



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

**FARKLI ARAZİ KULLANIM YOĞUNLUĞUNDAKİ İKİ
HAVZANIN SU VERİMİ VE KALİTESİNİN ARAŞTIRILMASI**

TARIK ÇİTGEZ

**DOKTORA TEZİ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. REFİK KARAGÜL**

DÜZCE, 2017

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI ARAZİ KULLANIM YOĞUNLUĞUNDAKİ İKİ
HAVZANIN SU VERİMİ VE KALİTESİNİN ARAŞTIRILMASI

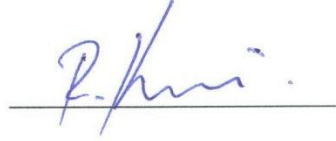
Tarık ÇİTGEZ tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

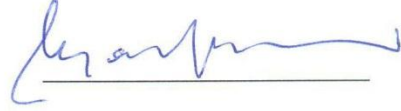
Prof. Dr. Refik KARAGÜL
Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Refik KARAGÜL
Düzce Üniversitesi



Prof. Dr. Kamil ŞENGÖNÜL
İstanbul Üniversitesi



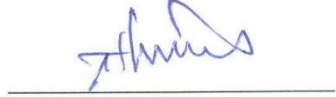
Prof. Dr. Ferhat GÖKBULAK
İstanbul Üniversitesi



Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÖZCAN
Düzce Üniversitesi



Yrd. Doç. Dr. Hayati ZENGİN
Düzce Üniversitesi



Tez Savunma Tarihi: 10/10/2017

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

10 Ekim 2017

Tarık Çitgez

TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimimde ve bu tezin hazırlanmasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Prof. Dr. Refik KARAGÜL'e en içten dileklerle teşekkür ederim.

Tez izleme komitesinde yer alan ve tez çalışmam boyunca değerli katkılarını esirgemeyen sayın Prof. Dr. Kamil ŞENGÖNÜL'e ve Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÖZCAN'a da şükranlarımı sunarım.

Arazi ve büro çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen çalışma arkadaşlarım Yrd. Doç. Dr. Ali Kemal ÖZBAYRAM'a ve Arş. Gör. Ahmet Salih DEĞERMENCI'ye içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen sevgili eşime ve çocuklarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, Düzce Üniversitesi BAP-2013.02.02.186 numaralı Bilimsel Araştırma Projesiyle desteklenmiştir.

10 Ekim 2017

Tarık Çitgez

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ŞEKİL LİSTESİ	XI
ÇİZELGE LİSTESİ	XIII
KISALTMALAR.....	XIV
ÖZET	XV
ABSTRACT	XVI
EXTENDED ABSTRACT	XVII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. LİTERATÜR BİLGİSİ	4
1.1.1. Arazi Kullanımının Su Verimine Etkisinin Araştırıldığı Çalışmalar	4
1.1.2. Arazi Kullanımının Su Kalitesine Etkisinin Araştırıldığı Çalışmalar	7
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	13
2.1. ARAŞTIRMA ALANININ TANITIMI	13
2.1.1. Konum.....	13
2.1.2. İklim	13
2.1.3. Arazi Kullanımı ve Bitki Örtüsü	16
2.1.4. Jeolojik Yapı ve Toprak.....	17
2.1.5. Sosyo-Ekonomik Yapı	18
2.1.6. Havzaların Karakteristik Özellikleri	18
2.2. ARAZİDE UYGULANAN YÖNTEMLER.....	21
2.2.1. Havzalarda Yağış ve Akım Ölçümleri	21
2.2.2. Derelerde Su Hızlarının Ölçülmesi	23
2.2.3. Su Örneklerinin Alınması ve Saklanması.....	24
2.2.4. Toprak Örneklerinin Alınması.....	25
2.3. LABORATUVARDA UYGULANAN YÖNTEMLER	26
2.3.1. Su Analizleri	26
2.3.1.1. Bulanıklık.....	26
2.3.1.2. Toplam Askıda Katı Madde (TAKM).....	26

2.3.1.3. <i>Toplam Organik Karbon (TOC)</i>	27
2.3.1.4. <i>Toplam Azot (TN)</i>	27
2.3.1.5. <i>Anyonlar (F⁻, Cl⁻, NO₂⁻, Br⁻, NO₃⁻, SO₄⁻², PO₄⁻³) ve Katyonlar (Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Ca⁺², Mg⁺²)</i>	27
2.3.2. Toprak Analizleri	27
2.3.3. İstatistiksel Analizler	28
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	29
3.1. HAVZALARDA SEVİYE-DEBİ İLİŞKİSİ	29
3.2. HAVZALARDA YAĞIŞ-AKIŞ İLİŞKİLERİ	30
3.3. ARAZİ KULLANIMININ SU KALİTESİ PARAMETRELERİNE ETKİSİ	33
3.3.1. pH	34
3.3.1.1. <i>Tüm Ölçüm Periyodunda</i>	34
3.3.1.2. <i>Mevsimsel</i>	35
3.3.2. Elektriksel İletkenlik (Eİ)	36
3.3.2.1. <i>Tüm Ölçüm Periyodunda</i>	36
3.3.2.2. <i>Mevsimsel</i>	38
3.3.3. Çözünmüş Oksijen (ÇO)	39
3.3.3.1. <i>Tüm Ölçüm Periyodunda</i>	39
3.3.3.2. <i>Mevsimsel</i>	41
3.3.4. Bulanıklık (NTU)	42
3.3.4.1. <i>Tüm Ölçüm Periyodunda</i>	42
3.3.4.2. <i>Mevsimsel</i>	44
3.3.5. Toplam Askıda Katı Madde (TAKM)	44
3.3.5.1. <i>Tüm Ölçüm Periyodunda</i>	44
3.3.5.2. <i>Mevsimsel</i>	47
3.3.6. Toplam Organik Karbon (TOC)	48
3.3.6.1. <i>Tüm Ölçüm Periyodunda</i>	48
3.3.6.2. <i>Mevsimsel</i>	49
3.3.7. Toplam Azot (TN)	49
3.3.7.1. <i>Tüm Ölçüm Periyodunda</i>	49
3.3.7.2. <i>Mevsimsel</i>	51
3.3.8. Flor (F⁻)	52

3.3.8.1. Tüm Ölçüm Periyodunda	52
3.3.8.2. Mevsimsel.....	53
3.3.9. Klor (Cl⁻)	53
3.3.9.1. Tüm Ölçüm Periyodunda	53
3.3.9.2. Mevsimsel.....	54
3.3.10. Nitrit (NO₂⁻)	55
3.3.10.1. Tüm Ölçüm Periyodunda	55
3.3.10.2. Mevsimsel.....	57
3.3.11. Brom (Br⁻).....	58
3.3.11.1. Tüm Ölçüm Periyodunda	58
3.3.11.2. Mevsimsel.....	58
3.3.12. Nitrat (NO₃⁻)	58
3.3.12.1. Tüm Ölçüm Periyodunda	58
3.3.12.2. Mevsimsel.....	60
3.3.13. Sülfat (SO₄⁻²).....	61
3.3.13.1. Tüm Ölçüm Periyodunda	61
3.3.13.2. Mevsimsel.....	63
3.3.14. Fosfat (PO₄⁻³)	64
3.3.14.1. Tüm Ölçüm Periyodunda	64
3.3.14.2. Mevsimsel.....	66
3.3.15. Sodyum (Na⁺)	68
3.3.15.1. Tüm Ölçüm Periyodunda	68
3.3.15.2. Mevsimsel.....	69
3.3.16. Amonyum (NH₄⁺).....	70
3.3.16.1. Tüm Ölçüm Periyodunda	70
3.3.16.2. Mevsimsel.....	71
3.3.17. Potasyum (K⁺)	72
3.3.17.1. Tüm Ölçüm Periyodunda	72
3.3.17.2. Mevsimsel.....	74
3.3.18. Magnezyum (Mg⁺²)	75
3.3.18.1. Tüm Ölçüm Periyodunda	75
3.3.18.2. Mevsimsel.....	76
3.3.19. Kalsiyum (Ca⁺²).....	77
3.3.19.1. Tüm Ölçüm Periyodunda	77

3.3.19.2. <i>Mevsimsel</i>	79
3.4. HAVZALARIN TOPRAK ÖZELLİKLERİ.....	80
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	83
5. KAYNAKLAR.....	86
6. EKLER.....	93
6.1. EK-1: TÜM ÖLÇÜM ORTALAMALARINA GÖRE ÖLÇÜM NOKTALARININ SU KALİTESİ PARAMETRELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASINA İLİŞKİN VARYANS ANALİZİ SONUÇLARI. ...	93
6.2. EK-2: ÖLÇÜM NOKTASI ÖLÇEĞİNDE SU KALİTESİ PARAMETRELERİNİN MEVSİMSEL DEĞİŞİMİ.....	95
6.3. EK-3: MEVSİM ORTALAMALARINA GÖRE ÖLÇÜM NOKTALARININ SU KALİTESİ PARAMETRELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASINA İLİŞKİN VARYANS ANALİZİ SONUÇLARI. ...	98
6.4. EK-4: ARAZİ KULLANIMI VE DERINLIKLERE GÖRE HAVZALARIN TOPRAK ANALİZİ SONUÇLARI.	101
ÖZGEÇMİŞ.....	104

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Araştırma alanının konumu.	13
Şekil 2.2. Düzce ve araştırma havzalarına ait Thorntwaite iklim diyagramları.	15
Şekil 2.3. Havzaların arazi kullanım durumu.	17
Şekil 2.4. Havzaların jeoloji haritası.	18
Şekil 2.5. Havzaların yükselti ve drenaj haritası.	19
Şekil 2.6. Havzaların eğim sınıfları haritası.	19
Şekil 2.7. Havzalarda yağış ve akımların ölçülmesi.	21
Şekil 2.8. Yağış ve seviye ölçerlerin araştırma alanındaki konumları.	22
Şekil 2.9. Yukarıkaraköy havzasında dere kesitinin beton duvarla düzeltilmesi.	22
Şekil 2.10. Ölçüm noktalarında biriken sedimentin temizlenmesi.	23
Şekil 2.11. Derelerde su hızının ölçülmesi.	24
Şekil 2.12. Su örneklerinin buzdolabında saklanması.	25
Şekil 2.13. Havzaların fındık ve orman alanlarında açılan toprak profilleri.	25
Şekil 2.14. Farklı zamanlarda alınan su örneklerinin TAKM miktarları.	27
Şekil 3.1. Havzaların seviye-debi ilişkilerini gösteren regresyon denklemleri ve grafikleri.	29
Şekil 3.2. Her iki havzanın ölçülen debi değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon denklemi ve grafiği.	30
Şekil 3.3. Örnek bir yağış olayında araştırma havzalarında akımın zamana bağlı olarak değişimi.	32
Şekil 3.4. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında pH değişimi.	34
Şekil 3.5. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının pH değerlerinin karşılaştırılması. ..	35
Şekil 3.6. Ölçüm noktalarının pH değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.	36
Şekil 3.7. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında Eİ değişimi.	36
Şekil 3.8. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının Eİ değerlerinin karşılaştırılması.	37
Şekil 3.9. Eİ değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.	39
Şekil 3.10. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında ÇO değişimi.	40
Şekil 3.11. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının ÇO değerlerinin karşılaştırılması.	40
Şekil 3.12. ÇO değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.	42
Şekil 3.13. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında bulanıklık değerlerinin değişimi.	43
Şekil 3.14. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının bulanıklık değerlerinin karşılaştırılması.	43
Şekil 3.15. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında TAKM miktarının değişimi. ..	46
Şekil 3.16. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının TAKM miktarlarının karşılaştırılması.	46
Şekil 3.17. TAKM değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.	47
Şekil 3.18. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında TOC değişimi.	48
Şekil 3.19. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında TN değişimi.	49
Şekil 3.20. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının TN değerlerinin karşılaştırılması.	50
Şekil 3.21. TN değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.	51
Şekil 3.22. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında F ⁻ değişimi.	52

Şekil 3.23. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında Cl^- değişimi.	53
Şekil 3.24. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının Cl^- değerlerinin karşılaştırılması..	54
Şekil 3.25. Cl^- değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.....	55
Şekil 3.26. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında NO_2^- değişimi.	56
Şekil 3.27. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının NO_2^- değerlerinin karşılaştırılması.	56
Şekil 3.28. NO_2^- değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.	57
Şekil 3.29. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında Br^- değişimi.	58
Şekil 3.30. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında NO_3^- değişimi.	59
Şekil 3.31. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının NO_3^- değerlerinin karşılaştırılması.	60
Şekil 3.32. NO_3^- değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.	61
Şekil 3.33. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında SO_4^{-2} değişimi.	62
Şekil 3.34. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının SO_4^{-2} değerlerinin karşılaştırılması.	63
Şekil 3.35. SO_4^{-2} değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.....	64
Şekil 3.36. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında PO_4^{-3} değişimi.	65
Şekil 3.37. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının PO_4^{-3} değerlerinin karşılaştırılması.	65
Şekil 3.38. PO_4^{-3} değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.....	67
Şekil 3.39. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında Na^+ değişimi.	68
Şekil 3.40. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının Na^+ değerlerinin karşılaştırılması.	69
Şekil 3.41. Na^+ değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.	69
Şekil 3.42. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında NH_4^+ değişimi.	70
Şekil 3.43. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının NH_4^+ değerlerinin karşılaştırılması.	71
Şekil 3.44. NH_4^+ değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.....	72
Şekil 3.45. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında K^+ değişimi.....	73
Şekil 3.46. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının K^+ değerlerinin karşılaştırılması.	73
Şekil 3.47. K^+ değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.....	74
Şekil 3.48. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında Mg^{+2} değişimi.	75
Şekil 3.49. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının Mg^{+2} değerlerinin karşılaştırılması.	76
Şekil 3.50. Mg^{+2} değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.....	77
Şekil 3.51. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında Ca^{+2} değişimi.....	78
Şekil 3.52. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının Ca^{+2} değerlerinin karşılaştırılması.	78
Şekil 3.53. Ca^{+2} değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.	79

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1. Düzce ve araştırma havzalarına ait sıcaklık ve yağış değerleri.	14
Çizelge 2.2. Thorntwaite yöntemine göre Düzce için uzun yıllar (1950-2015) su bilançosu.	15
Çizelge 2.3. Thorntwaite yöntemine göre araştırma havzalarının 2014 yılı su bilançosu.	16
Çizelge 2.4. Thorntwaite yöntemine göre araştırma havzalarının 2015 yılı su bilançosu.	16
Çizelge 2.5. Eğim sınıflarının havzalardaki alansal oranları.	20
Çizelge 2.6. Havzaların bazı karakteristik özellikleri.	20
Çizelge 3.1. Araştırma havzalarının aylık birim yüzey yağış ve akış değerleri.	31
Çizelge 3.2. Ölçüm noktalarının su kalitesi sınıflarının belirlenmesinde kullanılan kriterler.	33
Çizelge 3.3. Havzalardan taşınan aylık TAKM miktarları.	45
Çizelge 3.4. Havzaların tarım ve orman topraklarında ölçülen parametrelerin derinliğe göre ortalama değerleri.	80

KISALTMALAR

ANOVA	Varyans analizi
Av1	Avlayan havzası 1. ölçüm noktası
Av2	Avlayan havzası 2. ölçüm noktası
BOİ	Biyolojik oksijen ihtiyacı
ÇO	Çözünmüş oksijen
DMİ	Düzce Meteoroloji İstasyonu
DÜBİT	Düzce Üniversitesi Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Uygulama ve Araştırma Merkezi
Eİ	Elektriksel iletkenlik
KOİ	Kimyasal oksijen ihtiyacı
Kr1	Yukarıkaraköy havzası 1. ölçüm noktası
Kr2	Yukarıkaraköy havzası 2. ölçüm noktası
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
OGM	Orman Genel Müdürlüğü
TAKM	Toplam askıda katı madde
TN	Toplam azot
TOC	Toplam organik karbon
TP	Toplam fosfor
YSKY	Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği

ÖZET

FARKLI ARAZİ KULLANIM YOĞUNLUĞUNDAKİ İKİ HAVZANIN SU VERİMİ VE KALİTESİNİN ARAŞTIRILMASI

Tarık ÇİTGEZ

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Refik KARAGÜL

Ekim 2017, 103 sayfa

İstanbul'un su ihtiyacını karşılayan Büyük Melen Nehri, tarımsal faaliyetlerde kullanılan gübrelerden dolayı noktasal olmayan kaynak kirliliğinden etkilenmektedir. Tarımsal faaliyetler içerisinde de fındık yetiştiriciliği önde gelmektedir. Çalışmada alt havza bazında arazi kullanımının su verimi ve kalitesine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla arazi kullanım (tarım, orman) yoğunlukları farklı olan bitişik iki alt havzada iki yıl boyunca yağış, akım ve su kalitesi parametreleri ölçülmüştür. İki alt havzada su kalitesi ölçümleri yerleşim yerlerinden önce ve sonra olmak üzere iki ayrı noktada yapılarak yerleşim yerlerinin su kalitesine etkisi de araştırılmıştır. Su kalitesi bakımından havzalar ve ölçüm noktaları karşılaştırılmıştır. Ormanlık havza ve tarım havzasının iki yıllık toplam su verimi 654 mm ve 867 mm olarak bulunmuştur. Çalışma süresince yapılan ölçümlere göre, tarım yoğun havzanın ortalama elektriksel iletkenlik (Eİ), bulanıklık, toplam askıda katı madde (TAKM), toplam azot (TN), Cl^- , NO_3^- , SO_4^{-2} , Mg^{+2} ve Ca^{+2} değerleri, ormanlık havzaya göre anlamlı olarak yüksek bulunurken ortalama çözünmüş oksijen (ÇO) değeri düşük bulunmuştur. Ortalama pH, toplam organik karbon (TOC), F^- , Br^- , NO_2^- , PO_4^{-3} , NH_4^+ , Na^+ ve K^+ değerleri bakımından havzalar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır. İki havzanın da yerleşim yerlerinden sonra ölçülen ortalama Eİ, Cl^- , PO_4^{-3} , Na^+ , K^+ , Ca^{+2} değerleri, yerleşim yerlerinden önceki değerlerden anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Ormanlık havzanın ortalama pH ve ÇO değerleri yerleşim yerlerinden önce, ortalama TAKM, SO_4^{-2} ve Mg^{+2} değerleri ise yerleşim yerlerinden sonra anlamlı olarak yüksek bulunmuş olup iki nokta arasında bulanıklık, TOC, TN, F^- , NO_2^- , Br^- , NO_3^- ve NH_4^+ bakımından anlamlı fark bulunamamıştır. Tarım havzasının ortalama ÇO ve TAKM değerleri yerleşim yerlerinden önce, TN, NO_2^- ve NH_4^+ değerleri ise yerleşim yerlerinden sonra anlamlı olarak yüksek bulunmuş olup noktalar arasında pH, bulanıklık, TOC, F^- , Br^- , NO_3^- , SO_4^{-2} ve Mg^{+2} bakımından anlamlı fark bulunamamıştır.

Anahtar sözcükler: Arazi kullanımı, Büyük Melen havzası, Noktasal olmayan kaynak kirliliği, Su kalitesi, Su verimi.

ABSTRACT

WATER YIELD AND QUALITY RESEARCH OF TWO WATERSHEDS THAT HAVE DIFFERENT LAND USE INTENSITY

Tarık ÇİTGEZ

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Forest Engineering

Doctoral Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Refik KARAGÜL

October 2017, 103 pages

The Big Melen River that supplies İstanbul's water is affected by nonpoint source pollution due to fertilizer use in agricultural activities. Hazelnut production is the largest among the agricultural activities. This study investigated the effects of land use on water quality and yield at the subwatershed level. For this purpose, precipitation, discharge and water quality parameters were measured for two years in two adjacent subwatersheds that have different forest and agricultural (hazelnut) land uses areas. To investigate the effects of settlements on water quality the parameters were measured at two different locations of subwatersheds: one on upper watershed before settlements and the other on the lower watershed after settlements. Subwatersheds and measurement locations were compared in terms of water quality. The two-year total water yield of the forested and agricultural watershed was found to be 867,5 and 654,9 mm. During the study period, the average electrical conductivity (EC), turbidity, total suspended solids (TSS), total nitrogen (TN), Cl^- , NO_3^- , SO_4^{-2} , Mg^{+2} and Ca^{+2} values were found to be significantly higher in the agricultural subwatershed while average dissolved oxygen (DO) value was found to be lower in comparison to the forested subwatershed. No significant differences were found for pH, total organic carbon (TOC), F^- , Br^- , NO_2^- , PO_4^{-3} , NH_4^+ , Na^+ , K^+ values between the subwatersheds. Average EC, Cl^- , PO_4^{-3} , Na^+ , K^+ , Ca^{+2} values measured after the settlements location of both subwatersheds were found to be significantly higher than those values measured before the settlements location. For the forested subwatershed average pH and DO values measured before the settlements location and average TSS, SO_4^{-2} , Mg^{+2} values measured after the settlements location were found to be significantly higher and no significant differences were found for turbidity, TOC, TN, F^- , NO_2^- , Br^- , NO_3^- , NH_4^+ between two locations. For the agricultural subwatershed average DO and TSS values measured before the settlements location and average TN, NO_2^- and NH_4^+ values were found to be higher at after the settlements location and no significant differences were found for pH, turbidity, TOC, F^- , Br^- , NO_3^- , SO_4^{-2} and Mg^{+2} between two locations.

Keywords: Land use, Big Melen watershed, Nonpoint source pollution, Water quality, Water yield.

EXTENDED ABSTRACT

WATER YIELD AND QUALITY RESEARCH OF TWO WATERSHEDS THAT HAVE DIFFERENT LAND USE INTENSITY

Tarık ÇİTGEZ

Düzce University

Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Forest Engineering

Doctoral Thesis

Supervisor: Prof. Dr. Refik KARAGÜL

October 2017, 103 pages

1. INTRODUCTION

Water and vegetation are the most important natural resources playing a central role in ecosystem processes. Many factors affect the flow regime, water yield and quality of the watershed such as climate, land use, vegetation cover, geology and soil. Among them land use plays an important role on water yield and quality because it affects the hydrological processes considerably. Therefore, understanding the effect of this factor has great importance for land use planning and water resources management.

Non-point source pollution control is difficult in watersheds with mixed land use because it is not easy to distinguish the effects of each land use on water quality. Therefore, to compare the watersheds with different physical properties and land-uses may give better results determining the effect of land use on water-quality.

The results of studies on the relationship between land use and water quality in different areas also appear to be inconsistent. Since the watershed characteristics, traditions, physical environment and pollution sources are not the same, water quality and land use indicators may be different for the similar watersheds in different places or for the different watersheds in same places.

The aim of the study is to compare the water yield and quality of the forest- and agriculture-dominated watershed and to determine the impact of settlements on water quality. The results of the study will contribute to the sustainable management of the

Big Melen River basin, which supplies water to Istanbul in terms of non-point source pollution, water and sediment yield management. The study will also lead to studies on the effects of hazelnut production on water quality and yield in Turkey, where hazelnut production is common.

2. MATERIAL AND METHODS

Two adjacent watersheds studied, the sub-watersheds of Big Melen River, located in Düzce province in the western Black Sea region of Turkey. The watersheds have the same climate and vegetation characteristics. The major land uses in watersheds are agriculture (hazelnut) and forest. Agricultural and forested watershed area is 7,14 and 3,34 km² respectively. The percentage of the forest area in the agriculture-dominated watershed is 27% and the percentage of agricultural area in the forest-dominated watershed is 36%.

Precipitation, water level and water velocity were measured for two years in order to determine water yield and rainfall-runoff relationship of watersheds. Precipitation was measured using three tipping bucket rain gauge installed in different points of the watersheds. Water level was measured at 30-min intervals using water level recorder that installed at the outlet points of watersheds. At these points, water velocity was measured every other week and after the precipitations to obtain discharge values of different water levels. From these data, the regression equation which shows the relationship between water level and discharge were established for the watersheds. These equations were applied to all water level data recorded at 30-min intervals for two years and then the daily, monthly and annual water yield of sub-watersheds were calculated.

In order to investigate the effect of land use on water quality, water samples were collected every other week for two years from two different downstream points that before and after settlement in both watersheds. The turbidity, pH, electrical conductivity (EC) and dissolved oxygen (DO) were measured in situ. Total suspended solids (TSS), total nitrogen (TN), total organic carbon (TOC), anion (F⁻, Cl⁻, NO₂⁻, Br⁻, NO₃⁻, SO₄⁻², PO₄⁻³) and cation (Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Ca⁺², Mg⁺²) analyses were analyzed in the laboratory.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

Significant relationship was found between the measured water levels and streamflow ($r^2= 0,989$ for agricultural, $r^2= 0,990$ for forested watershed). The total precipitation in

the area is 2217 mm for two years. Despite this, water yields were 867,5 mm and 654,9 mm for forested and agricultural watershed. This could be result of these;

- The cultivation activities and the dense herbaceous plants increased evapotranspiration and infiltration in the agricultural watershed.
- Because forested watershed have higher average slope, drainage density, stream frequency and lower soil permeability than agricultural watershed, a large amount of precipitation turned into surface flow.
- Because lower main channel slope and larger channel area in the agricultural watershed, the amount of evaporation from the water surface was higher than forested watershed.
- Due to the geological structure of a small part of the agricultural watershed is limestone, the precipitation was stored in deep slits and fractures or seepage was being from these cracks to the adjacent watershed.

According to water quality measurements from before settlement, the average EC, turbidity, TSS, TN, Cl^- , NO_3^- , SO_4^{-2} , Mg^{+2} and Ca^{+2} values were found to be significantly higher in the agricultural watershed while average DO value was found to be lower in the forested watershed. No significant differences were found for pH, TOC, F^- , Br^- , NO_2^- , PO_4^{-3} , NH_4^+ , Na^+ , K^+ values between the watersheds. These results demonstrated that agricultural areas negatively affect the water quality.

After settlement, the mean values of EC, Cl^- , PO_4^{-3} , Na^+ , K^+ , Ca^{+2} increased significantly in both watersheds. After settlement, the mean TSS, SO_4^{-2} and Mg^{+2} values of the forested watershed and TN, NO_2^- and NH_4^+ values of the agricultural watershed were found to be significantly higher than those values for before settlement. The mean pH and DO values of forested watershed and the mean DO and TSS values of agricultural watershed were found to be lower than those values for before settlement. As a result, after passing through settlements, the water of watersheds were both polluted and decreased quality.

4. CONCLUSION AND OUTLOOK

Findings obtained from this study, it was seen that various factors such as slope, geological structure, drainage density, stream frequency could be effective besides land use on water yield of watersheds. According to the obtained data, it was determined that

water of forest-dominated watersheds were cleaner compared to the water of watersheds with have dominated by agricultural (hazelnut) land and settlement area.

Although it is not very likely, it is considered that the selected watersheds to investigate the effect of land use on water yield and quality by means of paired watershed approach should have similar characteristics in terms of slope and geological structure. Long-term experiments to carry out on this subject in smaller single watershed may give better results. Because the other factors affecting water quality and yield in single watershed remain constant, the effects of change in land use over many years will be more easily explored. Furthermore, the use of data obtained from single watershed in various hydrological models will be more useful for estimating the effects of changes in land use over many years.



1. GİRİŞ

Su kaynaklarının miktar ve kalitesinde doğal koşullar, insan faaliyetleri, kentleşme, sanayileşme ve tarım alanlarında ilaç ve gübre kullanımı gibi nedenlerden dolayı zamanla büyük değişimler meydana gelmektedir. Bu değişimler yerüstü ve yeraltı sularında kirlenme ile birlikte taşkın ve kuraklık gibi doğal afetlere neden olduğundan çeşitli önlemlerin alınmasını gerektirmektedir [1]. Özellikle insan faaliyetleri, arazilerin bozulmasına, ormanların, meraların ve sulak alanların yok olmasına neden olmakta, noktasal ve noktasal olmayan kaynak kirliliği yoluyla su kalitesinin bozulmasına yol açmaktadır [2]–[5]. Arazileri tarımsal faaliyetler için doğal sistemlerden dönüştürme, toprağın infiltrasyon kapasitesini azaltarak yüzeysel akışın ve sedimentin artmasına neden olmaktadır [6].

Noktasal olmayan kaynak kirliliğinin nedeni tek bir kaynağa bağlanamayacağından kontrol edilmesi zordur. Su kalitesinin bozulmasına birden fazla arazi kullanımı neden olduğundan, bu karışık kaynakların noktasal olmayan kaynak kirliliğine etkilerini birbirinden ayırmak kolay olmamaktadır [7], [8]. Bu nedenle arazi kullanımının su kalitesine etkilerini belirlemek için farklı fiziksel ve arazi kullanım özelliklerine sahip havzaları karşılaştırmak daha iyi sonuçlar verebilecektir.

Dünyanın birçok bölgesinde yapılan çalışmaların sonuçlarına göre tarım, yerleşim ve sanayi gibi arazi kullanım şekillerinin oranları ile su kirleticilerinin konsantrasyonları arasında pozitif bir ilişki [7], [9]–[11]; orman alanlarının oranları ile negatif bir ilişki bulunmaktadır [12]–[16]. Ayrıca arazi kullanımı ve su kalitesi ilişkisi konusunda farklı alanlarda yapılan çalışmaların sonuçlarının da tutarlı olmadığı görülmektedir. Çünkü havza karakteristikleri, gelenekler, fiziksel çevre ve kirletici kaynaklar aynı olmadığından dolayı farklı alanlardaki havzalarda veya aynı alandaki farklı havzalarda su kalitesi ve arazi kullanımı göstergeleri farklı olabilmektedir [15]. Benzer yağış ve arazi kullanımı özelliklerine sahip havzalarda yapılan bir çalışmada, hidrolojik karakteristiklerin ve toprak tekstürlerinin farklı olmaları nedeniyle, ormanlık havzaların su kalitesine etkilerinin farklı olduğu belirtilmiştir [17]. Yapılan başka bir çalışmada ise arazi kullanımının değişimiyle birlikte su kalitesinin değişmesine rağmen, ikisi arasında doğrudan bir neden-sonuç ilişkisini tespit etmenin zor olduğu bildirilmiştir [18].

Su ve bitki örtüsü dünyanın en önemli doğal kaynaklarından ve ekosistemlerin ana unsurlarını oluşturmaktadır. Hidrolojik düzen, toprak, bitki örtüsü ve akarsu kanallarında su depolanmasına bağlıdır ve birçok ekosistem süreçlerinin işletilmesinde önemli bir faktördür. Dolayısıyla ekosistem çalışmalarında su ve bitki örtüsü arasındaki ilişkiyi anlamak çok önemlidir [19]. Bu nedenle birçok çalışmada, havzalarda yapılan ağaçlandırma, aralama, tıraşlama kesimi, orman dönüşümü gibi bitki örtüsünü değiştirme işlemlerinin su verimi üzerine etkileri araştırılmıştır [20]–[28].

Havzaların su verimi ve kalitesi iklim, jeoloji, topografya, toprak, arazi kullanımı ve sosyo-ekonomik yapı gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Havza özellikleri olarak nitelendirilen coğrafik konum, alan, yükselti, şekil, bakı ve jeolojik yapı değiştirilemediği için bu faktörlerin su verimi üzerinde etkileri sabit kalmakta, toprak ise uygulanan işlemlere bağlı olarak su verimi üzerinde olumlu veya olumsuz etkide bulunabilmektedir [29]. Zaman içerisinde değişebilen iklim özellikleri ve arazi kullanımı ise su kalitesi ve verimini etkileyen iki önemli faktördür. Bu iki faktörün etkilerini açıklayan bulguların sağlanması, arazi kullanım planlaması ve su kaynakları yönetimi için büyük önem taşımaktadır [30]–[32].

Havzadaki arazi kullanım faaliyetlerinin, havzadaki bitki örtüsü türünü, toprağın ve suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirerek hidrolojik süreçleri etkilediği birçok araştırmacı tarafından belirtilmektedir [32]–[34]. Hidrolojik süreçlerin etkilenme nedenleri ise arazi kullanım değişimine paralel olarak evapotranspirasyon, infiltrasyon, intersepsiyon, yüzeysel akış ve yüzeyaltı akışın değişmesidir [1], [4], [28], [35]. Özellikle suyun kısıtlı olduğu bölgelerde arazi kullanımındaki değişimler, su miktarında daha fazla azalışa neden olabileceğinden yaşam koşullarının daha da bozulmasına neden olabilmektedir [36]. Havzalarda arazi kullanımının hidrolojik etkilerinin belirlenmesinin aynı zamanda doğal arazi örtüsünün etkilenme derecesine, değişim şiddetine ve arazi kullanımının havza içerisindeki dağılımına bağlı olduğu da belirtilmektedir [33].

Entegre havza yönetimi son yıllarda dünyada ve Türkiye’de önem kazanmıştır. Özellikle Avrupa Birliği üyeliğine uyum sürecinde Su Çerçeve Direktifi’nin temel gereklilikleri arasında olan entegre havza yönetim planlarının oluşturulması gerekmektedir [37]. Bu kapsamda direktifte belirtilen yüzeysel suların kalite ve sınıflandırılması ve çevresel hedeflerin belirlenmesine ilişkin hususlarla birlikte iyi su durumuna ulaşmak için gerekli olan esaslar, Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği’ne dahil edilmiştir [38]. Türkiye’nin 2014-2018 yılları arasını kapsayan 10. Kalkınma Planının

Toprak ve Su Kaynakları Yönetimi bölümünde amaç ve hedeflerin, su ve toprak kaynaklarının miktarının ve kalitesinin korunması, geliştirilmesi ve sürdürülebilir kullanımını sağlayacak bir yönetim sisteminin geliştirilmesi olduğu belirtilmiştir. Plana göre bu konuda izlenecek politikalardan bazıları da şunlardır:

- “Ulusal havza sınıflama sistemi, su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir kullanımına imkan verecek şekilde geliştirilecektir.

- Yeraltı ve yerüstü su kalitesinin ve miktarının belirlenmesi, izlenmesi, bilgi sistemlerinin oluşturulması; su kaynaklarının korunması, iyileştirilmesi ile kirliliğinin önlenmesi ve kontrolü sağlanacaktır.

- İklim değişikliğinin ve su havzalarındaki tüm faaliyetlerin su miktarı ve kalitesine etkileri değerlendirilerek havzalarda su tasarrufu sağlama, kuraklıkla mücadele ve kirlilik önleme başta olmak üzere gerekli önlemler alınacaktır [39].”

Arazi kullanım değişimlerinin hidrolojik etkilerini belirlemek için bazı yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar eş havza yaklaşımları, istatistiksel yöntemler [9] ve hidrolojik modeller olarak üç grupta toplanmaktadır. Hidrolojik modellerin iklim, insan faaliyetleri ve su kaynakları arasındaki ilişkileri araştırmak ve kavramsallaştırmak, gelecekteki değişimlerin etkilerini tahmin etmek ve en iyi su yönetim uygulamalarını belirlemek için kullanılan değerli araçlar olduğu belirtilmektedir [13], [37], [40].

Melen havzası, Türkiye'nin Batı Karadeniz bölgesinde yer almaktadır. Havza alanının yaklaşık %61 'i orman, %34'ü tarım, %3'ü ise meradır [41], [42]. Düzce İli, havza içindeki en büyük kentsel yerleşim yeridir. Halkın geçim kaynağı tarım, hayvancılık ve endüstridir. Tarım alanlarının büyük bölümünde ise fındık yetiştirilmektedir. Bu nedenle havza, tarım gübreleri, hayvan atıkları gibi noktasal olmayan ve endüstriyel atık sular gibi noktasal kaynak kirliliğinden etkilenmektedir [43], [44]. Büyük Melen ve Küçük Melen nehirleri bu havzada yer almaktadır. 2010 yılından itibaren İstanbul'un su ihtiyacının % 50'den fazlası Büyük Melen Nehri'nden temin edilmektedir [45].

Araştırma konusu havzalar Düzce sınırları içinde bulunan Büyük Melen Nehri'nin bitişik iki alt havzalarıdır. Havzalardan birinde (Yukarıkaraköy) baskın arazi kullanımı orman iken (%66 orman, %34 fındık) diğer havzada (Avlayan) baskın arazi kullanımı fındıktır (%68 fındık, %32 orman). Havza çıkışlarında yerleşim yerleri başlamakta ve sular bu yerleşim yerlerini geçerek Büyük Melen Nehri'ne dökülmektedir. Havzalarda iki yıl boyunca yağış, akış, askıda katı madde ve su kalitesi ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca her iki havzadan toprak örnekleri alınarak toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin Batı Karadeniz Bölgesi'nde aynı iklim koşullarında yer alan havzalarda, farklı arazi kullanımının havzaların su verimi ve su kalitesine etkisini araştırmak ve yerleşim yerlerinin su kalitesine etkisini belirlemektir. Türkiye'de bu konuda yapılan çalışmalar sınırlı olduğu için çalışma aynı zamanda, Türkiye'deki havzalarda arazi kullanımının su verimi ve kalitesi etkisi konusunda yapılacak diğer çalışmalara katkı sağlayacaktır. Çalışma sonuçları ayrıca, noktasal olmayan kaynak kirliliği ile su kalitesi ve sediment verimi yönetimi açısından İstanbul'a su sağlayan Büyük Melen Nehri havzasının sürdürülebilir yönetimine katkı sağlayacaktır.

1.1. LİTERATÜR BİLGİSİ

1.1.1. Arazi Kullanımının Su Verimine Etkisinin Araştırıldığı Çalışmalar

Havzaların su verimi üzerinde ormanların çok önemli bir role sahip olduğu bilinmektedir. Yapılan eş havza çalışmalarına göre orman örtüsündeki azalmanın su verimini artırdığı, artışın ise su verimini azalttığı bildirilmektedir [20], [23]. Ormanlık havzalarda çeşitli oranlarda aralama, tıraşlama ve başka arazi kullanımına dönüştürme işlemlerinin gerçekleştirildiği çalışmalarda da bu işlemlerin su verimini arttırdığı belirtilmiştir [24]–[26], [28], [46]. Son yıllarda çeşitli sürelerde elde edilen hidrolojik ölçümler ile arazi kullanım verileri kullanılarak arazi kullanımının havza hidrolojisine etkisinin tahmin edilmesinde ve farklı arazi kullanım değişimi senaryolarına göre etkinin değerlendirilmesinde hidrolojik modelleme yöntemleri de yaygın olarak kullanılmaktadır [27], [35], [36], [47]–[52].

Bolu Dağı'ndaki bir çalışmada, farklı arazi kullanımlarında (mısır, buğday, nadas, fındık, orman), farklı eğimlerde (%15, %28, %45) meydana gelen yüzeysel akış ve toprak kaybını araştırmak için parsel denemeleri yapılmıştır. Çalışma sonucuna göre arazi eğimi %15'ten %28'e yükseldiğinde yüzeysel akış miktarının fındıklıkta %49,2 oranında, ormanda ise %147 oranında; eğim %15'ten %45'e yükseldiğinde fındıklıkta %102,7 oranında, ormanda ise %427,9 oranında artış gösterdiği belirtilmiştir [52].

Farklı oranlarda orman, tarım, çayır ve yerleşim alanlarına sahip farklı büyüklükteki havzalarda yapılan bir çalışmada, arazi kullanımının tarım havzalarındaki hidrolojik etkisi model yardımıyla değerlendirilmiştir. Çalışmada büyükten küçüğe doğru evapotranspirasyon oranı orman, çayır ve tarım havzalarında; yüzeysel akış, taban akışı ve toplam dere akışı oranı ise tarım, çayır ve orman havzalarında gözlemlenmiştir.

Genel olarak arazi kullanım değişiminin yıllık su dengesi üzerinde etkisinin ılımlı olduğu, yüzeysel akış üzerindeki etkisinin ise kuvvetli olduğu belirtilmiştir [35].

Ormanlık havzada tıraşlama kesiminin hidroloji ve su kalitesine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, yüzeysel akışın tıraşlamadan sonra 26 cm arttığı fakat beşinci yıla kadar her yıl belirli oranda azalmaya başladığı belirlenmiştir [21].

ABD'nin Kentucky eyaletinde yapılan çalışmada, arazi kullanım şeklinin yoğunluğuna göre tarım (%95), yerleşim (%99) ve tarım-yerleşim (%43-%57) havzaları olarak adlandırılan farklı büyüklükteki üç havzada arazi kullanımının yüzeysel akışa etkisi araştırılmıştır. Havzaların yıllık ortalama akımları birbirinden farklı bulunmasına rağmen birim alanlarında meydana gelen akışları benzer bulunmuştur. Bu durumun ise havzalardaki geçirimsiz yüzey miktarlarının farklı olmasından dolayı infiltrasyonun etkilenmesinden kaynaklandığı belirtilmiştir [7].

Havzada orman alanlarının tıraşlanarak çayır ve tarım alanlarına dönüştürülmesinin yüzeysel akışa etkisinin araştırıldığı bir çalışmanın sonucuna göre, havzadaki orman alanının %45 oranında azalmasına karşılık yüzeysel akışın yaklaşık %40 oranında arttığı belirlenmiştir [24].

Ölçüm veya hesaplamalar ile elde edilen hidrolojik verilerin, model yardımıyla değerlendirildiği bir çalışmada, orman alanlarında çeşitli oranlarda meydana gelen artışla birlikte yüzeysel akışın çeşitli oranlarda azaldığı belirlenmiştir [27].

Hidrolojik model kullanarak arazi kullanım değişiminin havza hidrolojisine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, 1992-2005 yılları arasında havzada orman örtüsünün %9 azaldığı, kentsel alanın %20 arttığı ve meraların tarım alanlarına dönüştüğü belirlenmiştir. Bunun sonucunda arazi kullanım değişimi ile ortalama nehir akımının çok az arttığı, yıllık minimum akımların kısmen düştüğü fakat yıllık maksimum akımların önemli derecede arttığı belirtilmiştir [47].

Çeşitli arazi kullanım ve iklim değişimi senaryolarına Kenya'daki bir nehrin hidrolojik tepkisini tahmin etmek için hidrolojik model kullanılan bir çalışmada ormanların %10'unun tarım alanlarına dönüşmesi durumunda yüzeysel akışın ve evapotranspirasyonun arttığı, su veriminin ise azaldığı belirlenmiştir. Ormanların %36'sının çayır alanlarına dönüştürülmesi senaryosuna göre, yüzeysel akışın, su veriminin ve evapotranspirasyonun arttığı belirtilmiştir. Orman alanlarının tamamının tarım alanlarına dönüştürülmesi durumunda ise yüzeysel akışın ve

evapotranspirasyonun arttığı buna karşın su veriminin azaldığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak ormanların tarım ve çayır alanlarına dönüşmesi ile kurak mevsimde akımların azalması ve pik akımların artmasının muhtemel olduğu, dolayısıyla bunun su kıtlığı ve şiddetli erozyona öncülük edeceği vurgulanmıştır [48].

Alansal olarak tarım (%65), orman (%77), orman-sulak alan (%94) arazi kullanımlarının yoğun olduğu üç havzada yapılan bir çalışmada dört yıllık ölçümler sonucu, havzaların yıllık ortalama su verimleri sırasıyla 0,588, 0,849 ve 0,901 milyon m³/km²/yıl olarak bulunmuştur. Tarım alanlarının yoğun olduğu havzadan orman alanlarının yoğun olduğu havzaya doğru su verimindeki artışın nedeninin yağış miktarı ile eş yükselti eğrilerine paralel tarım ve teras yapılması olabileceği belirtilmiştir. Ormanlık havzaların ise sediment yükünü azaltmada önemli rollerinin olduğu vurgulanmıştır [53].

Yirmi yıllık periyotta arazi kullanım değişiminin havzanın su dengesi üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, arazi kullanımının akım ve evapotranspirasyon üzerindeki etkisinin değerlendirilmesinde hidrolojik model kullanılmıştır. Yirmi yılda havzada kentsel alanlarda %5, tarım alanlarında %4 artış görülürken orman ve çayır alanlarında yaklaşık %10'luk bir azalma görülmüştür. Sonuç olarak kentleşmenin su verimini artırırken evapotranspirasyonu azalttığı, tarım alanlarındaki artışın ise evapotranspirasyonu azalttığı belirtilmiştir [36].

Arazi kullanım değişiminin akarsu akışı ve sediment verimine katkılarının ölçülmesinde kısmi en küçük kareler regresyonu ve hidrolojik model ile oluşturulan entegre hidrolojik model yaklaşımının kullanıldığı bir çalışmada, 1978, 1987, 1999 ve 2007 yıllarına ait arazi kullanım haritaları ile akım ölçme istasyonlarının 35 yıllık verileri kullanılmıştır. 1999 yılına kadar orman alanlarındaki düşüş ile birlikte tarım alanlarındaki artışa karşılık akımın ve sedimentin arttığı, 1999 yılından sonra orman alanlarındaki artışa karşılık akım ve sedimentin azaldığı belirlenmiştir. Kısmi en küçük kareler regresyonuna göre 1978-2007 yılları arasında, arazi kullanım değişimi ile akarsu akışı ve sediment verimi ilişkili bulunmuştur. Çalışma alanında akarsu akımını etkileyen başlıca arazi kullanım değişimlerinin tarım, orman ve kentsel arazilerin değişimi olduğu, sediment verimini birinci dereceden etkileyen asıl faktörlerin tarım ve orman alanları oldukları bildirilmiştir [49].

Çin’de 2000-2010 yılları arasında arazi kullanım değişiminin akım üzerine etkisini ölçmek için yapılan çalışmada, hidrolojik model kullanılarak iki havzanın hidrolojik simülasyonları gerçekleştirilmiştir. On yıllık süre içinde her iki havzada da orman ve mera alanların arttığı, yayla ve pirinç alanlarının azaldığı belirlenmiştir. Buna karşın ise evapotranspirasyon oranının azaldığı, infiltrasyon, hızlı akım ve taban akımı oranlarının değişen derecelerde arttığı belirtilmiştir. Regresyon analizi sonuçlarına göre akış katsayısı üzerinde yayla ve pirinç alanlarının negatif, orman alanlarının ise pozitif etkisinin olduğu belirlenmiştir [50].

Çin’deki üç havzada, 1985 ve 2006 yılları arasında arazi kullanım değişiminin yıllık, aylık ve günlük akımlar üzerindeki etkilerinin hidrolojik model ile değerlendirildiği bir çalışmada, havzalarda genel olarak orman, tarım ve çayır alanlarının azalmasına karşılık meyve bahçeleri ve yerleşim alanlarının arttığı belirlenmiştir. Sonuç olarak üç havzada da yıllık akımların küçük oranda, aylık akımların orta derecede, günlük akımların ise kurak dönemler haricinde büyük oranda arttığı belirtilmiştir [51].

Havzada gözlenen aylık akımlar kullanılarak, farklı arazi kullanım senaryolarının havzadaki hidrolojik süreçlere etkisinin hidrolojik model ile incelendiği bir çalışmada, bu farklı senaryoların simülasyon sonuçlarına göre aynı yağış, eğim ve toprak koşullarında pirinç alanlarının en çok akımı, en düşük yeraltı su deşarjını ve en düşük evapotranspirasyonu ürettiği; orman alanlarının en küçük akımı, en çok yeraltı su deşarjını ve evapotranspirasyonu ürettiği belirtilmiştir. Orman alanlarının su tutma kapasitesinin mera alanlarına göre daha yüksek olduğu ve kentleşmenin yüzeysel akış, su verimi ve evapotranspirasyon üzerindeki katkısının güçlü olduğu vurgulanmıştır [54].

1.1.2. Arazi Kullanımının Su Kalitesine Etkisinin Araştırıldığı Çalışmalar

Arazi kullanımının su kalitesine etkisinin araştırıldığı çalışmalar genel olarak iki gruba ayrılabilir. Birinci gruptaki çalışmalar farklı arazi kullanımlarının bulunduğu havzaların veya havza bölümlerinin su kalitesi parametrelerinin karşılaştırıldığı çalışmalardır [7], [8], [10]–[12], [14], [17], [34], [53], [55]–[64]. İkinci gruptaki çalışmalar ise arazi kullanımda meydana gelen zamansal değişimin, havzaların veya havza bölümlerinin su kalitesine etkisinin araştırıldığı çalışmalardır [16], [18], [65], [66]. Bu çalışmalardan bazıları ile ilgili bilgilere aşağıda yer verilmiştir.

Kuzey Karolina’da yapılan çalışmada üç havzada, arazi kullanımının su kalitesi ve sucul canlılara etkisi araştırılmıştır. Havzalar, arazi kullanım şeklinin yoğunluğuna göre tarım

(%55), orman (%75) ve yerleşim (%69) havzaları olarak adlandırılmıştır. Havzalardan 1 yıl boyunca her ay alınan su örneklerinde yapılan analizlerin sonuçlarına göre en yüksek iletkenlik ve askıda sediment değeri yerleşimin yoğun olduğu havzada, en düşük değerler ise ormanlık havzada bulunmuştur. En yüksek besin maddesi konsantrasyonları ise tarım havzasında bulunmuş olup sırasıyla yerleşim ve ormanlık havzalar bunu takip etmiştir [55].

Kentucky’de arazi kullanım şeklinin yoğunluğuna göre tarım (%95), yerleşim (%99) ve tarım-yerleşim karışımı (%43-%57) havzaları olarak adlandırılan üç havzada, arazi kullanımının su kalitesine etkisi araştırılmıştır. Bir yıl boyunca iki haftada bir alınan su örneklerinde azot (N), fosfor (P), toplam askıda katı madde (TAKM), pH, bulanıklık, sıcaklık ve akım ölçümleri yapılmıştır. Sonuç olarak en yüksek ortalama N konsantrasyonları tarım havzasında, en küçük konsantrasyonlar ise yerleşim havzasında bulunmuştur. Mevsimsel olarak havzalardaki N konsantrasyonları farkının kış aylarında en yüksek olduğu belirtilmiştir. Ortalama amonyum (NH_4^+) ve toplam fosfor (TP) bakımından havzalar arasında fark bulunmaz iken ortalama en yüksek ortofosfat değeri tarım havzasında, en düşük değer ise yerleşim havzasında bulunmuştur. Ortalama TAKM ve bulanıklık konsantrasyonları tarım-yerleşim karışımı havzasında daha yüksek bulunur iken tarım ve yerleşim havzalarında benzer bulunmuştur. Mevsimsel olarak ise TAKM ve bulanıklık bakımından tarım havzasında fark bulunamamış olup, tarım-yerleşim karışımı ve yerleşim havzalarında en yüksek kış ve ilkbahar aylarında, en düşük ise yaz ve sonbahar aylarında bulunmuştur [7].

Kaliforniya’daki bir havzanın 28 alt havzasında, arazi kullanımı ile TAKM ve nitrat azotu (NO_3^- -N) ilişkisi araştırılmıştır. Yukarı havzada bulunan 16 alt havzada orman alanları yoğun iken aşağı havzadaki 12 alt havzada çayır ve tarım alanları yoğundur. Üç yıl boyunca iki haftalık periyotlarla su örnekleri alınarak analiz yapılmıştır. Sonuç olarak tarım alanı yüzdesinin yıllık ortalama değerlerde ve yağışlı yıllarda nitrat (NO_3^-) ve TAKM yükü üzerinde önemli etkisinin olduğu, NO_3^- yükü ile çayır yüzdesi arasında kurak yıllarda negatif ilişki bulunurken, yıllık ortalama değerlerde pozitif ilişki olduğu belirlenmiştir [10].

Kore’de yapılan bir çalışmada, tarım ve orman alanlarının farklı yoğunlukta olduğu dört havzada yüzeysel akıştaki kirleticiler incelenmiştir. Havza 1’den havza 4’e doğru tarım alanı oranı artarken orman alanı oranı azalmaktadır. Sonuç olarak havza 3’te askıda katı madde miktarının en yüksek olduğu ve sırasıyla 4., 2. ve 1. havzaların geldiği

belirlenmiştir. Bunun havza 3'ün ortalama eğim ve form faktörünün havza 4'ten büyük olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir. Havzalarda tarım alanı oranı arttıkça toplam azot (TN) ve amonyak azotu ($\text{NH}_3\text{-N}$), nitrat azotu ($\text{NO}_3^-\text{-N}$), fosfat fosforu ($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$) ve TP konsantrasyonlarının da arttığı bildirilmiştir [57].

Kanada'da yapılan bir çalışmada, %70 oranında tarım alanına sahip bir havza ile %70 oranında orman alanına sahip havzanın su kalitesi araştırılmıştır. Sonuç olarak tarım havzasının ortalama bulanıklık, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ve pH değerleri yüksek bulunmuştur. Ortalama TP değeri ise ormanlık havzada daha yüksek bulunmuştur fakat yüksek akımlarda tarım havzasında bu değerlerin daha yüksek gözlemlendiği bildirilmiştir [58].

Kore'deki bir rezervuar havzasının alt havzalarında yapılan çalışmada, arazi kullanımı ile su kalitesi arasındaki ilişki incelenmiştir. Alt havzalarda başlıca arazi kullanımları tarım, orman ve yerleşim olup her alt havzada farklı oranlarda bulunmaktadır. İki yıl boyunca taban akımlarının ve kuvvetli akımların olduğu dönemlerde havzalardan su örnekleri alınmıştır. Çalışma sonucunda taban akımlarının olduğu dönemlerde yerleşim ve orman alanlarıyla TN, TP ve biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) arasında pozitif ilişki olduğu, kuvvetli akımların olduğu dönemlerde ise tarım alanlarının yalnız BOİ ile ilişkisinin bulunduğu belirtilmiştir [12].

Çin'deki bir rezervuar havzasında yapılan çalışmada, orman, çayır ve tarım arazi kullanım şekillerine sahip alt havzalarda, besin konsantrasyonlarının zamansal ve konumsal değişimi incelenmiştir. Alınan su örneklerinin analiz sonuçları, yağışlı mevsim öncesi, yağışlı mevsim dönemi ve yağışlı mevsim sonrası olmak üzere üç şekilde değerlendirilmiştir. Sonuç olarak yağışlı mevsimdeki besin konsantrasyonlarının, yağışlı mevsim sonrasında ve öncesinden yüksek olduğu; tarım ve yerleşim alanlarının yüksek, orman alanlarının düşük olduğu yerlerde TN konsantrasyonların yüksek olduğu; TP konsantrasyonlarının yerleşim yerlerinde yağışlı mevsimde yüksek olduğu; orman ve çayır alanlarının azotu tutması bakımından önemli olduğu belirtilmiştir [8].

Bir nehir havzasının alt havzalarında yapılan çalışmada, farklı arazi kullanımı ile su kalitesi arasındaki ilişki araştırılmış ve su kalitesi parametrelerinin mevsimsel değişimi incelenmiştir. Çalışmada dokuz yıl boyunca havza genelinde kentsel alanlarının arttığı ve orman alanlarının azaldığı belirlenmiştir. Sonuç olarak kentsel alanlar ile havza sularındaki TP ve $\text{NO}_3^-\text{-N}$ arasında anlamlı olarak pozitif ilişki bulunurken, $\text{NH}_4^+\text{-N}$

arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Orman alanları ile tüm bu parametreler arasında ise anlamlı olarak negatif ilişki bulunmuştur. Toplam Kjeldahl azotu ile tarım arazileri, yağış ile de TP ve NH_4^+ -N arasında anlamlı olarak ilişki bulunmuş olup havzalarda TP'nin yaz mevsiminde ve yüksek yağışlardan sonra arttığı bildirilmiştir. NO_3^- -N konsantrasyonu kış ve ilkbahar mevsimlerinde anlamlı olarak yüksek bulunmuş olup, tüm mevsimlerde ormanlık alanlarda anlamlı olarak düşük bulunmuştur. Çalışmada kentsel ve tarım arazilerinin nehrin N ve P konsantrasyonlarını arttırdığı vurgulanmıştır [65].

Kuzey Kore'de yapılan bir çalışmada, arazi kullanımı ve su kalitesi parametreleri arasındaki ilişki korelasyon analizi yöntemiyle incelenmiştir. Farklı arazi kullanımına (tarım, orman, çayır, yerleşim) sahip yirmi adet alt havzadan üç yıl boyunca iki haftalık periyotlarda su örnekleri alınmış ve analizleri yapılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre su kalitesinin, tarım alanlarında TAKM, NO_3^- , PO_4^{-3} ile; orman-çayır alanlarında NO_3^- , BOİ, PO_4^{-3} ile; yerleşim alanlarında BOİ, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), NH_3 , PO_4^{-3} ile çok ilişkili olduğu belirtilmiştir [59].

Alansal olarak tarım (%65), orman (%77), orman-sulak alan (%94) arazi kullanımlarının yoğun olduğu üç havzada yapılan çalışmada, dört yıllık ölçümler sonucunda sudaki TAKM, NO_3^- , ortofosfor, potasyum (K^+), kalsiyum (Ca^{+2}), magnezyum (Mg^{+2}) konsantrasyonları ile elektrik iletkenliğinin (Eİ) tarım yoğun havzadan orman-sulak alan yoğun havzaya doğru azaldığı belirlenmiş ve bu parametreler bakımından havzalar arasında anlamlı farklar bulunmuştur. Havzalar arasında pH'nın küçük farklılıklar gösterdiğini fakat Eİ ve su sıcaklığının tarım alanlarının yoğunluğuyla son derece ilişkili olduğu belirtilmiştir. Havzaların N, K^+ , Ca^{+2} ve Mg^{+2} yükleri ile yıllık yağışlar arasında yüksek korelasyon olduğu ve bunun onların yüksek yağışlarda taşınması ve çözünabilirliği ile ilgili olabileceği vurgulanmıştır [53].

ABD'deki bir nehir havzasında yapılan çalışmada, tarım, orman ve kentsel arazi kullanımının su kalitesine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla arazi kullanımının farklı oranlarda olduğu kırk üç adet alt havzadan 20 ay boyunca ayda iki kez su örnekleri alınarak çeşitli analizler yapılmıştır. Sonuç olarak baz akımlarda, bulanıklık ve TAKM konsantrasyonları tarım havzalarında anlamlı olarak yüksek bulunur iken; NH_4^+ , NO_3^- ve ortofosfat konsantrasyonları kentsel havzalarda anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Yüksek akımlarda ise yalnız bulanıklık değerleri tarım havzalarında anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Regresyon analizi sonuçlarına göre baz akımlarda orman

arazilerinin TAKM, NH_4^+ ve NO_3^- miktarını negatif etkilediği, kentsel arazilerin ise TAKM'yi negatif etkilerken ortofosfatı pozitif etkilediği belirlenmiştir. Yüksek akımlarda tarım arazilerinin ortofosfat üzerinde pozitif etkilerinin olduğu, orman alanlarının NH_4^+ ve NO_3^- üzerinde negatif etkilerinin olduğu, kentsel arazilerin ise TAKM ve NH_4^+ üzerinde negatif etkileri olurken ortofosfat üzerinde pozitif etkilerinin olduğu bulunmuştur [62].

Malezya'da yapılan bir çalışmada, boğazın farklı noktalarında uzun yıllar boyunca arazi kullanımında meydana gelen değişimin su kalitesine etkisi araştırılmıştır. Çalışma alanında 17 yıl boyunca kentsel alanların arttığı, buna karşın orman alanlarının azaldığı tespit edilmiştir. Bunun sonucunda ise su kalitesi sınıfının düştüğü ve ağır metal limitlerinin aşıldığı belirtilmiştir [66].

Japonya'da tarım, orman, kentsel ve çayır alanlarının farklı oranlarda olduğu 24 adet alt havzada bir yıl boyunca yapılan çalışmada arazi kullanımının su kalitesine etkisi değerlendirilmiştir. Sonuç olarak havzalardaki kentsel alanların oranı ile elektriksel iletkenlik (Eİ), NH_4^+ ve NO_2^- arasında anlamlı pozitif ilişki, çözünmüş oksijen (ÇO) arasında negatif ilişki bulunmuştur. Tarım alanlarının oranı ile yıllık ortalama Eİ, TN ve NH_4^+ arasında da pozitif ilişki bulunmuştur. Havzalardaki orman alanlarının oranı ile Eİ, TN, NH_4^+ arasında ise anlamlı negatif ilişki bulunmuş ve ayrıca besin yüklerini tutması bakımından ormanların önemli rol oynadığı belirtilmiştir [11].

Çin'deki bir çalışmada, Hun Nehri'nin farklı arazi kullanımlarını temsil eden 12 noktasında, arazi kullanımının su kalitesine etkisi araştırılmıştır. İlk altı noktada yoğun orman alanları, diğer altı noktada ise yoğun tarım alanları bulunmaktadır. Noktalardan on beş ay boyunca aylık periyotlarda su örnekleri alınarak çeşitli analizler yapılmıştır. Sonuç olarak düşük akım periyodunda, orman alanı oranı ile Eİ, NO_3^- ve TN arasında negatif ilişki bulunurken, tarım alanı oranı ile TP ve bulanıklık arasında pozitif ilişki bulunmuştur. Yüksek ve ortalama akım periyodunda ise tarım alanı oranı ile ÇO arasında pozitif korelasyon bulunurken, bulanıklık, NO_3^- , TN arasında negatif korelasyon bulunmuştur. Araştırmada ayrıca ormanların temiz su sağlaması açısından önemli rol oynadığı vurgulanmıştır [34].

Ekvador'da yapılan bir çalışmada, farklı arazi kullanım şekillerini temsil eden 50 adet akarsu noktasında, arazi kullanımı ile su kalitesi ilişkisi araştırılmıştır. Noktalardan 21 adedi tarım, 9 adedi orman, 11 adedi maden, 7 adedi kentsel, 2 adedi ise turizm

alanlarını temsil etmektedir. Sonuç olarak arazi kullanım grupları arasında ortalama bulanıklık, CO , NO_3^- ve PO_4^{3-} bakımından fark bulunamaz iken, NH_4^+ bakımından fark bulunmuş olup yerleşim alanlarını temsil eden noktaların en yüksek NH_4^+ konsantrasyonuna sahip olduğu belirlenmiştir [14].

Zimbabve'deki nehir havzasında yapılan bir araştırmada, belirli zaman aralığında arazi kullanımında meydana gelen değişimin su kalitesine etkisi incelenmiştir. 1984-2011 yılları arasında havzada orman, çayır ve açık alanların azaldığı buna karşılık yerleşim ve tarım alanlarının arttığı belirlenmiştir. Bunun sonucunda ise TP ve TN konsantrasyonlarında artış meydana geldiği bildirilmiştir. Çalışmada ayrıca 2012 yılında nehrin farklı noktalarında ölçüm yaparak, arazi kullanımı ile su kalitesi parametreleri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Yağışlı dönemde, yerleşim alanlarıyla TAKM arasında yüzeysel akıştan dolayı düşük pozitif ilişki bulunurken, kurak dönemde kirlilik konsantrasyonundan dolayı yüksek pozitif ilişki bulunmuştur. Yerleşim alanlarıyla TN ve TP arasında ise yüzeysel akış ve tarım faaliyetlerinden dolayı her iki dönemde de güçlü pozitif ilişki bulunmuştur. Yoğun gübre kullanımından dolayı tarım alanlarıyla TN, TP ve TAKM arasında güçlü pozitif ilişki bulunmuştur. Yağışlı dönemde ormanlık alanlarda su kalitesi parametrelerinde önemli bir düşüş olduğu fakat kurak dönemde yüzeysel akıştan dolayı ormanların etkisinin düşük olduğu belirtilmiştir. Sonuç olarak yerleşim ve tarım alanlarının su kalitesine etkisinin, orman alanlarına göre çok yüksek olduğu vurgulanmıştır [16].

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. ARAŞTIRMA ALANININ TANITIMI

2.1.1. Konum

Büyük Melen Nehri'nin alt havzalarını oluşturan araştırma havzaları; Türkiye'nin batı Karadeniz bölgesinde, Düzce ili sınırları içinde, 40° 53' - 40° 55' kuzey enlemleri ile 30° 58' - 31° 02' doğu boylamları arasında bulunmaktadır (Şekil 2.1). İdari olarak Avlayan havzası Cumayeri ilçesinin, Yukarıkaraköy havzası ise Çilimli ilçesinin hudutları içerisindedir. Araştırma havzaları Düzce Orman İşletme Müdürlüğü Melen Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yer almaktadır. Havzalar aynı iklim, yağış ve bitki örtüsü özelliklerine sahip olup birbirine bitişiktir. Avlayan havzası 140-600 m, Yukarıkaraköy havzası ise 210-780 m yükseltiler arasında yer almaktadır.



Şekil 2.1. Araştırma alanının konumu.

2.1.2. İklim

Araştırma sahasının iklimi Karadeniz ikliminin Batı Karadeniz alt tipidir. Araştırma havzalarına en yakın meteoroloji istasyonu olan Düzce Meteoroloji İstasyonu (DMİ;

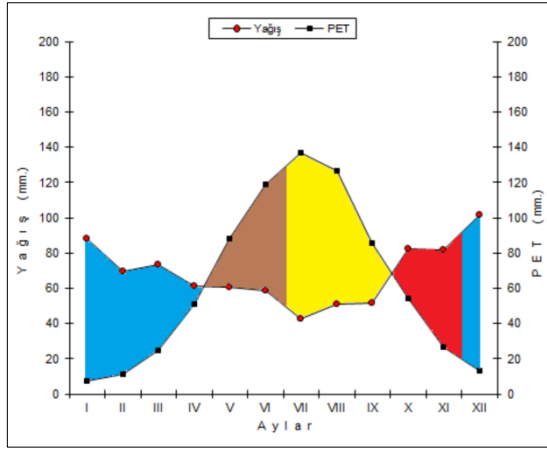
40° 50' K - 31° 08' D), 146 m rakımda ve araştırma sahasının yaklaşık 14 km güneydoğusunda yer almaktadır. Çalışmada Thortwaite yöntemi kullanılarak hem Düzce'nin hem de araştırma sahasının iklim değerlendirilmesi yapılmıştır. Düzce'nin ikliminin belirlenmesinde DMİ'nun uzun yıllar (1950-2015) sıcaklık ve yağış verileri ortalamaları kullanılmıştır [67]. Araştırma alanında sıcaklık ölçümleri yapılmadığından alanın iklim değerlendirmesinde DMİ'nun 2014-2015 yıllarına ait sıcaklık verileri ile iki yıl boyunca havzalarda ölçülen yağış verileri kullanılmıştır. DMİ'na ait uzun yıllar sıcaklık ve yağış verileri ile araştırma yıllarında (2014-2015) havzalarda ölçülen yağış verileri Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Düzce ve araştırma havzalarına ait sıcaklık ve yağış değerleri.

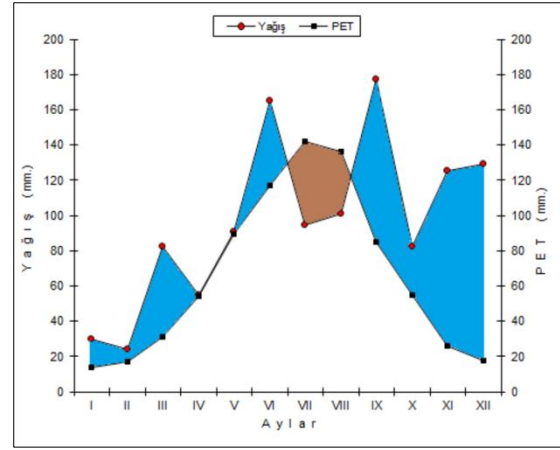
Meteorolojik elemanlar	Yıllar	Aylar												YILLIK
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Toplam Yağış (mm) (Düzce)	1950-2015	88,1	69,6	73,7	60,9	60,6	58,9	42,9	50,9	51,3	82,2	81,7	101,3	822,1
Toplam Yağış (mm) (Araştırma havzaları)	2014	30,0	23,8	82,4	55,1	90,4	165,1	94,5	100,8	177,5	82,6	125,4	129,3	1156,9
	2015	194,1	129,4	62,8	116,1	81,9	139,1	13,9	16,2	139,9	104,2	22,4	40,4	1060,4
Ortalama Sıcaklık (°C) (Düzce)	1950-2015	3,8	5,2	7,8	12,3	16,7	20,5	22,6	22,4	18,7	14,3	9,6	5,8	13,3
	2014	6,7	7,6	9,8	13,5	17,5	20,7	23,4	23,8	19,1	15,1	10,1	8	12,6
	2015	3,5	6,6	8,3	10,5	18	20,7	23,2	24,3	22,5	15,3	11,6	4	14,0

DMİ'nun uzun yıllar ortalama verilerine göre elde edilen Thorntwaite iklim diyagramında Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında su noksanı görülmektedir (Şekil 2.2). Buna göre Düzce'de, B1 B'2 s b'4 sembolleri ile tanımlanan “Nemli, orta sıcaklıkta (mezotermal), su noksanı yaz mevsiminde ve orta derecede olan, okyanus iklimine yakın iklim” hakimdir (Çizelge 2.2).

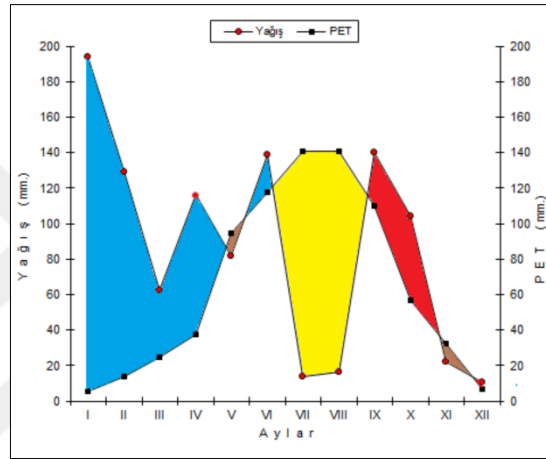
Ölçüm yıllarında araştırma havzalarında yağışların düzensiz olduğu görülmektedir. 2014 yılında su noksanı görülmez iken (Çizelge 2.3), 2015 yılının Temmuz ve Ağustos aylarında su noksanının kuvvetli olduğu görülmektedir (Çizelge 2.4).



a) Uzun yıllar (Düzce)



b) 2014 yılı (Araştırma havzaları)



c) 2015 yılı (Araştırma havzaları)

■ Su fazlası ■ Harcanan su ■ Su noksanı ■ Depo edilen su

Şekil 2.2. Düzce ve araştırma havzalarına ait Thorntwaite iklim diyagramları.

Çizelge 2.2. Thorntwaite yöntemine göre Düzce için uzun yıllar (1950-2015) su bilançosu.

Bilanço Elemanları	AYLAR												YILLIK
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sıcaklık °C	3,8	5,2	7,8	12,3	16,7	20,5	22,6	22,4	18,7	14,3	9,6	3,8	13,3
Sıcaklık indisi	0,7	1,1	2,0	3,9	6,2	8,5	9,8	9,7	7,4	4,9	2,7	0,7	58,0
Düzeltilmemiş PE	8,8	13,7	24,3	46,0	70,7	94,2	108,1	106,7	82,8	56,8	32,5	8,8	
Düzeltilmiş PE	7,4	11,4	25,0	51,1	88,0	118,7	137,1	126,7	85,9	54,4	26,8	7,4	745,4
Yağış (mm)	88,1	69,6	73,7	60,9	60,6	58,9	42,9	50,9	51,3	82,2	81,7	88,1	822,1
Depo Değişikliği	-	-	-	-	27,4	-59,8	-12,8	-	-	27,8	54,9	-	
Depolama	100,0	100,0	100,0	100,0	72,6	12,8	-	-	-	27,8	82,7	100,0	100,0
Gerçek ET	7,4	11,4	25,0	51,1	88,0	118,7	55,7	50,9	51,3	54,4	26,8	7,4	553,5
Su Noksanı	-	-	-	-	-	-	81,4	75,8	34,6	-	-	-	191,8
Su Fazlası	80,7	58,2	48,7	9,8	-	-	-	-	-	-	-	80,7	268,6
Yüzeysel Akış	76,0	69,5	53,4	29,2	4,9	-	-	-	-	-	-	76,0	268,6

Çizelge 2.3. Thorntwaite yöntemine göre araştırma havzalarının 2014 yılı su bilançosu.

Bilanço Elemanları	AYLAR												YILLIK
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sıcaklık °C	6,7	7,6	9,8	13,5	17,5	20,7	23,4	23,8	19,1	15,1	10,1	8,0	14,6
Sıcaklık indisi	1,6	1,9	2,8	4,5	6,7	8,6	10,3	10,6	7,6	5,3	2,9	2,0	64,8
Düzeltilmemiş PE	16,8	20,4	29,9	48,6	72,0	92,8	111,8	114,7	82,2	57,6	31,3	22,0	
Düzeltilmiş PE	14,0	16,9	30,8	54,0	89,7	117,0	141,9	136,1	85,2	55,1	25,8	17,6	784,3
Yağış (mm)	30,0	23,8	82,4	55,1	90,4	165,1	94,5	100,8	177,5	82,6	125,4	129,3	1156,9
Depo Değişikliği	-	-	-	-	-	-	-47,4	-35,3	82,7	-	-	-	
Depolama	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	52,6	17,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Gerçek ET	14,0	16,9	30,8	54,0	89,7	117,0	141,9	136,1	85,2	55,1	25,8	17,6	784,3
Su Noksanı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0
Su Fazlası	16,0	6,9	51,6	1,1	0,7	48,1	-	-	9,5	27,5	99,6	111,7	372,6
Yüzeysel Akış	63,8	11,4	29,2	26,3	0,9	24,4	24,1	-	4,8	18,5	63,5	105,6	372,6

Çizelge 2.4. Thorntwaite yöntemine göre araştırma havzalarının 2015 yılı su bilançosu.

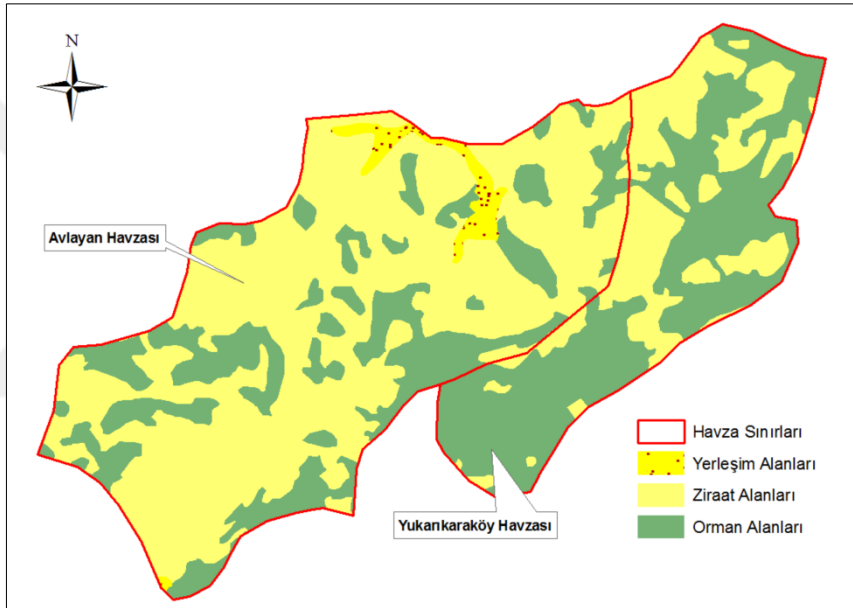
Bilanço Elemanları	AYLAR												YILLIK
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Sıcaklık °C	3,5	6,6	8,3	10,5	18,0	20,7	23,2	24,3	22,5	15,3	11,6	4,0	14,0
Sıcaklık indisi	0,6	1,5	2,2	3,1	7,0	8,6	10,2	11,0	9,7	5,4	3,6	0,7	63,5
Düzeltilmemiş PE	6,6	16,9	23,9	33,9	75,8	93,3	110,7	118,6	105,7	59,4	39,3	8,0	
Düzeltilmiş PE	5,5	14,1	24,6	37,7	94,4	117,6	140,5	140,8	109,6	56,9	32,4	6,4	780,4
Yağış (mm)	194,1	129,4	62,8	116,1	81,9	139,1	13,9	16,2	139,9	104,2	22,4	40,4	1060,4
Depo Değişikliği	-	-	-	-	-12,5	12,5	-100,0	-	30,3	47,3	-10,0	32,4	
Depolama	100,0	100,0	100,0	100,0	87,5	100,0	-	-	30,3	77,6	67,6	100	100,0
Gerçek ET	5,5	14,1	24,6	37,7	94,4	117,6	113,9	16,2	109,6	56,9	32,4	6,4	629,3
Su Noksanı	-	-	-	-	-	-	26,6	124,6	-	-	-	-	151,2
Su Fazlası	188,6	115,3	38,2	78,4	-	9,0	-	-	-	-	-	1,5	431,1
Yüzeysel Akış	95,1	152	76,8	58,3	39,2	4,5	4,5	-	-	-	-	0,8	431,1

2.1.3. Arazi Kullanımı ve Bitki Örtüsü

Araştırma havzalarının bitki örtüsünü, doğu kayınının (*Fagus orientalis* Lipsky) hakim olduğu doğal yapraklı ormanlar oluşturmaktadır. Karışımında kayınla birlikte meşe (*Quercus* sp.) ve gürgen (*Carpinus betulus* L.) de yer alırken özellikle Avlayan havzasının batı yamacında saf meşe meşcerelerine rastlanmaktadır. Tarım alanlarının tamamına yakınında ise fındık yetiştirilmektedir.

Havzaların arazi kullanım durumu, Orman Genel Müdürlüğü (OGM) Düzce Orman İşletme Müdürlüğü Melen Orman İşletme Şefliği'nin 2008 yılı orman amenajman planı meşcere haritası kullanılarak belirlenmiştir (Şekil 2.3) [68]. Avlayan havzasının alanı

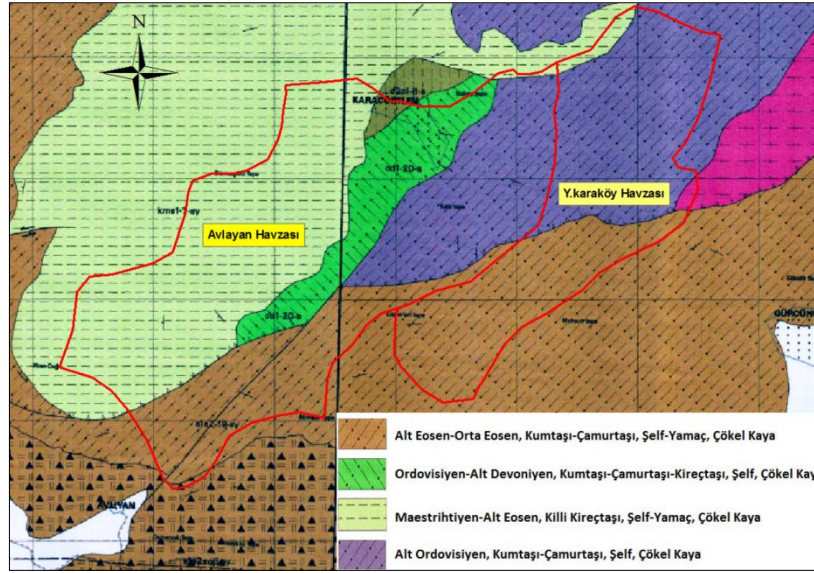
714,33 ha olup bu alanın %27'sini orman (193,86 ha), %70'ini ziraat (499,33 ha) ve %3'ünü yerleşim (21,14 ha) alanları oluşturmaktadır. Yukarıkaraköy havzasının alanı ise 333,75 ha olup %64'ü orman (214,35 ha), %36'sı (119,40) da ziraat alanından oluşmaktadır. Her iki havzanın da orman alanlarının yaklaşık yarısını KnGnbc3 meşceresi oluşturmaktadır. Kalan orman alanlarına bakıldığında ise Avlayan havzasında Mb3 (62 ha) ve Mc3 (10 ha) meşcerelerinin, Yukarıkaraköy havzasında ise KnMc3 (76 ha), Mb3 (18 ha) ve Mc3 (6 ha) meşcerelerinin bulunduğu görülmüştür. Meşcere tiplerinin hektardaki ağaç sayıları ve servetlerinden yola çıkarak her iki havzanın toplam ağaç sayısı ve toplam serveti hesaplanmış olup, bu değerlerin Yukarıkaraköy havzasında daha yüksek olduğu belirlenmiştir.



Şekil 2.3. Havzaların arazi kullanım durumu.

2.1.4. Jeolojik Yapı ve Toprak

Araştırma havzalarının jeolojik yapısı incelendiğinde, Yukarıkaraköy havzasının tamamı ile Avlayan havzasının doğu yamacının yüksek kesimlerini, Alt Ordovisiyen, kumtaşı-çamurtaşı, şelf, çökel kaya gruplarının; alçak kesimlerini ise Alt Eosen-Orta Eosen, kumtaşı-çamurtaşı, şelf yamaç, çökel kaya gruplarının oluşturduğu görülmektedir. Avlayan havzasının batı yamacının jeolojik yapısını ise Maestrihtiyen-Alt Eosen, killi kireçtaşı, şelf-yamaç, çökel kaya ve Ordovisiyen-Alt Devoniyen, kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı, şelf, çökel kaya grupları oluşturmaktadır (Şekil 2.4) [69].



Şekil 2.4. Havzaların jeoloji haritası.

Eski Topraksu Genel Müdürlüğü'nün Bolu ili toprak kaynağı envanter haritasına göre araştırma havzalarının toprakları kırmızı sarı podzolik topraklar grubunda olup, derinliği çok sığ, eğimi %30'dan fazladır. Alanın tamamı VII. sınıf arazi niteliğindedir ve şiddetli su erozyonu derecesine sahiptir.

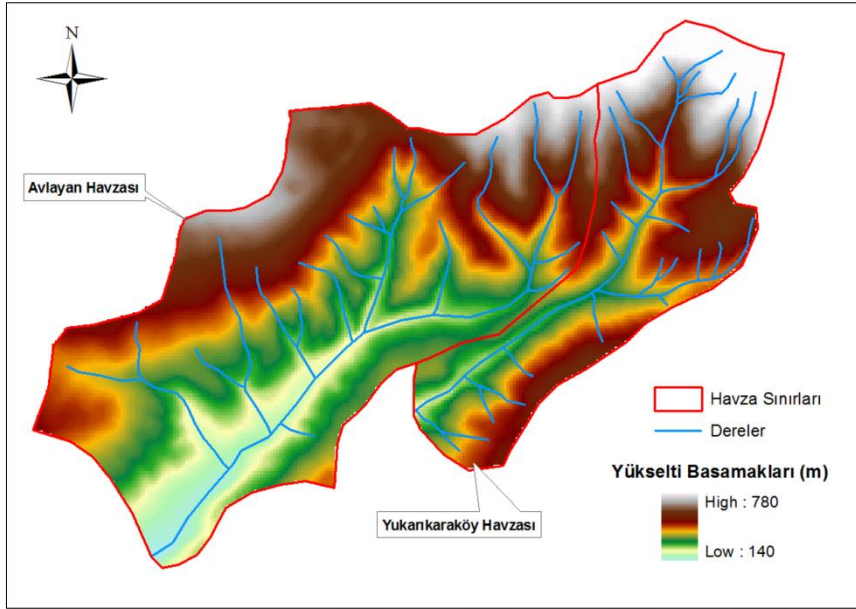
2.1.5. Sosyo-Ekonomik Yapı

Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2017 yılı adrese dayalı nüfus verilerine göre, Avlayan köyünün nüfusu 626 kişiden, Yukarıkaraköy'ün nüfusu ise 478 kişiden oluşmaktadır [70]. Halkın geçim kaynağı tarım ve büyükbaş hayvancılık olup tarım ürünleri içerisinde fındık üretimi en önemli gelir kaynağıdır.

Tarımda ise çoğunlukla azot ve fosfor içerikli gübreler kullanılmaktadır. Fındık bahçelerine 2-3 yılda bir kış mevsiminde kireç ve toprak altına TSP (%42 P₂O₅) gübresi atılırken, ilkbahar mevsiminde Üre (%46 N) ve Amonyum Sülfat (%21 N) gübrelere atılmaktadır. Mısır tarımında ise ilkbahar mevsiminde 20.20.0 (%20 N) gübresi kullanılmaktadır.

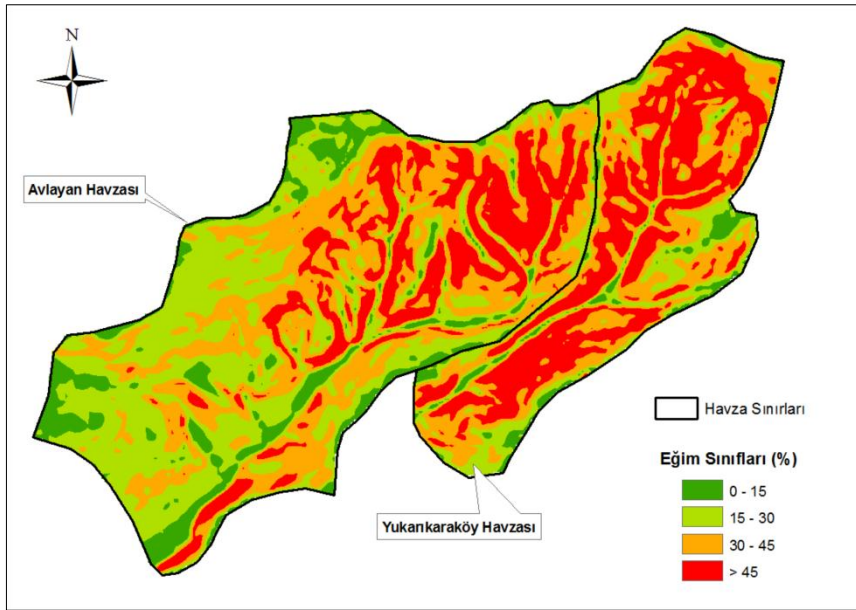
2.1.6. Havzaların Karakteristik Özellikleri

Avlayan havzasının yükseltisi, güneyde 140 m'den kuzeyde 600 m'ye kadar ulaşmakta olup ortalama yükseltisi 341 m'dir. Yukarıkaraköy havzası ise 210-780 m yükseltiler arasında yer alıp ortalama yükseltisi 422 m'dir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Havzaların yükselti ve drenaj haritası.

Yukarıkaraköy havzasında eğimi %200 olan alanlar yer alırken, Avlayan havzasında maksimum %106 eğimde alanlar bulunmaktadır. Bu nedenle Yukarıkaraköy havzasının ortalama eğimi %43 olup, Avlayan havzasının ortalama eğiminden (%32) daha yüksektir (Şekil 2.6). Yukarıkaraköy havzasının ortalama ana kanal eğimi %15, Avlayan havzasının ise %9 olup havzanın aşağı kısımlarında eğim daha düşüktür.



Şekil 2.6. Havzaların eğim sınıfları haritası.

Eğimi düşük (%0-15) olan alanlar Avlayan havzasının yaklaşık %12'sini oluştururken, Yukarıkaraköy havzasının yaklaşık %7'sini oluşturmaktadır. Yüksek eğime (>%45)

sahip alanların havzalardaki oranlarında bakıldığında ise bu oranın Yukarıkaraköy havzasında diğerine göre yaklaşık 2 kat fazla olduğu görülmektedir (Çizelge 2.5).

Çizelge 2.5. Eğim sınıflarının havzalardaki alansal oranları.

Eğim grupları (%)	Yukarıkaraköy		Avlayan	
	Alan		Alan	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)
0-15	23,10	6,96	84,77	11,91
15-30	63,09	19,01	257,02	36,11
30-45	64,06	19,30	168,27	23,64
>45	181,64	54,73	201,69	28,54

Havzalardaki stabilize yollar dikkate alındığında, Yukarıkaraköy havzasının yol yoğunluğunun diğer havzanın yaklaşık iki katı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca Yukarıkaraköy havzasının drenaj yoğunluğu ve dere sıklığı değerleri de Avlayan havzasından yüksek bulunmuştur. Havza sularının toplanma zamanları hesaplandığında (Kirpich formülü) Yukarıkaraköy havzasının toplanma zamanının daha kısa olduğu görülmüştür. Form faktörü, dairesellik oranı ve çatallanma oranı değerleri ise Avlayan havzasında daha yüksek bulunmuştur. Havzaların bazı karakteristik özellikleri Çizelge 2.6'da verilmiştir.

Çizelge 2.6. Havzaların bazı karakteristik özellikleri.

Karakteristik özellikler	Yukarıkaraköy Havzası	Avlayan Havzası
Havza alanı (km ²)	3,34	7,14
Havza uzunluğu (km)	3,72	4,54
Toplam dere sayısı	32	27
Toplam dere uzunluğu (km)	13,66	18,32
Drenaj yoğunluğu (km/km ²)	4,09	2,56
Dere sıklığı	9,59	3,78
Form faktörü	0,24	0,35
Dairesellik oranı	0,45	0,55
Çatallanma oranı	2,88	4,67
Ort. ana kanal eğimi (%)	15	9
Ort. Eğim (%)	43	32
Yol yoğunluğu (km/km ²)	2,01	1,12
Suların Toplanma zamanı (dak.)	27,2	40,8

2.2. ARAZİDE UYGULANAN YÖNTEMLER

2.2.1. Havzalarda Yağış ve Akım Ölçümleri

Havzaların su verimlerini ve yağış-akış ilişkilerini araştırmak için iki yıl boyunca yağış ve akım ölçümleri yapılmıştır. Yağışların ölçülmesinde kaydedici yağış ölçerler (Tipping Bucket Rain Gauge, RG-200), akımların ölçülmesinde ise otomatik kaydedici seviye ölçerler (Water Level Recorder, OEL-104) kullanılmıştır (Şekil 2.7). Yağış ölçerler havzalara düşen her 0,2 mm'lik yağışı tarih ve saati ile birlikte kaydetmiştir. Seviye ölçerler 10 dakikalık periyotlarla ölçüm yaparak 30 dakidada bir bu üç ölçümün ortalamasını cm olarak kaydetmiştir. Böylece bir günde 48 adet seviye ölçümü yapılmıştır. Kayıt edilen veriler iki-üç ayda bir dizüstü bilgisayara aktarılmıştır.



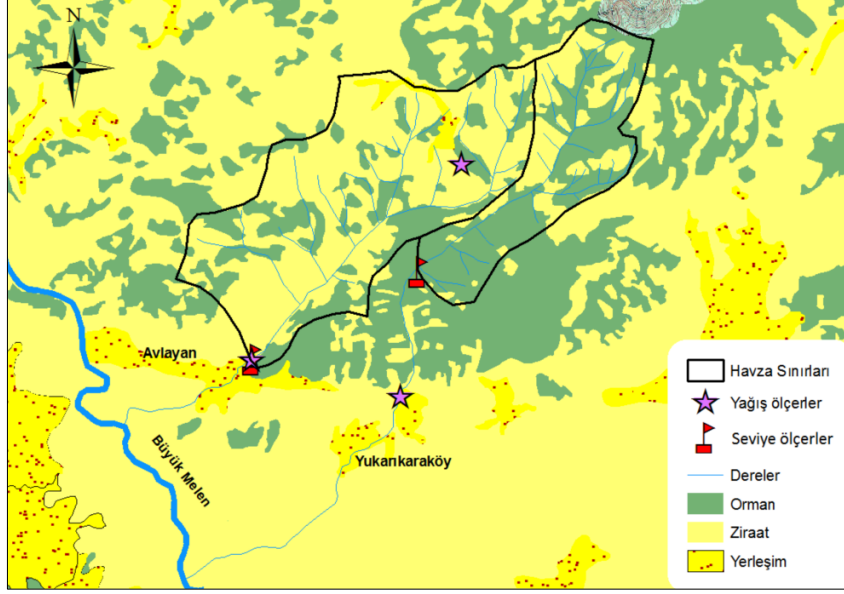
a) Yağış ölçer



b) Seviye ölçer

Şekil 2.7. Havzalarda yağış ve akımların ölçülmesi.

Yükselti farklılıklarından dolayı havzaların her noktasına eşit yağış düşmeyeceği göz önüne alınarak, havzaların içerisinde kalan farklı yükseltideki korunaklı noktalara üç adet yağış ölçer kurulmuştur. Bu yağış ölçerlerin verileri kullanılarak Thiessen poligon yöntemine göre havzalara düşen aylık toplam yağışlar hesaplanmıştır. Seviye ölçerler ise her iki havzanın çıkışında bulunan yerleşim yerlerinden önceki uygun kısımlara yerleştirilmiştir. Yağış ve seviye ölçerlerin kurulduğu noktalar Şekil 2.8'de gösterilmiştir



Şekil 2.8. Yağış ve seviye ölçerlerin araştırma alanındaki konumları.

Avlayan havzasının mansabında dere beton kanala alındığından herhangi bir kesit düzenleme işlemi yapılmadan seviye ölçer yerleştirilmiştir. Fakat Yukarıkaraköy havzasının mansabında köylüler dereyi kullanma suyu temin ettiğinden, köyün yukarı kısmındaki bir dere yatağı bölümünde, beton duvarlarla kesit düzeltme işlemi yapılarak seviye ölçer yerleştirilmiştir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9. Yukarıkaraköy havzasında dere kesitinin beton duvarla düzeltilmesi.

Böylelikle havzalarda seviyenin ölçüldüğü noktalarda, dere kesitinin her su seviyesinde aynı kalması sağlanmıştır. Ayrıca her iki dere tabanının düzgün olmaması nedeniyle

seviyenin ölçüldüğü noktaların önüne eşik yapılarak dere tabanı bir miktar yükseltilmiş ve seviye ölçerler eşik seviyesini sıfır olarak ölçecek şekilde ayarlanmıştır. On beş günde bir ve yağışlardan sonra eşğin arkasında biriken sediment temizlenerek seviye ölçerlerin sağlıklı ölçüm yapması sağlanmıştır (Şekil 2.10).



Şekil 2.10. Ölçüm noktalarında biriken sedimentin temizlenmesi.

2.2.2. Derelerde Su Hızlarının Ölçülmesi

Derelerde su hızı ölçümleri, seviye ölçerlerin önüne konulan eşiklerin üzerinden cüce muline (Small Current Meter, MCM-02) kullanılarak yapılmıştır (Şekil 2.11). Her on beş günde bir ve yağışlardan sonra bu eşiklerin dört farklı noktasında su hızı ölçülmüş ve bu dört ölçümün ortalaması ile o anda seviye ölçerinin gösterdiği su seviyesi kaydedilmiştir. Su seviyesi ayrıca eşik üzerinden cetvel yardımıyla da ölçülerek seviye ölçerinin doğruluğu kontrol edilmiştir. Seviye ölçerler su seviyesini cm hassasiyetinde ölçüp kaydettiği için debi hesaplamalarında cetvelle mm hassasiyetinde ölçülen değerler kullanılmıştır.

Çalışma boyunca her iki havzada 65'er kez hız ve seviye ölçümü yapılmıştır. Ölçülen bu seviye ve hızlardaki debiler hesaplanarak havzaların su seviyeleri ile debileri arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon denklemleri ve grafikleri elde edilmiştir. Bu denklemler, seviye ölçerlerin iki yıl boyunca 30 dakikada bir kaydettiği tüm seviyelere uygulanarak havzaların aylık su verimleri bulunmuştur. Havzaların alanları farklı olduğundan aylık su verimleri havza alanına bölünerek birim yüzey akış debileri

hesaplanmıştır. Birim yüzeye düşen yağış ve birim yüzey su verimlerinden yola çıkarak da havzaların akış katsayıları hesaplanmıştır.



Şekil 2.11. Derelerde su hızının ölçülmesi.

2.2.3. Su Örneklerinin Alınması ve Saklanması

Arazi kullanımının su kalitesine etkisini araştırmak amacıyla su örnekleri her iki havzada da yerleşim yerlerinden önce ve sonra olmak üzere iki farklı noktadan alınmıştır. Yerleşim yerlerinden önceki örnekleme noktaları akım ölçümlerinin yapıldığı yerler olup bu noktalardan önce havzalarda farklı oranlarda fındık ve orman alanları yer almaktadır. Bu noktalardan alınan su örneklerinde yapılan ölçümlerle, fındık ve orman alanlarının su kalitesine etkisi araştırılmıştır. Yerleşim yerlerinden sonraki örnekleme noktaları ise suların Büyük Melen Nehri'ne döküldüğü yerler olup bu noktalardan ilk noktalara kadar olan bölgede ise ziraat ve yerleşim alanları mevcuttur. Bu noktalarda yapılan ölçümlerle, tarım ve yerleşim alanlarının su kalitesine etkisi araştırılmıştır.

Analizler için 0,5 litrelik poliüretan kaplarla su numuneleri alınmış olup bu numuneler içerisinde buz kalıbı bulunan termoslara konarak muhafaza edilmiştir. Numunelerin bir miktarı bazı kimyasal analizlerin yapılması için Düzce Üniversitesi Merkezi Laboratuvarı'na (DÜBİT) bırakılmış, bir miktarı da TAKM ve bulanıklık analizleri için Havza Yönetimi laboratuvarına getirilmiştir. Geriye kalan numuneler ise buzdolabında +4 °C sıcaklıkta saklanmıştır (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Su örneklerinin buzdolabında saklanması.

2.2.4. Toprak Örneklerinin Alınması

Havzaların toprak özelliklerini belirlemek amacıyla her bir havzada 12 adet olmak üzere, iki havzada toplam 24 adet toprak profili açılmıştır (Şekil 2.13).



Şekil 2.13. Havzaların fındık ve orman alanlarında açılan toprak profilleri.

Profil yerlerinin seçiminde, havza ve arazi kullanım şekillerinin (findık-orman) temsil edilmesine dikkat edilmiştir. Bu nedenle havzaların her birinin iki yamacında, 3 adet findıklıkta, 3 adet ise ormanda açılan profiller olmak üzere 6'şar adet profil açılmıştır.

Açılan çukurların 0-20 cm, 20-40 cm ve 40-60 cm derinlik kademelerinden, hem silindir örneği hem de torba örneği alınmıştır. Toprağın sığ olmasından dolayı bazı örnekleme noktalarında bir derinlik kademesinden, bazı noktalarda ise iki derinlik kademesinden örnek alınamamıştır. Böylelikle iki havzadan toplam 68'er adet silindir ve torba örneği alınmış ve analizleri yapılmıştır.

2.3. LABORATUVARDA UYGULANAN YÖNTEMLER

2.3.1. Su Analizleri

Örnekleme noktalarında, pH, Eİ ve ÇO ölçümleri Hach Lange HQ40D marka çift kanallı Dijital Multiparametre cihazı ile numune alımı sırasında hemen yapılmıştır [71], [72]. Su örneklerinde TAKM ve bulanıklık ölçümleri Havza Yönetimi A.B.D. laboratuvarında, TN, TOC, anyon (F^- , Cl^- , NO_2^- , Br^- , NO_3^- , SO_4^{-2} , PO_4^{-3}) ve katyon (Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2}) analizleri ise DÜBİT'te yapılmıştır.

2.3.1.1. Bulanıklık

Bulanıklık ölçümleri, Hach Lange 2100Q Turbidimetre cihazı ile NTU (Nephelometric Turbidity Unit) olarak ölçülmüştür. Cihaz 0-1000 NTU ölçüm aralığında ve \pm %2 doğrulukta ölçüm yapmaktadır.

2.3.1.2. Toplam Askıda Katı Madde (TAKM)

TAKM miktarlarını ölçmek için öncelikle 100 ml'lik beherlerin boş ağırlıkları tartılmıştır. Daha sonra bu beherlere su örneklerinden 100'er ml konulmuş ve suların 70 °C'ye ayarlanan kurutma fırınında buharlaşması beklenmiştir (Şekil 2.14). Suların tamamı buharlaştıktan sonra, örnek numaraları verilmiş olan beherler yeniden tartılmış ve boş ağırlıkları çıkarılarak TAKM miktarları hesaplanmıştır [73], [74].



Şekil 2.14. Farklı zamanlarda alınan su örneklerinin TAKM miktarları.

2.3.1.3. Toplam Organik Karbon (TOC)

TOC analizi, Shimadzu TOC-L cihazı kullanılarak 680°C de yakma katalitik oksidasyon metodu ile 4 µg/l - 30,000 mg/l ölçüm aralığında yapılmıştır [72], [75].

2.3.1.4. Toplam Azot (TN)

TN analizi, Hach lange DR3900 spektrofotometre cihazı ile Laton LCK 138 kiti kullanılarak 1-16 mg/L ölçüm aralığında yapılmıştır [76].

2.3.1.5. Anyonlar (F^- , Cl^- , NO_2^- , Br^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-}) ve Katyonlar (Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2})

Anyon ve katyon analizi, Thermo Scientific dionex ICS 5000+ iyon kromatografi cihazı kullanılarak pbb düzeyinde yapılmıştır. İyon analiz sistemi için Thermo Dionex seven anyon standart II ve Thermo dionex six cation standart kullanılmıştır.

2.3.2. Toprak Analizleri

Toprak örneklerinde tekstür, pH, Eİ, geçirgenlik, toplam su tutma kapasitesi ve hacim ağırlığı ölçümleri Havza Yönetimi laboratuvarında; Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} analizleri İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Toprak İlimi ve Ekoloji laboratuvarında; N, C analizleri ise DÜBİT'te yapılmıştır.

Torbalarla alınan toprak örneklerini analize hazır hale getirmek için örnekler hava kurusu hale getirilmiş ve sonrasında havanda öğütülerek 2 mm'lik elekten geçirilmiştir.

Tekstür analizinde Bouyoucos hidrometre yöntemi kullanılarak toprak örneklerinin kum, toz ve kil yüzdeleri bulunmuştur. Uluslararası tekstür üçgenine göre de toprak türleri belirlenmiştir [77]–[79].

Toprakların pH ve Eİ ölçümleri, bir gece bekletilen 1/2,5 oranındaki toprak-saf su karışımında, su analizlerinde kullanılan Hach Lange HQ40D multiparemetre cihazı ile yapılmıştır [78], [80], [81].

Silindir örneklerinde geçirgenlik (cm/saat), toplam su tutma kapasitesi (%) ve hacim ağırlığı (gr/cm^3) ölçümleri, laboratuvar ortamında Özyuvacı (1978)'e göre yapılmıştır.

Kasyon (Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2}) analizleri, Perkin Elmer Optima DV 7000 ICP-OES cihazı ile EPA 3051A metoduna göre yapılmıştır [82].

C ve N analizleri, Thermo Scientific Flash 2000 elemental analiz cihazı ile yapılmıştır. Analiz işleminde Thermo Scientific BBOT (159315) standartı ile birlikte Thermo Scientific universal soft tin containers kullanılmış olup sonuçlar yüzdesel olarak elde edilmiştir [83], [84].

2.3.3. İstatistiksel Analizler

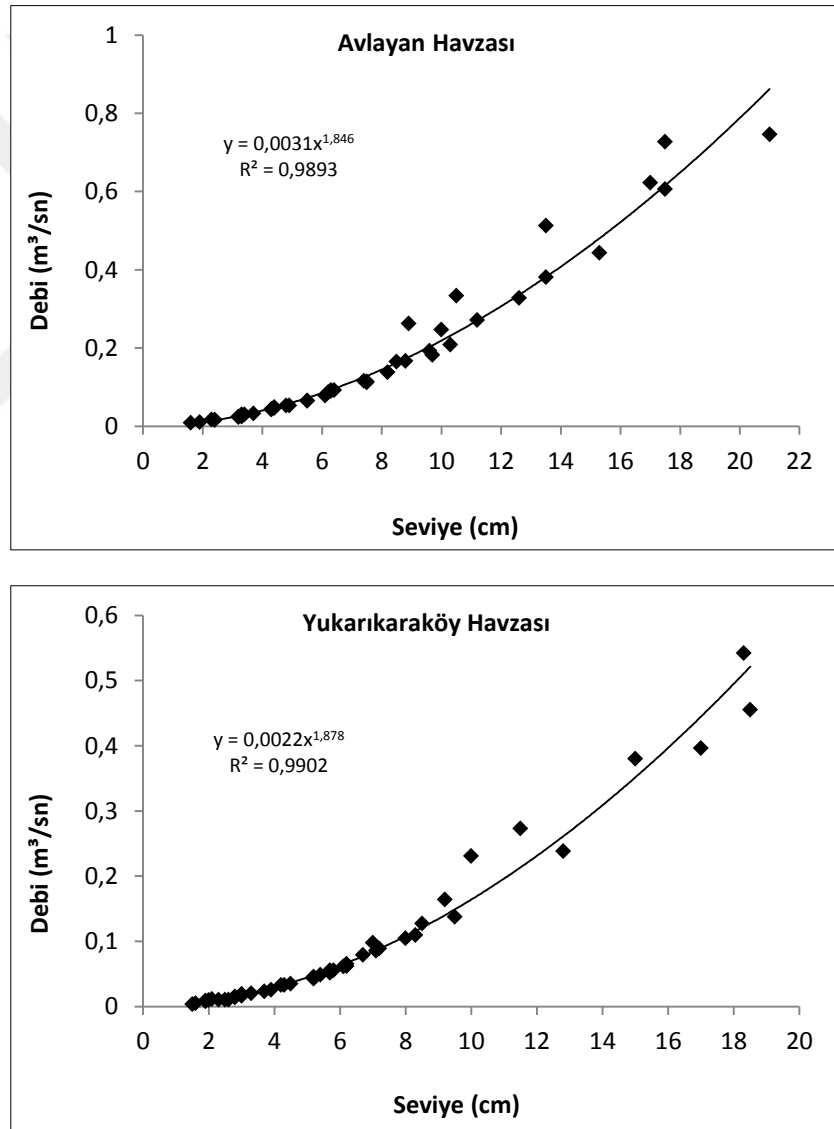
Farklı tarım ve orman yoğunluğuna sahip iki havzanın su kalitesinin karşılaştırılması ve yerleşim yerlerinin su kalitesine etkisinin belirlenmesinde ANOVA (varyans analizi) kullanılmıştır. Ayrıca havzalardaki tarım ve orman topraklarının derinlik kademeleri bazında ölçülen özelliklerinin karşılaştırılmasında da varyans analizinden yararlanılmıştır.

Analizler öncesinde tüm değişkenlere ait verilerin normal dağılım gösterip göstermediği ve ayrıca varyansların homojen olup olmadığı kontrol edilmiştir. Normallik kontrolü “Shapiro-Wilk” testi ile varyansların homojenlik kontrolü ise “Levene’s testi” ile gerçekleştirilmiştir. Varyans analiz sonuçlarının önemli ($p < 0,05$) bulunması halinde, değişkenlere ait ortalamaların karşılaştırılmasında Duncan testi kullanılmıştır ($p < 0,05$). Tüm verilerin değerlendirilmesinde SPSS (versiyon 21) paket istatistik programı kullanılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

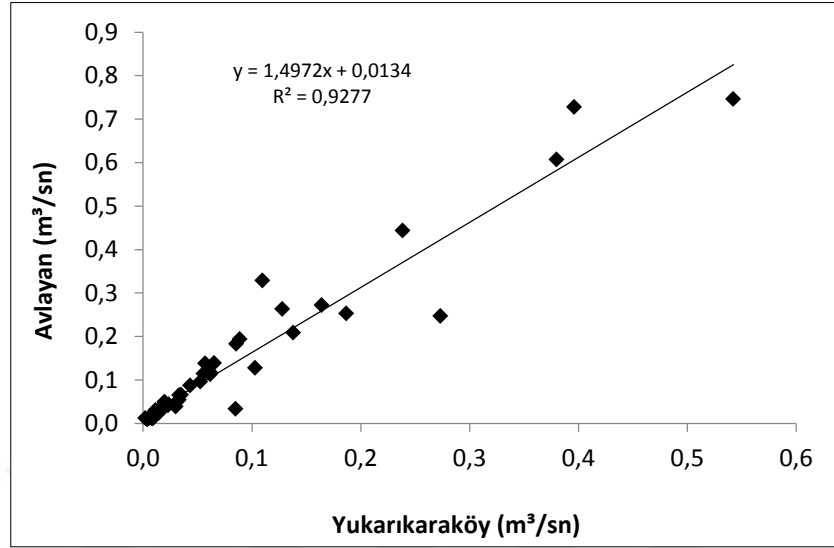
3.1. HAVZALARDA SEVİYE-DEBİ İLİŞKİSİ

Ölçüm periyodu boyunca havzalarda ölçülen seviyeler ile bu seviyelerdeki hızların kullanılmasıyla elde edilen debiler arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon denklemleri ve grafikler Şekil 3.1’de verilmiştir. Buna göre Avlayan havzası için belirleme katsayısı (R^2) 0,989, Yukarıkaraköy havzası için ise 0,990 olarak anlamlı bulunmuşlardır.



Şekil 3.1. Havzaların seviye-debi ilişkilerini gösteren regresyon denklemleri ve grafikleri.

Her iki havzanın ölçülen debi değerleri arasındaki ilişkiye bakıldığında da havzaların debi değerleri arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülmüştür (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Her iki havzanın ölçülen debi değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren regresyon denklemi ve grafiği.

3.2. HAVZALARDA YAĞIŞ-AKIŞ İLİŞKİLERİ

Yapılan ölçümlere göre araştırma alanına 2014 yılında toplam 1156,9 mm yağış düşerken, bunun karşılığı olarak Yukarıkaraköy havzasında 1.077.882 m³, Avlayan havzasında ise 1.481.070 m³ akış meydana gelmiştir. 2015 yılında ise toplam 1060,4 mm yağışa karşılık olarak Yukarıkaraköy havzasında 1.817.451 m³, Avlayan havzasında ise 3.073.633 m³ akış meydana gelmiştir.

Proje süresi boyunca havzalara düşen aylık yağış miktarı 194,1 (2015 Ocak ayı) mm ile 13,9 (2015 Temmuz ayı) mm arasında değişmiştir. Araştırma alanında 2015 yılında ölçülen yağış miktarı, 2014 yılına göre düşük olmasına rağmen su verimlerinde artış gözlenmiştir. Bu durum, 2014 yılı Aralık ayı sonlarında başlayan ve 2015 yılı Ocak ve Şubat aylarında devam eden şiddetli kar yağışlarının ölçülememiş olmasından kaynaklanmış olabilir. Ölçülemeyen bu kar yağışları akıma katkı yaptığından dolayı 2015 yılı Şubat ve Mart aylarında akış katsayıları çok yüksek bulunmuştur.

Alanları farklı olan araştırma havzalarının birim yüzey yağış ve akış değerleri aylık olarak Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Araştırma havzalarının aylık birim yüzey yağış ve akış değerleri.

Aylar	2014 yılı					2015 yılı				
	Yağış (mm)	Akım (mm)		Akış katsayısı		Yağış (mm)	Akım (mm)		Akış katsayısı	
		Y.karaköy	Avlayan	Y.karaköy	Avlayan		Y.karaköy	Avlayan	Y.karaköy	Avlayan
1	30,0	14,2	10,7	0,47	0,36	194,1	154,6	98,0	0,80	0,50
2	23,8	7,8	6,9	0,33	0,29	129,4	130,7	107,8	1,01*	0,83*
3	82,4	26,3	18,0	0,32	0,22	62,8	65,2	58,3	1,04*	0,93*
4	55,1	8,5	8,3	0,15	0,15	116,1	85,1	66,1	0,73	0,57
5	90,4	24,2	15,8	0,27	0,17	81,9	26,1	24,6	0,32	0,30
6	165,1	100,2	58,6	0,61	0,36	139,1	22,5	19,9	0,16	0,14
7	94,5	10,3	9,4	0,11	0,10	13,9	9,7	10,1	0,70	0,73
8	100,8	11,1	6,0	0,11	0,06	16,2	4,9	6,7	0,31	0,41
9	177,5	19,1	12,1	0,11	0,07	139,9	12,2	8,6	0,09	0,06
10	82,6	12,6	7,6	0,15	0,09	104,2	16,6	15,0	0,16	0,14
11	125,4	40,5	26,6	0,32	0,21	22,4	7,9	7,7	0,35	0,35
12	129,3	48,2	27,3	0,37	0,21	40,4	9,0	7,5	0,22	0,19
Toplam	1156,9	323	224,6	0,28	0,19	1060,4	544,5	430,3	0,51	0,41

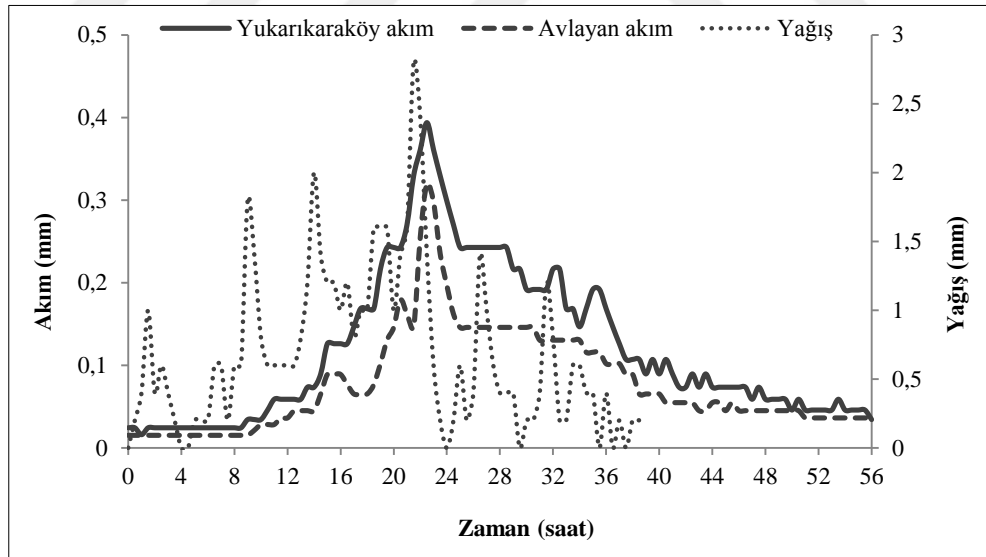
*Yağış ölçerlerle ölçülemeyen şiddetli kar yağışlarının akıma yaptığı katkıdan dolayı akış katsayıları çok yüksek bulunmuştur.

Yukarıkaraköy havzasında en yüksek ve en düşük aylık su verimleri 154,6 mm (2015 yılı Ocak ayı) ve 4,9 mm (2015 yılı Ağustos ayı) ölçülmüş iken Avlayan havzasında bu değerler 107,8 (2015 yılı Şubat ayı) mm ve 6,0 (2014 yılı Ağustos ayı) mm'dir. İki yıllık gözlem süresi boyunca Yukarıkaraköy ve Avlayan havzalarının ortalama akış katsayıları 0,39 ve 0,30 olarak hesaplanmıştır. 2015 yılı kış aylarında akış katsayılarının yüksek bulunma nedeni ise bu aylardaki kar yağışlarının ölçülememesinden dolayı kar yağışlarının akım miktarını arttırmasıdır.

Ölçüm süresi boyunca benzer yağış miktarlarına karşın hemen hemen tüm aylarda Yukarıkaraköy havzasının birim yüzey akış miktarları Avlayan havzasına göre daha yüksek bulunmuştur. Kanada'da yapılan benzer bir çalışmada da tarım alanı oranı %65, %16 ve %3,7 olan havzaların su verimi sırasıyla 0,588, 0,849 ve 0,901 milyon m³/km²/yıl olarak bulunmuştur [53]. Bu durumun, tarım alanlarının yoğun olarak işlenmesi ve yönetilmesinden dolayı evapotranspirasyonun artmasından veya saptırıcı teraslar ve çimlendirilmiş suyolları vasıtasıyla infiltrasyonun arttırılmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Dört yıl boyunca, karstik yapıya sahip yamaçlarda arazi kullanımı ve yağış rejiminin yüzeysel akış ve toprak kaybına etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, ilk iki yılda ormanlık alana sahip yamacın yıllık yüzeysel akış katsayısı tarım alanına sahip yamaca göre düşük bulunurken, son iki yılda yüksek bulunmuştur

[85]. Çalışmada, toprak işleminin infiltrasyonu iyileştirmesi nedeniyle birçok yağış olayında tarım alanında yüzeysel akış ve toprak kaybının çok düşük olduğu, bu alanlarda yüksek akış ve toprak kaybının yalnız şiddetli yağışlarda meydana geldiği ileri sürülmüştür. Geniş depolama kapasitesi ve yüksek infiltrasyon oranına sahip olmalarından dolayı karstik kireçtaşı yamaçlarındaki kireçtaşı çatlakları ve kırıklarının yüzeysel akışın oluşumunda önemli bir rolünün olduğu belirtilmiştir.

Nemli toprak koşullarının olduğu 25.11.2014 tarihinde havzalarda meydana gelen örnek bir yağış olayına bakıldığında da Yukarıkaraköy havzasında pik akım seviyesinin daha yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 3.3). Bu durumun arazi kullanımından ziyade havza karakteristikleri ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Nitekim Yukarıkaraköy havzasının diğer havzaya göre ortalama eğim, ortalama ana kanal eğimi, drenaj yoğunluğu, yol yoğunluğu ve dere sıklığının yüksek; dairesellik oranı, çatallanma oranı ve akım toplanma zamanının düşük olması, suların toprağa sızmadan daha çabuk yüzeysel akışa geçerek kısa zamanda pik akım oluştuğunu göstermektedir. Özellikle Avlayan havzasının mansabına doğru kanal eğiminin azalması, su hızının ve buna bağlı olarak debinin düşmesine neden olmaktadır.



Şekil 3.3. Örnek bir yağış olayında araştırma havzalarında akımın zamana bağlı olarak değişimi.

Çin'deki karstik havzalarda yapılan bir çalışmada, korelasyon analizine göre, yüksek eğimli havzaların yüksek akış katsayısına sahip olduğu, karbonatlı kayaçların ise akış katsayısını düşürdüğü belirlenmiştir [86]. Tayland'daki bir nehir havzasının 11 adet alt havzasında yapılan bir çalışmada, 27 yıllık periyotta arazi kullanımındaki değişime

bağlı olarak havzalardaki akımların değişimi araştırılmıştır. Sonuç olarak ise düşük taşkın akımlarında yüksek orman örtüsünün akış katsayısını düşürdüğü, yüksek taşkın akımlarında ise ormansız alanlara göre önceki nem oranının artmış olması ve daha fazla nem tutma kapasitesine sahip olmasından dolayı yüksek orman örtüsünün akış katsayısını arttırdığı belirlenmiştir [87].

3.3. ARAZİ KULLANIMININ SU KALİTESİ PARAMETRELERİNE ETKİSİ

Çalışmada tarım ve orman alanlarının su kalitesi parametrelerine etkisini belirlemek amacıyla, Yukarıkaraköy ve Avlayan derelerinin yerleşim yerlerinden önceki noktalarından (Kr1, Av1); yerleşim yerlerinin su kalitesine etkisini belirlemek için ise bu derelerin yerleşim yerlerinden sonra Büyük Melen Nehri'ne döküldüğü noktalardan (Kr2, Av2) 24 ay boyunca toplam 212 adet su örneği alınmıştır. Su örneklerinde pH, Eİ, ÇO, bulanıklık, TAKM, TOC, TN, F⁻, Cl⁻, NO₂⁻, Br⁻, NO₃⁻, SO₄⁻², PO₄⁻³, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Ca⁺², Mg⁺² analizleri gerçekleştirilmiştir. Bazı dönemlerde tüm noktalardan örnek alınamamış, bazı dönemlerde ise alınan örneklerde tüm analizler gerçekleştirilememiştir. İstatistiksel değerlendirmeler yapılarak, ölçülen su kalitesi parametreleri açısından örnekleme noktaları arasındaki farklar, tüm ölçüm periyoduna göre ve mevsimsel (ilkbahar, yaz, sonbahar, kış) olarak ayrı ayrı başlıklar altında verilmiştir. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde belirtilen kriterler kullanılarak ölçülen parametreler açısından ölçüm noktalarının su kalitesi sınıfları belirlenmiştir [38] (Çizelge 3.2).

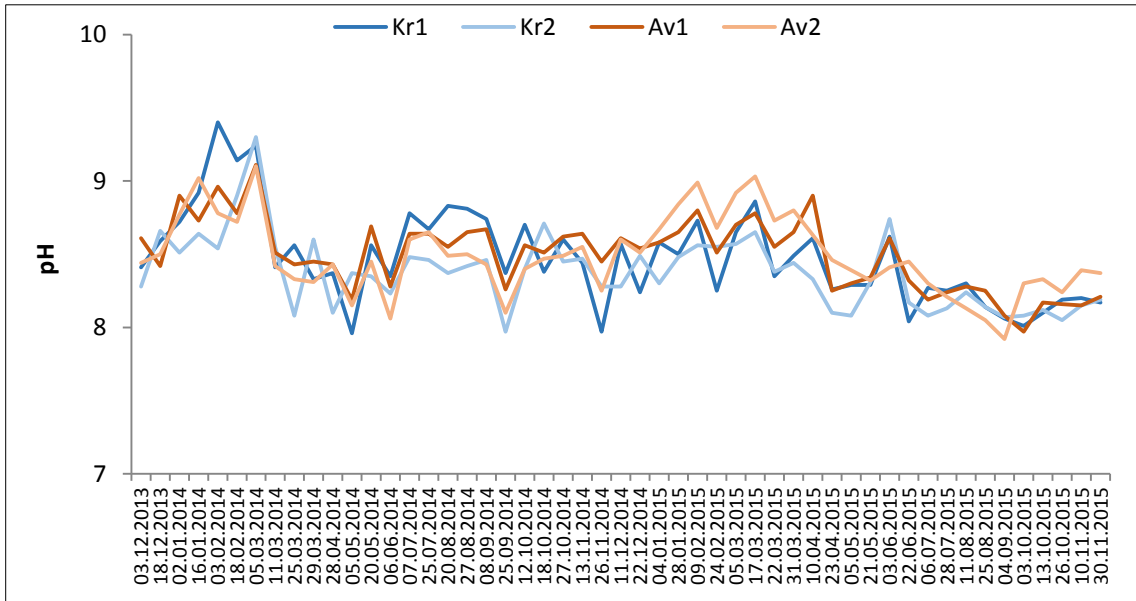
Çizelge 3.2. Ölçüm noktalarının su kalitesi sınıflarının belirlenmesinde kullanılan kriterler.

Su kalite parametreleri	Su kalite sınıfları			
	I (çok iyi)	II (iyi)	III (orta)	IV (zayıf)
pH	6-9	6-9	6-9	6-9
Eİ (µS/cm)	<400	1000	3000	>3000
ÇO (mg/l)	>8	6	3	<3
NH ₄ ⁺ -N (mg/l)	<0,2	1	2	>2
NO ₃ ⁻ -N (mg/l)	<3	10	20	>20
TN (mg/l)	<3,5	11,5	25	>25
TP (mg/l)	<0,08	0,2	0,8	>0,8
F ⁻ (mg/l)	≤1	1,5	2	>2

3.3.1. pH

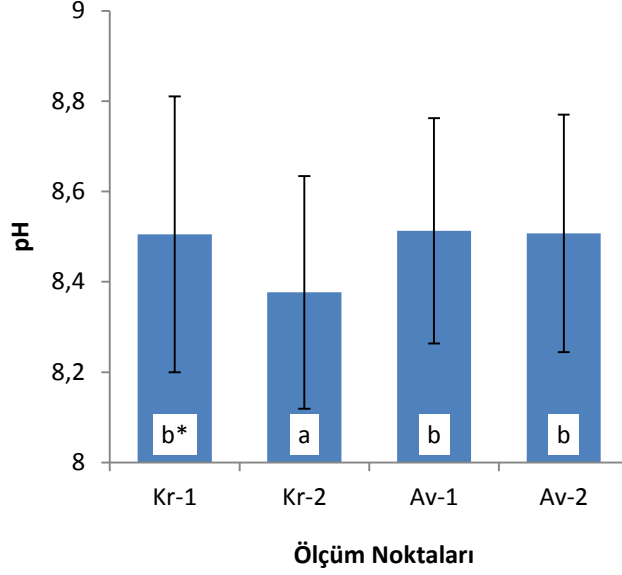
3.3.1.1. Tüm Ölçüm Periyodunda

Gözlem süresi boyunca en yüksek pH değeri 9,4 (03.02.2014) olarak Kr1’de, en küçük pH değeri ise 7,92 (04.09.2015) olarak Av2’de ölçülmüştür. Kr1, Kr2, Av1 ve Av2’nin pH ortalamaları sırasıyla 8,48, 8,38, 8,51, 8,50 olup havzaların suları bazik özelliktedirler. Bunun nedeni havzalarda kalkerli yapıda ana kayanın bulunması olabilir. Tüm ölçüm periyodunda örnekleme noktalarında ölçülen pH değerlerindeki değişim Şekil 3.4’te verilmiştir.



Şekil 3.4. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında pH değişimi.

Varyans analizi sonuçlarına göre tüm ölçüm periyodunda, Kr1 ile Av1 arasında pH değerleri bakımından anlamlı fark bulunamamıştır. Kr2’nin pH değeri Kr1’den anlamlı olarak düşük bulunurken, Av2’nin pH değeri Av1 ile benzer bulunmuştur ($p < 0,05$; Şekil 3.5; EK-1). Bu düşüşün, Kr2 noktasının bitişiğindeki merada otlayan hayvanların atıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistik olarak fark vardır ($p < 0,05$).

Şekil 3.5. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının pH değerlerinin karşılaştırılması.

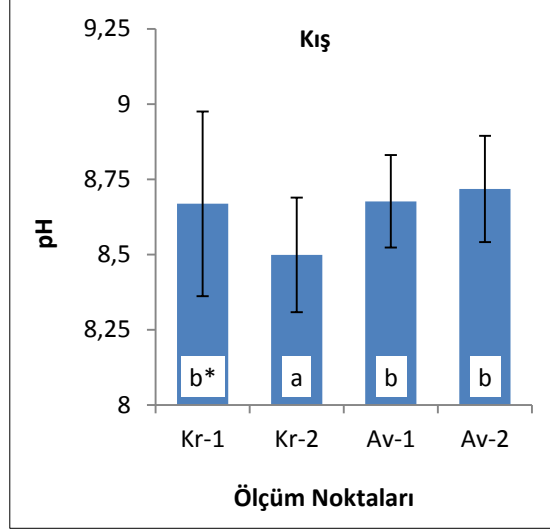
2012 yılında yürürlüğe giren Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'ne (YSKY) göre 4 kalite sınıfı için de pH değeri aralığı 6-9 olarak belirtilmiştir. Buna göre ortalama pH değerleri bakımından tüm noktaların su kalitesi 4 kalite sınıfında da değerlendirilebilmektedir.

3.3.1.2. Mevsimsel

Ölçüm noktalarının pH değerlerindeki mevsimsel değişim incelendiğinde, her bir noktada pH'nın kış mevsiminden sonbahar mevsimine doğru düştüğü görülmüştür ($p < 0,05$; EK-2). Bu düşüşün, kış mevsiminden sonbahara doğru yağışların azalmasına bağlı olarak yıkanmanın azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Mevsimsel olarak noktalar arasında kıyaslama yapıldığında ise Kr1-Av1 arasında ve Av1-Av2 arasında bir fark bulunamazken, yalnız kış mevsiminde Kr2'nin pH değeri ve Kr1'e göre anlamlı olarak düşük bulunmuştur ($p < 0,05$; Şekil 3.6; EK-3). Bunun nedeninin kışın yağışların etkisiyle meradaki hayvan atıklarının suya karışması olduğu düşünülmektedir. Fakat kış mevsiminde Kr2'nin pH'sındaki bu düşüş, su kalitesi sınıfı açısından bir önem arz etmemektedir.

Mevsimsel pH değerleri açısından ölçüm noktalarının su kalitesi, YSKY'ne göre tüm mevsimlerde de 4 kalite sınıfında değerlendirilebilmektedir.



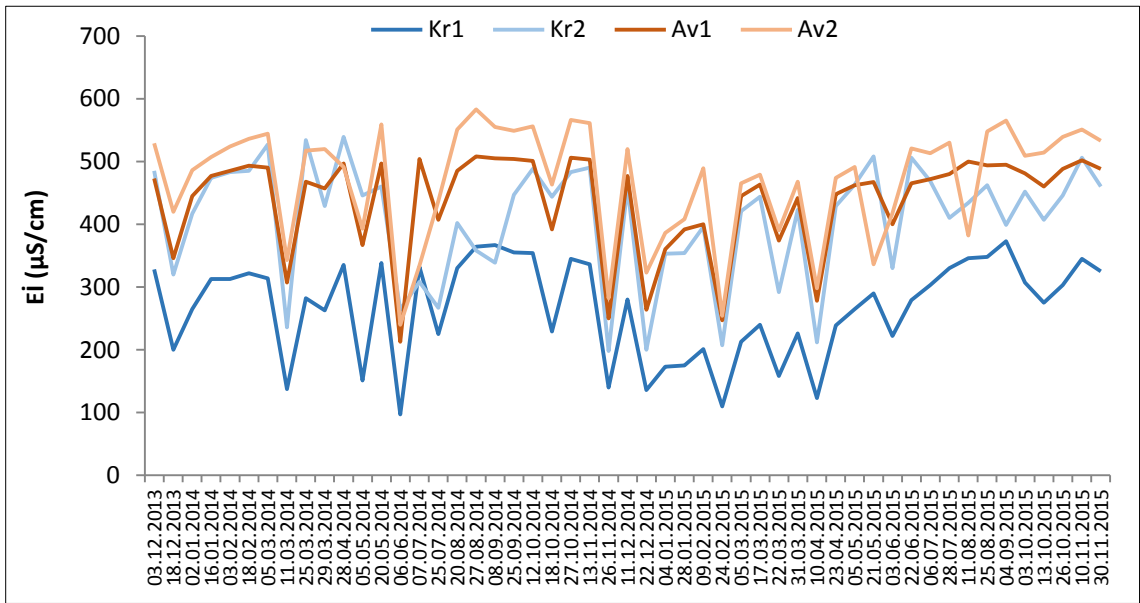
*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır (p<0.05).

Şekil 3.6. Ölçüm noktalarının pH değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.

3.3.2. Elektriksel İletkenlik (Eİ)

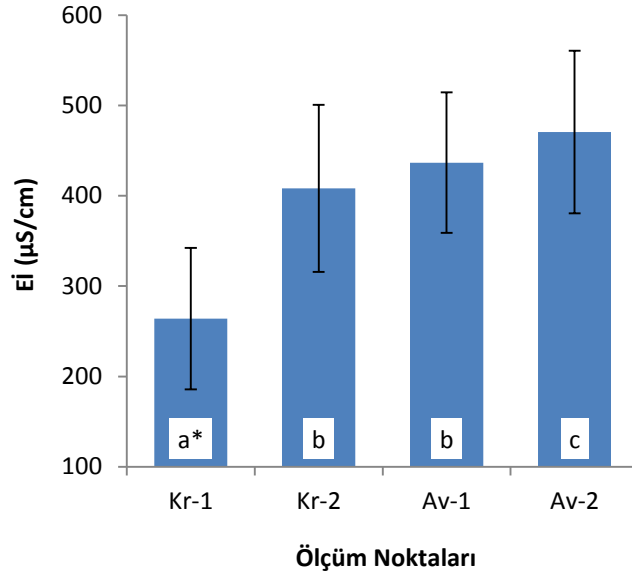
3.3.2.1. Tüm Ölçüm Periyodunda

Gözlem süresi boyunca en yüksek Eİ değeri 583 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (27.08.2014) olarak Av2’de, en küçük Eİ değeri ise 97 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (06.06.2014) olarak Kr1’de ölçülmüştür (Şekil 3.7). Kr1, Kr2, Av1 ve Av2’nin tüm ölçümlere göre Eİ ortalamaları sırasıyla 264 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 408 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 437 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve 471 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ’dir. YSKY’ne göre ortalama Eİ değeri bakımından Kr1’in su kalitesi 1. sınıfa girerken diğer noktalarda bu değerler 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ’nin üzerinde olduğundan 2. sınıfa girmektedir.



Şekil 3.7. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında Eİ değişimi.

Varyans analizi sonuçlarına göre tüm ölçüm periyodunda en düşük ortalama Eİ değerine Kr1'in, en yüksek ortalama Eİ değerine ise Av2'nin sahip olduğu görülmüştür. Kr2'nin Eİ değeri Kr1'den yüksek bulunurken, Av1'in Eİ değeri Av2'den düşük bulunmuştur. Yani her iki havza da yerleşim yerlerinden sonra Eİ değerleri anlamlı olarak yükselmiştir ($p < 0,05$; Şekil 3.8; EK-1). Bunun yükselişin tarım ve yerleşim alanlarında meydana gelen yoğun insan etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistik olarak fark vardır ($p < 0,05$).

Şekil 3.8. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının Eİ değerlerinin karşılaştırılması.

Orman ve tarım alanlarının yoğunluklarına göre yukarı ve aşağı havza olarak iki kısımda incelenen bir havzada gerçekleştirilen benzer bir çalışmada, orman alanlarının yoğun olduğu yukarı havzaya ait alt havzaların ortalama Eİ değeri, çayır ve tarım alanlarının yoğun olduğu aşağı havzaya ait alt havzaların ortalama değerinden düşük bulunmuştur [10]. Başka bir çalışmada, Eİ ile yerleşim ve tarım arazileri arasında güçlü pozitif korelasyon, orman arazileri arasında yüksek negatif korelasyon bulunmuştur [13]. Farklı oranlarda tarım ve orman alanları bulunan havzalarda yapılan çalışmada, havzalar arasında Eİ değerleri anlamlı olarak farklı bulunmuş ve tarım alanı arttıkça Eİ değerinin yükseldiği belirlenmiştir [53]. Çin'deki bir nehrin 12 farklı noktasında yapılan ölçümler sonucunda, ormanın yoğun olduğu ölçüm noktalarından tarım ve yerleşimin yoğun olduğu ölçüm noktalarına doğru insan etkisindeki artışa bağlı olarak Eİ değerlerinin önemli derecede artış gösterdiği belirlenmiştir [34]. Japonya'da yapılan bir araştırmada, Eİ ile havzalardaki kentsel ve tarım alanlarının oranı arasında anlamlı pozitif ilişki, orman alanları oranı ile anlamlı negatif ilişki bulunmuştur [11]. Benzer

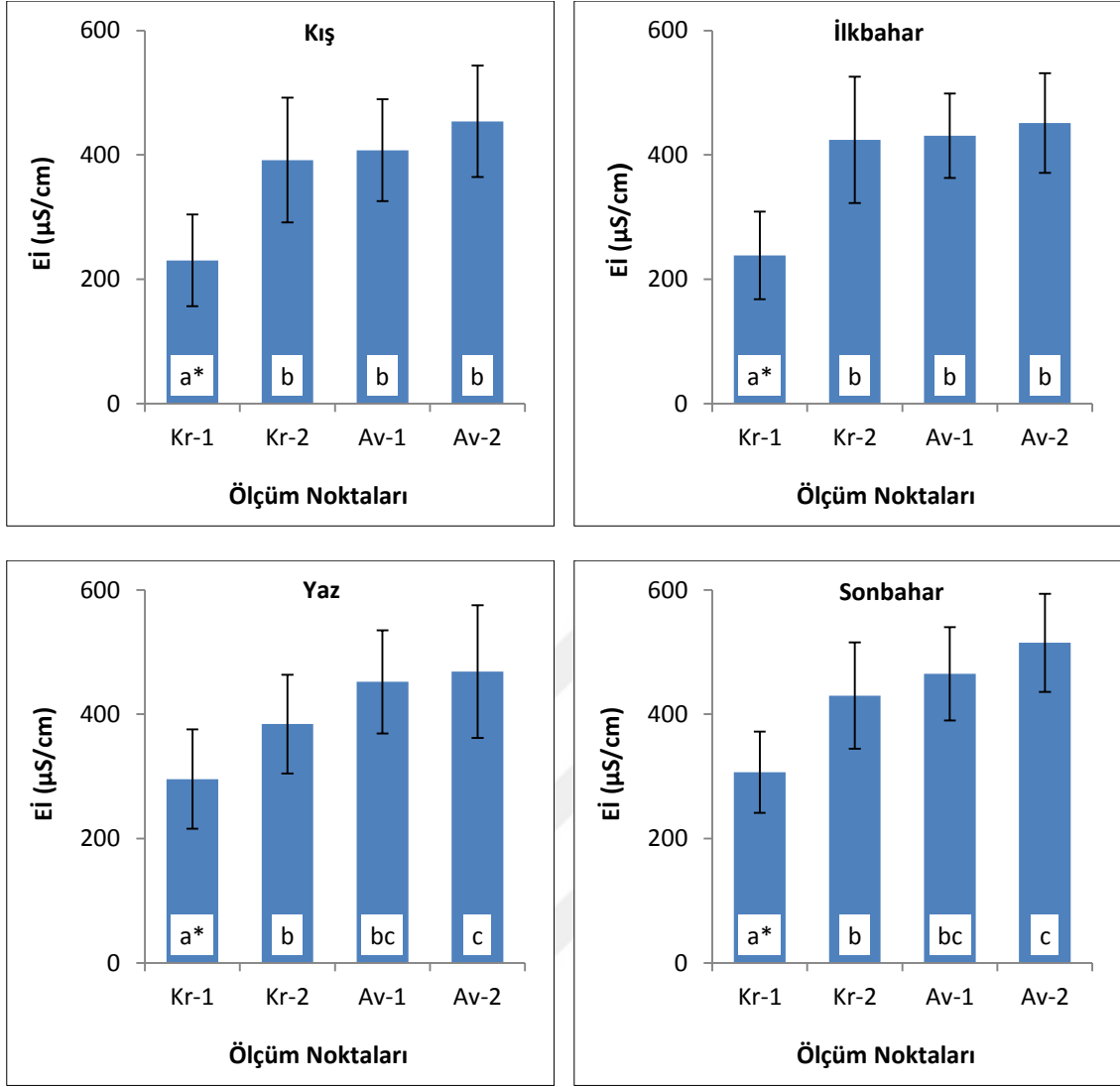
olarak diğerk bir çalışmada, en yüksek EI değerlerine havzadaki kentsel arazileri temsil eden akarsuların, en düşük EI değerlerine ise çalılık arazileri temsil eden akarsuların sahip olduğu belirlenmiştir ve bunun kentsel akarsularda çözünmüş iyonların fazla olduğuna işaret ettiği belirtilmiştir [60].

3.3.2.2. *Mevsimsel*

Ölüm noktalarının EI değerlerindeki mevsimsel değişim incelendiğinde, Kr1 haricindeki noktalarda tüm mevsimlerde bu değerlerin benzer olduğu, Kr1’de ise yaz ve sonbahar mevsiminde artış meydana geldiği grlmştir ($p < 0,05$; EK-2). Bu durumun, yaz ve sonbahar mevsiminde Kr1’deki akarsu debisinin Av1’e göre daha düşük olmasından dolayı iyon konsantrasyonunun artmış olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim arazi kullanımının su ve toprak özelliklerine etkisinin araştırıldığı bir doktora tezi çalışmasında, düşük akımlarda EI değerlerinde artış, yüksek akımlarda ise düşüş olduğu gözlemlenmiştir [88].

Mevsimsel olarak noktalar arasında kıyaslama yapıldığında, kiş ve ilkbahar mevsiminde Kr1 haricindeki noktaların ortalama EI değerleri benzer bulunmuş, Kr1 ise bu noktalardan düşük değer almıştır. Yaz ve sonbahar mevsimlerinde ise yine Kr1 diğer noktalardan düşük EI değeri almış olup Kr2’nin EI değeri Kr1’den, Av2’nin değeri ise Av1’den yüksek bulunmuştur. Yani bu mevsimlerde her iki havzada da yerleşim yerlerinden sonra EI değeri yükselmiştir ($p < 0,05$; Şekil 3.9; EK-3). Bunun da yine dere akımının düşmesine bağlı olarak sudaki iyon konsantrasyonunun artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

YSKY’ne göre tüm mevsimlerde su kalitesi Kr1’de 1. sınıf, Av1 ve Av2’de ise 2. sınıftadır. Kr2’de ise kiş ve yaz mevsimlerinde 1. sınıf, ilkbahar ve sonbaharda 2. sınıf su kalitesi görülmektedir.



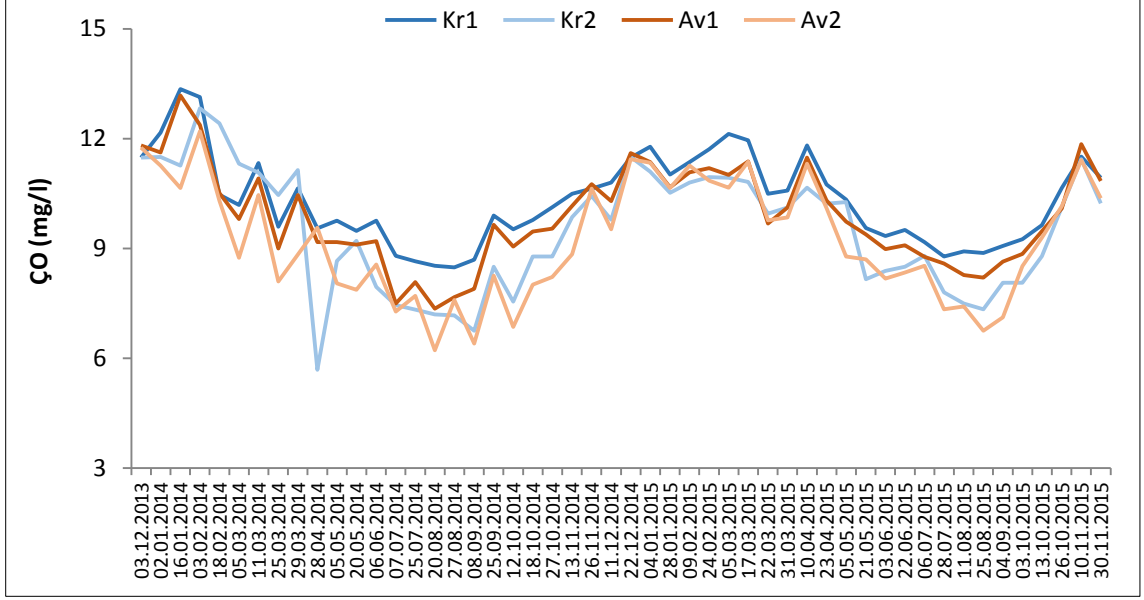
*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır (p<0.05).

Şekil 3.9. EI değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.

3.3.3. Çözünmüş Oksijen (ÇO)

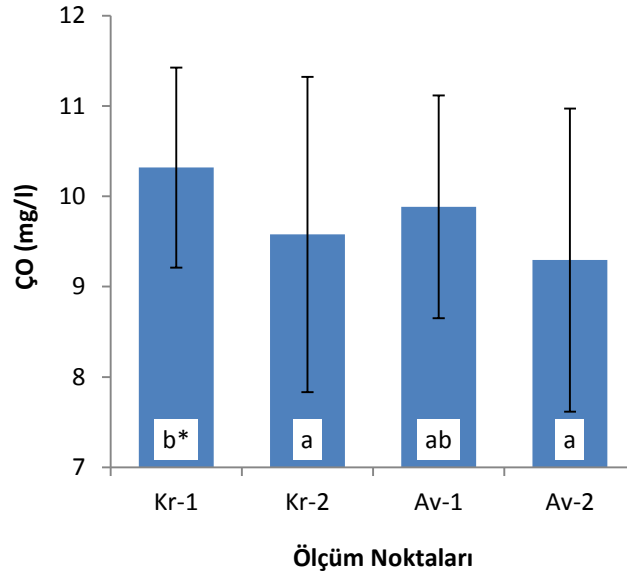
3.3.3.1. Tüm Ölçüm Periyodunda

Gözlem süresi boyunca en yüksek ÇO değeri 13,35 mg/l (16.01.2014) olarak Kr1'de, en düşük ÇO değeri ise 5,69 mg/l (28.04.2014) olarak Kr2'de ölçülmüştür. Kr1, Kr2, Av1 ve Av2'nin tüm ölçümlere göre ÇO ortalamaları sırasıyla 10,32 mg/l, 9,58 mg/l, 9,88 mg/l ve 9,29 mg/l'dir. Noktaların ortalama ÇO değerleri 8 mg/l'den büyük olduğu için YSKY'ne göre tüm noktalar 1. sınıf su kalitesine sahiptirler. Tüm ölçüm periyodunda örnekleme noktalarında ölçülen ÇO değerlerindeki değişim Şekil 3.10'da verilmiştir.



Şekil 3.10. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında ÇO değişimi.

Varyans analizi sonuçlarına göre tüm ölçüm periyodunda Kr1'in ortalama ÇO değeri diğer noktalardan anlamlı olarak yüksek bulunmuş olup, her iki havzada da yerleşim yerlerinden sonra ÇO değeri düşmüştür ($p < 0,05$; Şekil 3.11; EK-1). Bu sonuç tarım ve yerleşim alanlarında suyun kirlenmiş olabileceğini göstermektedir.



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistik olarak fark vardır ($p < 0,05$).

Şekil 3.11. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının ÇO değerlerinin karşılaştırılması.

Yapılan bir araştırmada en yüksek ÇO değerlerine havzadaki çalılık arazileri temsil eden akarsuların, en düşük ÇO değerlerine ise kentsel alanları temsil eden akarsuların sahip olduğu belirlenmiştir ve bunun kentsel akarsularda organik atık girdilerinin fazla

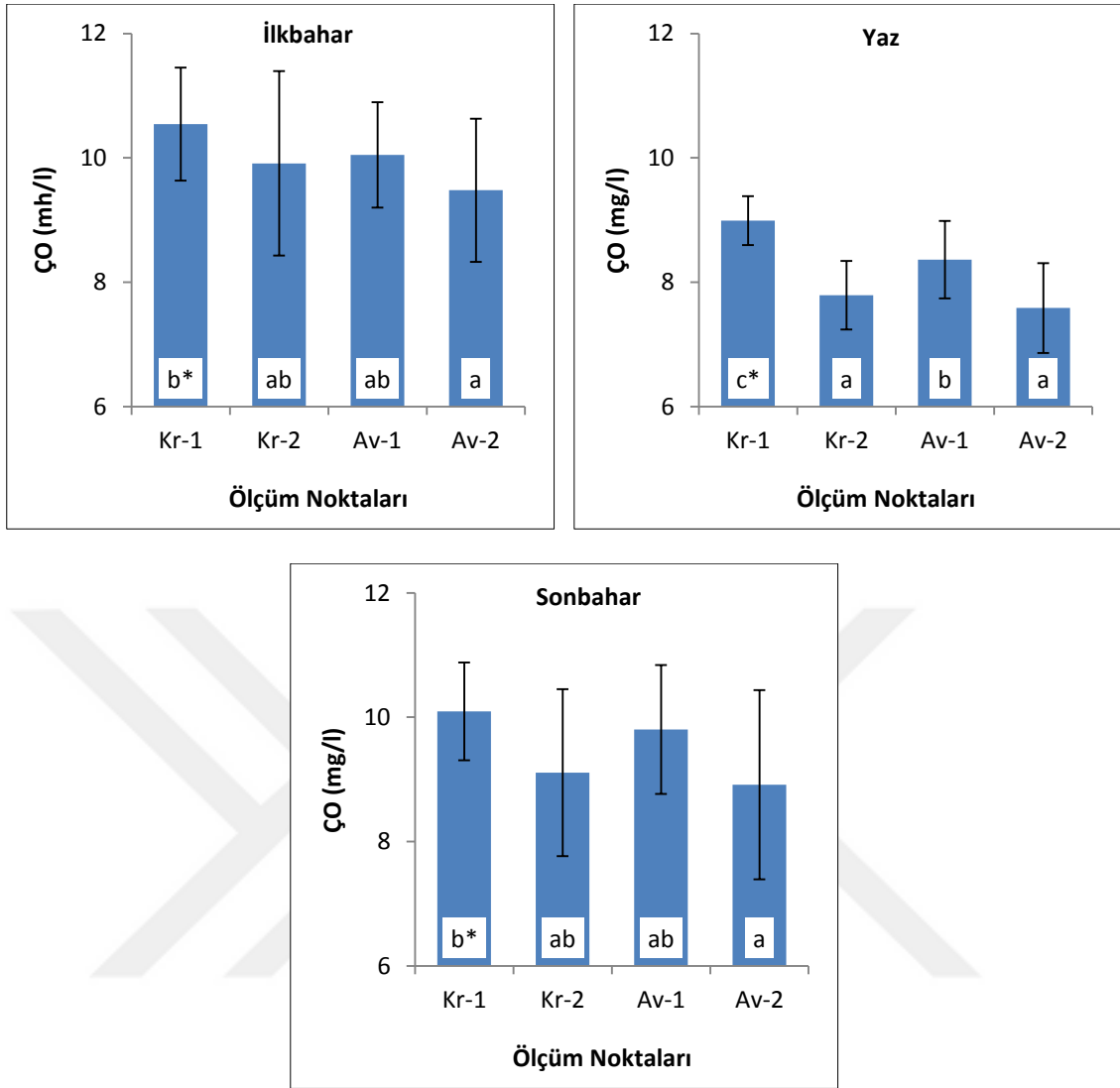
olduğuna işaret ettiği belirtilmiştir [60]. Benzer çalışmalarda havzalardaki kentsel alanların oranı ile O arasında anlamlı negatif ilişki bulunurken [11], orman alanlarının oranı ile O arasında anlamlı pozitif ilişki bulunmuştur [15]. Kentsel alanla ve kırsal alanla çevrili gllerin su kalitesinin incelendiği bir çalışmada da kentsel alanla çevrili gln O değeri diğerine göre düşük bulunmuştur [64].

3.3.3.2. *Mevsimsel*

Ölüm noktalarının O değerleri bütün mevsimlerde farklılık göstermiş olup, tüm noktalarda O değeri kiş mevsiminden yaz mevsimine doğru düşmüştür ($p < 0,05$; EK-2). Bunun su sıcaklığının değişmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. İki gln su kalitesinin karşılaştırdığı bir çalışmada, O değerlerinin kurak sezonda düştüğü, muson sezonunda ise yükseldiği belirlenmiştir. O değerlerinin kurak sezonda düşmesinin kentleşmenin etkisiyle kirlilik girişinin olmasından, muson sezonunda yükselmesinin nedeninin ise yağışlarla birlikte temiz su girişinin olmasından kaynaklanmış olabileceği belirtilmiştir. Fakat lm noktaları arasındaki mevsimsel farkların en önemli nedeninin su sıcaklığından kaynaklandığı bildirilmiştir [64].

Mevsimsel olarak noktalar arasında kıyaslama yapıldığında, tüm noktaların ortalama O değerinin yalnız kiş mevsiminde benzer olduğu görülmüştür. Diğer mevsimlerde Kr1'in O değeri Av1'den yüksek bulunmuş olup, Kr2 ve Av2 bu noktalardan düşük değerler almıştır ($p < 0,05$; Şekil 3.12; EK-3).

YSKY'ne göre yaz mevsimi haricinde tüm noktaların su kaliteleri 1. sınıf olurken, yazın Kr2 ve Av2'nin O değeri 8'in altına düştüğü için su kaliteleri 2. sınıfa düşmektedir.



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır (p<0.05).

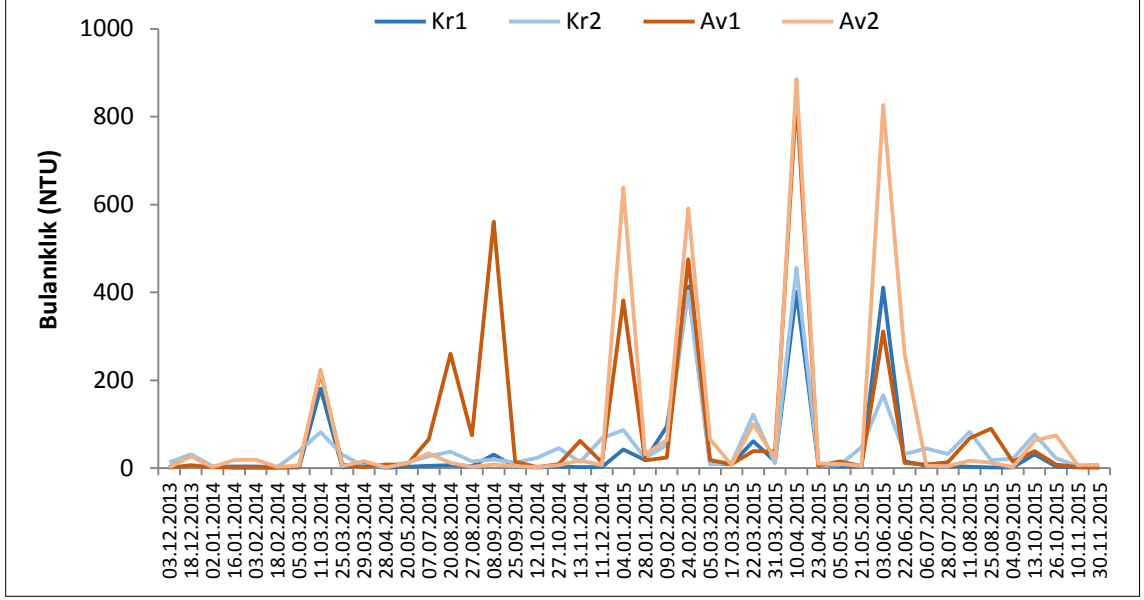
Şekil 3.12. ÇÖ değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.

3.3.4. Bulanıklık (NTU)

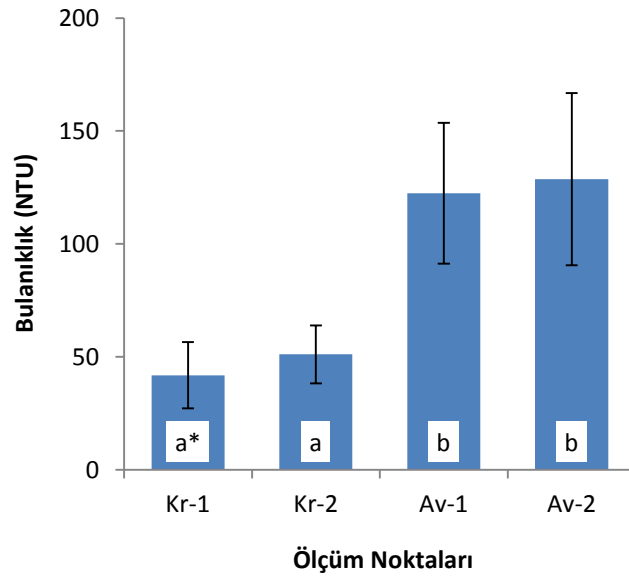
3.3.4.1. Tüm Ölçüm Periyodunda

Gözlem süresi boyunca şiddetli yağışlardan sonra bütün noktalarda 1000 NTU ve üzerinde bulanıklık değerleri ölçülmüştür. Bu değerler dikkate alınmadığında en yüksek bulanıklık değeri 886 NTU (10.04.2015) olarak Av2'de, en düşük bulanıklık değeri ise 0,87 NTU (18.02.2014) olarak Kr1'de ölçülmüştür. Kr1, Kr2, Av1 ve Av2'nin tüm ölçümlere göre bulanıklık ortalamaları sırasıyla 41,88 NTU, 51,11 NTU, 122,47 NTU ve 128,68 NTU'dur.

Tüm ölçüm periyodunda örnekleme noktalarında ölçülen Bulanıklık değerlerindeki değişim Şekil 3.13'te verilmiştir.



Şekil 3.13. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında bulanıklık değerlerinin değişimi. Varyans analizinde, şiddetli yağışlarda ölçülen bulanıklık değerleri dikkate alındığında, tüm ölçüm periyodunda noktalar arasında fark bulunamamıştır. Fakat çalışmada şiddetli yağışlardan sonra ölçülen değerler çıkarılmış olup buna göre Av1'in ortalama bulanıklık değeri Kr1'e göre anlamlı olarak yüksek bulunurken, Kr2'de bu değer Kr1 ile, Av2'de ise Av1 ile benzer olduğu görülmüştür ($p < 0,05$; Şekil 3.14; EK-1). Buna göre insan etkisi ve tarımsal faaliyetlerin sudaki bulanıklığı arttırdığı söylenebilmektedir.



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistik olarak fark vardır ($p < 0,05$). Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.14. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının bulanıklık değerlerinin karşılaştırılması.

Kanada'da yapılan bir çalışmada, tarımsal arazi kullanımının yoğun olduğu havzanın bulanıklık değeri, ormanın yoğun olduğu havzaya göre anlamlı olarak yüksek bulunmuştur [58]. Çin'deki bir nehrin 12 farklı noktasında yapılan ölçümler sonucunda bulanıklık değerlerinin, ormanın yoğun olduğu ölçüm noktalarından tarım ve yerleşimin olduğu ölçüm noktalarına doğru insan etkisindeki artışa bağlı olarak önemli derecede artış gösterdiği belirlenmiştir [34].

3.3.4.2. *Mevsimsel*

Ölçüm noktalarının bulanıklık değerlerindeki mevsimsel değişim incelendiğinde, her bir ölçüm noktasında bu değerlerin tüm mevsimlerde benzer olduğu görülmüştür ($p < 0,05$; EK-2). Mevsimsel olarak noktalar arasında kıyaslama yapıldığında da hiçbir mevsimde anlamlı fark bulunamamıştır ($p < 0,05$; EK-3).

3.3.5. Toplam Askıda Katı Madde (TAKM)

3.3.5.1. *Tüm Ölçüm Periyodunda*

Tüm ölçüm periyodunda birim hacim suda ölçülen TAKM değerleri incelendiğinde, normal yağışlarda ve baz akımlarda Avlayan havzasına göre Yukarıkaraköy havzasından daha düşük miktarda askıda katı madde taşındığı görülürken, şiddetli yağışlarda bu miktarın Yukarıkaraköy havzasında daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle şiddetli yağışların meydana geldiği aylarda, Yukarıkaraköy havzasının birim yüzeyinden taşınan aylık TAKM miktarları da Avlayan havzasından yüksek bulunmuştur (Çizelge 3.3). Örneğin şiddetli bir yağış olayının meydana geldiği 2014 yılı Haziran ayında, Yukarıkaraköy havzasının birim yüzeyinden Avlayan havzasına göre yaklaşık 4 kat, toplam alanından ise yaklaşık 2 kat daha fazla askıda katı madde taşındığı belirlenmiştir.

Farklı arazi kullanımına sahip havzalarda yapılan bir çalışmada, havzalarda ölçülen askıda sediment miktarları yüksek akımlardaki ve düşük akımlardaki ortalama değerler olarak iki ayrı şekilde incelenmiştir. Her iki durum için orman ve tarım havzasında ölçülen askıda sediment değerleri birbiriyle oranlandığında (orman/tarım), yüksek akımlardaki oran düşük akımlara göre daha yüksek bulunmuştur [55]. Bu sonuç, tarım havzalarıyla kıyaslandığında ormanlık havzaların askıda sediment miktarının, akım miktarındaki artışa bağlı olarak daha yüksek olabileceğini göstermektedir.

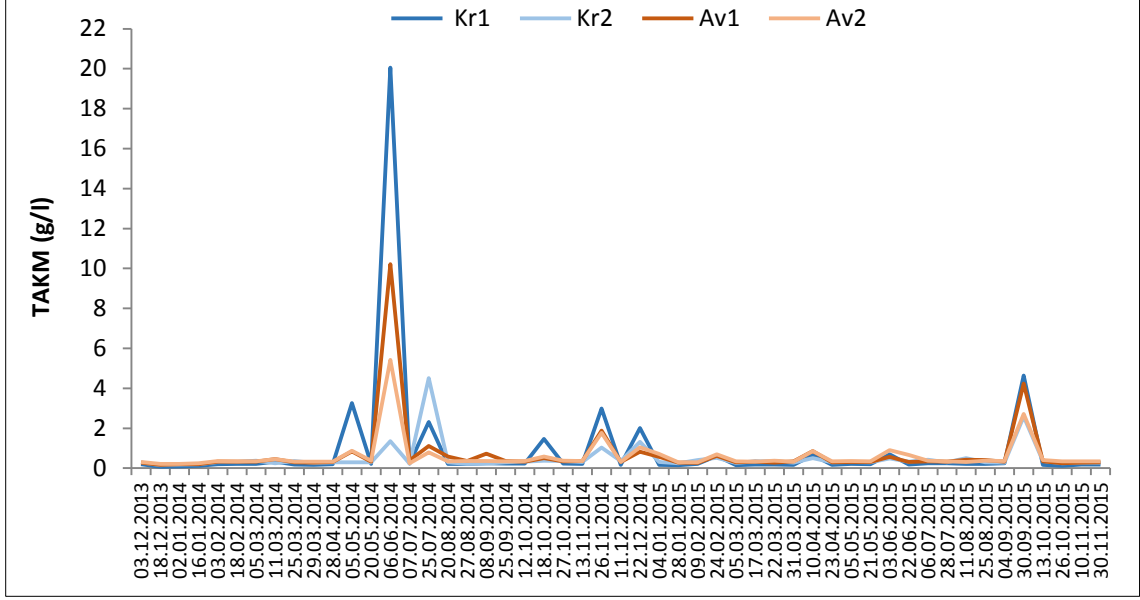
Çizelge 3.3. Havzalardan taşınan aylık TAKM miktarları.

Aylar	2014 yılı			2015 yılı		
	Yağış (mm)	Yukarıkaraköy (ton/ha)	Avlayan (ton/ha)	Yağış (mm)	Yukarıkaraköy (ton/ha)	Avlayan (ton/ha)
1	30,0	0,019	0,024	194,1	0,325	0,487
2	23,8	0,016	0,022	129,4	1,085	1,383
3	82,4	0,063	0,062	62,8	0,114	0,182
4	55,1	0,017	0,026	116,1	0,286	0,322
5	90,4	0,193	0,061	81,9	0,055	0,076
6	165,1	16,030	4,156	139,1	0,045	0,063
7	94,5	0,031	0,040	13,9	0,023	0,033
8	100,8	0,024	0,028	16,2	0,011	0,027
9	177,5	0,046	0,066	139,9	0,366	0,176
10	82,6	0,045	0,034	104,2	0,027	0,047
11	125,4	0,448	0,223	22,4	0,014	0,022
12	129,3	0,192	0,098	40,4	0,038	0,046
Toplam	1156,9	17,122	4,839	1060,4	2,388	2,865

Ölçülen debilere bağlı olarak havzalardan taşınan TAKM miktarları hesaplandığında, iki yılda Yukarıkaraköy havzasından toplam 6511,7 ton, Avlayan havzasından ise 5503,8 ton TAKM taşınmıştır. Çok şiddetli yağışın meydana geldiği 2014 yılı Haziran ayının değerleri çıkarıldığında ise iki yılda Yukarıkaraköy ve Avlayan havzasından taşınan TAKM miktarının sırasıyla 1161,5 tona ve 2534,5 tona düştüğü görülmüştür. Bunun nedeni Yukarıkaraköy havzasının diğer havzaya göre ortalama eğim ile ana kanal eğiminin yüksek ve ana kanal uzunluğunun kısa olması olabilir. Böylelikle şiddetli yağış hemen yüzeysel akışa geçerek kıyı ve taban erozyonu meydana getirmiş olabilir. Bir başka nedeni ise Avlayan havzasının çıkış bölgesinde ana kanal eğiminin çok düşük olması ve kanalın geniş olmasından dolayı, askıda katı maddenin çökmesi ile yatak depolamasının meydana gelmesi olabilir.

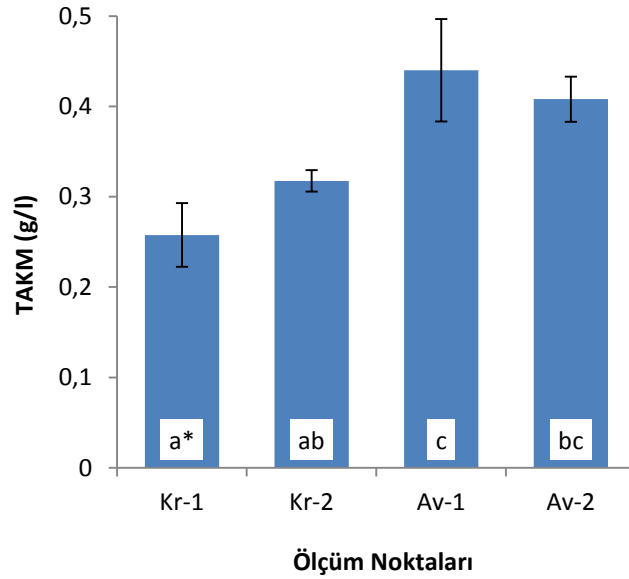
Gözlem süresi boyunca en düşük TAKM miktarı 0,08 g/l (18.12.2013) olarak Kr1'de ölçülmüştür. En yüksek TAKM miktarı da 20,06 g/l olarak şiddetli yağıştan sonra (06.06.2014) yine Kr1'de ölçülmüştür. Şiddetli yağışlardan sonra ölçülen değerler çıkarıldığında, tüm ölçüm periyodunda Kr1, Kr2, Av1 ve Av2'nin TAKM miktarları ortalamaları sırasıyla 0,26 g/l, 0,32 g/l, 0,44 g/l ve 0,41 g/l'dir.

Tüm ölçüm periyodunda örnekleme noktalarında birim hacimde ölçülen TAKM miktarlarındaki değişim Şekil 3.15'te verilmiştir.



Şekil 3.15. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında TAKM miktarının değişimi.

Varyans analizinde, şiddetli yağışlarda ölçülen yüksek değerler dikkate alındığında, TAKM bakımından noktalar arasında fark bulunamamıştır. Fakat yüksek değerler dikkate alınmamış olup buna göre Av1'in ortalama TAKM değerinin Kr1'den yüksek olduğu belirlenmiştir. Kr2'nin TAKM değeri Kr1'e göre yüksek bulunurken, Av2'nin TAKM değeri Av1'den düşük bulunmuştur ($p < 0,05$; Şekil 3.16, EK-1). Buna göre, insan etkisi ve tarımsal faaliyetlerin TAKM'yi arttırdığı söylenebilmektedir.



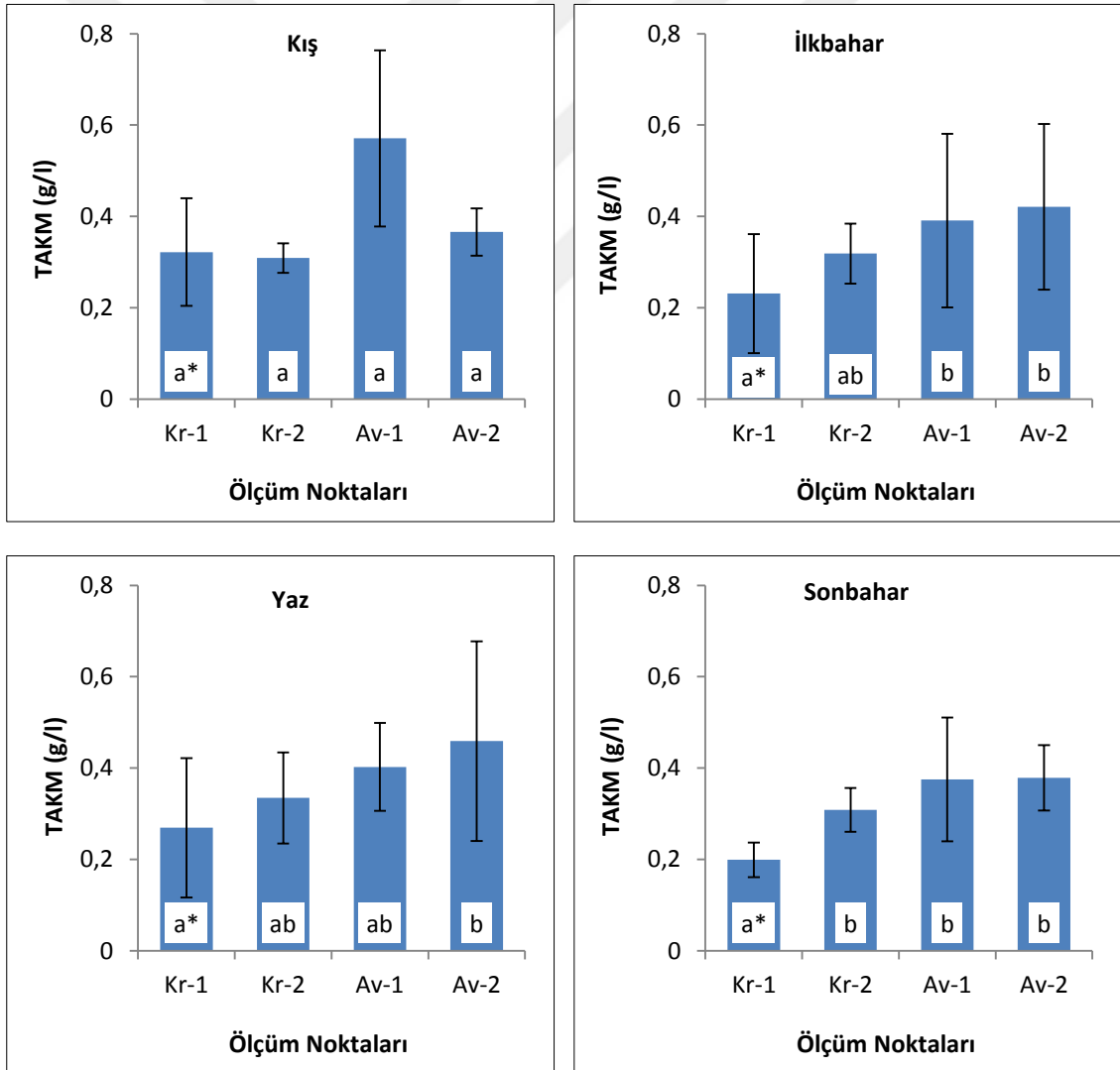
*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistik olarak fark vardır ($p < 0,05$). Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.16. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının TAKM miktarlarının karşılaştırılması.

Yapılan çalışmalarda orman alanlarının yoğun olduğu havzaların TAKM değeri, tarım alanlarının yoğun olduğu havzalara göre düşük bulunmuştur ve tarım alanı yoğunluğunun TAKM üzerinde önemli derecede etkili olduğu belirtilmiştir [10], [53].

3.3.5.2. Mevsimsel

Ölçüm noktalarının ortalama TAKM değerlerindeki mevsimsel değişim incelendiğinde, her bir ölçüm noktasında TAKM değerinin tüm mevsimlerde benzer olduğu görülmüştür ($p < 0,05$; EK-2). Mevsimsel olarak noktalar arasında kıyaslama yapıldığında yalnız kış mevsiminde tüm noktaların TAKM değerlerinin benzer olduğu görülmüştür. Diğer mevsimlerde Kr1'in TAKM değeri Av1'den anlamlı olarak düşük bulunmuştur ve bu mevsimlerde Kr2'nin TAKM değeri Kr1'den yüksek olurken, Av2'nin değeri Av1 ile benzerlik göstermiştir ($p < 0,05$; Şekil 3.17; EK-3).



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistik olarak fark vardır ($p < 0,05$).

Şekil 3.17. TAKM değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.

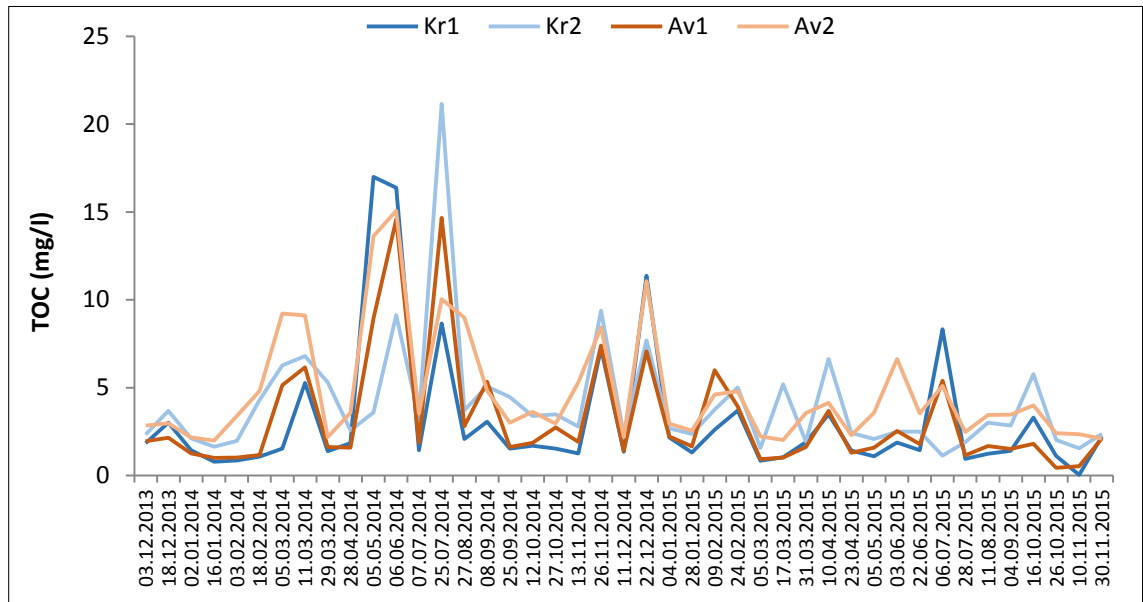
Kış mevsiminde noktaların TAKM değerlerinin benzer olmasının, kışın yağışlarla birlikte her iki havzadan taşınan sedimentin artmasına rağmen, yerleşim yerlerinden sonra eğimin çok düşmesi ve mesafenin uzun olmasından dolayı sedimentin çökmüş olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yapılan bir çalışmada, TAKM ile yerleşim yerleri arasında kurak sezonda, tarım alanları ile yağışlı sezonda kuvvetli pozitif ilişki bulunurken, orman alanları ile ise her iki sezonda negatif ilişki bulunmuştur [16]. Havzalarda yüksek akımlarda ölçülen TAKM değerleri dikkate alınmadığında bu bulgular ile çalışmanın bulguları örtüşmektedir.

3.3.6. Toplam Organik Karbon (TOC)

3.3.6.1. Tüm Ölçüm Periyodunda

Gözlem süresi boyunca en yüksek TOC değeri 21,15 mg/l (25.07.2014) olarak Kr2’de, en düşük TOC değeri ise 0,04 mg/l (10.11.2015) olarak Kr1’de ölçülmüştür. Kr1, Kr2, Av1 ve Av2’nin tüm ölçümlere göre TOC ortalamaları sırasıyla 3,16 mg/l, 4,10 mg/l, 3,23 mg/l ve 4,72 mg/l’dir. Tüm ölçüm periyodunda örnekleme noktalarında ölçülen TOC değerlerindeki değişim Şekil 3.18’de verilmiştir.



Şekil 3.18. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında TOC değişimi.

Varyans analizi sonuçlarına göre tüm ölçüm periyodunda TOC değerleri bakımından noktalar arasında anlamlı fark bulunamamıştır ($p < 0,05$; EK-1).

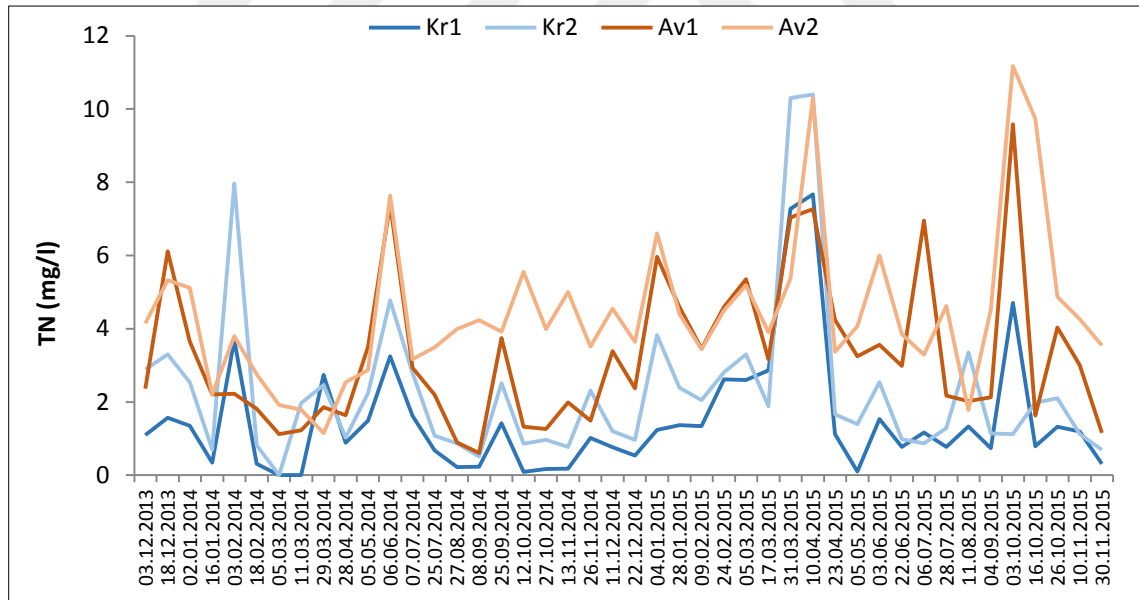
3.3.6.2. Mevsimsel

Ölçüm noktalarının ortalama TOC değerlerindeki mevsimsel değişim incelendiğinde, her bir ölçüm noktasında ortalama TOC değerlerinin tüm mevsimlerde benzer olduğu görülmüştür ($p < 0,05$; EK-2). Mevsimsel olarak noktalar arasında kıyaslama yapıldığında da hiçbir mevsimde anlamlı fark bulunamamıştır ($p < 0,05$; EK-3).

3.3.7. Toplam Azot (TN)

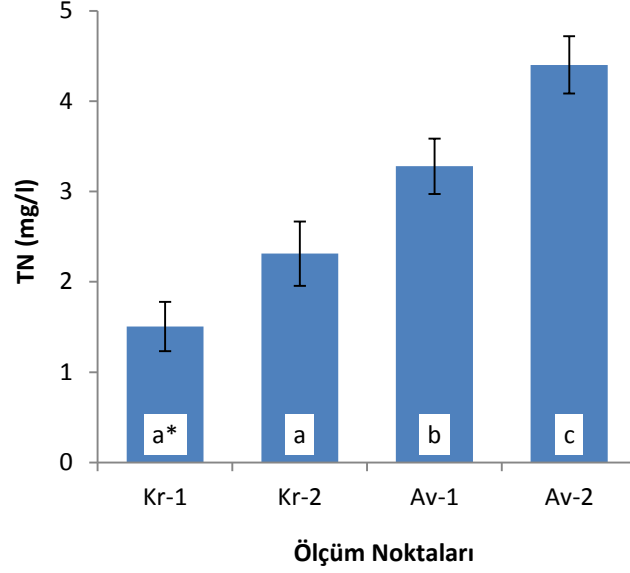
3.3.7.1. Tüm Ölçüm Periyodunda

Gözlem süresi boyunca en yüksek TN değeri 11,17 mg/l (03.10.2015) olarak Av2’de, en düşük TN değeri ise 0,00 mg/l olarak farklı dönemlerde Kr1 ve Kr2’de ölçülmüştür. Kr1, Kr2, Av1 ve Av2’nin tüm ölçümlere göre TN ortalamaları sırasıyla 1,50 mg/l, 2,31 mg/l, 3,31 mg/l ve 4,44 mg/l’dir. Av2 dışındaki tüm noktalarda TN ortalamaları 3,5 mg/l’nin altında olduğundan YSKY’ne göre bu noktaların su kalitesi 1. sınıftır. Av2 ise 2. sınıf su kalitesine sahiptir. Tüm ölçüm periyodunda örnekleme noktalarında ölçülen TN değerlerindeki değişim Şekil 3.19’da verilmiştir.



Şekil 3.19. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında TN değişimi.

Varyans analizi sonuçlarına göre tüm ölçüm periyodunda Av1’in ortalama TN değerinin Kr1’den anlamlı olarak yüksek olduğu görülmüştür. Kr1’in TN değeri Kr2 ile benzer değer alırken, Av2’nin TN değeri Av1’den yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$; Şekil 3.20; EK-1).



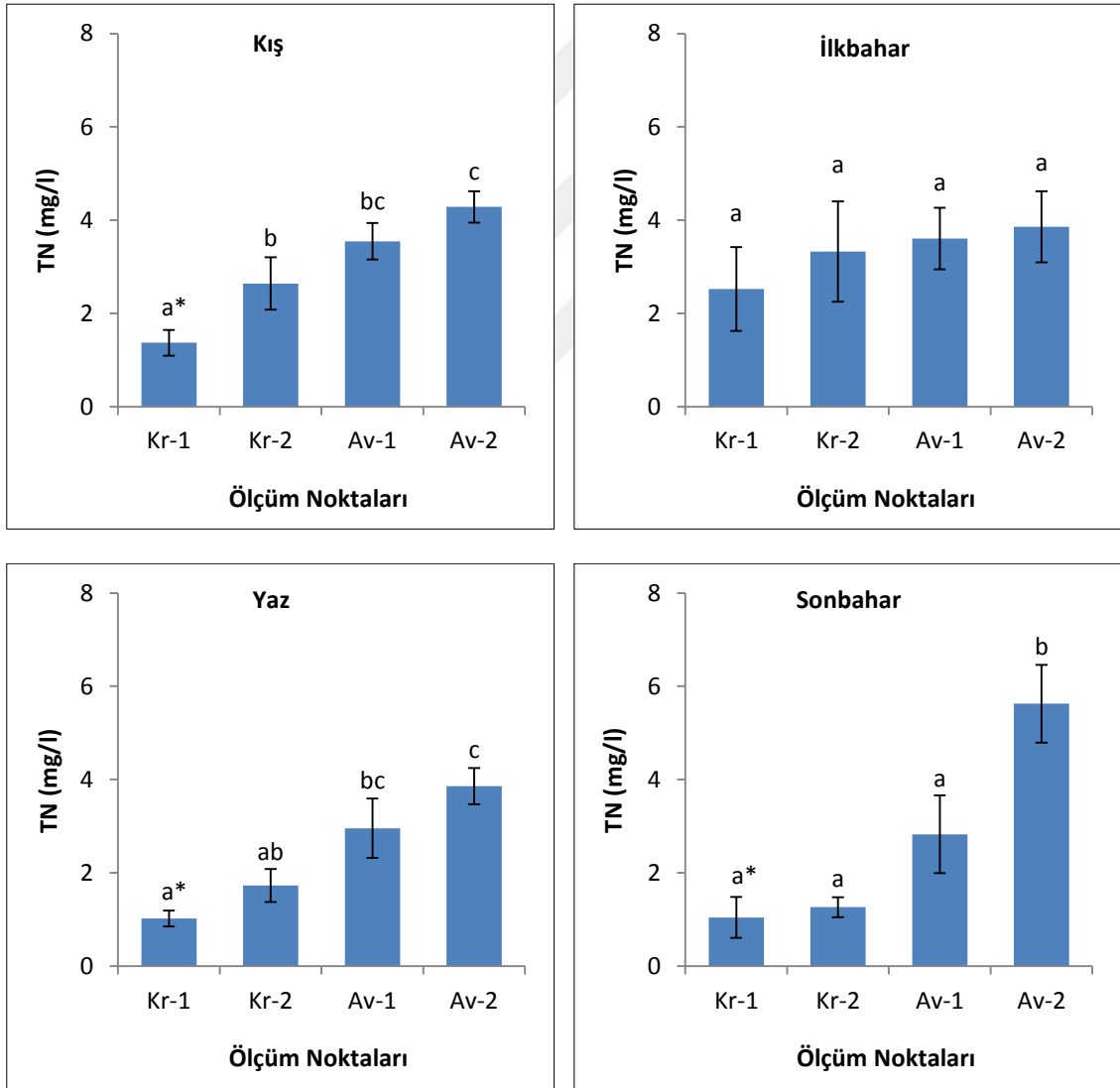
*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p < 0.05$).
Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.20. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının TN değerlerinin karşılaştırılması.

Bu sonuç gübreleme ve insan etkisinin sudaki TN'ü arttırdığını göstermektedir. Nitekim baskın arazi kullanımına göre adlandırılan üç havzada yapılan bir araştırmada, tarım havzasının TN değeri orman havzasından yüksek bulunmuştur [55]. Orman ve tarım alanlarının yoğunluklarına göre yukarı ve aşağı havza olarak iki kısımda incelenen bir havzada gerçekleştirilen benzer bir çalışmada, orman alanlarının yoğun olduğu yukarı havzaya ait alt havzaların ortalama TN değeri, çayır ve tarım alanlarının yoğun olduğu aşağı havzaya ait alt havzaların ortalama değerinden düşük bulunmuştur [10]. Yine tarım ve orman alanlarının farklı yoğunlukta olduğu 4 havzada yapılan araştırmada TN değerinin, tarım arazisi oranı düşük olan havzadan yüksek olan havzaya doğru artış gösterdiği belirlenmiştir [57]. Çin'deki bir rezervuar havzasının meyve bahçeleri ve yerleşim yerlerinin yoğun olduğu alt havzalarında TN değerleri yüksek, ormanlık alt havzalarında ise düşük bulunmuştur [8]. Benzer bir çalışmada, TN ile havzalardaki kentsel ve tarım alanlarının oranı arasında anlamlı pozitif ilişki bulunurken [11], başka bir çalışmada havzadaki kentsel alanların oranı ile TN arasında anlamlı pozitif ilişki belirlenmiştir [15] ve her iki çalışmada da orman alanları oranı ile TN arasında anlamlı negatif ilişki tespit edilmiştir. Çin'deki bir nehrin 12 farklı noktasında yapılan ölçümler sonucunda, TN konsantrasyonunun ormanın yoğun olduğu ölçüm noktalarından tarım ve yerleşimin yoğun olduğu ölçüm noktalarına doğru insan etkisindeki artışa da bağlı olarak önemli derecede artış gösterdiği belirlenmiştir [34].

3.3.7.2. Mevsimsel

Ölçüm noktalarının ortalama TN değerlerindeki mevsimsel değişim incelendiğinde, her bir ölçüm noktasında ortalama TN değerinin tüm mevsimlerde benzer olduğu görülmüştür ($p < 0,05$; EK-2). Mevsimsel olarak noktalar arasında kıyaslama yapıldığında kış ve yaz mevsiminde Kr1'in TN değeri Av1'den anlamlı olarak düşük bulunmuştur ve bu mevsimlerde Kr2'nin TN değerinin Kr1'den, Av2'nin TN değerinin ise Av1'den yüksek olduğu görülmüştür. Fakat TN değerinin ilkbaharda tüm noktalarda benzer olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$; Şekil 3.21; EK-3). Bunun ilkbahar mevsiminde sıcaklığın artışına paralel olarak ormanlık havzadaki organik madde ve humusun ayrışmasından dolayı Kr1'de TN'un artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p < 0,05$).
Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.21. TN değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.

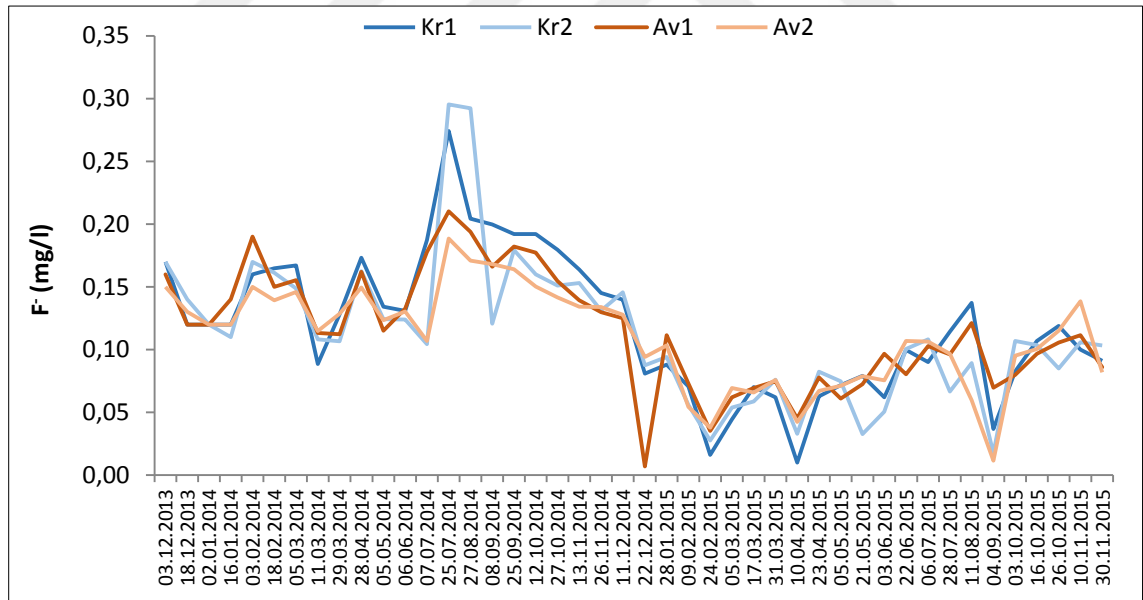
Nitekim yapılan çalışmalarda toprak neminin ve sıcaklığının mikrobiyal aktiviteyi ve azot mineralizasyonunu etkileyen iki önemli faktör olduğu belirtilmiş ve artan sıcaklıkla birlikte topraktaki mineralizasyon oranının arttığı belirlenmiştir [89]–[91].

YSKY'ne göre TN değerleri bakımından tüm mevsimlerde Kr1 ve Kr2 1. sınıf, Av2 ise 2. sınıf su kalitesine sahiptir. Av1 ise yaz ve sonbahar mevsimlerinde 1. sınıf su kalitesine sahip iken diğer iki mevsimde su kalitesi 2. sınıfa düşmektedir.

3.3.8. Flor (F⁻)

3.3.8.1. Tüm Ölçüm Periyodunda

Gözlem süresi boyunca en yüksek F⁻ değeri 0,30 mg/l (25.07.2014) olarak Kr2'de, en düşük F⁻ değeri ise 0,01 mg/l olarak farklı dönemlerde Kr1, Av1 ve Av2'de ölçülmüştür. Tüm ölçümlere göre F⁻ ortalaması bütün noktalarda 0,12 mg/l olarak belirlenmiştir ve tüm noktalarda F⁻ değerleri 1,0 mg/l'nin altında olduğundan YSKY'ne göre 1. sınıf su kalitesine sahiptirler. Tüm ölçüm periyodunda örnekleme noktalarında ölçülen F⁻ değerlerindeki değişim Şekil 3.22'de verilmiştir.



Şekil 3.22. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında F⁻ değişimi.

Varyans analizi sonuçlarına göre, tüm ölçüm periyodunda F⁻ değerleri bakımından noktalar arasında istatistiksel olarak fark bulunamamıştır (p<0,05; EK-1).

3.3.8.2. Mevsimsel

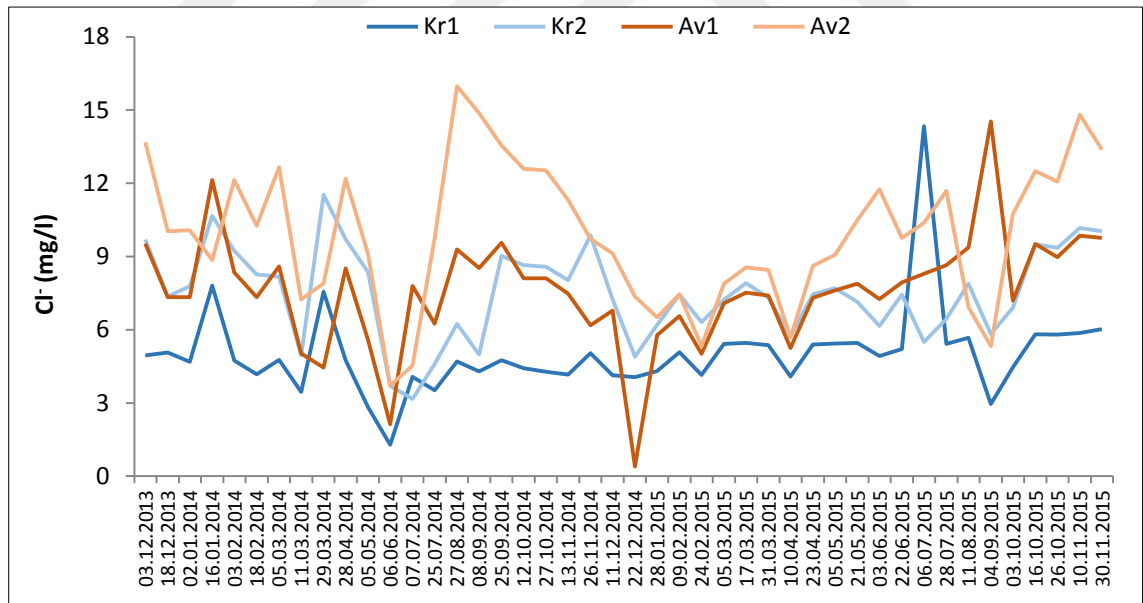
Ölçüm noktalarının ortalama F^- değerlerindeki mevsimsel değişim incelendiğinde, Kr1 haricindeki noktalarda bu değer tüm mevsimlerde benzer olduğu görülmüştür ($p < 0,05$; EK-2). Kr1’de ise bu değer ilkbahar mevsiminde düşmektedir.

Mevsimsel olarak noktalar arasında kıyaslama yapıldığında da hiçbir mevsimde anlamlı fark bulunamamıştır ($p < 0,05$; EK-3). YSKY’ne göre F^- değerleri bakımından noktaların su kaliteleri tüm mevsimlerde 1. sınıftır.

3.3.9. Klor (Cl^-)

3.3.9.1. Tüm Ölçüm Periyodunda

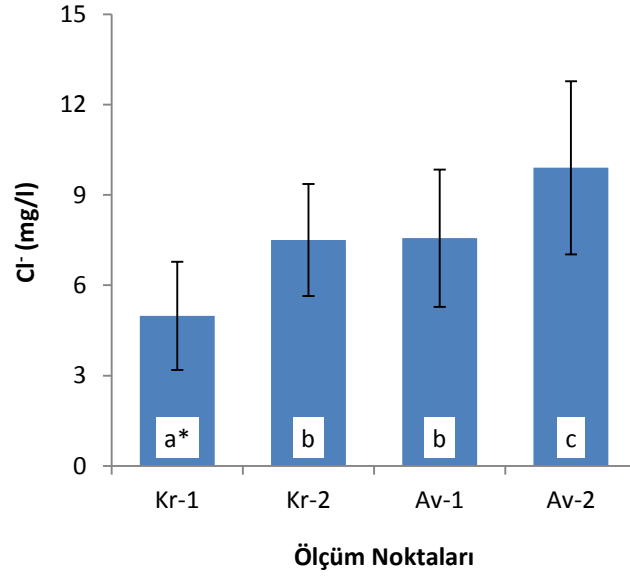
Gözlem süresi boyunca en yüksek Cl^- değeri 15,97 mg/l (27.08.2014) olarak Av2’de, en küçük Cl^- değeri ise 0,40 mg/l (22.12.2014) olarak Av1’de ölçülmüştür. Kr1, Kr2, Av1 ve Av2’nin tüm ölçümlere göre Cl^- ortalamaları sırasıyla 4,99 mg/l, 7,50 mg/l, 7,57 mg/l ve 9,91 mg/l’dir. Tüm ölçüm periyodunda örnekleme noktalarında ölçülen Cl^- değerlerindeki değişim Şekil 3.23’te verilmiştir.



Şekil 3.23. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında Cl^- değişimi.

Varyans analizi sonuçlarına göre tüm ölçüm periyodunda Av1’in ortalama Cl^- değerinin Kr1’den anlamlı olarak yüksek olduğu görülmüştür. Kr2’nin Cl^- değeri Kr1’den, Av2’nin Cl^- değeri ise Av1’den yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$; Şekil 3.24; EK-1). Yani her iki havza da yerleşim yerlerinden sonra Cl^- değerlerinde artış meydana gelmiştir. Buna göre arazi kullanımının Cl^- değerleri üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Nitekim

yapılan çalışmalarda, Cl⁻ ile kentsel ve tarım arazileri arasında anlamlı pozitif ilişki, orman arazileri arasında anlamlı negatif ilişki bulunmuştur [13], [92].



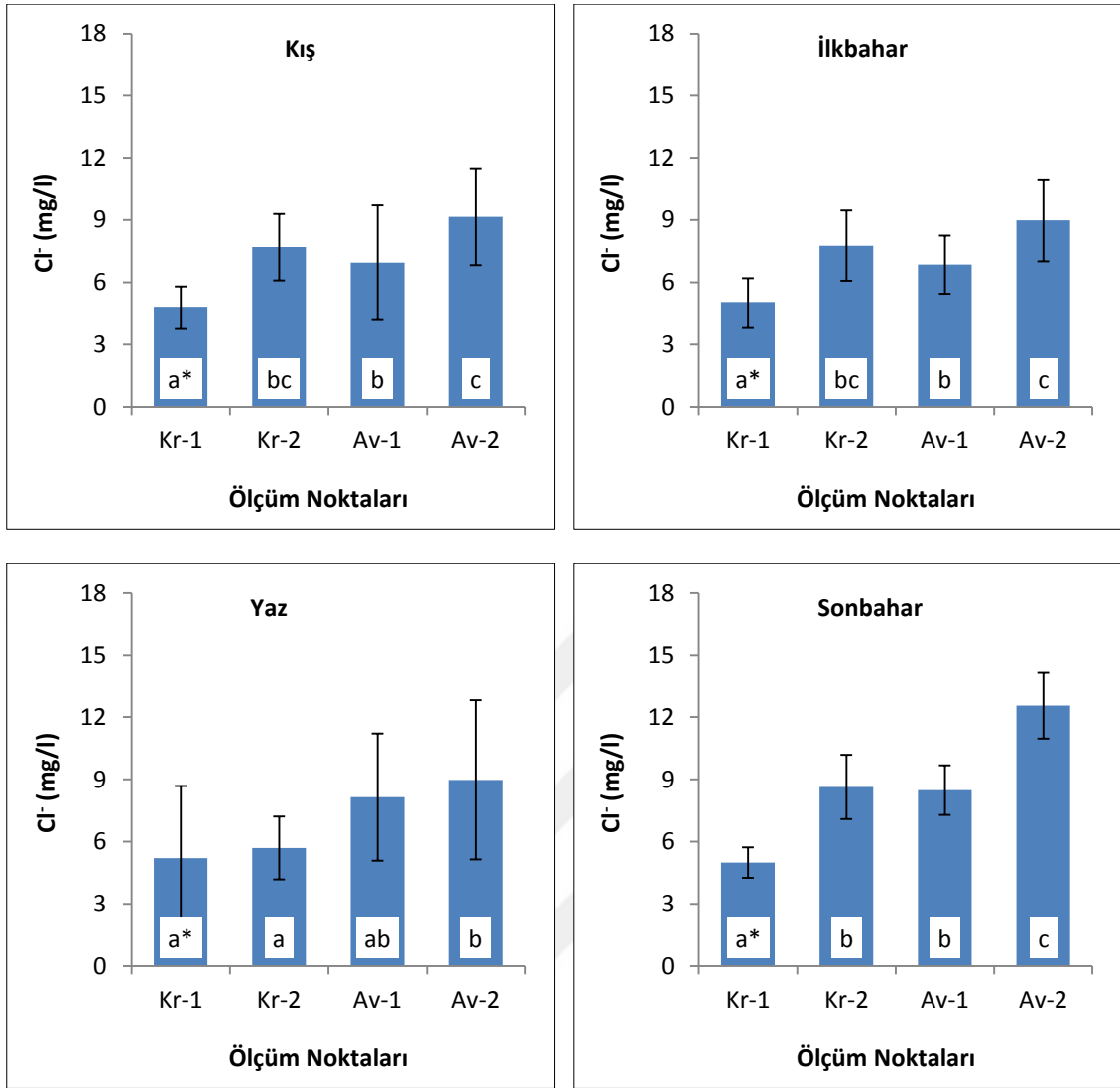
*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır (p<0.05).

Şekil 3.24. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının Cl⁻ değerlerinin karşılaştırılması.

3.3.9.2. Mevsimsel

Ölçüm noktalarının ortalama Cl⁻ değerlerindeki mevsimsel değişim incelendiğinde, Kr1 ve Av1'in ortalama Cl⁻ değerinin tüm mevsimlerde benzer olduğu görülmüştür. Fakat Kr2'de bu değer yaz mevsiminde düştüğü, Av2'de ise sonbahar mevsiminde yükseldiği belirlenmiştir (p<0,05; EK-2). Yazın yağışların azalmasından dolayı Kr2'de bu değer düştüğü düşünülmektedir.

Mevsimsel olarak noktalar arasında kıyaslama yapıldığında tüm mevsimlerde Kr1'in ortalama Cl⁻ değeri Av1'den düşük bulunmuştur. Av2'nin Cl⁻ değeri tüm mevsimlerde Av1'den yüksek değer alırken, Kr2'nin Cl⁻ değeri yaz mevsimi haricinde Kr1'den yüksek değer almıştır (p<0,05; Şekil 3.25; EK-3).



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır (p<0.05).

Şekil 3.25. Cl⁻ değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.

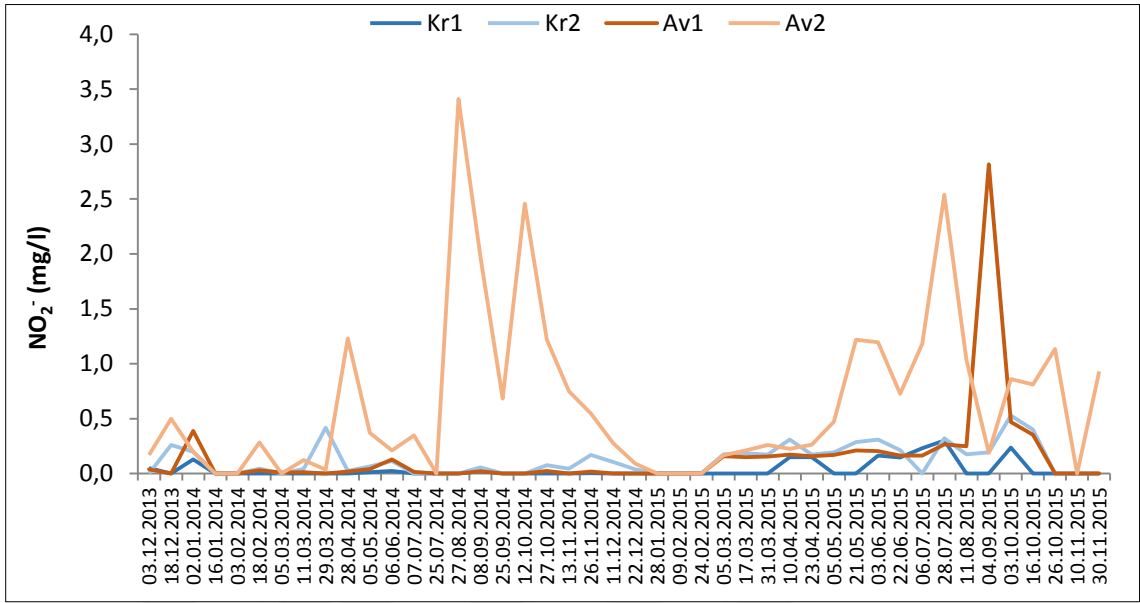
3.3.10. Nitrit (NO₂⁻)

3.3.10.1. Tüm Ölçüm Periyodunda

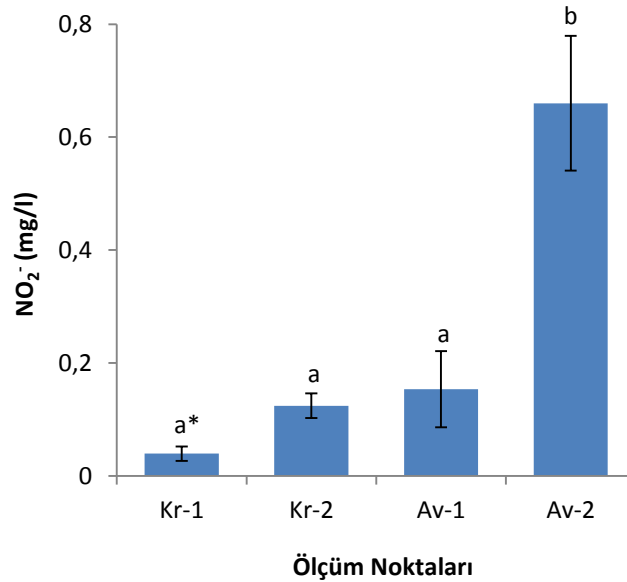
Gözlem süresi boyunca en yüksek NO₂⁻ değeri 3,41 mg/l (27.08.2014) olarak Av2'de, en düşük NO₂⁻ değeri 0,00 mg/l olarak farklı dönemlerde bütün noktalarda ölçülmüştür. Kr1, Kr2, Av1 ve Av2'nin tüm ölçümlere göre NO₂⁻ ortalamaları sırasıyla 0,03 mg/l, 0,13 mg/l, 0,15 mg/l ve 0,64 mg/l'dir. Tüm ölçüm periyodunda örnekleme noktalarında ölçülen NO₂⁻ değerlerindeki değişim Şekil 3.26'da verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre tüm ölçüm periyodunda yalnız Av2'nin ortalama NO₂⁻ değeri diğer noktalardan yüksek bulunmuş olup, diğer noktaların değerleri benzer bulunmuştur (p<0,05; Şekil 3.27; EK-1). Bunun Avlayan köyü nüfusunun fazla olması

ve yerleşim yerlerinin dereye yakın olmasının etkisiyle suya yüksek oranda evsel ve hayvansal atığın karışmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 3.26. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında NO_2^- değişimi.



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistik olarak fark vardır ($p < 0.05$).
Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.27. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının NO_2^- değerlerinin karşılaştırılması.

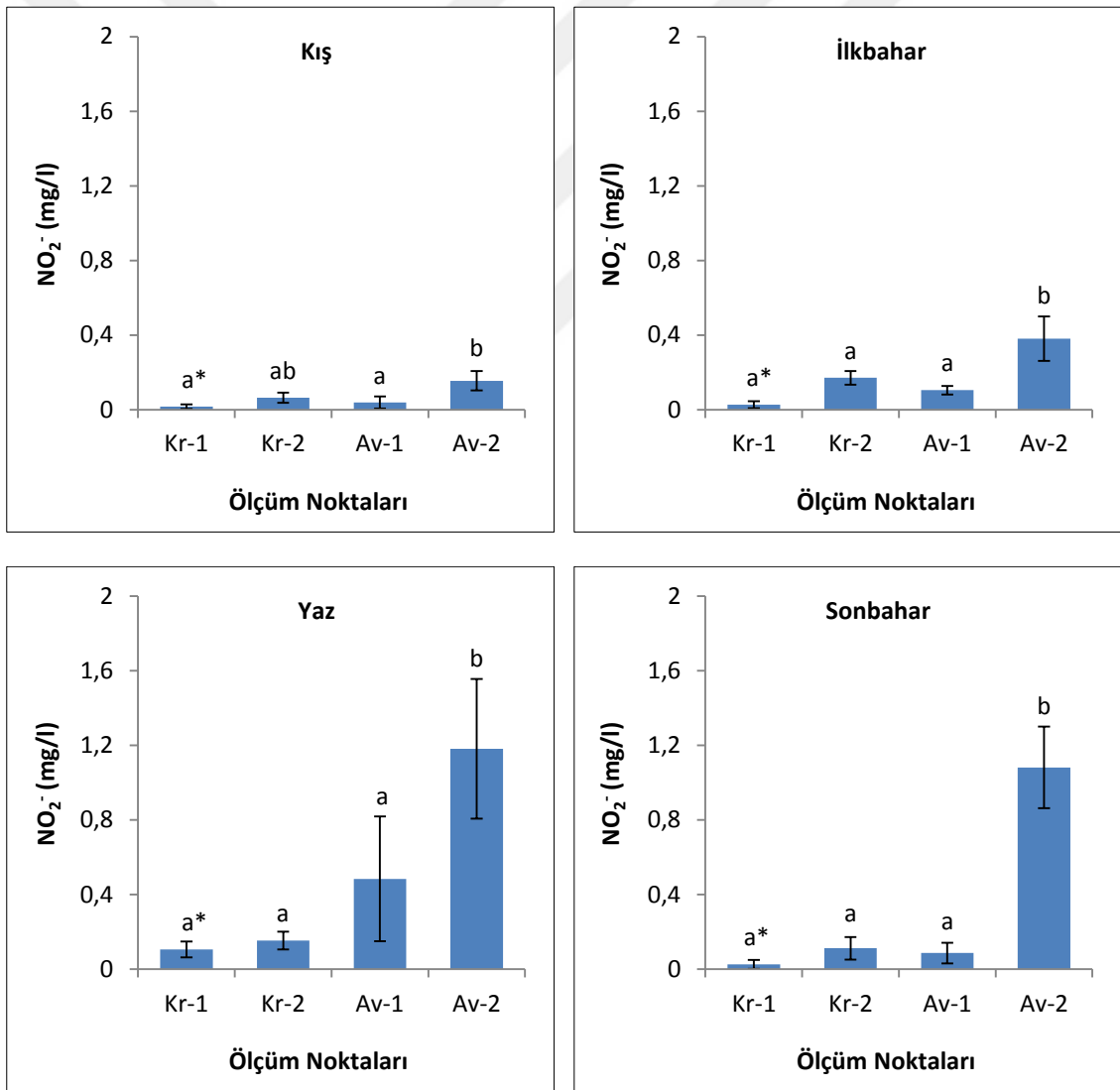
Bu sonuca göre NO_2^- üzerinde yerleşim yerlerinin büyük etkisinin olduğu söylenebilir. Japonya'daki 24 adet alt havzada yapılan çalışmada, havzalardaki kentsel alanların oranı ile NO_2^- arasında anlamlı pozitif ilişki bulunmuştur [11]. Benzer bir çalışmada da, kentsel alanların oranı ile nitrit ve nitrat azotu toplamı arasında anlamlı pozitif ilişki

bulunurken, orman alanlarının oranı ile anlamlı negatif ilişki bulunmuştur [15].

3.3.10.2. Mevsimsel

Ölçüm noktalarının ortalama NO_2^- değerlerindeki mevsimsel değişim incelendiğinde, Kr2 ve Av1'nin NO_2^- değerinin tüm mevsimlerde benzer olduğu görülmüştür. Fakat Kr1'de yaz mevsiminde, Av2'de ise yaz ve sonbahar mevsiminde NO_2^- artışı belirlenmiştir ($p<0,05$; EK-2). Bunun nedeninin su sıcaklığının yükselmesi ile bakteriyolojik faaliyetin artması olduğu düşünülmektedir.

Av2 haricindeki bütün noktaların NO_2^- değerleri tüm mevsimlerde benzer bulunmuştur. Av2'de yaz ve sonbahar mevsimlerinde NO_2^- artışı görülmesine rağmen tüm mevsimlerde diğer noktalardan yüksek değer almıştır ($p<0,05$; Şekil 3.28; EK-3).



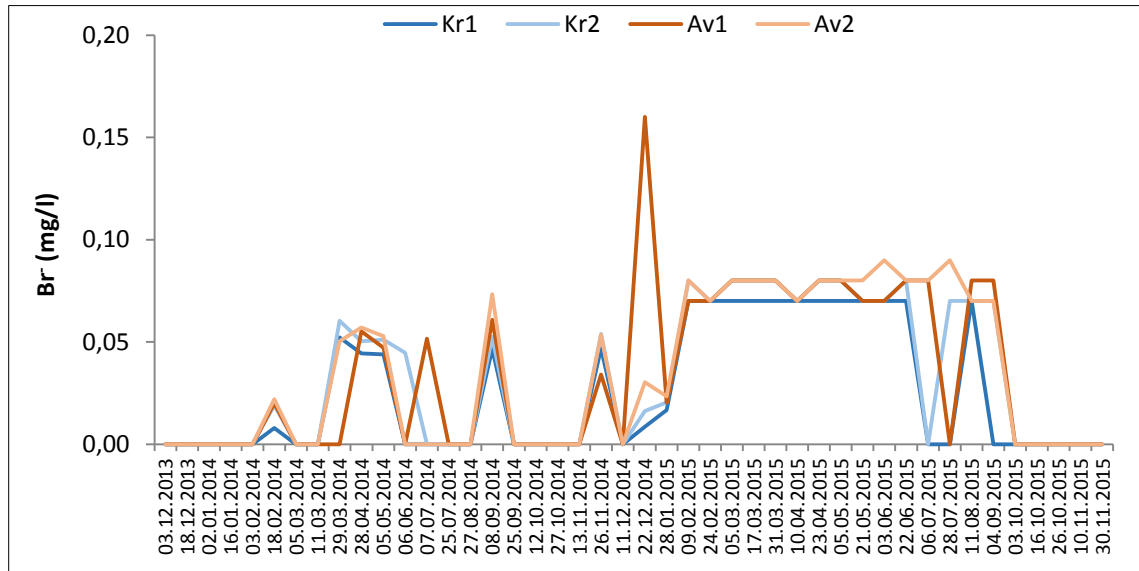
*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p<0.05$).
Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.28. NO_2^- değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.

3.3.11. Brom (Br⁻)

3.3.11.1. Tüm Ölçüm Periyodunda

Gözlem süresi boyunca en yüksek Br⁻ değeri 0,16 mg/l (22.12.2014) olarak Av1’de, en düşük Br⁻ değeri ise 0,00 mg/l olarak farklı dönemlerde bütün noktalarda ölçülmüştür. Kr1, Kr2, Av1 ve Av2’nin tüm ölçümlere göre Br⁻ ortalamaları sırasıyla 0,03 mg/l, 0,04 mg/l, 0,05 mg/l ve 0,04 mg/l’dir. Tüm ölçüm periyodunda örnekleme noktalarında ölçülen Br⁻ değerlerindeki değişim Şekil 3.29’da verilmiştir.



Şekil 3.29. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında Br⁻ değişimi.

Varyans analizi sonuçlarına göre tüm ölçüm periyodunda Br⁻ değerleri bakımından noktalar arasında anlamlı fark bulunamamıştır ($p < 0,05$; EK-1).

3.3.11.2. Mevsimsel

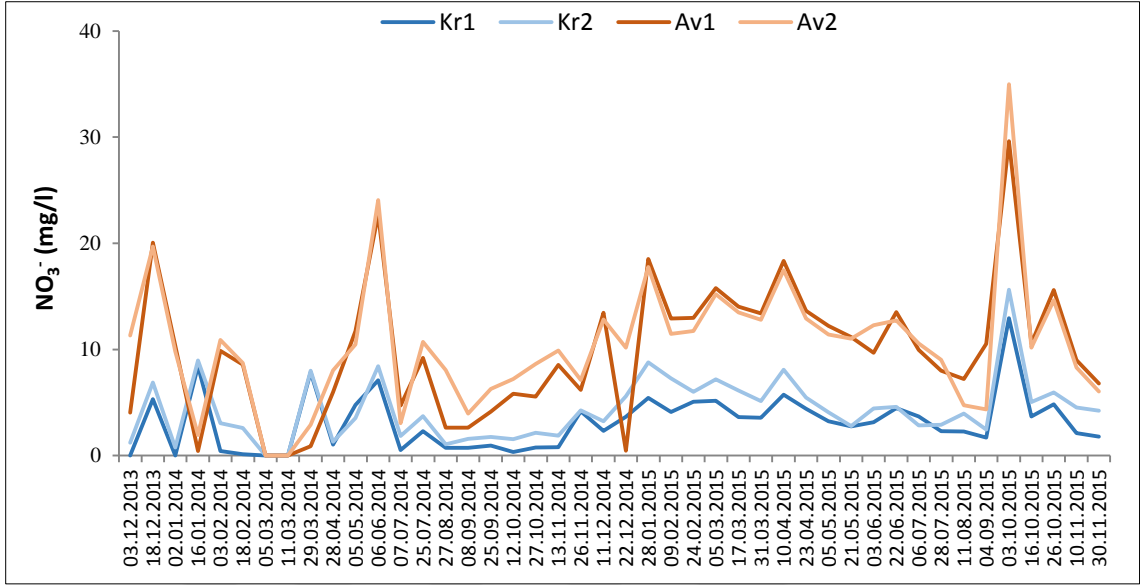
Ölçüm noktalarının ortalama Br⁻ değerlerindeki mevsimsel değişim incelendiğinde, Br⁻ değerinin Av1’de tüm mevsimlerde benzer olduğu, Kr1’de yalnız ilkbahar mevsiminde artış gösterirken Kr2 ve Av2’de ilkbahar ve yaz mevsimlerinde artış gösterdiği belirlenmiştir ($p < 0,05$; EK-2). Mevsimsel olarak noktalar arasında kıyaslama yapıldığında ise hiçbir mevsimde anlamlı fark bulunamamıştır ($p < 0,05$; EK-3).

3.3.12. Nitrat (NO₃⁻)

3.3.12.1. Tüm Ölçüm Periyodunda

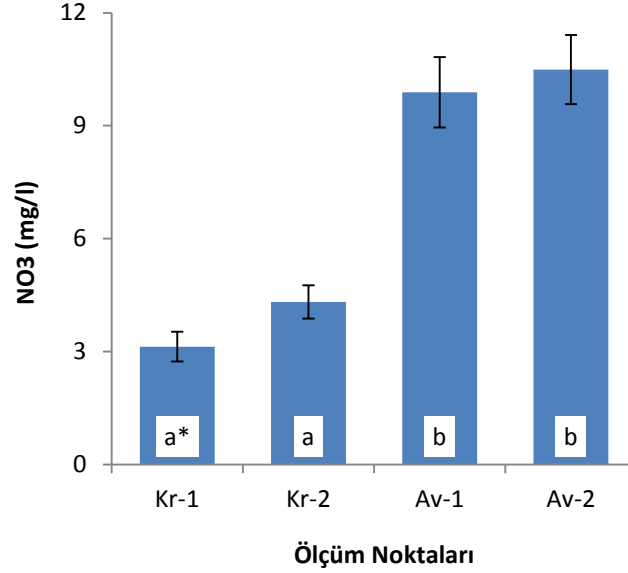
Gözlem süresi boyunca en yüksek NO₃⁻ değeri 34,98 mg/l (03.10.2015) olarak Av2’de, en küçük NO₃⁻ değeri ise 0,00 mg/l olarak farklı dönemlerde bütün noktalarda

ölçülmüştür. Kr1, Kr2, Av1 ve Av2'nin tüm ölçümlere göre NO_3^- ortalamaları sırasıyla 3,13 mg/l, 4,32 mg/l, 9,89 mg/l ve 10,49 mg/l'dir. Tüm ölçüm periyodunda örnekleme noktalarında ölçülen NO_3^- değerlerindeki değişim Şekil 3.30'da verilmiştir.



Şekil 3.30. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında NO_3^- değişimi.

Varyans analizi sonuçlarına göre tüm ölçüm periyodunda Av1'in NO_3^- değeri Kr1'den anlamlı olarak yüksek bulunmuş olup Kr2 ile Kr1'in, Av2 ile de Av1'in NO_3^- değerleri benzer bulunmuştur ($p < 0,05$; Şekil 3.31; EK-1). Bu sonuca göre gübreleme faaliyetlerinden dolayı tarım alanlarının NO_3^- üzerinde önemli etkisinin olduğu söylenebilir. Nitekim yapılan çalışmalarda havzadaki tarım alanına bağlı olarak kullanılan gübre miktarındaki artışın, topraktaki ve sudaki NO_3^- miktarını arttırdığı belirtilmiştir [7], [10], [53]. Havza topraklarında yapılan analizlere göre de Avlayan havzasının 20-40 cm ve 40-60 cm derinlikteki tarım topraklarında N değerleri orman topraklarından anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Benzer olarak ABD'deki bir nehir havzasında yapılan çalışmada da orman arazilerinin havzanın NO_3^- değerleri üzerinde negatif etkisinin olduğu belirlenmiştir [62].



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p < 0.05$).
Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.31. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının NO₃⁻ değerlerinin karşılaştırılması.

Tüm ölçümlere göre Kr1, Kr2, Av1 ve Av2'nin ortalama NO₃⁻-N (nitrat azotu) değerleri sırasıyla 0,67 mg/l, 0,95 mg/l, 2,19 mg/l, 2,31 mg/l'dir. Tarım havzasının NO₃⁻-N değeri ormanlık havzaya göre daha yüksek bulunmuştur.

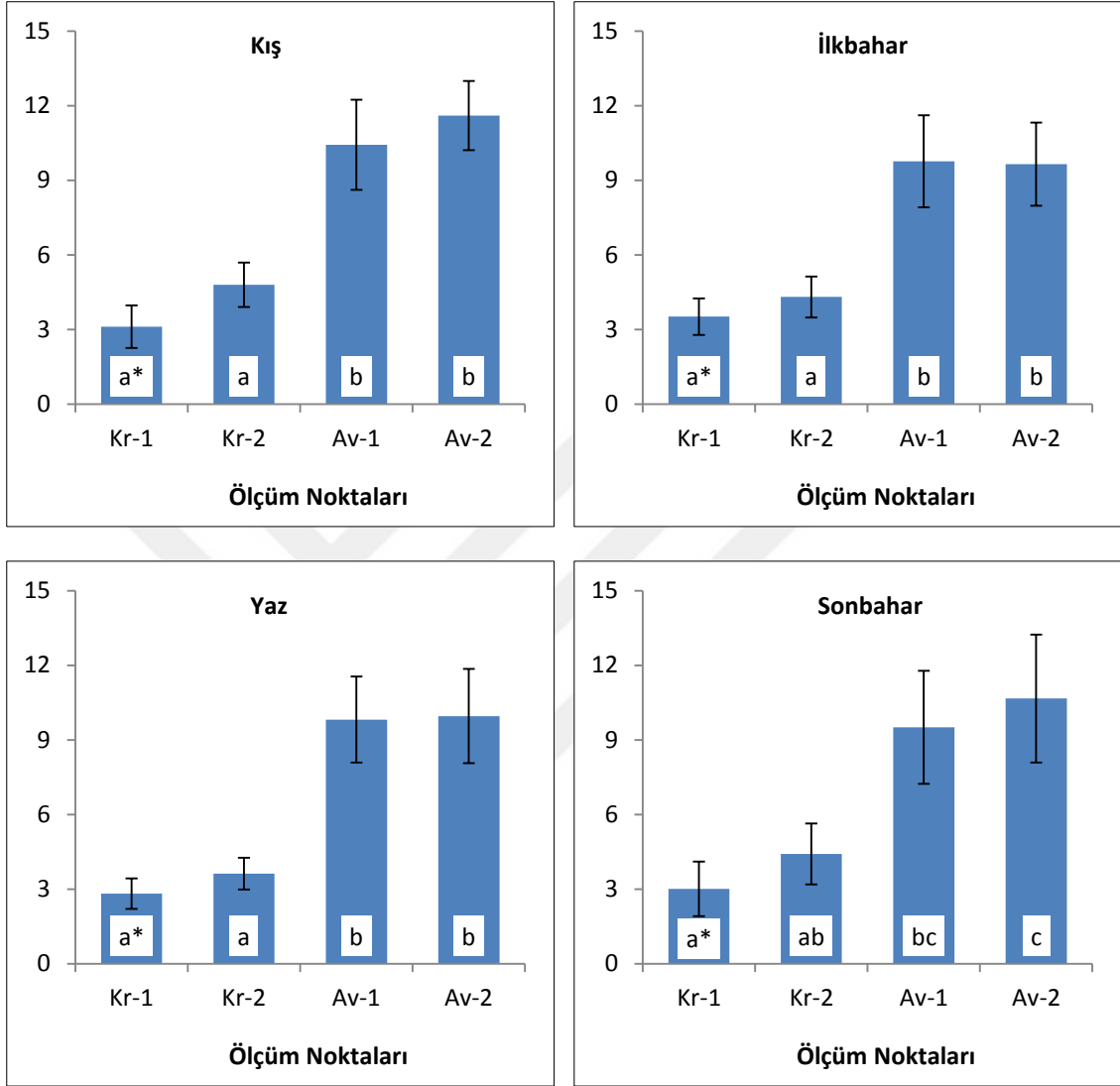
Nitekim Kanada'da yapılan çalışmada, tarımsal arazi kullanımının yoğun olduğu havzanın NO₃⁻-N değeri, ormanın yoğun olduğu havzaya göre anlamlı olarak yüksek bulunmuştur [58]. Tarım ve orman alanı oranları farklı olan çok sayıda havzalarda yapılan çalışmalarda da, havzada tarım alanı oranı arttıkça NO₃⁻-N değerinin arttığı belirtilmiştir [10], [53], [57]. Çin'deki bir nehrin 12 farklı noktasında yapılan ölçümler sonucu NO₃⁻-N konsantrasyonunun, ormanın yoğun olduğu ölçüm noktalarından tarım ve yerleşimin olduğu ölçüm noktalarına doğru insan etkisindeki artışa bağlı olarak önemli derecede artış gösterdiği belirlenmiştir [34]. Benzer bir çalışmada da kentsel alanların oranı ile nitrit ve nitrat azotu toplamı arasında anlamlı pozitif ilişki bulunurken orman alanları oranı ile anlamlı negatif ilişki bulunmuştur [15].

Tüm ölçüm noktalarının NO₃⁻-N değerleri 3 mg/l'nin altında olduğundan YSKY'ne göre 1. sınıf su kalitesine sahiptirler.

3.3.12.2. Mevsimsel

Ölçüm noktalarının ortalama NO₃⁻ değerlerindeki mevsimsel değişim incelendiğinde, her bir ölçüm noktasında ortalama NO₃⁻ değerlerinin tüm mevsimlerde benzer olduğu görülmüştür ($p < 0,05$; EK-2).

Mevsimsel olarak noktalar arasında kıyaslama yapıldığında tüm mevsimlerde Av1'in ortalama NO_3^- değeri Kr1'den yüksek bulunmuş olup Kr2'nin NO_3^- değeri Kr1 ile, Av2'nin değeri de Av1 ile benzerlik göstermiştir ($p < 0,05$; Şekil 3.32; EK-3).



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p < 0,05$).
Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.32. NO_3^- değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.

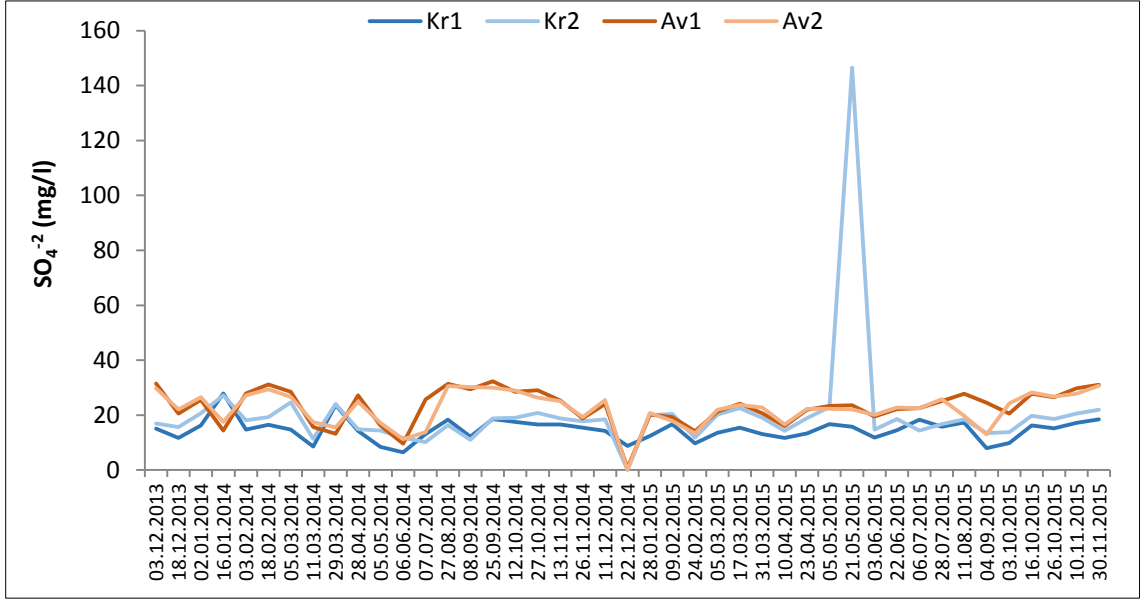
YSKY'ne göre NO_3^- -N değerleri bakımından ölçüm noktalarının hepsi tüm mevsimlerde de 1. sınıf su kalitesine sahiptirler.

3.3.13. Sülfat (SO_4^{-2})

3.3.13.1. Tüm Ölçüm Periyodunda

Gözlem süresi boyunca en yüksek SO_4^{-2} değeri mg/l 146,54 (21.05.2015) olarak Kr2'de, en düşük SO_4^{-2} değeri ise 0,01 mg/l (22.12.2014) Av2'de ölçülmüştür. Kr2'de

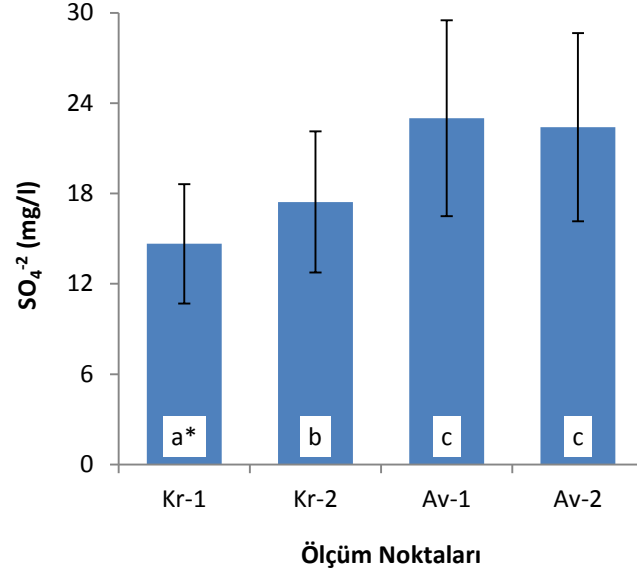
21.05.2015 tarihinde ölçülen ekstrem değer istatistiksel analize dahil edilmemiştir. Buna göre Kr1, Kr2, Av1 ve Av2'nin tüm ölçümlere göre SO_4^{-2} ortalamaları sırasıyla 14,67 mg/l, 17,44 mg/l, 23,01 mg/l ve 22,41 mg/l'dir. Tüm ölçüm periyodunda örnekleme noktalarında ölçülen SO_4^{-2} değerlerindeki değişim Şekil 3.33'te verilmiştir.



Şekil 3.33. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında SO_4^{-2} değişimi.

Varyans analizi sonuçlarına göre tüm ölçüm periyodunda Av1'in ortalama SO_4^{-2} değeri Kr1'den anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Av2'nin SO_4^{-2} değeri Av1 ile benzer bulunurken Kr2'nin SO_4^{-2} değeri Kr1'den yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$; Şekil 3.34; EK-1). Bu sonuç tarım ve yerleşim alanlarının sudaki SO_4^{-2} konsantrasyonunu yükselttiğini göstermektedir.

ABD'de yapılan bir çalışmada da, SO_4^{-2} ile kentsel ve tarım arazileri arasında güçlü pozitif korelasyon, orman arazileri arasında yüksek negatif korelasyon bulunmuştur [13]. Kr2'nin SO_4^{-2} değeri Kr1'den yüksek iken Av1'in değerinin Av2 ile benzer olması Avlayan havzasında bulunan kireçtaşı anakayasının bu parametre üzerindeki etkisinden kaynaklanmış olabilir. Nitekim anakaya ile sudaki çözülmüş organik madde arasındaki ilişkinin belirlenmesi için yapılan bir çalışmada, kireçtaşı anakayasının bulunduğu havzaların sularında SO_4^{-2} konsantrasyonları yüksek bulunmuştur [93].



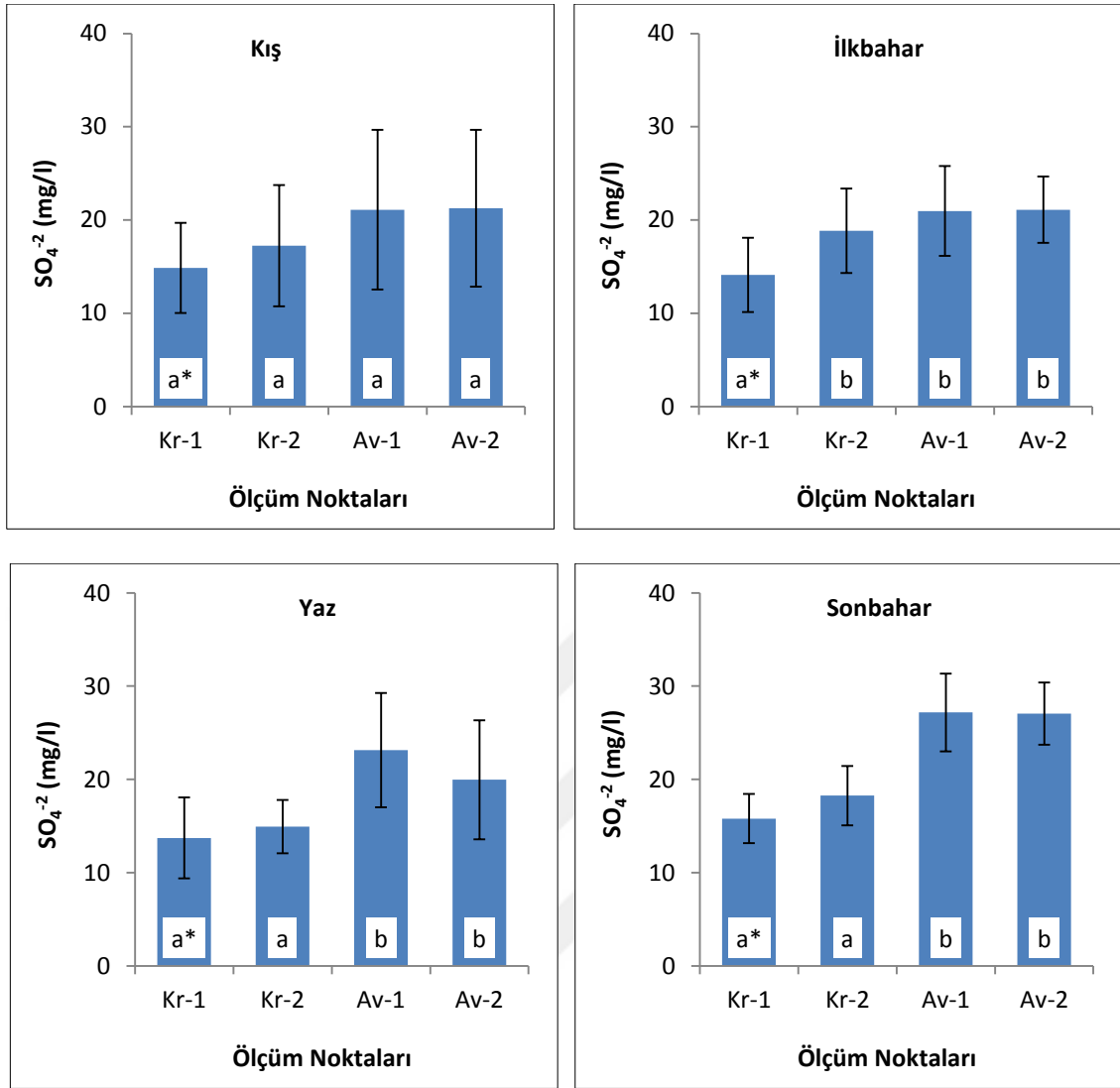
*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır (p<0,05).

Şekil 3.34. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının SO₄⁻² değerlerinin karşılaştırılması.

3.3.13.2. Mevsimsel

Ölçüm noktalarının ortalama SO₄⁻² değerlerindeki mevsimsel değişim incelendiğinde, Kr1 ve Kr2'nin SO₄⁻² değerinin tüm mevsimlerde benzer olduğu, Av1 ve Av2'de ise bu değer sonbahar mevsiminde artış gösterdiği belirlenmiştir (p<0,05; EK-2).

Mevsimsel olarak noktalar arasında kıyaslama yapıldığında, kış mevsiminde tüm noktaların SO₄⁻² değeri birbirine benzer bulunmuştur. Diğer mevsimlerde Av1'in ortalama SO₄⁻² değeri Kr1'den anlamlı olarak yüksek bulunurken Av1 ve Av2'nin SO₄⁻² değeri benzer bulunmuştur. Kr2 ise yalnız ilkbahar mevsiminde Kr1'den yüksek değer almıştır (p<0,05; Şekil 3.35; EK-3). Sonuç olarak tüm mevsimlerde insan etkisinin fazla olduğu tarım ve yerleşim alanlarında SO₄⁻² değerinin yüksek olduğu görülmüştür.



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır (p<0.05).

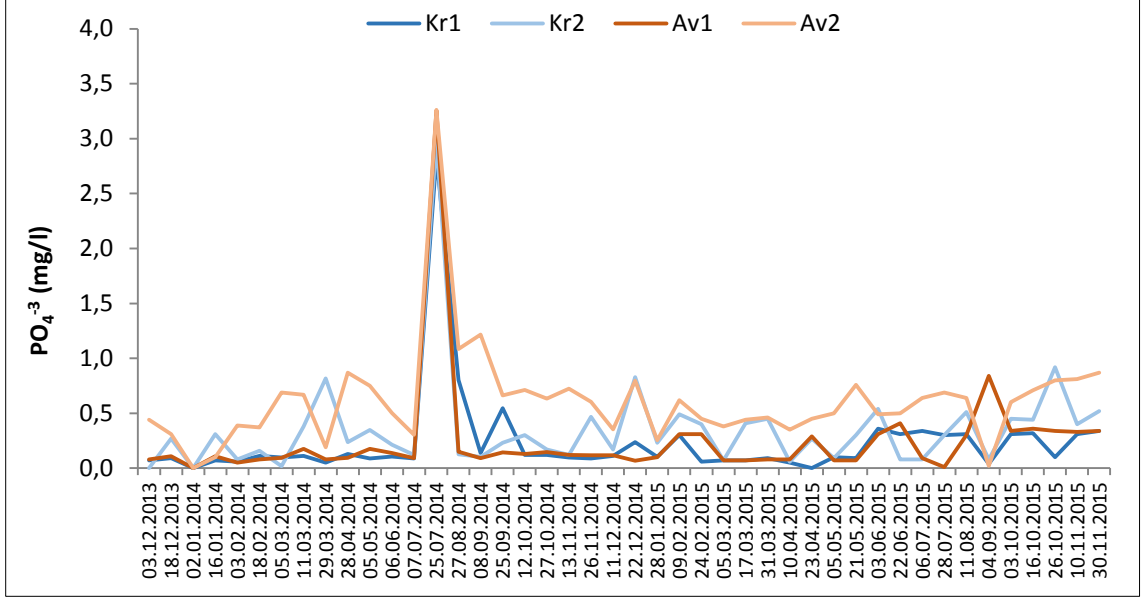
Şekil 3.35. SO₄²⁻ değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.

3.3.14. Fosfat (PO₄³⁻)

3.3.14.1. Tüm Ölçüm Periyodunda

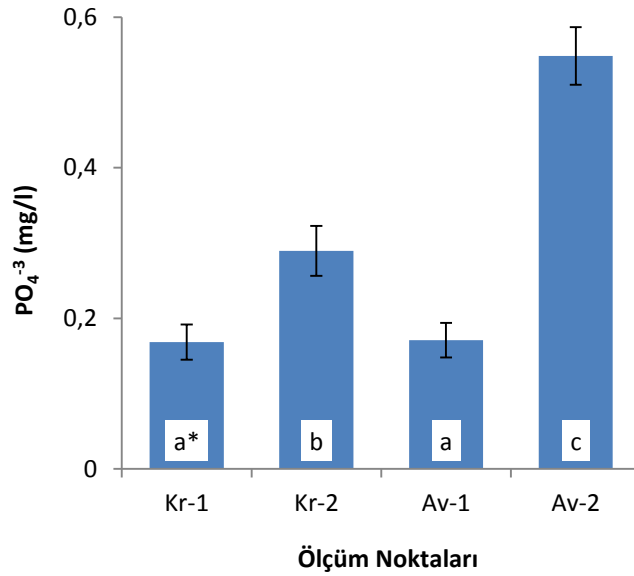
Gözlem süresi boyunca en yüksek PO₄³⁻ değeri 3,26 mg/l (25.07.2014) olarak Av2’de, en düşük PO₄³⁻ değeri ise 0,00 mg/l olarak farklı dönemlerde tüm noktalarda ölçülmüştür. Buna göre Kr1, Kr2, Av1 ve Av2’nin tüm ölçümlere göre PO₄³⁻ ortalamaları sırasıyla 0,17 mg/l, 0,29 mg/l, 0,18 mg/l ve 0,55 mg/l’dir.

Tüm ölçüm periyodunda örnekleme noktalarında ölçülen PO₄³⁻ değerlerindeki değişim Şekil 3.36’da verilmiştir.



Şekil 3.36. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında PO_4^{-3} değişimi.

Varyans analizi sonuçlarına göre tüm ölçüm periyodunda Kr1 ve Av1'in ortalama PO_4^{-3} değeri benzer bulunurken, Kr2'nin PO_4^{-3} değeri Kr1'den, Av2'nin değeri ise Av1'den anlamlı olarak yüksek bulunmuş olup en yüksek PO_4^{-3} değerine Av2'nin sahip olduğu görülmüştür ($p < 0,05$; Şekil 3.37; EK-1). Her iki havzada da yerleşim yerlerinden sonra PO_4^{-3} değerinin yükselmesinin nedeni evsel atıklar ve deterjanlardır. Bu değer Av2'de daha fazla artmış olmasının da Avlayan köyünün nüfusunun daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p < 0,05$). Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.37. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının PO_4^{-3} değerlerinin karşılaştırılması.

Doğal sularda ve atık sularda fosfor, genelde fosfatlardan oluşmaktadır. Bu nedenle ölçüm noktalarının ortalama TP miktarları PO_4^{-3} değerlerinden yola çıkarak bulunmuştur. Tüm ölçümlere göre Kr1, Kr2, Av1 ve Av2'nin ortalama TP değerleri sırasıyla 0,06 mg/l, 0,09 mg/l, 0,06 mg/l, 0,18 mg/l olup bu değerlerin yerleşim yerlerinden sonra artış gösterdiği belirlenmiştir.

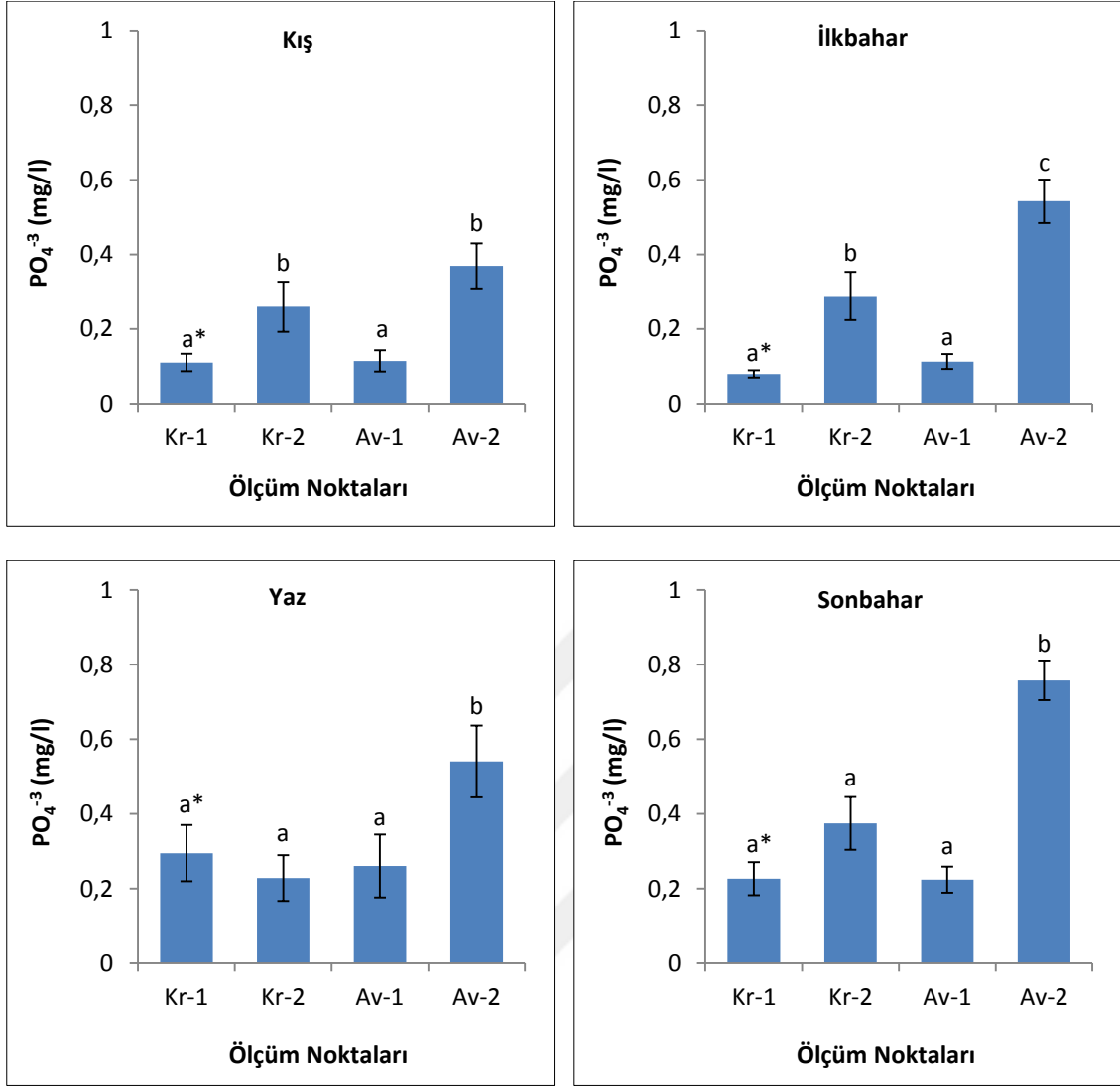
ABD'de yapılan bir çalışmada da, fosfor ile havzalardaki kentsel ve tarım alanları arasında anlamlı pozitif ilişki bulunurken [13], benzer bir çalışmada fosfor ile yalnız kentsel alanlar arasında anlamlı pozitif ilişki bulunmuştur [15] ve her iki çalışmada da fosfor ile orman alanları arasında anlamlı negatif ilişki bulunmuştur. Farklı arazi kullanımına sahip havzalarda yapılan başka bir çalışmada da kentsel alanların ortofosfat üzerinde pozitif etkisinin olduğu belirlenmiştir [62]. Diğer bir araştırmada havzadaki kentsel alanları temsil eden akarsuların PO_4^{-3} değeri, çalılık alanları temsil eden akarsulara göre yüksek bulunmuştur [60]. Kentsel alan ve kırsal alanla çevrili göllerin su kalitesinin incelendiği bir çalışmada ise kırsal alanla çevrili gölün PO_4^{-3} değeri kentsel alanla çevrili göle göre anlamlı olarak düşük bulunmuştur [64].

YSKY'ne göre TP değerleri bakımından Kr1 ve Av1 1. sınıf su kalitesine sahip iken Kr2 ve Av2 2. sınıf su kalitesine sahiptir.

3.3.14.2. *Mevsimsel*

Ölçüm noktalarının ortalama PO_4^{-3} değerlerindeki mevsimsel değişim incelendiğinde, bu değerlerin Kr2'de tüm mevsimlerde benzer olduğu görülürken Kr1 ve Av1'de yaz ve sonbahar mevsiminde, Av2'de ise sonbahar mevsiminde arttığı belirlenmiştir ($p < 0,05$; EK-2).

Mevsimsel olarak noktalar arasında kıyaslama yapıldığında tüm mevsimlerde Kr1 ve Av1'in PO_4^{-3} değerinin benzer olduğu ve Av2'nin Av1'den yüksek değer aldığı belirlenmiştir. Kr2'nin PO_4^{-3} değeri ise kış ve ilkbahar mevsimlerinde Kr1'den yüksek olurken, yaz ve sonbahar mevsiminde Kr1 ve Av1 ile benzer değer almıştır ($p < 0,05$; Şekil 3.38; EK-3). Bunun nedeni yaz ve sonbahar mevsiminde Kr1 ve Av1'de PO_4^{-3} değerinin artmış olmasıdır. Araştırma alanında şiddetli yağışların yaz ve sonbahar aylarında meydana gelmiş olmasının bu artışın nedeni olduğu düşünülmektedir.



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistik olarak fark vardır (p<0.05).
Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.38. PO₄³⁻ değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.

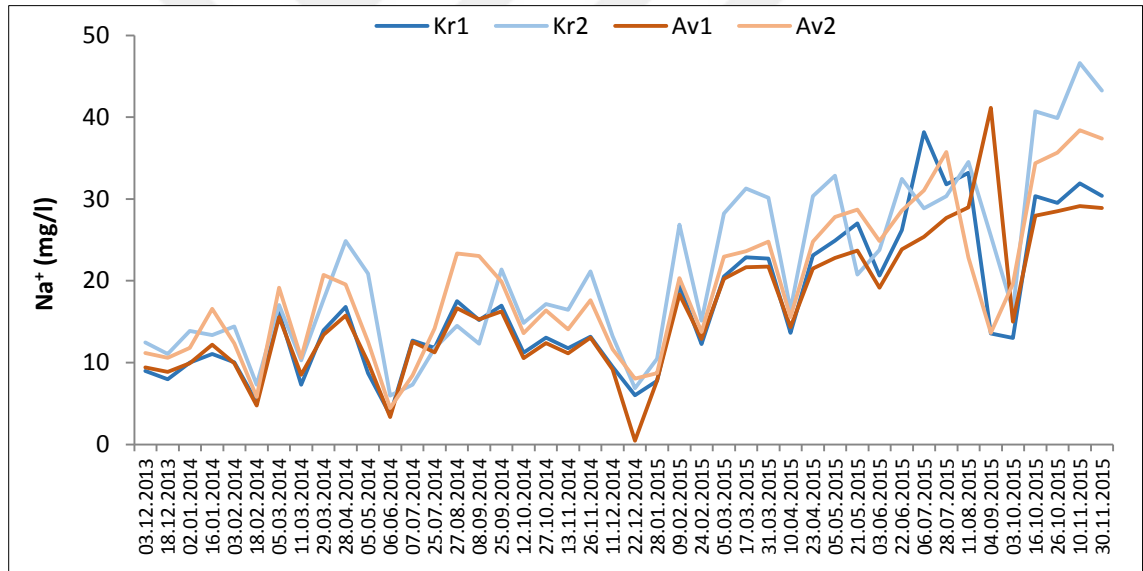
Çin'deki bir rezervuar havzasında yapılan çalışmada, yerleşim yerlerinin yoğun olduğu alt havzaların TP konsantrasyonu yağışlı sezonda çok yüksek bulunmuştur [8]. Bunun atık sular ve çöplerin yüzeysel akışla akarsuya karışmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Benzer bir çalışmada ise kentsel alanlar ile TP arasında anlamlı olarak pozitif ilişki bulunmuş ve TP değerinin yazın ve yüksek yağışlardan sonra arttığı belirtilmiştir [65]. Kentsel alan ve kırsal alanla çevrili göllerin su kalitesinin incelendiği bir çalışmada, kentsel alanla çevrili gölün PO₄³⁻ değerinin muson sezonunda yüksek bulunmasının nedeninin yoğun akış ile yerleşim yerlerinde meydana gelen yıkanmadan kaynaklanmış olabileceği belirtilmiştir [64]. Zimbabve'deki benzer bir çalışmada ise yerleşim yerleri ile TP arasında hem yağışlı hem de kurak sezonda, tarım alanları ve TP arasında ise yağışlı sezonda güçlü pozitif ilişki bulunmuştur [16].

YSKY'ne göre TP değerleri bakımından Kr1 ve Av1 yalnız yaz mevsiminde 2. sınıf su kalitesine sahip olup diğer mevsimlerde su kaliteleri 1. sınıftır. Kr2 yaz mevsiminde 1. sınıf su kalitesine sahip olurken diğer mevsimlerde su kalitesi 2. sınıfa düşmektedir. Av2'de su kalitesi sonbahar mevsiminde 3. sınıf olurken diğer mevsimlerde 2. sınıfa yükselmektedir.

3.3.15. Sodyum (Na⁺)

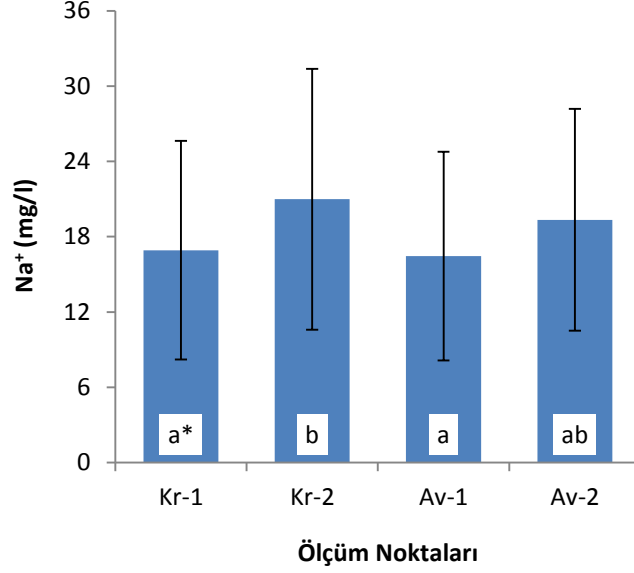
3.3.15.1. Tüm Ölçüm Periyodunda

Gözlem süresi boyunca en yüksek Na⁺ değeri 46,63 mg/l (10.11.2015) olarak Kr2'de, en düşük Na⁺ değeri ise 0,45 mg/l (22.12.2014) olarak Av1'de ölçülmüştür. Kr1, Kr2, Av1 ve Av2'nin tüm ölçümlere göre Na⁺ ortalamaları sırasıyla 16,92 mg/l, 20,99 mg/l, 16,46 mg/l ve 19,35 mg/l'dir. Tüm ölçüm periyodunda örnekleme noktalarında ölçülen Na⁺ değerlerindeki değişim Şekil 3.39'da verilmiştir.



Şekil 3.39. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında Na⁺ değişimi.

Varyans analizi sonuçlarına göre tüm ölçüm periyodunda Kr1 ve Av1'in ortalama Na⁺ değeri benzer bulunurken Kr2'nin Na⁺ değeri Kr1'den, Av2'in değeri ise Av1'den yüksek bulunmuştur (p<0,05; Şekil 3.40; EK-1). Bu sonuç, Na⁺ değeri üzerinde yerleşim yerlerinin önemli etkisinin olduğunu göstermektedir. Yapılan bir araştırmada, Na⁺ ile kentsel ve tarım arazileri arasında güçlü pozitif korelasyon, orman arazileri arasında yüksek negatif korelasyon bulunmuştur [13].

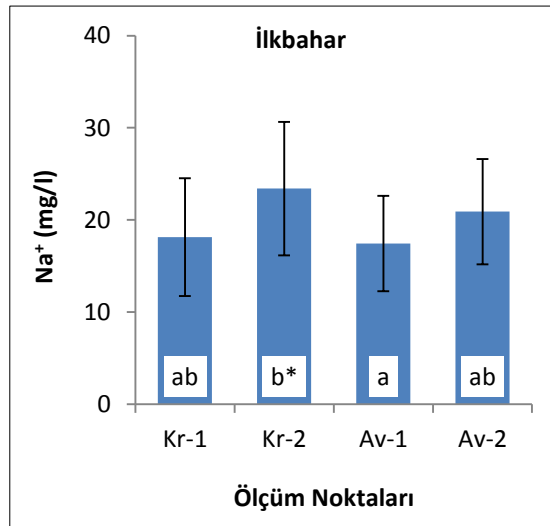


*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır (p<0.05).

Şekil 3.40. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının Na⁺ değerlerinin karşılaştırılması.

3.3.15.2. Mevsimsel

Ortalama Na⁺ değerinin kış mevsimi haricinde tüm noktalarda benzer olduğu, kışın ise düştüğü belirlenmiştir (p<0,05; EK-2). Kış mevsiminde meydana gelen bu düşüşün yağışların seyreltme etkisiyle ilişkili olduğu düşünülmektedir. Mevsimsel olarak noktalar arasında kıyaslama yapıldığında, ilkbahar mevsimi haricinde tüm noktaların ortalama Na⁺ değerlerinin benzer olduğu görülmüştür. İlkbahar mevsiminde ise Kr1'in Na⁺ değeri Av1'den yüksek bulunmuştur ve bu mevsimde Kr2'nin Na⁺ değeri Kr1'e göre, Av2'nin değeri ise Av1'e göre yüksek değer almıştır (p<0,05; Şekil 3.41; EK-3).



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır (p<0.05).

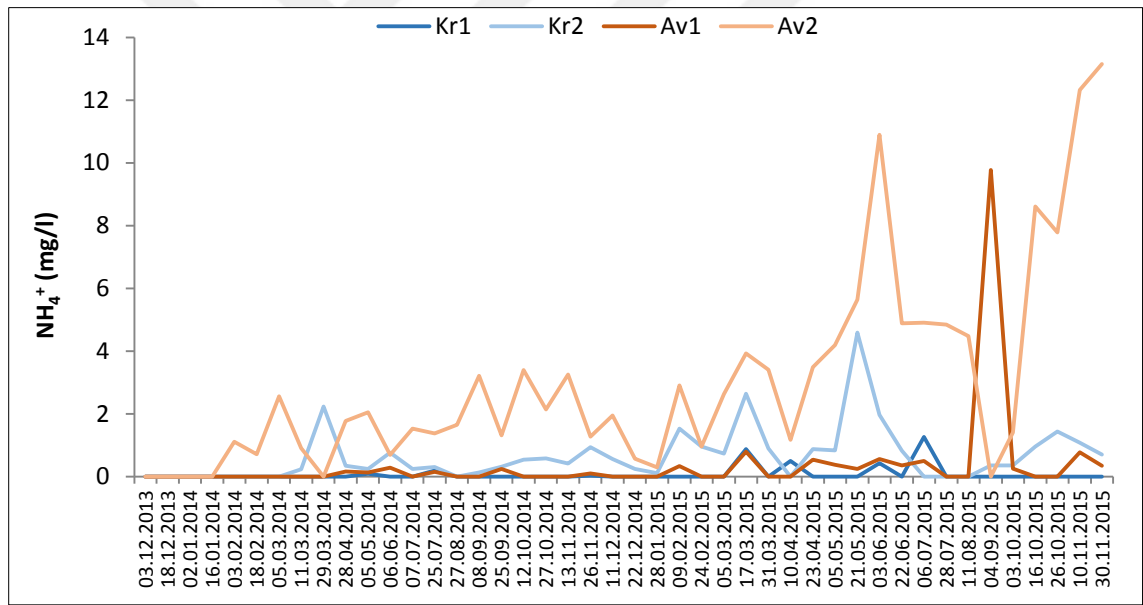
Şekil 3.41. Na⁺ değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.

3.3.16. Amonyum (NH₄⁺)

3.3.16.1. Tüm Ölçüm Periyodunda

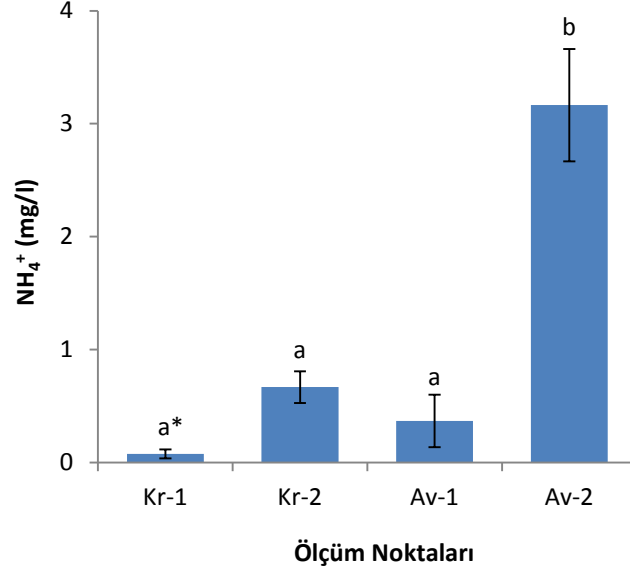
Gözlem süresi boyunca en yüksek NH₄⁺ değeri 13,15 mg/l (30.11.20145) olarak Av2’de, en küçük NH₄⁺ değeri ise 0,00 mg/l olarak farklı dönemlerde tüm noktalarda ölçülmüştür. Kr1, Kr2, Av1 ve Av2’nin tüm ölçümlere göre NH₄⁺ ortalamaları sırasıyla 0,08 mg/l, 0,66 mg/l, 0,36 mg/l ve 3,01 mg/l’dir. Tüm ölçüm periyodunda örnekleme noktalarında ölçülen NH₄⁺ değerlerindeki değişim Şekil 3.42’de verilmiştir.

Tüm ölçüm ortalamalarına göre Kr1, Kr2, Av1 ve Av2’nin NH₄⁺-N (amonyum azotu) değerleri sırasıyla 0,06 mg/l, 0,52 mg/l, 0,29 mg/l, 2,46 mg/l’dir. YSKY’ne göre NH₄⁺-N değeri Kr1’de 0,2 mg/l’nin altında olduğundan 1. sınıf su kalitesine, Kr2 ve Av1’de 0,2-1 mg/l arasında olduğundan 2. sınıf su kalitesine, Av2’de ise 2 mg/l’nin üzerinde olduğundan ise 4. sınıf su kalitesine sahiptir.



Şekil 3.42. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında NH₄⁺ değişimi.

Varyans analizi sonuçlarına göre tüm ölçüm periyodunda Kr1, Kr2 ve Av1’in ortalama NH₄⁺ değerleri benzer bulunurken, Av2’nin NH₄⁺ değeri bu noktalardan anlamlı olarak yüksek bulunmuştur (p<0,05; Şekil 3.43; EK-1). Bunun Av2’deki yerleşim yerlerinden ve ahırlardan dereye karışan atık sularından kaynaklandığı düşünülmektedir.



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p < 0.05$).
Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

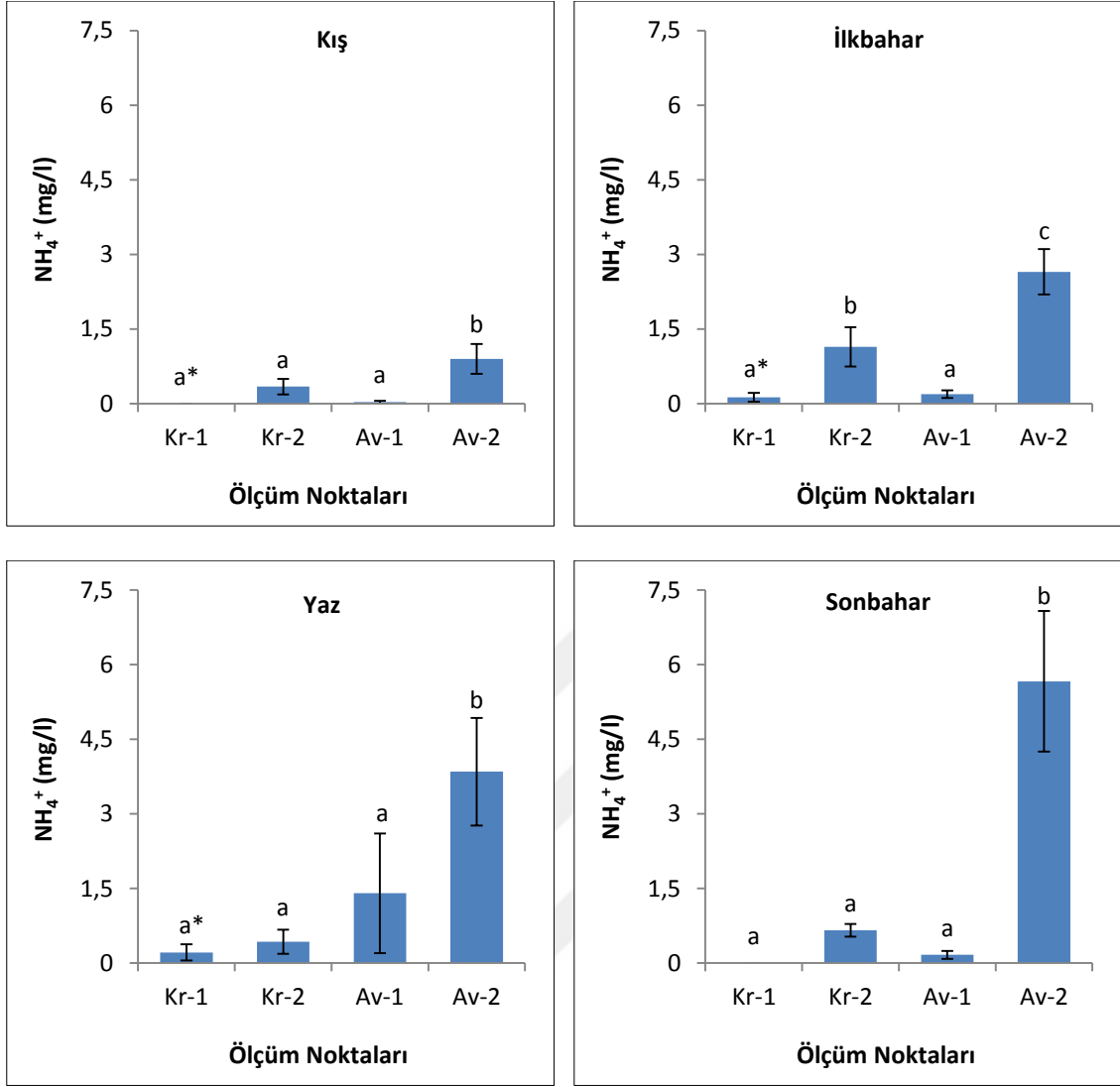
Şekil 3.43. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının NH_4^+ değerlerinin karşılaştırılması.

Ekvador'daki bir nehrin farklı arazi kullanımlarını temsil eden noktalarında yapılan ölçümler sonucunda, kentsel arazi kullanımını temsil eden noktaların NH_4^+ konsantrasyonları, tarım ve orman alanlarını temsil eden noktalara göre anlamlı olarak yüksek bulunmuştur [14]. Yine Çin'deki bir nehrin 12 farklı noktasında yapılan ölçümler sonucunda NH_4^+ -N konsantrasyonunun, ormanın yoğun olduğu ölçüm noktalarından tarım ve yerleşimin yoğun olduğu ölçüm noktalarına doğru insan etkisindeki artışa bağlı olarak önemli derecede artış gösterdiği belirlenmiştir [34].

3.3.16.2. Mevsimsel

Ölçüm noktalarının ortalama NH_4^+ değerlerindeki mevsimsel değişim incelendiğinde, Kr1 ve Av1'in NH_4^+ değerinin tüm mevsimlerde benzer olduğu, Kr2 ve Av2'de ise bu değerlerin yalnız kış mevsiminde düşük olduğu görülmüştür ($p < 0,05$; EK-2). Bu durumun yağışların seyreltme etkisiyle ilişkisi olduğu düşünülmektedir.

Mevsimsel olarak noktalar arasında kıyaslama yapıldığında tüm mevsimlerde Kr1 ve Av1'in NH_4^+ değeri benzer bulunmuştur ve en yüksek değeri Av2'nin aldığı görülmüştür. Kr2'nin NH_4^+ değeri ise yalnız ilkbahar mevsiminde Kr1'den yüksek bulunmuş olup diğer mevsimlerde Kr1 ve Av1 ile benzer değer almıştır ($p < 0,05$; Şekil 3.44; EK-3).



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistik olarak fark vardır (p<0.05).
Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.44. NH₄⁺ değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.

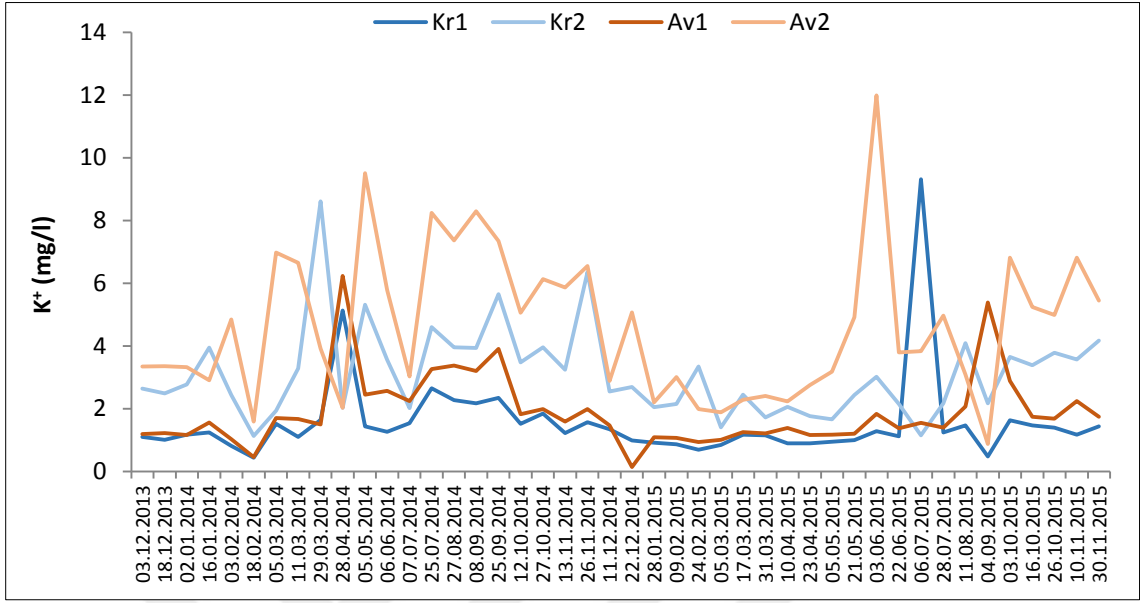
YSKY'ne göre NH₄⁺-N bakımından tüm mevsimlerde Kr1 1. sınıf su kalitesine, Kr2 ise 2. sınıf su kalitesine sahiptir. Av1 yaz mevsimi haricinde 1. sınıf su kalitesine sahip iken yaz mevsiminde NH₄⁺-N miktarı 1 mg/l'nin üzerine çıktığından su kalitesi 3. sınıfa düşmektedir. Av2 kış mevsiminde 2. sınıf su kalitesine sahip iken diğer mevsimlerde 4. sınıfa düşmektedir.

3.3.17. Potasyum (K⁺)

3.3.17.1. Tüm Ölçüm Periyodunda

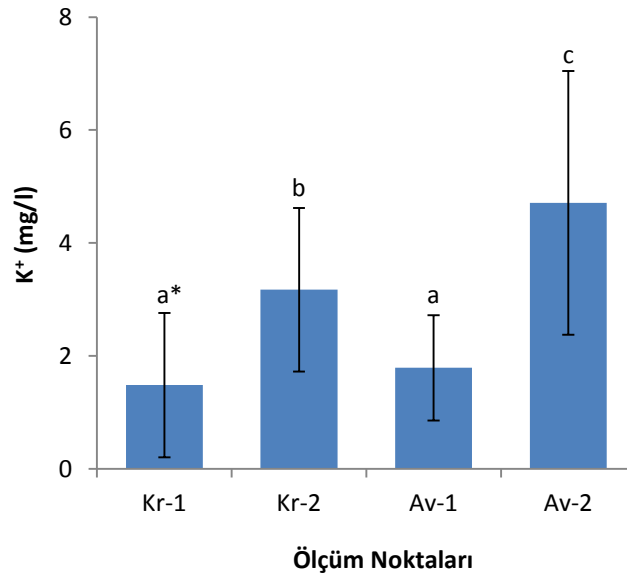
Gözlem süresi boyunca en yüksek K⁺ değeri 11,99 mg/l (03.06.2015) olarak Av2'de, en düşük K⁺ değeri ise 0,14 mg/l (22.12.2014) olarak Av1'de ölçülmüştür. Kr1, Kr2, Av1 ve Av2'nin tüm ölçümlere göre K⁺ ortalamaları sırasıyla 1,49 mg/l, 3,18 mg/l, 1,80 mg/l

ve 4,72 mg/l'dir. Tüm ölçüm periyodunda örnekleme noktalarında ölçülen K^+ değerlerindeki değişim Şekil 3.45'te verilmiştir.



Şekil 3.45. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında K^+ değişimi.

Varyans analizi sonuçlarına göre tüm ölçüm periyodunda Kr1 ve Av1'in ortalama K^+ değeri benzer bulunmuş olup Kr2'nin K^+ değeri Kr1'den, Av2'nin K^+ değeri ise Av1'den anlamlı olarak yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$; Şekil 3.46; EK-1). Yani her iki havzada da yerleşim yerlerinden sonra K^+ değerlerinde anlamlı artış meydana gelmiştir. Bu sonuç K^+ üzerinde yerleşim yerlerinin önemli etkisinin olduğunu göstermektedir.



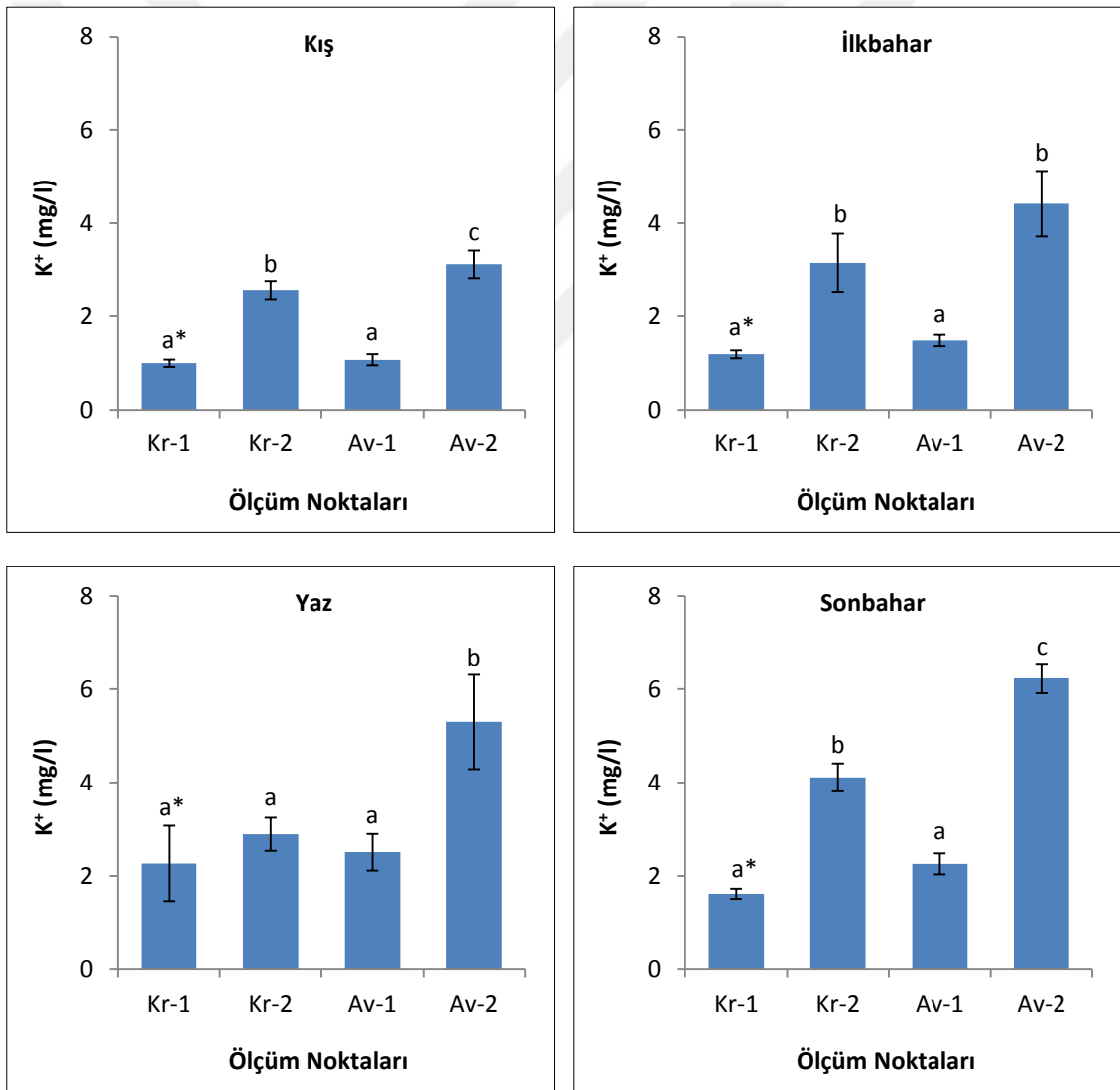
*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p < 0,05$).

Şekil 3.46. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının K^+ değerlerinin karşılaştırılması.

3.3.17.2. Mevsimsel

Tüm ölçüm noktalarında en düşük ortalama K^+ değeri kış mevsiminde görülmüş olup, bu değer Kr1'de yazın, Kr2'de sonbaharda, Av1 ve Av2'de yazın ve sonbaharda artış göstermiştir ($p<0,05$; EK-2).

Mevsimsel olarak noktalar arasında kıyaslama yapıldığında, tüm mevsimlerde Kr1 ve Av1'in K^+ değerinin benzer olduğu ve Av2'nin Av1'den yüksek değer aldığı belirlenmiştir. Kr2'nin K^+ değerinin ise yalnız yaz mevsiminde Kr1 ve Av1 ile benzer olduğu, diğer mevsimlerde bu noktalardan yüksek değer aldığı görülmüştür ($p<0,05$; Şekil 3.47; EK-3). Bunun nedeni yazın araştırma alanında meydana gelen şiddetli yağışların Kr1 ve Av1'in K^+ değerinde artış meydana getirmesi olabilir.



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p<0.05$).
Hata çubukları standart hatayı göstermektedir.

Şekil 3.47. K^+ değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.

3.3.18. Magnezyum (Mg⁺²)

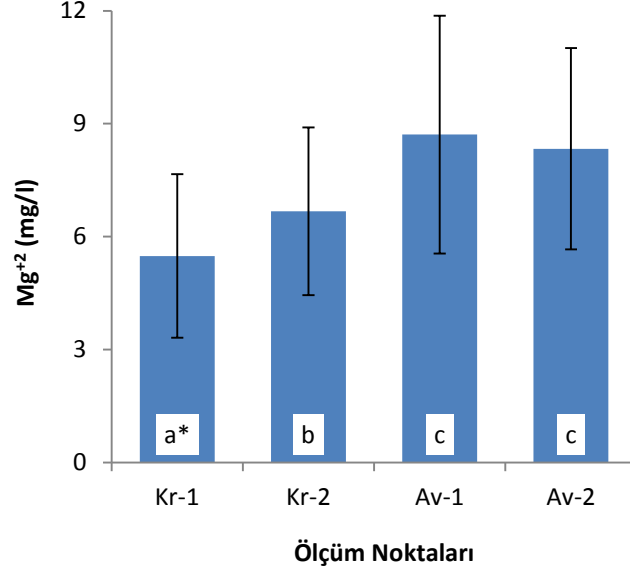
3.3.18.1. Tüm Ölçüm Periyodunda

Gözlem süresi boyunca en yüksek ve en düşük Mg⁺² değeri 15,27 mg/l (25.09.2014) ve 0,24 mg/l (22.12.2014) olarak Av1'de ölçülmüştür. Kr1, Kr2, Av1 ve Av2'nin tüm ölçümlere göre Mg⁺² ortalamaları sırasıyla 5,49 mg/l, 6,68 mg/l, 8,72 mg/l ve 8,34 mg/l'dir. Tüm ölçüm periyodunda örnekleme noktalarında ölçülen Mg⁺² değerlerindeki değişim Şekil 3.48'de verilmiştir.



Şekil 3.48. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında Mg⁺² değişimi.

Varyans analizi sonuçlarına göre tüm ölçüm periyodunda Av1'in ortalama Mg⁺² değeri Kr1'den anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Av2'nin Mg⁺² değeri Av1 ile benzer bulunurken, Kr2'nin Mg⁺² değeri Kr1'den yüksek bulunmuştur (p<0,05; Şekil 3.49; EK-1). Bu sonuç tarım alanlarının Mg⁺² üzerinde etkisinin olabileceğini gösterdiği gibi Avlayan havzasının anakayasının çoğunlukla kireçtaşından oluşmasından dolayı da Av1'in yüksek değer almış olabileceği düşünülmektedir. Nitekim anakaya ile sudaki çözünmüş organik madde arasındaki ilişkinin belirlenmesi için yapılan bir çalışmada, kireçtaşı anakayasının bulunduğu havzaların sularında Mg⁺² konsantrasyonları yüksek bulunmuştur [93].



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır (p<0.05).

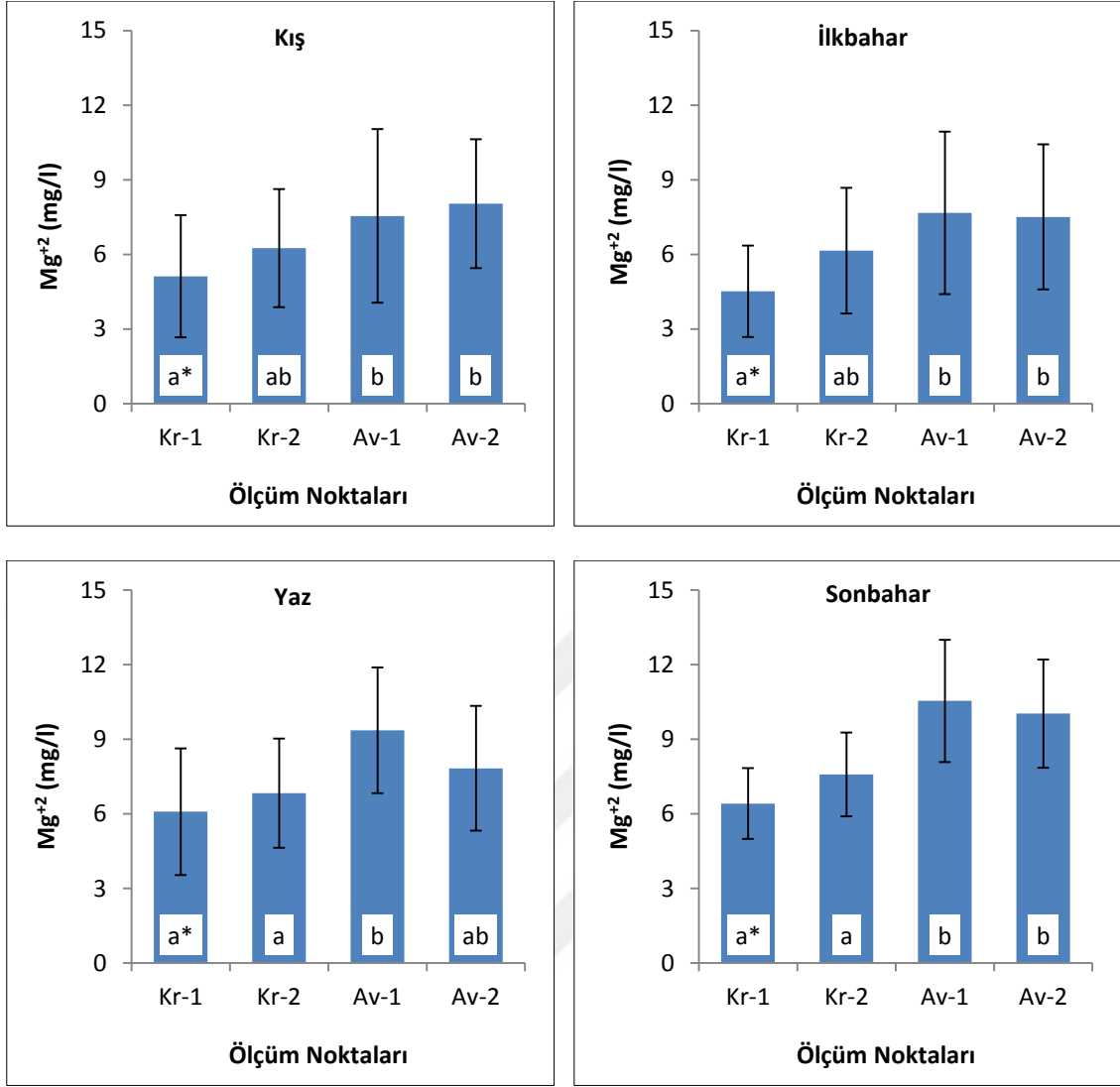
Şekil 3.49. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının Mg⁺² değerlerinin karşılaştırılması.

Farklı oranlarda tarım ve orman alanlarına sahip havzalarda yapılan bir çalışmada, havza suları arasında Mg⁺² değerleri bakımından anlamlı olarak fark bulunmuş ve orman yoğun havzadan tarım yoğun havzaya doğru Mg⁺² değerinin arttığı belirlenmiştir [53]. Benzer bir çalışmada da Mg⁺² ile kentsel ve tarım arazileri arasında güçlü pozitif korelasyon, orman arazileri arasında yüksek negatif korelasyon bulunmuştur [13].

3.3.18.2. Mevsimsel

Ölçüm noktalarının ortalama Mg⁺² değerlerindeki mevsimsel değişim incelendiğinde tüm mevsimlerde Kr1 ve Kr2'nin Mg⁺² değerinin benzer olduğu, Av1 ve Av2'de ise bu değerlerin yaz ve sonbahar mevsiminde artış gösterdiği belirlenmiştir (p<0,05; EK-2).

Mevsimsel olarak noktalar arasında kıyaslama yapıldığında, tüm mevsimlerde Av1'in ortalama Mg⁺² değeri Kr1'den anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Kış ve ilkbahar mevsiminde Kr2'nin Mg⁺² değeri Kr1'den yüksek bulunurken, yaz ve sonbahar mevsiminde bu iki noktanın değerlerinin benzer olduğu görülmüştür. Av2'nin Mg⁺² değeri ise yalnız yaz mevsiminde Av1'den düşük bulunurken diğer mevsimlerde Av1 ile benzer değerler aldığı belirlenmiştir (p<0,05; Şekil 3.50; EK-3).



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır (p<0.05).

Şekil 3.50. Mg⁺² değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.

3.3.19. Kalsiyum (Ca⁺²)

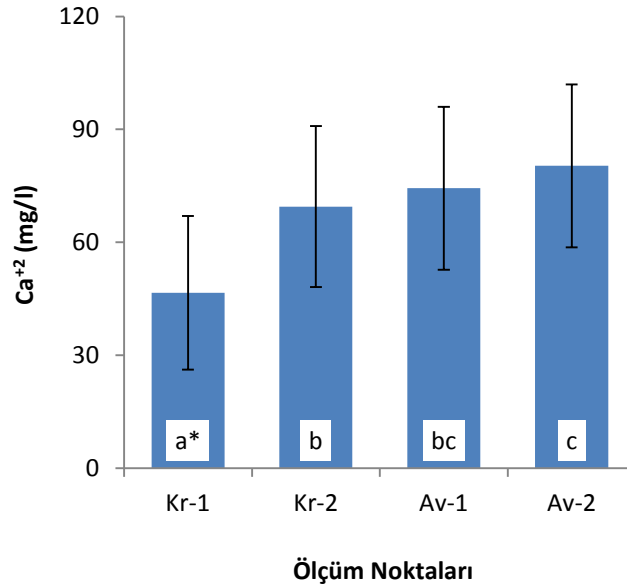
3.3.19.1. Tüm Ölçüm Periyodunda

Gözlem süresi boyunca en yüksek Ca⁺² değeri 128,19 mg/l (05.03.2014) olarak Kr2’de, en düşük Ca⁺² değeri ise 2,49 mg/l (22.12.2014) olarak Av1’de ölçülmüştür. Kr1, Kr2, Av1 ve Av2’nin tüm ölçümlere göre Ca⁺² ortalamaları sırasıyla 45,67 mg/l, 69,32 mg/l, 74,69 mg/l ve 79,35 mg/l’dir. Tüm ölçüm periyodunda örnekleme noktalarında ölçülen Ca⁺² değerlerindeki değişim Şekil 3.51’de verilmiştir.



Şekil 3.51. Gözlem süresi boyunca ölçüm noktalarında Ca²⁺ değişimi.

Varyans analizi sonuçlarına göre tüm ölçüm periyodunda Av1'in ortalama Ca²⁺ değeri Kr1'den anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Kr2'nin Ca²⁺ değeri Kr1'den, Av2'nin Ca²⁺ değeri ise Av1'den yüksek bulunmuştur. Yani her iki havzada da yerleşim yerlerinden sonra Ca²⁺ değerinde artış meydana gelmiştir (p<0,05; Şekil 3.52; EK-1).



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır (p<0.05).

Şekil 3.52. Tüm ölçümlere göre ölçüm noktalarının Ca²⁺ değerlerinin karşılaştırılması.

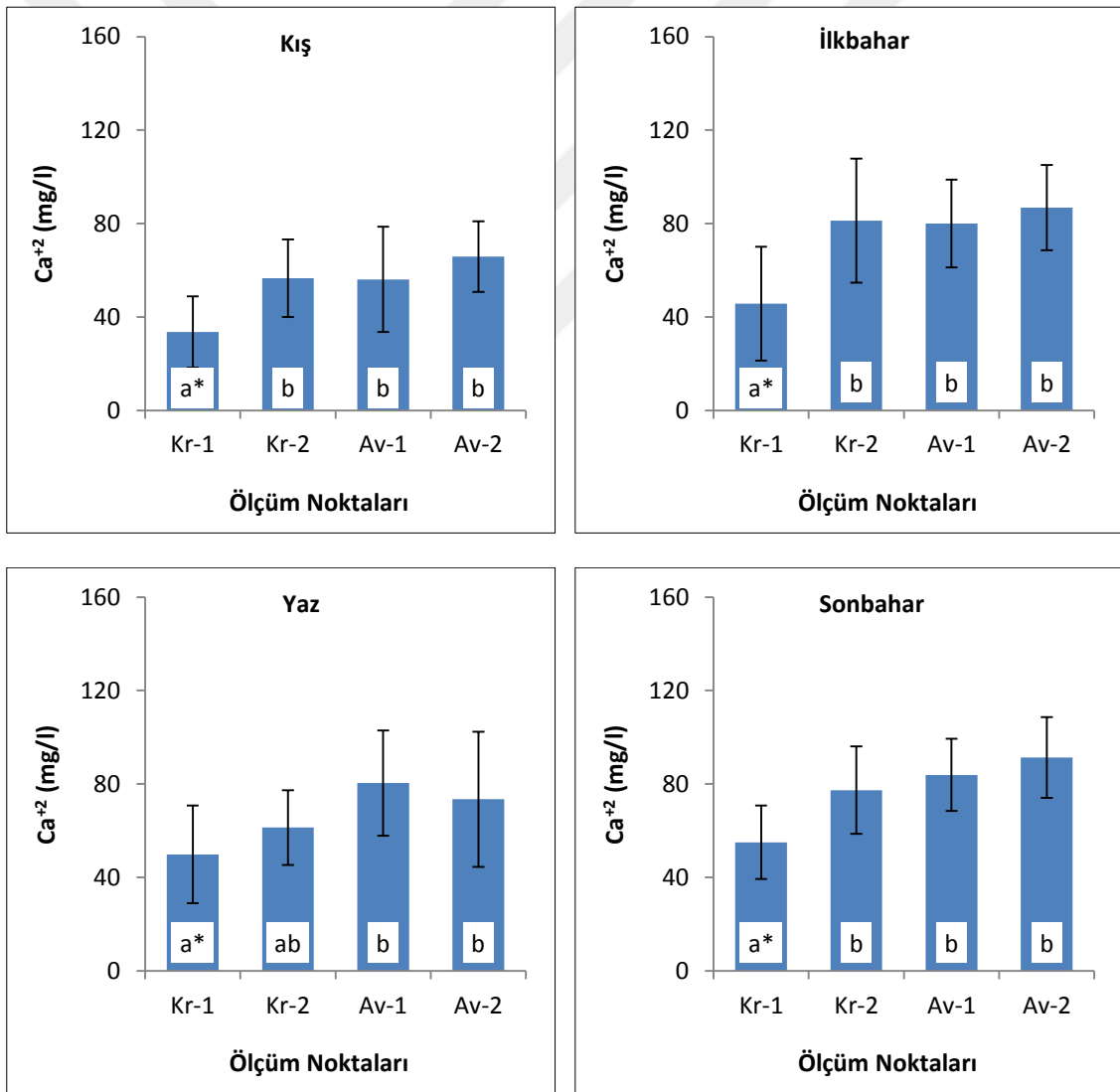
Bu sonuç tarım ve yerleşim alanlarının Ca²⁺ üzerinde önemli etkisinin olduğunu gösterdiği gibi Avlayan havzasının yüksek değer alması, anakayanın kalkerli olmasından da kaynaklanmış olabilir. Nitekim yapılan bir çalışmada, kireçtaşı ana kayasının bulunduğu havzaların sularında Ca²⁺ değerleri yüksek bulunmuştur [93].

Benzer bir çalışmada da yine Ca^{+2} ile kentsel ve tarım arazileri arasında güçlü pozitif korelasyon, orman arazileri arasında yüksek negatif korelasyon bulunmuştur [13].

3.3.19.2. Mevsimsel

Ölçüm noktalarının ortalama Ca^{+2} değerlerindeki mevsimsel değişim incelendiğinde, tüm noktalarda bu değer kış mevsiminde düşük olduğu görülmüş olup diğer mevsimlerde Kr1 ve Av1'in değeri yükselmiştir. Kr2 ve Av2'de ise bu değer ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde yükselmiştir ($p<0,05$; EK-2)

Mevsimsel olarak noktalar arasında kıyaslama yapıldığında, tüm mevsimlerde Kr1 haricindeki noktaların Ca^{+2} değerleri benzer bulunurken, Kr1'in Ca^{+2} değeri bu noktalardan anlamlı olarak düşük bulunmuştur ($p<0,05$; Şekil 3.53; EK-3).



*Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark vardır ($p<0,05$).

Şekil 3.53. Ca^{+2} değerlerinin mevsimsel olarak karşılaştırılması.

3.4. HAVZALARIN TOPRAK ÖZELLİKLERİ

Fındık ve orman alanlarını temsil edecek şekilde, her iki havzada 12'şer adet toprak profili açılarak 3 derinlik kademesinden toprak ve silindir örnekleri alınmıştır. Buna göre Yukarıkaraköy havzasından toplam 36 adet, Avlayan havzasından ise toplam 32 adet örnek alınmış olup bunlara ait analiz sonuçları EK-4'te verilmiştir.

Havzaların toprakları genel olarak ağır kil özelliği göstermekte olup alt topraklarda kil oranı yüksektir. Her iki havzada da permeabilite, toplam su tutma kapasitesi, hacim ağırlığı, Eİ, Mg^{+2} ve TC değerleri 0-20 derinlikte yüksek iken, diğer derinliklerde bu değerler düşüktür.

Havzaların tarım ve orman topraklarında ölçülen parametrelerin, derinlik kademelerine göre ortalama değerleri Çizelge 3.4'te verilmiştir. Ortalama değerlere göre havzaların toprakları arasında, 0-20 cm derinlikte TC bakımından, 20-40 cm derinlikte toplam su tutma kapasitesi ve TN bakımından, 40-60 cm derinlikte ise TN ve TC bakımından farklılıklar bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 3.4. Havzaların tarım ve orman topraklarında ölçülen parametrelerin derinliğe göre ortalama değerleri.

Derinlik	Parametre	Yukarıkaraköy Havzası		Avlayan Havzası	
		Orman	Tarım	Orman	Tarım
0-20 cm	Kum (%)	34,1 a	36,5 a	32,5 a	35,9 a
	Kil (%)	42,4 a	38,0 a	48,5 a	46,7 a
	Toz (%)	23,5 a	25,5 a	19,0 a	17,4 a
	Permeabilite	74,9 a	18,9 a	69,2 a	55,8 a
	Top. Su Tutma Kapasitesi	51,1 a	49,6 a	42,2 a	40,2 a
	Hacim ağırlığı (gr/cm^3)	1,2 a	1,2 a	1,1 a	1,3 a
	pH	5,5 a	6,0 a	6,0 a	6,3 a
	Eİ ($\mu S/cm$)	207,3 a	176,1 a	154,3 a	154,6 a
	TN (%)	0,20 a	0,18 a	0,24 a	0,14 a
	TC (%)	3,5 b*	3,0 ab	3,7 b	1,5 a
	Mg^{+2} (mg/kg)	5044,9 a	4757,4 a	3271,9 a	4033,5 a
	Ca^{+2} (mg/kg)	5076,5 a	6052,3 a	10293,1 a	4917,8 a
	Na^{+2} (mg/kg)	179,1 a	200,4 a	167,4 a	153,1 a
	K^+ (mg/kg)	3029,1 a	2706,7 a	2749,3 a	2816,7 a

*Her satırda koyu renk ve farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır ($p<0,05$).

Çizelge 3.4 (devam). Havzaların tarım ve orman topraklarında ölçülen parametrelerin derinliğe göre ortalama değerleri.

Derinlik	Parametre	Yukarıkaraköy Havzası		Avlayan Havzası	
		Orman	Tarım	Orman	Tarım
20-40 cm	Kum (%)	28,6 a	31,7 a	27,2 a	38,0 a
	Kil (%)	51,7 a	43,5 a	54,7 a	45,6 a
	Toz (%)	19,7 a	24,8 a	18,1 a	16,4 a
	Permeabilite	29,7 a	16,7 a	46,3 a	13,7 a
	Top. Su Tutma Kapasitesi	42,8 b	40,4 b	30,5 a	29,8 a
	Hacim ağırlığı (gr/cm ³)	1,3 a	1,4 a	1,4 a	1,5 a
	pH	5,6 a	5,7 a	6,2 a	6,0 a
	Eİ (µS/cm)	98,5 a	100,6 a	86,7 a	74,2 a
	TN (%)	0,09 ab	0,06 a	0,11 ab	0,14 b
	TC (%)	1,2 a	1,0 a	2,2 a	1,6 a
	Mg ⁺² (mg/kg)	6250,5 a	5558,8 a	4276,5 a	4311,5 a
	Ca ⁺² (mg/kg)	5173,9 a	5063,0 a	24762,6 a	3601,2 a
	Na ⁺² (mg/kg)	203,4 a	198,4 a	353,1 a	173,9 a
	K ⁺ (mg/kg)	3085,5 a	3029,4 a	3467,8 a	2044,1 a
40-60 cm	Kum (%)	26,0 a	29,7 a	28,8 a	35,1 a
	Kil (%)	53,2 a	46,4 a	54,0 a	45,3 a
	Toz (%)	20,8 a	23,9 a	17,2 a	19,6 a
	Permeabilite	1,8 a	3,5 a	0,4 a	2,6 a
	Top. Su Tutma Kapasitesi	43,8 a	41,4 a	31,6 a	29,1 a
	Hacim ağırlığı (gr/cm ³)	1,4 a	1,4 a	1,5 a	1,5 a
	pH	5,7 a	5,8 a	5,5 a	6,1 a
	Eİ (µS/cm)	71,4 a	97,6 a	50,9 a	55,8 a
	TN (%)	0,05 a	0,05 a	0,07 a	0,21 b
	TC (%)	0,7 a	0,7 a	0,6 a	2,4 b
	Mg ⁺² (mg/kg)	6820,6 a	6738,4 a	4674,3 a	4623,0 a
	Ca ⁺² (mg/kg)	5577,5 a	4654,5 a	3534,2 a	3822,7 a
	Na ⁺² (mg/kg)	219,3 a	226,6 a	162,2 a	168,9 a
	K ⁺ (mg/kg)	3373,7 a	3134,4 a	2472,3 a	2357,0 a

*Her satırda koyu renk ve farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiki olarak fark vardır (p<0,05).

Havzaların orman topraklarının 0-20 cm derinliğinde ölçülen TC değerleri, tarım topraklarında ölçülen değerlerden anlamlı olarak yüksek bulunmuştur (p<0,05). Bunun nedeni orman topraklarında organik maddenin yüksek olmasıdır. Yukarıkaraköy havzasının tarım ve orman topraklarının 20-40 cm derinliğinde ölçülen toplam su tutma kapasitesi değerleri, Avlayan havzasının tarım ve orman topraklarında ölçülen değerlerden yüksek bulunmuştur (p<0,05). Bu durum Yukarıkaraköy havzasının bu

derinlik kademesinde kil oranının artmasından kaynaklanmış olabilir. Hem 20-40 cm hem de 40-60 cm derinlikte en yüksek TN değeri Avlayan havzasının tarım topraklarında bulunmuş olup bunun nedeni gübrelemenin etkisi olabilir. Ayrıca Avlayan havzasının tarım topraklarının 40-60 cm derinliğinde TC değeri de diğerlerinden yüksek bulunmuş olup bunun ise ahır gübresi atılarak toprağın işlenmesinden kaynaklandığı düşünölmektedir.



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Büyük Melen Havzası'nın iki alt havzasında gerçekleştirilen bu çalışmada arazi kullanımının su verimi ve kalitesine etkisi araştırılmıştır. Havzaların yukarı kısımlarında farklı oranlarda fındık ve orman alanları, aşağı kısımlarında ise yerleşim ve tarım alanları bulunmaktadır. Tarım ve orman alanlarının su verimi ve kalitesine etkisini araştırmak için her iki havzada yerleşim yerlerinden önce akım ve su kalitesi ölçümleri yapılmıştır. Yerleşim yerlerinin su kalitesine etkisini araştırmak için ise havza sularının Büyük Melen Nehri'ne döküldüğü kısımlarında yalnız su kalitesi parametreleri ölçülmüştür. Tüm ölçümler iki yıl boyunca on beş günde bir ve yağışlardan sonra yapılmıştır. Havzalarda çeşitli seviyelerde ölçülen hızlar kullanılarak her iki havzanın ayrı ayrı seviye-debi denklemleri elde edilmiştir. Bu denklemler, seviye ölçerlerin 30 dakikada bir kaydettiği tüm seviye değerlerine uygulanarak havzaların aylık ve yıllık toplam su verimleri hesaplanmıştır. Su kalitesi parametreleri istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve su kalitesi bakımından havzaların ölçüm noktaları arasındaki farklar, tüm ölçümlere göre ve mevsimsel olarak ortaya konmuştur.

Fındık tarımının yoğun olduğu Avlayan havzasının alanı, orman alanının yoğun olduğu Yukarıkaraköy havzasının yaklaşık 2 katıdır. Tüm ölçüm verilerine göre Avlayan havzasının iki yıllık toplam su veriminin, Yukarıkaraköy havzasının yaklaşık 1,5 katı kadar olduğu belirlenmiştir. Avlayan havzasının alanının diğer havzanın alanından daha büyük olması bu sonucun normal olduğunu göstermektedir. Fakat havzaların birim alan su verimlerine bakıldığında ise durumun tersine döndüğü, yani Yukarıkaraköy havzasının birim alanından daha yüksek su verimi elde edildiği görülmüştür. Bu sonucun nedenlerinin şunlar olabileceği düşünülmektedir.

1. Fındık alanlarının yoğun olarak işlenmesi veya alanda otsu bitkilerin bulunmasından dolayı Avlayan havzasında evapotranspirasyon ve infiltrasyon artmış olabilir.
2. Yukarıkaraköy havzasının ortalama eğim, ortalama ana kanal eğimi, drenaj yoğunluğu, yol yoğunluğu ve dere sıklığının yüksek, akım toplanma zamanı, dairesellik oranı ve çatallanma oranının ise diğer havzadan düşük olması gibi nedenlerden dolayı bu havzada yağış sularının büyük bir bölümü yüzeysel akışa geçmiş olabilir.

3. Avlayan havzasının büyük kısmının jeolojik yapısının kireçtaşından oluşması nedeniyle havzaya düşen yağış suları derin yarık ve çatlaklarda depolanmış veya bu çatlaklardan yan havzalara su kaçağı meydana gelmiş olabilir.

4. Avlayan havzasının ana kanal eğiminin çok düşük ve yüzey alanının büyük olması nedeniyle, su yüzeyinden meydana gelen buharlaşma miktarı diğer havzaya göre artmış olabilir.

Ölçülen debilere bağlı olarak iki yılda Yukarıkaraköy havzasından taşınan TAKM miktarı Avlayan havzasından daha yüksek bulunmasına rağmen, şiddetli yağışlardan sonra ölçülen değerler dikkate alınmadığında Avlayan havzasından taşınan TAKM'nin daha yüksek olduğu görülmüştür. Bunun nedenlerinden birisinin, Yukarıkaraköy havzasının ortalama eğiminin yüksek olmasından dolayı şiddetli yağışın yüzeysel akışa geçerek kıyı ve taban oyulmaları meydana getirmesi ve böylece taşınan TAKM miktarını arttırması olduğu düşünülmektedir. Diğer bir neden ise Avlayan havzasının çıkışına doğru ana kanal eğiminin oldukça düşük olmasından dolayı sedimentin çökmesi ve yatak depolanması meydana gelerek taşınan TAKM miktarının azalmasıdır. Şiddetli yağışlardan sonra birim hacimde ölçülen TAKM değerleri dikkate alınmadığında, Kr2'de ölçülen ortalama TAKM miktarında artış meydana gelirken, Av2'de azalış meydana gelmiştir. Yani havza suları ormanlık alandan yerleşime geçtiğinde birim hacim sudaki TAKM miktarı artmış, fındık tarımından yerleşime geçtiğinde ise azalmıştır. Bu sonuç TAKM üzerinde tarım ve yerleşim alanlarının pozitif, ormanların negatif etkisinin olduğunu göstermektedir.

Havzalarda yerleşim yerlerinden önce yapılan su kalitesi ölçümlerine göre, Kr1'in ortalama bulanıklık, Eİ, TN, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄⁻², Mg⁺² ve Ca⁺² değerleri Av1'e göre daha düşük bulunmuştur. Bu parametrelerin bazılarında toprak yapısının etkisi olsa da Av1'de bu değerlerin yüksek olması tarım alanlarının su kalitesini olumsuz yönde etkilediğinin göstergesidir. Av1'in ÇO değerinin, Kr1'e göre düşük bulunması da bu havza sularının kirlenmiş olduğunu desteklemektedir. Bu noktalarda ölçülen pH, TOC, F⁻, Br⁻, NO₂⁻, PO₄⁻³, Na⁺, NH₄⁻ ve K⁺ değerlerinin ortalamalarına göre ise iki nokta arasında anlamlı fark bulunamamıştır.

Yerleşim yerlerinden sonra yapılan su kalitesi ölçümlerine göre, Kr2'nin ortalama Eİ, Cl⁻, PO₄⁻³, Na⁺, K⁺, Ca⁺², SO₄⁻² ve Mg⁺² değerleri Kr1'den yüksek bulunurken, ortalama pH ve ÇO değerleri Kr1'den düşük bulunmuştur. Av2'nin ortalama Eİ, Cl⁻, PO₄⁻³, Na⁺,

K^+ , Ca^{+2} , TN, NO_2^- , NH_4^+ değerleri ise Av1'den yüksek bulunmuş olup, ortalama O değeri Av1'den düşük bulunmuştur. Havzaların yerleşim yerlerinden önceki ve sonraki noktaları arasında bulanıklık, TOC, F^- , Br^- ve NO_3^- değerleri bakımından anlamlı fark bulunamamıştır. Yerleşim yerlerinin her iki havzada da bazı parametreleri etkilemiş olması çeşitli insan faaliyetleri, farklı tarımsal ürün yetiştiriciliği ve atık su şebekelerinin etkisinden kaynaklanmış olabilir. Fakat havza suları gerek ormanlık alandan yerleşime, gerekse fındık tarımından yerleşime geçtiğinde bazı kirleticilerin konsantrasyonları artmakta ve su kalitesi düşmektedir.

Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği'nde belirtilen kriterlere göre ölçüm noktalarının su kalitesi sınıfları belirlenmiştir. Buna göre Eİ, O, TN, F^- , NO_3^- -N, TP, NH_4^+ -N değerleri açısından Kr1 1. sınıf su kalitesine sahip olup, Eİ ve NH_4^+ -N değerleri açısından Av1'in su kalitesi 2. sınıfa düşmektedir. Kr2'nin su kalitesi Eİ, TP ve NH_4^+ -N değerleri açısından, Av2'nin su kalitesi ise Eİ, TN, TP açısından 2. sınıfa düşmektedir. Fakat NH_4^+ -N değeri açısından Av2'nin su kalitesi 4. sınıfa düşmektedir. Sonuç olarak ölçülen tüm parametreler bakımından Kr1 yüksek kaliteli çok iyi su durumuna sahiptir. Kr2 ve Av1 bazı parametreler açısından, Av2 ise birçok parametre açısından az kirlenmiş iyi su durumuna sahiptir. NH_4^+ -N değeri açısından ise yalnız Av2 çok kirlenmiş zayıf su durumuna sahip olmaktadır.

Yapılan bu çalışmadan elde edilen bulgulara göre; çalışma konusu iki havzada su verimine etkisi bakımından jeolojik yapı, drenaj yoğunluğu, dere sıklığı gibi çeşitli etmenlerin etkisinin, arazi kullanımının etkisinden daha baskın olduğu görülmüştür. Elde edilen verilere göre kalite bakımından ormanlık havzadan gelen suyun, fındık alanlarının bulunduğu havzadan gelen suya kıyasla daha temiz olduğu belirlenmiştir. Su kalitesini en fazla etkileyen arazi kullanımının ise yerleşim alanları olduğu söylenebilir.

Doğada çok mümkün görülmese de, eş havza yöntemi ile arazi kullanımının su verimine etkisini belirlemek için, havzaların eğim ve jeolojik özelliklerinin de benzer olmaları gerektiği düşünmektedir. Bu konuda daha küçük tek havzalar üzerinde yapılan çalışmalar daha sağlıklı sonuçlar elde edilmesini sağlayabilecektir. Çünkü tek havza çalışmalarında su verimini etkileyen diğer faktörler sabit kalacağından, uzun yıllar boyunca arazi kullanımında yapılacak değişimlerin etkileri daha kolay incelenebilecektir. Ayrıca çeşitli hidrolojik modellerde tek havza çalışmalarından elde edilen verilerin kullanılması, uzun yıllar boyunca arazi kullanımında meydana gelen değişimlerin etkilerini tahmin etmede daha faydalı olacaktır.

5. KAYNAKLAR

- [1] Ö. Bilen, *Türkiye'nin Su Gündemi*, 2. baskı. Ankara, Türkiye: DSİ İdari ve Mali İşler Dairesi Başkanlığı Basım ve Foto-Film Şube Müdürlüğü, 2009, böl. 1, ss.5-6.
- [2] X. Wang, "Integrating water-quality management and land-use planning in a watershed context.," *J. Environ. Manage.*, vol. 61, no. 1, pp. 25–36, 2001.
- [3] Z. Tang, B. A. Engel, B. C. Pijanowski, and K. J. Lim, "Forecasting land use change and its environmental impact at a watershed scale," *J. Environ. Manage.*, vol. 76, no. 1, pp. 35–45, 2005.
- [4] A. R. Keshtkar, M. Mahdavi, A. Salajegheh, H. Ahmadi, A. Sadoddin, and B. Ghermezcheshmeh, "Exploring the relationship between land use and surface water quality using multivariate statistics in arid and semi-arid regions," *DESERT*, vol. 16, pp. 33–38, 2011.
- [5] Ş. Elçi and P. Selçuk, "Effects of basin activities and land use on water quality trends in Tahtali Basin, Turkey," *Environ. Earth Sci.*, vol. 68, no. 6, pp. 1591–1598, 2013.
- [6] J. L. Florsheim *et al.*, "From deposition to erosion: Spatial and temporal variability of sediment sources, storage, and transport in a small agricultural watershed," *Geomorphology*, vol. 132, no. 3–4, pp. 272–286, 2011.
- [7] C. B. Coulter, R. K. Kolka, and J. a Thompson, "Water quality in agricultural, urban, and mixed land use watersheds," *J. Am. Water Resour. Assoc.*, vol. 40, no. 6, pp. 1593–1601, 2004.
- [8] X. Wang, Y. Ou, P. Dou, and X. Fang, "Relationship between the variation of water quality in rivers and the characteristics of watershed at Miyun, Beijing, China," *Chinese J. Geochemistry*, vol. 28, no. 1, pp. 112–118, 2009.
- [9] X. Wang and Z. Yin, "Using GIS to assess the relationship between land use and water quality at a watershed level," *Environ. Int.*, vol. 23, no. 1, pp. 103–114, 1997.
- [10] D. S. Ahearn, R. W. Sheibley, R. A. Dahlgren, M. Anderson, J. Johnson, and K. W. Tate, "Land use and land cover influence on water quality in the last free-flowing river draining the western Sierra Nevada, California," *J. Hydrol.*, vol. 313, no. 3–4, pp. 234–247, 2005.
- [11] A. Haidary, B. J. Amiri, J. Adamowski, N. Fohrer, and K. Nakane, "Assessing the impacts of four land use types on the water quality of wetlands in Japan," *Water Resour. Manag.*, vol. 27, no. 7, pp. 2217–2229, 2013.
- [12] K. W. Jung, S. W. Lee, H. S. Hwang, and J. H. Jang, "The effects of spatial variability of land use on stream water quality in a coastal watershed," *Paddy Water Environ.*, vol. 6, no. 3, pp. 275–284, 2008.

- [13] L. Zhongwei, L. Yingru, and L. Zhaohui, "Surface water quality and land use in Wisconsin, USA - a GIS approach," *J. Integr. Environ. Sci.*, vol. 6, no. 1, pp. 69–89, 2009.
- [14] K. L. Knee and A. C. Encalada, "Land use and water quality in a rural cloud forest region (Intag, Ecuador)," *River Res. Appl.*, vol. 30, no. 3, pp. 385–401, 2014.
- [15] J. Tu, "Spatial variations in the relationships between land use and water quality across an urbanization gradient in the watersheds of northern Georgia, USA," *Environ. Manage.*, vol. 51, no. 1, pp. 1–17, 2013.
- [16] J. Kibena, I. Nhapi, and W. Gumindoga, "Assessing the relationship between water quality parameters and changes in landuse patterns in the Upper Manyame River, Zimbabwe," *Phys. Chem. Earth*, vol. 67–69, pp. 153–163, 2014.
- [17] M. Norton and T. Fisher, "The effects of forest on stream water quality in two coastal plain watersheds of the Chesapeake Bay," *Ecol. Eng.*, vol. 14, pp. 337–362, 2000.
- [18] Y. P. Khare, C. J. Martinez, and G. S. Toor, "Water quality and land use changes in the Alafia and Hillsborough River watersheds, Florida, USA," *J. Am. Water Resour. Assoc.*, vol. 48, no. 6, pp. 1276–1293, 2012.
- [19] Y. Liu *et al.*, "Effects of watershed vegetation on tributary water yields during the wet season in the Heishui Valley, China," *Water Resour. Manag.*, vol. 25, no. 5, pp. 1449–1464, 2011.
- [20] J. M. Bosch and J. D. Hewlett, "A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration," *Journal of Hydrology*, vol. 55, pp. 3–23, 1982.
- [21] W. T. Swank, J. M. Vose, and K. J. Elliott, "Long-term hydrologic and water quality responses following commercial clearcutting of mixed hardwoods on a southern Appalachian catchment," *For. Ecol. Manage.*, vol. 143, no. 1–3, pp. 163–178, 2001.
- [22] X. Wei, J. P. Kimmins, and G. Zhou, "Disturbances and the sustainability of long-term site productivity in lodgepole pine forests in the central interior of British Columbia - An ecosystem modeling approach," *Ecol. Modell.*, vol. 164, no. 2–3, pp. 239–256, 2003.
- [23] A. E. Brown, L. Zhang, T. A. McMahon, A. W. Western, and R. A. Vertessy, "A review of paired catchment studies for determining changes in water yield resulting from alterations in vegetation," *J. Hydrol.*, vol. 310, no. 1–4, pp. 28–61, 2005.
- [24] L. Siriwardena, B. L. Finlayson, and T. A. McMahon, "The impact of land use change on catchment hydrology in large catchments: The Comet River, Central Queensland, Australia," *J. Hydrol.*, vol. 326, no. 1–4, pp. 199–214, 2006.
- [25] Y. Serengil *et al.*, "Hydrological impacts of a slight thinning treatment in a deciduous forest ecosystem in Turkey," *J. Hydrol.*, vol. 333, no. 2–4, pp. 569–577, 2007.
- [26] H. P. Ganatsios, P. A. Tsioras, and T. Pavlidis, "Water yield changes as a result of silvicultural treatments in an oak ecosystem," *For. Ecol. Manage.*, vol. 260, no. 8, pp. 1367–1374, 2010.

- [27] P. Yu *et al.*, “Water yield reduction due to forestation in arid mountainous regions, northwest China,” *Int. J. Sediment Res.*, vol. 25, no. 4, pp. 423–430, 2010.
- [28] X. Cui, S. Liu, and X. Wei, “Impacts of forest changes on hydrology: A case study of large watersheds in the upper reaches of Minjiang River watershed in China,” *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, vol. 16, no. 11, pp. 4279–4290, 2012.
- [29] S. Özhan and F. Gökbülak, “Bitki örtüsünün su üretim havzalarında su verimi üzerindeki etkileri,” *I. Türkiye Su Kongresi*, İstanbul, Türkiye, 2001, ss. 105–112.
- [30] N. Özyuvacı, A. Hızal ve F. Gökbülak, “Su üretimine tahsis edilen yağış havzalarını planlama ve kullanma ilkeleri,” *I. Türkiye Su Kongresi*, İstanbul, Türkiye, 2001, ss. 7–15.
- [31] Z. Li, W. Liu, X. Zhang, and F. Zheng, “Impacts of land use change and climate variability on hydrology in an agricultural catchment on the Loess Plateau of China,” *J. Hydrol.*, vol. 377, no. 1–2, pp. 35–42, 2009.
- [32] S. S. Johannsen and P. Armitage, “Agricultural practice and the effects of agricultural land-use on water quality,” *Freshw. Forum*, vol. 28, pp. 45–59, 2010.
- [33] M. L. Warburton, R. E. Schulze, and G. P. W. Jewitt, “Hydrological impacts of land use change in three diverse South African catchments,” *J. Hydrol.*, vol. 414–415, pp. 118–135, 2012.
- [34] R. Wang, T. Xu, L. Yu, J. Zhu, and X. Li, “Effects of land use types on surface water quality across an anthropogenic disturbance gradient in the upper reach of the Hun River, Northeast China,” *Environ. Monit. Assess.*, vol. 185, no. 5, pp. 4141–4151, 2013.
- [35] N. Fohrer, S. Haverkamp, K. Eckhardt, and H.-G. Frede, “Hydrologic response to land use changes on the catchment scale,” *Pergamon Phys. Chem. Earth (B)*, vol. 26, no. 7, pp. 577–582, 2001.
- [36] P. D. Wagner, S. Kumar, and K. Schneider, “An assessment of land use change impacts on the water resources of the Mula and Mutha Rivers catchment upstream of Pune, India,” *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, vol. 17, no. 6, pp. 2233–2246, 2013.
- [37] Ö. Güngör and S. Göncü, “Application of the soil and water assessment tool model on the Lower Porsuk Stream Watershed,” *Hydrol. Process.*, vol. 27, no. 3, pp. 453–466, 2013.
- [38] Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, *T.C. Resmi Gazete*, Sayı: 29327, 15 Nisan 2015.
- [39] Kalkınma Bakanlığı. (2017, 18 Ağustos). *Onuncu Kalkınma Planı (2014-2018)* [Online]. Erişim: [http://kkp.tarim.gov.tr/sp/Onuncu Kalkınma Planı\(2014-2018\).pdf](http://kkp.tarim.gov.tr/sp/Onuncu_Kalkinma_Planı(2014-2018).pdf).
- [40] M. Glavan, S. White, and I. P. Holman, “Evaluation of river water quality simulations at a daily time step-Experience with SWAT in the Axe Catchment, UK,” *Clean - Soil, Air, Water*, vol. 39, no. 1, pp. 43–54, 2011.
- [41] N. Karakaya and F. Evrendilek, “Water quality time series for Big Melen stream (Turkey): Its decomposition analysis and comparison to upstream,” *Environ. Monit. Assess.*, vol. 165, no. 1–4, pp. 125–136, 2010.

- [42] A. Erturk *et al.*, “Water quality assessment and meta model development in Melen watershed - Turkey,” *J. Environ. Manage.*, vol. 91, no. 7, pp. 1526–1545, 2010.
- [43] E. Dogan, B. Sengorur, and R. Koklu, “Modeling biological oxygen demand of the Melen River in Turkey using an artificial neural network technique,” *J. Environ. Manage.*, vol. 90, no. 2, pp. 1229–1235, 2009.
- [44] R. Koklu, B. Sengorur, and B. Topal, “Water quality assessment using multivariate statistical methods-a case study: Melen river system (Turkey),” *Water Resour. Manag.*, vol. 24, no. 5, pp. 959–978, 2010.
- [45] M. E. Akiner and A. Akkoyunlu, “Modeling and forecasting river flow rate from the Melen Watershed, Turkey,” *J. Hydrol.*, vol. 456–457, pp. 121–129, 2012.
- [46] F. Kara, E. Floewenstein, and L. Kalin, “Changes in sediment and water yield downstream on a small watershed,” *Ekoloji*, vol. 21, no. 84, pp. 30–37, 2012.
- [47] R. Wang and L. Kalin, “Modelling effects of land use/cover changes under limited data,” *Ecohydrology*, vol. 4, no. 2, pp. 265–276, 2011.
- [48] L. M. Mango, A. M. Melesse, M. E. McClain, D. Gann, and S. G. Setegn, “Land use and climate change impacts on the hydrology of the upper Mara River Basin, Kenya: Results of a modeling study to support better resource management,” *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, vol. 15, no. 7, pp. 2245–2258, 2011.
- [49] B. Yan, N. F. Fang, P. C. Zhang, and Z. H. Shi, “Impacts of land use change on watershed streamflow and sediment yield: An assessment using hydrologic modelling and partial least squares regression,” *J. Hydrol.*, vol. 484, pp. 26–37, 2013.
- [50] G. Wang, H. Yang, L. Wang, Z. Xu, and B. Xue, “Using the SWAT model to assess impacts of land use changes on runoff generation in headwaters,” *Hydrol. Process.*, vol. 28, no. 3, pp. 1032–1042, 2014.
- [51] B. Lin *et al.*, “Analyses of landuse change impacts on catchment runoff using different time indicators based on SWAT model,” *Ecol. Indic.*, vol. 58, pp. 55–63, 2015.
- [52] H. Aydemir, *Bolu Massif’inde Araziden Faydalanma Biçimlerinde Yüzeysel Akışla Su Kybı ve Toprak Taşınması Üzerine Araştırmalar*, Ankara, Türkiye: Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, 1973, ss. 88-90.
- [53] L. Chow *et al.*, “Hydrology and water quality across gradients of agricultural intensity in the Little River watershed area, New Brunswick, Canada,” *J. Soil Water Conserv.*, vol. 66, no. 1, pp. 71–84, 2011.
- [54] T. Can, C. Xiaoling, L. Jianzhong, P. W. Gassman, S. Sabine, and S. P. José-miguel, “Assessing impacts of different land use scenarios on water budget of Fuhe River, China using SWAT model,” *Int. J. Agric. Biol. Eng.*, vol. 8, no. 3, pp. 95–108, 2015.
- [55] D. R. Lenat and J. K. Crawford, “Effects of land use on water quality and aquatic biota of three North Carolina Piedmont streams,” *Hydrobiologia*, vol. 294, no. 3, pp. 185–199, 1994.
- [56] J. M. Quinn and M. J. Stroud, “Water quality and sediment and nutrient export from New Zealand hill-land catchments of contrasting land use,” *New Zeal. J.*

- Mar. Freshw. Res.*, vol. 36, no. 2, pp. 409–429, 2002.
- [57] G. Kim, S. Chung, and C. Lee, “Water quality of runoff from agricultural-forestry watersheds in the Geum River Basin, Korea,” *Environ. Monit. Assess.*, vol. 134, no. 1–3, pp. 441–452, 2007.
- [58] M. C. Brisbois, R. Jamieson, R. Gordon, G. Stratton, and A. Madani, “Stream ecosystem health in rural mixed land-use watersheds,” *J. Environ. Eng. Sci.*, vol. 7, no. 5, pp. 439–452, 2008.
- [59] J. Y. Lee, J. S. Yang, D. K. Kim, and M. Y. Han, “Relationship between land use and water quality in a small watershed in South Korea,” *Water Sci. Technol.*, vol. 62, no. 11, pp. 2607–2615, 2010.
- [60] D. J. Shilla and D. A. Shilla, “The effects of catchment land use on water quality and macroinvertebrate assemblages in Otara Creek, New Zealand,” *Chem. Ecol.*, vol. 27, no. 5, pp. 445–460, 2011.
- [61] G. Brion, K. R. Brye, B. E. Haggard, C. West, and J. V. Brahana, “Land-use effects on water quality of a first-order stream in the Ozark Highlands, mid-southern United States,” *River Res. Appl.*, vol. 27, no. 6, pp. 772–790, 2011.
- [62] J. D. Miller, J. E. Schoonover, K. W. J. Williard, and C. R. Hwang, “Whole catchment land cover effects on water quality in the Lower Kaskaskia River Watershed,” *Water. Air. Soil Pollut.*, vol. 221, no. 1–4, pp. 337–350, 2011.
- [63] B. Pratt and H. Chang, “Effects of land cover, topography, and built structure on seasonal water quality at multiple spatial scales,” *J. Hazard. Mater.*, vol. 209–210, pp. 48–58, 2012.
- [64] C. S. Merugu and R. Seetharaman, “Comparative analysis of land use and lake water quality in rural and urban zones of south Chennai, India,” *Environ. Dev. Sustain.*, vol. 15, no. 2, pp. 511–528, 2013.
- [65] M. B. Rothenberger, J. M. Burkholder, and C. Brownie, “Long-term effects of changing land use practices on surface water quality in a coastal river and lagoonal estuary,” *Environ. Manage.*, vol. 44, no. 3, pp. 505–523, 2009.
- [66] T. Hadibarata, F. Abdullah, A. R. M. Yusoff, R. Ismail, S. Azman, and N. Adnan, “Correlation study between land use, water quality, and heavy metals (Cd, Pb, and Zn) content in water and green lipped mussels *Perna viridis* (Linnaeus.) at the Johor strait,” *Water. Air. Soil Pollut.*, vol. 223, no. 6, pp. 3125–3136, 2012.
- [67] Meteoroloji Genel Müdürlüğü, *Düzce meteoroloji istasyonu iklim verileri*, Ankara, 2016.
- [68] Orman Genel Müdürlüğü, *Düzce Orman İşletme Müdürlüğü Melen Orman İşletme Şefliği amenajman planı meşcere haritası*, Ankara, Harita. 1/25000. 2008.
- [69] Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, *Türkiye jeoloji haritaları*, Ankara, Harita. 1/25000. 2002.
- [70] Türkiye İstatistik Kurumu. (2017, 29 Ağustos). *Adrese dayalı nüfus kayıt sistemi* [Online]. Erişim: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>.
- [71] S. Yaşar Korkanç, S. Kayıkçı, and M. Korkanç, “Evaluation of spatial and temporal water quality in the Akkaya dam watershed (Niğde, Turkey) and management implications,” *J. African Earth Sci.*, vol. 129, pp. 481–491, 2017.

- [72] Ö. Gökkuş, N. Yıldız, A. S. Koparal, and Y. Ş. Yıldız, “Evaluation of the effect of oxygen on electro-Fenton treatment performance for real textile wastewater using the Taguchi approach,” *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, In press.
- [73] F. Gökbülak, Y. Serengil, S. Özhan, N. Özyuvaci, and A. N. Balci, “Relationship between streamflow and nutrient and sediment losses from an oak-beech forest watershed during an 18-year long monitoring study in Turkey,” *Eur. J. For. Res.*, vol. 127, no. 3, pp. 203–212, 2008.
- [74] H. Özmen, F. Külahcı, A. Çukurovalı, and M. Doğru, “Concentrations of heavy metal and radioactivity in surface water and sediment of Hazar Lake (Elazığ, Turkey),” *Chemosphere*, vol. 55, no. 3, pp. 401–408, 2004.
- [75] B. Arpita, K. Ishimura, K. Nakamura, and K. Takamizawa, “Microbial dynamics in the process of restoration of groundwater contaminated by chlorinated ethene in the presence of *Escherichia coli*,” *J. Mater. Cycles Waste Manag.*, vol. 15, no. 3, pp. 335–341, 2013.
- [76] M. N. Damanik-Ambarita *et al.*, “Ecological water quality analysis of the Guayas river basin (Ecuador) based on macroinvertebrates indices,” *Limnologica*, vol. 57, pp. 27–59, 2016.
- [77] F. Gökbülak and M. Özcan, “Hydro-physical properties of soils developed from different parent materials,” *Geoderma*, vol. 145, no. 3–4, pp. 376–380, 2008.
- [78] Ş. Palta, Ö. Kara, S. Demir, K. Şengönül, and H. Şensoy, “Effects of soil properties and botanic composition on arbuscular mycorrhizal fungus (AMF) from *Gramineae* family plants,” *Bartın Orman Fakültesi Dergisi.*, c. 15, s. 1–2, ss. 22–31, 2013.
- [79] A. Volkan Bilgili, H. M. van Es, F. Akbas, A. Durak, and W. D. Hively, “Visible-near infrared reflectance spectroscopy for assessment of soil properties in a semi-arid area of Turkey,” *J. Arid Environ.*, vol. 74, no. 2, pp. 229–238, 2010.
- [80] S. Kundu, R. Bhattacharyya, V. Prakash, B. N. Ghosh, and H. S. Gupta, “Carbon sequestration and relationship between carbon addition and storage under rainfed soybean-wheat rotation in a sandy loam soil of the Indian Himalayas,” *Soil Tillage Res.*, vol. 92, no. 1–2, pp. 87–95, 2007.
- [81] I. Celik, H. Gunal, M. Budak, and C. Akpınar, “Effects of long-term organic and mineral fertilizers on bulk density and penetration resistance in semi-arid Mediterranean soil conditions,” *Geoderma*, vol. 160, no. 2, pp. 236–243, 2010.
- [82] S. Akburak, Y. Son, E. Makineci, and M. Çakir, “Impacts of low-intensity prescribed fire on microbial and chemical soil properties in a *Quercus frainetto* forest,” *J. For. Res.*, In press.
- [83] P. Bhattacharyya, K. S. Roy, S. Neogi, T. K. Adhya, K. S. Rao, and M. C. Manna, “Effects of rice straw and nitrogen fertilization on greenhouse gas emissions and carbon storage in tropical flooded soil planted with rice,” *Soil Tillage Res.*, vol. 124, pp. 119–130, 2012.
- [84] R. Tripathi *et al.*, “Soil aggregation and distribution of carbon and nitrogen in different fractions after 41 years long-term fertilizer experiment in tropical rice-rice system,” *Geoderma*, vol. 213, pp. 280–286, 2014.

- [85] T. Peng and S. Wang, "Effects of land use, land cover and rainfall regimes on the surface runoff and soil loss on karst slopes in southwest China," *Catena*, vol. 90, pp. 53–62, 2012.
- [86] Z. Zhang, X. Chen, Y. Huang, and Y. Zhang, "Effect of catchment properties on runoff coefficient in a karst area of southwest China," *Hydrol. Process.*, vol. 28, no. 11, pp. 3691–3702, 2014.
- [87] N. Sriwongsitanon and W. Taesombat, "Effects of land cover on runoff coefficient," *J. Hydrol.*, vol. 410, no. 3–4, pp. 226–238, 2011.
- [88] A. Usta, "Galyan-Atasu barajı havzasında arazi kullanımının su ve toprak özelliklerine etkilerinin araştırılması," Doktora tezi, Orman Mühendisliği Bölümü, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 2011.
- [89] T. L. E. Trammell, C. E. Tripler, S. C. Carper, and M. M. Carreiro, "Potential nitrogen mineralization responses of urban and rural forest soils to elevated temperature in Louisville, KY," *Urban Ecosyst.*, vol. 20, no. 1, pp. 77–86, 2017.
- [90] S. M. Butler *et al.*, "Soil warming alters nitrogen cycling in a New England forest: Implications for ecosystem function and structure," *Oecologia*, vol. 168, no. 3, pp. 819–828, 2012.
- [91] P. Dalias, J. M. Anderson, P. Bottner, and M. M. Coûteaux, "Temperature responses of net nitrogen mineralization and nitrification in conifer forest soils incubated under standard laboratory conditions," *Soil Biol. Biochem.*, vol. 34, no. 5, pp. 691–701, 2002.
- [92] M. Williams, C. Hopkinson, E. Rastetter, J. Vallino, and L. Claessens, "Relationships of land use and stream solute concentrations in the Ipswich River basin, northeastern Massachusetts," *Water. Air. Soil Pollut.*, vol. 161, no. 1–4, pp. 55–74, 2005.
- [93] J. J. Mosher, G. C. Klein, A. G. Marshall, and R. H. Findlay, "Influence of bedrock geology on dissolved organic matter quality in stream water," *Org. Geochem.*, vol. 41, no. 11, pp. 1177–1188, 2010.

6. EKLER

6.1. EK-1: TÜM ÖLÇÜM ORTALAMALARINA GÖRE ÖLÇÜM NOKTALARININ SU KALİTESİ PARAMETRELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASINA İLİŞKİN VARYANS ANALİZİ SONUÇLARI.

Parametre	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	F	P
pH	Gruplar arası	0,63	3	2,908	0,036
	Gruplar içi	13,92	192		
	Toplam	14,55	195		
Eİ	Gruplar arası	1325798,3	3	61,598	0,000
	Gruplar içi	1492290,0	208		
	Toplam	2818088,3	211		
O	Gruplar arası	30,07	3	4,692	0,003
	Gruplar içi	435,81	204		
	Toplam	465,87	207		
Bulanıklık	Gruplar arası	305769,1	3	2,945	0,034
	Gruplar içi	6576787,1	190		
	Toplam	6882556,3	193		
TAKM	Gruplar arası	1,00	3	5,091	0,002
	Gruplar içi	12,20	186		
	Toplam	13,20	189		
TOC	Gruplar arası	72,516	3	2,077	0,105
	Gruplar içi	1955,471	168		
	Toplam	2027,987	171		
TN	Gruplar arası	192,48	3	15,693	0,000
	Gruplar içi	658,21	161		
	Toplam	850,69	164		
F ⁻	Gruplar arası	0,00	3	0,231	0,874
	Gruplar içi	0,44	176		
	Toplam	0,44	179		
Cl ⁻	Gruplar arası	544,79	3	36,079	0,000
	Gruplar içi	885,85	176		
	Toplam	1430,64	179		
NO ₂ ⁻	Gruplar arası	9,87	3	15,858	0,000
	Gruplar içi	33,40	161		
	Toplam	43,27	164		

EK-1 (devam): TÜM ÖLÇÜM ORTALAMALARINA GÖRE ÖLÇÜM NOKTALARININ SU KALİTESİ PARAMETRELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASINA İLİŞKİN VARYANS ANALİZİ SONUÇLARI.

Parametre	Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	SD	F	P
Br ⁻	Gruplar arası	0,01	3	0,925	0,430
	Gruplar içi	0,51	176		
	Toplam	0,52	179		
NO ₃ ⁻	Gruplar arası	1713,78	3	25,105	0,000
	Gruplar içi	3663,47	161		
	Toplam	5377,25	164		
SO ₄ ⁻²	Gruplar arası	7812,10	4	72,904	0,000
	Gruplar içi	5223,87	195		
	Toplam	13035,97	199		
PO ₄ ⁻³	Gruplar arası	4,21	3	35,083	0,000
	Gruplar içi	6,88	172		
	Toplam	11,09	175		
Na ⁺	Gruplar arası	610,21	3	2,456	0,065
	Gruplar içi	14575,63	176		
	Toplam	15185,84	179		
NH ₄ ⁺	Gruplar arası	250,91	3	24,245	0,000
	Gruplar içi	555,40	161		
	Toplam	806,31	164		
K ⁺	Gruplar arası	294,72	3	39,109	0,000
	Gruplar içi	442,11	176		
	Toplam	736,83	179		
Mg ⁺²	Gruplar arası	303,31	3	15,076	0,000
	Gruplar içi	1180,27	176		
	Toplam	1483,58	179		
Ca ⁺²	Gruplar arası	26507,7	3	19,523	0,000
	Gruplar içi	72866,5	161		
	Toplam	99374,2	164		

6.2. EK-2: ÖLÇÜM NOKTASI ÖLÇEĞİNDE SU KALİTESİ PARAMETRELERİNİN MEVSİMSEL DEĞİŞİMİ.

Ölçüm noktası	Mevsim	pH	Eİ (µS/cm)	ÇO (mg/l)	Bulanıklık (NTU)	TAKM (g/l)	TOC (mg/l)	TN (mg/l)
Kr1	Kış	8,64 (0,09) b*	230 (19,07) a	11,41 (0,16) c	53,61 (29,28) a	0,33 (0,12) a	2,54 (0,78) a	1,31 (0,27) a
	İlkbahar	8,49 (0,08) ab	238 (18,18) a	10,55 (0,24) b	50,90 (29,81) a	0,24 (0,04) a	3,36 (1,43) a	2,44 (0,82) a
	Yaz	8,43 (0,09) ab	296 (23,00) b	9,00 (0,12) a	46,09 (40,57) a	0,27 (0,05) a	4,77 (1,77) a	1,21 (0,27) a
	Sonbahar	8,33 (0,08) a	307 (18,93) b	10,10 (0,23) b	8,66 (3,82) a	0,2 (0,02) a	2,3 (0,63) a	1,04 (0,4) a
	Ort.	8,48 (0,05)	264 (10,64)	10,32 (0,16)	41,89 (14,61)	0,26 (0,04)	3,16 (0,59)	1,5 (0,25)
Kr2	Kış	8,5 (0,06) b	392 (27,86) a	11,42 (0,34) c	63,48 (31,94) a	0,31 (0,04) a	3,26 (0,47) a	2,52 (0,54) a
	İlkbahar	8,42 (0,09) ab	424 (26,22) a	9,92 (0,39) b	57,45 (29,74) a	0,32 (0,02) a	4,04 (0,62) a	3,33 (1,08) a
	Yaz	8,3 (0,06) a	384 (22,93) a	7,80 (0,16) a	47,8 (14,45) a	0,34 (0,04) a	5,48 (2,1) a	1,97 (0,43) a
	Sonbahar	8,28 (0,07) a	430 (24,67) a	9,11 (0,39) b	30,08 (8,57) a	0,31 (0,02) a	4,03 (0,74) a	1,36 (0,22) a
	Ort.	8,38 (0,04)	408 (12,81)	9,58 (0,25)	51,11 (12,78)	0,32 (0,02)	4,1 (0,51)	2,31 (0,34)
Av1	Kış	8,68 (0,04) c	408 (21,11) a	11,09 (0,16) c	147,25 (64,36) a	0,58 (0,2) a	2,49 (0,55) a	3,55 (0,4) a
	İlkbahar	8,56 (0,07) bc	431 (17,50) a	10,05 (0,22) b	136,2 (74,28) a	0,4 (0,05) a	3,06 (0,8) a	3,61 (0,66) a
	Yaz	8,4 (0,06) ab	452 (23,95) a	8,37 (0,18) a	91,76 (33,89) a	0,41 (0,04) a	5,21 (1,83) a	3,33 (0,69) a
	Sonbahar	8,37 (0,07) a	465 (21,64) a	9,81 (0,30) b	97,88 (53,4) a	0,38 (0,05) a	2,59 (0,69) a	2,71 (0,77) a
	Ort.	8,51 (0,04)	437 (10,59)	9,89 (0,17)	122,47 (31,15)	0,44 (0,06)	3,23 (0,5)	3,31 (0,31)
Av2	Kış	8,71 (0,05) b	454 (24,82) a	11,15 (0,32) c	117,61 (67,26) a	0,37 (0,06) a	3,74 (0,68) a	4,24 (0,32) a
	İlkbahar	8,57 (0,08) b	451 (20,69) a	9,48 (0,30) b	154,54 (81,29) a	0,43 (0,05) a	5,06 (1,16) a	3,87 (0,77) a
	Yaz	8,32 (0,07) a	469 (30,83) a	7,59 (0,21) a	185,68 (100,94) a	0,46 (0,07) a	6,65 (1,35) a	4,24 (0,52) a
	Sonbahar	8,36 (0,04) a	515 (22,77) a	8,92 (0,44) b	40,46 (20,85) a	0,38 (0,03) a	3,91 (0,61) a	5,44 (0,78) a
	Ort.	8,5 (0,04)	471 (12,48)	9,30 (0,24)	128,68 (38,07)	0,41 (0,03)	4,72 (0,5)	4,44 (0,31)

*Her sütunda ölçüm noktası bazında farklı harfle gösterilen mevsim değerleri arasında istatistiki olarak fark vardır (p<0,05).

Parantez içi standart hatayı göstermektedir.

EK-2 (devam): ÖLÇÜM NOKTASI ÖLÇEĞİNDE SU KALİTESİ PARAMETRELERİNİN MEVSİMSEL DEĞİŞİMİ.

Ölçüm noktası	Mevsim	F ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	Br ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁻² (mg/l)	PO ₄ ⁻³ (mg/l)
Kr1	Kış	0,12 (0,02) ab*	4,78 (0,3) a	0,02 (0,02) a	0,02 (0,01) a	3,11 (0,78) a	14,87 (1,4) a	0,11 (0,03) a
	İlkbahar	0,09 (0,02) a	5 (0,35) a	0,03 (0,02) ab	0,06 (0,01) b	3,52 (0,68) a	14,13 (1,15) a	0,08 (0,01) a
	Yaz	0,14 (0,03) ab	5,21 (1,1) a	0,09 (0,04) b	0,03 (0,02) a	2,83 (0,62) a	13,72 (1,45) a	0,3 (0,08) b
	Sonbahar	0,15 (0,02) b	5 (0,23) a	0,03 (0,03) ab	0,01 (0,01) a	3,02 (1,1) a	15,8 (0,8) a	0,23 (0,05) b
	Ort.	0,12 (0,01)	4,99 (0,27)	0,04 (0,02)	0,03 (0,01)	3,13 (0,4)	14,67 (0,6)	0,17 (0,03)
Kr2	Kış	0,12 (0,02) a	7,7 (0,47) b	0,07 (0,03) a	0,02 (0,01) ab	4,8 (0,82) a	17,27 (1,88) a	0,26 (0,07) a
	İlkbahar	0,09 (0,02) a	7,77 (0,49) b	0,18 (0,04) a	0,06 (0,01) c	4,31 (0,83) a	18,85 (1,37) a	0,29 (0,07) a
	Yaz	0,13 (0,03) a	5,7 (0,48) a	0,14 (0,05) a	0,04 (0,02) bc	3,63 (0,65) a	14,94 (0,96) a	0,23 (0,07) a
	Sonbahar	0,13 (0,01) a	8,65 (0,47) b	0,12 (0,06) a	0,01 (0,01) a	4,42 (1,22) a	18,26 (0,96) a	0,38 (0,08) a
	Ort.	0,12 (0,01)	7,5 (0,28)	0,13 (0,03)	0,04 (0,01)	4,32 (0,45)	17,44 (0,72)	0,29 (0,04)
Av1	Kış	0,12 (0,02) a	6,95 (0,8) a	0,04 (0,04) a	0,07 (0,05) a	10,43 (1,82) a	21,11 (2,48) a	0,12 (0,03) a
	İlkbahar	0,1 (0,02) a	6,86 (0,41) a	0,11 (0,03) a	0,06 (0,01) a	9,77 (1,85) a	20,98 (1,4) a	0,12 (0,02) a
	Yaz	0,12 (0,02) a	8,15 (0,97) a	0,4 (0,27) a	0,05 (0,02) a	9,82 (1,74) a	23,14 (2,05) ab	0,26 (0,09) b
	Sonbahar	0,14 (0,02) a	8,48 (0,36) a	0,08 (0,05) a	0,01 (0,01) a	9,51 (2,28) a	27,18 (1,26) b	0,23 (0,04) ab
	Ort.	0,12 (0,01)	7,57 (0,34)	0,15 (0,07)	0,05 (0,02)	9,89 (0,94)	23,01 (0,99)	0,18 (0,03)
Av2	Kış	0,12 (0,02) a	9,16 (0,68) a	0,15 (0,05) a	0,02 (0,01) a	11,61 (1,28) a	21,28 (2,43) a	0,37 (0,07) a
	İlkbahar	0,1 (0,02) a	8,99 (0,58) a	0,39 (0,12) a	0,06 (0,01) b	9,65 (1,67) a	21,12 (1,03) a	0,55 (0,06) a
	Yaz	0,11 (0,02) a	8,98 (1,22) a	1,09 (0,35) b	0,05 (0,02) b	9,96 (1,9) a	19,96 (2,13) a	0,54 (0,1) a
	Sonbahar	0,13 (0,01) a	12,56 (0,48) b	1,04 (0,21) b	0,02 (0,01) a	10,67 (2,58) a	27,05 (1,01) b	0,76 (0,06) b
	Ort.	0,12 (0,02)	9,91 (0,43)	0,64 (0,12)	0,04 (0,01)	10,49 (0,92)	22,41 (0,95)	0,55 (0,04)

*Her sütunda ölçüm noktası bazında farklı harfle gösterilen mevsim değerleri arasında istatistiki olarak fark vardır (p<0,05).

Parantez içi standart hatayı göstermektedir.

EK-2 (devam): ÖLÇÜM NOKTASI ÖLÇEĞİNDE SU KALİTESİ PARAMETRELERİNİN MEVSİMSEL DEĞİŞİMİ.

Ölçüm noktası	Mevsim	Na ⁺ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ⁺² (mg/l)	Ca ⁺² (mg/l)
Kr1	Kış	9,82 (1,05) a*	0 (0) a	1 (0,08) a	5,12 (0,71) a	33,58 (4,4) a
	İlkbahar	18,14 (1,85) b	0,13 (0,09) a	1,19 (0,09) ab	4,52 (0,54) a	45,71 (7,04) ab
	Yaz	20,93 (3,52) b	0,19 (0,13) a	2,27 (0,81) b	6,09 (0,81) a	49,85 (6,6) ab
	Sonbahar	19,69 (2,65) b	0,01 (0,01) a	1,62 (0,12) ab	6,41 (0,43) a	55 (4,75) b
	Ort.	16,92 (1,3)	0,08 (0,04)	1,49 (0,2)	5,49 (0,33)	45,67 (3,05)
Kr2	Kış	13,2 (1,46) a	0,34 (0,15) a	2,57 (0,2) a	6,25 (0,69) a	56,64 (4,81) a
	İlkbahar	23,41 (2,1) b	1,14 (0,4) b	3,16 (0,63) ab	6,15 (0,73) a	81,27 (7,67) c
	Yaz	21,51 (3,39) b	0,45 (0,2) ab	2,9 (0,36) ab	6,83 (0,7) a	61,36 (5,07) ab
	Sonbahar	26,38 (3,99) b	0,69 (0,12) ab	4,11 (0,3) b	7,58 (0,51) a	77,35 (5,64) bc
	Ort.	20,99 (1,55)	0,66 (0,13)	3,18 (0,22)	6,68 (0,34)	69,32 (3,31)
Av1	Kış	9,42 (1,25) a	0,03 (0,03) a	1,07 (0,12) a	7,55 (1,01) a	56,14 (6,51) a
	İlkbahar	17,45 (1,5) b	0,2 (0,08) a	1,49 (0,13) a	7,67 (0,95) a	80,04 (5,44) b
	Yaz	21 (3,41) b	1,17 (0,96) a	2,51 (0,4) b	9,36 (0,8) ab	80,41 (7,12) b
	Sonbahar	18,93 (2,38) b	0,16 (0,08) a	2,26 (0,23) b	10,54 (0,75) b	83,88 (4,66) b
	Ort.	16,46 (1,24)	0,36 (0,22)	1,8 (0,14)	8,72 (0,48)	74,69 (3,35)
Av2	Kış	11,88 (1,11) a	0,88 (0,28) a	3,13 (0,3) a	8,05 (0,75) ab	65,88 (4,36) a
	İlkbahar	20,91 (1,66) b	2,65 (0,46) ab	4,42 (0,71) ab	7,51 (0,85) a	86,78 (5,27) b
	Yaz	20,72 (3,22) b	3,53 (1,02) bc	5,31 (1,02) b	7,83 (0,8) ab	73,43 (9,15) ab
	Sonbahar	24,55 (2,97) b	5,27 (1,34) c	6,24 (0,32) b	10,03 (0,66) b	91,32 (5,21) b
	Ort.	19,35 (1,32)	3,01 (0,48)	4,72 (0,35)	8,34 (0,4)	79,35 (3,3)

*Her sütunda ölçüm noktası bazında farklı harfle gösterilen mevsim değerleri arasında istatistiki olarak fark vardır (p<0,05).

Parantez içi standart hatayı göstermektedir.

6.3. EK-3: MEVSİM ORTALAMALARINA GÖRE ÖLÇÜM NOKTALARININ SU KALİTESİ PARAMETRELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASINA İLİŞKİN VARYANS ANALİZİ SONUÇLARI.

Parametre	Varyasyon Kaynağı	Kış				İlkbahar				Yaz				Sonbahar			
		Kareler Toplamı	SD	F	P	Kareler Toplamı	SD	F	P	Kareler Toplamı	SD	F	P	Kareler Toplamı	SD	F	P
pH	Gruplar arası	0,34	3	2,447	0,075	0,21	3	0,883	0,456	0,09	3	0,491	0,691	0,06	3	0,392	0,760
	Gruplar içi	2,3	49			4,37	55			2,28	37			1,91	39		
	Toplam	2,64	52			4,58	58			2,37	40			1,97	42		
Eİ	Gruplar arası	411470,7	3	18,43	0,000	443188,5	3	22,497	0,000	222190,7	3	9,577	0,000	283385,5	3	16,124	0,000
	Gruplar içi	386977,4	52			367739,2	56			340257,4	44			257770	44		
	Toplam	798448,1	55			810927,7	59			562448,1	47			541155,6	47		
ÇO	Gruplar arası	1,17	3	0,509	0,678	8,65	3	2,279	0,089	14,33	3	13,986	0,000	11,26	3	2,586	0,065
	Gruplar içi	36,72	48			70,86	56			15,03	44			63,85	44		
	Toplam	37,89	51			79,52	59			29,36	47			75,1	47		
Bulanıklık	Gruplar arası	82816,9	3	0,77	0,517	125178,3	3	0,793	0,503	136758,9	3	1,213	0,319	46385,3	3	1,586	0,209
	Gruplar içi	1757458,7	49			2893357,9	55			1390919,9	37			360604,7	37		
	Toplam	1840275,6	52			3018536,2	58			1527678,7	40			406990	40		
TAKM	Gruplar arası	0,59	3	0,949	0,425	0,31	3	4,57	0,006	0,21	3	3,035	0,041	0,21	3	10,063	0,000
	Gruplar içi	9,33	45			1,24	55			0,86	37			0,26	37		
	Toplam	9,92	48			1,55	58			1,07	40			0,48	40		
TOC	Gruplar arası	14,215	3	0,931	0,433	25,923	3	0,719	0,546	17,386	3	0,204	0,893	23,764	3	1,799	0,165
	Gruplar içi	244,238	48			480,507	40			908,982	32			158,550	36		
	Toplam	258,453	51			506,430	43			926,368	35			182,314	39		

EK-3 (devam): MEVSİM ORTALAMALARINA GÖRE ÖLÇÜM NOKTALARININ SU KALİTESİ PARAMETRELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASINA İLİŞKİN VARYANS ANALİZİ SONUÇLARI.

Parametre	Varyasyon Kaynağı	Kış				İlkbahar				Yaz				Sonbahar			
		Kareler Toplamı	SD	F	P	Kareler Toplamı	SD	F	P	Kareler Toplamı	SD	F	P	Kareler Toplamı	SD	F	P
TN	Gruplar arası	57,02	3	9,409	0,000	10,39	3	0,434	0,730	40,39	3	9,26	0,000	133,94	3	10,979	0,000
	Gruplar içi	90,91	45			311,57	39			42,16	29			146,4	36		
	Toplam	147,93	48			321,96	42			82,55	32			280,35	39		
F ⁻	Gruplar arası	0	3	0,063	0,979	0	3	0,076	0,973	0	3	0,238	0,869	0	3	0,442	0,724
	Gruplar içi	0,09	44			0,08	44			0,18	36			0,05	40		
	Toplam	0,09	47			0,08	47			0,19	39			0,05	43		
Cl ⁻	Gruplar arası	120,19	3	9,587	0,000	101,6	3	13,306	0,000	101,48	3	3,52	0,025	315,21	3	61,076	0,000
	Gruplar içi	183,86	44			111,99	44			345,98	36			68,81	40		
	Toplam	304,05	47			213,59	47			447,46	39			384,02	43		
NO ₂ ⁻	Gruplar arası	0,12	3	3,226	0,032	0,81	3	5,321	0,003	6,39	3	3,724	0,022	7,63	3	18,58	0,000
	Gruplar içi	0,53	41			2,17	43			16,59	29			4,93	36		
	Toplam	0,65	44			2,98	46			22,98	32			12,56	39		
Br ⁻	Gruplar arası	0,02	3	0,882	0,458	0	3	0,165	0,920	0	3	1,003	0,403	0	3	0,032	0,992
	Gruplar içi	0,33	44			0,04	44			0,05	36			0,02	40		
	Toplam	0,35	47			0,04	47			0,06	39			0,02	43		
NO ₃ ⁻	Gruplar arası	601,39	3	10,115	0,000	403,97	3	5,982	0,002	265,44	3	12,197	0,000	475,96	3	3,652	0,021
	Gruplar içi	812,57	41			967,91	43			210,37	29			1564,07	36		
	Toplam	1413,97	44			1371,89	46			475,81	32			2040,03	39		

EK-3 (devam): MEVSİM ORTALAMALARINA GÖRE ÖLÇÜM NOKTALARININ SU KALİTESİ PARAMETRELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASINA İLİŞKİN VARYANS ANALİZİ SONUÇLARI.

Parametre	Varyasyon Kaynağı	Kış				İlkbahar				Yaz				Sonbahar			
		Kareler Toplamı	SD	F	P	Kareler Toplamı	SD	F	P	Kareler Toplamı	SD	F	P	Kareler Toplamı	SD	F	P
SO ₄ ⁻²	Gruplar arası	350,08	3	2,225	0,099	383,35	3	7,105	0,001	521,16	3	6,611	0,001	1151,9	3	33,699	0,000
	Gruplar içi	2307,24	44			773,35	43			840,84	32			455,75	40		
	Toplam	2657,31	47			1156,7	46			1362	35			1607,65	43		
PO ₄ ⁻³	Gruplar arası	0,56	3	6,523	0,001	1,62	3	22,293	0,000	0,55	3	3,144	0,039	2,08	3	23,06	0,000
	Gruplar içi	1,27	44			1,07	44			1,85	32			1,21	40		
	Toplam	1,83	47			2,69	47			2,4	35			3,29	43		
Na ⁺	Gruplar arası	113,63	3	2,108	0,113	269,25	3	2,35	0,085	3,34	3	0,01	0,999	438,52	3	1,424	0,25
	Gruplar içi	790,68	44			1680,53	44			4112,14	36			4107,06	40		
	Toplam	904,31	47			1949,78	47			4115,48	39			4545,58	43		
NH ₄ ⁺	Gruplar arası	5,84	3	6,289	0,001	49,04	3	14,095	0,000	71,97	3	4,1	0,015	220,04	3	14,527	0,000
	Gruplar içi	12,7	41			49,87	43			169,68	29			181,77	36		
	Toplam	18,54	44			98,92	46			241,66	32			401,81	39		
K ⁺	Gruplar arası	41,27	3	31,413	0,000	82,07	3	10,072	0,000	58,48	3	4,002	0,015	141,99	3	68,293	0,000
	Gruplar içi	19,27	44			119,51	44			175,35	36			27,72	40		
	Toplam	60,54	47			201,58	47			233,83	39			169,71	43		
Mg ⁺²	Gruplar arası	62,47	3	2,723	0,056	77,4	3	3,569	0,021	60,05	3	3,344	0,030	127,69	3	10,902	0,000
	Gruplar içi	336,5	44			318,07	44			215,48	36			156,17	40		
	Toplam	398,96	47			395,47	47			275,53	39			283,86	43		
Ca ⁺²	Gruplar arası	6791,7	3	7,283	0,000	12620,6	3	8,476	0,000	5447,71	3	3,572	0,023	8102,7	3	9,538	0,000
	Gruplar içi	13678,1	44			21838,6	44			18299,44	36			11326,9	40		
	Toplam	20469,9	47			34459,2	47			23747,15	39			19429,6	43		

6.4. EK-4: ARAZİ KULLANIMI VE DERİNLİKLERE GÖRE HAVZALARIN TOPRAK ANALİZİ SONUÇLARI.

Havza Adı	Arazi Kullanımı	Profil No	Derinlik (cm)	Kum %	Toz %	Kil %	Toprak Türü	Permeabilite (cm/saat)	Su tutma Kapasitesi (%)	Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)	pH	Eİ	TN (%)	TC (%)	Mg ⁺² (mg/kg)	Ca ⁺² (mg/kg)	Na ⁺ (mg/kg)	K ⁺ (mg/kg)
Yukarıkaraköy	Orman	1	0-20	27,33	12,76	59,91	Ağır Kil	1,2	54,8	1,16	6,2	351	0,23	3,92	5171,05	7719,61	191,52	3976,52
			20-40	33,39	4,27	62,34	Ağır Kil	0	45,6	1,29	6,12	91,6	0,12	1,46	4997,51	6776,46	162,84	3825,76
			40-60	17,53	12,96	69,51	Ağır Kil	0	65,2	1,25	6,1	55,2	0,06	0,98	6429,06	7590,16	206	4349,16
		2	0-20	36,48	18,72	44,8	Hafif Kil	289,4	53,7	1,04	5,16	140,8	0,17	3,68	3831,57	3928,82	144,95	1678,36
			20-40	16,23	13,04	70,73	Ağır Kil	137,1	56,8	1,17	5,4	179	0,08	1,41	7896,39	6911,94	281,99	3307
			40-60	19,01	8,87	72,13	Ağır Kil	0,1	55,8	1,19	5,43	143,6	0,04	0,64	8577,28	7466,37	298,42	3595,61
		3	0-20	37,78	36,67	25,55	Hafif Kil	22,3	41,7	1,3	4,92	63,8	0,12	2,5	3981,4	961,6	152,83	2848,99
			20-40	33,91	34,53	31,56	Hafif Kil	5,3	35,5	1,44	4,92	42,2	0,09	1,88	3794,13	455,05	136,08	1978,71
			40-60	33,91	34,53	31,56	Hafif Kil	3,6	34,7	1,53	4,98	34,2	0,03	0,38	4148,76	426,82	131,67	2100,17
		4	0-20	26,71	19,3	53,99	Ağır Kil	12,4	64,5	1,04	6,29	327	0,33	4,79	6128,81	9633,03	278,85	4046,58
			20-40	20,38	17,13	62,49	Ağır Kil	1,2	46,9	1,21	6,51	161,6	0,15	1,76	7972,66	9510,87	319,92	3813,08
			40-60	19,61	17,13	63,26	Ağır Kil	0	41,8	1,39	6,71	97,3	0,08	0,86	8455,74	10288,5	307,14	3731,29
		5	0-20	38,33	21,14	40,54	Hafif Kil	0,1	57,7	1,1	6,1	288	0,24	3,45	7784,96	8019,77	191,21	2808,53
			20-40	30,9	14,87	54,24	Ağır Kil	0,2	37,6	1,47	6,06	87	0,07	0,75	9490,18	7129,57	218,96	2993,99
			40-60	34,02	16,93	49,05	Ağır Kil	0	34,9	1,49	6,16	63,2	0,07	0,68	9511,97	7341,65	255,11	3108,62
		6	0-20	37,78	32,6	29,62	Hafif Kil	124	34,2	1,38	4,09	73	0,1	2,66	3371,43	196,26	115,28	2815,38
			20-40	36,68	34,53	28,8	Hafif Kil	34,7	34,3	1,49	4,77	29,5	0,05	0,69	3351,86	259,79	100,59	2594,17
			40-60	31,95	34,49	33,56	Hafif Kil	7	30,5	1,64	4,82	34,7	0,03	0,41	3800,55	351,35	117,26	3357,13
	Fındık	7	0-20	35,21	19,32	45,47	Ağır Kil	0	66,4	0,97	7,34	390	0,31	4,86	5420,88	17759,21	251,67	3566,24
			20-40	22,04	17,24	60,72	Ağır Kil	16,3	47,1	1,18	7,75	317	0,1	1,2	6447,29	14453,51	262,25	3298,18
			40-60	16,65	17,3	66,05	Ağır Kil	0	50,1	1,22	7,76	293	0,07	0,85	7392,58	11287,36	249,37	3093,42
		8	0-20	39,03	16,71	44,25	Hafif Kil	0,2	52,8	1,2	5,76	108,4	0,13	2,04	4916,28	4564,91	162,43	1718,34
			20-40	28,43	14,94	56,63	Ağır Kil	0,1	46,3	1,32	5,75	72,8	0,07	0,96	5808,74	5538,14	187,29	1931,39

EK-4 (DEVAM): ARAZİ KULLANIMINA GÖRE HAVZALARIN TOPRAK ANALİZİ SONUÇLARI.

Havza Adı	Arazi Kullanımı	Profil No	Derinlik (cm)	Kum %	Toz %	Kil %	Toprak Türü	Permeabilite (cm/saat)	Su tutma Kapasitesi (%)	Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)	pH	Eİ	TN (%)	TC (%)	Mg ⁺² (mg/kg)	Ca ⁺² (mg/kg)	Na ⁺ (mg/kg)	K ⁺ (mg/kg)		
Yukarıkaraköy	Fındık	9	40-60	19,49	12,99	67,52	Ağır Kil	0	54,1	1,23	5,75	102,4	0,04	0,6	8136,61	6193,56	270,3	3383,67		
			0-20	42,4	34,75	22,85	Killi Balçık	3,3	45,9	1,31	4,66	86,7	0,13	2,36	4246,88	906,65	132,74	2022,17		
			20-40	34,37	38,75	26,88	Hafif Kil	0	37,2	1,47	4,76	49,8	0,03	0,66	6083,92	746,4	150,56	3889,05		
		10	40-60	39,43	34,86	25,71	Hafif Kil	0,1	33,6	1,54	4,88	42,6	0,01	0,28	7714,41	827,34	157,23	4083,29		
			0-20	18,25	19,09	62,66	Ağır Kil	19,3	55,6	1,1	5,28	138,5	0,24	3,36	7507,46	6646,43	443,43	4229,83		
			20-40	16,5	14,92	68,58	Ağır Kil	0	42,9	1,37	6,03	79,3	0,07	0,99	8388,83	7737,13	344,15	5119,08		
		11	40-60	20,28	17,15	62,57	Ağır Kil	0,1	41,6	1,4	6,15	78	0,05	0,83	9513,17	7622,1	474,66	4300,69		
			0-20	41,92	28,49	29,59	Hafif Kil	43,4	37,9	1,39	5,71	79,7	0,12	2,5	3136,03	1844,1	98,59	1574,03		
			20-40	42,1	28,4	29,5	Hafif Kil	1,4	32,9	1,51	4,74	34,1	0,01	0,42	3620,69	285,84	115,67	1408,39		
		12	40-60	38,51	26,49	35	Hafif Kil	2,1	33,3	1,52	4,79	31	0,01	0,22	4476,12	341,15	113,61	1896,67		
			0-20	41,98	34,56	23,46	Killi Balçık	47,4	39,1	1,39	7,1	253	0,18	3,17	3316,79	4592,35	113,28	3129,86		
			20-40	46,72	34,6	18,68	Killi Balçık	82,3	36,2	1,33	5,37	50,7	0,1	1,81	3003,19	1616,74	130,59	2530,04		
		Avlayan	Orman	13	40-60	44,07	34,53	21,41	Killi Balçık	18,6	35,6	1,45	5,73	38,3	0,09	1,56	3197,71	1655,37	94,59	2048,48
					0-20	33,26	14,43	52,31	Ağır Kil	118,4	41,2	1,19	5,45	96,9	0,25	3,94	4490,31	4399,04	170,27	2560,33
					20-40	20,77	14,79	64,44	Ağır Kil	0,1	41,3	1,21	5,88	60,1	0,1	0,91	6149,23	5923,85	204,03	3234,24
				14	40-60	16,46	8,5	75,04	Ağır Kil	0,2	50,6	1,09	5,73	87	0,08	0,62	6226,51	7829,51	193,14	2873,96
					0-20	45,56	24,81	29,62	Hafif Kil	63,5	38,2	1,19	5,05	58,4	0,17	2,19	2051,5	555,19	102,45	1648,26
					20-40	41,85	26,12	32,03	Hafif Kil	1	25,9	1,65	5,18	40,8	0,1	0,85	2005,58	364,45	88,58	1773,66
15	40-60			41,55	24,79	33,66	Hafif Kil	1,1	24	1,63	5,2	40,8	0,09	0,69	2142,41	432,82	100,47	1580,36		
	0-20			33,65	23,39	42,96	Hafif Kil	26,5	46,5	1,04	5,17	119,6	0,22	3,24	4514,22	3574,35	181,77	1996,97		
	20-40			24,59	19,38	56,03	Ağır Kil	0,5	32,4	1,41	5,63	49,3	0,09	1,01	6124,67	4229,75	177,54	2602,69		
16	40-60	30,18	17,45	52,36	Ağır Kil	0	28,4	1,59	5,73	44,5	0,07	0,81	7393,28	5052,87	202,44	2493,29				
0-20	39,94	22	38,06	Hafif Kil	34,7	33,5	1,28	5,54	43,6	0,08	1,13	2142,76	756,29	115,07	1602,59					

EK-4 (DEVAM): ARAZİ KULLANIMINA GÖRE HAVZALARIN TOPRAK ANALİZİ SONUÇLARI.

Havza Adı	Arazi Kullanımı	Profil No	Derinlik (cm)	Kum %	Toz %	Kil %	Toprak Türü	Permeabilite (cm/saat)	Su tutma Kapasitesi (%)	Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)	pH	Ei	TN (%)	TC (%)	Mg ⁺² (mg/kg)	Ca ⁺² (mg/kg)	Na ⁺ (mg/kg)	K ⁺ (mg/kg)
Avlayan	Orman		20-40	37,91	15,9	46,19	Ağır Kil	2,2	24,2	1,54	5,45	34	0,06	0,7	2357,74	550,14	118,22	1591,69
			40-60	26,89	18,14	54,97	Ağır Kil	0,2	23,3	1,57	5,43	31,2	0,06	0,4	2934,95	821,67	152,84	2941,75
		17	0-20	20,77	16,96	62,27	Ağır Kil	153,2	41	1,04	8,12	343	0,47	6,21	3118,09	42980,93	210,7	5046,48
			20-40	24,17	24,53	51,3	Ağır Kil	260,5	22,3	1,55	8,49	204,7	0,12	8,13	3340,53	129622,5	1281,51	5047,16
		18	0-20	21,84	12,45	65,71	Ağır Kil	16,8	53	1,04	6,37	264	0,27	5,35	3314,46	9492,53	224,34	3641,13
			20-40	13,99	7,97	78,04	Ağır Kil	13,4	37,1	1,33	6,83	131,5	0,14	1,96	5681,12	7885,02	248,75	6557,45
	Fındık	19	0-20	13,33	16,76	69,91	Ağır Kil	260,5	46,5	1,03	6,18	70,9	0,08	0,53	6133,41	7735,88	182,81	3313,79
			20-40	18,79	15,16	66,05	Ağır Kil	1,4	45	1,18	5,81	144,8	0,22	2,22	8063,56	8315,15	259,35	3047,67
			40-60	22,63	19,34	58,03	Ağır Kil	0,3	43,5	1,25	6,3	88,2	0,11	0,68	9808,5	9393,59	258,31	4341,15
		20	0-20	41,18	27	31,83	Hafif Kil	9,3	36,1	1,38	5,49	63,1	0,09	0,39	7619,51	1554,52	156,22	2245,98
			20-40	41,05	25	33,95	Hafif Kil	15,3	23,3	1,68	5,5	36,3	0,2	2,78	7913,68	1240,02	205,11	2618,68
			40-60	34,25	29,39	36,36	Hafif Kil	0,1	24	1,74	5,49	37,7	0,11	1,56	7747,89	1465,73	188,3	2551,77
		21	0-20	56,21	15,9	27,89	Kumlu Kil	30,6	33,4	1,33	6,78	138,1	0,09	1,33	965,28	2812,74	100,66	2297,51
			20-40	49,8	19,66	30,55	Hafif Kil	40,1	26,6	1,45	6,51	72,1	0,16	2,04	920,73	2423,19	111,52	1817,97
			40-60	51,78	18,66	29,56	Hafif Kil	12,4	20,3	1,71	6,54	67	0,16	1,93	739,63	2181,04	102,74	1428,39
		22	0-20	56,12	17,97	25,92	Kumlu Kil	2,4	27,9	1,54	6,1	110,3	0,05	0,42	2572,2	1858,51	112,12	1453,37
			20-40	64,41	9,78	25,81	Kumlu Kil	11,8	20,8	1,72	5,65	51,4	0,05	0,42	2774,8	1100,62	109,07	773,24
			40-60	53,66	18,72	27,61	Hafif Kil	0	22,9	1,62	5,71	35,5	0,26	3,15	2678,72	1228,35	125,9	1033,85
		23	0-20	30,16	14,2	55,64	Ağır Kil	31,6	39	1,19	6,26	114	0,11	1,13	1870,91	4522,02	158,67	1798,37
			20-40	16,03	12,36	71,61	Ağır Kil	0	33,2	1,34	6,48	66,5	0,06	0,54	1884,72	4926,99	184,28	1962,99
			40-60	13,11	12,12	74,77	Ağır Kil	0,4	34,7	1,34	6,6	50,4	0,4	4,75	2140,12	4844,88	169	2429,91
		24	0-20	18,5	12,63	68,86	Ağır Kil	0,6	58,4	1,03	7,11	431	0,42	4,92	5039,67	11023,42	208,32	5790,96

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Tarık ÇİTGEZ
Doğum Tarihi ve Yeri : 04.01.1984 - Bigadiç
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : tarikcitgez@duzce.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Doktora	Orman Mühendisliği	Düzce Üniversitesi	2017
Y. Lisans	Orman Mühendisliği	Düzce Üniversitesi	2011
Lisans	Orman Mühendisliği	Abant İzzet Baysal Üniversitesi	2007
Lise		Balıkesir Lisesi	2002