3.istasyon	4.istasyon	5.istasyon	6.istasyon
Sonbahar	870,4	883,2	1024	1088	1033,6	1046,4
Kış	707,84	764,8	727,04	1008,64	802,56	601,6
İlkbahar	578,56	608	632,32	1022,72	732,8	708,48
Yaz	668,8	601,6	544	1217,92	726,4	646,4



Şekil 4.8. Mevsimlere göre istasyonlar arası toplam tuz konsantrasyonu değişimi grafiği

Çizelge 4.41 Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğine göre toplam tuz konsantrasyonu değeri

Tablo 4 : Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterleri							
Kalite kriterleri			Sulama suyu sınıfı				
			I. Sınıf su (çok iyi)	II. Sınıf su (iyi)	III. Sınıf su (kullanılabilir)	IV. Sınıf su (ihtiyatla kullanılmalı)	V. sınıf su (zararlı) uygun değil
*	Toplam Tuz	mg/l	0-175	175-525	525-1400	1400-2100	> 2100

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterlerine göre 1. sınıf sulama sularında (0-175mg/l), 2. sınıf sulama sularında (175-525 mg/l), 3. sınıf sulama sularında (525-1400 mg/l), 4. sınıf sulama sularında (1400-2100 mg/l) ,5. sınıf sulama sularında 2100 mg/l den büyük toplam tuz konsantrasyonu bulunmasına müsaade edilmiştir.

Ankara Çayı'ndan alınan su numunelerinden alınan numunelerin tümünde bir değerlendirme yapıldığında toplam tuz konsantrasyonu değerine göre 3. sınıf su (kullanılabilir) kategorisine girmektedir.

4.8.1. Toplam tuz değerlerinin istasyonlar arası farklılığının incelenmesi

Bu çalışmada Ankara Çayı'ndaki 6 istasyondan alınan su numunelerinde toplam tuz değeri ölçülmüş ve istasyonlar arasında toplam tuz değeri bakımından mevsimsel fark olup olmadığı araştırılmıştır. Mevsimsel toplam tuz değeri ortalamaları ve ölçülen minimum ve maksimum toplam tuz değerleri Çizelge 4.42'de verilmiştir.

Çizelge 4.42. Ankara Çayı'nda istasyonlar arası ölçülen toplam tuz değerinin mevsimsel ortalaması

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
ToplamTuz	Ortalama	997,9328	788,7121	744,6335	802,2460
	Standart Sapma	81,07204	129,92287	164,18644	262,19033
	Minimum	870,40	601,60	578,56	544,00
	Maximum	1088,00	1008,64	1022,72	1217,92

Mevsimsel olarak ölçülen toplam tuz değerleri ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını saptamak amacıyla chi square (χ^2) testi yapılmıştır. Sonuçlar çizelge 4.43'de verilmiştir.

Çizelge 4.43. Ankara Çayın'nda istasyonlar arası ölçülen toplam tuz değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerleri

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Toplam Tuz	χ^2	42,062	119,826	185,005	408,372
	p	,000	,000	,000	,000

Çizelge 4.43'de görüldüğü üzere, $p < 0,05$ olduğundan toplam tuz değerinin istasyonlara göre ölçümleri arasında anlamlı bir fark vardır. İstasyonlar arasında toplam tuz konsantrasyonunda farklılıkların görülmesinin sebebi EC değerinin istasyonlar arası farklılık göstermesi ile ilişkilidir.

Çizelge 4.44. Ankara Çayı'nda mevsimlere göre ölçülen toplam tuz değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6
χ^2	,000	,000	,000	,000	,000	,000
p	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Ancak istatistiksel olarak, Çizelge 4.44’de görüldüğü üzere $p > 0.05$ olduğundan mevsimlere göre istasyonlarda ölçülen toplam tuz konsantrasyonu değerleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

4.9. Bor Konsantrasyonu

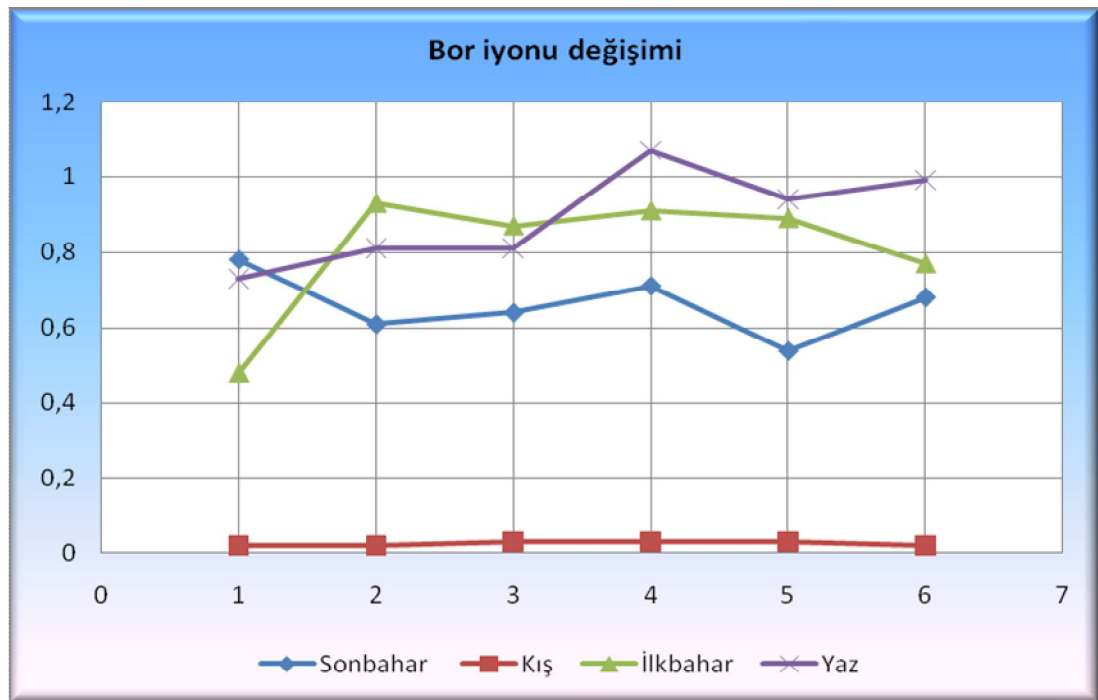
Sulama sularının tuzluluk ve alkalilik zararı yanında toksik etkisi olabilecek iyonlarının da değerlendirmelere alınması gerekir. Sularda spesifik toksit etkisi en çok görülen element bor’dur. Bor bitkiler için gerekli bir besin maddesi olup bitkiler tarafından en düşük konsantrasyonda bile alınmaktadır. Bu nedenle sulama sularının niteliklerinin değerlendirilmesinde bir kalite kriteri olarak kullanılmıştır.

Tarımsal sulamada yalnız uygulanan sulama yöntemi, sulama zamanı ve sulama suyu miktarı değil, aynı zamanda kullanılan suyun kalitesi de son derece önemlidir. Tarımsal faaliyetler ve diğer sektörler geliştikçe ne yazık ki çevresel kirlenmelerde artmaktadır. Bitkiler için gerekli olan, ancak özellikle 1 ppm 'den fazla bor içeriğine sahip sulann sulamada kullanılması bitkilerde ve topraklarda sorun yaratabilmektedir [FAO, 1976].

Çizelge 4.45’den görüleceği üzere Ankara Çayı’ndan seçilen örnekleme noktalarında bor değeri 0,02 ppm ile 0,99 ppm arasında değişim göstermektedir. Maksimum bor değeri 6 nolu istasyonda yaz mevsiminde, minimum değeri ise 1, 2 ve 6 nolu istasyonda kış mevsiminde ölçülmüştür.

Çizelge 4.45. Mevsimlere göre istasyonlar arası bor konsantrasyonu değerleri

Bor	1.istasyon	2.istasyon	3.istasyon	4.istasyon	5.istasyon	6.istasyon
Sonbahar	0,78	0,61	0,64	0,71	0,54	0,68
Kış	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02
İlkbahar	0,48	0,93	0,87	0,91	0,89	0,77
Yaz	0,73	0,81	0,81	1,07	0,94	0,99



Şekil 4.9. Mevsimlere göre istasyonlar arası bor konsantrasyonu değışimi grafiğı

Çizelge 4.46. Su Kirliliğı Kontrolü Yönetmeliğı Teknik Usuller Tebliğıne göre bor değeri

Tablo 4 : Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterleri							
Kalite kriterleri		Sulama suyu sınıfı					
		I. Sınıf su (çok iyi)	II. Sınıf su (iyi)	III. Sınıf su (kullanılabilir)	IV. Sınıf su (ihtiyatla kullanılmalı)	V. sınıf su (zararlı) uygun değil	
*	Bor	ppm	0-0.5	0.5-1.12	1.12-2.0	> 2.0	-

Su Kirliliğı Kontrolü Yönetmeliğı Teknik Usuller Tebliğı sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterlerine göre 1. sınıf sulama sularında 0-0,5 ppm, 2. sınıf sulama sularında 0,5-1,12 ppm , 3. sınıf sulama sularında 1,12-2,0 ppm, 4. sınıf sulama sularında 2,0 ppm'den büyük 5. sınıf sulama sularında 2,0 ppm'den büyük üzerinde bor bulunmasına müsaade edilmiştir.

Ankara Çayı'ndan alınan numunelerde 1,12 ppm değerini aşan bir bor değeri olmadığından 1. ve 2. sınıf sulama suyu olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir.

4.9.1. Bor değerlerinin istasyonlar arası farklılığının incelenmesi

Bu çalışmada Ankara Çayı'ndaki 6 istasyondan alınan su numunlerinde bor değeri ölçülmüş ve istasyonlar arasında bor değeri bakımından mevsimsel fark olup olmadığı araştırılmıştır. Mevsimsel bor değeri ortalamaları ve ölçülen minimum ve maksimum bor değerleri Çizelge 4.47'de verilmiştir.

Çizelge 4.47. Ankara Çayı'nda istasyonlar arası ölçülen bor değerinin mevsimsel ortalaması

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Bor	Ortalama	,6600	,0250	,8740	,8917
	Standart Sapma	,08319	,00548	,06229	,12906
	Minimum	,54	,02	,77	,73
	Maximum	,78	,03	,93	1,07

Mevsimsel olarak ölçülen bor değerleri ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını saptamak amacıyla chi square (χ^2) testi yapılmıştır. Sonuçlar çizelge 4.48'de verilmiştir.

Çizelge 4.48. Ankara Çayı'nda istasyonlar arası ölçülen bor değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerleri

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Bor	χ^2	,000	,000	,000	,667
	p	1,000	1,000	1,000	,955

Çizelge 4.48'de görüldüğü üzere, $p > 0,05$ olduğundan bor değerinin istasyonlara göre ölçümleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.49. Ankara Çayı’nda mevsimlere göre ölçülen bor değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6
χ^2	,000	,000	,000	,000	,000	,000
p	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Çizelge 4.45 ve Şekil 4.9’a göre, maksimum ve minimum bor değeri ilkbahar mevsiminde ölçülmüştür.

Ancak istatistiksel olarak, Çizelge 4.49’dan görüldüğü üzere $p > 0.05$ olduğundan mevsimlere göre istasyonlarda ölçülen bor değerleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

4.10 Sulama Suyu Sınıfı

C/S Sulama suyu sınıflandırması Suların elektriksel iletkenliklerine göre sınıflandırılması aşağıda belirtildiği gibidir [Richards, 1954].

Az tuzlu sular (C_1): Elektriksel iletkenlikleri 100 ile $250 \mu S cm^{-1}$ arasındaki sular olup, bütün topraklarda kullanılabilirler. Biraz yıkamaya ihtiyaç varsa da bu işlem, son derece düşük permeabiliteli topraklar hariç, normal sulama şartlarında kendiliğinden meydana gelmektedir. Tüm bitkiler için güvenle kullanılabilir.

Orta tuzlu sular (C_2): Elektriksel iletkenlikleri 250 ile $750 \mu S cm^{-1}$ arasındaki sulardır. Orta derecede yıkanmanın olduğu yerlerde kullanılabilirler. Çoğunlukla özel bir tuzluluk kontrol önlemine gerek kalmadan tuzluluğa orta derecede dayanıklı bitkiler yetiştirmek mümkündür. Yalnız az geçirgen topraklarda önlem olarak yıkanmanın yapılması zorunludur.

Fazla tuzlu sular (C_3): Elektriksel iletkenlikleri 750 ile $2250 \mu S \text{ cm}^{-1}$ arasındaki sular olup, orta dereceden iyi dereceye kadar permeabiliteye sahip topraklarda kullanılabilirler. Düşük permeabiliteli topraklarda tuzluluk tehlikesi meydana getirebileceğinden toprakların iyi bir şekilde yıkanması, tuza orta ve iyi derecede dayanıklı bitkilerin seçilmesi gerekmektedir.

Çok fazla tuzlu sular (C_4): Elektriksel iletkenlikleri 2250 ile $5000 \mu S \text{ cm}^{-1}$ arasındaki sular olup, geçirgen topraklarda kullanılabilirler. Tuz birikmesini önleyebilmek için düzenli bir şekilde yıkamanın yapılması gerekmektedir. Drenajı tam olmayan topraklarda kullanılamaz. Tuza dayanıklı bitkilerin sulanmasında ve çok özel durumlarda kullanılabilirler.

Sulama sularının sodyum adsorbsiyon oranı (SAR)'na göre sınıflandırılması ise şu şekildedir [Richards, 1954].

Az sodyumlu sular (S_1): Hemen hemen bütün topraklarda sulama için kullanılabilir. Zararlı derecede alkalilik yaratma tehlikesi çok azdır. Bununla beraber, taş çekirdekli meyveler gibi alkaliliğe karşı duyarlı olan bitkiler etkilenebilir.

Orta sodyumlu sular (S_2): İnce tekstürlü (killi ve katyon değişim kapasitesi yüksek olan) topraklarda; özellikle az yıkanma şartlarında hissedilir derecede bir sodyum tehlikesi ortaya çıkar. Toprakta kireç var ise durum daha az tehlikelidir. Bu sular kaba tekstürlü (kumlu) ve geçirgenliği iyi olan organik maddece zengin topraklarda kullanılabilir.

Yüksek sodyumlu sular (S_3): Pek çok toprakta zararlı derecede bir alkalilik yaratır, iyi drenaj, fazla yıkanma ve organik madde katılması gibi özel tedbirler ister. Kireçli topraklarda bu sular tehlikeli bir alkalilik meydana getirmeyebilir. Değişebilir sodyum yerine kalsiyumu koymak için bazı kimyasal

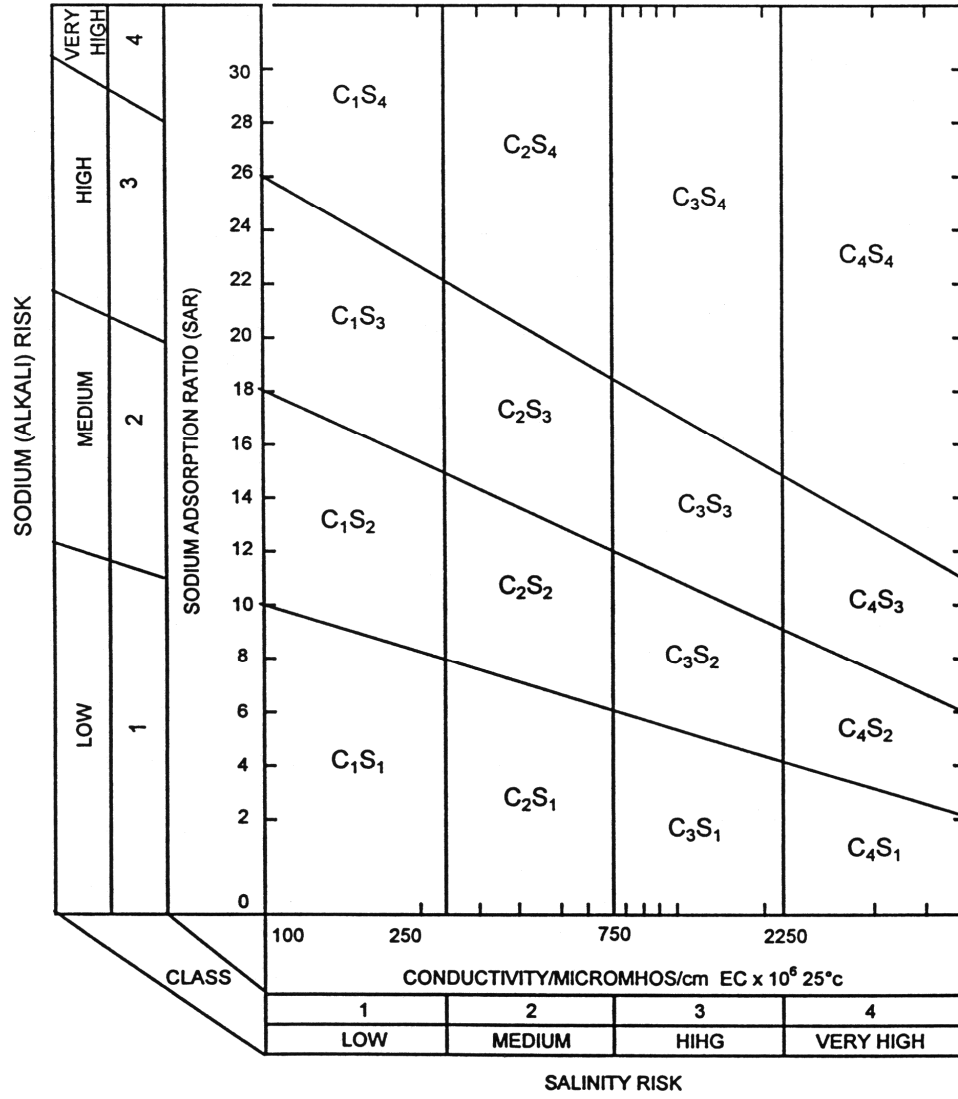
maddeler eklenmesi gerekebilir. Ancak çok yüksek tuzlu sularda kimyasal madde katılamayabilir.

Çok yüksek sodyumlu sular (S_4): Çoğunlukla sulamada kullanılamaz. Ancak bu su aynı zamanda düşük veya orta derecede tuzlu ise (C_1S_4 - C_2S_4) toprakla çözünmüş kalsiyum ve diğer ıslah edici maddelerin bulunması şartı ile bu sulardan yararlanılabilir.

Çizelge 4.50. Mevsimlere göre istasyonlar arası sulama suyu sınıfları

Sulama Suyu Sınıfı	1.istasyon	2.istasyon	3.istasyon	4.istasyon	5.istasyon	6.istasyon
Sonbahar	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1
Kış	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1
İlkbahar	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1
Yaz	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1	C3S1

Çizelge 4.50’de görüldüğü üzere; Ankara Çayı’ndan alınan tüm numuneler C3S1 sulama suyu sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterlerine göre C3S1, 3. sınıf sulama suyu olarak adlandırılır. Sulama suyu olarak kullanılabilir. C3S1 sulama suyu sınıfı içerisinde yer alan orta dereceden yüksek dereceye kadar çözünebilir tuz içeren ve düşük sodyumlu sular olan örneklerin alındığı istasyonlar, geçirgenliği düşük ve drenajı yetersiz topraklarda sulama suyu olarak kullanılmaları durumunda, toprakta zamanla tuzluluk sorunu yaratabilirler. Drenajı iyi topraklarda, tuza orta dereceden yüksek dereceye kadar dayanıklı bitkiler seçilerek, özel toprak idaresi ile ve denetimli olarak kullanılmaları mümkündür [Aşık ve ark., 2004].



Şekil 4.10. Sulama suyu sınıflandırma grafiği

4.11. Anyonlar

Anyonların suların bileşiminde bulunma durumları, ortalama dağılımlarına göre $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{CO}_3^{2-}$ sırasını izlemektedir.

4.11.1. Karbonat

Karbonatlar, sudaki asitleri nötralize edebilen bileşiklerin konsantrasyonunu ifade etmektedir. Suyun alkaliliğini oluşturan kimyasallar, suyun içerisinden aktığı jeolojik tabakaların yapısından alınan çözünmüş karbonat ve bikarbonatlardır. Alkalilik için optimum toksik düzeylerin belirlenmesinde, 1 meq/l 'lik karbonat konsantrasyonunun zamanla ortamın pH'sını yükseltecek düzeyde olduğu belirtilmektedir [Will ve Faust, 1999].

Ankara Çayı'ndan almış olduğumuz numunelerde karbonat iyonuna rastlanmamıştır. Numune alınan istasyonlarda pH'larının 8.5'den düşük olması sebebi ile karbonat iyonuna rastlanmamıştır, karbonatın sulu ortamlarda ancak pH'nın 8.5'den yüksek olduğu durumlarda önemli miktarda bulunabilmektedir.

Ankara Çayın'dan alınan numunelerde karbonat değerleri sıfır olarak tespit edilmiştir.

4.11.2. Bikarbonat

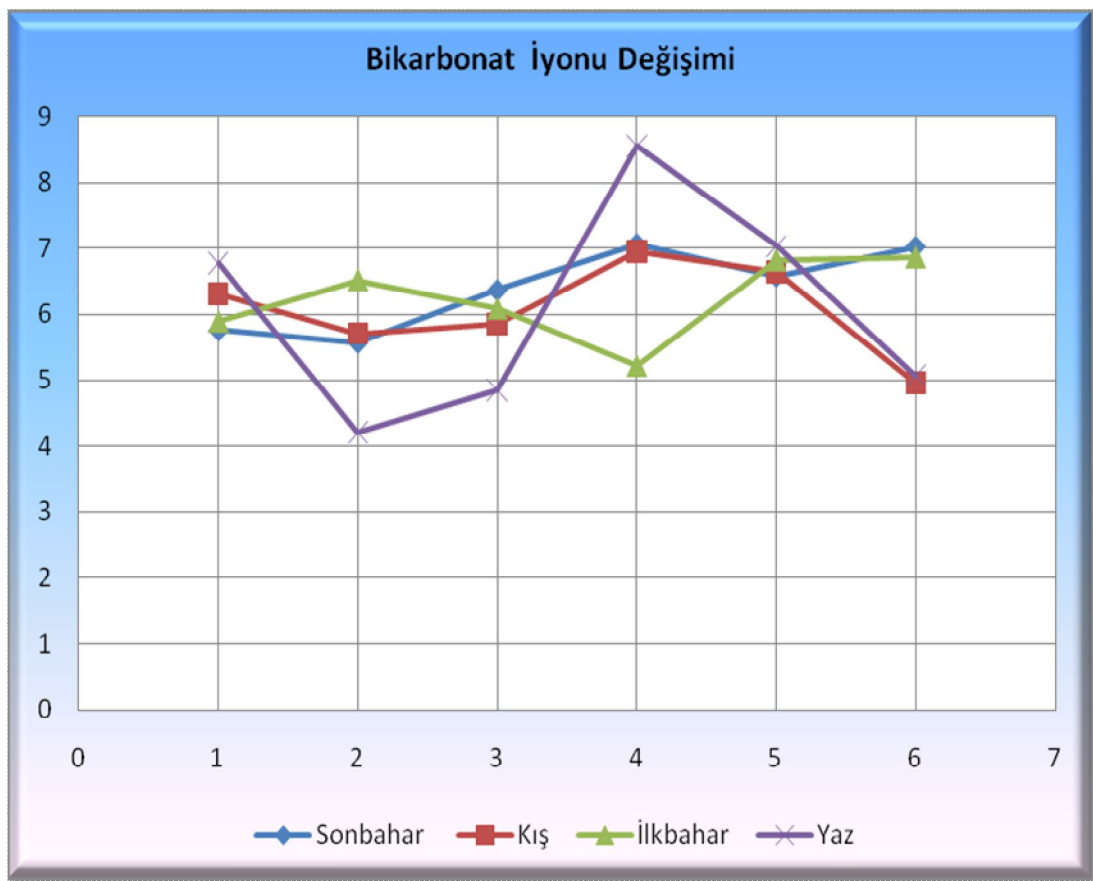
CO_2 'nin su içinde çözünmesi ile meydana gelen bikarbonatların sularda bulunış oranları sıcaklık, pH ve diğer çözünmüş halde bulunan katı maddelerin konsantrasyonuna bağlıdır. Sulama sularının bikarbonat iyonlarının miktarı 8.5 meq/l üzerinde kullanılmasının sakınca oluşturmaktadır [Ayers ve Westcot, 1989].

Çizelge 4.51'de görüldüğü üzere; Ankara Çayı'ndan alınan numunelerde bikarbonat HCO_3^- anyonu miktarı 4,21 meq/l ile 8,55 meq/l arasında değişim göstermektedir. Maksimum HCO_3^- anyonu miktarı 8,55 meq/l ile 4.istasyonda yaz mevsiminde alınan örneklerde, minimum değeri ise 2 nolu istasyonda yaz mevsiminde

ölçülmüştür. İstasyonların HCO^{-3} anyon miktarlarına bakıldığında 4 nolu istasyonda (8,55 meq/l) HCO^{-3} anyon miktarının 8.5 meq/l'nin üzerinde olduğundan sulama suyu olarak kullanılması sakıncalıdır

Çizelge 4.51. Mevsimlere göre istasyonlar arası bikarbonat değerleri

Bikarbonat	1.istasyon	2.istasyon	3.istasyon	4.istasyon	5.istasyon	6.istasyon
Sonbahar	5,76	5,57	6,37	7,06	6,58	7,02
Kış	6,31	5,71	5,86	6,95	6,64	4,95
İlkbahar	5,89	6,52	6,09	5,22	6,82	6,86
Yaz	6,78	4,21	4,85	8,55	7,03	5,07



Şekil 4.11. Mevsimlere göre istasyonlar arası bikarbonat değişimi grafiği

4.11.2.1. Bikarbonat iyonu değerlerinin istasyonlar arası farklılığının incelenmesi

Bu çalışmada Ankara Çayındaki 6 istasyondan alınan su numunlerinde bikarbonat değeri ölçülmüş ve istasyonlar arasında bikarbonat değeri bakımından mevsimsel fark olup olmadığı araştırılmıştır. Mevsimsel bikarbonat değeri ortalamaları ve ölçülen minimum ve maksimum bikarbonat değerleri Çizelge 4.52’de verilmiştir.

Çizelge 4.52. Ankara Çayı’nda istasyonlar arası ölçülen bikarbonat değerinin mevsimsel ortalaması

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Bikarbonat	Ortalama	6,4313	6,1395	6,2995	6,4881
	Standart Sapma	0,57411	0,64928	0,55828	1,53791
	Minimum	5,57	4,95	5,22	4,21
	Maximum	7,06	6,95	6,86	8,55

Mevsimsel olarak ölçülen bikarbonat değerleri ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını saptamak amacıyla chi square (χ^2) testi yapılmıştır. Sonuçlar çizelge 4.53’da verilmiştir.

Çizelge 4.53. Ankara Çayın’nda istasyonlar arası ölçülen bikarbonat değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerleri

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Bikarbonat	χ^2	0,231	0,459	0,526	2,730
	p	0,999	0,994	0,991	0,742

Çizelge 4.53’da görüldüğü üzere $p > 0,05$ olduğundan bor değerinin istasyonlara göre ölçümleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.54. Ankara Çayı'nda mevsimlere göre ölçülen bikarbonat değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6
χ^2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
p	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Çizelge 4.51 ve Şekil 4.11'e göre, maksimum ve minimum bikarbonat değeri yaz mevsiminde ölçülmüştür.

Ancak istatistiksel olarak, Çizelge 4.54' de görüldüğü üzere $p > 0.05$ olduğundan mevsimlere göre istasyonlarda ölçülen bikarbonat değerleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

4.12. Katyonlar

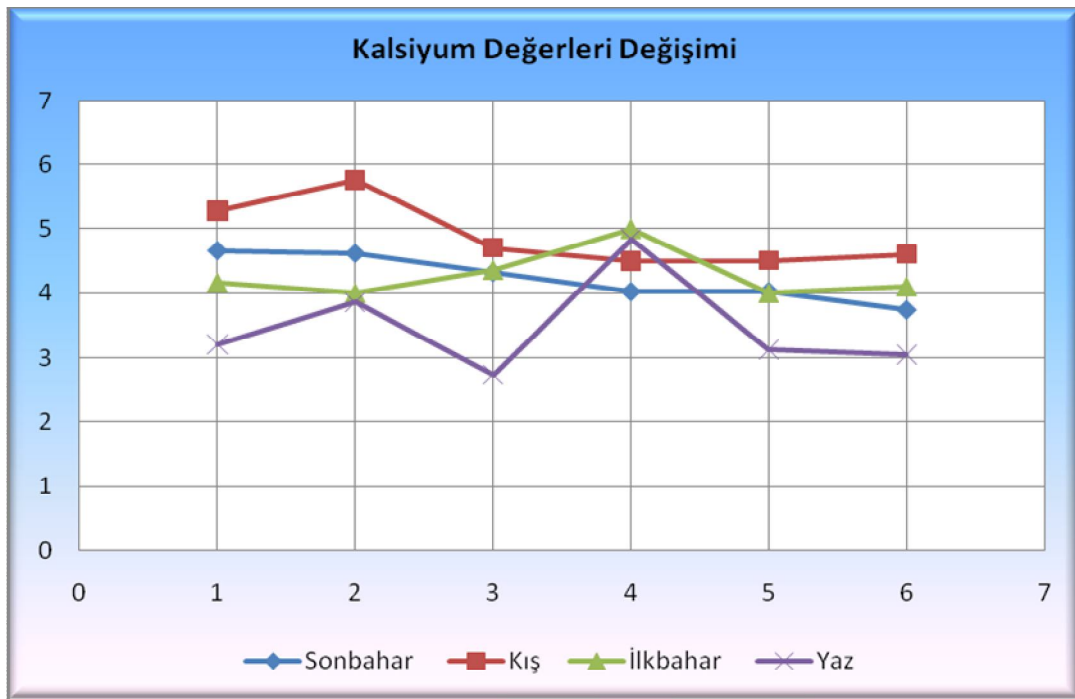
Kalsiyum ve magnezyum önemli birer bitki besin elementi olup, aynı zamanda toprak yapısını iyileştirmektedir. Ancak bunların fazlalığında çözünebilir demir azaldığından bitkilerde demir noksanlığı görülmektedir. Bununla birlikte, kalsiyum ve magnezyum katyonları sulara sertlik özelliği kazandırmaktadır [Goss ve Barry, 1995]. Bitki gelişimi açısından asıl elementlerden olan kalsiyum ve magnezyumun sulama sularındaki uygun düzeyleri sırasıyla kalsiyum için 0-20 meq/l, magnezyum için ise 0-5 meq/l dir [Ayers ve Westcot, 1989].

4.12.1. Kalsiyum

Çizelge 4.55' de görüldüğü üzere; Ankara çayından alınan numunelerde Ca^{+2} katyonu değeri 2,74 meq/l ile 5,75 meq/l arasında değişim göstermektedir. Maximum Ca^{+2} katyonu değeri 2 nolu istasyonda kış mevsiminde, minimum değeri ise 3 nolu istasyonda yaz mevsiminde ölçülmüştür.

Çizelge 4.55. Mevsimlere göre istasyonlar arası kalsiyum değerleri

Kalsiyum	1.istasyon	2.istasyon	3.istasyon	4.istasyon	5.istasyon	6.istasyon
Sonbahar	4,66	4,62	4,32	4,02	4,02	3,74
Kış	5,28	5,75	4,71	4,5	4,51	4,61
İlkbahar	4,16	4	4,36	5	4	4,1
Yaz	3,21	3,86	2,74	4,85	3,13	3,05



Şekil 4.12. Mevsimlere göre istasyonlar arası kalsiyum değeri değişimi grafiği

4.12.1.1. Kalsiyum değerlerinin istasyonlar arası farklılığının incelenmesi

Bu çalışmada Ankara Çayı'ndaki 6 istasyondan alınan su numunlerinde kalsiyum değeri ölçülmüş ve istasyonlar arasında kalsiyum değeri bakımından mevsimsel fark olup olmadığı araştırılmıştır. Mevsimsel kalsiyum değeri ortalamaları ve ölçülen minimum ve maksimum kalsiyum değerleri Çizelge 4.56'da verilmiştir.

Çizelge 4.56. Ankara Çayı’nda istasyonlar arası ölçülen kalsiyum değerinin mevsimsel ortalaması

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
(Ca ⁺)	Ortalama	4,2615	4,9210	4,2992	3,6229
	Standart Sapma	0,34668	0,49006	0,37765	0,78477
	Minimum	3,74	4,50	4,00	2,74
	Maximum	4,66	5,75	5,00	4,85

Mevsimsel olarak ölçülen kalsiyum değerleri ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını saptamak amacıyla chi square (χ^2) testi yapılmıştır. Sonuçlar çizelge 4.57’de verilmiştir.

Çizelge 4.57. Ankara Çayın’nda istasyonlar arası ölçülen kalsiyum değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerleri

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Ca	χ^2	2,077	0,161	2,400	1,000
	p	0,722	0,999	0,663	0,963

Çizelge 4.57’de görüldüğü üzere, $p > 0,05$ olduğundan kalsiyum değerinin istasyonlara göre ölçümleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.58. Ankara Çayı’nda mevsimlere göre ölçülen kalsiyum değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6
χ^2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
p	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Çizelge 4.55 ve Şekil 4.12’ ye göre, maksimum ve minimum kalsiyum değeri yaz mevsiminde ölçülmüştür.

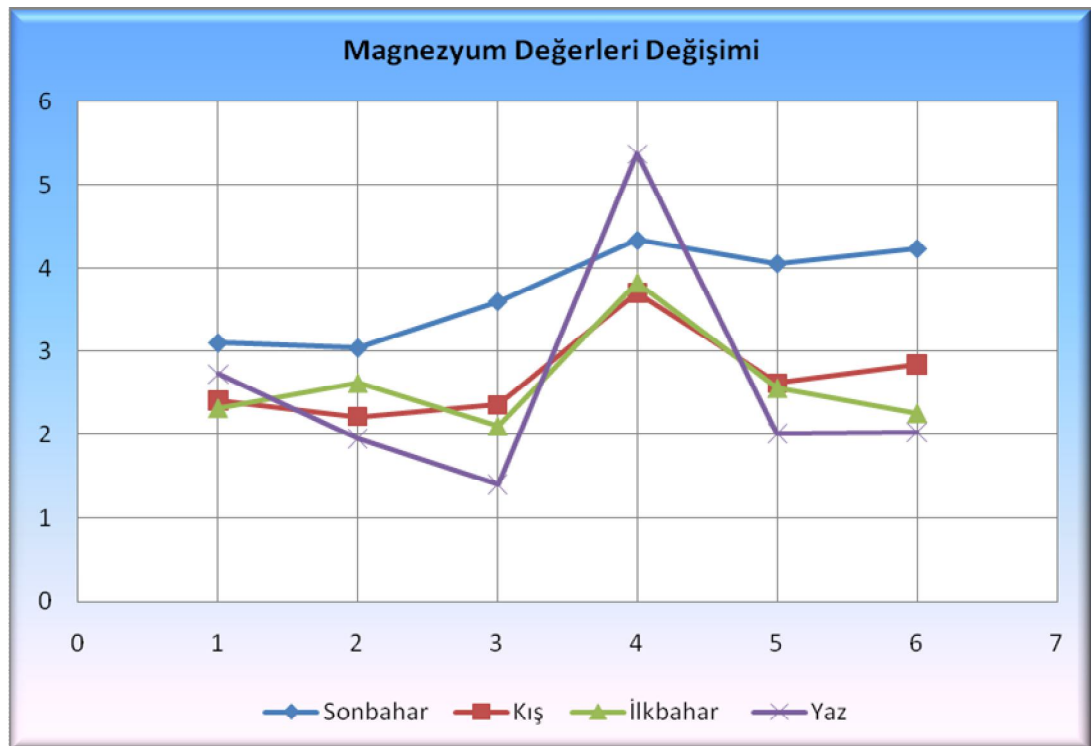
Ancak istatistiksel olarak, Çizelge 4.58’de görüldüğü üzere $p > 0.05$ olduğundan Mevsimlere göre İstasyonlarda ölçülen kalsiyum değerleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

4.12.2. Magnezyum

Çizelge 4.59'dan magnezyum katyonu değeri ise 1,4 meg/l ile 5,37 meg/l arasında değişim göstermektedir. Minimum magnezyum katyonu değeri 3 nolu istasyonda yaz mevsiminde, maksimum değeri ise 4 nolu istasyonda yaz mevsiminde ölçülmüştür.

Çizelge 4.59. Mevsimlere göre istasyonlar arası magnezyum değerleri

Mg ⁺⁺	1.istasyon	2.istasyon	3.istasyon	4.istasyon	5.istasyon	6.istasyon
Sonbahar	3,1	3,04	3,6	4,34	4,06	4,24
Kış	2,41	2,22	2,36	3,7	2,62	2,84
İlkbahar	2,32	2,62	2,1	3,83	2,56	2,26
Yaz	2,73	1,95	1,4	5,37	2,01	2,03



Şekil 4.13. Mevsimlere göre istasyonlar arası magnezyum değeri değişimi grafiği

4.12.2.1. Magnezyum değerlerinin istasyonlar arası farklılığının incelenmesi

Bu çalışmada Ankara Çayındaki 6 istasyondan alınan su numunlerinde magnezyum değeri ölçülmüş ve istasyonlar arasında magnezyum değeri bakımından mevsimsel fark olup olmadığı araştırılmıştır. Mevsimsel magnezyum değeri ortalamaları ve ölçülen minimum ve maksimum magnezyum değerleri Çizelge 4.60'da verilmiştir.

Çizelge 4.60. Ankara Çayı'nda istasyonlar arası ölçülen magnezyum değerinin mevsimsel ortalaması

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Magnezyum	Ortalama	3,7900	2,8225	2,7638	3,2280
	Standart Sapma	,51510	,55965	,65912	1,60647
	Minimum	3,04	2,22	2,10	1,40
	Maximum	4,34	3,70	3,83	5,37

Mevsimsel olarak ölçülen magnezyum değerleri ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını saptamak amacıyla chi square (χ^2) testi yapılmıştır. Sonuçlar çizelge 4.61'de verilmiştir.

Çizelge 4.61. Ankara Çayı'nda istasyonlar arası ölçülen magnezyum değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerleri

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Mg	χ^2	,364	1,250	1,250	3,800
	p	,996	,940	,940	,579

$p > 0,05$ olduğundan Magnezyum değerinin istasyonlara göre ölçümleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.62. Ankara Çayı'nda mevsimlere göre ölçülen magnezyum değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6
χ^2	,000	,000	,000	,000	,000	,000
p	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Çizelge 4.59 ve Şekil 4.13' e göre, maksimum ve minimum magnezyum değeri yaz mevsiminde ölçülmüştür.

Ancak istatistiksel olarak, Çizelge 4.62 de görüldüğü üzere $p > 0.05$ olduğundan Mevsimlere göre İstasyonlarda ölçülen bikarbonat değerleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

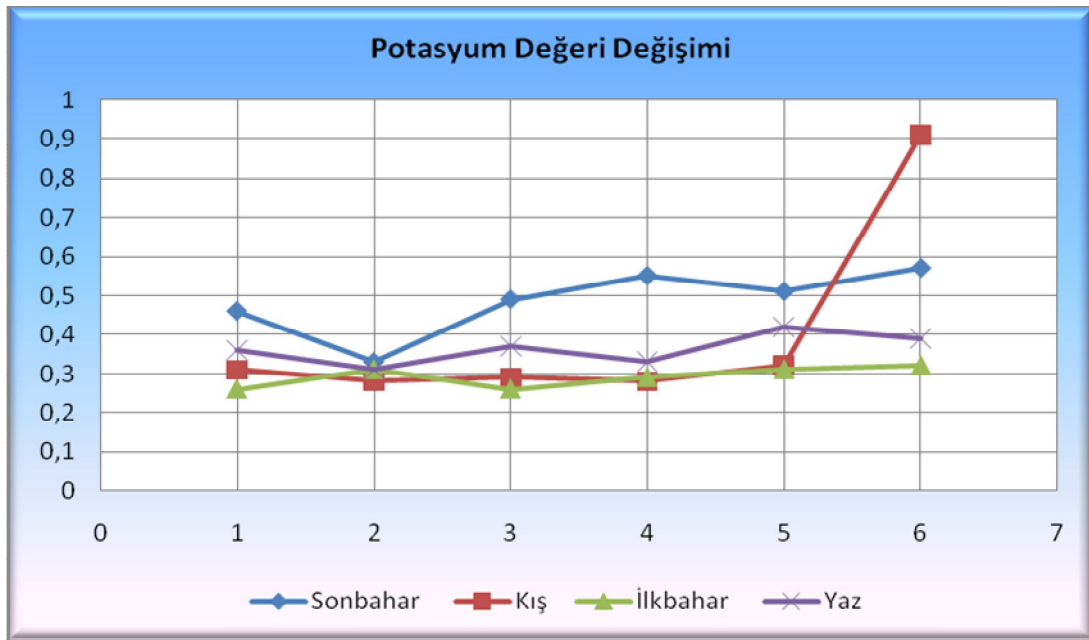
4.12.3. Potasyum

Potasyum, sularda çok düşük düzeylerde bulunur. Sulama sularında birkaç ppm'den fazla olan düzeyleri gübreler veya diğer kaynaklardan beslenmeye işaret eder [Will ve Faust, 1999]. Bitki gelişimi açısından gerekli olan potasyumun sulama sularındaki uygun düzeyleri 0-2 meq/l olduğu bilinmektedir [Ayers ve Westcot, 1989].

Çizelge 4.63'den Ankara Çayı'ndan aldığımız numunelerde potasyum katyonu değeri 0.26 meq/l (10,14 mg /l) ile 0.55 meq/l (21,45 mg /l) arasında değişim göstermektedir. Maksimum potasyum katyonu değeri 4 nolu istasyonda sonbahar mevsiminde, minimum değeri ise 1ve 3 nolu istasyonlarda ilkbahar mevsiminde ölçülmüştür.

Çizelge 4.63. Mevsimlere göre istasyonlar arası potasyum değerleri

Potasyum	1.istasyon	2.istasyon	3.istasyon	4.istasyon	5.istasyon	6.istasyon
Sonbahar	0,46	0,33	0,49	0,55	0,51	0,57
Kış	0,31	0,28	0,29	0,28	0,32	0,91
İlkbahar	0,26	0,31	0,26	0,29	0,31	0,32
Yaz	0,36	0,31	0,37	0,33	0,42	0,39



Şekil 4.14. Mevsimlere göre istasyonlar arası potasyum değeri değişimi grafiği

Numune alınan istasyonlarda potasyum katyonu miktarlarına bakıldığında maksimum sınır değerinin 2 meq/l'nin altında bulunması sulama suyu olarak kullanılmasında problem olmadığı görülmektedir.

4.12.3.1. Potasyum değerlerinin istasyonlar arası farklılığının incelenmesi

Bu çalışmada Ankara Çayındaki 6 istasyondan alınan su numunlerinde potasyum değeri ölçülmüş ve istasyonlar arasında potasyum değeri bakımından mevsimsel fark olup olmadığı araştırılmıştır. Mevsimsel potasyum değeri ortalamaları ve ölçülen minimum ve maksimum potasyum değerleri Çizelge 4.64'de verilmiştir.

Çizelge 4.64. Ankara Çayı'nda istasyonlar arası ölçülen potasyum değerinin mevsimsel ortalaması

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
potasyum	Ortalama	0,5433	0,3983	0,2917	0,3633
	Standart Sapma	,03055	,25119	,02639	0,03983
	Minimum	0,51	0,28	0,26	0,31
	Maximum	0,57	0,91	0,32	0,42

Mevsimsel olarak ölçülen potasyum değerleri ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını saptamak amacıyla chi square (χ^2) testi yapılmıştır. Sonuçlar çizelge 4.65’de verilmiştir.

Çizelge 4.65. Ankara Çayı’nda istasyonlar arası ölçülen potasyum değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerleri

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
potasyum	χ^2	,000	,667	,667	,000
	p	1,000	,955	,881	1,000

$p > 0,05$ olduğundan potasyum değerinin istasyonlara göre ölçümleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.66. Ankara Çayı’nda mevsimlere göre ölçülen potasyum değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6
χ^2	,000	3,500	,000	,000	,000	,000
p	1,000	,174	1,000	1,000	1,000	1,000

Çizelge 4.63 ve Şekil 4.14’ e göre, maksimum potasyum değeri sonbahar ve minimum potasyum değeri ilkbahar mevsiminde ölçülmüştür.

Ancak istatistiksel olarak, Çizelge 4.66’ de görüldüğü üzere $p > 0.05$ olduğundan mevsimlere göre istasyonlarda ölçülen potasyum değerleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

4.12.4. Sodyum

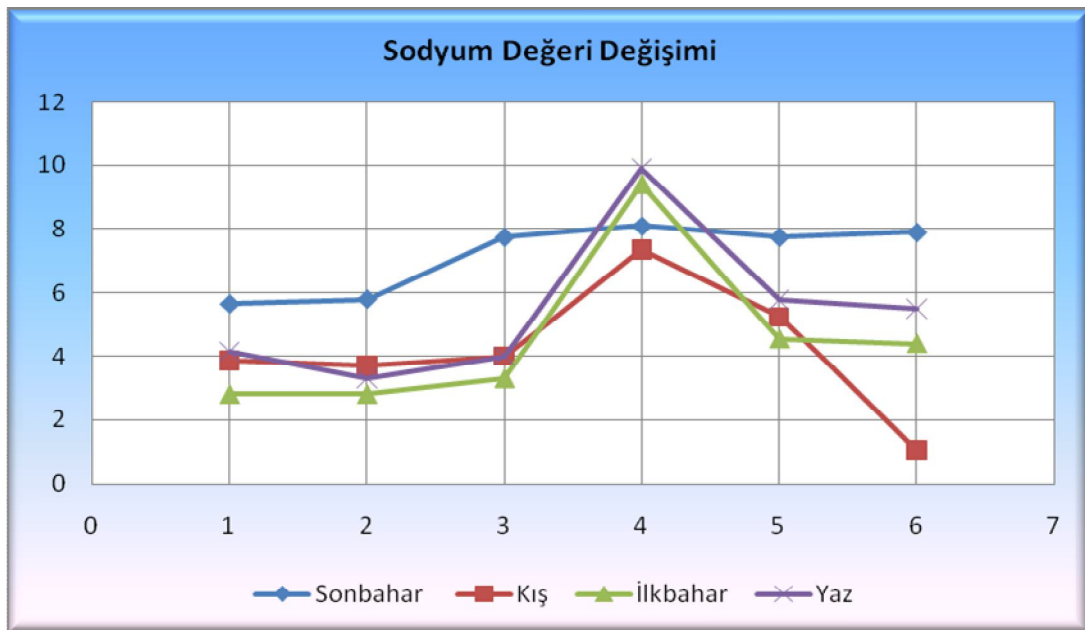
Sulama suyu kalitesi üzerinde doğrudan etkili en önemli katyon sodyum katyonudur. Sulama sularında sodyum miktarı ne kadar fazla ise sodyumluluk yaratma tehlikesi o kadar fazla olacaktır. Yani suyun toprakta oluşturacağı tuzluluk zararı sodyum konsantrasyonunun yüksekliğine bağlıdır [Dişli, 1997]. Sulama suyunun kalitesini

belirleyen sodyum ve buna bağılı olarak alkalilik yaratma tehlikesi, sodyum katyonunun mutlak konsantrasyonu yanında, sodyumun diğerkatyonların toplam konsantrasyonuna göre oransal miktarının yüksek olmasına da bağılıdır [Sönmez ve Kaplan, 1996]. Sulama suyu olarak kullanılacak suda Na^+ katyonu değeri 5,43 meq/l 'nin altında bulunması şartı aranmaktadır.

Çizelge 4.67'de görüleceğüzere; Ankara Çayı'ndan alınan numunelerde Na^+ katyonu değeri 1,05 meq/l ile 9,9 meq/l arasında değişim göstermektedir. Maksimum sodium katyonu değeri 4.nolu istasyonda yaz mevsiminde, minimum değeri ise 6 nolu istasyonda kış mevsiminde ölçülmüştür. Sonbahar mevsiminde numune alınan tüm istasyonlarda, kış mevsiminde 4 nolu istasyonda, ilkbahar ayında 4 nolu istasyonda, yaz mevsiminde alınan 4,5 ve 6 nolu istasyonlarda sodyum katyonu miktarına bakıldığında 5.43 meq/l 'nin üzerinde bir değerkolmadığından sulama sularında kullanılmasında bir sakınca bulunmamaktadır.

Çizelge 4.67. Mevsimlere göre istasyonlar arası sodyum değerkleri

Sodyum	1.istasyon	2.istasyon	3.istasyon	4.istasyon	5.istasyon	6.istasyon
Sonbahar	5,65	5,8	7,75	8,1	7,75	7,9
Kış	3,85	3,7	4	7,35	5,25	1,05
İlkbahar	2,8	2,8	3,3	9,4	4,55	4,4
Yaz	4,15	3,3	4	9,9	5,8	5,5



Şekil 4.15. Mevsimlere göre istasyonlar arası sodyum değeri değişimi grafiği

4.12.4.1 Sodyum değerlerinin istasyonlar arası farklılığının incelenmesi

Bu çalışmada Ankara Çayı'ndaki 6 istasyondan alınan su numunlerinde sodyum değeri ölçülmüş ve istasyonlar arasında sodyum değeri bakımından mevsimsel fark olup olmadığı araştırılmıştır. Mevsimsel sodyum değeri ortalamaları ve ölçülen minimum ve maksimum sodyum değerleri Çizelge 4.68'de verilmiştir.

Çizelge 4.68. Ankara Çayı'nda istasyonlar arası ölçülen sodyum değerinin mevsimsel ortalaması

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Sodyum	Ortalama	7,2886	4,9980	5,6167	6,3424
	Standart Sapma	,97729	1,71540	2,80203	2,50955
	Minimum	5,65	1,05	2,80	3,30
	Maximum	8,10	7,35	9,40	9,90

Mevsimsel olarak ölçülen sodyum değerleri ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını saptamak amacıyla chi square (χ^2) testi yapılmıştır. Sonuçlar çizelge 4.69'de verilmiştir.

Çizelge 4.69. Ankara Çayın’nda istasyonlar arası ölçülen sodyum değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerleri

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Na	χ^2	7,818	4,520	3,926	5,727
	p	0,098	0,477	0,416	0,334

$p > 0,05$ olduğundan sodyum değerinin istasyonlara göre ölçümleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.70. Ankara Çayı’nda mevsimlere göre ölçülen sodyum değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6
χ^2	0,000	0,000	3,500	0,000	0,000	0,000
p	1,000	1,000	,174	1,000	1,000	1,000

Çizelge 4.67 ve Şekil 4.15 ‘ya göre, maksimum sodyum değeri sonbahar ve minimum Sodyum değeri ilkbahar mevsiminde ölçülmüştür.

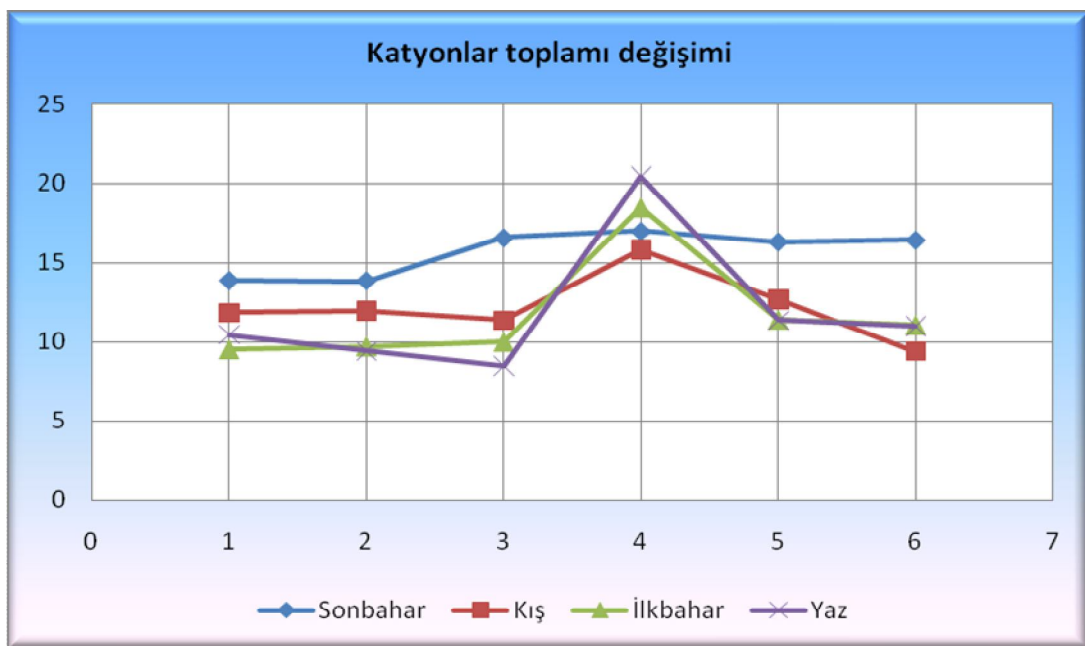
Ancak istatistiksel olarak, Çizelge 4.70’ de görüldüğü üzere $p > 0.05$ olduğundan mevsimlere göre istasyonlarda ölçülen sodyum değerleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

4.12.5. Katyonlar toplamı

Çizelge 4.71’de görüleceği üzere; Ankara Çayı’ndan alınan numunelerde katyonlar toplamı değeri 20,45 meq/l ile 8,51 meq/l arasında değişim göstermektedir. maksimum katyonlar toplamı değeri 4 nolu istasyonda yaz mevsiminde, minimum değeri ise 3 nolu istasyonda yaz mevsiminde ölçülmüştür.

Çizelge 4.71. Mevsimlere göre istasyonlar arası katyonlar toplamı değerleri

Katyonlar Toplamı	1.istasyon	2.istasyon	3.istasyon	4.istasyon	5.istasyon	6.istasyon
Sonbahar	13,87	13,85	16,6	17,01	16,34	16,45
Kış	11,85	11,95	11,36	15,83	12,7	9,41
İlkbahar	9,54	9,73	10,02	18,52	11,42	11,08
Yaz	10,45	9,42	8,51	20,45	11,36	10,97



Şekil 4.16. Mevsimlere göre istasyonlar arası katyonlar toplamı değişimi grafiği

4.12.5.1. Katyonlar toplamı değerlerinin istasyonlar arası farklılığının incelenmesi

Bu çalışmada Ankara Çayı'ndaki 6 istasyondan alınan su numunlerinde katyonlar toplamı değeri ölçülmüş ve istasyonlar arasında katyonlar toplamı değeri bakımından mevsimsel fark olup olmadığı araştırılmıştır. Mevsimsel katyonlar toplamı değeri ortalamaları ve ölçülen minimum ve maksimum katyonlar toplamı değerleri Çizelge 4.72'de verilmiştir.

Çizelge 4.72. Ankara Çayı'nda istasyonlar arası ölçülen katyonlar toplamı değerinin mevsimsel ortalaması

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Katyonlar	Ortalama	15,7882	12,5155	12,5673	13,1500
Toplamı	Standart Sapma	1,28082	1,99601	3,68221	4,73226
	Minimum	13,85	9,41	9,54	8,51
	Maximum	17,01	15,83	18,52	20,45

Mevsimsel olarak ölçülen katyonlar toplamı değerleri ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını saptamak amacıyla chi square (χ^2) testi yapılmıştır. Sonuçlar çizelge 4.73'de verilmiştir.

Çizelge 4.73. Ankara Çayın'nda istasyonlar arası ölçülen katyonlar toplamı değerleri ortalamaları arasındaki mevsimsel fark değerleri

Parametre		Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz
Katyonlar toplamı	χ^2	0,596	2,205	5,310	7,486
	p	0,988	0,820	0,379	0,187

Çizelge 4.73' den görüldüğü üzere $p > 0,05$ olduğundan Sodyum değerinin istasyonlara göre ölçümleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Çizelge 4.74. Ankara Çayı'nda mevsimlere göre ölçülen katyonlar toplamı değerlerinin istasyonlar arasındaki farkı

	İstasyon 1	İstasyon 2	İstasyon 3	İstasyon 4	İstasyon 5	İstasyon 6
χ^2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
p	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Çizelge 4.71 ve Şekil 4.16' ya göre, maksimum katyonlar toplamı değeri sonbahar ve minimum katyonlar toplamı değeri ilkbahar mevsiminde ölçülmüştür.

Ancak istatistiksel olarak, Çizelge 4.74' de görüldüğü üzere $p > 0.05$ olduğundan mevsimlere göre istasyonlarda ölçülen katyonlar toplamı değerleri arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

4.13. Ağır Metal ve Toksik Elementler

Sulama sularında Cu, Fe, Mn ve Zn izin verilen değerin üzerinde olması durumunda birçok olumsuz etki oluşturur. Örneğin Bakır, bir çok bitki için 0.1-1.0 mg /l arasındaki konsantrasyonları zehir etkisi yapar. Demir iyi havalandırılan topraklarda bitkilere toksik etkisi yoktur. Fakat toprakların asitleşmesine ve fosfor ile molibdenin yarıyışlığının azalmasına yardım eder. Yağmurlama sulamada bitki üzerinde görülmeyen depositler bırakılmasına neden olabilir. Mangan genellikle asit topraklarda çok küçük miktardan birkaç mg /l arasındaki konsantrasyonları çoğu bitki için zehir etkisi yapar. Çinko geniş bir konsantrasyon değişim aralığında çoğu bitki için toksik etkilidir. Organik veya ince bünyeli topraklarda ve pH>6.0'da toksik etkisi azalır [Ayers ve Westcot, 1989].

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğinde sulama sularına izin verilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonları 18 adet element için birim alana verilebilecek maksimum toplam miktar ve izin verilen maksimum konsantrasyon değeri olarak tanımlanmıştır [SKKY, 1991].

Ankara Çayı'ndan alınan su numunelerinde ağır metal analizleri proje bütçesini aştığından yaptırılamamıştır. Ancak; ASKİ'nin 2008 yılında yapmış olduğu araştırmalara göre metal ve ağır metal konsantrasyonları SKKY standartları ile karşılaştırıldığında I. sınıf su kategorisinde olduğu değerlendirilmiştir.

Toplam Demir, Mangan, Alüminyum, Bor ve Çinko Eryaman köprüsü ve Sincan köprüsü istasyonlarında; kurşun ise AOC köprüsü istasyonunda yüksek konsantrasyonda bulunmuştur. Sincan istasyonunda ağır metallerin yüksek konsantrasyonlarda tespit edilmesinin sebebi, Sincan Organize Sanayi Bölgesinden kontrolsüz endüstriyel atıksu deşarjı olmasıdır [ASKİ, 2008].

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ankara Çayı'nın, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'ne göre sulama suyu olarak kullanılabilirliği araştırıldığında; “tuzluluk problemi” yaratacağından sakıncalı olabileceği tespit edilmiştir. ‘Elektriksel iletkenlik’ ve ‘değişebilir sodyum yüzdesi’ değerleri standartların üzerinde çıkmıştır. Bilindiği üzere; tuzluluk ile ilgili olarak sulama sularının kalitesinin belirlenmesi ve sulamadan ileri gelebilecek tuzluluk zararlarının tahmininde, suların elektriksel iletkenliklerinin ölçülmesi yaygın biçimde kullanılmaktadır. Bu nedenle, Ankara Çayı'nda EC değerlerinin, özellikle 4 nolu istasyonda her ölçümde 1500 umhos /cm üzerinde çıkması ve maksimumda 1903 umhos /cm değerine ulaşması, sulama suyu olarak kullanımının sakıncalı olduğunu göstermektedir. Aslında EC değeri bu çalışmanın çıkış noktası olan, Ankara Çayı'nın insan faaliyetleri sonucunda kirlletildiği ve önlem alınması gerektiği tezini çok güzel bir şekilde kanıtlamaktadır. Zira, 4 nolu istasyon Ankara Organize Sanayi Bölgesi Arkası- Endüstriyel atıksuların karışma noktasıdır. Sınırları aşan değerlerin tümünün bu istasyondan alınan numunelerde çıkması rastlantısal bir sonuç olmayıp; endüstriyel atıksuların arıtılmadan, hatta ön arıtıma bile tabii tutulmadan, Ankara Çayı'na deşarj edildiğinin bir göstergesidir. Bu istasyondaki EC değerlerinin her mevsimde oldukça yüksek olması organize sanayi bölgesinin yüksek klorür ve sülfat içerikli endüstriyel atıksularının Ankara Çayı'na karıştığını göstermektedir. 6. istasyon ise beklenildiği gibi, Ankara atıksu arıtma tesisinden sonra yer alan bir istasyon olduğundan, en düşük EC değerleri bu istasyonda bulunmuştur. Tuzluluk probleminin sadece su kalitesini etkilemediği, bu su ile sulanan bitki çeşitliliğini, bitki türlerini de etkilediği bir gerçektir. Bilindiği üzere, EC değeri 1000 umhos /cm altında olan sular sulama suyu açısından ideal olarak kabul edilmektedir. Ancak bu eşik değer tarım yapılacak bitkiye göre değişim gösterir. Örneğin fasulye, havuç, çilek, soğan, badem, narenciye, şeftali vb. bitkiler, EC değeri 1000 umhos/cm üzerinde olan sulama sularına son derece dayanıksızken; şeker pancarı, domates, kavun gibi bitkiler aksine tuzlu sularda meyve verimini ve kalitesini artırırılar. Bu çalışmada EC değerleri 750-2250 umhos/cm aralığında bulunduğundan Ankara Çayı yüksek tuzlu sular sınıfına girmektedir. Civarda kavun ve domates tarımının yapılmasının ve verimli ürün

alınmasını sebebi yularıda da açıkladığı gibi bu bitkilerin tuzlusuya dayanıklı olmasıdır. Ankara Çayı her ne kadar yüksek tuzlu sular sınıfına girse de Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'ne göre 'kullanılabilir' sular sınıfına girmektedir. Ankara yöresinde tarla bitkileri açısından sadece buğday, arpa ve şekerpancarı tarımı mümkün olduğundan Ankara Çayı sulama açısından uygundur. Öte taraftan sera üretiminde de , özellikle domates tarımına uygundur. Yine benzer şekilde 'değişebilir sodyum yüzdesi' nin yüksek çıkmasını irdelediğimizde, sodyumun neden olduğu toprak alkaliliği ile açıklamak mümkündür. Bilindiği gibi 'alkalilik' tuzluluğun bir biçimidir ve değerinin yüksek olması sodyum tuzlarının toprakta daha fazla çözündüğünü gösterir. Bu çözünürlük özel problemler oluşturmaktadır [www.dlg.gov.au, 2009]. Ankara Çayı'nda 'değişebilir sodyum yüzdesi' nin yüksek çıkması tuzluluk; toprağın su tutma kapasitesi düşmesi ve tarımsal üretimin engellenmesine neden olacaktır.

Sulama suyu sınıfı açısından Ankara Çayı'ndan alınan tüm numuneler C3S1 sulama suyu sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterlerine göre C3S1, III. sınıf sulama suyu olarak adlandırılır. Sulama suyu olarak kullanılabilir. C3S1 sulama suyu sınıfı içerisinde yer alan orta dereceden yüksek dereceye kadar çözünebilir tuz içeren ve düşük sodyumlu sular olan örneklerin alındığı istasyonlar, geçirgenliği düşük ve drenajı yetersiz topraklarda sulama suyu olarak kullanılmaları durumunda, toprakta zamanla tuzluluk sorunu yaratabilirler. Drenajı iyi topraklarda, tuza orta dereceden yüksek dereceye kadar dayanıklı bitkiler seçilerek, özel toprak idaresi ile ve denetimli olarak kullanılmaları mümkündür [Aşık ve ark., 2004].

Bu parametreler dışında; Ankara Çayı'nın Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'ne sulama suyu kalite parametreleri çerçevesinde, ölçülen diğer parametrelerin; istasyonlar arası ve mevsimlere göre değişiklik göstermediği istatistiksel olarak belirlenmiştir. Ankara Çayı'nın sulama amaçlı olarak kullanılabilmesi için tüm sulama suyu kalite parametreleri açısından uygunluğunun sağlandıktan sonra kullanımının uygun olabileceği tespit edilmiştir. Yasada

belirlenmiş şartlara uygun olmayan sulama suyunun toprağın fiziksel ve kimyasal yapısı da olumsuz yönde etkileme durumunun sürdürülebilir olmadığı açıktır. Su kalitesi sınıfları dışında olan bir sulama suyunun, öncelikle bitki daha sonra da biyolojik döngü yoluyla hayvan ve insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebileceği gerçeği göz önünde bulundurulmalıdır.

Ancak, yine de mikrobiyolojik analizler ve detaylı ağır metal analizleri yapılmadan, Ankara Çayı'nın insan sağlığı üzerindeki etkileri hakkında tam bir değerlendirme yapabilmek mümkün değildir. Bu nedenle, bundan sonraki aşamada, Ankara Çayı'nın mikrobiyolojik açıdan incelenmesi şiddetle önerilmektedir. ASKİ'den alınan sonuçlara göre; ağır metal kirliliği olmaması ilginç ama sevindirici bir sonuçtur.

Bu çalışmanın devamında; Ankara Çayı'nda sulama suyu kalitesini düşüren faktörlerin sürekli olarak izlenmesi ve ölçülmesi için gözlem istasyonlarının kurulması ve elde edilen verilerin değerlendirilerek, mevcut durum ve sürdürülebilirliğe ilişkin sonuçların ortaya konulması önerilmektedir.

Bu çalışma ile Ankara Çayı'nda kirlilik yaratan faktörlerin ortaya konması hedeflenmiş ve en önemli kirlilik kaynağının Yenikent-Sincan'da konumlanmış olan organize sanayi bölgesi olduğu tesbit edilmiştir. Kirlilik kaynağı tesbit edildikten sonra; çözüm önerilerinin geliştirilmesi ve uygulanması ikinci aşamayı oluşturmaktadır. Bu alanda endüstriyel atıksu tesisinin inşası ve atıksuların arıtıldıktan sonra deşarjı önerilmektedir. Zira, 6. istasyonda kirlilik değerlerinin düşük konsantrasyonlarda ölçülmesi; Ankara Evsel Atıksu Arıtma tesisinin verimli bir şekilde işletildiğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

1. Akkaya,C., Efeoğlu,A., Yeşil,N., “Avrupa Birliği su çerçeve direktifi ve Türkiye’de uygulanabilirliği”, **TMMOB Su Politikaları Kongresi**, İzmir, 200 (2007).
2. Atıcı T., Ahıska S., “Pollution and algae of Ankara Stream”,**Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi.**, 18(1):51-59 (2005).
3. Aski Genel Müdürlüğü Arıtma Tesisleri Daire Başkanlığı Su Kalite Kontrol Şube Müdürlüğü, “ Atık su analiz raporları ”, **ASKİ, Ankara**, 1-30 (2008).
4. Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü Arıtma Tesisleri Daire Başkanlığı “Ankara Çayı’nda su kalitesi ve kirlilik kontrolünün belirlenmesi” **ASKİ**, Ankara, 5 (2008).
5. Aşık, Ş., Avcı, M., Okur, B., Yağmur, B., Delibacak, S., Karataş, B.S.,“Menemen Ovası yer altı suyu kalitesinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Ege Üniv. bilimsel araştırma proje kesin raporu”. , **Ege Üniversitesi 2001-ZRF-055, İzmir**, 14-27 (2004).
6. American Public Health Association, “Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater” **APHA 17nd ed., Washington D.C.**, 35-50 (1989).
7. Arceivala, S.J., “Wastewater Treatment and Disposal Lecture Notes.” **IHE, Delft, The Netherlands**, 280 (1984).
8. Ayyıldız, M.,“Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri.”, **A.Ü.Ziraat Fakültesi**, Ankara, 30-35 (1983).
9. Ayers, R.S. ve D.W. Westcot., “ Water Quality For Agriculture FAO Irrig. and Drain”, **FAO**, Rome İtaly, 174-179 (1989).
10. Burak, Sermin., “Ulusal çevre eylem planı su kaynaklarının yönetimi”, **DPT, Ankara**, 3-7 (1997).
11. Bayraktar, S., “Ankara Hatip Çayı Diyatome Florası”, Yüksek Lisans Tezi, **Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 15-30 (1988).
12. Bilgin, N.,Üstün, H.,Gedikoğlu, İ., Dizdar,G., Ünal,S., Önder,M., “Evsel ve Endüstriyel Atıklarla Kirlenen Ankara Çayı ile Sulamanın Toprak ve Bitkiye Olan Etkileri İle Mikrobiyolojik Kirliliğinin Belirlenmesi”, **Toprak Gübre ve Su Kaynakları Araştırma Merkezi**, Ankara, 1-30 (1996).

13. Çizikçi, S.,“Değişik Tuzluluk, SAR ve Ca:Mg Oranlarına Sahip Sulama Sularının Ispanağın Çimlenme ve Verimine Olan Etkileri“, **Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü**, Ankara, 106 (1998).
14. Dişli, Y., Antalya İli Kale (Demre) İlçesi Yer altı Sulama Suyu Kalitesi Üzerine Bir Araştırma“, Yüksek lisans tezi, **Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Konya, 23-46 (1997).
15. Devlet Su İşleri, “52.yıl çalışma raporu”, **DSİ, Ankara** 50-75 (2006).
16. Doğan,O.,Kazancı.N., Girgin,S.,Atalay.M.,Akpınar, N., Yiğitler,A.,Soyuer,İ., Gürleşen,A., “Ankara Çayının Su Kalitesi” **Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü**, Ankara, 36 (1996).
17. FAO, “Water Quality for Agriculture”. **Irrigation and Drainage**, 29 (1976).
18. Girgin S. ve Kazancı N.,“Ankara Çayı’nda Su Kalitesinin Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Yöntemlerle Belirlenmesi, **Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü**, Ankara, 10-40 (1992).
19. Goss, M.S., Barry, D.J., “Groundwater Quality; Responsible Agriculture and Public Perceptions“, **Centre for Land and Water Stewardship**, 38-43(1995).
20. Girgin S., Kazancı N., Doğan O., “A New Approach To The Irrigation Water Quality Criteria İn Turkey: Ankara Stream Water Management, Salinity And Pollution Control Towards Sustainable Irrigation İn The Mediterranean Region, Vol. II Water Quality and Pollution Control”, **Bari Institute**, Italy, 43-54 (1997).
21. Kanber, R., Kırdar, C., Tekinel, O.,“Sulama Suyu Niteliği ve Sulamada Tuzluluk Sorunları 21“, **Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi**, Adana 35-50 (1992).
22. Köksal, M., “ Atık sulardan fosfatların giderilmesi metodları ve Ankara Çayı için en uygun metodün seçilmesi ”, Yüksek Lisans Tezi, **Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara 34-48 (1989).
23. Merck, E.,“Die Untersuchung von Wasser,7.Aufl”,**Wetats**, Darmstadt 56 (1973).
24. Metcalf & Eddy., “Wastewater Engineering Treatment Disposal Reuse,3” **McGraw-Hill.Inc**, ABD,1334 (1991).
25. Süner,A., Kukul.Y.,“ Tarımsal sulamada atıksuların kullanımı.” **5. Dünya Su Forumu, İstanbul**, 32-34 (2009).
26. Üstün G.E., Akal Solmaz S.K., “Bir organize sanayi bölgesi atıksu arıtma tesisinden çıkan atıksuların tarımsal amaçlı sulama suyu olarak yeniden kullanılabilirliğinin araştırılması”, **Ekoloji Dergisi**, 62 (2007).

27. Richards, L.A., "Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agriculture Handbook No: 60", **CDS**, USA, 150 (1954).
28. Sağlam, M. T., A. Adiloğlu., "Su Kalitesi " **Trakya Üniv. Tekirdağ Ziraat Fakültesi**, Tekirdağ 20-46(1997).
29. Sharp, B.L., "Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry, 23" **ICP-AES**, USA, 659 (1991).
30. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Çevre ve Orman Bakanlığı, 30-35, (Resmi Gazete Yayın Tarih ve Sayısı: 07.01.1991 / 20748)
31. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği, Çevre ve Orman Bakanlığı, 1-27, (Resmi Gazete Yayın Tarih ve Sayısı: 07.01.1991 / 20748)
32. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği, Çevre ve Orman Bakanlığı, 1-27, (Resmi Gazete Yayın Tarih ve Sayısı: 10.10.2009 / 27372)
33. Sönmez, S.A., Kaplan, M., "Kumluca ve Finike Yöreleri Sera Sulama Sularının Kalitelerinin Belirlenmesi" **Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 9(1):35(1996)
34. Türkiye Mühendisler ve Mimarlar Odası, "Su raporu", **TMMOB**, 37-43 (2009).
35. Will, E., Faust, E.J., "Irrigation Water Quality For Greenhouse Production Agricultural Extension Service", **The University of Tennessee**, 65-80 (1999).
36. Yurtsever, E., Sönmez, B., "Sulama Sularının Değerlendirilmesi, 181", **Köy Hizmetleri Gen. Müd. Toprak ve Gübre Araş. Ens. Müd.**, Ankara, 63 (1991).
37. İnternet: Çevre ve Orman Bakanlığı "Su Kirliliği"
http://www.styd-cevreorman.gov.tr/su_kirliligi.htm (2009).
38. İnternet: İstanbul Su ve Kanal İdaresi "İSKİ ve Çevre"
<http://www.iski.gov.tr/Web/statik.aspx?KID=1000400> (2009).
39. İnternet: WWF Türkiye "Türkiye'de Su"
<http://www.wwf.org.tr/su/rakamlarla-su-sorunu/tuerkiyede-su/>) (2009).
40. İnternet: Ankara Üniversitesi "Su Kirliliği"
http://www.agri.ankara.edu.tr/soil_sciences/1250_Karaca_Arcak_Cevre_Bol_5.pdf (2009).

41. Internet: UNESCO-WWAP, “Water for People Water for Life, The United Nations World Water Development Report”,
http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr/ex_summary/ex_summary_en.pdf
(2003).
42. Internet: DLG, “Consideration of soil sodicity when assessing land application. Environmental&Health Protection Guidelines Technical Sheet Reference 01/7.
<http://www.dlg.gov.au/dlg/dlghome/document/septicsafe/draftsodicity.pdf>,
(2001)

ÖZGEÇMİŞ**Kişisel Bilgiler**

Soyadı, Adı : ÇALIŞKAN, Derya
Uyruğu : T.C
Doğum tarihi ve yeri : 31.07.1981 Ankara
Medeni hali : Bekar
Telefon : 0 (312) 555 28 28
Faks : 0 (312) 313 28 98
e-mail : deryacaliskan05@gmail.com

**Eğitim
Derece****Eğitim Birimi****Mezuniyet tarihi**

Lisans Uludağ Üniversitesi/
Çevre Mühendisliği Bölümü
Lise Ayrancı Lisesi

2004
1999

İş Deneyimi**Yıl****Yer****Görev**

2009-Bugün

Türk Telekomünikasyon A.Ş

Uzman

Yabancı Dil

İngilizce (Akıcı)

Hobiler

Akrilik Resim