KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

SAPANCA GÖLÜ HAVZASINI BESLEYEN DERELERDE TAŞINAN ASKIDA KATI MADDE MİKTARININ TAHMİN EDİLMESİ

TEMEL TEMİZ

KOCAELİ 2015

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

SAPANCA GÖLÜ HAVZASINI BESLEYEN DERELERDE TAŞINAN ASKIDA KATI MADDE MİKTARININ TAHMİN EDİLMESİ

TEMEL TEMİZ

Yrd.Doç.Dr. Adnan ÖNER
Danışman, Kocaeli Üniv. .....

Doç.Dr. Emrah DOĞAN
Eş Danışman, Sakarya Üniv. .....

Prof.Dr. Safa Bozkurt COŞKUN
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv. .....

Prof.Dr. Bülent ŞENGÖRÜR
Jüri Üyesi, Sakarya Üniv. .....

Doç.Dr. Mücahit OPAN
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv. .....

Yrd.Doç.Dr. Utkan MUTMAN
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv. .....

Yrd.Doç.Dr. Osman SÖNMEZ
Jüri Üyesi, Sakarya Üniv. .....

Tezin Savunulduğu Tarih: 24.07.2015

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince desteğini, emeğini, bilgi ve tecrübesini esirgemeyen değerli danışmanlarım Yrd. Doç. Dr. Adnan ÖNER ve Doç. Dr. Emrah DOĞAN'a katkılarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen Doç. Dr. Mücahit OPAN, Prof. Dr. Safa Bozkurt COŞKUN, Yrd. Doç. Dr. Rabia KÖKLÜ, Prof. Dr. Bülent ŞENGÖRÜR, Yrd. Doç. Dr. Osman SÖNMEZ, Seda TÜNAY, Arş. Gör. Onur ÖZTÜRK ve Arş. Gör. Cüneyt YILMAZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, bu çalışmayı 2012.01.04.016 numaralı araştırma projesi kapsamında destekleyen Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu'na teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım esnasında arazi çalışmalarına destek veren Sakarya Su ve Kanalizasyon İdaresi'ne ve çalışanlarına ve havzadan geçmiş yıllarda elde edilmiş verilerin sağlanmasında destek veren Devlet Su İşleri 32. Şube Müdürlüğü'ne ve çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen anneme, babama, kardeşlerime, özellikle de eşim Tuğba KARTALTEPE TEMİZ ve kızım Elif TEMİZ'e teşekkürlerimi sunarım

Haziran – 2015 Temel TEMİZ

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ vi
TABLOLAR DİZİNİ ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ xi
ÖZET xiii
ABSTRACT xiv
GİRİŞ 1
1. GENEL BİLGİLER 2
1.1. Çalışmanın Amacı 2
1.2. Çalışmanın Önemi 3
1.3. Literatür Çalışmaları 3
1.3.1. Sapanca ile ilgili literatür çalışmaları 3
1.3.2. Askıda katı madde, su kalitesi ve cbs ile ilgili literatür çalışmaları 7
1.3.3. YSA ile ilgili literatür çalışmaları 14
2. ÇALIŞMA SAHASI – SAPANCA HAVZASI 18
2.1. Coğrafik Yapı 18
2.2. Jeolojik Yapı 19
2.3. İklim ve Meteorolojik Özellikler 20
2.4. Flora Fauna 22
2.4.1. Flora 22
2.4.2. Fauna 24
2.5. Hidroloji 24
2.5.1. Sapanca Gölü'nü besleyen dereler 25
2.5.1.1. Harmanlı (Aşağıdereköy) Deresi 26
2.5.1.2. Maden (Eşme) Deresi 26
2.5.1.3. Kurudere 27
2.5.1.4. Değirmen Dere (Çekok Deresi) 27
2.5.1.5. Balıkhane Deresi 28
2.5.1.6. Kasabasın (Karabasan) Deresi 29
2.5.1.7. Yanık (Karaçay) Deresi 29
2.5.1.8. Kurtköy (Kuruçay) Deresi 30
2.5.1.9. Mahmudiye Deresi 30
2.5.1.10. İstanbul Deresi 31
2.5.1.11. Keçi Deresi 31
2.5.1.12. Sarp Deresi 32
2.6. Nüfus ve Yerleşim 32
2.7. Sanayi Alanları 34
3. ARAZİ VE LABORATUAR ÇALIŞMALARI 35
3.1. Arazi Çalışmaları 35
3.1.1. Sapanca Havzası üzerinde belirlenen ölçüm noktaları 35
3.1.2. Debi ölçümü 36

3.1.3. Askıda katı madde ölçümü 38
3.1.3.1. US. DH-48 ile derinlik entegrasyon yöntemi uygulanması 39
3.1.3.2. Akustik ölçüm yöntemi (insite ig model 3150 portatif AKM ölçer) 39
3.2. Askıda Madde Ölçümleri İçin Laboratuvar Çalışmaları 39
3.2.1. Askıda madde konsantrasyonunun belirlenmesi 40
3.2.2. Askı malzemesi dane büyüklük dağılımının belirlenmesi 40
3.2.3. Yatak malzemesi dane büyüklük dağılımının belirlenmesi 40
4. BİLGİSAYARLI MODELLEME İÇİN KULLANILAN YÖNTEMLER 43
4.1. Kullanılan Yöntemler 43
4.1.1. Sediment anahtar eğrisi (SRC) 43
4.1.2. Çoklu doğrusal regresyon (ÇLR) 44
4.1.3. Yapay sinir ağları (YSA) 44
4.1.3.1. Yapay sinir ağları bileşenleri 45
4.1.3.2. İleri beslemeli ve çok katmanlı YSA yapısı 46
4.1.3.3. YSA – saklı katman sayısı 47
4.1.3.4. YSA'nın tarihi gelişimi 47
4.1.3.5. Eğitim ve test 48
4.1.3.6. Verilerin ölçeklendirilmesi 49
4.2. Boyut Analizi ve Bazı Boyutsuz Parametrelerin Tanımlanması 50
4.3. Modellemede Kullanılan Araç: MATLAB ile Programlama 57
4.3.1. MATLAB programlama dili 59
4.3.2. Geliştirme ortamı 59
4.3.3. Grafik işlemleri 59
4.3.4. MATLAB matematiksel fonksiyon kütüphanesi 60
4.3.5. MATLAB uygulama programı arabirimi 60
4.3.6. MATLAB kullanımının YSA için sağladığı kolaylıklar 60
4.3.7. MATLAB programında seçilen YSA eğitim fonksiyonları 60
4.4. Arazi Kullanımı Haritalarının Hazırlanması 61
5. HAVZA GÖZLEM SONUÇLARI 63
5.1. Ölçüm Yapılan Aralıklardaki Günlük Hava Değişimleri 63
5.2. Yan Derelerde Ölçülen Su Sıcaklıkları ve Değişimleri 65
5.2.1. Harmanlı Deresi sıcaklık ölçümleri 65
5.2.2. Maden Deresi sıcaklık ölçümleri 66
5.2.3. Kuru Dere sıcaklık ölçümleri 66
5.2.4. Değirmendere Deresi sıcaklık ölçümleri 67
5.2.5. Balıkhane Deresi sıcaklık ölçümleri 68
5.2.6. Kasabasın Deresi sıcaklık ölçümleri 69
5.2.7 Yanık Deresi sıcaklık ölçümleri 70
5.2.8. Kurtköy Deresi sıcaklık ölçümleri 71
5.2.9. Mahmudiye Deresi sıcaklık ölçümleri 72
5.2.10. İstanbul Deresi sıcaklık ölçümleri 73
5.2.11. Keçi Deresi sıcaklık ölçümleri 74
5.2.12. Sarp Deresi sıcaklık ölçümleri 75
5.2.13. Tüm dereler için sıcaklık dağılımları 76
5.3. Yan Derelerde Debi Ölçümleri 78
5.3.1. Harmanlı Deresi debi ölçümleri 78
5.3.2. Maden Deresi debi ölçümleri 79

5.3.3. Kuru Dere debi ölçümleri 80
5.3.4. Değirmendere Deresi debi ölçümleri 81
5.3.5. Balıkhane Deresi debi ölçümleri 82
5.3.6. Kasabasın Deresi debi ölçümleri 84
5.3.7. Yanık (Kuruçay) deresi Debi ölçümleri 84
5.3.8. Kurtköy (Karaçay) deresi Debi ölçümleri 86
5.3.9. Mahmudiye Deresi debi ölçümleri 87
5.3.10. İstanbul Deresi debi ölçümleri 88
5.3.11. Keçi Deresi debi ölçümleri 89
5.3.12. Sarp Deresi debi ölçümleri 89
5.3.13. Balıkhane Deresi (20 Mart 2015) ilave ölçüm 90
5.4. AKM Ölçümleri 92
5.4.1. Harmanlı Deresi AKM ölçümleri 92
5.4.2. Maden Deresi AKM ölçümleri 92
5.4.3. Kuru Dere AKM ölçümleri 94
5.4.4. Değirmendere Deresi AKM ölçümleri 95
5.4.5. Balıkhane Deresi AKM ölçümleri 96
5.4.6. Kasabasın Deresi AKM ölçümleri 96
5.4.7. Yanık Deresi AKM ölçümleri 97
5.4.8. Kurtköy (Karaçay) Deresi AKM ölçümleri 98
5.4.9. Mahmudiye Deresi AKM ölçümleri 99
5.4.10. İstanbul Deresi AKM ölçümleri 100
5.4.11. Keçi Deresi AKM ölçümleri 101
5.4.12. Sarp Deresi AKM ölçümleri 101
5.4.13. Sediment ölçüm verilerinin karşılaştırılması 102
5.5. Laboratuvar Çalışmaları 105
5.5.1. Elek analizi 104
5.5.1.1. Harmanlı (1. numune) 105
5.5.1.2. Maden (2. numune) 106
5.5.1.3. Kuru Dere (3. numune) 108
5.5.1.4. Değirmendere (4. numune) 109
5.5.1.5. Balıkhane (5. numune) 110
5.5.1.6. Kasabasın (6. numune) 111
5.5.1.7. Yanık (7. numune) 112
5.5.1.8. Kurtköy (8. numune) 113
5.5.1.9. Mahmudiye (9. numune) 115
5.5.1.10. İstanbul Dere (10. numune) 116
5.5.1.11. Keçi (11. numune) 117
5.5.1.12. Sarp (12. numune) 118
5.5.2. Özgül ağırlık deneyleri 119
6. MODELEME SONUÇLARI 132
6.1. Birinci Senaryo (1 Girdi – 1 Çıktı) 134
6.1.1. Sediment anahtar eğrisi (SRC) (1 girdi – 1 çıktı) 134
6.1.2. Çoklu doğrusal regresyon modeli (ÇLR) (1 girdi – 1 çıktı) 136
6.1.3. Yapay sinir ağı modeli (YSA) (1 girdi – 1 çıktı) 137
6.1.4. Birinci senaryo 1 girdi – 1 çıktı için değerlendirmeler 139
6.2. İkinci Senaryo (8 Girdi – 1 Çıktı) 139
6.2.1. Çoklu doğrusal regresyon modeli (ÇLR) (8 girdi – 1 çıktı) 140
6.2.2. Yapay sinir ağı modeli (YSA) (8 girdi – 1 çıktı) 141

6.2.3. İkinci senaryo 8 girdi – 1 çıktı için değerlendirmeler 143
6.3. Üçüncü Senaryo (4 Girdi – 1 Çıktı) 143
6.3.1. Çoklu doğrusal regresyon modeli (ÇLR) (4 girdi – 1 çıktı) 144
6.3.2. Yapay sinir ağı modeli (YSA) (4 girdi – 1 çıktı) 146
6.3.3. Üçüncü senaryo 4 girdi – 1 çıktı için değerlendirmeler 147
7. ARAZİ KULLANIMI SONUÇLARI 149
7.1. Landsat 5 TM (1987) - Landsat 8 TM (2010) Uydu Görüntüleri 149
7.2. 1990 – 2000 – 2006 Yılları Arazi Örtüsü Verileri 151
8. DEĞERLENDİRMELER VE ÖNERİLER 155
8.1. Ölçüm Değerlendirme Sonuçları 155
8.1.1. Debi değişim sonuçları 155
8.1.2. Sıcaklık değişim sonuçları 156
8.1.3. AKM değişim sonuçları 156
8.2. Laboratuvar Çalışmalarından Elde Edilen Sonuçlar 157
8.3. Arazi Kullanımı ile Elde Edilen Sonuçlar 157
8.4. Modelleme Çalışmalarından Elde Edilen Sonuçlar 158
8.5. Çalışma İle İlgili Değerlendirmeler 159
8.6. Gelecek Çalışmalar için Öneriler 159
KAYNAKLAR 161
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER 167
ÖZGEÇMİŞ 168

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Sapanca Gölü Havzası Lokasyon Haritası 18
Şekil 2.2. Sapanca Havzasının Jeolojisi 21
Şekil 2.3. 1960 – 2012 arası aylık ortalama sıcaklıklar 22
Şekil 2.4. 1960 – 2012 arası aylık toplam yağış miktarı ortalamaları 23
Şekil 2.5. Harmanlı Deresi 27
Şekil 2.6. Maden Deresi 27
Şekil 2.7. Kuru Dere 28
Şekil 2.8. Değirmen Dere 28
Şekil 2.9. Balıkhane Deresi 29
Şekil 2.10. Kasabasın Deresi 29
Şekil 2.11. Yanık Deresi 30
Şekil 2.12. Kurtköy Deresi 30
Şekil 2.13. Mahmudiye Deresi 31
Şekil 2.14. İstanbul Deresi 31
Şekil 2.15. Keçi Deresi 32
Şekil 2.16. Sarp Deresi 32
Şekil 2.17. 1935 – 2008 yılları arası Sapanca Havzası Nüfus Değişimi 33
Şekil 3.1. Dereler Üzerinde Bulunan Ölçüm İstasyonları ve Koordinat Noktaları 36
Şekil 3.2. Kasabasın Deresi Debi Ölçüm Çalışması 37
Şekil 3.3. US. DH-48 ve Örnekleme Şişesi 38
Şekil 3.4. Insite IG Model 3150 Portatif Askıda Katı Madde Ölçer 39
Şekil 3.5. Balıkhane Deresi Taban Malzemesi Numune Alımı 41
Şekil 3.6. Etüv ile Kurutma İşlemi 41
Şekil 3.7. Elek ile Eleme ve Tartım Aşamaları 42
Şekil 4.1. YSA Genel Akış Şeması 44
Şekil 4.2. Yapay Sinir Ağı Hücre Yapısı 45
Şekil 4.3. İleri Beslemeli ve Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı Hücre Modeli 46
Şekil 4.4. Saklı Katmanlı YSA modelinde ağırlık (w) ve hata (E) grafiği 47
Şekil 4.5. Saklı Katmanlı YSA modelinde ağırlık (w) ve hata (E) grafiği 49
Şekil 4.6. Sapanca Gölü Yükselti Haritaları 61
Şekil 5.1. Harmanlı Deresi Su Sıcaklık Değişimi 65
Şekil 5.2. Maden Deresi Su Sıcaklık Değişimi 66
Şekil 5.3. Kuru Dere Su Sıcaklık Değişimi 67
Şekil 5.4. Değirmendere Su Sıcaklık Değişimi 68
Şekil 5.5. Balıkhane Deresi Su Sıcaklık Değişimi 69
Şekil 5.6. Kasabasın Deresi Su Sıcaklık Değişimi 70
Şekil 5.7. Yanık Deresi Su Sıcaklık Değişimi 71
Şekil 5.8. Kurtköy Deresi Su Sıcaklık Değişimi 72
Şekil 5.9. Mahmudiye Deresi Su Sıcaklık Değişimi 73
Şekil 5.10. İstanbul Dere Su Sıcaklık Değişimi 74
Şekil 5.11. Keçi Deresi Su Sıcaklık Değişimi 74

Şekil 5.12. Sarp Deresi Su Sıcaklık Değişimi 75
Şekil 5.13. Sapanca Havzasında Derelerde Görülen Su Sıcaklık Değişimleri 77
Şekil 5.14. Harmanlı Deresi Debi Ölçüm Değerleri 78
Şekil 5.15. Harmanlı Deresi 06.12.12 Tarihi Debi Ölçüm En Kesiti 78
Şekil 5.16. Maden Deresi Debi Ölçüm Değerleri 79
Şekil 5.17. Maden Deresi 06.12.12 Tarihi Debi Ölçüm En Kesiti 80
Şekil 5.18. Kuru Dere Debi Ölçüm Değerleri 80
Şekil 5.19. Kuru Dere 04.13.13 Tarihi Debi Ölçüm En Kesiti 81
Şekil 5.20. Değirmendere Deresi Debi Ölçüm Değerleri 82
Şekil 5.21. Değirmendere Deresi 06.12.12 Tarihi Debi Ölçüm En Kesiti 82
Şekil 5.22. Balıkhane Deresi Debi Ölçüm Değerleri 83
Şekil 5.23. Balıkhane Deresi 06.12.12 Tarihi Debi Ölçüm En Kesiti 83
Şekil 5.24. Kasabasın Deresi Debi Ölçüm Değerleri 84
Şekil 5.25. Kasabasın Deresi 06.12.12 Tarihi Debi Ölçüm En Kesiti 84
Şekil 5.26. Yanık (Kuruçay) Deresi Debi Ölçüm Değerleri 85
Şekil 5.27. Yanık (Kuruçay) Deresi 06.12.12 Tarihi Debi Ölçüm En Kesiti 85
Şekil 5.28. Kurtköy (Karaçay) Deresi Debi Ölçüm Değerleri 86
Şekil 5.29. Kurtköy (Karaçay) Deresi 06.12.12 Tarihi Debi Ölçüm En Kesiti 86
Şekil 5.30. Mahmudiye Deresi Debi Ölçüm Değerleri 87
Şekil 5.31. Mahmudiye Deresi 06.12.12 Tarihi Debi Ölçüm En Kesiti 87
Şekil 5.32. İstanbul Deresi Debi Ölçüm Değerleri 88
Şekil 5.33. İstanbul Deresi 06.12.12 Tarihi Debi Ölçüm En Kesiti 88
Şekil 5.34. Keçi Deresi Debi Ölçüm Değerleri 89
Şekil 5.35. Keçi Deresi 06.12.12 Tarihi Debi Ölçüm En Kesiti 89
Şekil 5.36. Sarp Deresi Debi Ölçüm Değerleri 90
Şekil 5.37. Sarp Deresi 06.12.12 Tarihi Debi Ölçüm En Kesiti 90
Şekil 5.38. Balıkhane Deresi Stream Pro Ölçümü (2015) 91
Şekil 5.39. Balıkhane Deresinde Stream Pro Cihazının Çıkardığı En Kesit Profili 91
Şekil 5.40. Balıkhane Deresinde Stream Pro Cihazının Ölçüm Görüntüsü 92
Şekil 5.41. Harmanlı Deresi AKM Ölçüm Değerleri 93
Şekil 5.42. Maden Deresi AKM Ölçüm Değerleri 93
Şekil 5.43. Kuru Dere AKM Ölçüm Değerleri 94
Şekil 5.44. Değirmendere Deresi AKM Ölçüm Değerleri 95
Şekil 5.45. Balıkhane Deresi AKM Ölçüm Değerleri 96
Şekil 5.46. Kasabasın Deresi AKM Ölçüm Değerleri 97
Şekil 5.47. Yanık Deresi AKM Ölçüm Değerleri 98
Şekil 5.48. Kurtköy Deresi AKM Ölçüm Değerleri 98
Şekil 5.49. Mahmudiye Deresi AKM Ölçüm Değerleri 99
Şekil 5.50. İstanbul Deresi AKM Ölçüm Değerleri 100
Şekil 5.51. Keçi Deresi AKM Ölçüm Değerleri 101
Şekil 5.52. Sarp Deresi AKM Ölçüm Değerleri 102
Şekil 5.53. 13.02.13 Tarihli Numunelerin Askı Malzemeleri Ölçüm Karşılaştırmaları 103
Şekil 5.54. 11.10.13 Tarihli Numunelerin Askı Malzemeleri Ölçüm Karşılaştırmaları 104
Şekil 5.55. Harmanlı Deresi Elek Analiz Sonuçları 106
Şekil 5.56. Maden Deresi Elek Analiz Sonuçları 107
Şekil 5.57. Kuru Dere Elek Analiz Sonuçları 108

Şekil 5.58. Değirmendere Elek Analiz Sonuçları 109
Şekil 5.59. Balıkhane Deresi Elek Analiz Sonuçları 110
Şekil 5.60. Kasabasın Deresi Elek Analiz Sonuçları 111
Şekil 5.61. Yanık Deresi Elek Analiz Sonuçları 113
Şekil 5.62. Kurtköy Deresi Elek Analiz Sonuçları 114
Şekil 5.63. Mahmudiye Deresi Elek Analiz Sonuçları 115
Şekil 5.64. İstanbul Dere Elek Analiz Sonuçları 116
Şekil 5.65. Keçi Deresi Elek Analiz Sonuçları 117
Şekil 5.66. Sarp Deresi Elek Analiz Sonuçları 119
Şekil 6.1. Yan Dereler İçin Belirlenen Sediment Anahtar Eğrisi 134
Şekil 6.2. Askı Madde Yükü SRC Test Model Gidiş Sonuçları 135
Şekil 6.3. Askı Madde Yükü SRC Test Model Determinasyon Sonuçları 135
Şekil 6.4. Askı Madde Yükü ÇLR Test Model Gidiş Sonuçları 137
Şekil 6.5. Askı Madde Yükü ÇLR Test Model Determinasyon Sonuçları 137
Şekil 6.6. Askı Madde Yükü YSA Test Model Gidiş Sonuçları 138
Şekil 6.7. Askı Madde Yükü YSA Test Model Determinasyon Sonuçları 138
Şekil 6.8. Askı Madde Yükü ÇLR Test Model Gidiş Sonuçları 140
Şekil 6.9. Askı Madde Yükü ÇLR Test Model Determinasyon Sonuçları 141
Şekil 6.10. Askı Madde Yükü YSA Test Model Gidiş Sonuçları 142
Şekil 6.11. Askı Madde Yükü YSA Test Model Determinasyon Sonuçları 142
Şekil 6.12. Askı Madde Yükü ÇLR Test Model Gidiş Sonuçları 145
Şekil 6.13. Askı Madde Yükü YSA Test Model Determinasyon Sonuçları 145
Şekil 6.14. Askı Madde Yükü YSA Test Model Gidiş Sonuçları 146
Şekil 6.15. Askı Madde Yükü YSA Test Model Determinasyon Sonuçları 146
Şekil 7.1. 1987 yılına ait sınıflandırılmış NDVI görüntüsü 150
Şekil 7.2. 2010 yılına ait sınıflandırılmış NDVI görüntüsü 151
Şekil 7.3. 1990 yılına ait sınıflandırılmış Arazi Kullanımı Görüntüsü 153
Şekil 7.4. 2000 yılına ait sınıflandırılmış Arazi Kullanımı Görüntüsü 154
Şekil 7.5. 2006 yılına ait sınıflandırılmış Arazi Kullanımı Görüntüsü 154

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 2.1. Sakarya iline ait meteorolojik veriler 22
Tablo 2.2. Sapanca Havzası Ormanlarının Alan Bakımından Dağılımı 24
Tablo 2.3. 1986-1999 Yılları Arası Sapanca Gölünü Besleyen Başlıca Derelerin Debi Değişimleri 26
Tablo 3.1. Derelerdeki Ölçüm İstasyonu Koordinatları 35
Tablo 4.1. Biyolojik sinir sistemi ile YSA arasındaki benzerlikler 45
Tablo 4.2. Toplam katı madde hareketi için kullanılan boyutsuz parametreler 56
Tablo 4.3. Askıda madde hareketi için kullanılan boyutsuz parametreler 56
Tablo 5.1. Ölçüm Günlerindeki Hava Durumları (www.mgm.gov.tr) 64
Tablo 5.2. Ölçüm Günlerindeki Hava Durumları (www.mgm.gov.tr) 91
Tablo 5.3. 13.02.13 Tarihli Numunelerin Askı Malzemeleri Ölçüm Karşılaştırmaları 103
Tablo 5.4. 11.10.13 Tarihli Numunelerin Askı Malzemeleri Ölçüm Karşılaştırmaları 103
Tablo 5.5. Sapanca Gölü Havzası'ndaki Derelere ait Taban Malzemesi Sınıfları 105
Tablo 5.6. Harmanlı Deresi Elek Analiz Sonuçları 107
Tablo 5.7. Maden Deresi Elek Analiz Sonuçları 107
Tablo 5.8. Kuru Dere Elek Analiz Sonuçları 108
Tablo 5.9. Değirmendere Elek Analiz Sonuçları 109
Tablo 5.10. Balıkhane Deresi Elek Analiz Sonuçları 111
Tablo 5.11. Kasabasın Deresi Elek Analiz Sonuçları 112
Tablo 5.12. Yanık Deresi Elek Analiz Sonuçları 113
Tablo 5.13. Kurtköy Deresi Elek Analiz Sonuçları 114
Tablo 5.14. Mahmudiye Deresi Elek Analiz Sonuçları 115
Tablo 5.15. İstanbul Dere Elek Analiz Sonuçları 117
Tablo 5.16. Keçi Deresi Elek Analiz Sonuçları 118
Tablo 5.17. Sarp Deresi Elek Analiz Sonuçları 119
Tablo 5.18. Harmanlı Deresi Özgül Ağırlık Değerleri 120
Tablo 5.19. Maden Deresi Özgül Ağırlık Değerleri 121
Tablo 5.20. Kuru Dere Özgül Ağırlık Değerleri 122
Tablo 5.21. Değirmendere Deresi Özgül Ağırlık Değerleri 123
Tablo 5.22. Balıkhane Deresi Özgül Ağırlık Değerleri 124
Tablo 5.23. Kasabasın Deresi Özgül Ağırlık Değerleri 125
Tablo 5.24. Yanık Deresi Özgül Ağırlık Değerleri 126
Tablo 6.1. Birinci Senaryo Veri Seti 134
Tablo 6.2. Birinci Senaryo Birinci Yöntem Performans Ölçütleri 136
Tablo 6.3. Birinci Senaryo İkinci Yöntem Performans Ölçütleri 138
Tablo 6.4. Birinci Senaryo Üçüncü Yöntem Performans Ölçütleri 138
Tablo 6.5. Birinci Senaryo Performans Ölçütlerinin Karşılaştırılması 139
Tablo 6.6. İkinci Senaryo Veri Seti 140
Tablo 6.7. İkinci Senaryo Birinci Yöntem Performans Ölçütleri 141

Tablo 6.8. İkinci Senaryo İkinci Yöntem Performans Ölçütleri 142
Tablo 6.9. İkinci Senaryo Performans Ölçütlerinin Karşılaştırılması 143
Tablo 6.10. Üçüncü Senaryo Veri Seti 144
Tablo 6.11. Üçüncü Senaryo Birinci Yöntem Performans Ölçütleri..... 145
Tablo 6.12. Üçüncü Senaryo İkinci Yöntem Performans Ölçütleri 147
Tablo 6.13. Üçüncü Senaryo Performans Ölçütlerinin Karşılaştırılması 148
Tablo 7.1. Sapanca Havzadaki Arazi Kullanım Oranları 1987 - 2010..... 149
Tablo 7.2. Sapanca Havzadaki Arazi Kullanım Oranları 1990 - 2000..... 152
Tablo 7.3. Sapanca Havzadaki Arazi Kullanım Oranları 1990 - 2000..... 152

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Ca	: Kalsiyum
Cd	: Kadmiyum
Cl	: Klor
Cu	: Bakır
ÇO	: Çözünmüş Oksijen
Fe	: Demir
K	: Potasyum
Mg	: Magnezyum
N	: Azot
Na	: Sodyum
$NH_4 - N$	: Amonyum Azotu
$NO_2 - N$	: Nitrit Azotu
$NO_3 - N$	: Nitrat Azotu
Q	: Debi
Qs	: Askıda Katı Madde Miktarı
P	: Fosfor
Pb	: Kurşun
$PO_4 - P$	: Ortafosfat
SO_4	: Sülfat
R	: Korelasyon Katsayısı
R^2	: Determinasyon Katsayısı
T	: Sıcaklık
TN	: Toplam Azot
TOC	: Toplam Organik Karbon
TP	: Toplam Fosfor
Zn	: Çinko

Kısaltmalar

AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
AKM	: Askıda Katı Madde
BOI	: Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
ÇKA	: Çoklu Katman Ağı
ÇKYSA	: Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları
ÇLR	: Çoklu Doğrusal Regresyon
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
DSİ	: Devlet Su İşleri
EİE	: Elektrik Etüt İdaresi
GRYSA	: Genelleştirilmiş Regresyon Yapay Sinir Ağları
İSU	: Kocaeli Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü

KOI	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
KOKH	: Karekök Ortalama Karesel Hata
MATLAB	: Programlama Dili
OKH	: Ortalama Karesel Hata
PMPCM25	: Pervaneli Tip Cüce Muline
RTYSA	: Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları
SASKİ	: Sakarya Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
SRC	: Sediment Anahtar Eğrisi
TÇK	: Toplam Çözünmüş Katı
TÜPRAŞ	: Türkiye Petrol Rafinerileri A. Ş.
YSA	: Yapay Sinir Ağı
YZ	: Yapay Zekâ

SAPANCA GÖLÜ HAVZASINI BESLEYEN DERELERDE TAŞINAN ASKIDA KATI MADDE MİKTARININ TAHMİN EDİLMESİ

ÖZET

Bu çalışmada, Sapanca Gölü havzasında 2012-2014 yılları arasında askıda katı madde hareketini belirlemek üzere yan derelerde belirlenen istasyonlarda, debi, sıcaklık ve askıda katı madde parametrelerine ait ölçümler yapılmıştır. Ölçüm dönemi boyunca hava sıcaklıkları mevsim normallerinin üzerine çıkmış ve yağışlar azalmıştır. Sapanca Gölü havzasını besleyen 12 adet yan dere bulunmaktadır. Bu derelerden hangilerinin havza için önem arz ettiği belirlenirken, bazı derelerin sadece yüzeysel suları taşıdığı ve yağışsız dönemlerde kuruduğu çalışmada ifade edilmiştir.

Yan derelerden elde edilen ölçüm sonuçları kullanılarak üç farklı senaryo altında tahmin modelleri geliştirilmiştir. Senaryo modelleri içerisinde Yapay Sinir Ağları (YSA), Sediment Anahtar Eğrisi ve Çoklu Doğrusal Regresyon modelleri kullanılarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Belirlenen üç senaryo için YSA'nın en uygun sonuçları elde ettiği belirlenmiştir.

Havzadaki arazi kullanımının ve göl alanının yıllara göre değişimi incelenmiştir. Bunun için Landsat 5 TM (1987) ve Landsat 8 TM (2010) uydu görüntüleri kullanılmıştır. Uydu görüntüleri ArcGIS 10,1 yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Analizler sonucunda 1987-2010 yılları arasında doğal bitki örtüsünün önemli ölçüde tahrip olduğu görülmüştür. Ayrıca, Sapanca Gölü'nün 1990 ve 2010 yıllarına ait batımetri haritaları incelenmiş, göl yüzey alanında yaklaşık %2'lik bir azalma olduğu tespit edilmiştir.

Ayrıca, Sapanca Gölü'nü besleyen yan derelerdeki kirletici noktaları belirlenmiş, yan derler ve Sapanca Gölü su kalitesinin iyileştirilmesi için çözüm önerileri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Arazi Kullanımı, Askıda Katı Madde, Debi, Sapanca Gölü, Yapay Sinir Ağları.

ESTIMATION OF SUSPENDED SOLID QUANTITY TRANSPORTED ON TRIBUTARIES OF LAKE SAPANCA BASIN

ABSTRACT

In this study; flow, temperature and suspended solid parameters were analyzed on measurement stations selected on tributaries to determine the movement of suspended solids on Sapanca Lake Basin 2012-2014. During the measurement period, the air temperatures were exceeded seasonal normal and the rainfall was decreased. There are 12 tributaries feeding the Lake Sapanca. It's expressed in the study that, which streams are important for the basin and which streams transport only the surface waters and dry up at dry spells.

According to the obtained results, prediction models were developed for three different scenarios. By using the Artificial Neural Network (ANN), Sediment Rating Curve and Multiple Linear Regression models, comparisons were made. It's determined that, from the three models, ANN model achieved the optimum results.

The conversion of land use and lake area at the basin by years was examined. The Landsat 5 TM (1987) and Landsat 8 TM (2010) satellite images were used. The satellite images were analyzed by using ArcGIS 10,1 Software. As a result of analysis, it's monitored that natural flora is destroyed considerably between years 1987-2010. Besides, the bathymetric maps of Lake Sapanca were examined 1990-2010 and 2% decrease is determined on lake surface area.

Furthermore, the pollutant points on tributaries of Lake Sapanca were determined and the proposed solutions were presented to improve the water quality in Lake Sapanca Basin.

Keywords: Land Use, Suspended Solids, Flow Rate, Lake Sapanca, Artificial Neural Network.

GİRİŞ

Hızlı şehirleşme ve nüfus artışı, sanayileşme, ulaşım, evsel ve endüstriyel atık sular, düzensiz çöp depolama alanları, şehirleşme ile gelen yayılı atık sular ve baca emisyonları, tarımsal faaliyetler, hayvan çiftlikleri vb. faaliyetler nedeniyle önemli miktarda kirletici su kaynaklarına sızıntı ve yüzeysel akış yolu ile karışmaktadır. Ayrıca; ormanların tahribi, kum çıkarımı vb. faaliyetler de yüzeysel sularda kirletici parametrelerin artmasına neden olmaktadır. Bu yüzden yerleşim yerlerine yakın su kaynaklarının kirletilmesi dünyanın başlıca sorunları arasındadır.

Marmara Bölgesi'nin iç su havzalarından olan Sapanca Gölü Havzası, Sakarya Nehri ile İzmit Körfezi arasında uzanan önemli bir su kaynağıdır. Anadolu'yu Avrupa'ya bağlayan ulaşım ağının üzerindedir. Göl, kuzey ve güneyinde bulunan dağlardan inen küçük dereler ve göl dibindeki kaynaklardan beslenmektedir. Çevre yerleşimlerinin ve çevredeki büyük sanayilerin içme ve kullanma suyu kaynağıdır. Sapanca Gölü, çevresindeki yerleşim alanlarından gelen kirletici kaynaklardan etkilenmektedir. Ayrıca, bölgenin son zamanlarda otomotiv endüstrisi ve yan sanayisi ile gıda endüstrisi için bir üs haline gelmesi sonucunda gölün kirlenme riski artmıştır. Bu durum gölün yararlı kullanım (içme ve kullanma, sulama, rekreatif kullanım gibi) imkânlarını kısıtlamaktadır.

Bu çalışmada, Sapanca Gölü'nü besleyen 12 adet derenin askı madde miktarları ölçülmüş ve detaylı olarak irdelenmiştir. Bu irdelemeler sonucunda kirletici kaynakları tespit edilmiş ve göle yüzeysel akışla gelen askıda madde miktarının belirlenmesi için arazi kullanımındaki değişimler, ormansızlaşma oranı, tarım alanlarının kullanım şekilleri gibi parametreler incelenmiştir. Bu arazi kullanımları ve ölçüm sonuçları ile ölçüm noktaları ilişkilendirilerek uydu görüntüleri ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yardımıyla havzanın kirlilik haritası oluşturulmuş ve bu sayede yararlı kullanımlar belirlenerek, çözüm önerileri ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

1. GENEL BİLGİLER

Sapanca gölü 1967 yılından beri Sakarya ve civarının içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılamakta olup, son dönemlerde komşu şehirler tarafından da ihtiyaç durumuna göre kullanılmaktadır. İçme suyu olarak kullanımın yanında endüstri suyu sağlanması, su ürünleri ve rekreasyon amaçlı kullanımlarda yer almaktadır.

Dünyada içme suyu amaçlı kullanılan göl sayısı her geçen gün azalmaktadır. İstanbul, Kocaeli ve Sakarya gibi yoğun yerleşim ve sanayileşmenin yer aldığı bölgelere yakınlığını da göz önüne alarak, başta içme ve kullanma suyu olmak üzere birçok kullanım alanı bulunan Sapanca gölünü koruma altına almalı ve gölün sağlıklı bir şekilde yaşamını sürdürebilmesi amacıyla gerekli çalışmalarımızı sürdürmeliyiz.

1.1. Çalışmanın Amacı

Sapanca havzasında gerçekleştirdiğimiz bu çalışmada, birçok amaç hedeflenmiştir.

Bu hedefler kısaca:

- Sapanca Gölünü besleyen yan dereleri kirleten kaynakların envanterini çıkarmak,
- Sapanca Gölünü besleyen 12 adet yan derenin askıda madde taşınımlarının göle etkilerini belirlemek ve bu özelliklerin mevsimsel değişimini incelemek
- Derelerin kendi kendilerini yenileme kapasitelerini ortaya koymak,
- Dereler üzerinde ve göl çevresinde bulunan su tesisleri ve diğer işletmelerin Sapanca Gölü Havzası AKM ve su kalitesi özelliklerine olan etkilerini araştırmak,
- Sapanca Gölü havzasının coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak kirlilik haritasını çıkarmak ve yapılacak çalışmalara temel oluşturmaktır.
- Yan derelerde ölçülen sıcaklık, debi, kesit faktörü ve askıda katı madde parametrelerinin yanında, havza karakteristiklerini (havza alanı, havza kuş uçuşu mesafesi, dere eğimleri vb.) de kullanarak model kurmak,
- Yan derelerin beslediği Sapanca Gölü su kalitesinin iyileştirilmesi için çözüm önerileri sunmak,

olarak ifade edilebilir.

1.2. Çalışmanın Önemi

Su kalitesi, suyun faydalı bir şekilde kullanılmasını etkileyen fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler içerdiğinden su kalitesinin ortaya konabilmesi için bu parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu parametrelerin doğru değerlendirilmesi için uzun süreli izleme çalışmaları yapılmalıdır. Bu çalışmalar, ülkemizde yüksek maliyetleri nedeniyle kısıtlı olarak yapılabildiği için mevcut verilerin azlığı yorumlamayı ve değerlendirmeyi zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, ülke genelinde askıda katı madde hareketi ile ilgili çok sayıda teorik çalışma bulunduğu halde, ölçümlerin yetersizliği ve veri sayısının azlığı nedeniyle sonuçlar güvenilir ve tatminkâr olamamaktadır.

Bu çalışma, Sapanca Gölü'ndeki, arazi kullanımı, şehirleşme ve ulaşımdaki değişimlere bağlı olarak oluşan askıda madde artışının göldeki birikimi, kirleticilerin ölçülmesi ve envanterlerinin hazırlanması, modellerin geliştirilerek gelecek projeksiyonlarının çizilmesi konularında gösterge olacak bir çalışmadır.

Ayrıca, bu verilerin CBS kullanılarak haritalanması, sorgulanabilir ve analiz edilebilir hale getirilmiş olması, geliştirilecek metodolojinin diğer kurumlar için de örnek oluşturacak olması projenin değerini arttırmaktadır. Sonuçta belirlenen veriler ile gölün ve gölü besleyen yan derelerin kirlenmesinin önlenmesi için doğru planlamaların yapılmasını sağlayacak bir veri tabanının oluşturulmuş olması da projenin önemini ortaya koymaktadır.

1.3. Literatür Çalışmaları

1.3.1. Sapanca ile ilgili literatür çalışmaları

Yiğit V., ve Müftügil N., (1984), Sapanca Gölü'nün su kirliliğini ve besleyicilerin su kalitesi üzerindeki etkilerini ortaya koyan limnolojik çalışmada, göl suyunun içme ve çeşitli amaçlarla (sanayi, tarım gibi) kullanılabilecek nitelikte olduğunu saptamıştır.

Tuğrul S., ve Morkoç E., (1991), Sapanca Gölü'nün limnolojik özelliklerini inceledikleri çalışmalarında, göldeki fosfat derişiminin düşük olduğunu, termoklin

tabakasının altında dinamik bir biyolojik sistemin gözlendiğini, Trofik State Indeks (TSI) değerlerinden gölün oligotrofik özellikte olduğunu ortaya koymuştur.

Yalçın N., ve Sevinç V., (1993), Sapanca Gölü'nün trofik durumunun incelendiği çalışmada, gölün N ve P miktarlarındaki değişim tayin edilmiştir. Mezotrofik sınırına yaklaşan göl suyunun kirlenmesinin önlenmesi için alınması gereken tedbirler saptamaya çalışılmıştır.

Ertürk O., (1994), Sapanca Gölü'nün dip çökellerinde yapılan mineralojik ve jeokimyasal incelemede, sedimanların düşük toplam organik karbon içeriklerinin oligotrofik göllere özgü sınırlar içinde olduğunu, sedimanların tane boyları dağılımlarının ne şekilde değiştiği ortaya konmuş ve bir takım önlemlerin alınmasıyla, göl suyundan içme ve kullanma amaçlı faydalanabileceği saptamıştır.

Esenli V., (1995), Sapanca Gölü ve havzasının hidrojeo-kimyasal özeliklerini belirlemeye yönelik çalışmada, göl ve dere sularındaki kirletici unsurları araştırılmış, dip çamurlarının mineralojisi-tane boyu dağılımı ile ağır metallerin konsantrasyonları arasındaki ilişkiler saptanmıştır.

Tanık A., Baykal B., Gönenç E., ve Öktem Y., (1998), Sapanca Gölü Havzasındaki kirletici kaynaklar araştırılmış, gölün biyolojik oksijen ihtiyacı, N, P, pestisit ve gübrelerin gölde dağılımı incelemiştir. Gölün Avrupa Topluluğu standartlarına göre II. Sınıf kalitede olduğunu ve su kalitesindeki düzenliliği sağlamak için uzun ve orta vadede kontroller yapılması gerektiğini ortaya konmuştur.

Velioğlu M., (1998), Sapanca Gölü ile ilgili kirlilik araştırmaları ve koruma ile ilgili öneriler adlı çalışmada Sapanca Gölü içme suyu kaynağının kirlenme ile karşı karşıya olduğu ve alınması gereken tedbirler araştırılmıştır.

Yıldırım H. (1998), Sapanca Gölü içindeki Kuzey Anadolu Fayının konumu ve göl morfolojisi üzerindeki etkileri hakkındaki çalışmada batimetrik ve sismik araştırma yapılmış ve veriler doğrultusunda Sapanca Gölü taban altı malzemesinin büyük oranda sedimanter malzemeden olduğu saptanmıştır.

Bakan ve Balkas., (1999), Sapanca gölü yüzey sedimenti metal zenginleşmesi incelenmiş ve sediment içerisinde bulunan kurşun ve kadmiyumun zenginleştiği taş

Ş., İyigün E., Gürbüz B., ve Koçbuğ Z., (2002), İçme suyu kaynağı olan Sapanca Gölü su kalitesi incelenmiş ve gölün kirlenme düzeyinin halen yüksek olmadığı ortaya konmuştur.

Şişman ve diğ., (2002), Sapanca gölü kenarından geçen otoyolda yapılan yol kenarı kirliliği çalışmasında, nikel birikiminin dünya standartlarının altında olduğu fakat kurşun birikiminin kabul edilebilir sınır değerleri aştığı belirlenmiştir.

Dündar ve ark., (2003), 17 Ağustos 1999 Marmara depremi öncesi ve sonrası Sapanca gölüne akan dereler üzerinde yapılan çalışmada, İstanbul, Mahmudiye, Kuruçay ve Çark derelerinden alınan su numunelerinde Pb, Cd, Cu, Zn ve Fe düzeyleri tespit edilmiştir. İstanbul, Mahmudiye ve Kuruçay derelerindeki kurşun ve kadmiyum birikiminin deprem sonrasında arttığı, bakır bakımından standartlara uyduğu, çinko ve demir bakımından deprem öncesi göle kirlilik taşıdığı gözlenirken deprem sonrası bu değerlerin düştüğü görülmüştür. Çark deresinde ise kadmiyum dışındaki metal kirliliğinin standartların altında kaldığı ortaya konmuştur.

Duman F., (2005) Sapanca ve Abant gölleri su, sediment ve bazı sucul makrofitlerde ağır metal akümülasyonunun mevsimsel değişimini incelemek amacıyla yapılan çalışmada, Sapanca Gölü'nden 9 ve Abant Gölü'nde 3 nokta seçilmiş ve su, sediment ve makrofit örnekleri alınmıştır. Alınan makrofit örneklerinden P. Australis ve S. lacustris'in atık suların arıtımında kullanılmasının uygun olduğu ortaya konmuştur.

Rahmanlar M., (2006), Sapanca Gölünün su kalitesinin değerlendirilmesi için kurulan tek ve çift katmanlı pamolare modeli üzerinde farklı senaryolar için farklı sonuçlar elde edilmiş ve gelecekteki göl içi parametrelerin belirlenmesinde başarı ile uygulandığı belirtilmiştir.

Demir M. T., (2006), Sapanca'da kırsal yerleşme özellikleri adlı çalışmada havzanın beşeri ve ekonomik faaliyetleri ortaya konmuştur.

Duman F., Aksoy A., ve Demirsezen D., (2006a) çalışmasında mevsimsel olarak Sapanca Gölü'nün yüzey sedimanlarındaki ağır metal değişimleri ortaya konmuştur. Çalışmada sedimanlardaki Pb, Cr, Cu, Mn ve Zn derişimlerinin zaman zaman sınır

değerleri aştığı; Ni ve Cd derişimlerinin ise sınır değerlerin altında olduğu ve mevsimsel olarak ciddi bir farklılık göstermedikleri tespit edilmiştir.

Duman F., Obali O., ve Demirsezen D., (2006b) Sapanca Gölü'nde bulunan Potamogeton lucens adlı bitkinin yapısındaki ağır metal seviyelerini (Pb, Cr, Cu, Mn, Ni, Zn, ve Cd) araştırmıştır. Bulunan metal seviyeleri Mn>Zn>Ni >Cu>Cr>Pb>Cd şeklinde sıralanmıştır.

Açıkgöz, S., (2008), Sapanca Gölü'nü besleyen derelerin hidrojeokimyasal olarak incelenmesi adlı çalışmada derelerin su kalitesini belirlemek için sıcaklık, Ph, çözünmüş oksijen, elektriksel iletkenlik, klorür, sülfat iyonları, toplam P ve Na değerlerinin incelenmesi ve bu değerlerdeki değişimlerin su kalitesine olan etkilerinden bahsedilmiştir.

Gürbüz A., ve Gürer Ö., F., (2008) Sapanca Gölü'ndeki sedimantasyon süreçleri üzerinde antropojenik etkileri araştırmıştır. Göl içindeki sediman taşınımının ve çökeliminin doğal faktörlere ek olarak dere yatakları üzerinde inşa edilen seddeler ve göl suyunu tahliye eden Çark suyu regülatörü tarafından kontrol edildiği belirlenmiştir.

Bayrak A., (2008), Sapanca Gölü'nün hidrojeolojik, hidrolik ve hidrolojik özelliklerinin belirlenmesi ve su bütçesinin tespiti adlı çalışmada dünyada yaşanan küresel ısınma ve gittikçe artan kuraklık tehlikesine dikkat çekilmiştir. Gelecekte beklenen nüfus artışı etkilerine bağı olarak alternatif bir su kaynağına ihtiyacına dikkat çekilmiştir.

Çakır H., (2008), Sapanca Gölü'nün su bütçesinin belirlenmesi adlı çalışmada meteorolojik verilerin değişimi, yeraltı suyu miktarı gibi faktörlerin su bütçesi hesaplamalarına olan etkileri anlatılmıştır.

Dağcı M. ve Köklü K. (2009), Uzungöl ve Sapanca Gölü havzalarına ait uydu verilerini kullanarak iki ayrı sayısal yükseklik modelini (SYM) ortaya koymuşlardır. Bu verilerin hidroelektrik potansiyelin hassas bir şekilde belirlenmesi, geniş havzaların planlanıp yönetilmesi, tarımsal üretim planlarının yapılması, enerji nakil ve yol planlarının yapılması konularında altyapı oluşturduğu ifade edilmiştir.

Kaçmaz M. (2010), Sapanca Gölü Havzası'nda Arazi Kullanımı ve Mekânsal Değişim isimli çalışmada havzanın doğal yapısı ve bu doğal yapı üzerinde faaliyet gösteren beşeri unsurların etkisi incelenmiştir.

Çakır M., (2010), Çalışmada, Sapanca Gölü çevresindeki yoğun yapılaşmadan kaynaklanan evsel atık su, sanayi atık suları ve yüzeysel akış sularına ilişkin kontrol teknolojilerinin belirlenmesi amaçlanmış ve stepwise modelleme programı kullanılmıştır.

Ay M., (2012), Çalışmada Sapanca Gölü coğrafi etüt planı hazırlanmış ve havza alanı ile ilgili genel bilgiler verilmiştir.

Akkoyunlu A, Akiner M., (2012), Sapanca Gölü Havzası'nda çeşitli su kalitesi parametreleri incelenmiş ve geçmiş yıllarda büyük bir risk yaşanmamış olmasına rağmen, göl ve gölü besleyen derelerde bir ötrofikasyon tehdidi olduğu gözlemlenmiştir.

1.3.2. Askıda katı madde, su kalitesi ve cbs ile ilgili literatür çalışmaları

Kocaman İ., (1994); Çalışmada, şiddetli erozyon etkisi altında bulunan Harşit Çayı su toplama havzasında, sedimantasyon sorunu ortaya konmuş ve bu alanda toprak–su muhafazasının sağlanabilmesi için çözüm önerileri sunulmuştur.

Dügel M., (2001); Büyük Menderes Nehri'nde seçilen on yedi istasyonda; pH, Eİ, ÇO, NO2--N, NO3--N, NH4+-N, PO4--P, SO4-, Cl- ve TH parametreleri mevsimsel olarak incelenmiştir.

Erdinç Ş., (2001); Çalışmada Atatürk Barajı su kalitesinin tespiti ve su ürünleri üzerine etkileri incelemiş ve içme suyu ve kullanım suyu olarak değerlendirilmesinin uygun olmadığı ifade edilmiştir.

Kayhan B. A., (2001); Çalışma genel olarak sedimantasyonun hidrolik prensibleri ile sediment özellikleri, yükü ve rezervuar sedimantasyonu üzerinedir. Uygulama bölgesi olarak Karakaya Barajı seçilmiştir. Meyer – Peter ve Müller ile değiştirilmiş Einstein Metodlarını uygulamıştır. Değiştirilmiş Einstein yönteminin sonuçlarının gerçeği bu

bölge için yansıtmaktan uzak olduğu, bu bölge için uygun hale getirilmesi gerektiği ifade edilmiştir.

Apaydın H., (2002); Çalışma, yağış – yüzey akış – erozyon modellerinden olan AGNPS, SWRRB ve GLEAMS'ın CBS yardımıyla uygulanışı ve CBS'nin bu modellere sağlayacağı yararların belirlenmesi üzerinedir.

Doğan E., (2003); Gökçekaya barajının 1975'te inşasından sonra Aşağı Sakarya Nehrinde meydana gelen değişimleri incelemiştir. Bu dönem sonrası Aşağı Sakarya Nehrindeki taşkın pik debilerinin %30 – 50 civarında düştüğünü ifade etmiş, ayrıca katı madde taşınma miktarlarının Gökçekaya Barajının inşasından sonra %50 – 53 civarında düştüğünü, aynı zamanda nehir yatağında bazı oyulmalar meydana geldiğini çalışmasında belirtmiştir.

Räike. A. ve diğ.(2003), Çalışmada, Finlandiya yüzey sularında, evsel ve endüstriyel su arıtımının, P ve N konsantrasyonlarını azaltıp azaltmadığı araştırılmıştır. 1975-2000 yılları arasında, 22 nehir ve 173 göl üzerinde yapılan bu araştırmada, trendleri belirlemek için nonparametrik Kendall Tau ve Mevsimsel Kendall testleri uygulanmıştır. Azalan besi maddesi konsantrasyon trendleri, genellikle uzun süre evsel ve endüstriyel kirlenmeye maruz kalmış göl ve nehirlerde gözlemlenirken, artan besi maddesi konsantrasyon trendleri, genellikle tarımsal arazilerden kaynaklanan yayılı yüklerle kirlenen küçük göl ve nehirlerde gözlemlenmiştir. Sonuçlar göstermektedir ki, su arıtımı Finlandiya iç sularındaki su kalitesini etkili olarak iyileştirmektedir.

Taleb A., ve diğ., (2004); Tafna Nehri'nde (Cezayir) 1996 ile 2001 yıllarını kapsayan süreçte baraj inşa öncesi ve sonrası su kalitesi NO3-, NO2-, NH4+, Cl-, Eİ, BOİ, pH, t ve ÇO parametreleri yönünden incelenmiş ve barajın su kalitesine olan etkilerine dikkat çekilmiştir. Baraj sonrası bölümde BOİ'de önemli bir azalma, NH4+'te ise artış tespit edilmiştir.

Kaçan E., (2006); tarafından, 2005 Eylül-2006 Mayıs'ı kapsayan dokuz aylık sürede, Denizli İli yüzeysel su kaynaklarından Gümüşçay, Çürüksu ve Büyük Menderes Nehri'nde seçilen altı istasyonda aylık olarak yürütülen çalışmada; pH, t, Eİ, tuzluluk, TÇK, ÇO, BOİ5 ve KOİ parametreleri incelenmiştir.

Şahin Y., (2006); Bu çalışmada Gediz nehri üzerindeki Elektrik İşleri Etüt İdaresi ölçüm değerlei ve Devlet Su İşleri (D.S.İ) verileri kullanılarak HECRAS paket programında modellemesi yapılmıştır. Dünyaca kabul gören ve HECRAS paket programının da kullandığı sediment yükü hesap yöntemleri; Yang, Engelund Hansen, Laursen, Ackers - White, Meyer Peter-Müller, Toffaleri göre hesaplanmıştır. Eldeki teorik sonuçlara göre Gediz nehri için yaklaşımlar arasında karşılaştırma, istatiksel değerlendirme ve kullanılan formüllerin %10, %25, %50, %75'lik hata dağılımları belirlenmiştir.

Cantürk N., (2007); Çalışma, Van Gölü'ne dökülen Akköprü Deresi'nde debi, su sıcaklığı, elektriksel iletkenlik, pH, kalsiyum, magnezyum, total sertlik, total alkalinite, karbonat, bikarbonat, klorür, çözünmüş oksijen, oksijen doymuşluğu, orto-fosfat, nitrat, nitrit, amonyum azotu parametrelerinin incelenmesi üzerinedir. Yapılan değerlendirmelerde, derenin akış rejiminin çok düzensiz olduğu ve bu düzensizliğin kalite değişimine yansıdığı, dere su kalitesinin memba mansap yönünde değiştiği, suyun I. ve II. kalite sınıflarına girdiği ve bazı parametreler açısından dere suyunda kirlenmenin başladığı ortaya koymuştur.

Çoban F., (2007); Çalışmada, 2005 Nisan- 2006 Mart arasındaki bir yıl boyunca Hazar Gölü'nün 9 örnekleme noktasındaki farklı beş derinlikten aylık olarak alınan su numuneleri fiziksel ve inorganik kimyasal, organik ve bakteriyolojik parametreler açısından incelemiştir. Mevsimsel değişimler araştırılarak atık sular ve diğer kaynakların göl suyuna etkisi irdelemiştir. Hazar Gölü'nün, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği dikkate alındığında, fiziksel ve inorganik kimyasal parametreler açısından II.-III. sınıf, organik parametreler açısından II. sınıf, bakteriyolojik parametreler açısından I.-II. sınıf su kalitesi grubuna girdiği ifade edilmiştir.

Aksu N., (2007); Çalışmada Hurman Çayı Havzası'nda yağış-akış ve sediment ilişkilerini incelenerek ampirik yöntemlerle hesaplanan süspanse sediment verimiyle, ölçümle bulunan sediment verimi karşılaştırılmış ve ampirik yöntemlerden havza için uygulanabilir olanı araştırılmıştır. Yıllık en büyük akış değerleri ile yıllık toplam sediment miktarları arasında 0,96 korelasyona sahip bir ilişki ortaya konmuştur.

Duran C., (2007); Çalışma 1956 ve 2004 yılları arasında Hazar Gölü Havzası arazi kullanımındaki değişikliklerin belirlenmesi üzerinedir. Havzanın en büyük bölümü

mera olarak kullanılmaktadır. Ağaçlandırma alanlarında yeterli başarının sağlanamaması ve göl seviyesinin düşmesine bağlı olarak delta alanlarının artığı ifade edilmiştir.

Mutlu M., (2007); Çalışma Fırat Havzasında belirli istasyonlarda ölçülen katı madde miktarları ile akarsularda katı madde miktarlarını hesaplamalarda kullanılan bağıntılarından elde edilen sonuçların karşılaştırması ile ilgilidir. Meyer – Peter – Müller bağıntısının bazı istasyonlarda güvenle kullanılabileceği ifade edilirken, bazı istasyonlarda Garde Albertson bağıntısının geçerli olduğu ifade edilmiştir.

Tarkan A. S., (2007); Çalışma Ömerli Baraj Gölü'ne akan derelerin bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin incelenmesi ve bu derelerin baraj gölüne olan etkilerinin ortaya konması üzerinedir. Shannon-Weaver ve Evenness çeşitlilik indekslerine göre derelerin zooplankton tür ve birey sayısı bakımından oldukça zayıf olduğu, kirlenmenin etkisi altındaki Paşaköy ve Riva derelerinde ötrofik suların indikatörü bazı türlerin baskın olduğu ifade edilmiştir.

Zengin M., Özer S., Özgül M., (2008); Çalışmada, Çoruh Havzası'nda iklim ve topoğrafik koşullara bağlı olarak ortaya çıkan etkili erozyonun ve derecesinin havza içerisinde eğime bağlı olarak dağılımı araştırılmıştır. Çalışma alanı topraklarının şiddetli derecede erozyona uğradığı saptanmış ve bu kapsamda havza içerisinde erozyonla mücadelenin önemini vurgulanarak, mücadelede kullanılabilecek bitki türleri öneri olarak verilmiştir.

Erol A., Babalık A. A., Sönmez K., Serin N., (2009); Çalışmada Isparta-Darıderesi Havzası topraklarında erozyona duyarlılığın arazi kullanım şekillerine bağlı değişimleri incelenmiştir. Sonuç olarak; araştırma alanı topraklarının erozyona duyarlılığının orman topraklarında daha az olduğu ancak bu oranların sabit değerleri aştığını belirtilmiş ve baraj rezervuarının sediment taşınımı tehlikesi altında olduğu ifade edilmiştir.

Kazi T.G. ve diğ.(2009), Pakistan'daki Manchar Gölü'nde 5 farklı noktada 36 su kalitesi parametresi incelenmiş ve bu su kalitesi parametrelerine çoklu istatistiksel teknikler, küme analizi ve temel bileşen analizi uygulanmıştır. Sonuç olarak; su

kalitesindeki bozulmanın göle endüstriyel, evsel, zirai girişler yanında maden tuzlarının sızıntılarından dolayı meydana geldiği belirlenmiştir.

Selçuk P., (2009); Tahtalı Havzası için, baraj gölü dolum öncesi ve sonrası dönemleri içeren uydu görüntüleri analiz edilerek havzada arazi kullanımındaki değişikliklerin su kalitesine olan etkileri incelenmiş. Bu amaçla, havzayı kapsayan ve 1995 yılı Ekim ayına ait hava fotoğrafları ile, 2005 yılı Kasım ayına ait uydu görüntüleriyle karşılaştırılarak aralarındaki farklar özetlenmiş. Ayrıca CBS platformunda yapılan analizde; 1995 yılında olan, 2005 yılında yapılan ve her iki yılda da görülen yerleşim birimleri, seralar ve sanayi binaları ayrı katmanlar olarak tanımlanmış. Daha sonra bu katmanlar sayısallaştırılarak vektörel formatta haritalara dönüştürülmüş, tablolar oluşturulmuş ve bütün paftalar birleştirilerek havzaya ait tematik haritalar elde edilmiş. Arazi kullanımındaki değişikliklerin su kalitesine etkisini incelemek amacıyla 1997 - 2005 yılları arasında baraj gölünde ve havzadaki 6 ayrı dereden alınan analiz değerleri irdelenmiş. Su kalitesi parametrelerinin değişiminde artan/azalan eğilim olup olmadığına Mevsimsel Kendall ve Mann Kendall testleri ile değerlendirilerek, eğilim analiziyle nitrat ve fosfor da artan bir eğilim görülmemesine karşın diğer parametrelerde artış olduğu, bu artışta evsel ve endüstriyel atıkların önemli bir etkisinin olduğu ifade edilmiş.

Zengin M., Özer S., Özgül M., (2009); Çalışmada, Çoruh Havzası'nda iklim ve topoğrafik koşullara bağlı olarak ortaya çıkan etkili erozyonun ve derecesinin havza içerisinde eğime bağlı olarak dağılımını araştırmış ve havza içerisinde toprak ve bitki örtüsü ilişkileri açısından önemli olan erozyonun, şiddet ve derecesi ile eğim durumunun belirlenmesi için gerekli olan verileri, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğünün 2000 yılı Erzurum İl Arazi Varlığı 1/100.000 ölçekli haritaları kullanılarak ArcGIS 9,1 yazılım programı aracılığıyla sayısallaştırmışlardır. Sayısallaştırılan CBS modeline göre çalışma alanı topraklarının şiddetli derecede erozyona uğradıkları ve bu durumun devam ettiğini ifade etmişlerdir. Bu kapsamda havza içerisinde erozyonla mücadelenin önemini vurgulamışlar, doğal yayılış gösteren bitki türlerine bağlı olarak mücadelede kullanılabilecek türleri öneri olarak ifade etmişlerdir.

Oğuz V., (2010); Korubaşı–Arak deresi askıdaki sediment taşınımının analitik yöntemlerle izlenmesi için EİE'den temin edilen 13 yıllık AGİ verisi kullanılarak bir model oluşturulmuştur. Sonuçta yağış alanından gelen sediment miktarı ve ortalama sediment verimi tahmini yapılmıştır.

Tanriverdi C., ve diğ., (2010); 2005 Nisan, Ağustos ve Ekim'i kapsayan dönemde, Ceyhan Nehri'nde seçilen 31 istasyonda mevsimsel olarak yürütülen çalışmada; pH, t, Eİ, ÇO, NH3-, NO2-, NO3-, PO43-, Cl-, SO42-, Na+, Ca2+ ve Mg2+ parametreleri incelenmiştir.

Usta A., (2011); 2010 Eylül-2011 Ağustos'u kapsayan 12 aylık süreçte, Trabzon İli yüzeysel su kaynaklarından Galyan ve Şimşirli akarsularında seçilen 23 istasyonda aylık olarak yürütülen çalışmada pH, t, Eİ, TN, TP, Ca2+, Mg2+, Na+ ve K+ parametreleri incelenmiştir.

Ülke A. ve diğ., (2011);Çalışmada, akarsulardaki askıda katı madde miktarının sediment gözlem istasyonlarında yapılan doğrudan ölçümler, sediment anahtar eğrisi, esnek modelleme yöntemleri, deneysel çalışmalara dayanan yaklaşımlar gibi farklı yöntemlerle belirlenebildiği belirtilmiş ve çalışmanın devamında, Gediz Nehri için en uygun ampirik bağıntının belirlenmesi ve Ege Bölgesi Gediz Havzası için bulunan bu bağıntının genetik algoritma ile iyileştirilmesi amaçlandığı ifade edilmiştir. Çalışma sonucunda, genetik algoritma ile iyileştirilmiş Brooks yönteminin Gediz Havzasında uygulanabileceği belirtilmiş. Ayrıca, bu metod diğer esnek (ANN, ANFIS) metodlar ile karşılaştırılmış ve onlar kadar iyi performans gösterdiği ifade edilmiştir.

Wiatkowski M., (2011); Çalışmada Nysa Szalona Nehri'nin (Polonya) akımı ve Slup Barajı'nın NO3-, NO2-, NH4+, PO4-, BOİ5, KOİ, ÇO, Cl-, SO42-, TOC, Eİ, t ve AKM parametrelerinin nehrin su kalitesine olan etkisi araştırılmıştır.

Şekerci İ., (2011); Çalışmada Van Gölü'ne dökülen Karasu Çayı'nın su kalitesi değişimini incelemek amacıyla, bazı su kalitesi ve kirlenme parametrelerinin analizi için belirlenen dört örnekleme noktasında, Kasım 2009 ve Ekim 2010 tarihleri arasında her ay ölçümler yapmış ve alınan su örnekleri laboratuvarda analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda Karasu Çayı'nın bulanıklık ve pH dışında birçok ölçüt bakımından Su

Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre I. ve II. su kalitesi sınıflarında olduğu ortaya konmuştur.

Çiçek D., Matos Paixao L.S., (2011), Çalışma, Namnam Çayı için Mayıs 2010-Nisan 2011 tarihleri arasındaki su kalitesi değerlerini içermektedir. 4 istasyondan alınan su numunelerinde fiziko-kimyasal bulgulara bakılarak Namnam Çayı' nın tarımsal kaynaklı ve çevresel kirlenmeye maruz kaldığı ifade edilmiştir.

Ediş S., (2011); Çalışma, Çankırı-Söğütözü Deresi ve Terme Çayı Havzalarında kurak dönemde oluşan düşük akışların fiziksel, kimyasal ve hidrolojik analizlerini yaparak, bu havzalardaki su kalitesinin debi ile ilişkilerini ortaya koymak üzerinedir. Toplam 28 adet su örneğinde düşük akış debisi ile su kalitesi arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla 18 parametre üzerinden fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır. Sonuç olarak, Söğütözü Deresi havzasında debi ile ölçülen bazı su kalitesi değerlerinin anlamlı bir korelasyon oluşturduğu ifade edilmiştir.

Tiessen K.H.D. ve diğ. (2011); South Tobacco Çayı havzasında (Kanada) Steppler ve Madill isimli iki küçük barajın, akarsuyun su kalitesine ve miktarına olan etkisi incelenmiştir. 1999 ile 2007 yılları arasında, bu iki küçük barajın pik akımları (Mart-Nisan arasında kar erimesi ile Mayıstan Kasıma kadarki süreçteki yaz yağmurları) ve mansaptaki sediment ve nütrient (TN ve TP) yükünü azalttığı gözlemlenmiştir. Steppler Barajı, yıllık sediment yükünün % 77'sini, TN'in % 15'ini ve TP'nin ise % 12'sini, Madill Barajı da yıllık sediment yükünün % 66'sını, TN'in % 20'sini ve TP'nin ise % 9'unu azalttığı belirlenmiştir.

Gharehbaghi A. ve Kaya B., (2012); Çalışma kapsamında katı madde taşınımı problemi bir boyutlu olarak sonlu hacimler yöntemi kinematik dalga yaklaşımı ile çözülmüş ve ayrıca katı madde taşınımının modellenmesi için açık ve kapalı çözüm şemaları, dengede ve dengesiz taşınım durumları için incelenmiş. Elde edilen sonuçlar deneysel sonuçlarla karşılaştırılmış ve dengesiz taşınım durumunda kapalı çözüm şeması kullanılarak elde edilen sonuçların deneysel sonuçlarla daha uyumlu olduğu ifade edilmiş.

Toor G.S. ve diğ. (2013); Manatee Gölü Havzası'nda (Florida, USA) yer alan subtropik bir içme suyu rezervuarı, 1983-2007 yılları arasında, su kalitesi

parametreleri açısından mevsimsel olarak incelenmiştir. Renk, bulanıklık, seki diski derinliği, pH, iletkenlik, Ç.O., toplam alkalinite, katyonlar, anyonlar, kurşun, TN, TP, ortofosfat gibi su kalitesi parametreleri incelendiğinde, organik azotun taşınımını azaltmanın, bu içme suyu havzasındaki su kalitesini korumak için potansiyel bir opsiyon olabileceği ifade edilmiştir.

Jiang J. ve diğ. (2013); Çalışmada, küresel ölçekte 14 büyük nehirde, uzun vadeli aylık gözlemlerle, iklim değişkenleri ve nehir su kalitesi arasındaki ilişki araştırılmıştır. Elastikiyet yaklaşımının kullanıldığı bu çalşmada, N ve P başta olmak üzere, 12 su kalite parametresinin sıcaklık ve yağış elastikiyeti belirlenmiştir. Sonuç olarak iki temel ilişki elde edilmiştir : (1) insan nüfusuyla, bulanıklığın sıcaklık elastikiyeti ve TP arasında güçlü bir lineer korelasyon vardır, (2) yükseklik ile bulanıklığın yağış elastikiyeti ve N arasında güçlü bir lineer korelasyon vardır.

1.3.3. YSA ile ilgili literatür çalışmaları

Doğan E., (2005); literatürde esnek yöntemler (soft computing) olarak ifade edilebilen yapay sinir ağları (YSA), Mamdani ve Sugeno bulanık mantık (Mamdani- BM, Sugeno-BM), adaptif sinirsel bulanık sistemi (ASBS) gibi yöntemleri Aşağı Sakarya Nehrinde askı maddesi miktarının tahmini için kullanmıştır. Bu modellemeler içerisinde ASBS yönteminin model oluşturma aşamasında kolaylıklar sağladığı gibi, ayni zamanda direkt olarak ölçülen askı maddesi debisi değerlerine en yakın sonucu verdiğini çalışmasında ifade etmiştir.

Öcal O., (2007); Çalışmada, yapay sinir ağları yönteminin akarsularda katı madde miktarının tahmin edilmesinde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Uygulama alanı olarak Yukarı Büyük Menderes Alt Havzası ve Banaz Çayı Alt Havzası seçmiştir. Yapay sinir ağları yöntemi ile bu havzalarda farklı giriş yapısına sahip katı madde tahmin modelleri geliştirilmiştir. Yapay sinir ağları sonuçları, gözlem değerleri ile karşılaştırmış ve performansları uygunluk ölçütleri ile değerlendirmiştir. Elde edilen sonuçlar Yapay Sinir Ağları yönteminin katı maddenin modellenmesinde ve tahmininde başarılı bir şekilde uygulanabileceğini göstermiştir.

Doğan E., (2008); Toplam katı madde miktarını modellemek için iki ayrı senaryo düşünmüş, birinci senaryoda hem laboratuvar hem de saha verilerine dayalı ayrı ayrı

yapay zeka modelleri oluşturmuş ve yapay zeka modellerinin tahminleri literatürde sıkça kullanılan toplam katı madde hareketi denklemleriyle kıyaslamıştır. Bu senaryoda yeni bir yapay zekâ modeli olan uygunluk vektör makinesi de (RVM) toplam katı madde miktarı tahmini için kullanmış, model performansının diğer metotlardan daha iyi olduğu gözlemlemiştir. İkinci senaryoda ise yeni bir yapay zeka modeli olan uygunluk vektör makinesi (RVM) toplam katı madde miktarının tahmini için kullanmış, RVM'in eğitim aşaması yalnızca laboratuvar verileriyle yapmış ve modelleri test etmek için de saha verileri kullanmıştır. Bu senaryoda ise RVM tahminleri katı madde hareketi denklemlerinin tahminleriyle karşılaştırmış, RVM sonuçlarının bu denklemlerden daha doğru ve güvenilir tahminler verdiği gözlemlemiştir. Ayrıca sadece laboratuvar verilerine dayalı geliştirilen RVM modelinin saha şartları için de iyi tahminler vermesi, hem laboratuvar kanallarında hem de nehirlerde meydana gelen katı madde hareketi olayındaki temel fiziksel süreçlerin aslında aynı olabileceği fikrini uyandırmış. RVM modelinin başarılı ekstrapolasyonlar yapabilmesi için modeldeki girdi boyutsuz parametrelerinin laboratuvar ve saha verileri için aynı ve uygun aralıkta seçilmesi gerektiği de bu senaryoda ifade etmiştir.

Minarecioğlu N., (2008); Çalışmada aylık katı madde miktarının tahmini için yapay sinir ağlarına dayalı modeller geliştirilmiş ve dört farklı yapay zekâ yöntemi kullanılmış. Bunlar; Çok katmanlı yapay sinir ağları(ÇKYSA) , radyal tabanlı yapay sinir ağları(RTYSA), genelleştirilmiş regresyon yapay sinir ağları(GRYSA) ve ANFIS'tir. Yapay zeka modellerinin geliştirilmesi amacıyla MATLAB programlama dilinde dört farklı kod hazırlamış. ÇKYSA yönteminin kalibrasyonu için diğer algoritmalara göre daha hızlı olan Levenberg-Marquardt optimizasyon algoritması kullanılmış. Uygulamalarda Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından işletilen Dicle nehri üzerindeki Diyarbakır ve Cizre İstasyonları ve Fırat Nehri üzerinde kurulu olan Kemahboğazı istasyonu'na ait aylık akış ve askı maddesi verileri kullanmış ve elde edilen sonuçlar birbirleriyle karşılaştırmıştır. Karşılaştırma kriteri olarak karekök ortalama karesel hata (KOKH) ve korelasyon katsayısı (R) istatistikleri kullanılmış.

Aktağ Ö., (2009); Çalışma, sürüntü maddesi hareketinin belirlenmesi amacıyla hazırlanmış. Havzanın morfolojik hidrometrik ve fizyolojik değişkenlerinin bir fonksiyon olarak tanımlanmış ve sürüntü maddesi hesabı 12 ayrı nehir için çeşitli

regresyon yöntemleri ile birlikte YSA modeli kullanılarak çalışılmış. Sonuç olarak YSA modelinin regresyon modellerine nazaran güvenilir olduğu ifade edilmiş.

Dede A., (2009); Çalışmada su kalitesinin belirlenmesinde egemen bir rol oynayan ve sudaki canlıların metabolik faaliyetleri, oksidasyon ve sentez reaksiyonları için gerekli olan çözünmüş oksijen, sudaki kirliliğin, organik madde miktarının ve alg etkinliğinin bir ölçütünü oluşturduğu ifade edilmiş ve İznik Gölünün beş gözlem noktasında ölçülen ve derinlikle birlikte değişen çözünmüş oksijen (ÇO) konsantrasyonunun yapay sinir ağlarıyla belirlenmesine çalışılmış. Verilerinin ilk % 80'lik kısmının eğitim amaçlı son % 20'lik kısmının test amaçlı tasarlandığı modellerde giriş verisi olarak toplam çözünmüş katı madde, pH, iletkenlik, sıcaklık ve derinlik parametrelerinin kullanıldığı ifade edilmiş.

Ülke A., (2010); Çalışmada, Ege Bölgesi'nin başlıca su kaynakları olan Gediz, Küçük Menderes ve Büyük Menderes nehirleri, askıda katı madde taşınımı açısından irdelenmiş. Oluşturulan senaryolar ışığında bölgedeki dört istasyon için sediment anahtar eğrisi, regresyon ve yapay zeka yöntemleri ile ampirik yaklaşımlar denenmiş. Çalışmanın birinci kısmında, askıda katı madde gözlemlerinden yararlanılarak, askıda katı madde yükü tahmini için modeller kurulması hedeflenmiş ve bu amaçla gerçekleştirilen regresyon yöntemleri uygulamalarında hem çoklu doğrusal hem de çoklu doğrusal olmayan modeller kurulurken, yapay zeka yöntemlerinden de hem yapay sinir ağları hem de adaptif sinirsel bulanık sistemler incelenmiş. Çalışma sonucunda, Türkiye'de sıklıkla kullanılan sediment anahtar eğrisi yönteminin çok doğru tahminler yapmadığı, yapay zekâ yöntemlerinin ise genel olarak tüm istasyonlarda iyi sonuç verdiği ifade edilmiş.

Bayram A., (2011); Harşit Çayı ana kolu boyunca su kalitesi üzerine yapılan çalışma sonucunda su kalitesi sınıflandırması yapılarak suyun içilebilir olup olmadığı ortaya konmuştur. Ayrıca, askıda katı madde konsantrasyonunun (AKM) bulanıklık, toplam demir ve toplam krom parametrelerine dayalı tahmini, çeşitli regresyon analizleri ve yapay sinir ağları (YSA) yöntemiyle yapılmıştır, AKM konsantrasyonunun tahmininde YSA yönteminin regresyon analizine göre daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Terzi Ö. ve Baykal T., (2012); Yapay sinir ağları yöntemi katı madde miktarı tahmininde kullanılmış. Katı madde tahmini için Kızılırmak Nehri'nde bulunan

Yamula gözlem istasyonuna ait 1973-2003 yılları arasında bulunan akım verileri girdi parametresi olarak kullanılarak çeşitli YSA modelleri geliştirilmiş. Geliştirilen modeller incelendiğinde, YSA yönteminin katı madde tahmininde kullanılabileceği ifade edilmiş.

2. ÇALIŞMA SAHASI – SAPANCA HAVZASI

2.1. Coğrafik Yapı

Sapanca gölü, Marmara Bölgesi içerisinde İzmit Körfezi'nin 20 km doğusunda 40° 41‟ ile 40° 44‟ kuzey enlemleri ve 30° 09‟ ile 30° 20‟ doğu boylamları arasında yer almaktadır. Sakarya ile Kocaeli illerinin sınırları içinde kalan göl deniz seviyesinden 30 m yüksekliktedir. Tektonik bir çukurda bulunan bir tatlı su gölüdür ve İzmit Körfezi'nin devamı olarak Adapazarı Ovası'na ulaşır. Sapanca Gölü havzası lokasyon haritası Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Sapanca Gölü Havzası Lokasyon Haritası (Google Earth görüntüsü, 2015)

Gölün doğu ucu Sakarya Nehri'ne 5 km, batı ucu İzmit Körfezi'ne, 20 km uzaklıktadır. Sapanca Gölü'nün uzun ekseni doğu-batı doğrultusunda ve uzunluğu 16 km, kısa ekseni güney-kuzey doğrultusunda ve en geniş yeri 6 km'dir. Göldeki ortalama

derinlik 31-33 m ve maksimum derinlik 61 m'dir. Göl'ün havza alanı 252 km2'dir ve bu alanın yaklaşık 46 km^2'si göl, 150 km^2'si orman, geriye kalan kısım ise tarım ve yerleşim alanıdır. Sapanca Gölü, bölgenin en önemli tatlı su kaynaklarından birini oluşturmaktadır (SASKİ, 2003).

2.2. Jeolojik Yapı

Bölge, eski devirlerden başlayarak Üst Kretase sonu ve eosen boyunca aktif tektonik ve volkanik faaliyetlere maruz kalmıştır. Bu faaliyetler sonucunda şimdiki İzmit Körfezi, Sapanca ve Adapazarı çukurluğunu da içine alacak şekilde Kuzey Anadolu Fay Zonu oluşmuştur. Kuvaterner 'de bölgesel tektonik hareketler devam ederken eski Sakarya Nehri ve diğer akarsular Adapazarı Gölü ve Sapanca Gölü boyunca İzmit Körfezi'ne boşalmaktaydılar. Özellikle Sakarya Nehri ve diğer akarsuların taşımış oldukları alüvyon malzemeleri şimdiki Sapanca Gölü ile İzmit Körfezi arasında depolanmış ve zamanla bölgesel alçalma, yükselme ve aşındırma faaliyetlerinin de etkisi ile söz konusu akarsular Karadeniz'e doğru akmaya başlamıştır. Oluşan yeni yatak koşullarında Sakarya ve diğer akarsular taşıdıkları alüvyal maddeleri Adapazarı çukurluğunda depolamış ve zamanla Adapazarı çukurluğu dolarak Sapanca Gölü'nden ayrılmıştır. Bataklık durumundaki Adapazarı Ovası zamanla kuruyarak bugünkü durumuna gelmiştir.

Sapanca Gölü ve havzasındaki jeolojik formasyonlar:

Paleozoik: Bu formasyonlar Sapanca Gölü drenaj alanının güney yamaçlarında yer almaktadır ve jeolojik bakımdan en eski birikimleri oluşturmaktadır. Yanık, Kuruçay, Mahmudiye ve İstanbul dereleri bu birikimlerde bulunmakta ve Sapanca Gölü'ne dökülmektedir. Ayrılmamış olan paleozoik birimlerinin en önemlileri metamorfik şistler, mermer, gnays ve kuvarsitler oluşturmaktadır.

Mezozoik: Göl drenaj alanı içinde mezozoik, gölün kuzeydoğu yamaçlarında Üst Kretase yaslı plaket kireç tasları ve marnlar ile temsil edilmektedir. Kireç taşları oldukça ince tabakalı olup kıvrımlı ve kırıklı bir yapı gösterirler. Hâkim renk bej-gri olup, bölgesel olarak Üst Kretase yaslı fliş özelliği gösterirler. Paleozoik yaşlı birimler üzerine açısal uyumsuzlukla otururlar.

Senozoik: Bu formasyonlar Tersier ve Kuvaterner olmak üzere iki bölümde ele alınırlar. Tersier kendi içinde Paleojen (Eosen) ve Neojen (Pliosen) olarak incelenir.

Eosen: Drenaj alanı içinde fliş özelliği gösterir. Kumtaşı-silttaşı-kiltaşı sıralanması şeklindedir. Tabakalar ince-orta kalınlıktadır. Kıvrımlı yapı özellikleri gösterirler ve alttaki Üst Kretase ile uyumludurlar. Litolojide hâkim renk sarımsı-kahve ve nefti yeşildir. Sapanca Gölü'nün kuzey ve kuzeybatı yamaçlarını oluştururlar.

Neojen: Sapanca Havzası'nda Pliosen 'e ait birimler gevşek tutturulmuş konglemera-kum-kil ve silt ile bunların karışımlarından oluşmaktadır. Tabakalaşma yer yer belirgin olmayıp, bazı yerlerde çapraz tabakalaşma özellikleri gösterirler. Karasal oluşumlardır. Gölün güneydoğu ve kuzeybatısında göl seviyesine göre yüksek kesimleri oluştururlar.

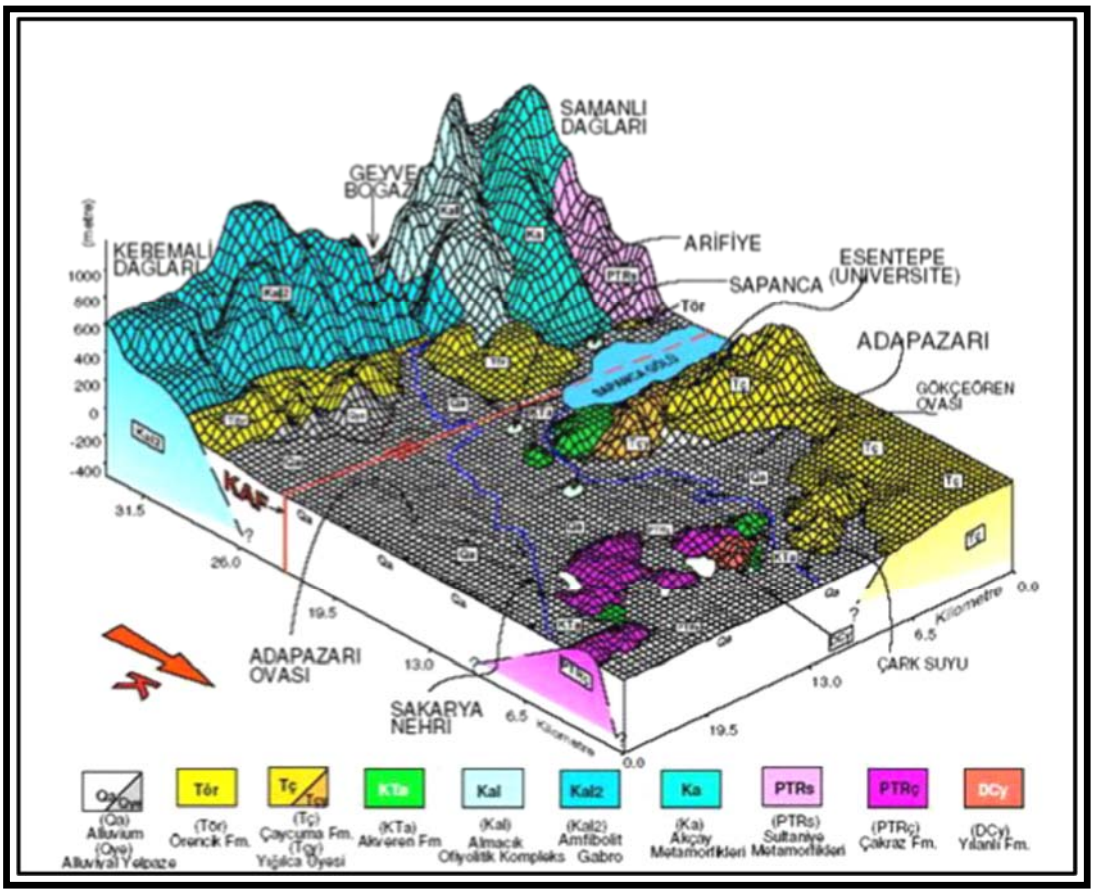
Kuvaterner: Bölgedeki en genç çökellerdir. Drenaj alanının doğu ve batı düzlük kısımları ile güneydeki düzlükler, alüvyon ve alüvyon yelpazeleri, yamaç molozu ve teraslar seklinde görülürler. Genellikle tutturulmamış kum, çakıl, kil, silt ve bunların karışımları seklindedir.

Volkanik Kayaçlar: Göl drenaj alanının kuzey kısımlarında küçük mostra halinde bulunur. Büyük olasılıkla eosen ve sonrası görülen volkanizma ürünlerinden spilitik-dasit-andezit karakterli kayaçlardır.

Faylar: Aktif Kuzey Anadolu Fay Zonu, Sapanca'yı doğu-batı yönünde kesmekte olup, doğrultu atımlı fay özelliğini göstermektedir (Sapanca Gölü Kirlilik Araştırması Raporu, DSİ, 1984). Sapanca Havzası Jeolojisi Şekil 2.2.'de gösterilmektedir.

2.3. İklim ve Meteorolojik Özellikler

Sapanca havzası; çeşitli araştırmacıların da kaydettiği üzere, Akdeniz iklimi ile Karadeniz iklimi etkisi altında bulunan bir geçiş iklimi etkisindedir. Ayrıca havza geçici hava sistemlerinin etkisi altında bulunması nedeniyle Akdeniz ve Karadeniz iklimleri arasında bir geçiş niteliğinin yanı sıra karasal iklim özelliklerini de yansıtabilmektedir (Demir, S., 2012).

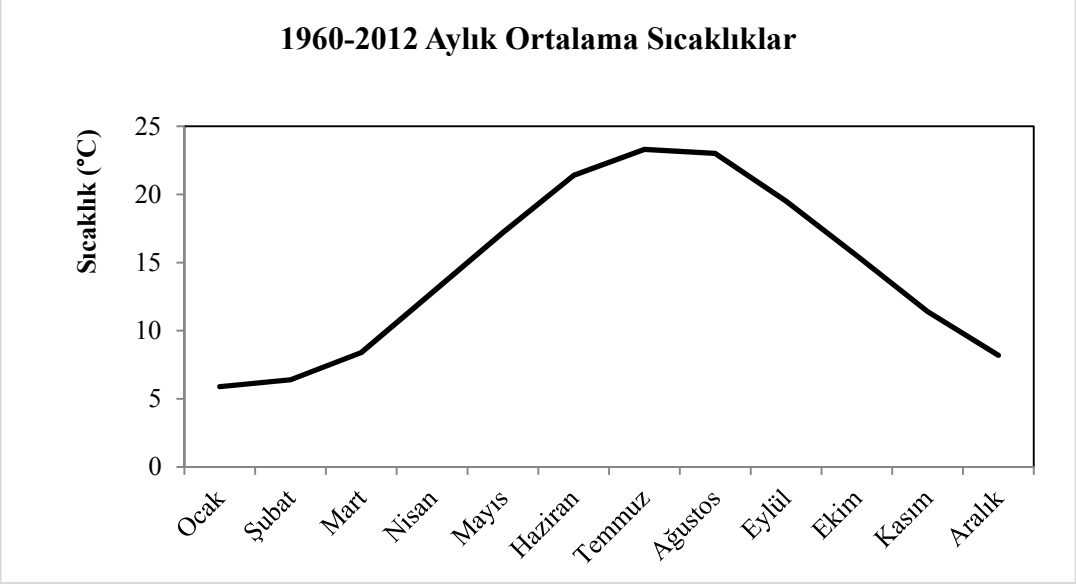


Şekil 2.2. Sapanca Havzasının Jeolojisi (Bol, E., 2003)

Ortalama yağış yıllık yağış 782,5 mm olup en düşük Temmuz-Ağustos aylarında (45 mm), en yüksek ise Aralık-Ocak aylarındadır (113 mm). Dolayısıyla gölün kirlenme yönünden en kritik ayları Temmuz-Ağustos ayları olmaktadır. Ortalama yıllık sıcaklık ise 13,5 ˚C' dir. En soğuk ay Ocak, en sıcak aylar Temmuz – Ağustos'tur. Yıllık bağıl nem ortalaması %72,5 ve ortalama buharlaşma 625 mm'dir. Yaz aylarında egemen rüzgâr kuzey ve kuzeydoğudur. Kış aylarında ise güney ve kuzey-batıdan esen rüzgârlar etkindir. Sapanca Gölü havzasının doğu-batı doğrultusu açık olmasına karşılık, rüzgârlar bu yönden etkin olmadığından havzada hava kirliliği önem kazanmaktadır (Sert, S., 1997). Devlet Meteoroloji İşleri'nden elde edilen yaptığı aylık sıcaklık ve yağış değerleri Şekil 2.3 ve 2.4'de ve Sakarya iline ait meteorolojik veriler Tablo 2.1.'de gösterilmektedir.

Tablo 2.1. Sakarya iline ait meteorolojik veriler (1960-2012 arası)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (°C)	5,9	6,4	8,4	12,8	17,2	21,4	23,3	23,0	19,5	15,5	11,4	8,2
Ort. En Yüksek Sıcaklık (°C)	9,5	10,6	13,5	18,6	23,3	27,5	29,2	29,1	26,2	21,3	16,6	11,9
Ort. En Düşük Sıcaklık (°C)	2,8	3,0	4,4	8,1	12,1	15,6	17,8	17,7	14,2	11,1	7,4	5,0
Ort. Güneşleme Süresi (saat)	2,3	3,1	3,6	5,0	6,4	8,2	8,5	8,3	7,6	4,3	3,2	2,2
Ort. Yağışlı Gün Sayısı	15,7	14,4	13,8	11,8	10,1	8,3	6,0	6,0	7,2	11,2	12,2	15,9
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ort. (kg/m^2)	92,8	75,3	75,0	60,7	48,1	67,7	50,1	46,7	50,5	80,3	81,7	107,4



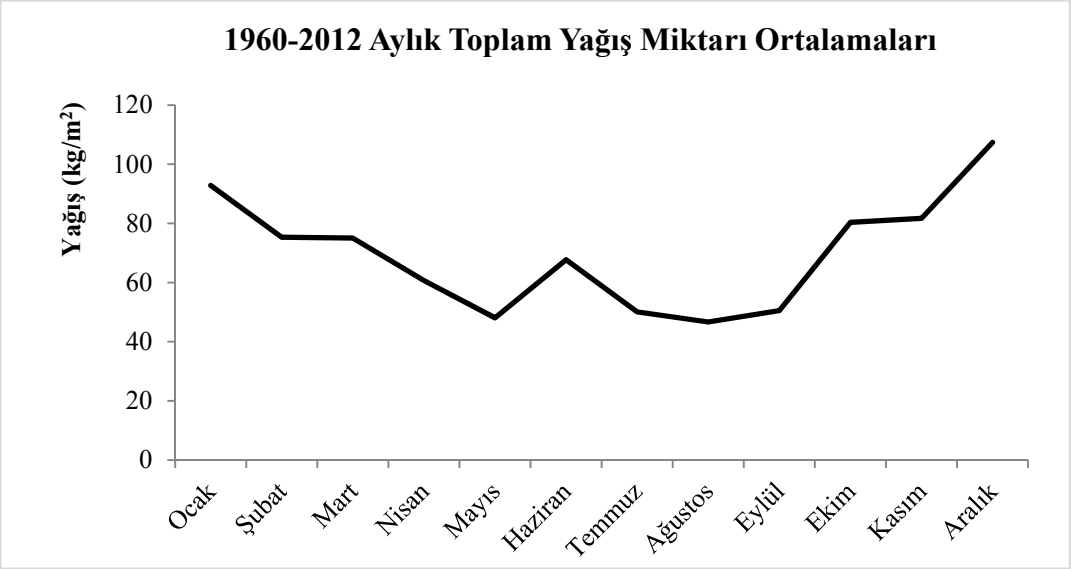
Şekil 2.3. 1960 – 2012 arası aylık ortalama sıcaklıklar

2.4. Flora Fauna

2.4.1. Flora

Havzada kış mevsimi ılık ve yağışlı olmasına karşın, yaz mevsimi Akdeniz ikliminde olduğu kadar sıcak ve kurak değildir. İklimin bu karakterini en iyi şekilde bitki örtüsü üzerinde görmek mümkündür, Akdeniz ikliminin bitkilerinden maki elemanları ile Karadeniz ikliminin öksin elemanları yan yana bulunurlar (Demir S., 2012)

Sapanca'nın Dağları gür ormanlarla kaplı iken, diğer alanlar meyve bahçeleriyle doludur, İlçe ve çevresi ülkemizin en yeşil yörelerindendir. İlçe merkezinden güneye Samanlı Dağları'na doğru çıkıldıkça orman örtüsü gürleşir.



Şekil 2.4. 1960 – 2012 arası aylık toplam yağış miktarı ortalamaları

Ormanlık alan, Yanık Deresi'nin göle aktığı, yerden başlar; doğuda Sakarya Nehri'ne, güneyde ise Mühlipınar Deresi'ne kadar uzanır. Sapanca'nın dağlarında; yüksek kısımlarda ağaçların çoğu kayın olmak üzere gürgen, çam, köknar, kızılağaç, meşe, ıhlamur, kestane ve kavak gibi pek çok ağaç türü bulunur. (URL-2). Endemik bitki türlerinden Taraxacum waltheri dünyada sadece bu alanda bulunur. (URL-3)

Gölün doğu ve batı kesimi kısmen bataklıktır. Havzanın % 53 ü orman olup, ormanlık alanın da % 59 luk kısmı bozulmuş durumdadır. Günümüzde ise Sapanca Göl'ü ve çevresinde orman özelliği taşıyan çok az yer kalmıştır. Sapanca Gölü Havzası ormanlarının alan bakımından dağılımı Tablo 2.2'de gösterilmektedir.

Bu verilere göre havzanın yaklaşık %55'i orman olup, bu ormanlık alanların ise büyük bir kısmı bozulmuş durumdandır. Tarım ve yerleşim alanlarını içeren açık alanlar toplam alanın %40'ı civarındadır (DSİ, 1984).

Tablo 2.2. Sapanca Havzası Ormanlarının Alan Bakımından Dağılımı (DSİ, 1984)

Orman Türü	Alan (Hektar)
Toplam ormanlık alan	13973,30
Verimli orman alanı	5740,50
Bozuk orman alanı	3040,00
Çok bozuk orman alanı	5168,00
Mera alanı	230,00
Toplam havza alanı	26203,50

2.4.2. Fauna

Sapanca Gölü Havzası sahip olduğu iklim koşulları ve buna bağlı olarak gelişen zengin bitki örtüsü neticesinde zengin bir hayvan varlığına sahiptir. Çeşitli semender türleri, kurbağa, çeşitli su yılanı türleri, kara kaplumbağası, kertenkele; kuşlardan bıldırcın, kumru, leylek, peçeli baykuş; su kuşlarından batağan, bahri, karabatak, çamurcun, Macar ördeği, patka, sütlabi, sakarmeke, martı bulunmaktadır. Bunlardan sayıca en çok sakarmeke, tepeli patka, karabaş martı bulunmaktadır. Bu türler su kuşları göçünün en aza indiği ocak ayında tespit edilmiştir (Kaçmaz, 2010). 1990 ve 2000'li yıllarda yapılan sayımlarda, gölde sadece 1995 ve 1996 yıllarında yaklaşık 50 bin civarındaki su kuşu tespit edilmiştir (URL-3).

Ormanların yoğun olduğu alanlarda ise; yaban domuzu, boz ayı, kurt, çakal, tilki, yaban kedisi türlerine rastlanmaktadır. Fakat bunların sayısı bozulan yaşama ortamlarına bağlı olarak oldukça azalmıştır. Ayrıca bu ormanlık alanlar ve çevresinde tavşan, porsuk, oklukirpi, fare, sıçan, köpek, gelincik, ev kedisi türlerine bolca rastlanmaktadır (Kaçmaz M., 2010).

2.5. Hidroloji

Sapanca Gölü havza alanı 252 km^2'dir. Bu alanın yaklaşık 46 km^2'sini Sapanca Gölü, yaklaşık 150 km^2'sini orman alanları kaplarken geriye kalan kısmı ise tarım ve yerleşim alanı olarak kullanılmaktadır. Sapanca Gölü büyük oranda, kuzey ve güneyindeki dağlardan inen dereler ve yer altı suları ile beslenmektedir. Sapanca Gölüne giren akarsuların çoğu düşük akımlıdır ve bir kısmı yaz aylarında tamamen kurumaktadır. Kasım-Nisan dönemi derelerin debilerinin en fazla olduğu dönemdir.

Yaz mevsiminde, sağanak yağışlar dışında derelerin yatakları genellikle kurudur. Sapanca Gölü sürekli olarak yenilenen bir hidrolojik döngü içerisindedir. Bunun sebebi, göl suyunun 45 km uzunluğundaki Çark suyu akışı ile Sakarya nehrine boşalmasıdır.

Sapanca Gölü yüksek vasati akımları 180 milyon m^3/yıl (5.65 m^3/sn.) olan, hızlı akışlı, dağlık mıntıkalardan çıkan ayaklar tarafından beslenmektedir. Bu akım, gölün çıkış akımı olan Çark Suyunun 10 senelik kayıtlarından hesap edilmiştir. (Sakarya İ.Ç.D.R, 2011) DSİ tarafından 1970 yılında Çark suyu üzerine 29.90 m eşik kotunda yerleştirilen regülatör, taşkınlara karşı göl seviyesinin kontrol altında tutulması için 28 m ile 32 m arasında işletilmektedir (Gönenç ve ark., 1994). Sapanca Gölü'nün 31.50 m kot seviyesindeki hacmi yaklaşık 1.120 milyar m^3'tur (DSİ, 1984). Göldeki ortalama derinlik 26 m, maksimum derinlik ise 61 m 'dir.

Sapanca Gölü'nden su çeken 3 kuruluş bulunmaktadır; bunlar SASKİ, TÜPRAŞ ve İSU'dur. DSİ'nin SASKİ'ye tahsis ettiği su çekme miktarı 67.32 milyon m^3/yıl, İSU'ya tahsis ettiği miktar ise 30 milyon m^3/yıl'dır. SASKİ 2012 yılında gölden 63.652.239 m^3 su çekmiştir. Ayrıca, Sakarya Valiliği tarafından süs bitkisi üreticileri için toplam 1 milyon m^3/yıl su tahsis edilmiştir.

2.5.1. Sapanca Gölü'nü besleyen dereler

Sapanca Gölü, kuzey ve güneyindeki dağlardan inen küçük dereler ve göl dibindeki kaynaklardan beslenmektedir. Göle gelen derelerin debilerinin düşük olması ve bir kısmının yaz aylarında kuruması nedeniyle göl ağırlıklı olarak tabandan (yer altı sularıyla) beslenmektedir. Gölü besleyen derelerin yanı sıra, gölün çıkış suyu olan Çarksuyu ve sedde kanalıyla Çarksuyu'na bağlanan Arifiye Deresi yer alır. Çarksuyu'nun uzunluğu 45 km olup, Sapanca Gölünün doğusundan çıkar ve batıdan Elmalı Deresi, Kocadere ve Söğüt Deresini alarak kuzeydoğuya yönelerek Sakarya Nehrine katılır. Arifiye Deresi ise 5 km uzunluğundadır. Bazı derelere ait debiler Tablo 2.3'te verilmiştir.

Tablo 2.3. 1986-1999 Yılları Arası Sapanca Gölünü Besleyen Başlıca Derelerin Debi Değişimleri (Ünlükara, İ., 2004)

Dereler	Min Akış Oranı (m^3/sn)	Max Akış Oranı (m^3/sn)	Ort. Akış Oranı (m^3/sn)
Balıkhane	0,038	7,400	0,943
Karaçay	0,016	8,500	1,148
Kuruçay	0,013	5,443	0,501
Mahmudiye	0,018	3,104	0,453
İstanbul	0,007	2,766	0,492
Keçi	0,005	0,471	0,065
Sarp	0,006	0,513	0,054
Maden	0,002	0,069	0,046
Çark Deresi (ÇIKIŞ)	0,467	6,770	3,22

2.5.1.1. Harmanlı (Aşağıdereköy) Deresi

Yukarıdereköy sırtlarının kuzeyinden doğar ve güney istikametinde akarak Sapanca gölüne dökülür. Havza alanı 6,536 km^2'dir. Dere, Aşağıdereköy boyunca akarak göle dökülür, derenin uzunluğu yan kollarıyla birlikte toplam 9,76 km ve derenin ortalama eğimi % 7,9'dur. Harmanlı Deresi'nden bir görünüm Şekil 2.5'de verilmiştir.



Şekil 2.3. Harmanlı Deresi

2.5.1.2. Maden (Eşme) Deresi

Kabaklı tepesinin kuzeyinden doğar (370 m) ve güney istikametinde akarak Sapanca gölüne dökülür. Havza alanı 13,152 m^2'dir. Gölün kuzeyinde ve yakınında Eşme Kasabası yer alan derenin uzunluğu 5,2 km, yan kollarıyla birlikte toplam uzunluğu

22,1 km'dir ve derenin ortalama eğimi % 8,3'dür. Maden Deresi'nden bir görünüm Şekil 2.6'da verilmiştir.



Şekil 2.6. Maden Deresi

2.5.1.3. Kuru Dere

Havza alanı 2,05 km^2'dir. Gölün kuzeyinde ve yakınında Eşme Kasabası yer alan derenin yan kollarıyla birlikte toplam uzunluğu 3,7 km'dir ve derenin ortalama eğimi % 9,6'dır. Kuru Dere'den bir görünüm Şekil 2.7.'de verilmiştir.



Şekil 2.7. Kuru Dere

2.5.1.4. Değirmen Dere (Çekok Deresi)

Değirmen Dere Kandıra'nın doğusundaki Alabaşlar doğar ve Sapanca Gölü'nün kuzeyinde göle dökülür. Havza alanı 9,04 km^2'dir, derenin yan kollarıyla birlikte toplam uzunluğu 14,16 km'dir ve derenin ortalama eğimi % 7,3'dür. Değirmen Dere'den bir görünüm Şekil 2.8'de verilmiştir.



Şekil 2.8. Değirmen Dere

2.5.1.5. Balıkhane Deresi

Geyikalan tepesinin kuzeydoğusundan doğmakta (650 m), doğu istikametinde akar ve Sapanca gölüne dökülür. Sapanca gölünün batısı, Maşukiye Köyü'nün kuzeyinde yer almaktadır ve gölün batı ucundan göle dökülmektedir. Havza alanı 33,6 km^2'dir, ana kol boyunca uzunluğu 8,8 km, yan kollarıyla birlikte toplam uzunluğu 62 km'dir ve derenin ortalama eğimi % 15,8'dir. Balıkhane Deresi'nden bir görünüm Şekil 2.9.'da verilmiştir. Ayrıca Şekil 2.9'da DSİ'nin Balıkhane Deresi üzerinde ölçüm istasyonu ve bu istasyonun bağlı olduğu betonarme köprü görülmektedir. Bu köprü 2015 yılı başındaki etkili yağışların etkisiyle yerinden oynamış ve üzerinde yer yer çatlaklar oluşmuştur. Bu yağışlar sırasında ölçüm istasyonu kullanılmaz hale geldiğinden bu noktada DSİ'ye ait ölçüm istasyonu 2015 yılı başı itibariyle iptal edilmiştir.



Şekil 2.9. Balıkhane Deresi

2.5.1.6. Kasabasın (Karabasan) Deresi

Sapanca Gölünün güneyinden doğar, Maşukiye Kasabasının içerisinden akarak göle dökülür. Üzerinde çok sayıda dinlenme tesisi yer almaktadır. Havza alanı 9,13 km^2'dir. Yan kollarıyla birlikte toplam uzunluğu 13,29 km'dir ve derenin ortalama eğimi % 12,5'dir. Kasabasın Deresi'nden bir görünüm Şekil 2.10'da verilmiştir.



Şekil 2.10. Kasabasın Deresi

2.5.1.7. Yanık (Karaçay) Deresi

Kuzu yaylası tepesinin güneybatısından doğar (1580 m) ve kuzey istikametinde akarak Sapanca gölünün güneyinden göle dökülür. Havza alanı 23,53 km^2'dir, ana kol boyunca uzunluğu 14 km, yan kollarıyla birlikte toplam uzunluğu 37,97 km'dir ve derenin ortalama eğimi % 15,1'dir. Yanık Deresi'nden bir görünüm Şekil 2.11'de verilmiştir.



Şekil 2.11. Yanık Deresi

2.5.1.8. Kurtköy (Kuruçay) Deresi

Drenaj sahası, doğuda İncebel, İstihkâm Tepe, batıda Demirkapı Tepe, Baltalık Tepe güneyde Solucak Yaylası ve kuzeyde Sapanca Gölü ile çevrilidir. Dere havzası dar, uzun ve 18,96 km^2 alana sahiptir. Kurtköy deresi güneyde Solucak Yaylasından (1200 m.) doğarak kuzey istikametinde akar ve Sapanca Gölüne dökülür. Derenin uzunluğu 11,8 km, yan kollarıyla birlikte toplam uzunluğu 27,85 km ve ortalama eğimi % 19,7'dir. Kurtköy Deresi'nden bir görünüm Şekil 2.12'de verilmiştir.



Şekil 2.12. Kurtköy Deresi

2.5.1.9. Mahmudiye Deresi

Doğusunda Senaiye Tepe (530 m.), Orta Tepe (595 m.), güneyde Hacıhüseyin Doruğu, batısında İncebey Sırtları, İstihkâm Tepe ve kuzeyinde Sapanca Gölü bulunmaktadır. Drenaj sahasının alanı 17,82 km2'dir. Dere; Hacıhasan Doruğundan doğar ve Sapanca Gölüne dökülür.



Şekil 2.13. Mahmudiye Deresi

Derenin uzunluğu 12,4 km, yan kollarıyla birlikte toplam uzunluğu 26,31 km ve ortalama eğimi % 10'dur. Mahmudiye Deresi'nden bir görünüm Şekil 2.13.'de verilmiştir.

2.5.1.10. İstanbul Deresi

İstanbul deresi, Nuri Osmaniye Alan Sırtı'ndan (620m) doğar. Doğansivri Tepesi, Hacıhüseyin Doruğu ve Küçük Yayla Tepesi yamaçlarından üç ana kol gelmesi ve Ulviye köyü kuzeyinde birleşmesiyle meydana gelir. Kuzey doğu istikametinde seyreden derenin drenaj sahası 26,82 km^2 olup, dere uzunluğu 12,8 km, yan kollarıyla birlikte toplam uzunluğu 47,54 km ve derenin ortalama eğimi % 15,4'dir. İstanbul Dere'den bir görünüm Şekil 2.14'de verilmiştir.



Şekil 2.14. İstanbul Deresi

2.5.1.11. Keçi Deresi

Bozca tepesinin kuzeydoğusundan doğar (790 m) ve kuzey istikametinde akarak Sapanca gölüne dökülür. Sapanca gölünün güneyinde Yüz evler ile Sapanca Kasabası arasında yer alır. Havza alanı 4,7 km^2'dir, ana kol boyunca uzunluğu 4,3 km, yan kollarıyla birlikte toplam uzunluğu 11,95 km ve derenin ortalama eğimi % 14'dür. Keçi Deresi'nden bir görünüm Şekil 2.15'de verilmiştir.



Şekil 2.15. Keçi Deresi

2.5.1.12. Sarp Deresi

Tumba tepesinin güneybatısından doğar (337 m), kuzey istikametinde akar ve Sapanca Gölüne dökülür. Sapanca gölünün güneyinde ve Sapanca Kasabasının doğusunda yer alır. Havza alanı 4,97 km^2'dir, ana kol boyunca uzunluğu 3 km, yan kollarıyla birlikte toplam uzunluğu 9,57 km ve derenin ortalama eğimi % 7,1'dir. Sarp Deresi'nden bir görünüm Şekil 2.16'da verilmiştir.



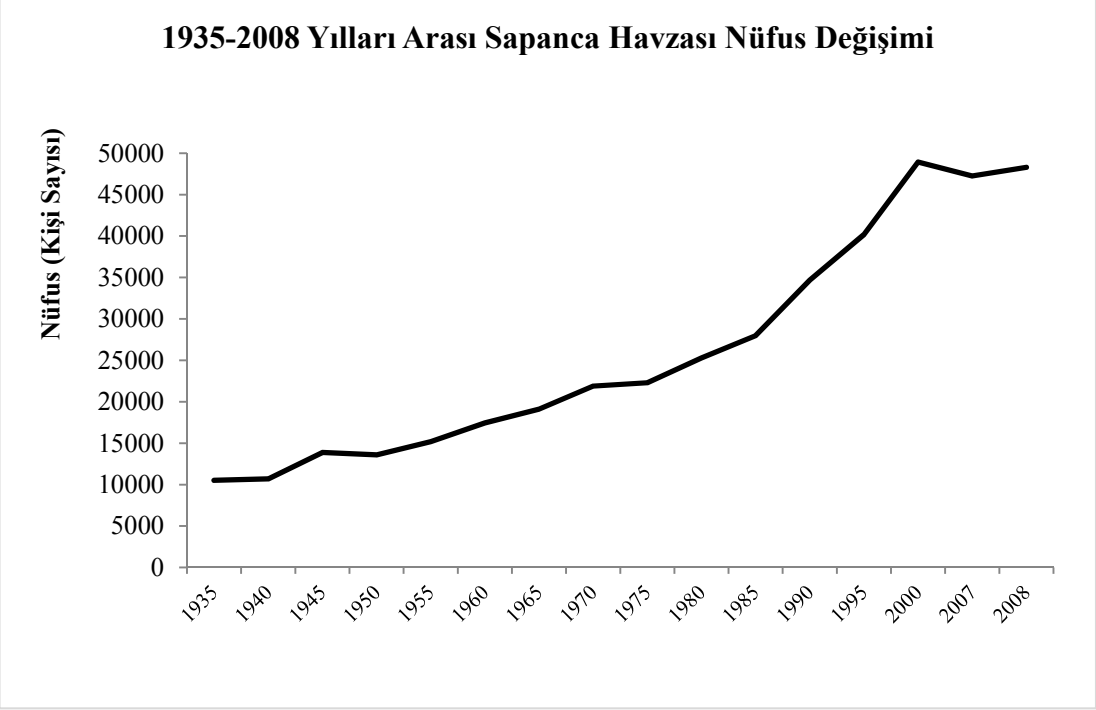
Şekil 2.16. Sarp Deresi

2.6. Nüfus ve Yerleşim

Bölgelerin coğrafi karakterini doğal faktörler kadar beşeri ve iktisadi koşulları da belirlemektedir. Bu durum her bölgede farklılık gösterebilmekte ve etkili olan fiziki ve beşeri koşulların oranı değişebilmektedir.

Sapanca Gölü Havzası'ndaki nüfus artışını doğru tespit edebilmek amacıyla etkin bir yöntem belirlenmelidir. Nüfus artışını doğru tespit etmemizde; havza sınırlarının

komşu iki il arasında olması, havzada yer alan yerleşmelerin statülerinde meydana gelen değişiklikler, havzanın ikinci konut alanı olarak tercih edilmesi, havza sınırları ile idari sınırlar arasındaki uyumsuzluklar başlıca engeller olarak görülebilir. 1950'li yılların ortalarına kadar havza çevresinde il olarak yalnızca Kocaeli'nin ismi anılır iken, 1954 yılında Sakarya'nın il olması ile birlikte havza sınırları içerisinde iki il teşekkül etmiştir. İlçe bazında ise özellikle 2008 yılında yapılan değişiklikler ile havza çevresinde büyük değişimler yaşanmış, Kartepe, Serdivan ve Arifiye ilçe statüsü kazanırken, belde hüviyetinde olan Kırkpınar ve Kurtköy Sapanca ilçesine, Maşukiye ve Eşme ise Kartepe ilçesine bağlanmıştır. Bu nedenle 2008 yılı sonrası havza kullanımını belirleyen bölgelerin alansal oranları büyümüş ve bu alanların havza kullanımına etkilerini incelemek zorlaşmıştır. Şekil 2.17'de 1935 – 2008 yılları arasındaki havza nüfus değişimleri görülmektedir. 2000 yılı sonrasında nüfus değişiminin önce azaldığı, sonrasında tekrar artışa geçtiği görülmektedir. Bu durumun, 1999 depreminin bölgeye olan göçü bir süreliğine durdurduğunu hatta bölgeden göçlerin olduğu şeklinde ifade edebiliriz. 2008 yılı sonrasındaki ilçe, mahalle ve köy değişiklikleri nedeniyle havza nüfus dağılımı önceki yıllarla karşılaştırmada kullanılamamıştır.



Şekil 2.17. 1935 – 2008 yılları arası Sapanca Havzası Nüfus Değişimi

2.7. Sanayi Alanları

Sapanca Gölü Havzası'nda bulunan işletmeler, havzanın içme suyu kaynağı olması dolayısıyla tehdit oluşturmaktadır. Bu tesislerin başında su fabrikaları ve alabalık çiftlikleri gelmektedir.

Sapanca Gölü Havzası'nda imalat sektörü ve sanayi tesislerini sektör bazında inceleyecek olursak gıda, tekstil, orman ürünleri, otomotiv ve yedek parça, metal ve çelik işleri, yapı ve inşaat malzemeleri sektörlerinin ağırlık kazandığını görmekteyiz. Su dolum fabrikalarını gıda sanayi içinde değerlendiren Adapazarı Sanayi ve Ticaret Odası Kayıtları ile Kocaeli ili sınırları içerisinde tespit edilen 16 gıda firması bulunmaktadır. Bunların 10 tanesi su dolum tesisi, 2 tanesi tabldot yemek tesisi diğerleri ise süt ve süt ürünleri üretimi, kültür mantarı üretimi, narenciye üretimi ve ticareti ile çikolata ve şekerleme imalatı yapmaktadır. Gıda firmaların yalnızca 2 tanesi Kartepe sınırları içerisinde yer alırken diğerleri Sapanca sınırları içerisinde yer almaktadır. Tekstil firmalarının bir tanesi Serdivan sınırları içerisinde yer alırken diğer 3'ü Sapanca sınırları içerisinde yer almaktadır. Benzer şekilde orman ve orman ürünleri sektöründe de tüm firmalar Sapanca sınırları içerisinde kalmaktadır. Elektrik ve elektronik sektörüne ait ülkemizin önde kuruluşlarının yer aldığı kesim ise havzanın kuzeybatı çıkışında yer alan Uzuntarla mevkiidir. Metal ve Çelik İşleri'ne ait firmalardan 2'si yine Uzuntarla mevkiinde yer alırken diğer ikisi ise Eşme ve Sapanca'da bulunmaktadır. Özellikle ulusal ve uluslararası düzeyde kabul gören firmaların büyük bir çoğunluğunun Uzuntarla'da yer aldığı görülürken Kırkpınar'da yer alan Federal Mogul A.Ş ile Yanık Köyü'nde yer alan Ondüline Avrasya AŞ'de uluslararası düzeyde faaliyet gösteren firmalar olarak dikkati çekmektedir (Kaçmaz, 2010).

3. ARAZİ VE LABORATUAR ÇALIŞMALARI

Sapanca Havzası içerisinde yapılan bu çalışmada üç farklı uygulama aşamalı olarak yürütülmüştür. İlk iki kısmını oluşturan ölçüm ve deneyler bu bölümde verilmiştir.

3.1 Arazi Çalışmaları

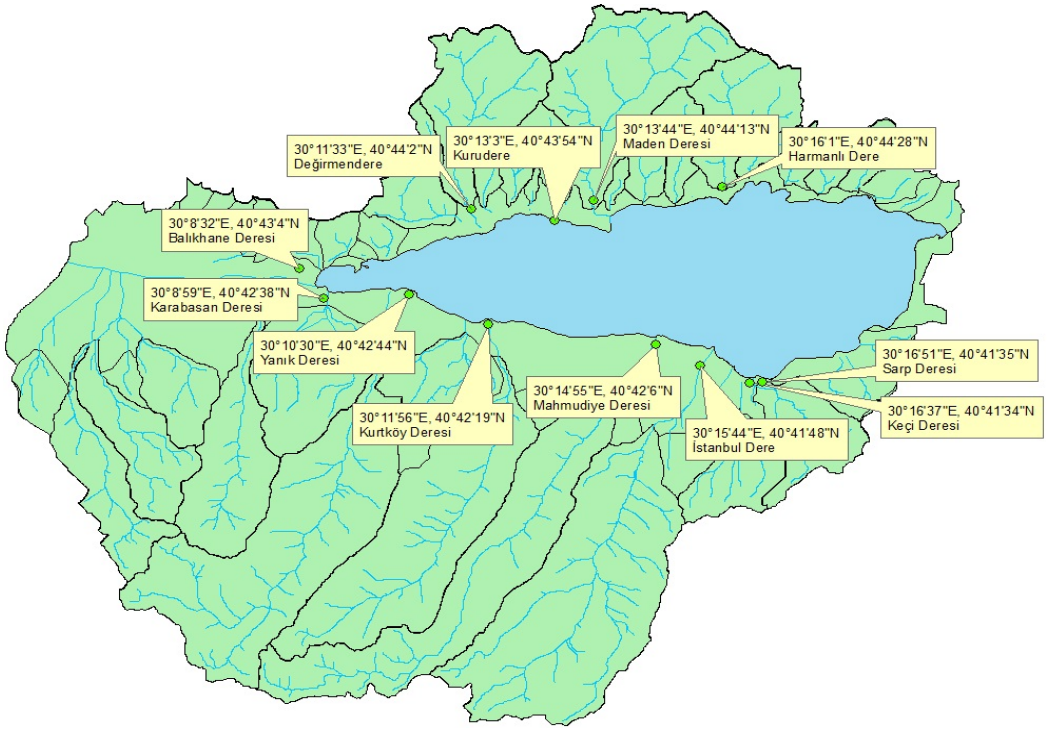
Sapanca Havzası içerisinde bulunan 12 adet dere üzerinde askıda madde taşınımının belirlenebilmesi amacıyla 2012 - 2014 yılları arasında debi, askıda madde ve sıcaklık ölçümleri yapılmıştır.

3.1.1 Sapanca Havzası üzerinde belirlenen ölçüm noktaları

Sapanca gölünü besleyen başlıca dereler olan Keçi Deresi, Mahmudiye Deresi, İstanbul Deresi, Kuru Dere, Kurtköy Deresi, Balıkhane Deresi, Sarp Deresi, Yanık Deresi, Maden Deresi, Değirmendere Deresi, Kasabasın (Karabasan) Deresi ve Harmanlı Deresi'nde belirlenen noktalarda (Tablo 3.1), yağışın askıda madde değişimine etkilerini göz önünde bulundurarak belirlenen aralıklarla saha ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca bu ölçümlerin bazılarında karşılaştırmalar yapılması amacıyla su numunesi alımı da gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı ve örnekleme noktalarının konumları Şekil 3.1'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Derelerdeki Ölçüm İstasyonu Koordinatları

İSTASYONLAR	**KOORDİNATLAR**	
	KUZEY	**DOĞU**
Harmanlı Deresi	40°44'28"	30°16'01"
Maden Deresi	40°44'13"	30°13'44"
Kuru Dere	40°43'54"	30°13'03"
Değirmendere	40°44'02"	30°11'33"
Balıkhane Deresi	40°43'04"	30°08'32"
Kasabasın Deresi	40°42'38"	30°08'59"
Yanık Deresi	40°42'44"	30°10'30"
Kurtköy Deresi	40°42'19"	30°11'56"
Mahmudiye Deresi	40°42'06"	30°14'55"
İstanbul Deresi	40°41'48"	30°15'44"
Keçi Deresi	40°41'34"	30°16'37"
Sarp Deresi	40°41'35"	30°16'51"



Şekil 3.1. Dereler Üzerinde Bulunan Ölçüm İstasyonları ve Koordinat Noktaları

3.1.2. Debi ölçümü

Sapanca havzasında akım, seviye ve askıda madde arasındaki ilişkilerin belirlenmesi ve askıda madde hesabının yapılabilmesinde kullanılan tüm veriler çalışma kapsamında tarafımızca ölçülmüştür. Bu ölçümlerin en önemli kısmını askıda madde tayini oluşturmaktadır. Bu tayinin tüm akarsu kesiti için ifadesi önemlidir. Bu noktada debi ölçümü önem arz etmektedir. Tüm akarsu ve nehirlerde akım ve askı madde taşınımı doğru orantılı olarak değişmektedir. Akım arttıkça taşınan madde miktarı artarken, akım azaldıkça taşınan madde miktarında azalma görülmektedir.

Bu çalışma süresinde PMPCM25 pervaneli tip cüce muline kullanılmıştır. PMPCM25 tipi cüce muline krom-nikel gövdeye sahip olmakta ve paslanmaya karşı dayanıklıdır. Sistem, pervaneye bağlı mil üzerindeki mıknatısın ölçüm esnasında su hızına göre dönmesi ile reed-kontak röleye sinyal üretmesi şeklinde çalışır. Üretilen bu sinyaller hızölçer tarafından v=a.n+b formülüne göre işlenerek ekrana ve cihazın belleğine gönderilir. Bu işlem 40 sn.de gerçekleşir.

Kullanılan mulinenin genel özellikleri;

- Pervaneler paslanmaya ve kırılmaya dayanıklı olması,
- Pervane çapı nominal olarak 50 mm,
- Reed kontakların darbe almayacak şekilde planlanması,
- Hızölçerin pervanesinin 0,025 – 5,0 m/sn arasındaki ölçümlere uygunluğu,
- Saniyede 40 puls ölçme imkânı,
- Seçilebilir zaman ayarlayıcısı,
- LCD ekranı ile pervanenin her devri gözlemleme imkânı,
- Kuru tip batarya sistemi,
- Her devirde sesli uyarı imkânı,
- Rusubatlı sularda ölçüm yapma imkânı,

olarak ifade edilebilir. Kasabasın deresinde yapılan debi ölçümü Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Kasabasın Deresi Debi Ölçüm Çalışması

3.1.3. Askıda katı madde ölçümü

Bu çalışma süresinde askıda madde ölçümleri iki farklı yöntem kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçüm süresinin tamamında akustik cihazlar kullanılmıştır. Bu ölçümlerin kalibrasyon kontrolleri ve doğruluğunun belirlenmesi amacıyla farklı dönemlerde ölçüm noktalarından alınan örneklemeler geleneksel yöntemler ile ölçülmüştür.

3.1.3.1. US. DH-48 ile derinlik entegrasyon yöntemi uygulanması

Askıdaki süspanse sediment örnekleri "Derinlik Entegrasyon Yöntemi" ne göre, akarsuyun tüm en kesitini ve derinliğini temsil edecek şekilde alınmıştır. Bu yöntemde ölçülen akım değeri istasyonun uzun yıllık ortalama akım değerinden büyükse 10 (toplam debinin % 5, %15, %25, %35, %45, %55, %65, %75, %85, %95 i temsil eden), küçükse 6 (toplam debinin % 8, %25, %42, % 58, % 75 ve % 92 temsil eden) numune olarak ifade edilir. Ölçümü tarafımızca yapılan bu derelerin geçmişe dönük düzenli ölçümleri bulunmadığından ve derelerin genel yapısı itibariyle debi seviyelerinin düşüklüğü nedeniyle bu ölçümlerde 6 örnekleme numunesi tarafımızca alınmıştır. Bu yöntemde, nehir yatağına girilerek akım ölçüsü yapılan sularda US. DH-48, askıdan (teleferik, kren kullanarak) akım ölçüsü yapılan sularda ise US. D-49 süspanse sediment örnek alma aletleri kullanılmaktadır. Alınan süspanse sediment örnekleri analizler için laboratuvara gönderilir. Bu çalışmada nehir yatağından numune alınmıştır ve US. DH-48 kullanılmıştır. Şekil 3.3'de US. DH-48 aparatı ve su alım şişesi görülmektedir.



Şekil 3.3. US. DH-48 ve Örnekleme Şişesi

3.1.3.2. Akustik ölçüm yöntemi (insite ig model 3150 portatif akm ölçer)

Insite IG Model 3150 Portatif Askıda Katı Madde Ölçer sıvı ortamlarda askıda katı madde ölçümü için üretilmiştir. Mikro işlemci tabanlı Model 3150 AKM ölçer en yüksek esneklik ve kolay kullanım düşünülerek tasarlanmıştır. Cihaz birçok farklı uygulamada kullanılabilir özelliktedir. Cihaz askıda katı madde ölçümünü ışık emilim prensibine göre gerçekleştirmektedir. Model 35 AKM sensörü orta seviye katı oranları için üretilmiş ve 0-30000 mg/l ölçüm aralığına sahiptir. Genel uygulama alanları havalandırma havuzları, geri devir kanalları, aktif çamur havuzları ve giriş kanallarıdır. Model 35L AKM sensörü ise düşük katı oranları için üretilmiş ve 0-1500 mg/l ölçüm aralığına sahiptir. Genel uygulama alanları tesis çıkış noktaları, çökeltme havuzu çıkışlarıdır. Her iki sensör de renk etkilerini minimize eden ve sıcaklık kaynaklı ışık kaynağı değişikliklerini ışık kaynağı parlaklığını ölçerek kompanze eden kızılötesi ışık kaynağına sahiptir. Model 3150 entegre veri kayıt özelliğine sahiptir. Tarih zaman ile birlikte 50 adet veri noktası kayıt edilip bilgisayara aktarılabilir. Her veri noktası 6 karakterli isimler ile etiketlenebilir Şekil 3.4'te Insite IG Model 3150 Portatif Askıda Katı Madde Ölçer görülmektedir.



Şekil 3.4. Insite IG Model 3150 Portatif Askıda Katı Madde Ölçer

3.2. Askıda Madde Ölçümleri İçin Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvara her istasyon için 6 şişe olarak getirilen askı malzemeleri örneklerinden, iki özellik belirlenir.

3.2.1. Askıda madde konsantrasyonunun belirlenmesi

Bu işlem için filtrasyon yöntemi uygulanır. Bu yöntemde, su ile karışık olan askıda madde örnekleri, filtre kâğıdı kullanılarak süzülmektedir. Filtre kâğıdının üstünde kalan yaş malzeme, kurutma fırınında 105 °C de 2 saat bekletildikten sonra tartılarak, o istasyonunun net malzemenin (kum, kil, silt) ppm cinsinden miktarı bulunur. PPM en çok kullanılan konsantrasyon birimidir. Bir milyon kısım çözelti içerisinde çözünen bir kısım madde miktarını gösterir. İngilizce "Part Per million" kelimelerinin ilk harfinden oluşur ve mg/l'ye eşdeğerdir. Ölçülen askıda madde konsantrasyonu 25 ppm ise, bir litre (1.000.000 mg) su içinde 25 mg ya da bir ton su içinde 25 gr net askı malzemesi (kum, silt, kil) olduğu anlaşılmaktadır. Filtrasyon işlemi sonrası belirlenen örneklerin ppm değerleri ile akım ölçüm değerleri kullanılarak, istasyon yerinin olduğu akarsudan o gün geçen süspanse sediment miktarı (ton/gün) belirlenmektedir.

3.2.2. Askı malzemesi dane büyüklük dağılımının belirlenmesi

Örneklerin konsantrasyonu belirlendikten sonra, net askı malzemesi elek analizi yöntemi ile kum ve (kil, silt) içerikleri (dane - çap sınıflaması) de belirlenmektedir. Bunun için net malzeme 0,0625 mm çaplı eleklerden geçirilmekte, eleğin üstünde kalan kısmının ağırlığı kum ağırlığı, alta geçen kısmının ağırlığı ise (kil, silt) ağırlığı olarak alınmaktadır. Numunelerin ortalama % kum ve % (kil, silt) oranları bulunurken, istasyondaki gözlem süresi boyunca ölçülen tüm örneklerin kum ağırlıkları kendi aralarında toplanmaktadır. Net malzemenin ağırlıkları (kum, silt, kil) kendi aralarında toplanmaktadır.

3.2.3. Yatak malzemesi dane büyüklük dağılımının belirlenmesi

Bu deneyin amacı kuru elek analizi yöntemiyle, hammaddelerin tane boyutu dağılımını belirlemektir. Bu dağılımın belirlenmesindeki hedef askıda taşınma durumundaki yatak malzemesinin yapısını belirlemek üzeredir. Çalıştığımız bölge olan Sapanca Havzası ve bu havza üzerindeki derelerin büyüklükleri incelendiğinde bu derelerden büyük yatak malzemelerinin taşınmasının söz konusu değildir fakat askıda madde hesap formüllerinde yatak malzemesi D_{50} ve D_{90} değerleri sıklıkla kullanılmaktadır. Bu nedenle yatak malzemesinin belirlenmesinde aşağıda belirtilen işlemler gerçekleştirilmiştir.

Bu işlemler;

- Her bir dere için yatak malzeme numunesinin alınması,
- En az 3 kg malzemenin etüvde 1 gün süreyle kurutmaya bırakılması,
- 0,0625 mm – 32 mm arasındaki eleklerden eleme işlemi,
- Her bir elek üzerinde kalan malzemenin tartılması,
- Elenen agreganın yapısının belirlenmesi,

olarak ifade edilebilir. Şekil 3.5, 3.6, 3.7'de bu işlemler görülmektedir.



Şekil 3.5. Balıkhane Deresi Taban Malzemesi Numune Alımı



Şekil 3.6. Etüv ile Kurutma İşlemi



Şekil 3.7. Elek ile Eleme ve Tartım Aşamaları

4. BİLGİSAYARLI MODELLEME İÇİN KULLANILAN YÖNTEMLER

4.1. Kullanılan Yöntemler

Bu bölümde çalışma süresince kullanılan yöntemler kısaca ifade edilmiştir. Bu yöntemlerin tamamı tüm senaryoda kullanılamamıştır. Her bir senaryo için belirlenen yöntemler, senaryoların ifade edildiği bölümlerinde ayrıca belirtilmiştir.

4.1.1. Sediment anahtar eğrisi (SRC)

Akarsu ve nehirlerdeki akım ile taşınan katı maddeyi ilişkilendiren regresyon denklemi Türkiye'de EİE tarafından tüm akarsu ve nehirler için kullanılmıştır. Bu regresyon denklemi Sediment Anahtar Eğrisi (SRC) modeli olarak ifade edilir. (EİE, 2006)

$$SRC_{(t)} = a \times Q_{(t)}^{b} \quad (4.1)$$

Burada,

a ile b; akıma bağlı regresyon katsayılarıdır.

Genellikle regresyon katsayıları, akım ve askıda katı madde yükünün logaritmik dönüşümü ile hesaplanır. EİE kurumu genellikle bu yöntemi aynı havza içinde askıda katı madde ölçüm verisi olmayan istasyonlarda taşınan katı maddeyi bulmada kullanırdı. EİE kurumu içerisinde hidrolojik ölçümlerin yapıldığı birimin 2013 yılı içerisinde DSİ'ye devredilmesi ile bu ölçümler ve yöntemler artık DSİ tarafından devam ettirilmektedir. Bu çalışma kapsamında ölçümleri yapılan tüm dereler EİE ve DSİ için küçük çaplı olduklarından, bu dereler için geliştirilmiş herhangi bir Sediment Anahtar Eğrisi bulunmamaktadır. Bu derelerdeki anahtar eğrileri yukarıda verilen denklem kullanılarak elde edilmiştir.

4.1.2 Çoklu doğrusal regresyon (ÇLR)

Şayet bağımlı değişken (çıktı) olan y'e etki eden m sayıda bağımsız değişkenler (girdiler, (x1, x2, ..., xm)) var ise bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki lineer fonksiyon aşağıdaki gibi yazılabilir,

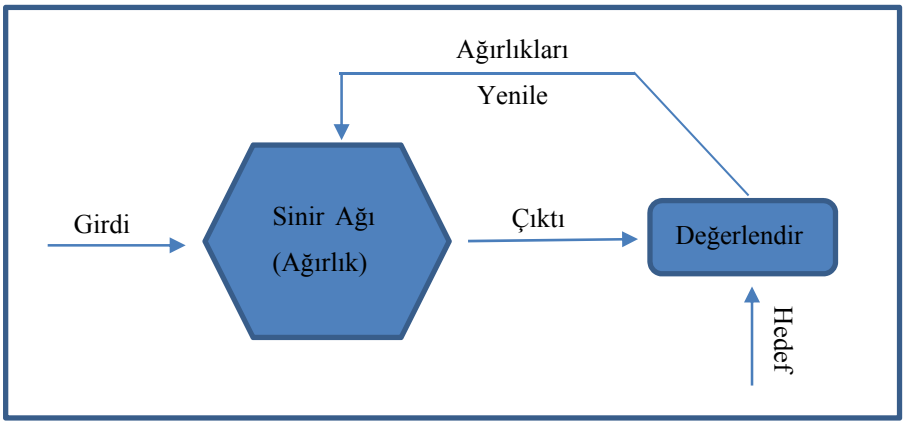
$$y=a+b_1x_1+b_2x_2+...+b_mx_m \tag{4.2}$$

Regresyon katsayıları (a, b_1, b_2, ..., b_m) en küçük kareler yöntemiyle aşağıdaki gibi bulunabilir,

$$\sum_{i=1}^{N} e_{yi}^2=\sum_{i=1}^{N}\left(y_i-a-b_1x_{1i}-b_2x_{2i}-b_mx_{mi}\right)^2 \tag{4.3}$$

4.1.3 Yapay sinir ağları (YSA)

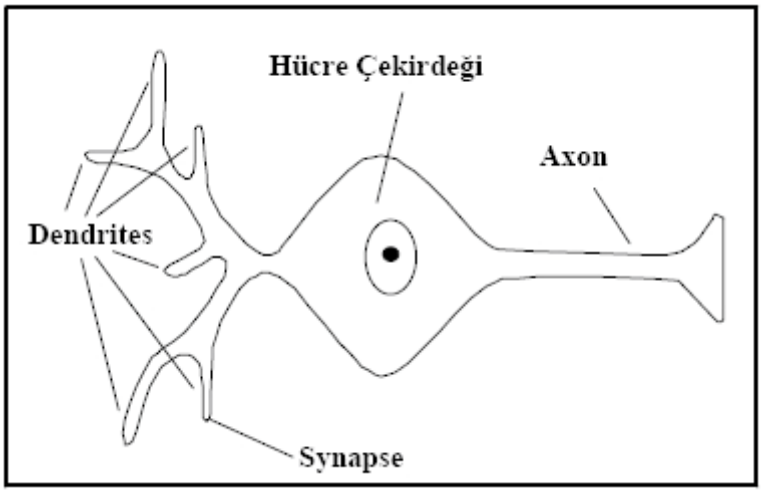
Düşünebilme, anlayabilme, öğrenip ve yorumlayabilme yeteneklerinin yapısını anlamak ve bunun benzerini ortaya çıkaracak bilgisayar işlemlerini geliştirmek, yani bunu programlamayla taklit ederek problem çözümüne kullanan ve programlanmış bir bilgisayarın düşünme girişimi olarak özetlenebilecek olan bilgi edinme, algılama, görme, düşünme ve karar verme gibi insan zekâsına özgü kapasitelerle donatılmış tekniklere yapay zeka (YZ) teknikleri adı verilir. Yapay sinir ağları (YSA) ise, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri, herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirebilmek amacı ile geliştirilen uzman sistemleri olarak tanımlanabilir. YSA'ya ait genel akış şeması Şekil 4.1'de görülmektedir.



Şekil 4.1. YSA Genel Akış Şeması

4.1.3.1. Yapay sinir ağları bileşenleri

YSA kavramı insan beyninin çalışma ilkelerinin sayısal bilgisayarlar üzerinde taklit edilmesi fikri ile ortaya çıkmıştır. Nano saniyeler bazındaki işlem hızları ile YSA'lar, mili saniyeler mertebesindeki hızları ile işlem yapan insan beyninin işlevselliğinin çok uzağındadır. İnsan beynindeki yaklaşık 10^{11} sinir hücresini bilgisayar ortamında modellenmesi şu an için mümkün görünmemektedir. Fakat karar hızı açısından insan beyni ile yarışamasalar bile, yapısallıkları ve hassas eşleştirmeleri başarı ile gerçekleştirebilmeleri ile gün geçtikçe daha fazla uygulama alanı bulmaktadırlar. Şekil 4.2'de Biyolojik sinir sisteminin yapısı görülmektedir.



Şekil 4.2. Yapay Sinir Ağı Hücre Yapısı

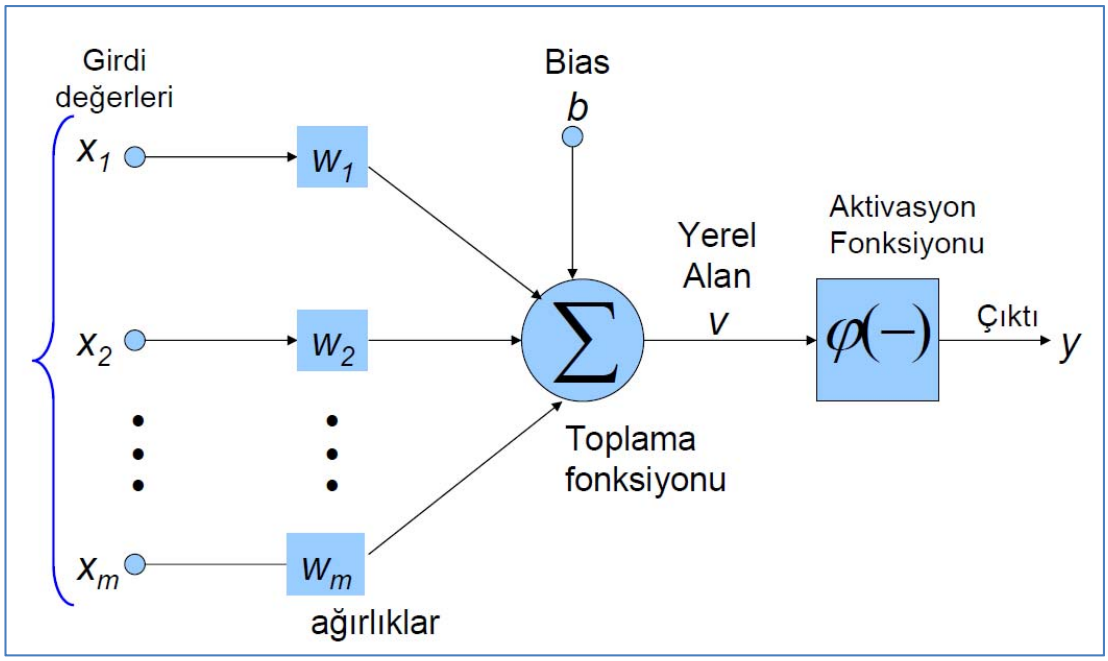
Tablo 4.1'de ise Şekil 4.2 gösterilen Biyolojik sinir yapısı ile YSA arasındaki benzerlikler verilmiştir. Bu benzerlikler irdelendiğinde YSA yapısı ile insan sisteminin benzerlikleri rahatlıkla görülebilmektedir. İnsan vücudu içerisinde bulunan hiyerarşik düzen YSA yapısı içerisinde de büyük oranda aynı şekilde çalışmaktadır.

Tablo 4.1. Biyolojik sinir sistemi ile YSA arasındaki benzerlikler

SİNİR SİSTEMİ	YSA SİSTEMİ
Nöron	İşlem Elemanı
Dendrit	Toplama Fonksiyonu
Hücre Gövdesi	Transfer Fonksiyonu
Aksonlar	Eleman Çıkışı
Sinapslar	Ağırlıklar

4.1.3.2. İleri beslemeli ve çok katmanlı YSA yapısı

Tipik bir ileri beslemeli ve çok katmanlı bir YSA yapısı Şekil 4.3'de görülmektedir. "İleri beslemeli" (feed forwad - FFNN), ifadesi nöron bağlantılarının girdi katmanından gizli katmana veya gizli katmandan çıktı katmanına doğru olduğunu ve aynı katman içerisinde bulunan nöronların kendi aralarında bağlantı içermediğini vurgular.



Şekil 4.3. İleri Beslemeli ve Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı Hücre Modeli

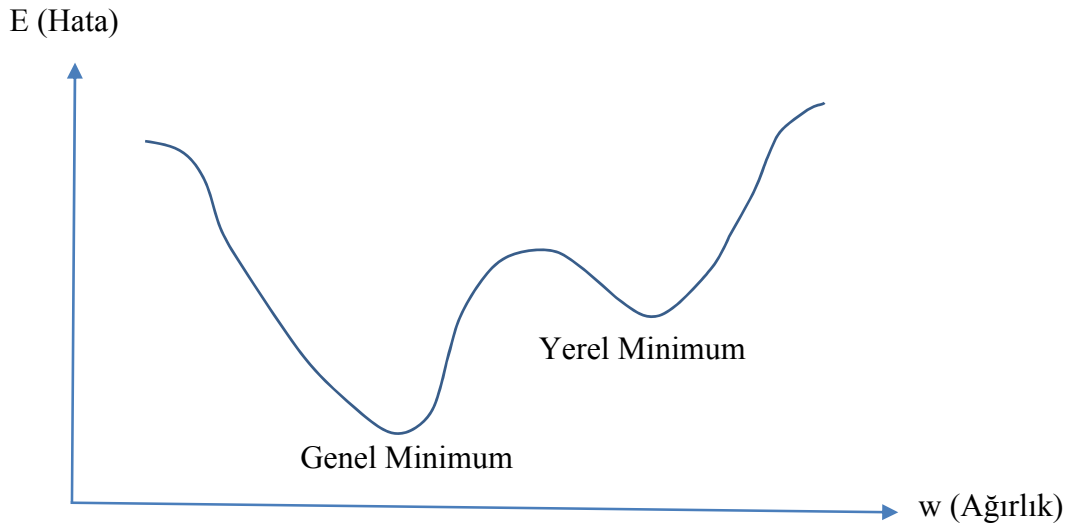
x: hücrenin girişi olan skaler değeri, w: x girişi ile hücre arasındaki ağırlık değerini, b: hücrenin bias değerini, φ: transfer fonksiyonunu, y: hücrenin çıkısını belirtmektedir. x girişi önce w ağırlığı ile çarpılır. Ardından b bias değeri ile toplanır ve transfer fonksiyonundan geçirilerek y çıkışı hesaplanır. Transfer fonksiyonu doğrusal ya da doğrusal olmayan türevlenebilir bir fonksiyondur. Fakat hücrenin arzu edilen çıkışı verebilmesi için w ve b ağırlık değerlerinin optimum olacak şekilde ayarlanması gerekmektedir. m hücrenin giriş sayısıdır. Görüleceği üzere giriş sayısı kadar da w ağırlık değeri vardır. Bu durumda modelin matematiksel ifadesi:

$$a=f(\sum_{i=1}^{m} w_i x_i + b) \tag{4.4}$$

şeklinde olur.

4.1.3.3. YSA – saklı katman sayısı

Saklı tabakalar, lineer olmayan ya da değişkenler arasında etkileşim var ise kullanılır. Bu etkileşim ne kadar karmaşıksa, o kadar çok saklı tabakaya ihtiyaç duyulur. Eğer az sayıda saklı tabaka kullanılırsa ağ öğrenmez. Gereğinden fazla sayıda saklı tabaka bulunması halinde ise, ağ ezberler. Bu da ağın, yeni örnekler için genelleme yeteneğini azaltır. İstenen ağın genelleme yeteneğini optimum yapabilecek en az sayıda tabakayı kullanmaktır. Saklı katman sayısının artması ayrıca algoritmanın hata olasılığının da artmasına sebep olabilmektedir. Çünkü hata yüzeyi parabolik bir dağılım gösterir. YSA mimarisinde saklı katman ya da katmanlar varsa hata yüzeyi parabolik olmayacağı için ağırlıkların ayarlanması sırasında yerel minimumlara erişmek zor olacaktır. Bu durum Şekil 4.4'te verilmiştir. Bu nedenle, saklı katman sayısını doğru belirlemenin yolu benzer veri seti ile ilgili çalışmaların irdelenmesi sonucu ortaya çıkarılabilir.



Şekil 4.4. Saklı Katmanlı YSA modelinde ağırlık (w) ve hata (E) grafiği

4.1.3.4. YSA'nın tarihi gelişimi

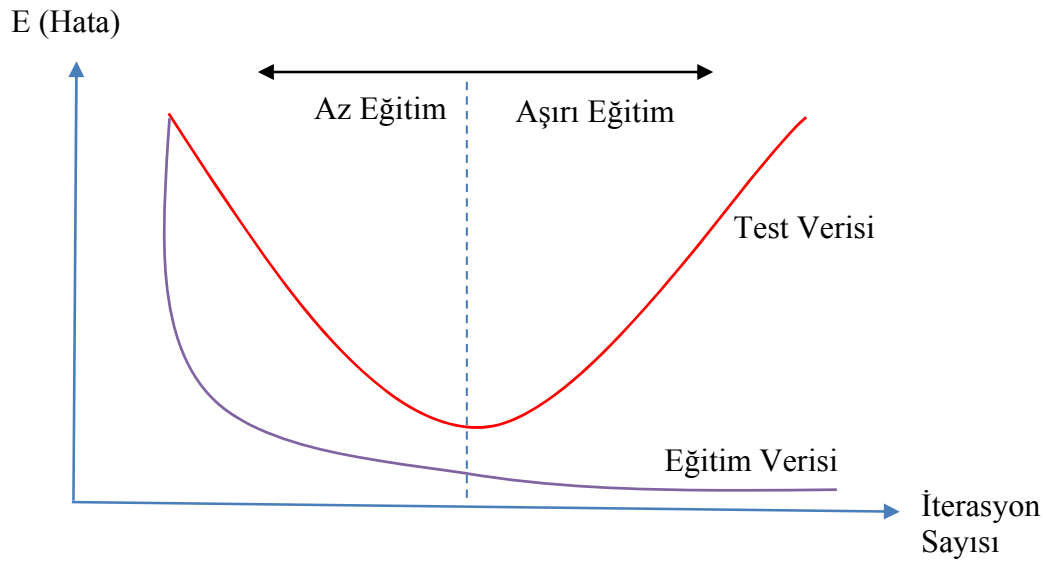
İnsan beyninin yapısı ve fonksiyonlarıyla ilgili ilk yayın 1800'lü yılların sonunda yazılmış ve 1900'lü yılların başında beynin sinir hücrelerinden oluştuğu fikri benimsenmeye başlanmıştır. Matematiksel modellerle insan beyninin çalışma şeklinin ifade edilmesi 1930'lu yıllara dayanırken, ilk yapay sinir ağı modeli 1943 yılında, bir sinir hekimi olan Warren McCulloch ile matematikçi Walter Pitts tarafından modellenmiştir. 1958 yılında Frank Rosenblatt'ın Perceptron'u geliştirmesi sonrasında

YSA'lar ile ilgili çalışmalar hız kazanmıştır. 1986 yılında, bu alanda Rumelhart'ın geri beslemeli YSA algoritmasını bulmasıyla önemli bir gelişme sağlanmıştır. Son 10 yılda ise daha gelişmiş algoritmaların bulunmasıyla son derece zor olan ve zaman alan problemlerin çözümü için önemli bir aşama kaydedilmiştir.

4.1.3.5. Eğitim ve test

Problemdeki toplam veriler eğitim ve test grupları olmak üzere ikiye ayrılır. Eğitimin amacı problemin YSA tarafından algılanmasıdır. Performans fonksiyonları vasıtasıyla ağırlıklarda yapılacak ayarlamalar sayesinde YSA'nın ürettiği sonuçların tolerans limitlerine ulaşması hedeflenir. Bu işlem kısaca eğitim olarak adlandırılabilir. YSA mimarisin o problem için yeterli düzeyde tahmin yapabilmesi için eğitim safhasında kullanılacak veri sayısı yeterli miktarda olmalıdır. Bu durum öğretmen-öğrenci ilişkisi ile örneklendirilebilir. Bir öğretmen derste işlediği konu hakkında yeterli bilgi vermeden öğrencileri sınava tabi tutarsa, öğrenciler o sınavdan iyi sonuçlar alamayacaklardır. Eğitim işlemi sona erdikten sonra ağın test edilme işlemine sıra gelir. Test için ayrılan veri grubunun girdi parametreleri, eğitim yoluyla oluşturulan YSA modeline verildiğinde, YSA çıktı değerleri üretir. Yine daha önce bahsedilen performans fonksiyonları kullanılarak YSA'nın etkinliği tespit edilmiş olur. Ağın eğitiminin başlangıcında ağırlıklar ağ tarafından belirlenir. Eğitim esnasında, hatalara bağlı olarak ağırlıklar güncellenir. Bu düzenleme hata düzeyini belirlenen değere indiren ağırlık matrisi bulununcaya kadar devam eder. Fakat burada eğitimin fazla yapılması olumsuz sonuçlar doğurabilir. Elde edilen modeldeki ağırlık değerleri eğitime çok bağlı kaldığından genelleştirme yeteneği azalır. Eğitim veri grubundaki olası hatalı değerler sistem tarafından mutlak doğruymuş gibi algılanacağından eğitimin kalitesi düşük olacaktır. Bu durumu yine öğretmen-öğrenci arasındaki ilişkiyle açıklanabilir. Öğrenciler derste verilen sorulara ve bunların çözümlerine çok bağımlı kalırlarsa farklı sorularla karşılaştıklarında ezberlemeden dolayı doğru çözümler üretemeyebilirler. Bu şekildeki çözümlemeler de YSA modelinde eğitim verilerinde hemen hemen hiç hata vermezken, test grubunda ise ezberlemeden dolayı çok büyük hatalar vermektedir. Bu durumdan kaçınmak için eğitim safhası aşırı eğitim (ezberleme) olmadan durdurulmalıdır.

Sonuç olarak; YSA ile oluşturulmuş modelin eğitim ve test gruplarındaki hata değerlerinin benzer olması o modelin iyi tasarlanmış uygun bir model olduğunu ifade edebilir. Optimum eğitim düşeyine ulaşıldıktan sonra, eğitim grubunun hataları düşmeye devam ederken test grubunun hataları artmaya başlar. Bu durum aşırı eğitimin ya da ezberlemenin başladığının göstergesidir. O anda iyi bir YSA modelinin elde edilmesi için eğitimin durdurulması gerekir (Merwin, 2004). Eğer eldeki veri sayısı çok az ise diğer bir kontrol mekanizması olarak ortalama karesel hata (OKH) kullanılabilir. Bu durumda hata değerleri sabitlendiğinde eğitimin durdurulması aşırı eğitimi engelleyebilir. Şekil 4.5'de de eğitim ve test değerlerinin hatalarının iterasyon sayısına göre değişimi verilmiştir.



Şekil 4.5. Saklı Katmanlı YSA modelinde ağırlık (w) ve hata (E) grafiği

4.1.3.6 Verilerin Ölçeklendirilmesi

Bir YSA modelinde problemin girdi verileri birbirinden farklı ölçekler kullanan veriler ile ilişkilendirilmiş olabilir, böyle bir durumda tüm verilerin aynı ölçek üzerine indirgenmesi çözümlemenin sonuca ulaşma kolaylığını, zamanını ve hedeflenen sonucun güvenilirliğini etkilemektedir. Bütün girdi değerlerinin belirli aralıkta ölçeklendirilmesi hem farklı ortamdan gelen bilgilerin aynı ölçekte değerlendirilmesine, hem de yanlış girilen çok büyük ya da çok küçük değerlerin etkisinin kalkmasına neden olur (Öztemel, 2003). Aktivasyon fonksiyonundan çok büyük veya çok küçük değerler geçirilince fonksiyonun asimptotik yapısından dolayı model sabit bir çıktı üretir; örneğin, aktivasyon fonksiyonu durumunda ağ çıktısı [0 ya

da 1] veya [0,1 ya da 0,9] olur. Ölçeklendirme kullanılan aktivasyon fonksiyonuna göre farklılık gösterir. Bu çalışmada aktivasyon fonksiyonunu 0,1 ile 0,9 arasında dağılım sağlayacak şekilde ölçeklendirilmiştir. Aşağıda ölçeklendirme için seçilen ifade yer almaktadır.

$$X=0,1+\frac{0,8(x_i-x_{min})}{(x_{max}-x_{min})} \tag{4.5}$$

Denklemlerdeki,

x_i : Ölçeklendirilecek veriyi,

x_{min} : Ölçeklendirilen veri setindeki en küçük değeri,

x_{max} : Ölçeklendirilen veri setindeki en büyük değeri,

X : Ölçeklendirilme sonucu elde edilen değeri,

İfade etmektedir.

Ayrıca literatürde faklı ölçeklendirme denklemleri bulunmaktadır.

4.2. Boyut Analizi ve Bazı Boyutsuz Parametrelerin Tanımlanması

Boyut analizi, akışkanlar mekaniği ve hidrolik alanındaki çalışmalarda çok önemli matematik araçlarından birisidir. Boyut analizi, olaya etki eden parametrelerden meydana gelmiş olan boyutsuz sayılar arasında bir ilişki kurulması olarak tanımlanabilir. Boyut analizinin avantajı, boyutlu değişkenleri kombine etmek suretiyle boyutsuz parametreler teşkil ederek problemdeki değişkenleri azaltmaktır. Aynı zamanda boyut analizi yardımıyla elde edilen boyutsuz parametrelerden incelenen olayla ilgili denklemler de türetilebilmektedir (Langhaar, 1951; Middleton ve Southard, 1984). Akışkanlar mekaniği ve hidrolik uygulamalarında kullanılan, Buckingham Pi teoremi ve Rayleigh olmak üzere iki farklı boyut analizi metodu vardır.

Toplam katı madde miktarı tahmini için yapay zekâ modellerinin kurulmasından önce bu modellerde hangi parametrelerin kullanılacağı büyük önem arz etmektedir. Çünkü girdi parametreleri ne kadar hassas ve doğru seçilirse model o kadar iyi sonuç vermektedir. Bu çalışmada girdi parametrelerini belirlemek için bağımsız değişkenlere boyut analizi uygulanmıştır. Ayrıca, boyutsuz parametrelerin belirlenmesinde

uygulamadaki kolaylığından dolayı Buckingham Pi teoremi kullanılmıştır. (Buckingham, 1914).

Herhangi bir fiziksel olay, birbirinden bağımsız boyutlu ve boyutsuz (n) parametrenin fonksiyonu ise, olayın kanunu f(x_1, x_2,.....x_n) = 0 şeklinde açıklanabilir. Olayın parametreleri (m) tane temel büyüklüğe bağlı ise, Buckingham bu (m) parametre yardımı ile n-m tane boyutsuz π sayısı bulunabileceğini $\Phi(\pi_1,\pi_2,.....,\pi_{n-m})$ şeklinde ifade etmiştir.

Toplam katı madde konsantrasyonunun bağımlı değişken olarak ele alındığında bağımsız değişkenlerle olan fonksiyonel ilişkisi şöyle açıklanabilir,

$$C=f(u_*,q,d_{50},\rho,\rho_s,\gamma_s,D,B,\mu,\sigma,S,u_m,g) \tag{4.6}$$

Tekrarlanan parametreler çeşitli varyasyonlarla şu şekilde seçilmiştir:

1. ρ, d_{50}, u_*

2. μ, d_{50}, u_*

3. ρ, d_{50}, γ_s

4. γ_s, d_{50}, u_*

5. ρ, d_{50}, u_m

6. q, D, ρ,

Böylece, boyut analizi ile elde edilmiş boyutsuz parametreler aşağıdaki gibi bulunmuştur,

$$C=f\left(\begin{array}{c}\frac{D}{d_{50}},\frac{r_s}{r},\frac{u_m D}{n},\frac{u_* d_{50}}{n},\frac{u_* D}{n},\frac{DS}{(G_s\text{-}1)d_{50}},\frac{u_m}{u_*},\frac{B}{D},\frac{q}{\sqrt{gDD}},\frac{q}{u_* d_{50}},\frac{B}{d_{50}}\\ \frac{nu_*}{g(G_s\text{-}1)d_{50}^2},\frac{n^2}{g(G_s\text{-}1)d_{50}^3},\frac{q^2}{g(G_s\text{-}1)d_{50}^3},\frac{r_s u_*^2}{g_s d_{50}},\frac{u_m}{\sqrt{g(G_s\text{-}1)d_{50}}},S,s_g\end{array}\right) \tag{4.7}$$

Uygulanan boyut analizinin yanı sıra Yang (1973) tarafından önerilmiş bazı boyutsuz parametreler aşağıdaki denklemde sunulmuştur,

$$C=f\left(\frac{u_m S}{\omega},\frac{u_*}{\omega},\frac{\omega d_{50}}{\nu}\right) \tag{4.8}$$

Bu denklemdeki boyutsuz parametreler de modellerin oluşturulmasında girdi olarak kullanılmıştır.

Boyutsuz parametrelerde kullanılan değişkenler aşağıda verilmiştir,

$D(L)=$ Uniform akım seviyesi,

$d_{50}(L)=$ Medyan çap,

$B(L)=$ Kanal genişliği,

$\rho_s\,(M/L^3)=$ Katı madde özgül kütlesi,

$\rho(M/L^3)=$ Suyun özgül kütlesi

$\gamma_s\left(M/L^2T^2\right)=$ Katı madde özgül ağırlığı,

$u_*\,(L/T)=$ Kayma hızı,

$\nu(L^2/T)=$ Kinematik viskozite,

$S(L/L)=$ Eğim,

$G_s=$ Katı madde özgül yoğunluğu,

$u_m\,(L/T)=$ ortalama akım hızı,

$\omega(L/T)=$ Çökelme hızı,

$q(L^3/T/L)=$ Birim su debisi,

$g(L/T^2)=$ Yerçekimi ivmesi,

$\sigma_g=$ Gradasyon,

$C=$ Konsantrasyon.

$\frac{D}{d_{50}}=$ Boyutsuz akım derinliği,

$\frac{B}{d_{50}}=$ Boyutsuz kanal genişliği,

$\frac{\rho_s}{\rho}=G_s=$ Katı madde özgül yoğunluğu

$\frac{u_* d_{50}}{\nu}=Re_x=$ Danecik boyutundan dolayı Reynolds sayısı

$\frac{u_* D}{\nu}=Re_*=$ Akım Reynolds sayısı (kayma hızı açısından)

$\frac{\omega\, d_{50}}{\nu}=Re_p=$ Danecik Reynolds sayısı,

$\frac{DS}{(G_s-1)d_{50}}=\tau_*=$ Boyutsuz kayma gerilmesi,

$\frac{u_m}{u_*}=c=$ Sürtünme faktörü,

$\frac{B}{D}=$ Genişlik yükseklik oranı,

$\frac{q}{D\sqrt{gD}}=$ Froude sayısı,

$\frac{u_m}{\sqrt{(G_s\text{-}1)gd_{50}}}=F_g=$ Danecik Froude sayısı,

$\frac{\nu^2}{g(G_s\text{-}1)d_{50}^3}=\frac{1}{d_*^3},\ (d_*)=$ Boyutsuz dane çapı,

$\frac{\rho_s u_*^2}{\gamma_s d_{50}}=$ Boyutsuz kayma gerilmesi (danecik açısından),

$\frac{u_m S}{\omega}=$ Boyutsuz birim akım gücü parametresi,

$\frac{\omega}{u_*}=$ Boyutsuz askı maddesi parametresi,

$\frac{u_m S}{\sqrt{(G_s\text{-}1)gd_{50}}}=$ Boyutsuz birim akım gücü parametresi.

Boyut analizi uygulandıktan sonra toplam katı madde miktarının tahmini için birçok boyutsuz parametreler bulunmuştur. Fakat bu parametrelerin olaya etkisinin araştırılması gereklidir. Olaya etki eden girdi parametrelerinin seçimi, modelin doğruluğu ve güvenilirliği açısından önem arz etmektedir. Bu nedenle incelenen olayın iyi bilinmesi gerekmektedir (Yalın, 1972). Ayrıca boyutsuz girdi parametrelerinin tümünün fiziksel olarak neyi ifade ettiği de araştırılmalıdır. Bazı boyutsuz parametrelerin sabit olmasından dolayı olaya etki etmediği görülmüştür. Örneğin katı madde özgül yoğunluğu $\rho_s/\rho=2,65$ olup sabit değerdedir ve olaya etkisi yoktur. Benzer şekilde verilen boyutsuz B/d_{50} ve D/d_{50} parametreleri için modelde girdi parametresi olarak B/D'nin kullanılmasına gerek yoktur. Çünkü diğer iki parametre B/D'nin etkisini içermektedir. Dolayısıyla tüm bulunan parametrelerin olay üzerindeki etkinlik derecesinin araştırılması ve gereksiz parametrelerin modelin etkinliği açısından elenmesi gerekmektedir (Khalil ve diğ., 2005a ; Khalil ve diğ., 2005b ve Khalil ve diğ., 2006). Fakat model için en uygun girdi parametrelerini belirlemek oldukça zor olabilmektedir. Bu çalışmada en uygun girdi parametrelerini belirlemek için olaya etki eden tüm boyutsuz parametreler ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Bu amaçla katı madde taşınma olayına etki eden en önemli parametreler özellik seçimi algoritması

(feature selection algorithm) kullanılarak bulunmuştur (Guyon and Elisseeff, 2003). Bu algoritmayla eğitim verileri rasgele *n* sayıda ayrık kümelere ayrılmıştır. Verilen seçilmiş girdi parametreleri için, RVM modeli bir alt küme hariç diğer tüm kümelerle (n-1) eğitilmiş ve eğitimin doğruluğu, dışarıda bırakılan alt küme ile de test edilmiştir. RVM modelinin en uygun girdi parametrelerinin belirlenmesindeki performansı, ortalama mutlak hata performans kriteri kullanılarak bulunmuştur. En nihayetinde minimum hata değerlerine sahip olan girdi parametrelerinin alt kümeleri en etkin girdi parametresi olarak seçilmiştir.

Bu yöntemle olaya en çok etki eden parametreler bulunmuş, olaya etki etmeyen ve modelin performansını etkilemeyen parametreler elenmiştir. Özellik seçim algoritması hem laboratuvar verileri hem de saha verileri ile elde edilen modellerde kullanılmıştır. Modelin kurulması öncesinde olaya etki eden parametrelerin etkinlik derecelerinin bilinmesinin, modelin etkinliğini ve güvenilirliğini arttırdığı uygulamalarda görülmüştür.

Özellik seçimi algoritması kullanılarak laboratuvar verileri için bulunmuş en etkili boyutsuz girdi parametreleri etkinlik derecelerine göre aşağıdaki gibidir,

$$\left(u_m S/\omega,\ B/d_{50},\ D/d_{50},\ u_*/\omega,\ u_* d_{50}/\nu\right) \tag{4.9}$$

Saha verileri için ise,

$$\left(u_m S/\sqrt{(G_s\text{-}1) g d_{50}},\ B/d_{50},\ q/u_* d_{50},\ \nu^2/(G_s\text{-}1) g d_{50}^3\right) \tag{4.10}$$

Modellerde kullanılacak olan bu boyutsuz parametreler diğer araştırmacılar tarafından da denenmiştir. Bu araştırmacıların toplam katı madde hareketi için kullandıkları boyutsuz parametreler Tablo 4.2'de verilmiştir. Bu çalışma askı hareketi üzerine olduğundan kullanılan denklemler Tablo 4.3'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Toplam katı madde hareketi için kullanılan boyutsuz parametreler

Sediment Transport denklemleri	Seçilmiş Parametreler	
	Bağımlı Parametreler	Bağımsız Parametreler
Rottner (1959)		d_{50}/D, F_D
Engelund ve Hansen (1967)		$G_s/(G_s-1)$, $u_m S/\sqrt{(G_s-1)gd_{50}}$, τ_*
Graf (1971)		$G_s/(G_s-1)$, $u_* d_{50}/q$, τ_*
Acaroğlu (1968)		D/d_{50}
Shen ve Hung (1972)		$u_m S/\omega$
Yang (1979)	C_{ppm}	$u_m S/\omega$, u_*/ω, $u_{m_{cr}} S/\omega$, $u_* d_{50}/\nu$
Ackers ve White (1973)		F_g, D/d_{50}, d_*, u_m/u_*
Brownlie (1981a)		F_g, S, D/d_{50}, R_g, τ_{*o}, σ_g
Karim ve Kennedy (1981)		F_g, D/d_{50}
van Rijn (1984a,b)		d_*, T, D/d_{50}, ω/u_*
Karim (1998)		F_g, u_*/ω
Molinas ve Wu (2001)		ψ, D/d_{50}
Yang (2005)		$G_s/(G_s-1)$, T, u_m/u_*, D/d_{50}
Doğan (2008)		B/d_{50}

Tablo 4.3. Askıda madde hareketi için kullanılan boyutsuz parametreler

R/D_{50}
$(G_s\text{-}1)/S$
$d_* = d_{50}\left[\frac{(G_s\text{-}1)g}{\nu^2}\right]^{1/3}$
$\frac{V}{\sqrt{g(G_s\text{-}1)d_{50}}}$

4.3. Modellemede Kullanılan Araç: MATLAB ile Programlama

Bugün için farklı alanlarda kullanılabilen çok geniş bir ürün yelpazesine sahip MATLAB, teknik hesaplamalarda kullanılan yüksek başarımlı bir programlama dili olarak tanımlanmaktadır. MATLAB hesaplama dili, bilinen matematiksel rakamlar ve işaretlerle ifade edilebilen problemler ve çözümlerini kullanımı kolay bir ortam içinde hesaplama, görüntüleme ve programlama işlemlerini bütünleştirmiştir. MATLAB' ın belli başlı uygulama alanları aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

Matematik ve hesaplama işlemleri,
Algoritma geliştirme,
Veri Toplama,
Modelleme, benzetim ve prototipleme,
Bilimsel ve mühendislik alanında grafik işlemleri,
Grafiksel kullanıcı ara yüz yapısını da içine alan uygulama geliştirme.

MATLAB ismi İngilizce matris laboratuarı (MATrix LABoratory) anlamına karşılık gelen kelimeden türetilmiştir. MATLAB ilk defa LINPACK ve EISPACK tasarıları yoluyla geliştirilen matris yazılımına kolay erişim sağlamak amacı ile yazılmıştır. Bugün, MATLAB motorları LAPACK ve BLAS kütüphanelerini içine alarak matris hesaplamasında adeta yazılımı bir sanat haline getirdiğini iddia eder.

MATLAB temel veri elemanı boyutlandırma gerektirmeyen bir dizim (array) olan etkileşimli bir sistemdir. Bu da özellikle matris ve vektör formüllü pek çok teknik hesaplamanın çözümünü, C ve FORTRAN gibi etkileşimli olmayan dillerde yazılan bir programın çözümünden çok daha kısa olmasını sağlar.

MATLAB ile yapılabilen matematiksel işlemler; doğrusal cebir (linear algebra) veri çözümleme (data analysis), işaret işleme (signal processing), polinom ve ara değer işlemleri (polynomials and interpolation), sayısal integral alma işlemleri (quadrature) ve diferansiyel denklem (ODE) çözümleri şeklinde sıralanabilir. Gerek matematiksel işlemlerin sonuçları ve gerekse dışarıdan aktarılan verilerin 2-boyutlu ve 3-boyutlu grafikleri kolaylıkla sağlanabilir. Bu grafikler ve diğer şekiller üzerinde ise renklendirme ve ışıklandırma işlemleri yapılabildiği gibi şekil canlandırma (animasyon) işlemleri de yapılabilmektedir. Harici arayüz (MEX-dosyaları) yardımıyla C ve FORTRAN programlama dilleri ile iletişim kurabilmektedir.

MATLAB başlangıçta sayısal hesaplamaları yerine getirmek amacı ile geliştirilmiş olmakla beraber daha sonraki sürümlerinden itibaren geliştirdiği Symbolic Math Toolbox program paketi ilavesi ile sembolik matematiksel işlemleri de yapar hale gelmiştir. Bu paket sembolik hesaplamaları MATLAB' ın sayısal hesaplama ortamına dâhil etmiştir. Symbolic Math Toolbox paketinin temelini oluşturan hesaplama makinesi çeşitli üniversiteler tarafından geliştirilen Maple sisteminin çekirdeğidir.

MATLAB' ın belirleyici niteliklerinden birisi, MATLAB ana paketine ilaveten araç kutuları anlamına gelen toolbox adı verilen uygulamaya özel çözümler sağlayan fonksiyon paketlerinden oluşmasıdır. Araç kutuları veya fonksiyon paketleri MATLAB ortamını özel türden problemlerinin çözümünü sağlamak amacı ile genişleten kapsamlı bir MATLAB fonksiyonları (M-dosyaları) derlemesidir. Araç kutuları; matematik ve analiz, matematiksel modelleme ve benzetim, gerçek zamanda veri toplama ve denetim, işaret ve görüntü işleme, denetim sistemi tasarımı, maliyet modellemesi ve analiz gibi pek çok uygulama alanını kapsamaktadır. Bu ilave fonksiyon paketlerinin bir kısmı ana program yapısında olup bunlar Simulink, Real time Workshop ve Stateflow' dur. Simulink dinamik sistemlerin modellenmesi, benzetimi ve çözümlemesinde kullanılan bir paket yazılım programıdır. Her ne kadar MATLAB ana paketi içinde yer alan diferansiyel denklem çözüm fonksiyonları olan ODE fonksiyonları yardımı ile dinamik sistemlerinin çözümünü elde etmek mümkünse de bunlar Simulink paketinin sağladığı esnekliği sağlayamaz. Simulink' te modelleme, tıkla ve sürükle fare işlemleriyle blok şemaları biçiminde kolaylıkla oluşturulabilir. Simulink'te modeller ise bir grafik kullanıcı ara yüzü (GUI) yardımıyla oluşturulur. Bu arayüz yardımıyla model oluşturma bir kâğıda matematiksel bağıntılara karşılık gelen işlevsel şekilleri çizmek kadar kolaydır. Simulink' te sinyal giriş elemanı, sinyal çıkış elemanı, doğrusal ve doğrusal olmayan elemanlar ve bağlantı elemanlarından oluşan çok geniş kapsamlı bir blok kütüphanesi mevcuttur. Model oluşturulduktan sonra ise genellikle Simulink menüsünden seçilen integral alma veya diferansiyel denklem çözüm yöntemleri ile modelin çözümü yapılır.

MATLAB, Real Time Workshop gerçek zaman fonksiyonlar paketi ile gerçek sistemleri uygulamalarına yeni bir boyut katmıştır. Bu paket çeşitli gerçek zaman sistemleri üzerindeki gerçek zaman yazılım uygulamalarının hızlı bir prototipini

gerçeklemek amacı ile Simulink ve MATLAB içinde bulunan yeteneklerinin bir uzantısıdır.

MATLAB' ın diğer araç ve bileşenleri ile beraber, Real Time Workshop çeşitli hedef ortamlar için Simulink oluşturulan modellerden otomatik gerçek zaman **C** kodu sağlar. Bu kodlar ile MATLAB ve Simulink' in altında çalışan Real Time Windows Target, xPC Target gibi gerçek zaman yazılım paketleriyle veri toplama ve gerçek zaman denetim algoritması hazırlamakta kolaylıkla kullanılabilmektedir. MATLAB sistemi 5 ana kısımdan oluşmaktadır.

Bunlar;

MATLAB programlama dili

Geliştirme ortamı

Grafik işlemleri

MATLAB matematiksel fonksiyon kütüphanesi

MATLAB uygulama programı arabirimi (API)

4.3.1. MATLAB programlama dili

Bu, şartlı deyimler, fonksiyonlar, veri yapıları, giriş/çıkış ve nesneye yönelik programlama özellikleri içeren yüksek seviyeli bir matris/dizim dilidir. Bir taraftan hızlı bir şekilde oluşturulabilen küçük çaplı basit programlamalara uygun düşerken diğer taraftan geniş çaplı ve karmaşık uygulama programlamalarına da uygundur.

4.3.2. Geliştirme ortamı

Bu, MATLAB fonksiyonları ve dosyalarının kullanılmasında yardımcı olan araç ve gereçler takımından oluşur. Bu ortam; MATLAB masaüstü ve komut penceresi, komut tarihsel günlüğü, yazı düzenleyicisi/yanlış ayıklayıcısı ve ayrıca yardım, çalışma ortamı, dosyalar ve arama yolu için gerekli tarayıcılardan oluşur.

4.3.3. Grafik işlemleri

MATLAB, grafiklere açıklayıcı notlar koyma ve grafikleri bir yazıcıda basabilmenin yanında, vektörleri ve matrisleri grafik olarak görüntülemek amacı ile çok kapsamlı

kolaylıklar sağlar. Grafik araçları iki-boyutlu ve üç-boyutlu veri görüntülemesi, görüntü işleme, canlandırma ve grafikleri temsil etmekte kullanılan yüksek seviye fonksiyonlarını kapsar. Ayrıca, MATLAB uygulamalarında tam bir grafiksel kullanıcı ara yüzü yapılandırmak kadar grafiklerin görünüşünü tamamen ısmarlama yapılmış hale sokulmasına olanak sağlayan düşük seviye fonksiyonları da yer almaktadır.

4.3.4. MATLAB matematiksel fonksiyon kütüphanesi

Bu kütüphane, sum, sine, cosine gibi elemansal fonksiyonlardan ve karmaşık aritmetikten, matrisin tersi, matris öz değerleri, Bessel fonksiyonları ve hızlı Fourier dönüşümlerine kadar değişen geniş bir hesaplama algoritmaları derlemesinden oluşur.

4.3.5. MATLAB uygulama programı arabirimi

MATLAB ile etkileşimli çalışan C ve FORTRAN programları yazılmasına olanak tanıyan bir kütüphanedir. MATLAB 'dan rutinleri çağırma (dinamik ilişki), MATLAB' ı bir hesaplama motoru gibi kullanma ve MAT-dosyalarını (veri dosyaları) yazma ve okuma için gerekli gereçlerden oluşur.

4.3.6. MATLAB kullanımının YSA için sağladığı kolaylıklar

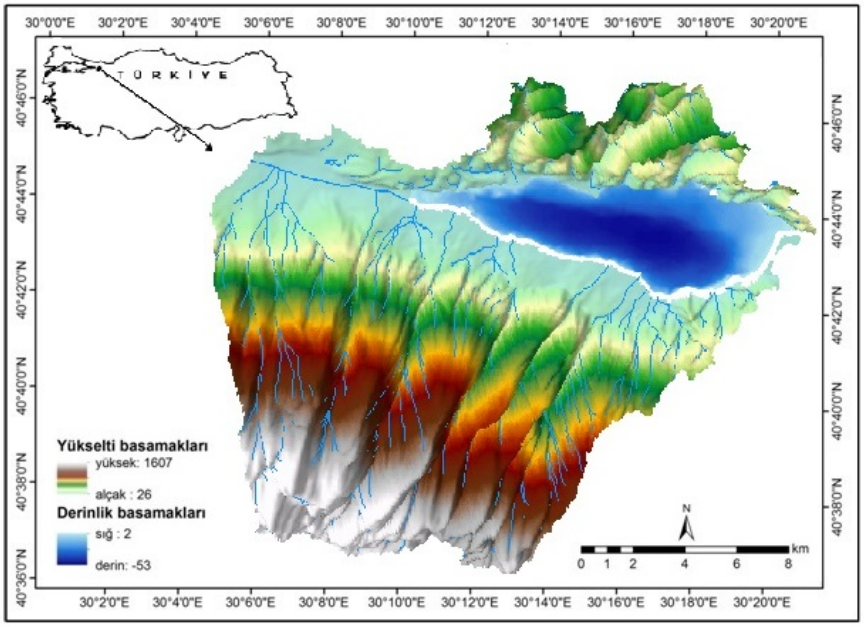
Matlab programı çeşitli fonksiyonlar, veri yapıları, giriş/çıkış ve nesneye yönelik programlama özelliklerinin yanında, yapay zekâ modelleri için çeşitli alt modüllere sahiptir. Bu modüller MATLAB programlama dili içerisinde "Neural Network Araç Kiti" olarak da ifade edilirler. Çalışmamız süresince bu modüllerden bazıları modellerimizde kullanılmıştır.

4.3.7 MATLAB programında Seçilen YSA eğitim fonksiyonları

Çalışma süresince yapılan analizlerde 4 farklı "Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı Eğitim Fonksiyonu" ayrı ayrı kullanılmıştır. Bu fonksiyonlar sırasıyla Levenberg-Marquardt (LM), BFGS Quasi-Newton (BFG), Scaled Conjugate Gradient (SCG), One Step Secant (OSS) olarak ifade edilebilirler. Bu fonksiyonlar yapıları ve sonuca ulaşma süreleri bakımından birbirlerinden ayrılmaktadırlar. Çalışmada üç farklı YSA modeli için elde edilen sonuçlar irdelendiğinde, bu çalışma için en uygun yapının BFGS Quasi-Newton (BFG) olduğu düşünülmektedir.

4.4. Arazi Kullanımı Haritalarının Hazırlanması

Bu çalışma kapsamında Sapanca Gölü Havzasının arazi kullanımlarındaki değişimler gözlemlenmiştir. Bu gözlemlerimiz çalışma içerisinde iki farklı dönem aralığı için irdelenmiştir. Şekil 4.6'te arazi kullanımı için seçilmiş olan Sapanca Gölü, gölü besleyen dereler ve bölgenin yükseltilerini gösteren harita görülmektedir.



Şekil 4.6. Sapanca Gölü Yükselti Haritaları

Seçilen ilk dönemde,

Sapanca Havzadaki arazi kullanımının yıllara göre değişimini araştırmak için Landsat 5 TM (1987) ve Landsat 8 TM (2010) uydu görüntüleri kullanılmıştır. 1987 - 2010 yıllarına ait uydu görüntüleri, yıllar arasındaki değişimin görsel ve istatistiksel olarak yorumlanabilmesi için sınıflandırılmıştır. Çalışma sahasında NDVI sonuçlarına göre sınıflar belirlenip, uydu görüntüleri görsel olarak analiz edilmiştir. Birbirine yakın yansıma değerlerine sahip olan yeşil bitki örtüsü bulunmayan alanlar sınıfına dahil edilmesi gereken alanlar (yollar) homojen dağılmış yeteri kadar alan belirlenmesine karşın kontrollü sınıflandırma işlemi sonucunda düşük oranda yeşil bitki örtüsü sınıfı içerisinde sınıflandığı için bu sınıfa dahil edilmiştir. 1987 ve 2010 yılları uydu görüntüleri ArcGIS 10,1 yazılımı kullanılarak analiz edilmiş ve sonuçlar arazi çalışması ile doğrulanmıştır.

Seçilen ikinci dönemde,

T.C. Orman Bakanlığının online veri bankasından elde edilen ve 1990, 2000, 2006 yılları için arazi kullanımları irdelenmiştir.

5. HAVZA GÖZLEM SONUÇLARI

Bu bölümde ifade edilen çalışmaların başlıca amacı; Sapanca Gölü'nü besleyen yan derelerin debi, askıda madde ve su sıcaklıklarının değişiminin belirlenmesidir. Ölçümleri yapılan bu verilerle çalışmanın ikinci aşamasında modellemeler yapılmıştır. Bu ölçümler Kasım 2012 – Mart 2014 tarihleri arasında Keçi Deresi, Kuru dere, Mahmudiye Deresi, İstanbul Deresi, Yanık Deresi, Kurtköy Deresi, Balıkhane Deresi, Sarp Deresi, Maden Deresi, Kasabasın Deresi, Değirmendere Deresi ve Harmanlı Deresi'nde yapılmıştır. Yağışın askıda madde değişimine etkilerini de göz önünde bulundurarak, belirlenen aralıklarla saha ölçümleri ve su numunesi alımı gerçekleştirilmiştir. Yağışın olmadığı dönemlerde bazı dereler kurumuş olduğundan, sadece debi gözlemlenen tarihlerde ölçüm alınabilmiştir.

5.1. Ölçüm Yapılan Aralıklardaki Günlük Hava Değişimleri

Sapanca Havzasına ölçüm için çıkılan günlerin hava şartları çalışma için önemlidir. Havanın yağışlı olması ölçüm sırasında debinin artmasına ve bu artışın da askıda madde miktarına etkileri değerlendirilmektedir. 2012 – 2014 yılları arasında Keçi Deresi, Kuru dere, Mahmudiye Deresi, İstanbul Deresi, Yanık Deresi, Kurtköy Deresi, Balıkhane Deresi, Sarp Deresi, Maden Deresi, Kasabasın Deresi, Değirmendere Deresi ve Harmanlı Deresi'nde ölçümler aynı gün içerisinde tamamlanmıştır. Hava şartlarındaki değişimin tüm derelerde benzer etkileri göstermesi istenen durumdur. Fakat derelerin Sapanca Gölü çevresinde olması dolayısı ile dereler arası mesafe fazladır. Özellikle gölün kuzey ve güney kısımlarında kalan derelerin durumları farklılıklar gösterebilmektedir. Kuzey bölgesi ve bu bölgenin sırtlarında yağış gözlenebilirken, güneyde kalan dere ve bölgelerde havanın açık olduğu durumlara rastlanılmıştır. Bu nedenle bölgeyi tümüyle ifade edebilmesi amacıyla ölçüm günlerindeki hava durumu ve değişimleri meteoroloji web sitesinden düzenli olarak takip edilmiştir. Tablo 5.1'de Sapanca Havzasının ölçüm günlerindeki değişimleri verilmiştir. Tablodan anlaşılacağı üzere yapılan ölçümler süresince yağışlı dönem sayısı yetersiz kalmıştır. Gece – gündüz arası sıcaklık farklarının mevsimsel olarak

beklenenin üzerinde olduğu söylenebilir. 2012 yılı sonu ve 2013 yılı başlarında yağışlar düzenli iken sonraki dönemlerde hava şartlarında değişiklikler görülmüştür. Ölçüm tarihleri genel olarak irdelendiğinde bazı aylarda ölçüm alınmadığı görülecektir. Dönemin kurak olması itibari ile bu dönemlerde ölçümler yapılamamıştır.

Tablo 5.1. Ölçüm Günlerindeki Hava Durumları

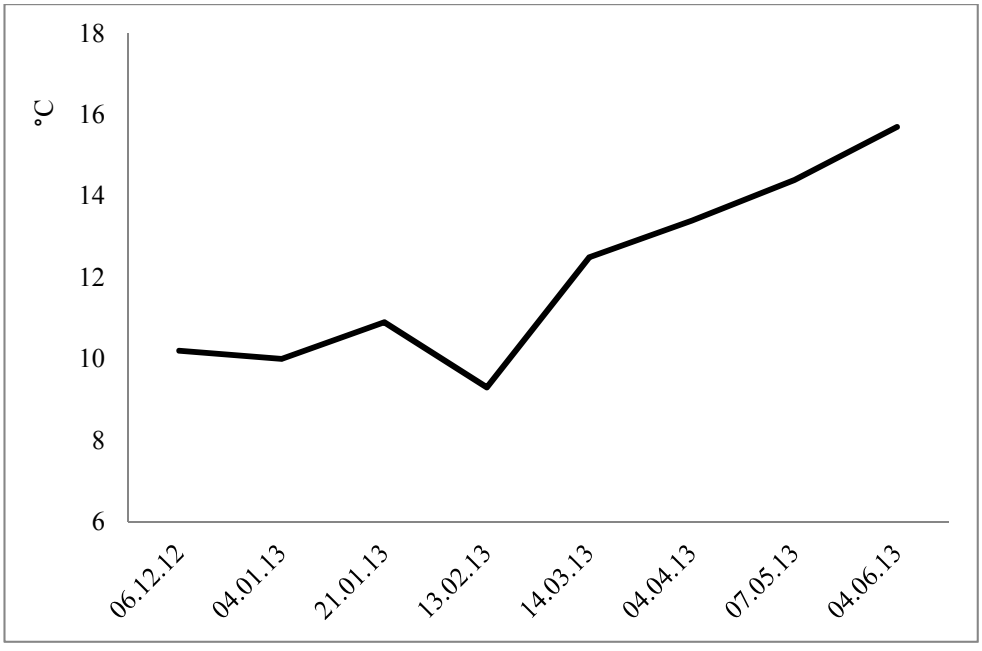
Ölçüm Tarihi	Ölçüm Günü	Hava Durumu		Gündüz En Fazla Sıcaklık °C	Gece En Düşük Sıcaklık °C	Nem Oranı %	Görüş Mesafesi (km)	Basınç (mb)	Çiğ Noktası °C
06.11.12	Salı	Sağanak Yağışlı		22	15	55	26	31	16
06.12.12	Perşembe	Sağanak Yağışlı		12	5	30	16	21	6
04.01.13	Cuma	Parçalı Bulutlu		11	4	27,5	15	20	5
21.01.13	Pazartesi	Parçalı Bulutlu		19	9	47,5	23	28	10
13.02.13	Çarşamba	Parçalı Bulutlu		17	8	42,5	21	26	9
14.03.13	Perşembe	Çok Bulutlu		23	15	57,5	27	32	16
04.04.13	Perşembe	Parçalı Bulutlu Sağanak Yağışlı		18	8	45	22	27	9
07.05.13	Salı	Az Bulutlu		27	10	37,5	31	36	11
04.06.13	Salı	Parçalı Bulutlu Sağanak Yağışlı		29	13	72,5	33	38	14
12.07.13	Cuma	Güneşli		31	14	77,5	35	40	15
23.08.13	Cuma	Parçalı Bulutlu Sağanak Yağışlı		29	14	72,5	33	38	15
11.10.13	Cuma	Güneşli		28	12	70	32	37	13
22.11.13	Cuma	Çok Bulutlu		21	10	52,5	25	30	11
26.02.14	Çarşamba	Sağanak Yağışlı		9	2	22,5	13	18	3
18.03.14	Salı	Az Bulutlu		19	7	49	23	28	9

5.2. Yan Derelerde Ölçülen Su Sıcaklıkları ve Değişimleri

Aşağıda sırasıyla Harmanlı Deresi, Maden Deresi, Kuru Dere, Değirmen Dere, Balıkhane Deresi, Kasabasın Deresi, Yanık Deresi, Kurtköy Deresi, Mahmudiye Deresi, İstanbul Deresi, Keçi Deresi ve Sarp deresi sıcaklık değişimleri irdelenmiştir.

5.2.1. Harmanlı Deresi sıcaklık ölçümleri

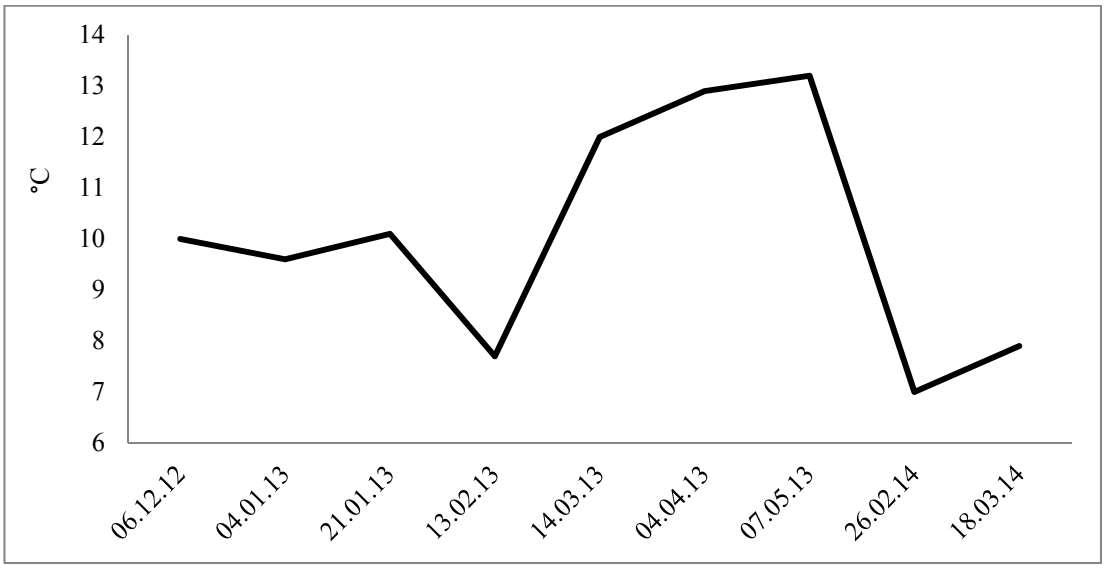
Şekil 5.1'de Harmanlı Deresinin Sıcaklık Değişimleri verilmiştir. Çalışma süresi boyunca 15 adet ölçüm planlanmıştır. Harmanlı Deresinde planlanan bu ölçümlerden 8 tanesinde su bulunurken diğer 7 ölçümde dere kuru durumda görülmüştür. Ölçüm yapılan tarihler çalışmanın ilk yarısına karşılık gelmektedir. 2013 yılı Haziran ayında son ölçüm yapılmış, bu tarihten sonra çalışmanın bitirildiği 2014 yılı mart ayına kadar bu derede su görülmemiştir. Grafikteki tarihler 2012 yılı sonu itibariyle başlarken, 2013 yılı ortasında sonlanmaktadır. Bu tarihler için sıcaklık değişimleri mevsimsel olarak normal kabul edilebilir. Sıcaklıklar kış aylarından başlayarak ilkbaharda artış göstermiş ve yaz ayı başında en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bu derede en yüksek su sıcaklığı 15,7 °C, en düşük su sıcaklığı 9,3 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.1. Harmanlı Deresi Su Sıcaklık Değişimi

5.2.2. Maden Deresi sıcaklık ölçümleri

Şekil 5.2'de Maden Deresinin Sıcaklık Değişimleri verilmiştir. Çalışma süresi boyunca 15 adet ölçüm planlanmıştır. Maden Deresinde planlanan bu ölçümlerden 9 tanesinde su bulunurken diğer 6 ölçümde dere kuru durumda görülmüştür. Ölçüm yapılan tarihler, çalışmanın ilk yarısında ve son iki ölçümüne karşılık gelmektedir. 2013 yılı Mayıs ayı sonrası dere kurumuş ve bir sonraki ölçüm 2014 yılı mart ayında yapılmıştır. Grafikteki tarihler 2012 yılı sonu itibariyle başlarken, 2013 yılı ortasında devam ederken son iki ölçüm bir sonraki yılın kış ayı içerisindedir. Bu tarihler için sıcaklık değişimleri mevsimsel olarak normal kabul edilebilir. Sıcaklıklar kış aylarından başlayarak ilkbaharda artış göstermiş ve yaz ayı başında en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bir sonraki yıl içerisinde yapılan ölçümlerde su sıcaklığının tekrar düşüş gösterdiği ifade edilebilir. Bu derede en yüksek su sıcaklığı 13,2 °C, en düşük su sıcaklığı 7,0 °C olarak ölçülmüştür.

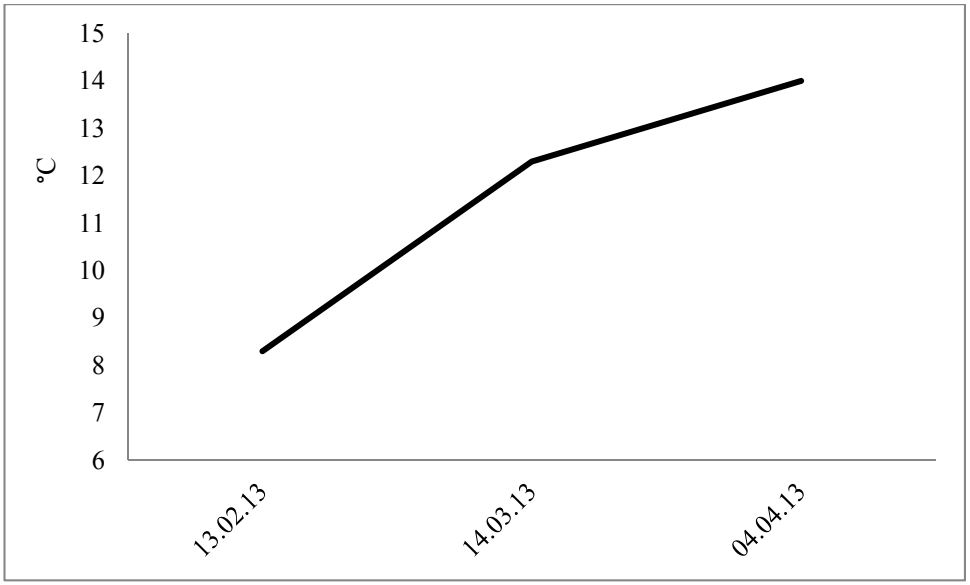


Şekil 5.2. Maden Deresi Su Sıcaklık Değişimi

5.2.3. Kuru Dere sıcaklık ölçümleri

Şekil 5.3'de Kuru Dere'nin Sıcaklık Değişimleri verilmiştir. Adından da anlaşılacağı üzere dere neredeyse tüm yıl kurudur. Çalışma süresi boyunca 15 adet ölçüm planlanmıştır. Kuru Derede planlanan bu ölçümlerden 3 tanesinde su bulunurken diğer 12 ölçümde dere kuru durumda görülmüştür. Ölçüm yapılan tarihler, ölçüm süresince yağışın en yoğun olduğu 2013 yılı başına karşılık gelmektedir. 2013 yılı Nisan ayında

son ölçüm yapılmış, bu tarihten sonra çalışmanın bitirildiği 2014 yılı mart ayına kadar bu derede su görülmemiştir. Bu tarihler için sıcaklık değişimleri mevsimsel olarak normal kabul edilebilir. Sıcaklıklar kış aylarından başlayarak ilkbaharda artış göstermektedir. Ayrıca; bu dere diğer derelere nazaran en küçük su seviyesine sahiptir. Bu nedenle derenin su sıcaklığı diğer derelere nazaran yüksektir. Bu derede en yüksek su sıcaklığı 14,0 °C, en düşük su sıcaklığı 8,3 °C olarak ölçülmüştür.



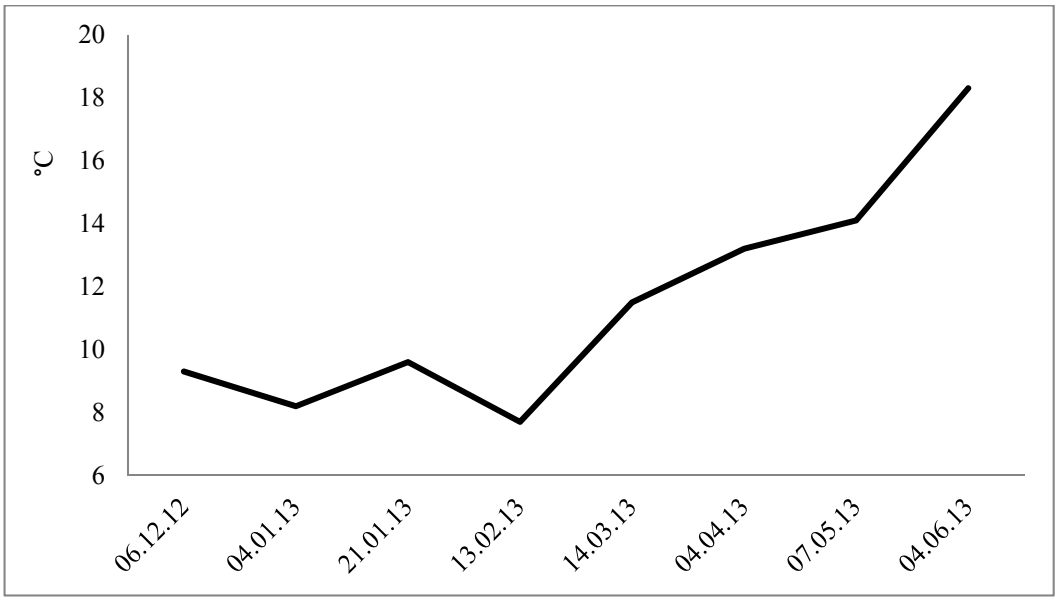
Şekil 5.3. Kuru Dere Su Sıcaklık Değişimi

5.2.4. Değirmendere Deresi sıcaklık ölçümleri

Değirmendere deresi sıcaklık ölçümleri, Harmanlı Deresinin Sıcaklık Değişimleri ile benzerlik göstermektedir. Bu iki dere Sapanca Havzasının kuzey kesiminde yer alırken, derelerin beslendiği alanlar birbirlerine mesafe olarak da yakındırlar. Her iki dere için grafikler birlikte değerlendirildiğinde derelerdeki su sıcaklıkları ve değişimleri birbirlerine yakındır.

Grafiklerdeki eğimlerde de benzerlikler göze çarpan diğer nokta olarak ifade edilebilir. Değirmendere Deresinde çalışma süresi boyunca 18 adet ölçüm planlanmıştır. Değirmen Derede planlanan bu ölçümlerden 8 tanesinde su bulunurken diğer 10 ölçümde dere kuru durumda görülmüştür. Ölçüm yapılan tarihler çalışmanın ilk bölümüne karşılık gelmektedir. 2013 yılı Haziran ayında son ölçüm yapılmış, bu tarihten sonra çalışmanın bitirildiği 2014 yılı mart ayına kadar bu derede su görülmemiştir. Şekil 5.4'de bu derenin su sıcaklık değişimleri görülmektedir.

Grafikteki tarihler 2012 yılı sonu itibariyle başlarken, 2013 yılı ortasında sonlanmaktadır. Bu tarihler için sıcaklık değişimleri mevsimsel olarak normal kabul edilebilir. Sıcaklıklar kış aylarından başlayarak ilkbaharda artış göstermiş ve yaz ayı başında en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Ayrıca; bu derenin mansap tarafında fabrika bulunmaktadır. Ölçüm noktasının fabrikaya yakınlığı nedeniyle, buradan bırakılan suların su sıcaklığına etkisi olduğu ifade edilebilir. Bu derede en yüksek su sıcaklığı 18,3 °C, en düşük su sıcaklığı 7,7 °C olarak ölçülmüştür.



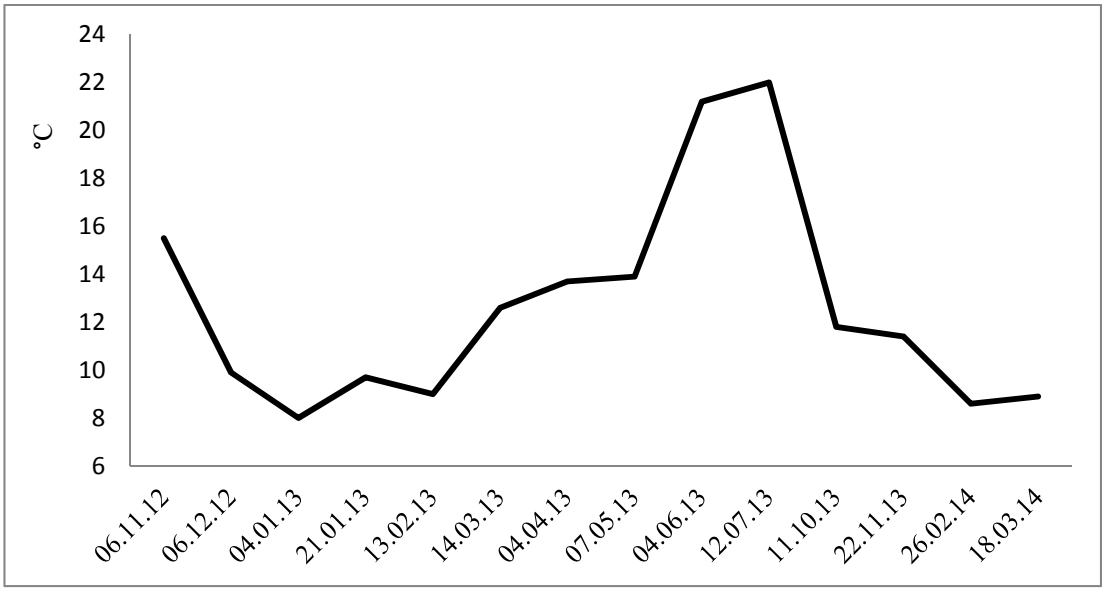
Şekil 5.4. Değirmendere Su Sıcaklık Değişimi

5.2.5. Balıkhane Deresi sıcaklık ölçümleri

Şekil 5.5'de Balıkhane Deresinin Sıcaklık Değişimleri verilmiştir. Balıkhane Deresi Sapanca Gölünü Besleyen en büyük dere konumundadır. Derenin tek başına göle taşıdığı su miktarı, Sapanca Gölünü besleyen küçük diğer derelerin birkaçının toplamına eşittir. Derede çalışma süresi boyunca 15 adet ölçüm planlanmıştır. Balıkhane Deresinde planlanan bu ölçümlerden 14 tanesinde su bulunurken 1 ölçümde dere kuru durumda görülmüştür.

Derenin bölgenin en büyüğü olmasına rağmen kuruması yağışların nedenli azaldığının ifadesidir. Ölçüm yapılan tarihler incelendiğinde grafiğin tüm ölçümü ifade ettiği söylenebilir. Grafikteki tarihler 2012 yılı sonu itibariyle başlarken 2014 yılında ölçümlerin sonlandırıldığı bölüme kadar düzenli olarak ölçümler yapılabilmiştir. Bu

tarihler için sıcaklık değişimleri mevsimsel olarak normal kabul edilebilir. 2012 yılı sonunda kış ayında başlayan sıcaklık düşüşü, ilkbaharla birlikte artış göstermiş ve yaz ayı başında en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bir sonraki yıl içerisinde yapılan ölçümlerde su sıcaklığının tekrar düşüş gösterdiği ifade edilebilir. Bu derede en yüksek su sıcaklığı 22,0 °C, en düşük su sıcaklığı 8,0 °C olarak ölçülmüştür.



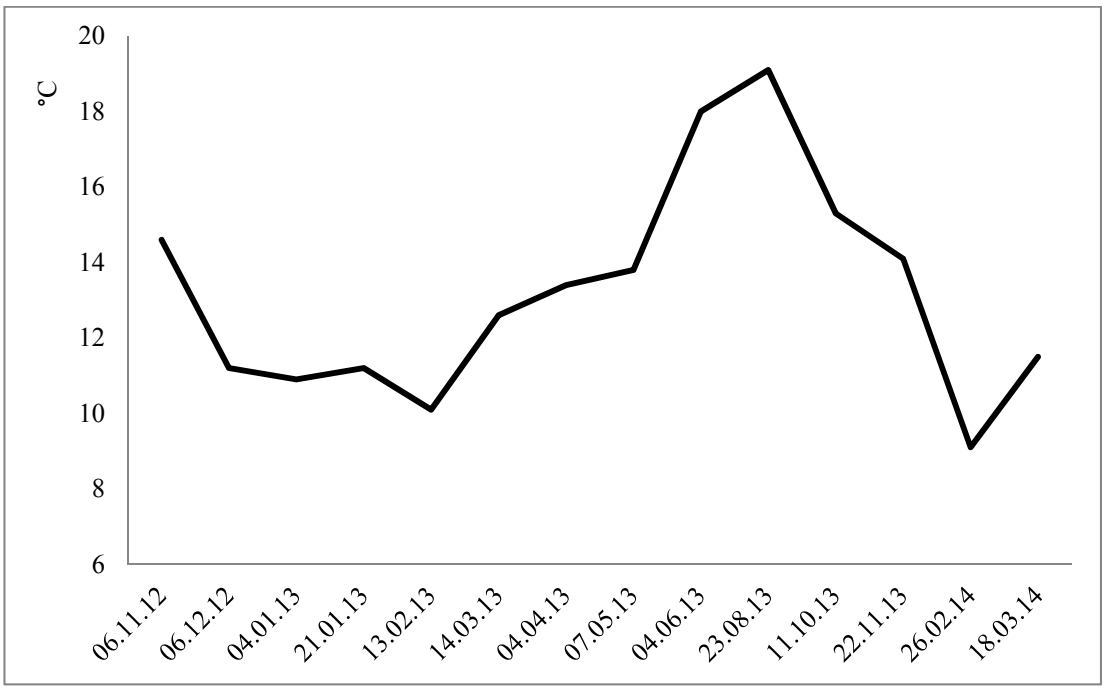
Şekil 5.5. Balıkhane Deresi Su Sıcaklık Değişimi

5.2.6. Kasabasın Deresi sıcaklık ölçümleri

Kasabasın deresi sıcaklık ölçümleri, Balıkhane Deresinin Sıcaklık Değişimleri ile benzerlik göstermektedir. Bu iki dere Sapanca Havzasının batı kesiminde yer alırken, derelerin beslendiği alanlar birbirlerine mesafe olarak da yakındırlar. Her iki dere için grafikler birlikte değerlendirildiğinde derelerdeki su sıcaklıkları ve değişimleri birbirlerine yakındır. Grafiklerdeki eğimlerde de benzerlikler göze çarpan diğer nokta olarak ifade edilebilir. Şekil 5.6'de Kasabasın Deresinin Sıcaklık Değişimleri verilmiştir. Derede çalışma süresi boyunca 15 adet ölçüm planlanmıştır. Balıkhane Deresinde planlanan bu ölçümlerden sadece birinde ölçüm yapılamamıştır. Ölçüm yapılan tarihler incelendiğinde grafiğin tüm ölçümü ifade ettiği söylenebilir.

Grafikteki tarihler 2012 yılı sonu itibariyle başlarken 2014 yılında ölçümlerin sonlandırıldığı bölüme kadar düzenli olarak ölçümler yapılabilmiştir. Bu tarihler için sıcaklık değişimleri mevsimsel olarak normal kabul edilebilir. 2012 yılı sonunda kış

ayında başlayan sıcaklık düşüşü, ilkbaharla birlikte artış göstermiş ve yaz ayı başında en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bir sonraki yıl içerisinde yapılan ölçümlerde su sıcaklığının tekrar düşüş gösterdiği ifade edilebilir. Bu derede en yüksek su sıcaklığı 19,1 °C, en düşük su sıcaklığı 9,1 °C olarak ölçülmüştür.



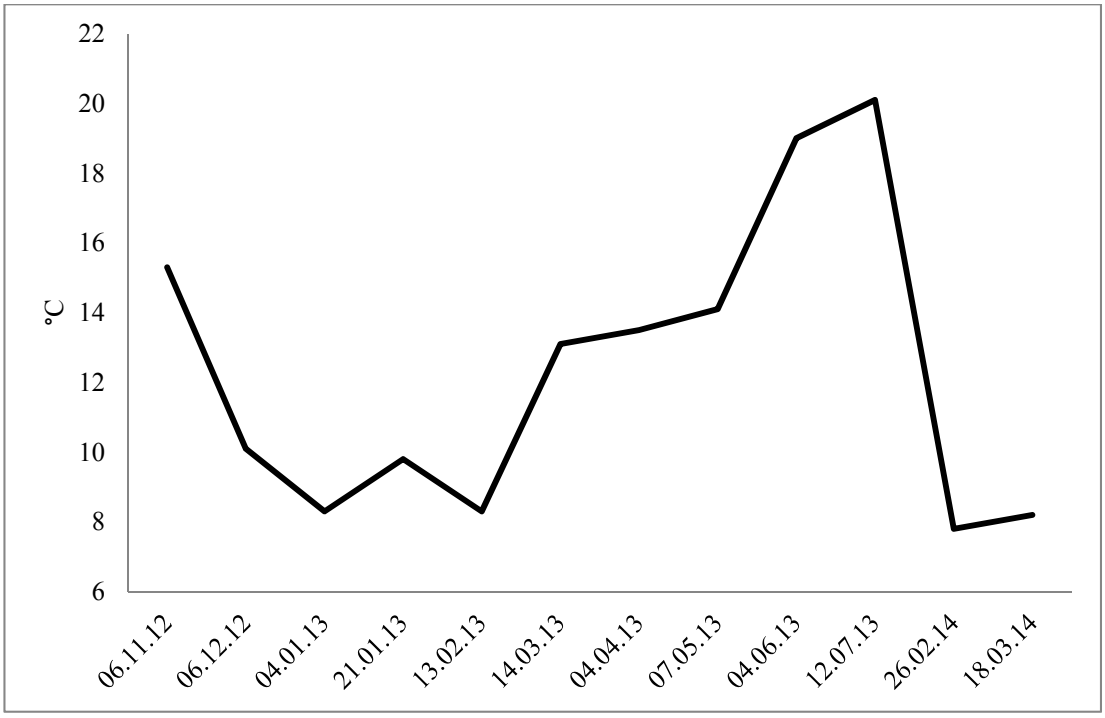
Şekil 5.6. Kasabasın Deresi Su Sıcaklık Değişimi

5.2.7. Yanık Deresi sıcaklık ölçümleri

Yanık deresi sıcaklık ölçümleri, Balıkhane ve Kasabasın Derelerinin Sıcaklık Değişimleri ile benzerlik göstermektedir. Grafik içerisindeki ani düşüşün sebebi aradaki bazı ölçümler sırasında derenin kuru olmasından kaynaklanmaktadır. Şekil 5.7'de Yanık Deresinin sıcaklık değişimleri verilmiştir. Derede çalışma süresi boyunca 15 adet ölçüm planlanmıştır. Yanık Deresinde planlanan bu ölçümlerden 12 'sinde ölçüm yapılırken, 3 ölçüm yapılamamıştır.

Ölçüm yapılan tarihler incelendiğinde grafiğin tüm ölçümü ifade ettiği söylenebilir. Grafikteki tarihler 2012 yılı sonu itibariyle başlarken 2014 yılında ölçümlerin sonlandırıldığı bölüme kadar düzenli olarak ölçümler yapılabilmiştir. Bu tarihler için sıcaklık değişimleri mevsimsel olarak normal kabul edilebilir. 2012 yılı sonunda kış ayında başlayan sıcaklık düşüşü, ilkbaharla birlikte artış göstermiş ve yaz ayı başında en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bir sonraki yıl içerisinde yapılan ölçümlerde su

sıcaklığının tekrar düşüş gösterdiği ifade edilebilir. Bu derede en yüksek su sıcaklığı 20,1 °C, en düşük su sıcaklığı 7,8 °C olarak ölçülmüştür.



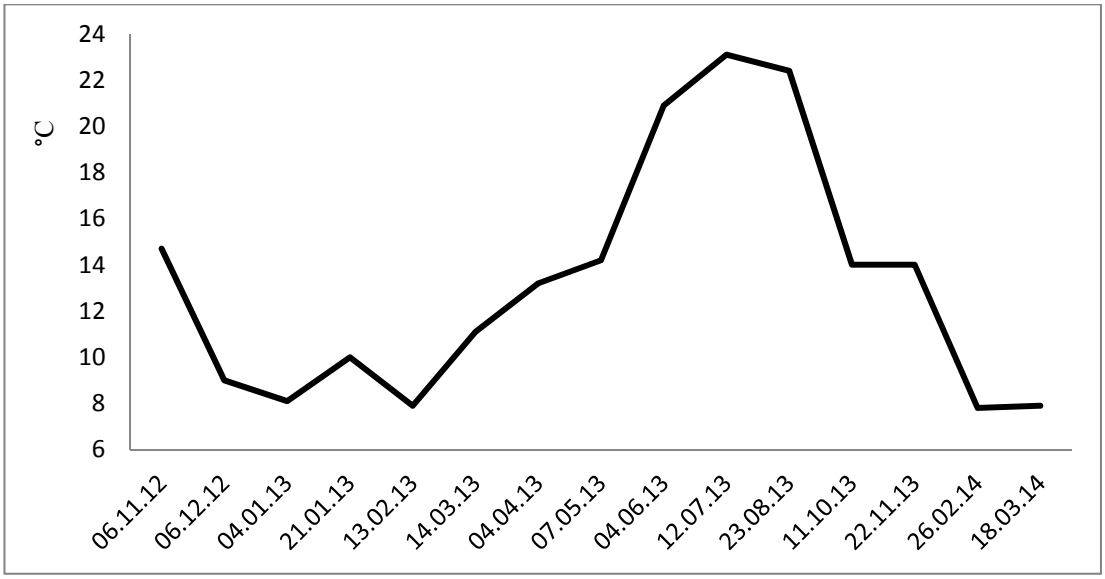
Şekil 5.7. Yanık Deresi Su Sıcaklık Değişimi

5.2.8. Kurtköy Deresi sıcaklık ölçümleri

Kurtköy deresi sıcaklık ölçümleri özellikle Kasabasın Deresinin sıcaklık değişimleri ile benzerlik göstermektedir. Bu iki dere arasında kalan Yanık deresi de sıcaklık değişimi bakımından benzerlik gösterse de yanık deresinde yapılamayan bazı ölçümlerden dolayı grafiksel anlamda kopukluklar mevcuttur. Kurtköy Deresi Sapanca Havzasının güney kesiminde yer alır. Şekil 5.8'de Kurtköy Deresinin sıcaklık değişimleri verilmiştir. Derede çalışma süresi boyunca 15 adet ölçüm planlanmış ve planlanan bu ölçümlerden tamamında su görülmüştür.

Ölçüm yapılan tarihler incelendiğinde grafiğin tüm ölçümü ifade ettiği söylenebilir. Grafikteki tarihler 2012 yılı sonu itibariyle başlarken 2014 yılında ölçümlerin sonlandırıldığı bölüme kadar düzenli olarak ölçümler yapılabilmiştir. Bu tarihler için sıcaklık değişimleri mevsimsel olarak normal kabul edilebilir. 2012 yılı sonunda kış ayında başlayan sıcaklık düşüşü, ilkbaharla birlikte artış göstermiş ve yaz ayı başında

en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bu derede ölçülen en yüksek su sıcaklığı 23,1 °C, en düşük su sıcaklığı 7,8 °C olarak ölçülmüştür.

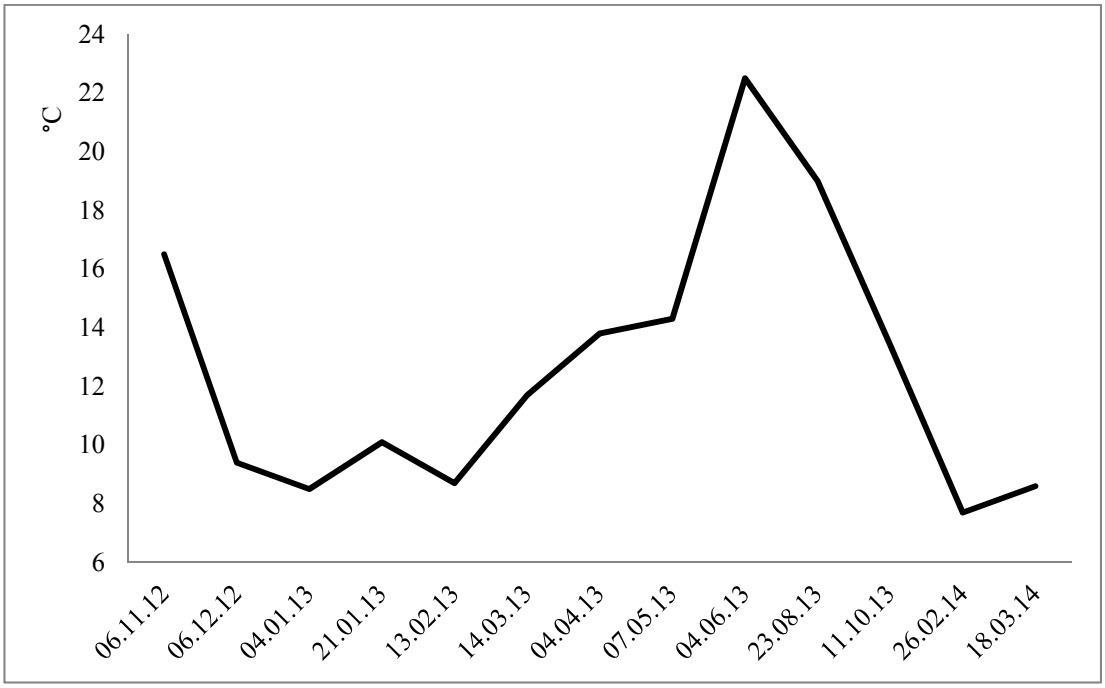


Şekil 5.8. Kurtköy Deresi Su Sıcaklık Değişimi

5.2.9. Mahmudiye Deresi sıcaklık ölçümleri

Mahmudiye deresi sıcaklık ölçümleri incelendiğinde, Sapanca Gölünü besleyen diğer derelere ait önceki grafiklerin su sıcaklığı değişimlerinin bu dere içinde benzerlik taşıdığı ifade edilebilir. Özellikle Sapanca Gölü güney kesimindeki derelere değişimlerine benzerlik göstermektedir. Grafik içerisindeki ani düşüşün sebebi aradaki bazı ölçümler sırasında derenin kuru olmasından kaynaklanmaktadır. Şekil 5.9'da Mahmudiye Deresinin sıcaklık değişimleri verilmiştir. Derede çalışma süresi boyunca 15 adet ölçüm planlanmıştır. Mahmudiye Deresinde planlanan bu ölçümlerden 13'ünde ölçüm yapılırken, 2 ölçüm yapılamamıştır.

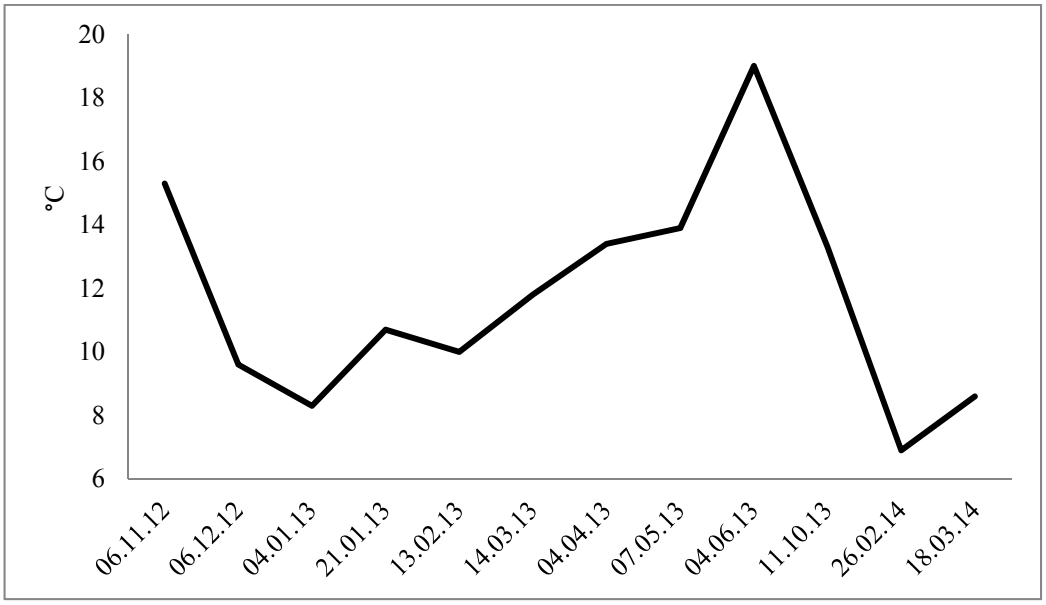
Ölçüm yapılan tarihler incelendiğinde grafiğin tüm ölçümü ifade ettiği söylenebilir. Grafikteki tarihler 2012 yılı sonu itibariyle başlarken 2014 yılında ölçümlerin sonlandırıldığı bölüme kadar düzenli olarak ölçümler yapılabilmiştir. Bu tarihler için sıcaklık değişimleri mevsimsel olarak normal kabul edilebilir. 2012 yılı sonunda kış ayında başlayan sıcaklık düşüşü, ilkbaharla birlikte artış göstermiş ve yaz ayı başında en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bir sonraki yıl içerisinde yapılan ölçümlerde su sıcaklığının tekrar düşüş gösterdiği ifade edilebilir. Bu derede ölçülen en yüksek su sıcaklığı 22,5 °C, en düşük su sıcaklığı 7,7 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.9. Mahmudiye Deresi Su Sıcaklık Değişimi

5.2.10. İstanbul Deresi sıcaklık ölçümleri

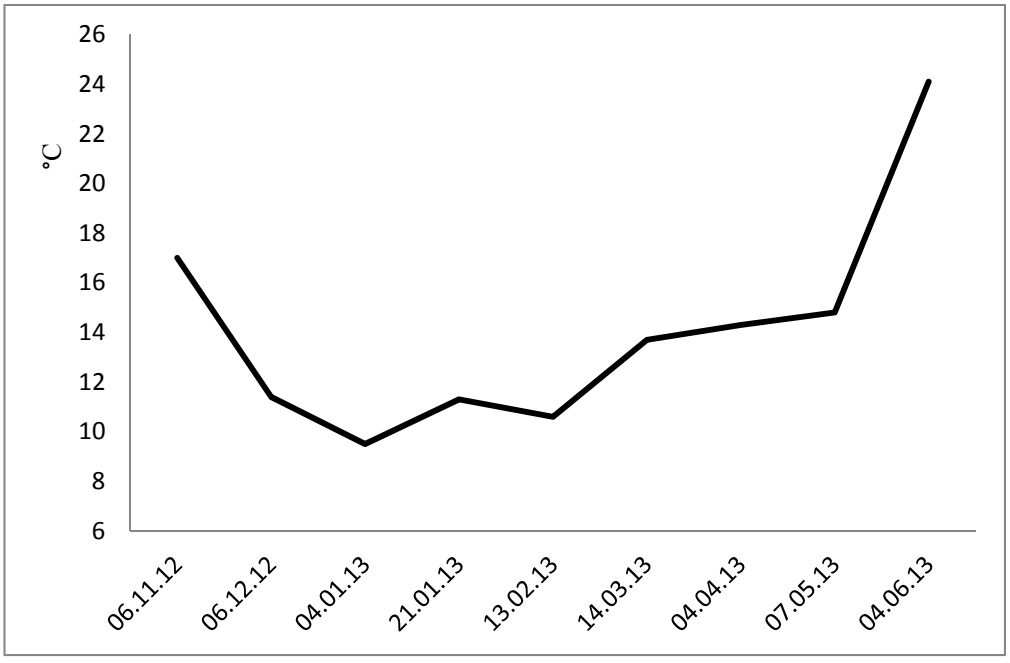
Şekil 5.10'da İstanbul Deresinin su sıcaklık değişimleri verilmiştir. Su sıcaklık değişimlerin bölgedeki derelerle benzerliği grafiklerde görülmektedir. Derede çalışma süresi boyunca 15 adet ölçüm planlanmıştır. Mahmudiye Deresinde planlanan bu ölçümlerden 13'ünde ölçüm yapılırken, 2 ölçüm yapılamamıştır. Ölçüm yapılan tarihler incelendiğinde grafiğin tüm ölçümü ifade ettiği söylenebilir. Grafikteki tarihler 2012 yılı sonu itibariyle başlarken 2014 yılında ölçümlerin sonlandırıldığı bölüme kadar düzenli olarak ölçümler yapılabilmiştir. Bu tarihler için sıcaklık değişimleri mevsimsel olarak normal kabul edilebilir. 2012 yılı sonunda kış ayında başlayan sıcaklık düşüşü, ilkbaharla birlikte artış göstermiş ve yaz ayı başında en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bir sonraki yıl içerisinde yapılan ölçümlerde su sıcaklığının tekrar düşüş gösterdiği ifade edilebilir. Bu derede ölçülen en yüksek su sıcaklığı 19,0 °C, en düşük su sıcaklığı 6,9 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.10. İstanbul Dere Su Sıcaklık Değişimi

5.2.11. Keçi Deresi sıcaklık ölçümleri

Şekil 5.11'de Keçi Deresinin Sıcaklık Değişimleri verilmiştir. Çalışma süresi boyunca 15 adet ölçüm planlanmıştır.

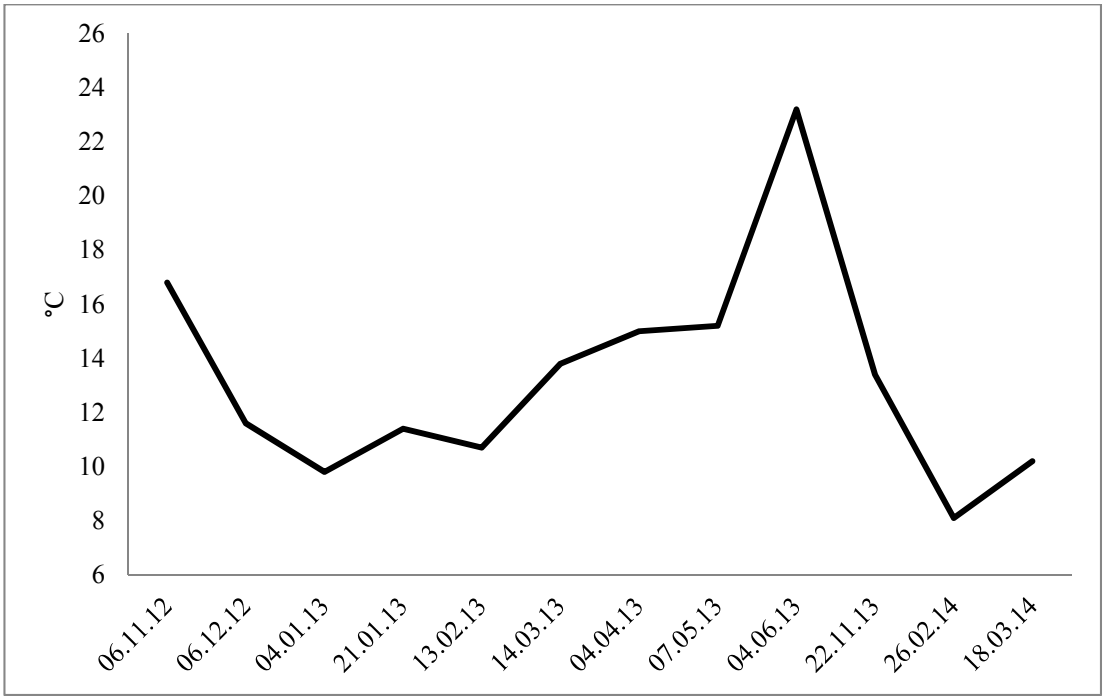


Şekil 5.11. Keçi Deresi Su Sıcaklık Değişimi

Harmanlı Deresinde planlanan bu ölçümlerden 9 tanesinde su bulunurken diğer 6 ölçümde dere kuru durumda görülmüştür. Ölçüm yapılan tarihler çalışmanın ilk yarısına karşılık gelmektedir. 2013 yılı Haziran ayında son ölçüm yapılmış, bu tarihten sonra çalışmanın bitirildiği 2014 yılı mart ayına kadar bu derede su görülmemiştir. Grafikteki tarihler 2012 yılı sonu itibariyle başlarken, 2013 yılı ortasında sonlanmaktadır. Bu tarihler için sıcaklık değişimleri mevsimsel olarak normal kabul edilebilir. Sıcaklıklar kış aylarından başlayarak ilkbaharda artış göstermiş ve yaz ayı başında en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bu derede en yüksek su sıcaklığı 24,1 °C, en düşük su sıcaklığı 9,5 °C olarak ölçülmüştür.

5.2.12. Sarp Deresi sıcaklık ölçümleri

Şekil 5.12'da Sarp Deresinin su sıcaklık değişimleri verilmiştir. Su sıcaklık değişimlerin bölgedeki derelerle benzerliği grafiklerde görülmektedir. Ayrıca bu dere Keçi Deresinin doğusundan dökülürken, Keçi Deresinin hemen batısından dökülen İstanbul Deresiyle su sıcaklık değişimleri açısından benzerlikler taşımaktadır. Fakat İstanbul Dere yağışlı dönemlerde, Sarp Deresinden hacimce fazla su taşıdığından su sıcaklıkları İstanbul Derede daha fazla düşmektedir.

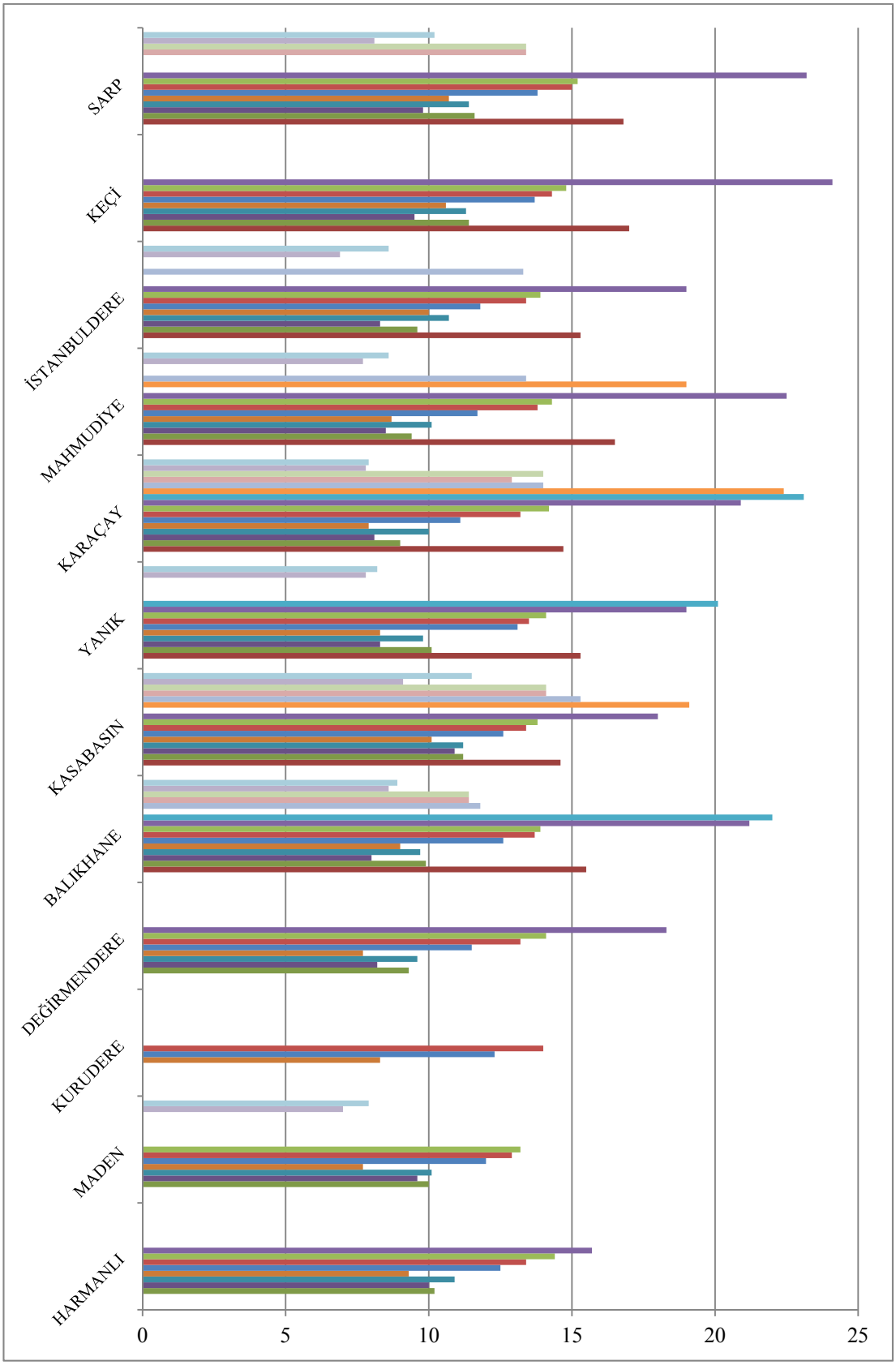


Şekil 5.12. Sarp Deresi Su Sıcaklık Değişimi

Derede çalışma süresi boyunca 15 adet ölçüm planlanmıştır. Sarp Deresinde planlanan bu ölçümlerden 12'sinde ölçüm yapılırken, 3 ölçüm yapılamamıştır. Ölçüm yapılan tarihler incelendiğinde grafiğin tüm ölçümü ifade ettiği söylenebilir. Grafikteki tarihler 2012 yılı sonu itibariyle başlarken 2014 yılında ölçümlerin sonlandırıldığı bölüme kadar düzenli olarak ölçümler yapılabilmiştir. Bu tarihler için sıcaklık değişimleri mevsimsel olarak normal kabul edilebilir. 2012 yılı sonunda kış ayında başlayan sıcaklık düşüşü, ilkbaharla birlikte artış göstermiş ve yaz ayı başında en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bir sonraki yıl içerisinde yapılan ölçümlerde su sıcaklığının tekrar düşüş gösterdiği ifade edilebilir. Bu derede ölçülen en yüksek su sıcaklığı 23,2 °C, en düşük su sıcaklığı 8,1 °C olarak ölçülmüştür.

5.2.13. Tüm Dereler için sıcaklık dağılımları

Şekil 5.13'te tüm derelerin birlikte su sıcaklık değişimlerine ait grafik yer almaktadır. Burada en düşük su sıcaklığı 7,7 °C ile Değirmendere ve Mahmudiye Derelerinde, en yüksek su sıcaklığı 24,1 °C ile Keçi Deresinde ölçülmüştür. Tüm Derelerin su sıcaklıklarının ortalama olarak irdelendiğinde en düşük sıcaklık ortalaması 8,0 °C, en yüksek su sıcaklığı 17,0 °C olarak düşünülebilir. Fakat ölçümler tüm dereler için aynı dönemlerde ve aynı sayıda yapılamadığından ortalama sıcaklıkların tüm ölçümlerin genelleştirilmesi olarak görülmesi hata oranının artmasına sebep olacaktır. Bu nedenle tüm derler kendi içerisinde değerlendirilmelidir.



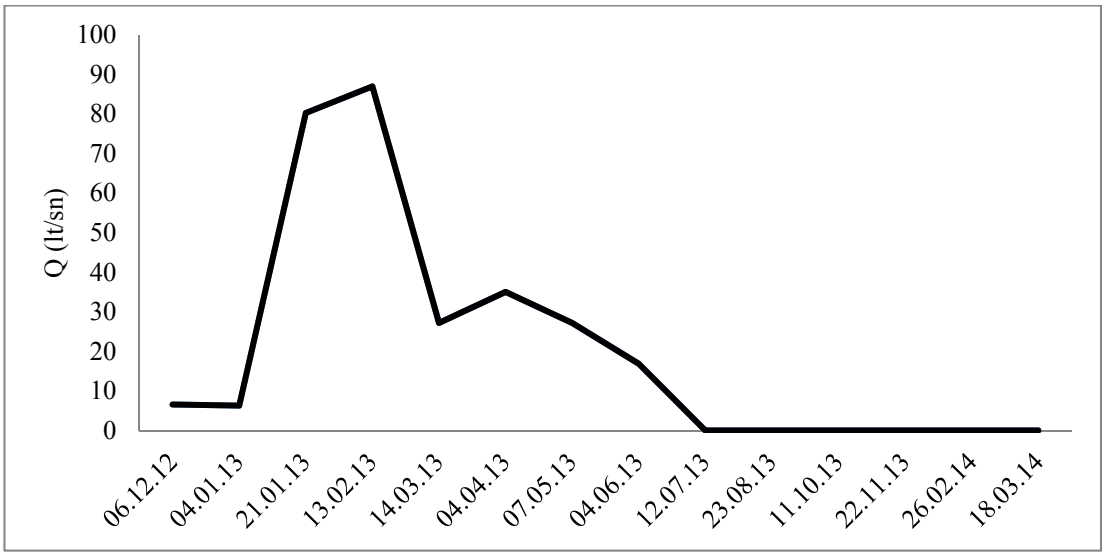
Şekil 5.13. Sapanca Havzasında Derelerde Görülen Su Sıcaklık Değişimleri

5.3. Yan Derelerde Debi Ölçümleri

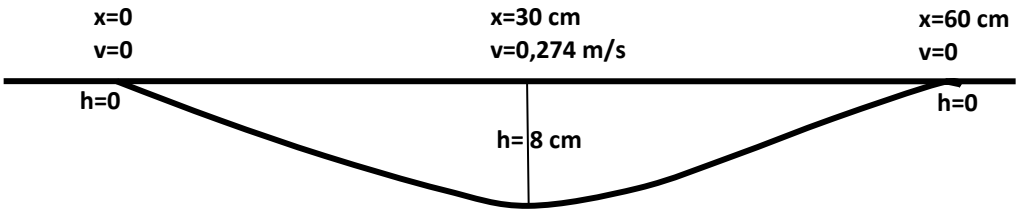
Aşağıda sırasıyla; Harmanlı Deresi, Maden Deresi, Kuru Dere, Değirmen Dere, Balıkhane Deresi, Kasabasın Deresi, Yanık Deresi, Kurtköy Deresi, Mahmudiye Deresi, İstanbul Deresi, Keçi Deresi ve Sarp deresi debi ölçümleri verilmiştir. Burada hız ölçümleri, tabandan %20 ve %80 olacak şekilde iki noktalı olarak planlanmış fakat derinlikler derelerde beklenenden az olduğundan yüzeyden %40, tabandan %60 olacak şekilde tek noktadan tamamlanmıştır. Burada elde edilen hız değerleri her ölçüm için alımı yapılan dere en kesitleri kullanılarak debi profilleri elde edilmiştir.

5.3.1. Harmanlı Deresi debi ölçümleri

Harmanlı deresinde yapılan debi ölçümlerinde debilerin özellikle kış ve bahar aylarında arttığı, sonbahar ve yaz aylarında ise azaldığı hatta bazı aylarda kuruduğu anlaşılmaktadır.



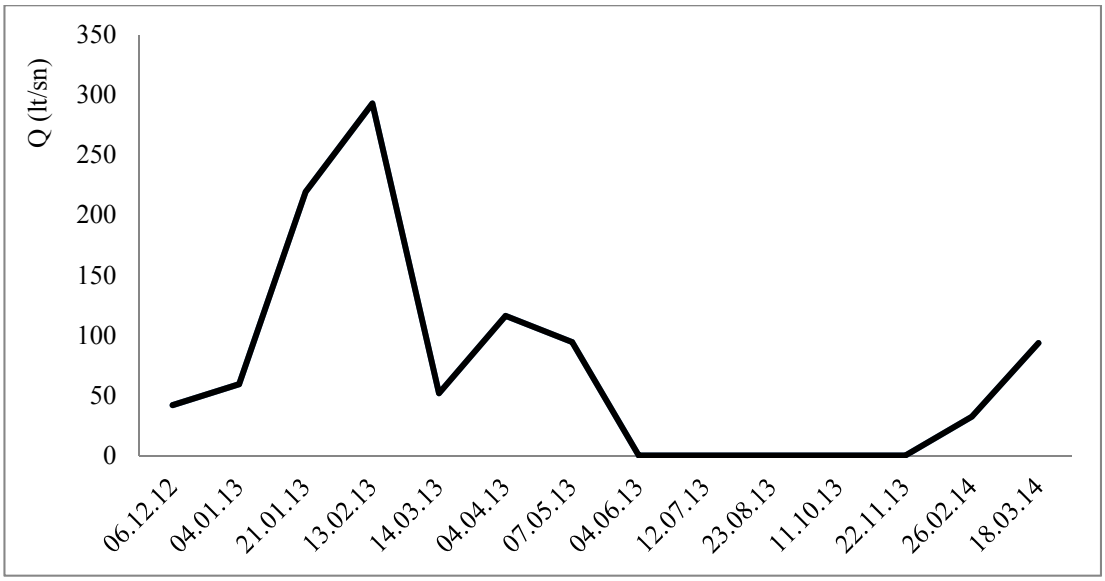
Şekil 5.14. Harmanlı Deresi Debi Ölçüm Değerleri



Şekil 5.15. Harmanlı Deresi 06.12.12 Tarihi Debi Ölçüm En Kesiti

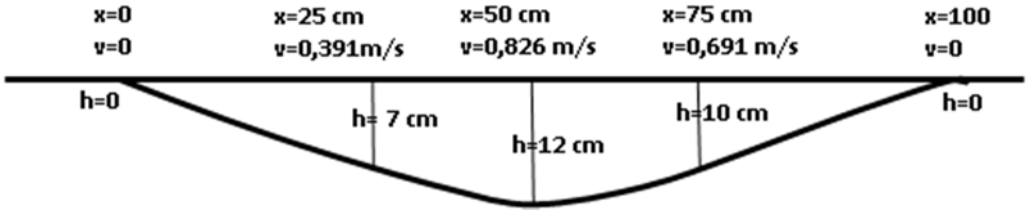
06.12.12 tarihinde yapılan ölçümde en kesitin maksimum su derinliği 8 cm, en kesit su yüzeyi genişliği 60 cm ve hız 0,274 m/s görülmektedir. Harmanlı deresinin kuru olmadığı dönemlerdeki en düşük debi değeri 6 lt/sn iken, görülen en büyük debi değeri 87 lt/sn olarak ölçülmüştür. Şekil 5.14'te Harmanlı Deresinin debi ölçümleri verilmiştir. Burada verilerin sıfır "0" olduğu tarihlerde bu derede su bulunmadığından ölçüm yapılamamıştır. Şekil 5.15'te 06.12.12 tarihinde Harmanlı Deresinde yapılan ölçüm sırasında alınan en kesit çizimi verilmiştir. Kış ayının ortasında bir dönem olmasına rağmen dere içerisinde ölçülen kesit genişliği 60 cm, maksimum su derinliği 8 cm'dir. Kesit genişliği küçük olduğundan en kesit üzerinde bir "1" hız ölçümü yeterli görülmüştür.

5.3.2. Maden Deresi debi ölçümleri



Şekil 5.16. Maden Deresi Debi Ölçüm Değerleri

Maden deresinde yapılan debi ölçümlerinde debilerin özellikle kış ve bahar aylarında arttığı, sonbahar ve yaz aylarında ise azaldığı hatta bazı aylarda kuruduğu anlaşılmaktadır. 06.12.12 tarihinde yapılan ölçümde en kesitin maksimum su derinliği 12 cm, ölçüm yüzey genişliği 100 cm ve maksimum hız 0,826 m/s görülmektedir. Maden deresinin kuru olmadığı dönemlerdeki en düşük debi değeri 33 lt/sn iken, en büyük debi değeri 293 lt/sn olarak ölçülmüştür.

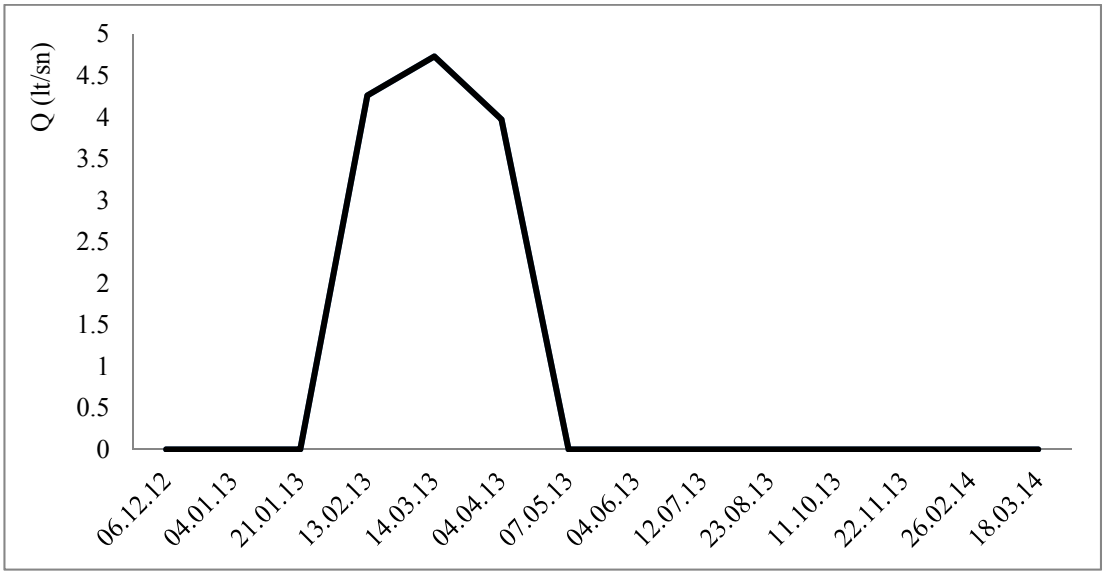


Şekil 5.17. Maden Deresi 06.12.12 Tarihi Debi Ölçüm En Kesiti

Şekil 5.16'te Maden Deresinin debi ölçümleri verilmiştir. Burada verilerin sıfır "0" olduğu tarihlerde bu derede su bulunmadığından ölçüm yapılamamıştır. Şekil 5.17'te 06.12.12 tarihinde Maden Deresinde yapılan ölçüm sırasında alınan en kesit çizimi verilmiştir. Kış ayının ortasında bir dönem olmasına rağmen dere içerisinde ölçülen kesit genişliği 100 cm, maksimum su derinliği 12 cm'dir. Kesit genişliği küçük olduğundan en kesit üzerinde bir "1" hız ölçümü yeterli olarak kabul edilebilir seviyededir, buna rağmen ölçümlerin hassaslığı düşünülerek kesitte üç "3" hız ölçümü alınmıştır.

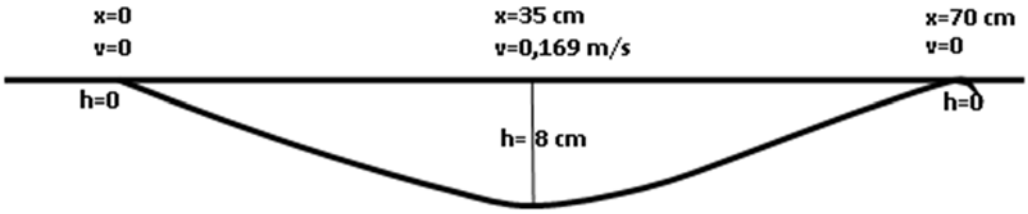
5.3.3. Kuru Dere debi ölçümleri

Kuru Dere'de yapılan debi ölçümlerinde derenin neredeyse yılın tamamında kuru olduğu anlaşılmaktadır. Yılın sadece 3 ayında derede su görülmüş ve debi ölçümü yapılmıştır.



Şekil 5.18. Kuru Dere Debi Ölçüm Değerleri

Bu değerlerde bir dere için yeterli değerler değildir. Yağışlı dönemlerde yüzeysel akış nedeniyle meydana geldiği düşünülebilir.

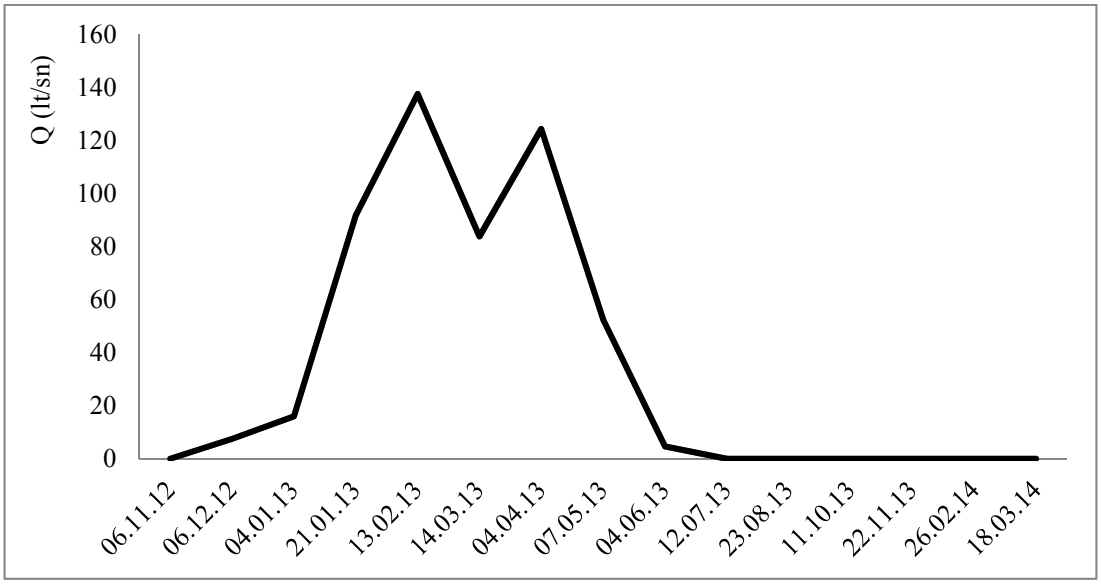


Şekil 5.19. Kuru Dere 04.13.13 Tarihi Debi Ölçüm En Kesiti

14.03.13 tarihinde yapılan ölçümde en kesitin maksimum su derinliği 8 cm, ölçüm yüzey genişliği 70 cm ve hız 0,169 m/s görülmektedir. Kuru Dere'de görülen en düşük debi değeri 4 lt/sn iken, en büyük debi değeri 5 lt/sn olarak ölçülmüştür. Şekil 5.18'te Kuru Derenin debi ölçümleri verilmiştir. Burada verilerin sıfır "0" olduğu tarihlerde bu derede su bulunmadığından ölçüm yapılamamıştır. Şekil 5.19'da 04.03.13 tarihinde Kuru Derede yapılan ölçüm sırasında alınan en kesit çizimi verilmiştir. Derede tüm ölçümler sırasında üç "3" kez ölçüm yapılabilmiştir. Bu durum en büyük debi ölçümünün 5 lt/sn olmasından da anlaşılacaktır. Bu ölçümlerden biri olan en kesitte maksimum su derinliği 8 cm'dir. Kesit genişliği küçük olduğundan en kesit üzerinde bir "1" hız ölçümü yeterli görülmüştür.

5.3.4. Değirmendere Deresi debi ölçümleri

Değirmendere'de yapılan ölçümlerde debilerin aralık ayında artmaya başladığı, haziran ayında ise en düşük seviyesini gördüğü görülmektedir. Temmuz ayından itibaren ekim ayı sonuna kadar kuru kaldığı anlaşılmaktadır. 06.12.12 tarihinde yapılan ölçümde yan yana iki ayrı enkesit bulunmaktadır, bu en kesitlerdeki maksimum su derinliği 1 cm, ölçüm yüzey genişliği 200 cm ve hızlar 0,149 m/s ve 0,223 m/s görülmektedir. Değirmendere'de görülen en düşük debi değeri 5 lt/sn iken, en büyük debi değeri 138 lt/sn olarak ölçülmüştür. Şekil 5.20'de Değirmendere Deresinin debi ölçümleri verilmiştir. Burada verilerin sıfır "0" olduğu tarihlerde bu derede su bulunmadığından ölçüm yapılamamıştır. Şekil 5.19'da 06.12.12 tarihinde Kuru Derede yapılan ölçüm sırasında alınan en kesit çizimi verilmiştir. Ölçümler bu dere üzerinde, daha önceden dere ıslahı için yapılmış ve sabit bir kesite sahip iki "2" adet yan yana bulunan betonarme kutular içerisinde tamamlanmıştır.



Şekil 5.20. Değirmendere Deresi Debi Ölçüm Değerleri

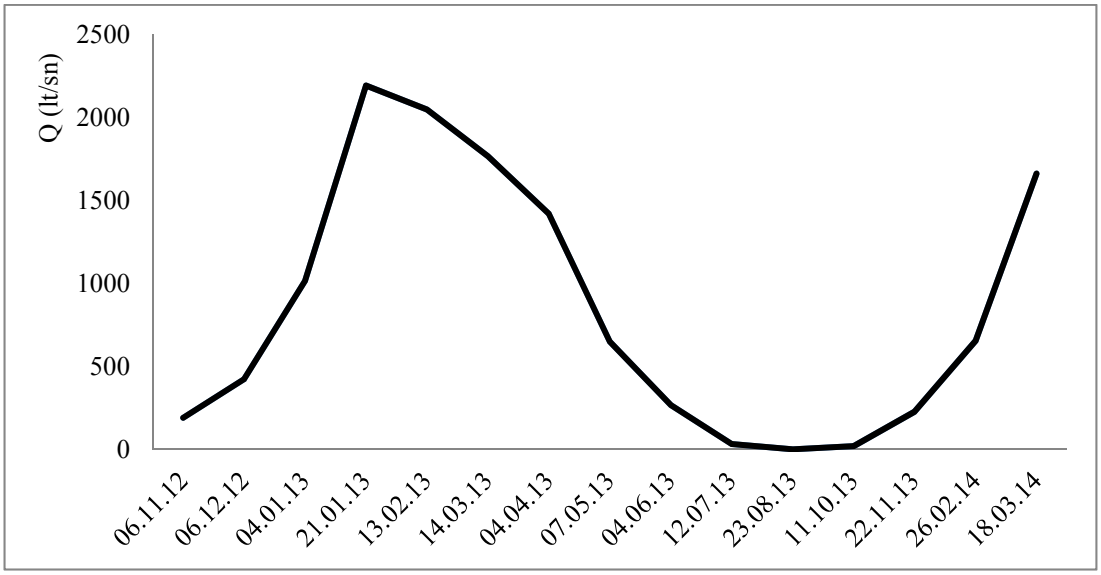


Şekil 5.21. Değirmendere Deresi 06.12.12 Tarihi Debi Ölçüm En Kesiti

Betonarme kutu en kesitleri mevcut dere en kesitlerinden büyük olduğundan, yıl içerisinde su yükseklikleri büyük oranda artmamaktadır. Yukarıda en kesitleri verilen ölçümde su yükseklikleri ve kutu genişlikleri sabit olduğundan iki kutu içerisinden de birer ölçüm yeterli görülmüştür.

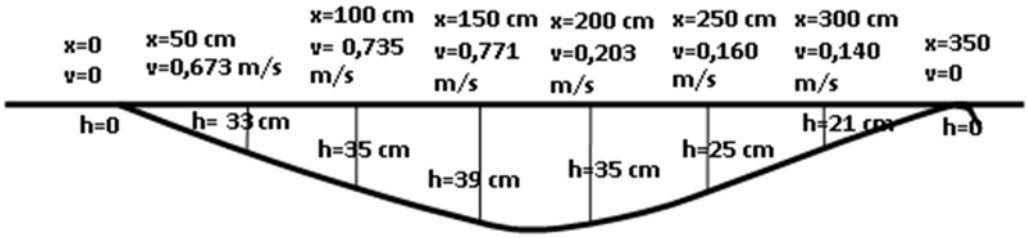
5.3.5 Balıkhane Deresi debi ölçümleri

Balıkhane Deresinde yapılan debi ölçümler sonucunda anlaşılmaktadır ki, Sapanca Gölü'nü besleyen en büyük dere Balıkhane Deresidir. Buna rağmen dere ölçümler süresince sadece bir ay kururken, öncesi ve sonrasındaki iki ayıda ise kuruya yakındır.



Şekil 5.22. Balıkhane Deresi Debi Ölçüm Değerleri

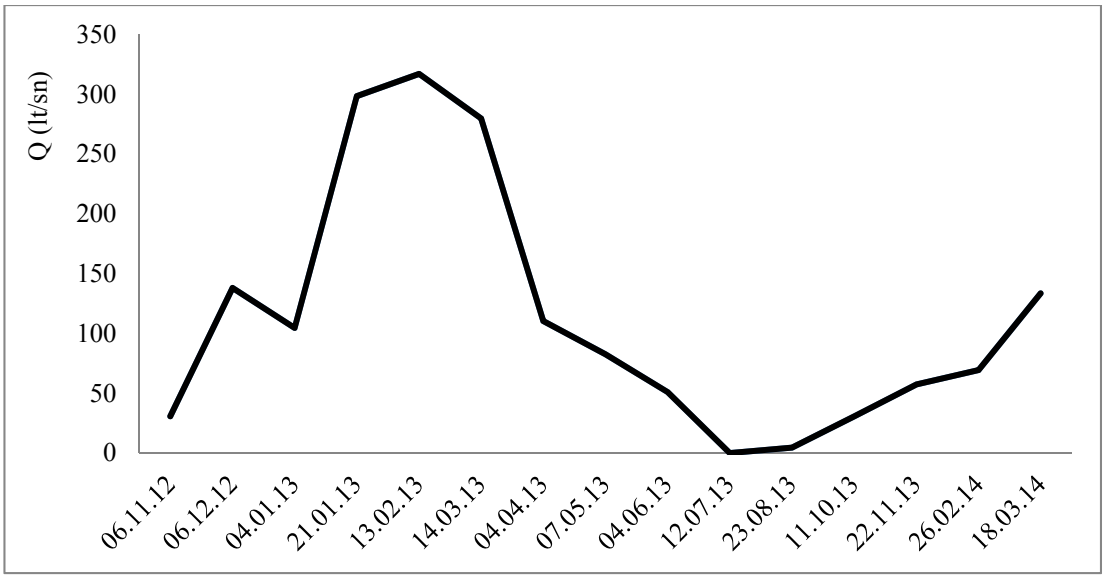
06.12.12 tarihinde yapılan ölçümde en kesitin maksimum su derinliği 39 cm, ölçüm yüzey genişliği 350 cm ve maksimum hız 0,771 m/s görülmektedir. Derenin kuru olmadığı dönemlerdeki en düşük debi değeri 20 lt/sn iken, en büyük debi değeri ise 2191 lt/sn olarak ölçülmüştür. Derenin en düşük olduğu dönemdeki debi değeri bazı derelerde yıl boyunca görülmemiştir.



Şekil 5.23. Balıkhane Deresi 06.12.12 Tarihi Debi Ölçüm En Kesiti

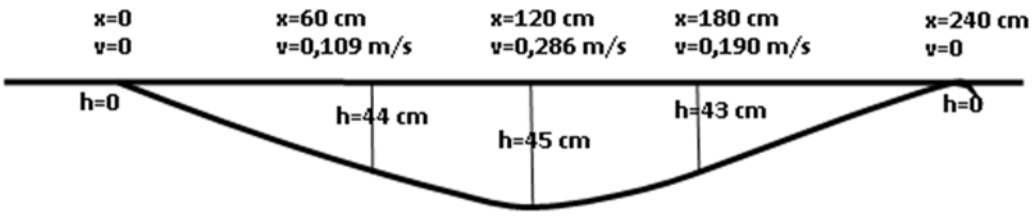
Şekil 5.22'de Balıkhane Deresinin debi ölçümleri verilmiştir. Burada verilerin sıfır "0" olduğu tarihlerde bu derede su bulunmadığından ölçüm yapılamamıştır. Şekil 5.23'te 06.12.12 tarihinde Balıkhane Deresinde yapılan ölçüm sırasında alınan en kesit çizimi verilmiştir. En kesit bu tarihle 350 cm genişliğe, 39 cm su yüksekliğine ulaşmıştır. Bu derenin en kesitinin ölçümler süresinde 600 cm genişliğe ve yaklaşık 100 cm su yüksekliğine ulaştığı dönemler görülmüştür. Sapanca Gölünü besleyen derelerin hiç biri bu derenin ulaştığı büyüklüğe ve su kapasitesine ölçüm süresince ulaşmamıştır.

5.3.6. Kasabasın Deresi debi ölçümleri



Şekil 5.24. Kasabasın Deresi Debi Ölçüm Değerleri

Kasabasın Deresi, Sapanca Gölü'nü besleyen en önemli derelerin arasında sayılabilir. Bu dere ölçümler süresince bir ay kururken, diğer dönemlerinde gölü beslemeye devam etmiştir. 06.12.12 tarihinde yapılan ölçümde en kesitin maksimum su derinliği 45 cm, ölçüm yüzey genişliği 240 cm ve maksimum hız 0,286 m/s görülmektedir. Kasabasın deresinin kuru olmadığı dönemlerdeki en düşük debi değeri 2 lt/sn iken, en büyük debi değeri ise 299 lt/sn olarak ölçülmüştür. Şekil 5.24'de Kasabasın Deresinin debi ölçümleri verilmiştir. Burada verilerin sıfır "0" olduğu tarihlerde bu derede su bulunmadığından ölçüm yapılamamıştır. Şekil 5.25'te 06.12.12 tarihinde Kasabasın Deresinde yapılan ölçüm sırasında alınan en kesit çizimi verilmiştir.

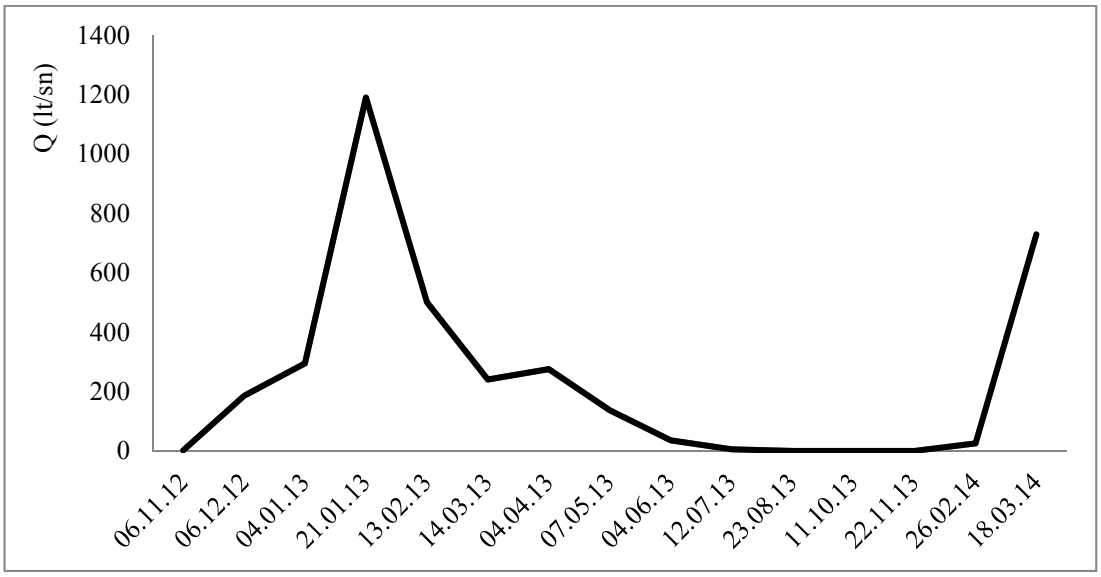


Şekil 5.25. Kasabasın Deresi 06.12.12 Tarihi Debi Ölçüm En Kesiti

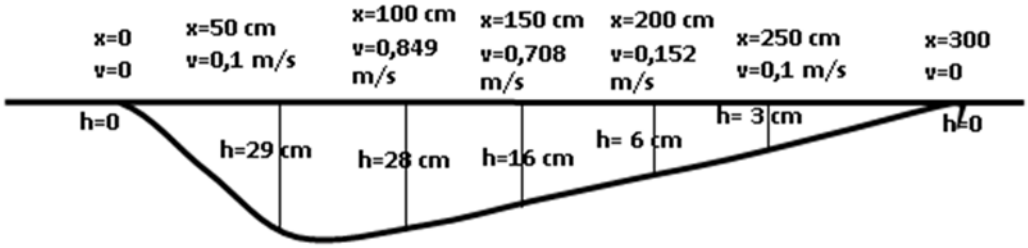
5.3.7. Yanık (Kuruçay) Deresi debi ölçümleri

Yanık (KURUÇAY) Deresi, Sapanca Gölü'nü besleyen en önemli derelerin arasındadır. Bu dere üzerinde balık yetiştirme tesisleri ve su işletmeleri bulunmaktadır.

Bu dere ölçümlerin yarısında kururken, diğer yarısında gölü beslemeye devam etmiştir. 06.12.12 tarihinde yapılan ölçümde en kesitin maksimum su derinliği 29 cm, ölçüm yüzey genişliği 300 cm ve maksimum hız 0,849 m/s görülmektedir. Ölçüm sonuçlarından da anlaşılacağı üzere derede su olduğu dönemde debi ortalaması 200 lt/sn seviyelerinde olmasına rağmen bazı dönemlerde debilerde sıçramaların olduğu görülmektedir. Bu dönemlerde dere üzerindeki farklı kaynaklarda su girişi olduğu düşünülmektedir. Derenin kuru olmadığı dönemlerdeki en düşük debi değeri 2 lt/sn iken, en büyük debi değeri ise 1190 lt/sn olarak ölçülmüştür. 1190 lt/sn değeri Balıkhane ve İstanbul derede yapılan ölçümlerden sonraki en yüksek debi değeridir.



Şekil 5.26. Yanık (Kuruçay) Deresi Debi Ölçüm Değerleri



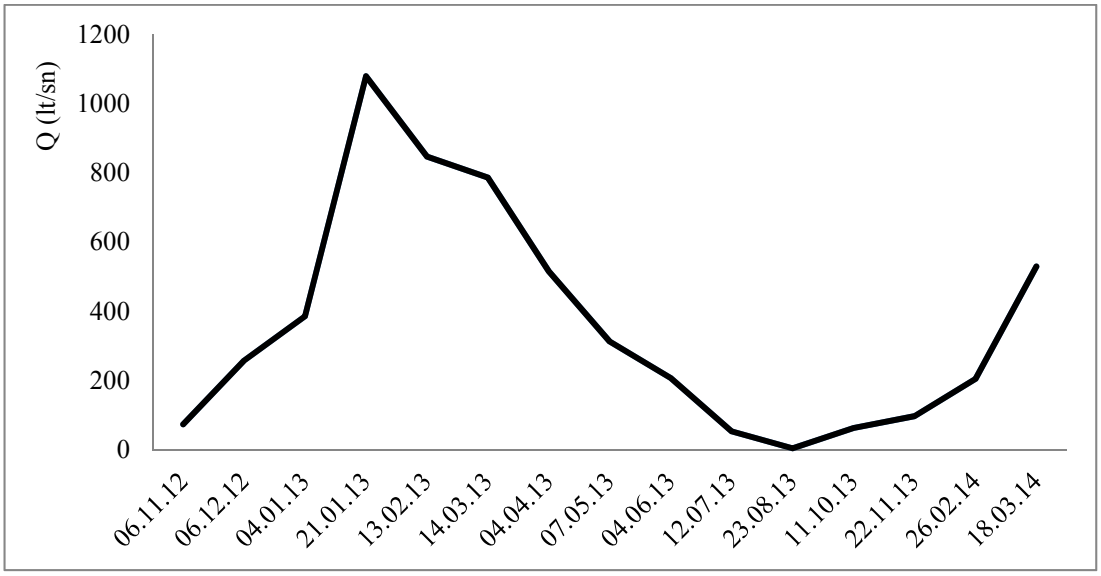
Şekil 5.27. Yanık (Kuruçay) Deresi 06.12.12 Tarihi Debi Ölçüm En Kesiti

Şekil 5.26'da Yanık Deresinin debi ölçümleri, 6.27'de ise 06.12.12 tarihinde Yanık Deresinde yapılan ölçüm sırasında alınan en kesit çizimi verilmiştir. En kesit incelendiğinde, kesitte görülen su seviyesi bu dere için beklenenden azdır fakat dere yatağı bu dere boyunca oldukça geniştir. Derenin yatak genişliğinin fazla olması

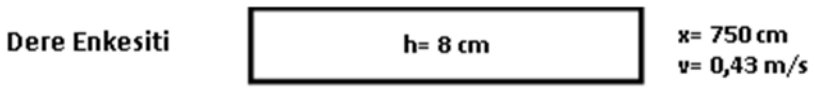
nedeniyle derenin su kapasitesi arttığı dönemlerde bile su seviyesi çok fazla artmamakta, artan su kapasitesi dere en kesitinin tamamına doğru genişlemektedir.

5.3.8. Kurtköy (Karaçay) Deresi debi ölçümleri

Kurtköy (KARAÇAY) Deresi, Sapanca Gölü'nü besleyen en önemli derelerin arasındadır ve ölçümler süresince Sapanca gölü üzerinde kurumayan tek deredir. 06.12.12 tarihinde yapılan ölçümde en kesitin su derinliği 8 cm, ölçüm yüzey genişliği 750 cm ve maksimum hız 0,43 m/s görülmektedir. Derede ölçülen en düşük debi değeri 5 lt/sn iken, en büyük debi değeri ise 1079 lt/sn olarak ölçülmüştür. Bu derede tüm ölçümler, dere ıslahı çerçevesinde yapılmış olan betonarme açık kanaldan gerçekleştirilmiştir. Bu açık kanalın genişliği yaklaşık 10 m. İken yüksekliği de 50 cm seviyelerindedir.



Şekil 5.28. Kurtköy (Karaçay) Deresi Debi Ölçüm Değerleri



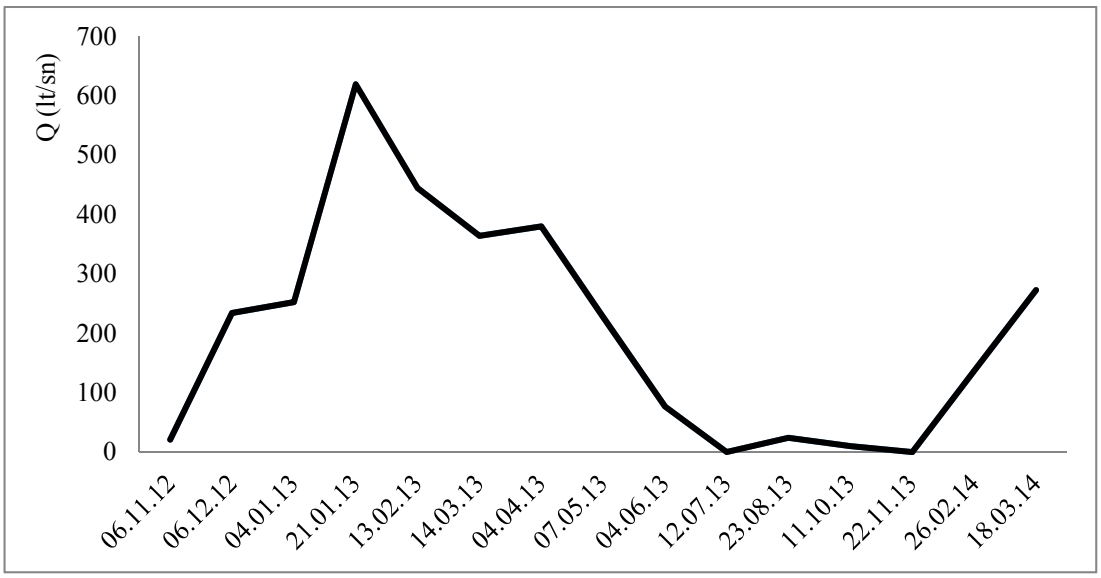
Şekil 5.29. Kurtköy Deresi 06.12.12 Tarihi Debi Ölçüm En Kesiti

Açık kanal kesitinin bir bölümünde derenin taşıdığı malzemelerin biriktiği ve bu malzemenin ölçüm boyunca kanaldan temizlenmediği görülmüştür. 10 m. Genişliğinde görülen kanal, dere kenarında oluşan birikmeler nedeniyle yaklaşık 8,5 m. olarak çalışmaktadır. Şekil 5.28'da Kurtköy Deresinin debi ölçümleri, 6.29'de ise

06.12.12 tarihinde Kurtköy Deresinde yapılan ölçüm sırasında alınan en kesit çizimi verilmiştir.

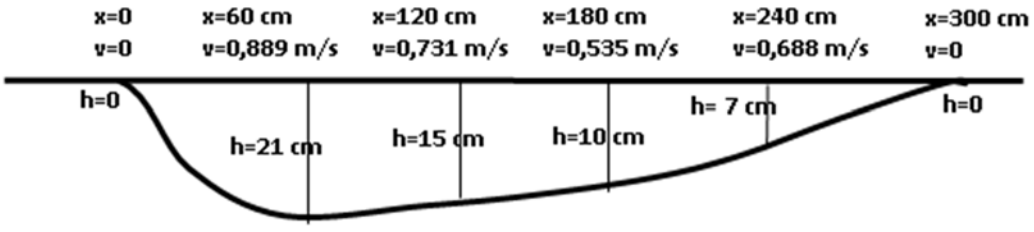
5.3.9. Mahmudiye Deresi debi ölçümleri

Mahmudiye Deresi, Sapanca Gölü'nü üzerinde bulunan büyük derelerdendir. Dere üzerinde önemli ve fazla sayıda balık yetiştirme tesisi ve su işletmeleri bulunur.



Şekil 5.30. Mahmudiye Deresi Debi Ölçüm Değerleri

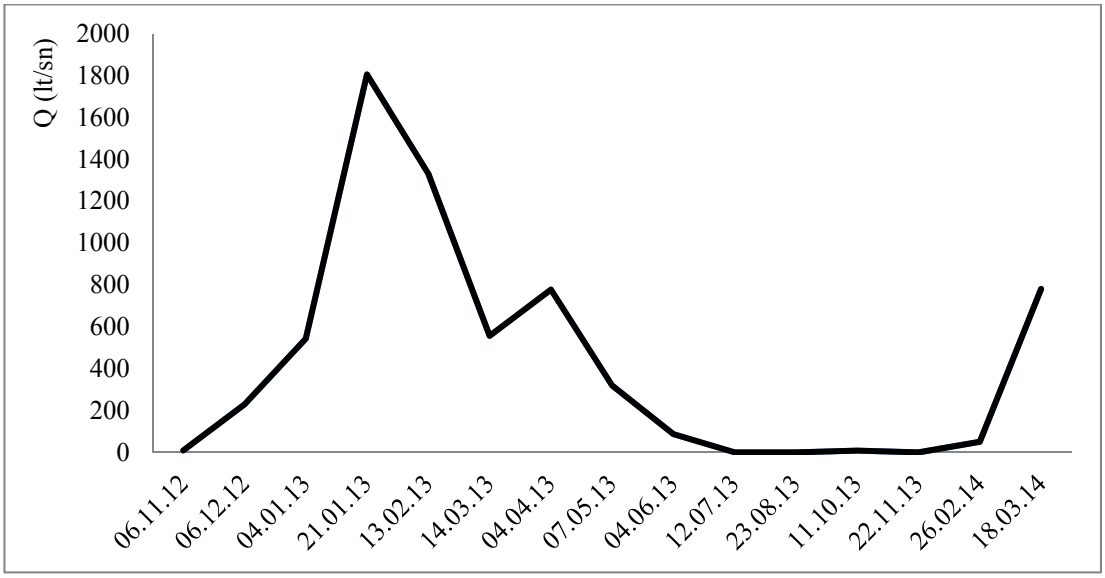
Bu dere ölçümler süresince iki ay kururken, diğer aylarda gölü beslemeye devam etmiştir. 06.12.12 tarihinde yapılan ölçümde en kesitin su derinliği 21 cm, ölçüm yüzey genişliği 300 cm ve maksimum hız 0,889 m/s görülmektedir. Derenin kuru olmadığı dönemlerdeki en düşük debi değeri 10 lt/sn iken, en büyük debi değeri ise 620 lt/sn olarak ölçülmüştür. Şekil 5.30'da Mahmudiye Deresinin debi ölçümleri, 6.31'de ise 06.12.12 tarihinde Mahmudiye Deresinde yapılan ölçüm sırasında alınan en kesit çizimi verilmiştir.



Şekil 5.31. Mahmudiye Deresi 06.12.12 Tarihi Debi Ölçüm En Kesiti

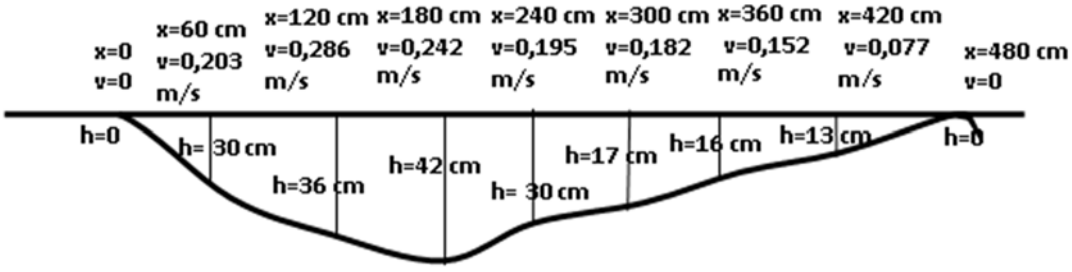
5.3.10. İstanbul Deresi debi ölçümleri

İstanbul Deresi, Balıkhane deresinden sonra Sapanca Gölü'nü besleyen en önemli deredir. Derede yapılan ölçümlerde derenin taşıdığı debilerin yüksek olduğu görülmektedir. Aynı zamanda dere neredeyse yılın yarısında kurudur. Bu dere üzerinde balık yetiştirme tesisleri ve su işletmeleri bulunmaktadır. 06.12.12 tarihinde yapılan ölçümde en kesitin su derinliği 42 cm, ölçüm yüzey genişliği 480 cm ve maksimum hız 0,286 m/s görülmektedir.



Şekil 5.32. İstanbul Deresi Debi Ölçüm Değerleri

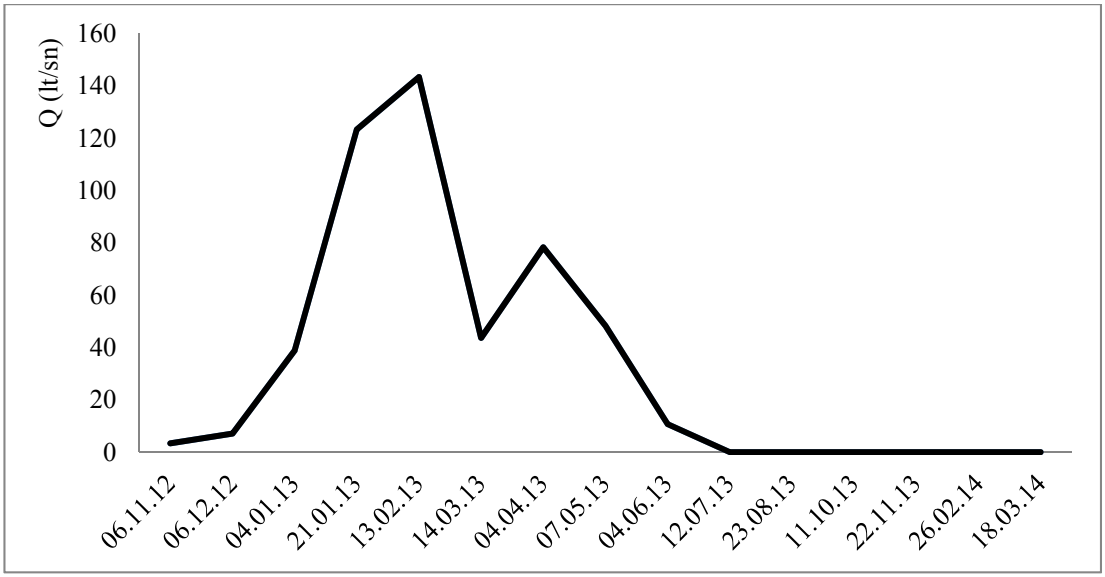
Derenin kuru olmadığı dönemlerdeki en düşük debi değeri 8 lt/sn iken, en büyük debi değeri ise 1805 lt/sn olarak ölçülmüştür. 1805 lt/sn değeri Balıkhane deresinde yapılan ölçümlerden sonraki en yüksek debi değeridir. Şekil 5.32'de İstanbul Deresinin debi ölçümleri, 6.33'de ise 06.12.12 tarihinde Keçi Deresinde yapılan ölçüm sırasında alınan en kesit çizimi verilmiştir.



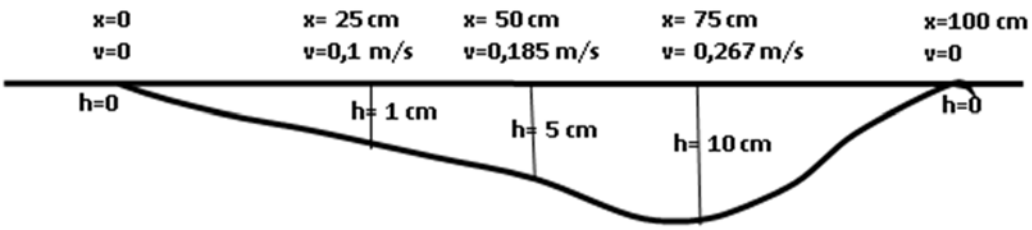
Şekil 5.33. İstanbul Deresi 06.12.12 Tarihi Debi Ölçüm En Kesiti

5.3.11. Keçi Deresi debi ölçümleri

Keçi Deresi, Sapanca üzerindeki küçük derelerdendir. Bu dere ölçümlerin yarısında kururken, kalan dönemde gölü beslemeye devam etmiştir. 06.12.12 tarihinde yapılan ölçümde en kesitin su derinliği 10 cm, ölçüm yüzey genişliği 100 cm ve maksimum hız 0,267 m/s görülmektedir. Derenin kuru olmadığı dönemlerdeki en düşük debi değeri 4 lt/sn iken, en büyük debi değeri ise 144 lt/sn olarak ölçülmüştür. Şekil 5.34'de Keçi Deresinin debi ölçümleri, 6.35'de ise 06.12.12 tarihinde Keçi Deresinde yapılan ölçüm sırasında alınan en kesit çizimi verilmiştir.



Şekil 5.34. Keçi Deresi Debi Ölçüm Değerleri

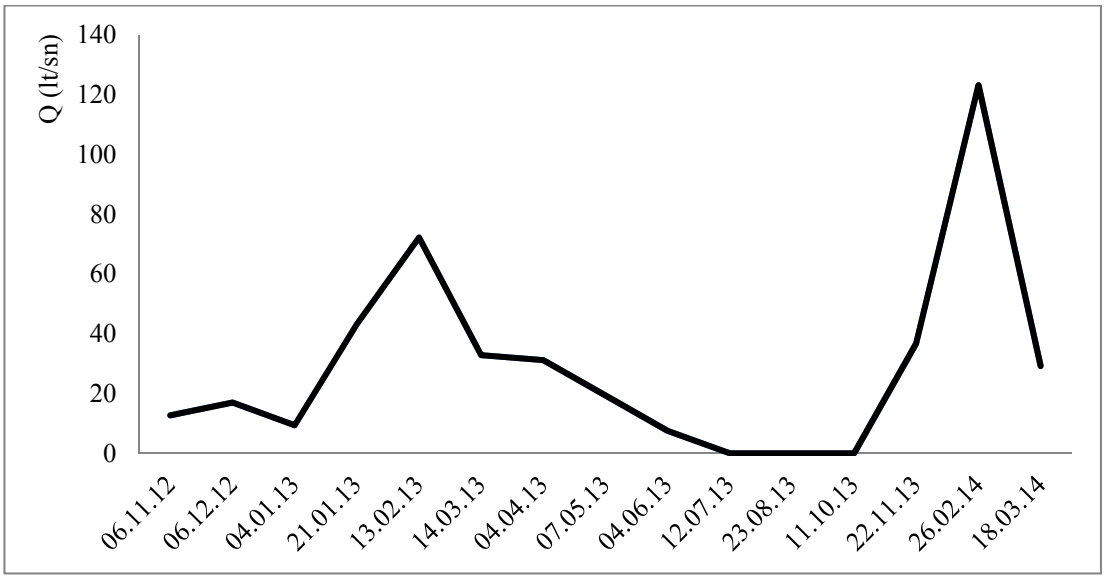


Şekil 5.35. Keçi Deresi 06.12.12 Tarihi Debi Ölçüm En Kesiti

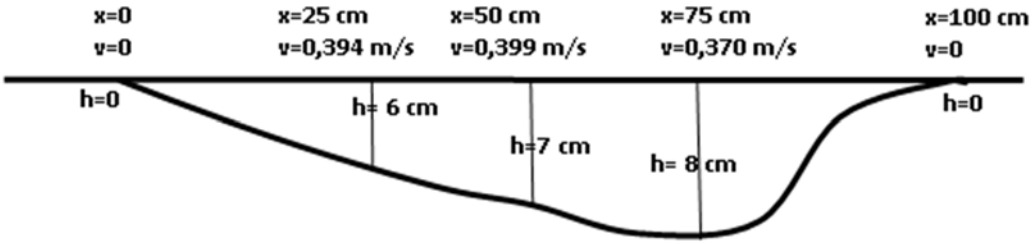
5.3.12. Sarp Deresi debi ölçümleri

Sarp Deresi, Sapanca Gölü üzerinde keçi deresinin hemen yanındadır. Ölçümler sırasında 3 ay kurumuştur. 06.12.12 tarihinde yapılan ölçümde en kesitin su derinliği 8 cm, ölçüm yüzey genişliği 100 cm ve maksimum hız 0,399 m/s görülmektedir.

Derenin kuru olmadığı dönemlerdeki en düşük debi değeri 8 lt/sn iken, en büyük debi değeri ise 123 lt/sn olarak ölçülmüştür. Şekil 5.36'de Sarp Deresinin debi ölçümleri, 6.37'de ise 06.12.12 tarihinde Sarp Deresinde yapılan ölçüm sırasında alınan en kesit çizimi verilmiştir.



Şekil 5.36. Sarp Deresi Debi Ölçüm Değerleri



Şekil 5.37. Sarp Deresi 06.12.12 Tarihi Debi Ölçüm En Kesiti

5.3.13. Balıkhane Deresi (20 Mart 2015) ilave ölçüm

EKOTON firması tarafından tarafımıza Stream Pro cihazı tanıtılmıştır. Tanıtım sırasında Balıkhane Deresinde bu cihazın yapmış olduğu ölçüm ve en kesitler aşağıda yer almaktadır. 20.03.2015 tarihli bu ölçüm değerleri, daha önce tarafımızca yapılmış olan 14.03.2013 ve 18.03.2014 tarihli ölçümleri ile farklı yıllarda olmasına rağmen aynı dönemlere karşılık geldiğinden bu ölçümler kabaca karşılaştırılmıştır. Bu dere üzerinde 14.03.2013 tarihinde yapılan debi ölçümü 1,764 m^3/sn, 18.03.2014 tarihinde yapılan debi ölçümü ise 1,660 m^3/sn olarak çalışmamız içerisinde yer almaktadır.

20.03.2015 tarihinde Stream Pro cihazı ile yapılan debi ölçümü 1,39 m^3/sn olarak aşağıdaki Tablo 5.2'de görülmektedir.

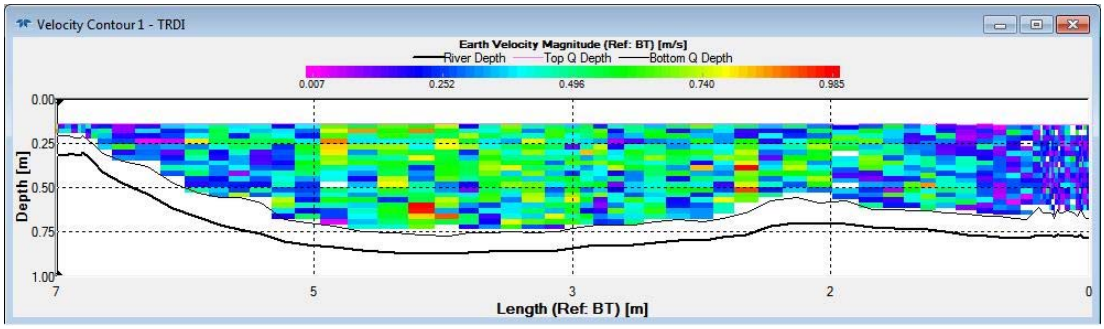
Tablo 5.2. 20.03.2015 Balıkhane Deresi Ölçüm Değerleri

İSTASYON	ORT. SU HIZI m/s	MAK. SU HIZI m/s	ORT. DER. m.	MAK. DER. m.	DEBİ m^3/s	SICAKLIK C°	GENİŞLİK m	ALAN m^2
Balıkhane	0,302	0,985	0,665	0,870	1,39	10,4	6,9	4,6

Bu değerler incelendiğinde bu ölçümler arasında büyük farklılıklar görülmemesine rağmen, ölçüm yıllarındaki yağışlı hava dönemleri açısından bakıldığında bu değerlerin olması gerekenin altında kaldığı düşünülebilir. 2015 yılı sonbahar ve kış dönemindeki yağış artışının, 2013 ve 2014 yıllarına göre belirgin oranda bir artışa sebep olması gerekmektedir. Bu nedenle burada yapılan debi ölçümlerin hatalı olması muhtemeldir.

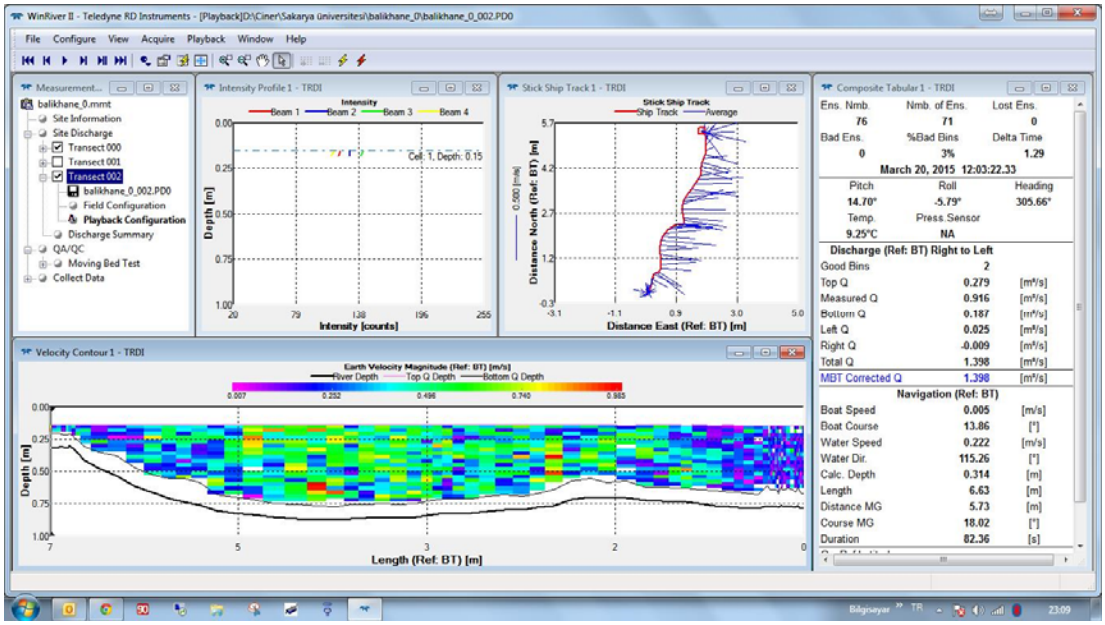


Şekil 5.38. Balıkhane Deresi Stream Pro Ölçümü (2015)



Şekil 5.39. Balıkhane Deresinde Stream Pro Cihazının Çıkardığı En Kesit Profili

Aynı cihaz ile sıcaklık ölçümü de yapılmıştır. 20.03.2015 tarihindeki sıcaklık ölçümü 10,4 C°'dir. Bu değer 14.03.2013 tarihli ölçümde 12,6 C°, 18.03.2014 tarihli ölçümde 8,9 C° olarak tarafımızca belirlenmiştir.



Şekil 5.40. Balıkhane Deresinde Stream Pro Cihazının Ölçüm Görüntüsü

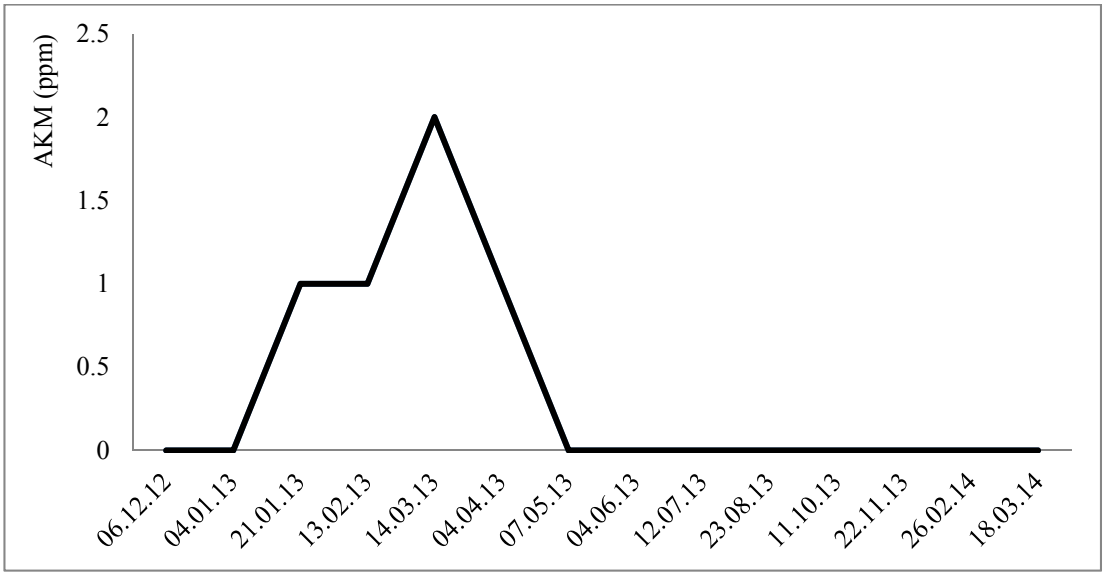
5.4. AKM Ölçümleri

Aşağıda sırasıyla Harmanlı Deresi, Maden Deresi, Kuru Dere, Değirmen Dere, Balıkhane Deresi, Kasabasın Deresi, Yanık Deresi, Kurtköy Deresi, Mahmudiye Deresi, İstanbul Deresi, Keçi Deresi ve Sarp deresi AKM ölçümleri verilmiştir. Buradaki tüm ölçümler akustik cihazlar yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Burada verilen AKM ölçümleri ham değerlerdir. Bu değerler, derelerin dönemler içerisinde taşıdığı AKM miktarlarını ifade etmez.

5.4.1. Harmanlı Deresi AKM ölçümleri

Harmanlı deresinde yapılan ölçümlerde debilerin yeterli seviyelerde olmadığı görülmüş ve bu yetersizliğin askıda madde taşınımını da etkilediği anlaşılmıştır. Yukarıdaki grafikten de anlaşılacağı gibi derenin kuru olduğu dönemlerde askıda madde taşınımı olmazken, akımın olduğu dönemlerde de askıda madde taşınımı yok denebilecek kadar azdır. Yapılan ölçümlerde derenin kuru olmadığı dönemlerdeki en düşük AKM değeri 1 ppm iken, görülen en büyük AKM değeri 2 ppm olarak

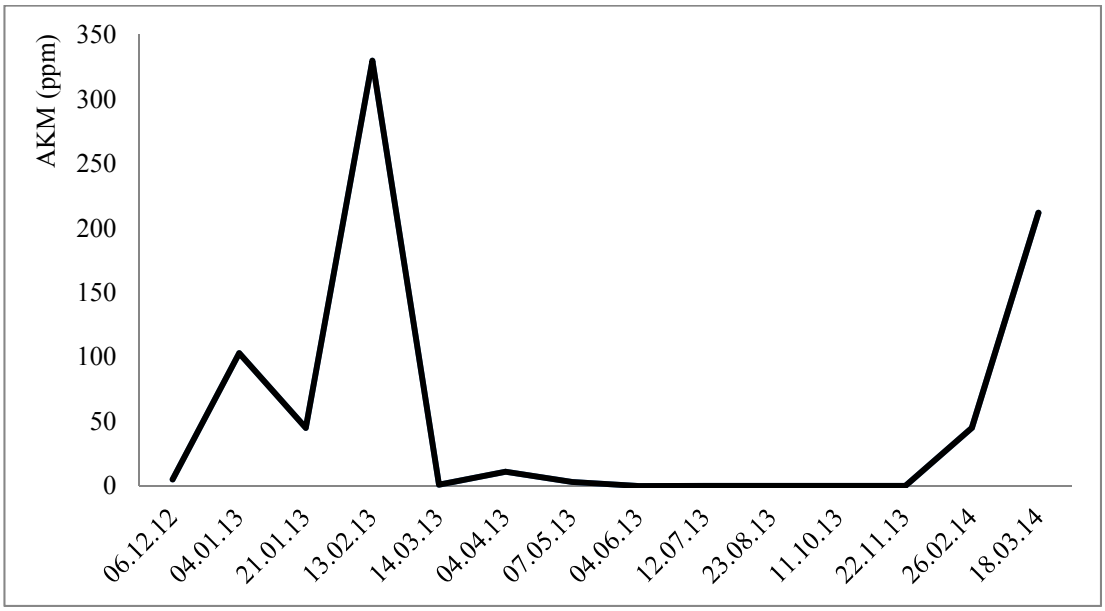
ölçülmüştür. Neredeyse derenin kuru dönemi ile askıda madde taşınımı açısından bu değerler arasında hiç fark yoktur. Şekil 5.41'de Harmanlı Deresinin AKM ölçümleri verilmiştir.



Şekil 5.41. Harmanlı Deresi AKM Ölçüm Değerleri

5.4.2. Maden Deresi AKM ölçümleri

Maden deresinde yapılan ölçümlerde, bazı derelerde askıda madde hareketine debilerin etkisi bariz olarak görülebilmektedir.

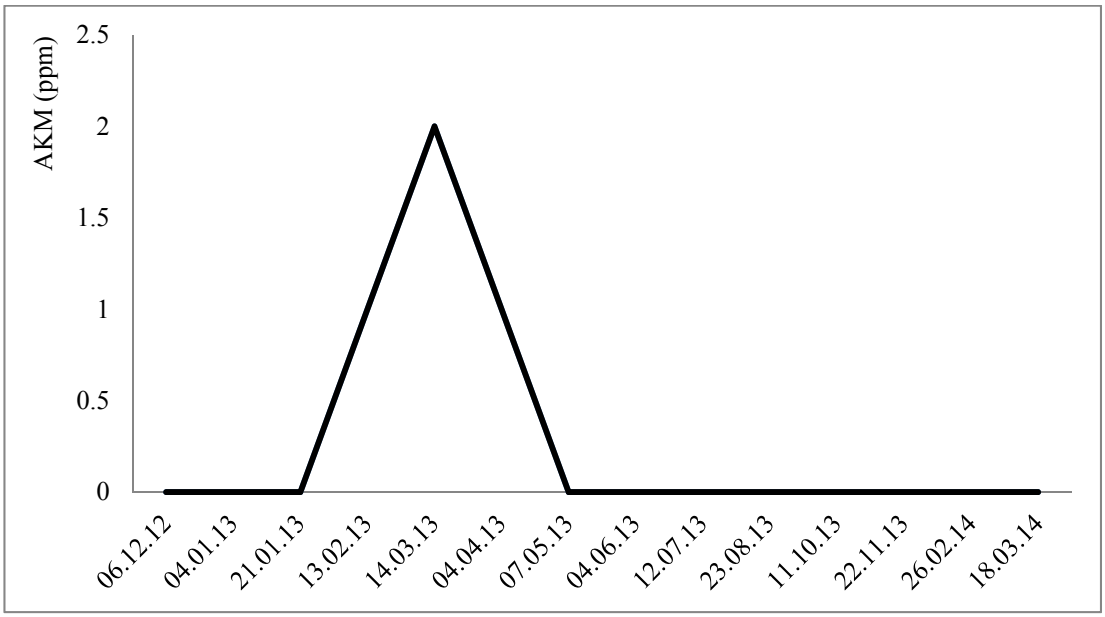


Şekil 5.42. Maden Deresi AKM Ölçüm Değerleri

Grafik incelendiğinde, ölçümlerin yarısında kuru olarak gördüğümüz Maden Deresi, akımın olduğu dönemlerde yüksek miktarlarda askıda madde hareketine maruz kalmaktadır. Yapılan ölçümlerde derenin kuru olmadığı dönemlerdeki en düşük AKM değeri 5 ppm iken, görülen en büyük AKM değeri 330 ppm olarak ölçülmüştür. Neredeyse derenin kuru dönemi ile bu değerler arasında hiç fark yoktur. 330 ppm değeri 12 derede yapılan ölçümler arasında görülen en yüksek askıda madde değeridir. Ayrıca bu derenin kuru dönem dışındaki ölçümleri de incelendiğinde, diğer askıda madde taşınım değerleri diğer 12 derenin tüm ölçüm ortalamalarının üzerindedir. Buradan da anlaşılacağı üzere akımın olduğu dönemlerde Sapanca Gölü için Maden Deresi askıda madde taşınımı açısından tüm derelerden daha fazla önem taşımaktadır. Şekil 5.42'de Maden Deresinin AKM ölçümleri verilmiştir.

5.4.3. Kurudere AKM ölçümleri

Kuru Dere'de yapılan ölçümlerde debilerin yeterli seviyelerde olmadığı, hatta neredeyse yıl boyunca hiç olmadığı görülmüş ve bu yetersizliğin askıda madde taşınımını da etkilediği anlaşılmıştır.



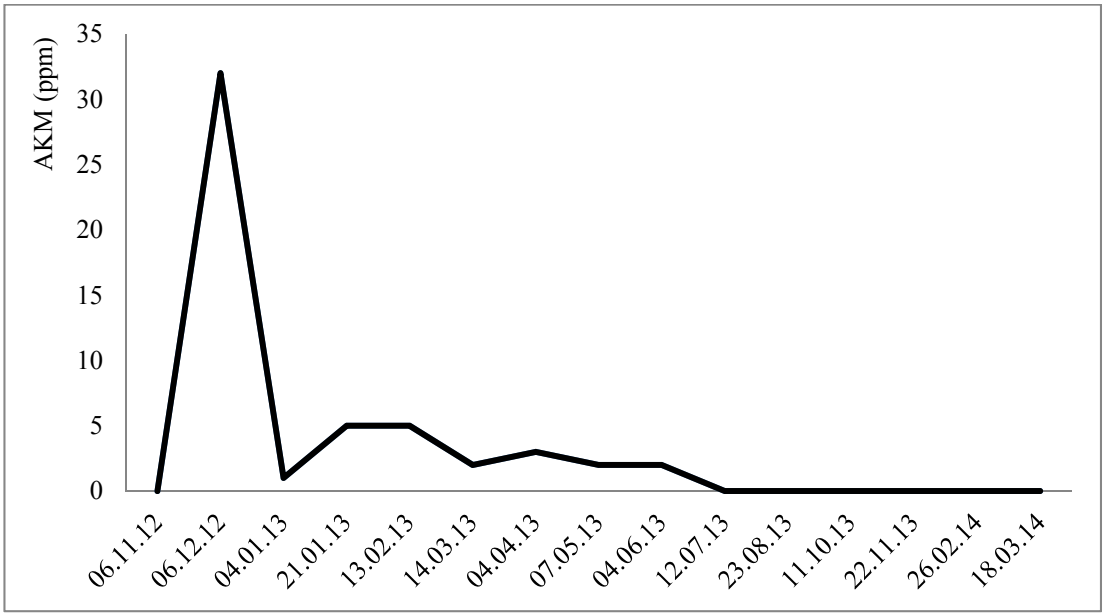
Şekil 5.43. Kuru Dere AKM Ölçüm Değerleri

Yukarıdaki grafikten de anlaşılacağı gibi derenin kuru olduğu dönemlerde askıda madde taşınımı olmazken, akımın olduğu dönemlerde de askıda madde taşınımı yok denebilecek kadar azdır. Yapılan ölçümlerde derenin kuru olmadığı dönemlerdeki en

düşük AKM değeri 1 ppm iken, görülen en büyük AKM değeri 2 ppm olarak ölçülmüştür. Neredeyse derenin kuru dönemi ile askıda madde taşınımı açısından bu değerler arasında hiç fark yoktur. Şekil 5.43'de Kuru Dereye ait AKM ölçümleri verilmiştir.

5.4.4. Değirmendere Deresi AKM Ölçümleri

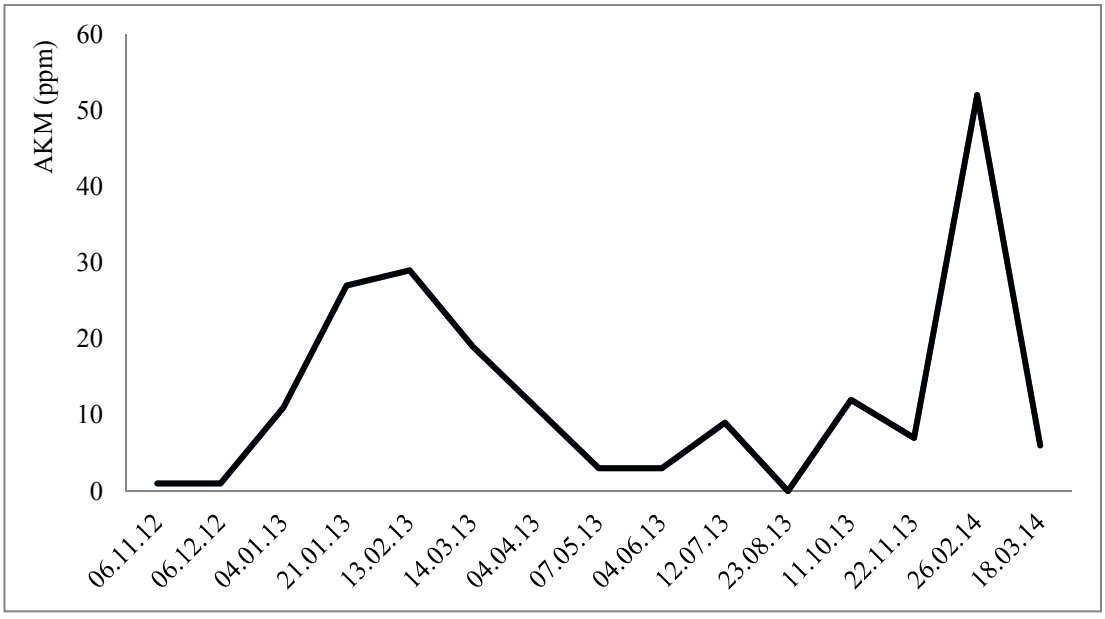
Değirmendere'de yapılan ölçümlerde debilerin yeterli seviyelerde olmadığı görülmüş, deredeki akımın askıda madde taşınımını da etkilediği anlaşılmıştır. Yukarıdaki grafikten de anlaşılacağı gibi derenin kuru olduğu dönemlerde askıda madde taşınımı olmazken, akımın olduğu dönemlerde de askıda madde ortalama 3 ppm seviyelerindedir. Bu durum bize Değirmendere üzerinde debi hareketi olduğu sürelerde, az seviyelerde de olsa askıda madde taşınımı olduğunu ifade edebilir. Yapılan ölçümlerde derenin kuru olmadığı dönemlerdeki en düşük AKM değeri 1 ppm iken, görülen en büyük AKM değeri 32 ppm olarak ölçülmüştür. Bu ölçümler sırasında 32 ppm değerinden sonra en yakın ölçüm değeri 5 ppm olarak ölçülmüştür. Bu durumda, en yüksek ölçümün yapıldığı tarihte Değirmendere Deresine farklı bir kaynaktan girdi olması durumu söz konusu olabilir. Şekil 5.44'de Kuru Dereye ait AKM ölçümleri verilmiştir. Şekil 5.44'de Değirmendere'ye ait AKM ölçümleri verilmiştir.



Şekil 5.44. Değirmendere Deresi AKM Ölçüm Değerleri

5.4.5 Balıkhane Deresi AKM ölçümleri

Balıkhane deresi Sapanca Gölü'nü besleyen en büyük su kapasitesine bağlı dere konumundadır. Bu durumun sonucu olarak askıda madde hareketleri incelendiğinde Balıkhane Deresinin büyük bölümünde askıda madde taşıdığı görülmektedir. Özellikle suyun artmaya başladığı dönemlerde askıda madde hareketlerinin de doğrusal olarak arttığı, azaldığı dönemlerde ise aynı şekilde azaldığı ifade edilebilir. Yapılan ölçümlerde derenin kuru olmadığı dönemlerdeki en düşük AKM değeri 1 ppm iken, görülen en büyük AKM değeri 52 ppm olarak ölçülmüştür. 52 ppm değeri 12 derede yapılan ölçümler arasında görülen en yüksek değerler arasında değildir, ayrıca ortalama askıda madde taşınımı 10 ppm seviyelerindedir. Fakat AKM değerleri Balıkhane Deresinin yıllık akımları da göz önünde bulundurulduğunda toplam askıda madde taşınımı açısından önemlidir. Buradan da anlaşılacağı gibi toplam askıda madde taşınımı açısından Balıkhane Deresi, Sapanca Gölü açısından önem taşımaktadır. Şekil 5.45'de Balıkhane Deresine ait AKM ölçümleri verilmiştir.

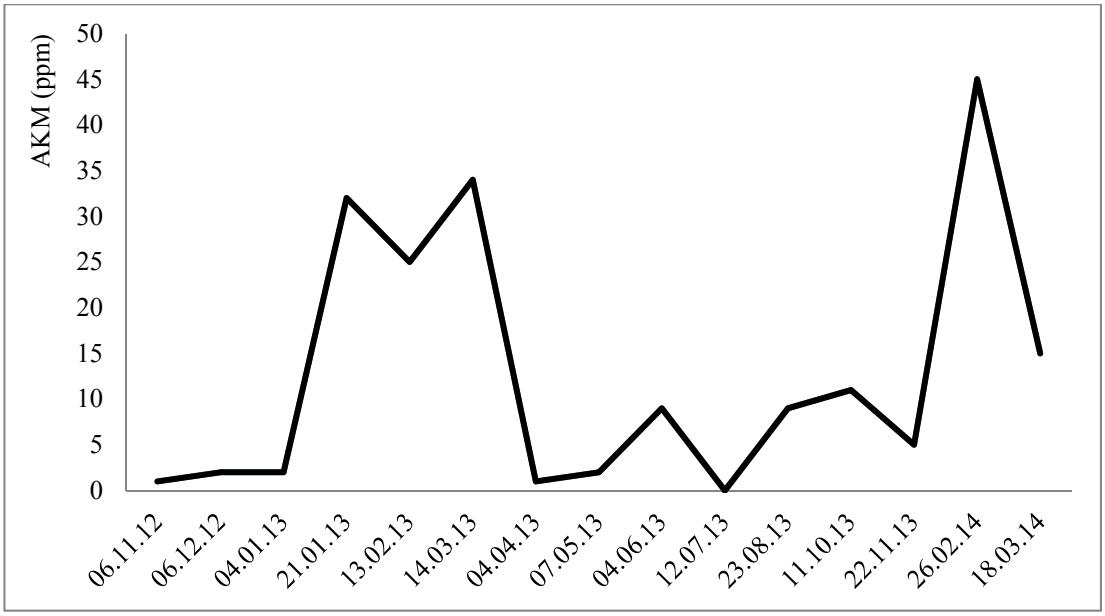


Şekil 5.45. Balıkhane Deresi AKM Ölçüm Değerleri

5.4.6. Kasabasın Deresi AKM ölçümleri

Kasabasın deresi Sapanca Gölü'nü besleyen küçük derelerden biridir. Su kapasitesi, diğer büyük derelerin altında kalmaktadır fakat bu dere ölçümler boyunca sürekliliğini devam ettirmiş ve sadece bir ölçümde kuruduğu görülmüştür. Ayrıca askıda madde

ölçümlerine bakıldığında ortalama taşınım 10 ppm seviyelerindedir. Bu durumun sonucu olarak askıda madde hareketleri incelendiğinde Kasabasın Deresinde yıl içerisinde önemli miktarda askıda madde taşınımı olduğu görülmektedir. Özellikle suyun artmaya başladığı dönemlerde askıda madde hareketlerinde ani artışlar olduğu, azaldığı dönemlerde ise aniden azaldığı ifade edilebilir. Derede ölçülen en düşük AKM değeri 1 ppm iken, görülen en büyük AKM değeri 45 ppm olarak ölçülmüştür. Kasabasın Deresinin akımlarının yıl boyunca kesintisiz devam ettiği göz önünde bulundurulduğunda toplam askıda madde taşınımı açısından önemlidir. Buradan da anlaşılacağı gibi toplam askıda madde taşınımı açısından Kasabasın Deresi, Sapanca Gölü açısından önem taşımaktadır. Şekil 5.46'da Kasabasın Deresine ait AKM ölçümleri verilmiştir.

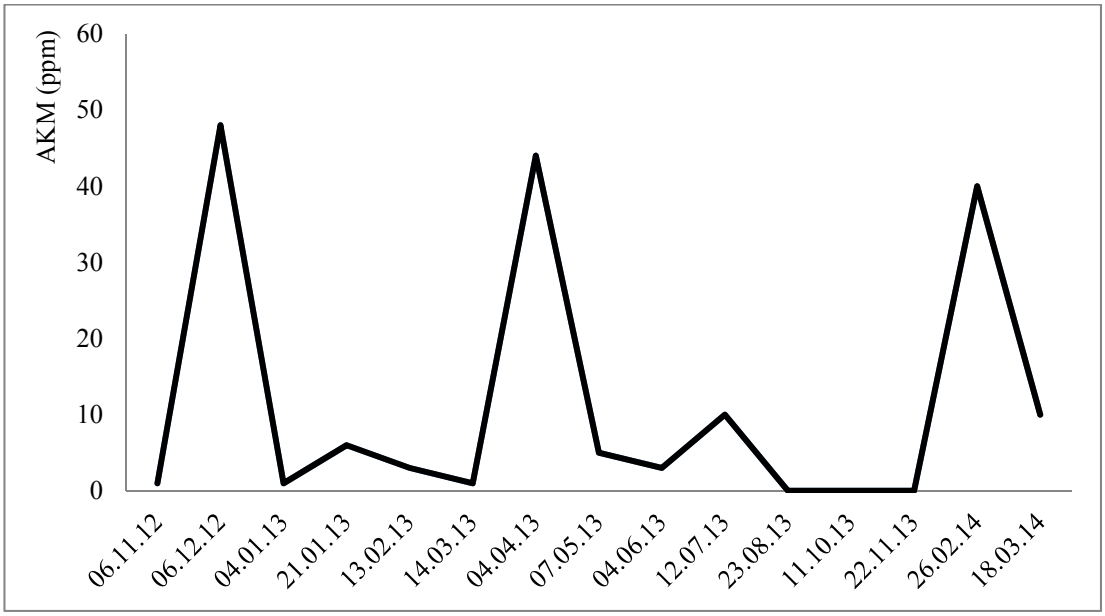


Şekil 5.46. Kasabasın Deresi AKM Ölçüm Değerleri

5.4.7. Yanık Deresi AKM ölçümleri

Yanık deresi Sapanca Gölü'nü besleyen büyük su kapasitesine bağlı derelerden biri olmasına karşın, askıda madde taşınımı açısından ortalama değerleri düşüktür. Suyun artmaya başladığı dönemlerde askıda madde hareketinin de doğrusal olarak küçük artışların olduğu, azaldığı dönemlerde ise aynı şekilde azaldığı ifade edilebilir. Ayrıca grafik incelendiğinde ölçümler süresince bazı dönemlerde periyodik sıçramalar görülmüş ve bu sıçramaların sebepleri açısından bu dönemlerde dere boyu incelemeler yapılmıştır. Yapılan incelemelerde dereye herhangi bir bölgeden ya da kaynaktan

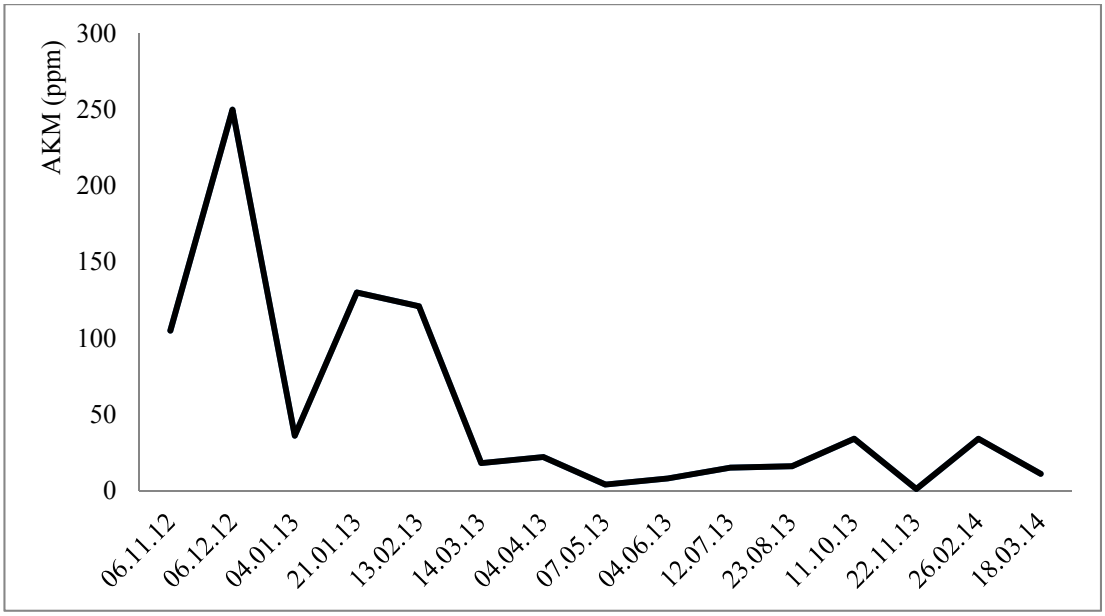
kirletici girişine rastlanmamıştır. Ölçümlerde derenin kuru olmadığı dönemlerdeki en düşük AKM değeri 1 ppm iken, görülen en büyük AKM değeri 48 ppm ölçülmüş, Şekil 5.47'da Yanık Deresine ait AKM ölçümleri verilmiştir.



Şekil 5.47. Yanık Deresi AKM Ölçüm Değerleri

5.4.8. Kurtköy (Karaçay) Deresi AKM ölçümleri

Kurtköy Deresi, Maden Deresi ile birlikte Sapanca Gölüne en yoğun askıda madde hareketinin görüldüğü deredir.

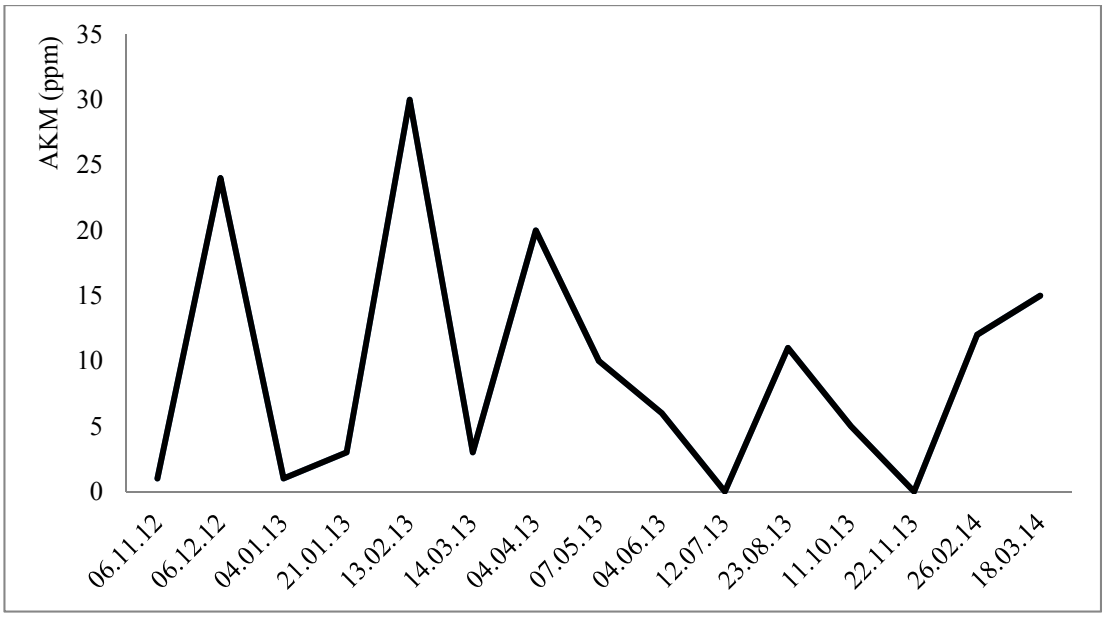


Şekil 5.48. Kurtköy Deresi AKM Ölçüm Değerleri

Kurtköy deresinde yapılan ölçümlerde askıda madde taşınımı bariz şekilde kendini göstermektedir. Şekil 5.48 incelendiğinde, ölçümler süresince derenin hiç kurumadığı görülmektedir. Ayrıca deresinin askıda madde ölçümleri incelendiğinde, derenin Sapanca Gölüne taşınım yapan çoğu dereden fazla etkin olduğu görülebilir. Ölçümler süresince derede ölçülen en düşük AKM değeri 5 ppm iken, görülen en büyük AKM değeri 250 ppm olarak ölçülmüştür. Bu değer Maden Deresinde yapılan 330 ppm'lik ölümden sonraki en yüksek değerdir. Ayrıca bu derenin ortalama AKM yoğunluğunun, diğer 11 derenin askıda madde taşınım ortalama değerlerinin üzerinde olduğu görülebilir. Bu ortalama değer 20 ppm'in üzerindedir. Buradan da anlaşılacağı üzere akımın hiç kesilmediği ve askıda madde yoğunluğu gibi nedenlerden Kurtköy Deresi, Sapanca Gölüne en fazla taşınım sağlayan ilk üç dere arasında sayılabilir.

5.4.9. Mahmudiye Deresi AKM ölçümleri

Mahmudiye Deresi, Sapanca Gölünü besleyen önemli derelerin başında gelmektedir fakat ölçüm dönenimizin kurak geçmesi sebebiyle dereye ait akım değerleri geçmiş yılların altında kalmıştır. Şekil 5.49 incelendiğinde, ölçümler süresince derenin 2 kez kuruduğu görülmektedir. Mahmudiye Deresinin askıda madde ölçümleri incelendiğinde, derenin Sapanca Gölüne düzenli taşınım yaptığı anlaşılmaktadır.

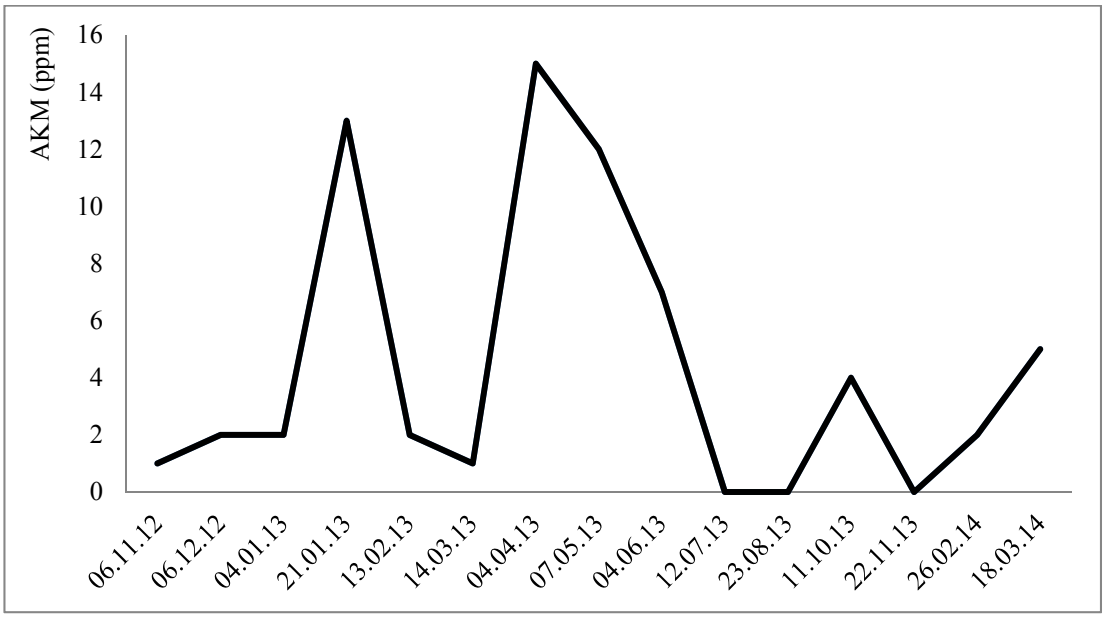


Şekil 5.49. Mahmudiye Deresi AKM Ölçüm Değerleri

Ölçümler süresince derede ölçülen en düşük AKM değeri 1 ppm iken, görülen en büyük AKM değeri 30 ppm olarak ölçülmüştür. Ayrıca bu derenin ortalama AKM yoğunluğunun, diğer 11 derenin askıda madde taşınım ortalama değerlerine yakın olduğu görülebilir. Bu ortalama değer 10 ppm seviyelerindedir.

5.4.10. İstanbul Deresi AKM Ölçümleri

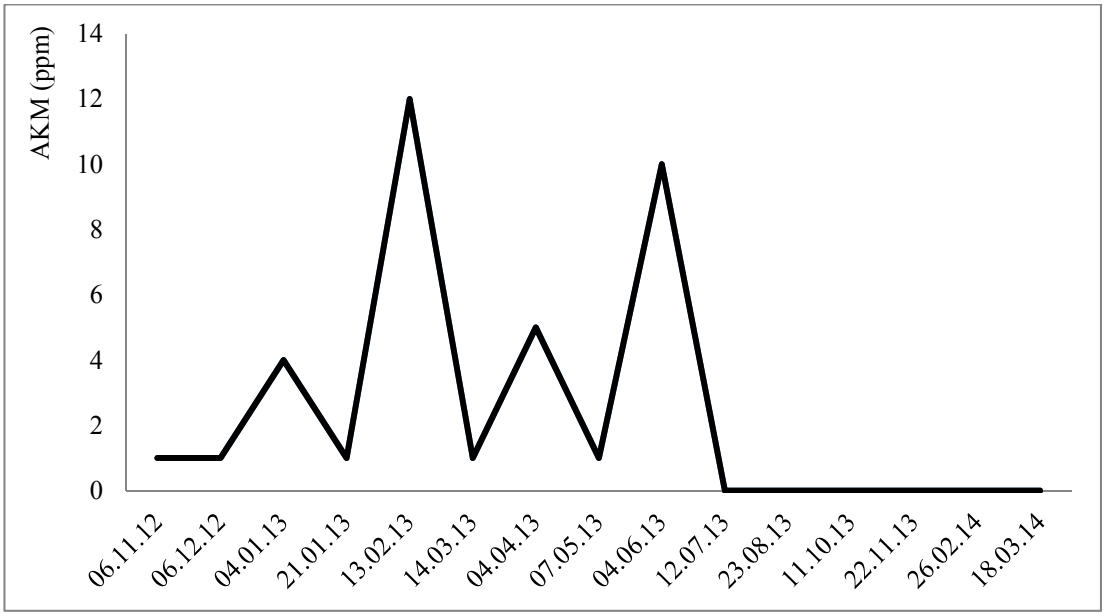
İstanbul Dere, Balıkhane deresinden sonra Sapanca Gölü'nü besleyen en büyük su kapasitesine bağlı dere konumundadır. Bu durumun sonucu olarak askıda madde hareketleri incelendiğinde Balıkhane Deresinin büyük bölümünde askıda madde taşıdığı görülmektedir. Özellikle suyun artmaya başladığı dönemlerde askıda madde hareketlerinin de doğrusal olarak arttığı, azaldığı dönemlerde ise aynı şekilde azaldığı ifade edilebilir. Ölçümler süresince dere sadece 3 defa kurumuş, diğer dönemlerde dere Sapanca Gölü'nü beslemeye devam etmiştir. Yapılan ölçümlerde derenin kuru olmadığı dönemlerdeki en düşük AKM değeri 1 ppm iken, görülen en büyük AKM değeri 15 ppm olarak ölçülmüştür. Hatta ortalama askıda madde taşınımı 10 ppm seviyelerindedir. İstanbul Dere debisi bakımından ikinci büyük dere olması sebebiyle toplam askıda madde taşınımı açısından önemlidir. Buradan da anlaşılacağı gibi toplam askıda madde taşınımı açısından İstanbul Dere, Sapanca Gölü açısından önem taşımaktadır. Şekil 5.50'de İstanbul Deresine ait AKM ölçümleri verilmiştir.



Şekil 5.50. İstanbul Deresi AKM Ölçüm Değerleri

5.4.11. Keçi Deresi AKM ölçümleri

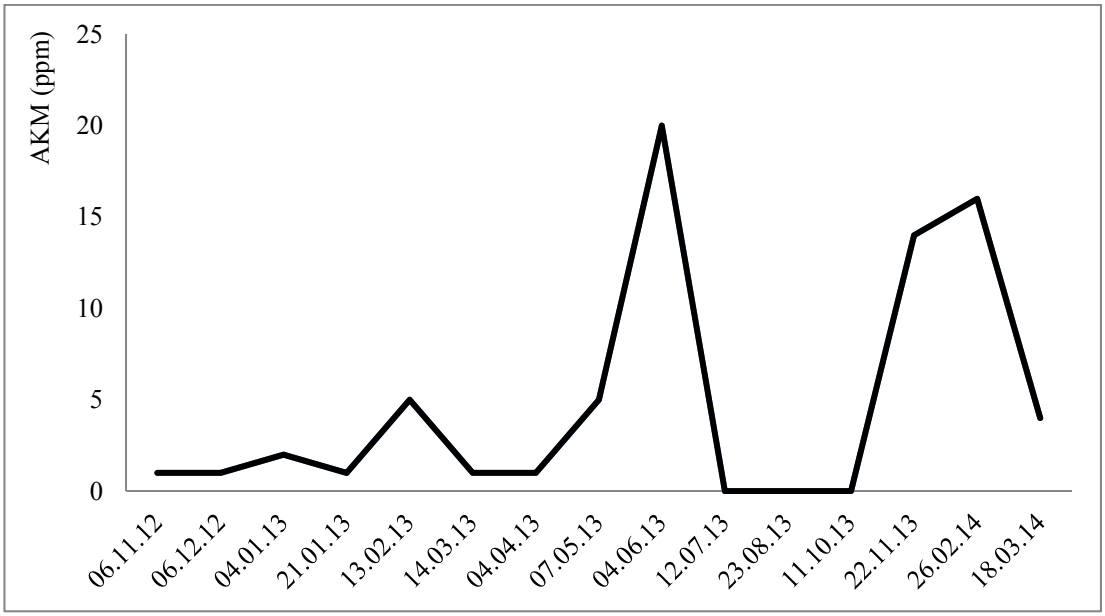
Sapanca üzerindeki küçük derelerdendir. Bu dere ölçüm döneminin yarısında kururken, kalan dönemde gölü beslemeye devam etmiştir. Kuru olmadığı dönemde Sapanca Gölü'ne yoğun olmamakla beraber askıda madde taşınımı devam etmektedir. Yapılan ölçümlerde derenin kuru olmadığı dönemlerdeki en düşük AKM değeri 1 ppm iken, görülen en büyük AKM değeri 12 ppm olarak ölçülmüştür. Şekil 5.51'de Keçi Deresine ait AKM ölçümleri verilmiştir.



Şekil 5.51. Keçi Deresi AKM Ölçüm Değerleri

5.4.12 Sarp Deresi AKM ölçümleri

Sapanca üzerindeki küçük derelerdendir ve keçi deresiyle yan yanadır. Ölçümler sırasında 3 ay kurumuştur. Kuru olmadığı dönemde Sapanca Gölü'ne yoğun olmamakla beraber askıda madde taşınımı devam etmektedir. Yapılan ölçümlerde derenin kuru olmadığı dönemlerdeki en düşük AKM değeri 1 ppm iken, görülen en büyük AKM değeri 20 ppm olarak ölçülmüştür. Şekil 5.52'de Sarp Deresine ait AKM ölçümleri verilmiştir.



Şekil 5.52. Sarp Deresi AKM Ölçüm Değerleri

5.4.13. Sediment ölçüm verilerinin karşılaştırılması

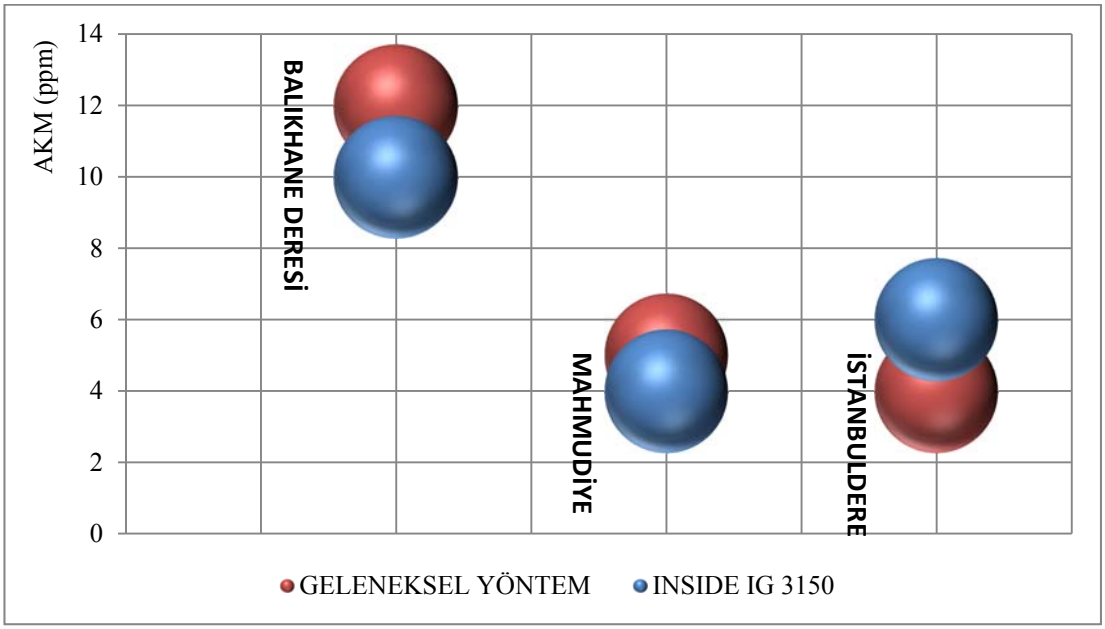
14 aylık çalışma süremizde, AKM ölçümü için kullanmış olduğumuz INSIDE IG MODEL 3150 portatif AKM ölçerin kalibrasyonu sonrasında, akustik cihazın güvenilirliğinin belirlenebilmesi açısından, Standart US-DH 48 Askıda Katı Madde Numune alma Cihazı numune sonuçları ile iki kez kontrol amaçlı karşılaştırma yapılmıştır. US-DH 48 Cihazı standart derinlik Entegrasyon yöntemine göre çalışmaktadır. Bu yöntemde akarsuyun derinliği, kesit genişliği, numunenin akarsuya girilerek ya da dışarıdan alınması gibi faktörler etkili olmaktadır. Bu faktörlere göre alınacak numune sayısı belirlenmektedir.

Karşılaştırma için 13.02.13 ve 11.10.13 tarihlerinde alınan numuneler referans alınmıştır. Karşılaştırma işlemleri tüm dereler için yapılmamış, her iki karşılaştırma için farklı dereler seçilmeye çalışılmıştır. Mahmudiye deresinin tek referans olarak seçilmesine karar verilmiş ve her iki ölçümde de bu dereden numuneler alınmıştır. Karşılaştırma sonucunda portatif AKM ölçerin güvenilirliğinin istenen seviyelerde olduğu görülmüştür. Bu değerler aşağıdaki tabloda da görüleceği üzere bazı verilerde tam olarak örtüşmüşken bazı değerler küçük sapmalar görülmektedir. Bu sapmalar askıda madde miktarının düşük olduğu durumlarda fazla iken, askıda madde miktarının yüksek olduğu durumlarda istenen seviyelere yakındır.

Tablo 5.3. 13.02.13 Tarihli Numunelerin Askı Malzemeleri Ölçüm Karşılaştırmaları

	BALIKHANE	MAHMUDİYE	İSTANBULDERE
INSIDE IG 3150	10	4	6
GELENEKSEL YÖNTEM	12	5	4

Şekil 5.53'de görüldüğü üzere, Balıkhane, Mahmudiye ve İstanbul Dere için akustik ve geleneksel ölçümler yapılmıştır. Bu üç dere için yapılan karşılaştırma sonucunda değerlerin istenen hata payları içerisinde kaldığı sonucuna varılmıştır. Sonuçlarda Balıkhane ve İstanbul Deredeki hata payı Mahmudiye Deresinden fazla çıkmıştır.

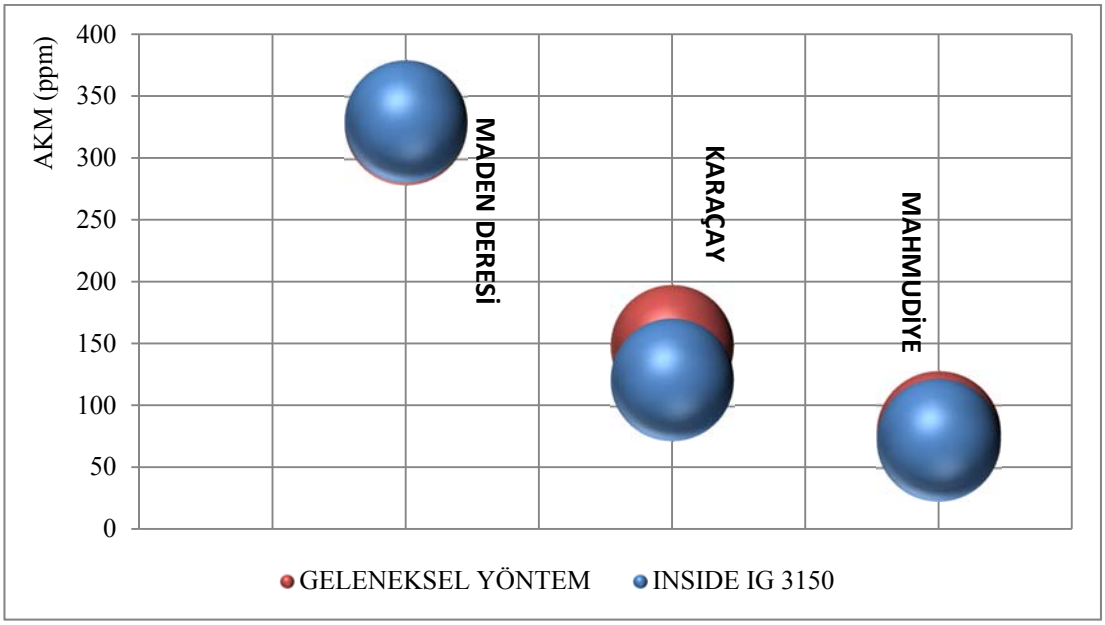


Şekil 5.53. 13.02.13 Tarihli Numunelerin Askı Malzemeleri Ölçüm Karşılaştırmaları

Tablo 5.4. 11.10.13 Tarihli Numunelerin Askı Malzemeleri Ölçüm Karşılaştırmaları

	MADEN	KARAÇAY	MAHMUDİYE
INSIDE IG 3150	330	121	72
GELENEKSEL YÖNTEM	328	148	78

Şekil 5.54'de görüldüğü üzere; Maden, Karaçay ve Mahmudiye dereleri için akustik ve geleneksel ölçümler yapılmıştır. Bu üç dere için yapılan karşılaştırma sonucunda değerlerin istenen hata payları içerisinde kaldığı sonucuna varılmış hatta Maden ve Mahmudiye deresine ait değerlerin birbirine çok yakın olduğu saptanmıştır.



Şekil 5.54. 11.10.13 Tarihli Numunelerin Askı Malzemeleri Ölçüm Karşılaştırmaları

5.5. Laboratuvar Çalışmaları

Sapanca Gölünü besleyen yan derelerde AKM konsantrasyonun etkileyen başlıca faktörlerden biri derelerin zemin yapısı olarak ifade edilebilir. Bu nedenle zemin yapısının belirlenmesi önem arz etmektedir. Zemin yapısının belirlenmesi amacıyla 12 dereden ayrı ayrı taban malzemesi alınmış ve bu numunelerin elek analizleri ve özgül ağırlık deneyleri yapılmıştır. D50 değerinin belirlenmesinde elek analizi yeterli geldiğinden çalışmanın devamından hidrometre deneyi uygulaması yapılmamıştır.

5.5.1. Elek analizi

Tüm dereler için granülometri eğrileri oluşturulmuş ve derelerin tamamının Kum – Çakıl yapısına sahip oldukları belirlenmiştir. Tablo 5.5'te tüm dereler için taban malzemesi sınıfları verilmiştir. Sınıflandırılması verilen derelerin deney sonuçları alt başlıklar halinde ayrıca irdelenmiştir.

Tablo 5.5. Sapanca Gölü Havzası'ndaki Derelere ait Taban Malzemesi Sınıfları

NUMUNE ADI	Kap Ağırlığı(g)	Yıkama öncesi etüv kuru ağırlık (g)	Net Yıkama öncesi etüv kuru ağırlık (g)	Yıkama sonrası etüv kuru ağırlık (g)	Net Yıkama sonrası etüv kuru ağırlık (g)	İnce Dane Miktarı (g)	Zemin sınıfı
1.	140	4000	3860	3790	3650	210	**SW**
2.	200	2030	1830	2030	1830	0	**GP**
3.	200	2050	1850	2030	1830	20	**GW**
4.	230	3000	2770	2985	2755	15	**GP**
5.	60	370	310	355	295	15	**SP**
6.	70	500	430	310	240	190	**GW**
7.	140	4000	3860	3990	3850	10	**GP**
8.	140	2000	1860	1940	1800	60	**GP**
9.	140	4000	3860	3965	3825	35	**GP**
10.	60	650	590	640	580	10	**GW**
11.	230	3000	2770	2985	2755	15	**GP**
12.	140	3000	2860	2985	2845	15	**GP**

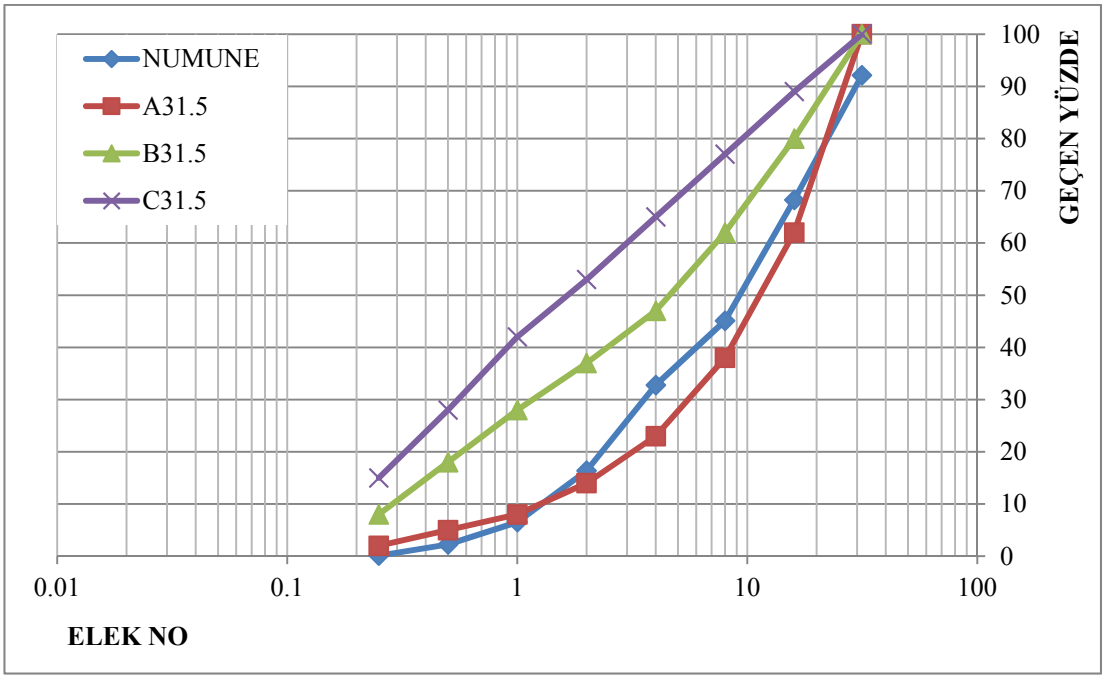
5.5.1.1. Harmanlı (1. numune)

Harmanlı dersi için yapılan elek analizinde numune ağırlığı 3790 gr, kap ağırlığı 140 gr olarak belirlenmiştir. 0,25 mm boyutundaki elek içerisinden numunenin % 0,1'i geçerken, 31,5 mm çapındaki elekten numunenin %92.14'ü geçmiştir. Dane çapı dağılımı ve elek altı eğrisine göre zemin sınıfı TS1500'e göre SW(Düzgün Dane Dağılımlı Kum) olarak ifade edilebilir.

Deneyler sonucunda;

D_{10}=10,4 mm, D_{50}=9 mm, D_{90}=32 mm olarak belirlenmiştir.

Şekil 5.55'de ve Tablo 5.6'te Harmanlı Deresine ait elek analizi sonuçları verilmiştir.



Şekil 5.55. Harmanlı Deresi Elek Analiz Sonuçları

Tablo 5.6. Harmanlı Deresi Elek Analiz Sonuçları

1.NUMUNE (3790 gr - Kap ağırlığı=140 gr)

ELEK ARALIĞI: (mm)	ELEK ÜSTÜNDE KALAN YIĞIŞIMLI AĞIRLIK (%)	A	B	C
0,25	0,1	2	8	15
0,5	2,26	5	18	28
1	6,52	8	28	42
2	16,38	14	37	53
4	32,77	23	47	65
8	45,11	38	62	77
16	68,26	62	80	89
31,5	92,14	100	100	100
TOPLAM	263,54			
İNCELİK MODÜLÜ=	263,54/100=2,6354			

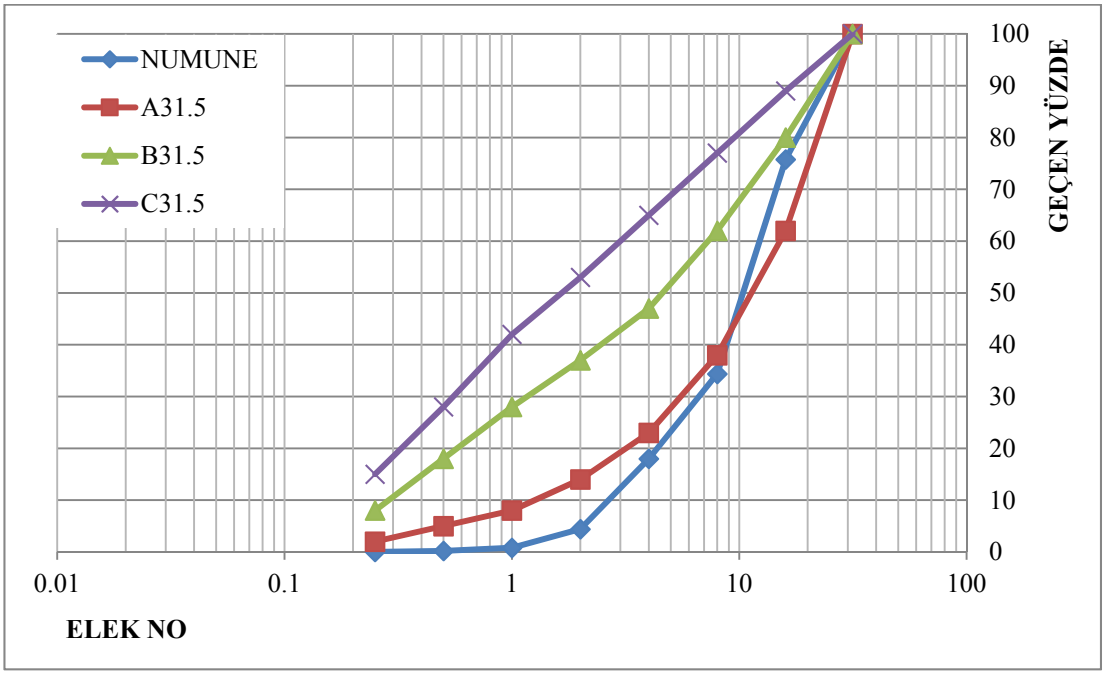
5.5.1.2. Maden (2. numune)

Maden deresi için yapılan elek analizinde numune ağırlığı 2030 gr, kap ağırlığı 200 gr olarak belirlenmiştir. 0,25 mm boyutundaki elek içerisinden numunenin % 0,01'i geçerken, 31,5 mm çapındaki elekten numunenin %100'ü geçmiştir. Dane çapı dağılımı ve elek altı eğrisine göre zemin sınıfı TS1500'e göre GP(Üniform Çakıl) olarak ifade edilebilir.

Deneyler sonucunda;

D_{10}=2,7 mm, D_{50}=10,1 mm, D_{90}=31 mm olarak belirlenmiştir.

Şekil 5.56'da ve Tablo 5.7'de Maden Deresine ait elek analizi sonuçları verilmiştir.



Şekil 5.56. Maden Deresi Elek Analiz Sonuçları

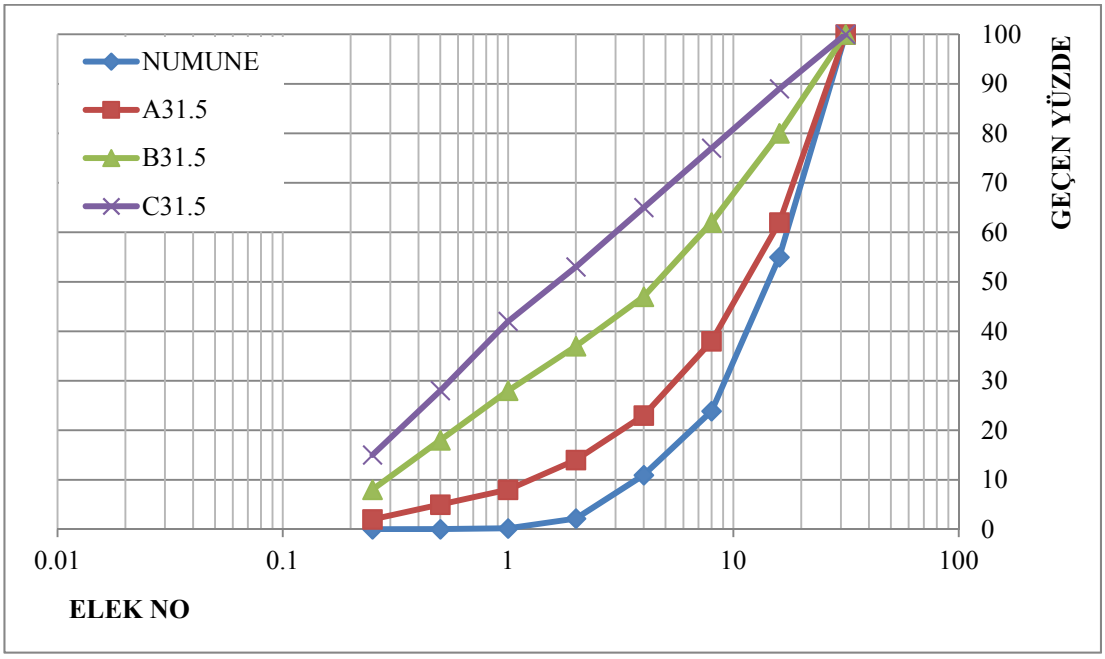
Tablo 5.7. Maden Deresi Elek Analiz Sonuçları

2.NUMUNE (2030 gr - Kap ağırlığı=200 gr)

ELEK ARALIĞI: (mm)	ELEK ÜSTÜNDE KALAN YIĞIŞIMLI AĞIRLIK (%)	A	B	C
0,25	0,01	2	8	15
0,5	0,19	5	18	28
1	0,8	8	28	42
2	4,41	14	37	53
4	17,98	23	47	65
8	34,38	38	62	77
16	75,78	62	80	89
31,5	100	100	100	100
TOPLAM	233,55			
İNCELİK MODÜLÜ=	233,55/100=2,3355			

5.5.1.3. KuruDere (3. numune)

Kurudere için yapılan elek analizinde numune ağırlığı 2030 gr, kap ağırlığı 200 gr olarak belirlenmiştir. 0,25 mm boyutundaki elek içerisinden numunenin % 0 geçerken, 31,5 mm çapındaki elekten numunenin %100'ü geçmiştir.



Şekil 5.57. Kuru Dere Elek Analiz Sonuçları

Tablo 5.8. Kuru Dere Elek Analiz Sonuçları

3.NUMUNE (2030 gr - Kap ağırlığı=200 gr)

ELEK ARALIĞI: (mm)	ELEK ÜSTÜNDE KALAN YIĞIŞIMLI AĞIRLIK (%)	A	B	C
0,25	0	2	8	15
0,5	0,015	5	18	28
1	0,18	8	28	42
2	2,17	14	37	53
4	10,95	23	47	65
8	23,86	38	62	77
16	54,99	62	80	89
31,5	100	100	100	100
TOPLAM	192,165			
İNCELİK MODÜLÜ=	192,165/100=1,92165			

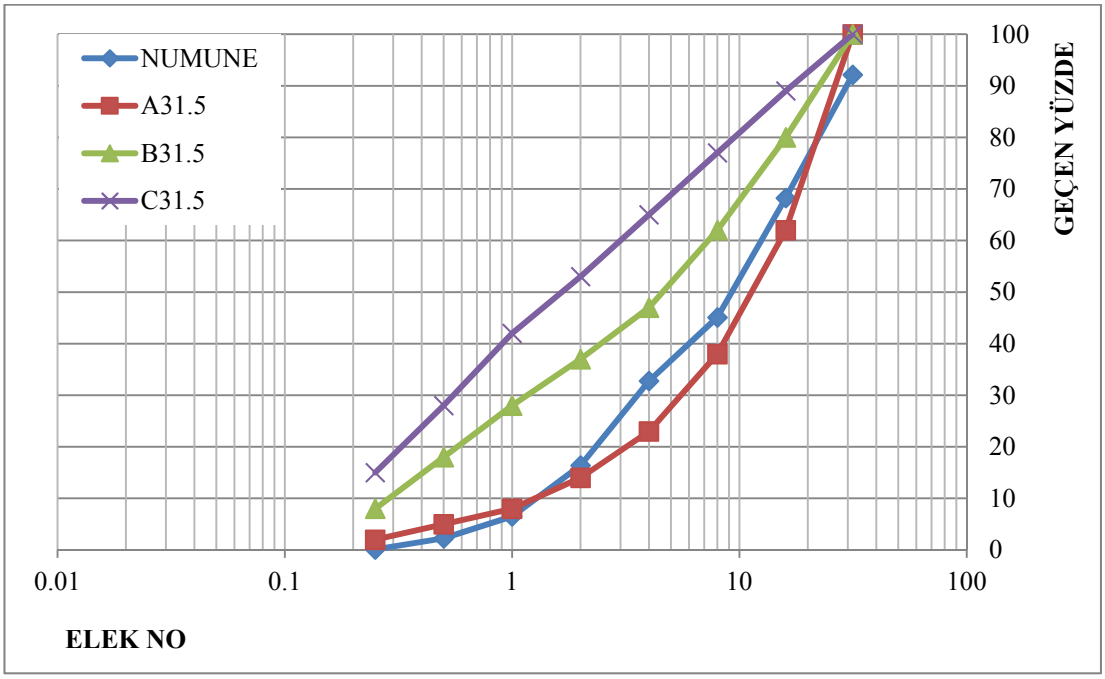
Zemin sınıfı TS1500'e göre GW(Düzgün Dane Dağılımlı Çakıl) olarak ifade edilebilir.

Deneyler sonucunda;

D_{10}=4 mm, D_{50}=10,5 mm, D_{90}=31,1 mm olarak belirlenmiştir.

Şekil 5.57'de ve Tablo 5.8'de Kuru Dereye ait elek analizi sonuçları verilmiştir.

5.5.1.4. Değirmendere (4. numune)



Şekil 5.58. Değirmendere Elek Analiz Sonuçları

Tablo 5.9. Değirmendere Elek Analiz Sonuçları

4.NUMUNE (2985 gr - Kap ağırlığı=230 gr)

ELEK ARALIĞI: (mm)	ELEK ÜSTÜNDE KALAN YIĞIŞIMLI AĞIRLIK (%)	A	B	C
0,25	0,024	2	8	15
0,5	0,59	5	18	28
1	1,92	8	28	42
2	5,92	14	37	53
4	13,93	23	47	65
8	22,02	38	62	77
16	43,5	62	80	89
31,5	84,48	100	100	100
TOPLAM	172,384			
İNCELİK MODÜLÜ=	172,384/100=1,72384			

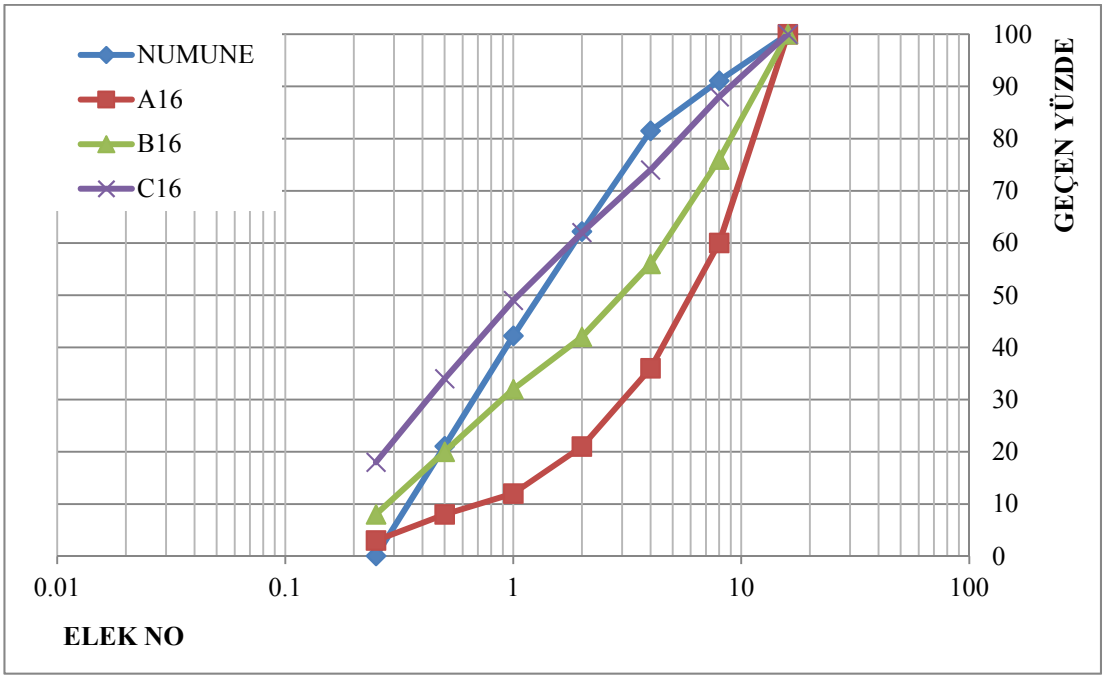
Değirmendere için yapılan elek analizinde numune ağırlığı 2985 gr, kap ağırlığı 230 gr olarak belirlenmiştir. 0,25 mm boyutundaki elek içerisinden numunenin % 0,024 geçerken, 31,5 mm çapındaki elekten numunenin %84,48'ü geçmiştir. Dane çapı dağılımı ve elek altı eğrisine göre zemin sınıfı TS1500'e göre GP(Üniform Çakıl) olarak ifade edilebilir.

Deneyler sonucunda;

D_{10}=1,4 mm, D_{50}=9 mm, D_{90}=32 mm olarak belirlenmiştir.

Şekil 5.58'de ve Tablo 5.9'de Değirmendere'ye ait elek analizi sonuçları verilmiştir.

5.5.1.5 Balıkhane (5. numune)



Şekil 5.59. Balıkhane Deresi Elek Analiz Sonuçları

Yapılan elek analizinde numune ağırlığı 355 gr, kap ağırlığı 60 gr olarak belirlenmiştir. 0,25 mm boyutundaki elek içerisinden numunenin % 0,06 geçerken, 16 mm çapındaki elekten numunenin %100 geçmiştir. Dane çapı dağılımı ve elek altı eğrisine göre zemin sınıfı TS1500'e göre SP(Üniform Kum) olarak ifade edilebilir.

Deneyler sonucunda;

D_{10}=0,35 mm, D_{50}=1,4 mm, D_{90}=7,5 mm olarak belirlenmiştir.

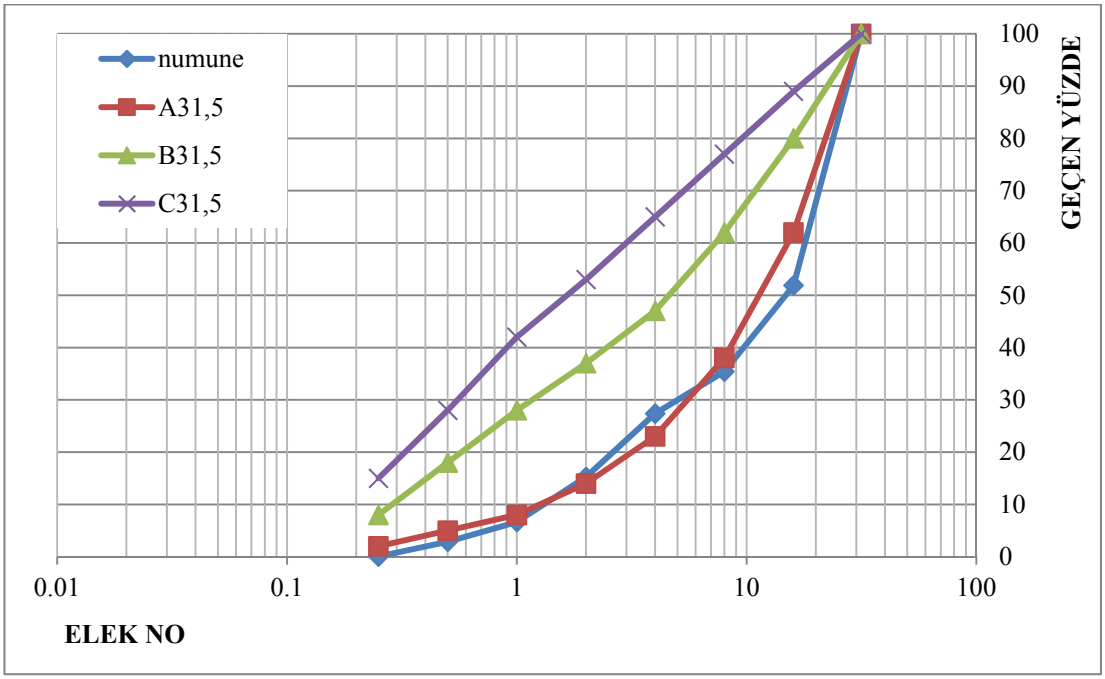
Şekil 5.59'de ve Tablo 5.10'de Balıkhane Deresine ait elek analizi sonuçları verilmiştir.

Tablo 5.10. Balıkhane Deresi Elek Analiz Sonuçları

5.NUMUNE (355 gr - Kap ağırlığı=60 gr)

ELEK ARALIĞI: (mm)	ELEK ÜSTÜNDE KALAN YIĞIŞIMLI AĞIRLIK (%)	A	B	C
0,25	0,06	3	8	18
0,5	21,08	8	20	34
1	42,22	12	32	49
2	62,23	21	42	62
4	81,5	36	56	74
8	91,11	60	76	88
16	100	100	100	100
TOPLAM	398,2			
İNCELİK MODÜLÜ=	398,2/100=3,982			

5.5.1.6. Kasabasın (6. numune)



Şekil 5.60. Kasabasın Deresi Elek Analiz Sonuçları

Kasabasın deresi için yapılan elek analizinde numune ağırlığı 2985 gr, kap ağırlığı 230gr olarak belirlenmiştir. 0,25 mm boyutundaki elek içerisinden numunenin % 0,04

geçerken, 31,5 mm çapındaki elekten numunenin %100 geçmiştir. Dane çapı dağılımı ve elek altı eğrisine göre zemin sınıfı TS1500'e göre GW(Düzgün Dane Dağılımlı Çakıl) olarak ifade edilebilir.

Deneyler sonucunda;

D_{10}=1,43 mm, D_{50}=10,5 mm, D_{90}=28 mm olarak belirlenmiştir.

Şekil 5.60'de ve Tablo 5.11'de Kasabasın Deresine ait elek analizi sonuçları verilmiştir.

Tablo 5.11. Kasabasın Deresi Elek Analiz Sonuçları

6.NUMUNE (2985 gr - Kap ağırlığı=230 gr)

ELEK ARALIĞI: (mm)	ELEK ÜSTÜNDE KALAN YIĞIŞIMLI AĞIRLIK (%)	A	B	C
0,25	0,04	2	8	15
0,5	2,874	5	18	28
1	6,634	8	28	42
2	15,237	14	37	53
4	27,374	23	47	65
8	35,413	38	62	77
16	51,863	62	80	89
31,5	100	100	100	100
TOPLAM	263,54			
İNCELİK MODÜLÜ=	263,54/100=2,6354			

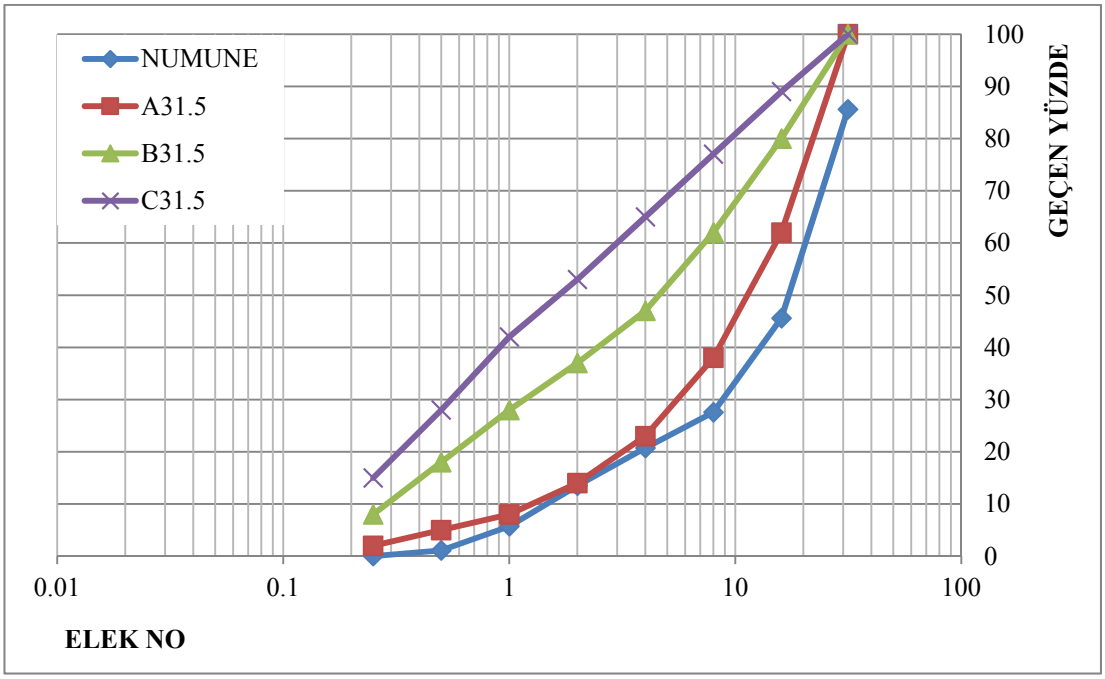
5.5.1.7. Yanık (7. numune)

Yapılan elek analizinde numune ağırlığı 3990 gr, kap ağırlığı 140 gr belirlenmiştir. 0,25 mm boyutundaki elek içerisinden numunenin % 0,02 geçerken, 31,5 mm çapındaki elekten numunenin %100 geçmiştir. Dane çapı dağılımı ve elek altı eğrisine göre zemin sınıfı TS1500'e göre GP(Üniform Çakıl) olarak ifade edilebilir.

Deneyler sonucunda;

D_{10}=1,5 mm, D_{50}=10,8 mm, D_{90}=32 mm olarak belirlenmiştir.

Şekil 5.61'de ve Tablo 5.12'de Yanık Deresine ait elek analizi sonuçları verilmiştir.



Şekil 5.61. Yanık Deresi Elek Analiz Sonuçları

Tablo 5.12. Yanık Deresi Elek Analiz Sonuçları

7.NUMUNE (3990 gr - Kap ağırlığı=140 gr)

ELEK ARALIĞI: (mm)	ELEK ÜSTÜNDE KALAN YIĞIŞIMLI AĞIRLIK (%)	A	B	C
0,25	0,02	2	8	15
0,5	1,1	5	18	28
1	5,72	8	28	42
2	13,51	14	37	53
4	20,73	23	47	65
8	27,57	38	62	77
16	45,6	62	80	89
31,5	85,61	100	100	100
TOPLAM	199,86			
İNCELİK MODÜLÜ=	199,86/100=1,9986			

5.5.1.8. Kurtköy (8. numune)

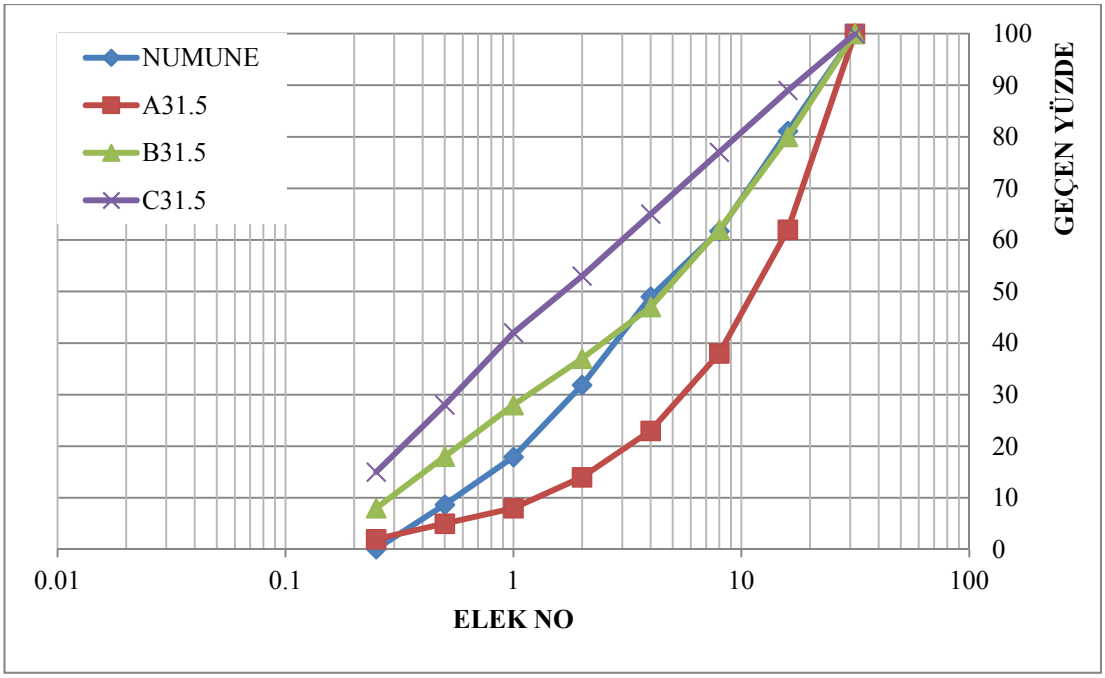
Kurtköy deresi için yapılan elek analizinde numune ağırlığı 3990 gr, kap ağırlığı 140 gr olarak belirlenmiştir. 0,25 mm boyutundaki elek içerisinden numunenin % 0,062 geçerken, 31,5 mm çapındaki elekten numunenin %100 geçmiştir. Dane çapı dağılımı

ve elek altı eğrisine göre zemin sınıfı TS1500'e göre GP(Üniform Çakıl) olarak ifade edilebilir.

Deneyler sonucunda;

D_{10}=0,55 mm, D_{50}=4 mm, D_{90}=23 mm olarak belirlenmiştir.

Şekil 5.62'de ve Tablo 5.13'de Kurtköy Deresine ait elek analizi sonuçları verilmiştir.



Şekil 5.62. Kurtköy Deresi Elek Analiz Sonuçları

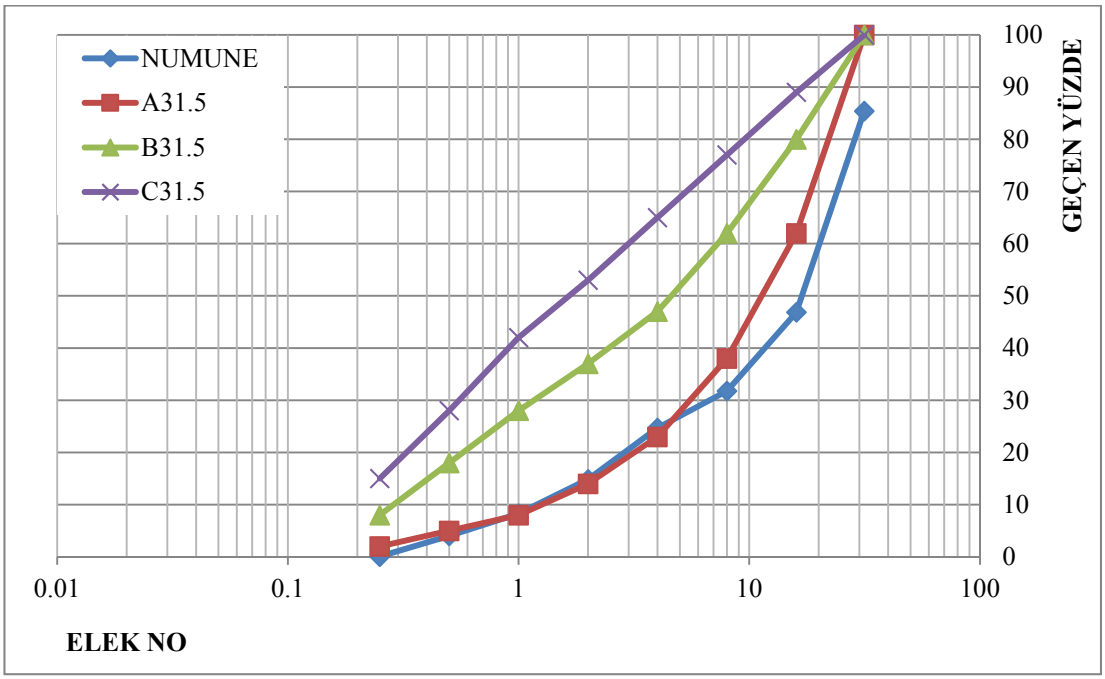
Tablo 5.13. Kurtköy Deresi Elek Analiz Sonuçları

8.NUMUNE (1940 gr - Kap ağırlığı=140 gr)

ELEK ARALIĞI: (mm)	ELEK ÜSTÜNDE KALAN YIĞIŞIMLI AĞIRLIK (%)	A	B	C
0,25	0,062	2	8	15
0,5	8,67	5	18	28
1	17,91	8	28	42
2	31,87	14	37	53
4	48,99	23	47	65
8	61,7	38	62	77
16	81,13	62	80	89
31,5	100	100	100	100
TOPLAM	350,332			
İNCELİK MODÜLÜ=	350,332/100=3,50332			

5.5.1.9. Mahmudiye (9. numune)

Mahmudiye deresi için yapılan elek analizinde numune ağırlığı 3965 gr, kap ağırlığı 140 gr olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.63. Mahmudiye Deresi Elek Analiz Sonuçları

Tablo 5.14. Mahmudiye Deresi Elek Analiz Sonuçları

9.NUMUNE (3965 gr - Kap ağırlığı=140 gr)

ELEK ARALIĞI: (mm)	ELEK ÜSTÜNDE KALAN YIĞIŞIMLI AĞIRLIK (%)	A	B	C
0,25	0,062	2	8	15
0,5	4,03	5	18	28
1	8,29	8	28	42
2	14,86	14	37	53
4	24,69	23	47	65
8	31,78	38	62	77
16	46,87	62	80	89
31,5	85,4	100	100	100
TOPLAM	215,982			
İNCELİK MODÜLÜ=	215,982/100=2,15982			

0,25 mm boyutundaki elek içerisinden numunenin % 0,062 geçerken, 31,5 mm çapındaki elekten numunenin %85,4 geçmiştir.

Dane çapı dağılımı ve elek altı eğrisine göre zemin sınıfı TS1500'e göre GP(Üniform Çakıl) olarak ifade edilebilir.

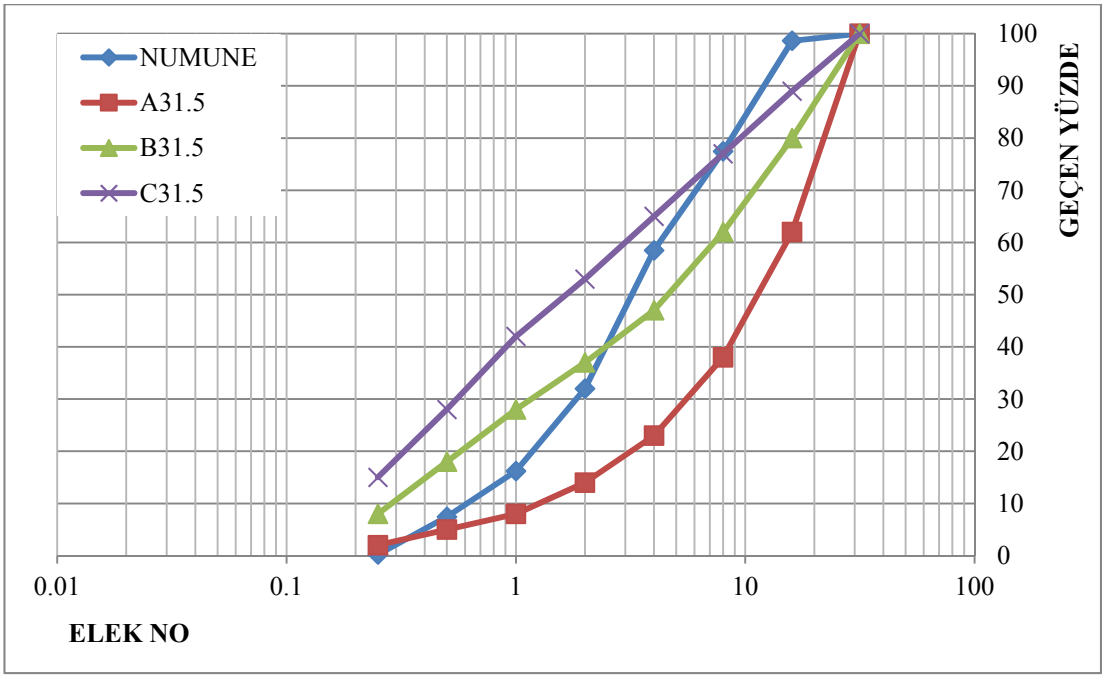
Deneyler sonucunda;

D_{10}=1,3 mm, D_{50}=10,7 mm, D_{90}=32,2 mm olarak belirlenmiştir.

Şekil 5.63'de ve Tablo 5.14'de Mahmudiye Deresine ait elek analizi sonuçları verilmiştir.

5.5.1.10. İstanbul Dere (10. numune)

Yapılan elek analizinde numune ağırlığı 3965 gr, kap ağırlığı 140 gr belirlenmiştir. 0,25 mm boyutundaki elekten numunenin % 0,214 geçerken, 31,5 mm çapındaki elekten numunenin %100 geçmiştir. Dane çapı dağılımı ve elek altı eğrisine göre zemin sınıfı TS1500'e göre GW(Düzgün Dane Dağılımlı Çakıl) olarak ifade edilebilir.



Şekil 5.64. İstanbul Dere Elek Analiz Sonuçları

Deneyler sonucunda;

D_{10}=0,6 mm, D_{50}=3 mm, D_{90}=13 mm olarak belirlenmiştir.

Şekil 5.64'de ve Tablo 5.15'de İstanbul Dereye ait elek analizi sonuçları verilmiştir.

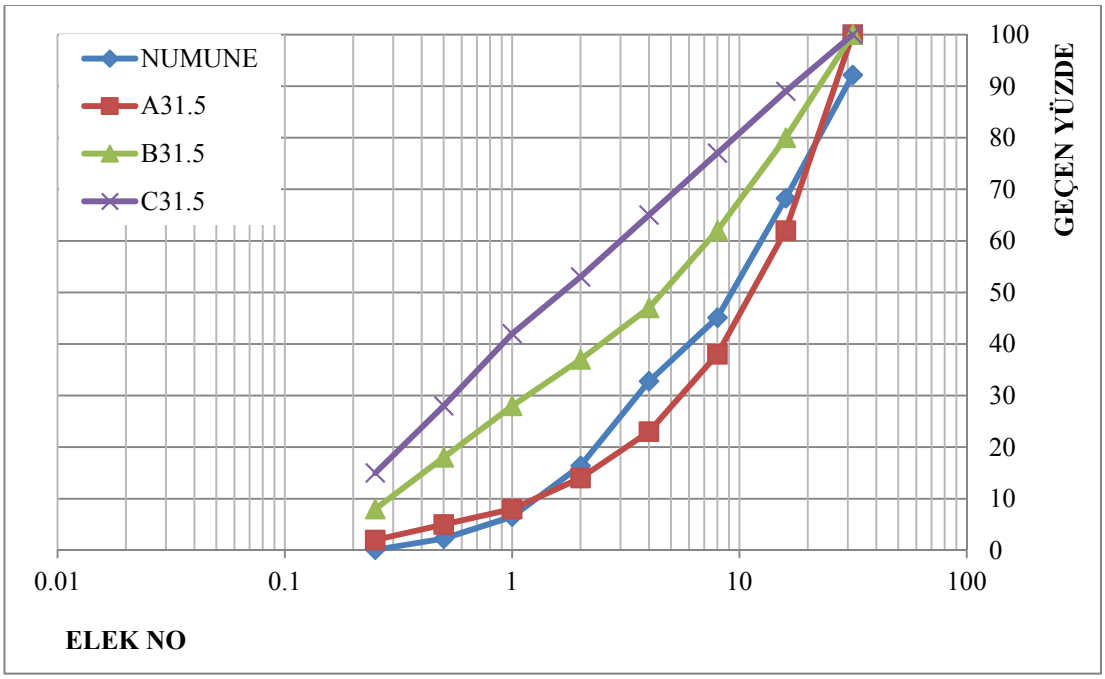
Tablo 5.15. İstanbul Dere Elek Analiz Sonuçları

10.NUMUNE (640 gr - Kap ağırlığı=70 gr)

ELEK ARALIĞI: (mm)	ELEK ÜSTÜNDE KALAN YIĞIŞIMLI AĞIRLIK (%)	A	B	C
0,25	0,214	2	8	15
0,5	7,43	5	18	28
1	16,2	8	28	42
2	32	14	37	53
4	58,48	23	47	65
8	77,45	38	62	77
16	98,63	62	80	89
31,5	100	100	100	100
TOPLAM	390,404			
İNCELİK MODÜLÜ=	390,404/100=3,90404			

5.5.1.11. Keçi (11. numune)

Keçi deresi için yapılan elek analizinde numune ağırlığı 2985 gr, kap ağırlığı 230 gr olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.65. Keçi Deresi Elek Analiz Sonuçları

0,25 mm boyutundaki elek içerisinden numunenin % 0,024 geçerken, 31,5 mm çapındaki elekten numunenin %84,48 geçmiştir.

Dane çapı dağılımı ve elek altı eğrisine göre zemin sınıfı TS1500'e göre GP(Üniform Çakıl) olarak ifade edilebilir.

Deneyler sonucunda;

D_{10}=1,4 mm, D_{50}=9 mm, D_{90}=32 mm olarak belirlenmiştir.

Şekil 5.65'de ve Tablo 5.16'de Keçi Deresine ait elek analizi sonuçları verilmiştir.

Tablo 5.16. Keçi Deresi Elek Analiz Sonuçları

11.NUMUNE (2985 gr - Kap ağırlığı=230 gr)

ELEK ARALIĞI: (mm)	**ELEK ÜSTÜNDE KALAN YIĞIŞIMLI AĞIRLIK (%)**	**A**	**B**	**C**
0,25	0,024	2	8	15
0,5	0,59	5	18	28
1	1,92	8	28	42
2	5,92	14	37	53
4	13,93	23	47	65
8	22,02	38	62	77
16	43,5	62	80	89
31,5	84,48	100	100	100
TOPLAM	172,384			
İNCELİK MODÜLÜ=	172,384/100=1,72384			

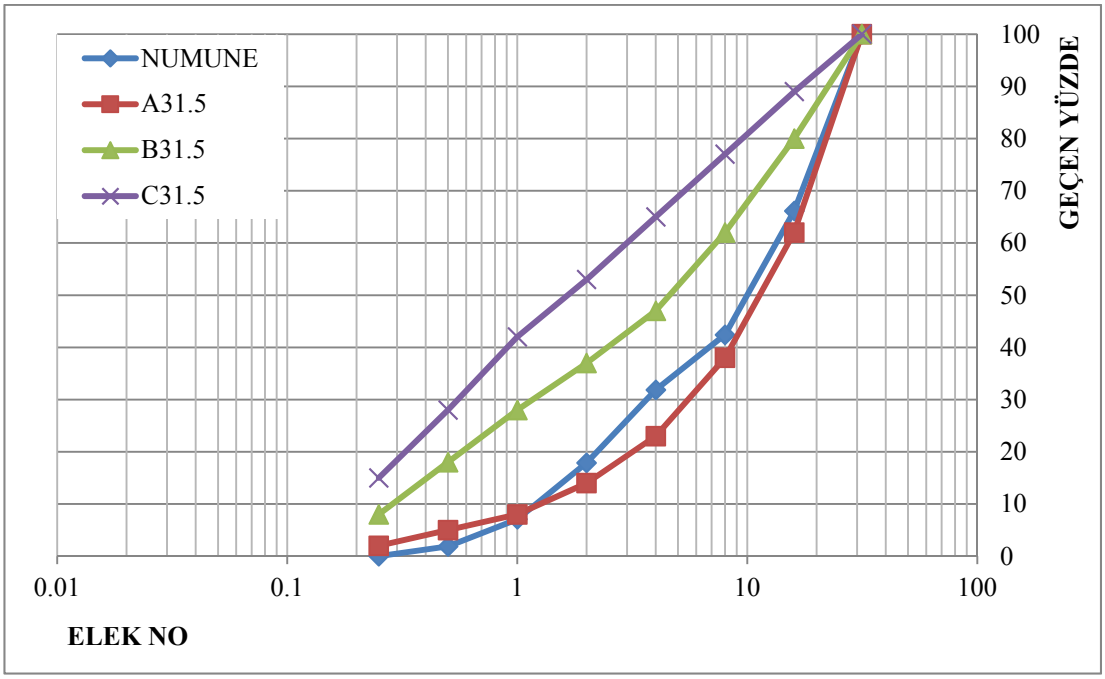
5.5.1.12. Sarp (12. numune)

Sarp deresi için yapılan elek analizinde numune ağırlığı 2985 gr, kap ağırlığı 140 gr olarak belirlenmiştir. 0,25 mm boyutundaki elek içerisinden numunenin % 0 geçerken, 31,5 mm çapındaki elekten numunenin %100 geçmiştir. Dane çapı dağılımı ve elek altı eğrisine göre zemin sınıfı TS1500'e göre GP(Üniform Çakıl) olarak ifade edilebilir.

Analiz sonucunda;

D_{10}=1,3 mm, D_{50}=10 mm, D_{90}=27,5 olarak belirlenmiştir.

Şekil 5.66'de ve Tablo 5.17'de Sarp Deresine ait elek analizi sonuçları verilmiştir.



Şekil 5.66. Sarp Deresi Elek Analiz Sonuçları

Tablo 5.17. Sarp Deresi Elek Analiz Sonuçları

12.NUMUNE (2985 gr - Kap ağırlığı=140 gr)

ELEK ARALIĞI: (mm)	ELEK ÜSTÜNDE KALAN YIĞIŞIMLI AĞIRLIK (%)	A	B	C
0,25	0	2	8	15
0,5	1,87	5	18	28
1	7,075	8	28	42
2	17,88	14	37	53
4	31,86	23	47	65
8	42,4	38	62	77
16	66,13	62	80	89
31,5	100	100	100	100
TOPLAM	267,215			
İNCELİK MODÜLÜ=	267,215/100=2,67215			

5.5.2. Özgül ağırlık deneyleri

AKM konsantrasyonun belirlenmesinde özgül ağırlık değerleri çalışmanın bütünlüğü açısından önemlidir. Çalışmamız içerisinde kurulan modellerde de özgül ağırlık değerleri önem kazanmıştır. Deneyler sonucunda özgül ağırlıkların 2,465 – 2,709 gr/cm^3 arasında değiştiği belirlenmiş ve tablolar halinde verilmiştir.

Tablo 5.18. Harmanlı Deresi Özgül Ağırlık Değerleri

ÖZGÜL AĞIRLIK DENEY FÖYÜ				
İşin Adı	**Harmanlı Deresi**		**G =**	**2,674**
Numune Alım Tarihi	23.01.2015			
Numune Deney Tarihi	27.01.2015			
Yapan	Temel TEMİZ			
Deney No			**[1]**	
Piknometre No			**E**	
Piknometre Hacmi (20*)	cm^3		250	
Hava Alma Yöntemi	-		Vakum	
Piknometre Ağırlığı	W1	gr	92,03	
Piknometre + Kuru Örnek Ağırlığı	W2	gr	120,00	
Piknometre + Su Ağırlığı	W3	gr	340,97	
Piknometre + Su +Örnek Ağırlığı	W4	gr	358,48	
Sıcaklık	°C		20	
Özgül Ağırlık	2,674			
Sıcaklık Düzeltmesi; A	1,0000			
Özgül Ağırlık; GxA	2,674			

Özgül Ağırlık Hesaplama Sıcaklık Katsayıları	***Sıcaklık T1 (°C)***	***A***
	18	**1,0040**
	19	**1,0020**
	20	**1,0000**
	22	**0,9996**
	24	**0,9991**
	26	**0,9986**
	28	**0,9980**

Tablo 5.19. Maden Deresi Özgül Ağırlık Değerleri

ÖZGÜL AĞIRLIK DENEY FÖYÜ				
İşin Adı	**Maden (Eşme- 1) Deresi**		**G =**	**2,697**
Numune Alım Tarihi	23.01.2015			
Numune Deney Tarihi	27.01.2015			
Yapan	Temel TEMİZ			
Deney No			**[1]**	
Piknometre No			**E**	
Piknometre Hacmi (20*)	cm^3		250	
Hava Alma Yöntemi	-		Vakum	
Piknometre Ağırlığı	W1	gr	92,03	
Piknometre + Kuru Örnek Ağırlığı	W2	gr	121,75	
Piknometre + Su Ağırlığı	W3	gr	340,97	
Piknometre + Su +Örnek Ağırlığı	W4	gr	359,67	
Sıcaklık	°C		20	
Özgül Ağırlık	2,697			
Sıcaklık Düzeltmesi; A	1,0000			
Özgül Ağırlık; GxA	2,697			

Özgül Ağırlık Hesaplama Sıcaklık Katsayıları	***Sıcaklık T1 (°C)***	***A***
	18	**1,0040**
	19	**1,0020**
	20	**1,0000**
	22	**0,9996**
	24	**0,9991**
	26	**0,9986**
	28	**0,9980**

Tablo 5.20. Kuru Dere Özgül Ağırlık Değerleri

ÖZGÜL AĞIRLIK DENEY FÖYÜ				
İşin Adı	**Kurudere (Eşme - 2)**		**G =**	**2,531**
Numune Alım Tarihi	23.01.2015			
Numune Deney Tarihi	27.01.2015			
Yapan	Temel TEMİZ			
Deney No			**[1]**	
Piknometre No			**E**	
Piknometre Hacmi (20*)	cm^3		250	
Hava Alma Yöntemi	-		Vakum	
Piknometre Ağırlığı	W1	gr	92,03	
Piknometre + Kuru Örnek Ağırlığı	W2	gr	114,18	
Piknometre + Su Ağırlığı	W3	gr	340,97	
Piknometre + Su +Örnek Ağırlığı	W4	gr	354,37	
Sıcaklık	°C		20	
Özgül Ağırlık	2,531			
Sıcaklık Düzeltmesi; A	1,0000			
Özgül Ağırlık; GxA	2,531			

	Sıcaklık T1 (°C)	***A***
Özgül Ağırlık Hesaplama Sıcaklık Katsayıları	**18**	**1,0040**
	19	**1,0020**
	20	**1,0000**
	22	**0,9996**
	24	**0,9991**
	26	**0,9986**
	28	**0,9980**

Tablo 5.21. Değirmendere Deresi Özgül Ağırlık Değerleri

ÖZGÜL AĞIRLIK DENEY FÖYÜ				
İşin Adı	**Değirmendere (ÇEKOK)**		**G =**	**2,675**
Numune Alım Tarihi	23.01.2015			
Numune Deney Tarihi	27.01.2015			
Yapan	Temel TEMİZ			
Deney No			**[1]**	
Piknometre No			**E**	
Piknometre Hacmi (20*)	cm^3		250	
Hava Alma Yöntemi	-		Vakum	
Piknometre Ağırlığı	W1	gr	92,03	
Piknometre + Kuru Örnek Ağırlığı	W2	gr	114,07	
Piknometre + Su Ağırlığı	W3	gr	340,97	
Piknometre + Su +Örnek Ağırlığı	W4	gr	354,77	
Sıcaklık	°C		20	
Özgül Ağırlık	2,675			
Sıcaklık Düzeltmesi; A	1,0000			
Özgül Ağırlık; GxA	2,675			

Özgül Ağırlık Hesaplama Sıcaklık Katsayıları	***Sıcaklık T1 (°C)***	***A***
	18	**1,0040**
	19	**1,0020**
	20	**1,0000**
	22	**0,9996**
	24	**0,9991**
	26	**0,9986**
	28	**0,9980**

Tablo 5.22. Balıkhane Deresi Özgül Ağırlık Değerleri

ÖZGÜL AĞIRLIK DENEY FÖYÜ				
İşin Adı	**Balıkhane Deresi**		**G =**	**2,578**
Numune Alım Tarihi	23.01.2015			
Numune Deney Tarihi	27.01.2015			
Yapan	Temel TEMİZ			
Deney No			**[1]**	
Piknometre No			**E**	
Piknometre Hacmi (20*)	cm^3		250	
Hava Alma Yöntemi	-		Vakum	
Piknometre Ağırlığı	W1	gr	92,03	
Piknometre + Kuru Örnek Ağırlığı	W2	gr	113,14	
Piknometre + Su Ağırlığı	W3	gr	340,97	
Piknometre + Su +Örnek Ağırlığı	W4	gr	353,89	
Sıcaklık	°C		20	
Özgül Ağırlık	2,578			
Sıcaklık Düzeltmesi; A	1,0000			
Özgül Ağırlık; GxA	2,578			

Özgül Ağırlık Hesaplama Sıcaklık Katsayıları	***Sıcaklık T1 (°C)***	***A***
	18	**1,0040**
	19	**1,0020**
	20	**1,0000**
	22	**0,9996**
	24	**0,9991**
	26	**0,9986**
	28	**0,9980**

Tablo 5.23. Kasabasın Deresi Özgül Ağırlık Değerleri

ÖZGÜL AĞIRLIK DENEY FÖYÜ				
İşin Adı	**Kasabasın Deresi**		**G =**	**2,709**
Numune Alım Tarihi	23.01.2015			
Numune Deney Tarihi	27.01.2015			
Yapan	Temel TEMİZ			
Deney No			**[1]**	
Piknometre No			**E**	
Piknometre Hacmi (20*)	cm^3		250	
Hava Alma Yöntemi	-		Vakum	
Piknometre Ağırlığı	W1	gr	92,03	
Piknometre + Kuru Örnek Ağırlığı	W2	gr	115,65	
Piknometre + Su Ağırlığı	W3	gr	340,97	
Piknometre + Su +Örnek Ağırlığı	W4	gr	355,87	
Sıcaklık	°C		20	
Özgül Ağırlık	2,709			
Sıcaklık Düzeltmesi; A	1,0000			
Özgül Ağırlık; GxA	2,709			

Özgül Ağırlık Hesaplama Sıcaklık Katsayıları	***Sıcaklık T1 (°C)***	***A***
	18	**1,0040**
	19	**1,0020**
	20	**1,0000**
	22	**0,9996**
	24	**0,9991**
	26	**0,9986**
	28	**0,9980**

Tablo 5.24. Yanık Deresi Özgül Ağırlık Değerleri

ÖZGÜL AĞIRLIK DENEY FÖYÜ				
İşin Adı	**Yanık Deresi**		**G =**	**2,567**
Numune Alım Tarihi	23.01.2015			
Numune Deney Tarihi	27.01.2015			
Yapan	Temel TEMİZ			
Deney No			**[1]**	
Piknometre No			**E**	
Piknometre Hacmi (20*)	cm^3		250	
Hava Alma Yöntemi	-		Vakum	
Piknometre Ağırlığı	W1	gr	92,03	
Piknometre + Kuru Örnek Ağırlığı	W2	gr	118,86	
Piknometre + Su Ağırlığı	W3	gr	340,97	
Piknometre + Su +Örnek Ağırlığı	W4	gr	357,35	
Sıcaklık	°C		20	
Özgül Ağırlık	2,567			
Sıcaklık Düzeltmesi; A	1,0000			
Özgül Ağırlık; GxA	2,567			

	Sıcaklık T1 (°C)	***A***
Özgül Ağırlık Hesaplama Sıcaklık Katsayıları	**18**	**1,0040**
	19	**1,0020**
	20	**1,0000**
	22	**0,9996**
	24	**0,9991**
	26	**0,9986**
	28	**0,9980**

Tablo 5.25. Kurtköy Deresi Özgül Ağırlık Değerleri

ÖZGÜL AĞIRLIK DENEY FÖYÜ				
İşin Adı	**Kurtköy Deresi**		**G =**	**2,664**
Numune Alım Tarihi	23.01.2015			
Numune Deney Tarihi	27.01.2015			
Yapan	Temel TEMİZ			
Deney No			**[1]**	
Piknometre No			**E**	
Piknometre Hacmi (20*)	cm^3		250	
Hava Alma Yöntemi	-		Vakum	
Piknometre Ağırlığı	W1	gr	92,03	
Piknometre + Kuru Örnek Ağırlığı	W2	gr	115,45	
Piknometre + Su Ağırlığı	W3	gr	340,97	
Piknometre + Su +Örnek Ağırlığı	W4	gr	355,6	
Sıcaklık	°C		20	
Özgül Ağırlık	2,664			
Sıcaklık Düzeltmesi; A	1,0000			
Özgül Ağırlık; GxA	2,664			

Özgül Ağırlık Hesaplama Sıcaklık Katsayıları	***Sıcaklık T1 (°C)***	***A***
	18	**1,0040**
	19	**1,0020**
	20	**1,0000**
	22	**0,9996**
	24	**0,9991**
	26	**0,9986**
	28	**0,9980**

Tablo 5.26. Mahmudiye Deresi Özgül Ağırlık Değerleri

ÖZGÜL AĞIRLIK DENEY FÖYÜ				
İşin Adı	**Mahmudiye Deresi**		**G =**	**2,534**
Numune Alım Tarihi	23.01.2015			
Numune Deney Tarihi	27.01.2015			
Yapan	Temel TEMİZ			
Deney No			**[1]**	
Piknometre No			**E**	
Piknometre Hacmi (20*)	cm^3		250	
Hava Alma Yöntemi	-		Vakum	
Piknometre Ağırlığı	W1	gr	92,03	
Piknometre + Kuru Örnek Ağırlığı	W2	gr	119,90	
Piknometre + Su Ağırlığı	W3	gr	340,97	
Piknometre + Su +Örnek Ağırlığı	W4	gr	357,84	
Sıcaklık	°C		20	
Özgül Ağırlık	2,534			
Sıcaklık Düzeltmesi; A	1,0000			
Özgül Ağırlık; GxA	2,534			

Özgül Ağırlık Hesaplama Sıcaklık Katsayıları	***Sıcaklık T1 (°C)***	***A***
	18	**1,0040**
	19	**1,0020**
	20	**1,0000**
	22	**0,9996**
	24	**0,9991**
	26	**0,9986**
	28	**0,9980**

Tablo 5.27. İstanbul Deresi Özgül Ağırlık Değerleri

ÖZGÜL AĞIRLIK DENEY FÖYÜ				
İşin Adı	**İstanbul Dere**		**G =**	**2,465**
Numune Alım Tarihi	23.01.2015			
Numune Deney Tarihi	27.01.2015			
Yapan	Temel TEMİZ			
Deney No			**[1]**	
Piknometre No			**E**	
Piknometre Hacmi (20*)	cm^3		250	
Hava Alma Yöntemi	-		Vakum	
Piknometre Ağırlığı	W1	gr	92,03	
Piknometre + Kuru Örnek Ağırlığı	W2	gr	102,63	
Piknometre + Su Ağırlığı	W3	gr	340,97	
Piknometre + Su +Örnek Ağırlığı	W4	gr	347,27	
Sıcaklık	°C		20	
Özgül Ağırlık	2,465			
Sıcaklık Düzeltmesi; A	1,0000			
Özgül Ağırlık; GxA	2,465			
Özgül Ağırlık Hesaplama Sıcaklık Katsayıları	***Sıcaklık T1 (°C)***		***A***	
	18		**1,0040**	
	19		**1,0020**	
	20		**1,0000**	
	22		**0,9996**	
	24		**0,9991**	
	26		**0,9986**	
	28		**0,9980**	

Tablo 5.28. Keçi Deresi Özgül Ağırlık Değerleri

ÖZGÜL AĞIRLIK DENEY FÖYÜ				
İşin Adı	**Keçi Deresi**		**G =**	**2,674**
Numune Alım Tarihi	23.01.2015			
Numune Deney Tarihi	27.01.2015			
Yapan	Temel TEMİZ			
Deney No			**[1]**	
Piknometre No			**E**	
Piknometre Hacmi (20*)	cm^3		250	
Hava Alma Yöntemi	-		Vakum	
Piknometre Ağırlığı	W1	gr	92,03	
Piknometre + Kuru Örnek Ağırlığı	W2	gr	114,68	
Piknometre + Su Ağırlığı	W3	gr	340,97	
Piknometre + Su +Örnek Ağırlığı	W4	gr	355,15	
Sıcaklık	°C		20	
Özgül Ağırlık	2,674			
Sıcaklık Düzeltmesi; A	1,0000			
Özgül Ağırlık; GxA	2,674			

	Sıcaklık T1 (°C)	***A***
Özgül Ağırlık Hesaplama Sıcaklık Katsayıları	**18**	**1,0040**
	19	**1,0020**
	20	**1,0000**
	22	**0,9996**
	24	**0,9991**
	26	**0,9986**
	28	**0,9980**

Tablo 5.29. Sarp Deresi Özgül Ağırlık Değerleri

ÖZGÜL AĞIRLIK DENEY FÖYÜ				
İşin Adı	**Sarp Deresi**		**G =**	**2,674**
Numune Alım Tarihi	23.01.2015			
Numune Deney Tarihi	27.01.2015			
Yapan	Temel TEMİZ			
Deney No			**[1]**	
Piknometre No			**E**	
Piknometre Hacmi (20*)	cm^3		250	
Hava Alma Yöntemi	-		Vakum	
Piknometre Ağırlığı	W1	gr	92,03	
Piknometre + Kuru Örnek Ağırlığı	W2	gr	120,00	
Piknometre + Su Ağırlığı	W3	gr	340,97	
Piknometre + Su +Örnek Ağırlığı	W4	gr	358,48	
Sıcaklık	°C		20	
Özgül Ağırlık	2,674			
Sıcaklık Düzeltmesi; A	1,0000			
Özgül Ağırlık; GxA	2,674			
Özgül Ağırlık Hesaplama Sıcaklık Katsayıları	***Sıcaklık T1 (°C)***		***A***	
	18		**1,0040**	
	19		**1,0020**	
	20		**1,0000**	
	22		**0,9996**	
	24		**0,9991**	
	26		**0,9986**	
	28		**0,9980**	

6. MODELEME SONUÇLARI

Sapanca Havzası üzerinde yer alan 12 adet derenin askı maddesi konsantrasyonlarının belirlenebilmesi için kurulan modellerde kullanılan tüm veriler 2012 ile 2014 yıllarına ait olup, tamamı tez kapsamında yapılan arazi çalışmalarından elde edilmiştir.

Askıda katı madde (Q_s) çıkış parametreleri için üç farklı senaryo hazırlanmış ve her senaryo kendi içerisinde farklı yöntemler ile irdelenmiştir.

Seçilen yöntemlerden ilki Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemidir. Bu yöntemde ağın verilen değerlere göre tahminde bulunacak olması sebebiyle, amaca yönelik ağın çoklu katman ağı (ÇKA) ağı olduğuna karar verilmiştir. Bu çalışma süresince yapay sinir ağı modeli MATLAB programlama dili ile birlikte kullanılmıştır. Yapay sinir ağı modelinin hızlı ve güvenilir sonuçlar verebilmesi amacıyla tüm veriler [0,1] ile [0,9] arasında aşağıda verilen denklem kullanılarak normalize edilmiştir.

$$X=0,1+\frac{0,8(x_i-x_{min})}{(x_{max}-x_{min})} \tag{6.1}$$

Denklemlerdeki,

x_i : Ölçeklendirilecek veriyi,

x_{min} : Ölçeklendirilen veri setindeki en küçük değeri,

x_{max} : Ölçeklendirilen veri setindeki en büyük değeri,

X : Ölçeklendirilme sonucu elde edilen değeri,

İfade etmektedir.

Ayrıca Q_s parametresinin tahmininde elde edilen YSA sonuçların karşılaştırılması amacıyla SRC ve ÇLR yöntemleri de kullanılmıştır. Bu yöntemler içerisinde de aynı (her senaryo içerisinde farklı seçilmiştir) aynı veriler kullanılmıştır. Bu modeller SRC ve ÇLR modelleri olarak bölüm 5'te detaylı olarak verilmiştir.

Modellemeleri yapılan üç farklı senaryoya ait çalışmalar aşağıda irdelenmiştir.

Kullanılan üç model ve bu modeller içerisinde seçilen ayrı yöntemlerin 12 ayrı dereye ait 12 ayrı veri seti bulunmaktadır. 12 veri setinde toplam 129 adet veri proje süresince arazi çalışmalarından elde edilmiştir. 129 adet verinin tamamı modelleme içerisinde kullanılamamış bu verileri setinden 84 adedi seçilmiştir. 84 adet verinin 64 tanesi eğitim, 20 tanesi ise test verileridir. Burada seçilen 84 adet veri her model için farklılık göstermektedir fakat model içerisinde seçilen yöntemlerde aynı veri setleri kullanılmıştır.

Modellemeler için yapılan ölçüm sayıları ve ayrıca tüm derelerin fiziksel özellikleri birbirlerinden oldukça farklıdır. Bu durumlar göz önüne alındığında modellerin sağlıklı sonuçlar verebilmesi zordur.

Birinci senaryo kapsamında bir girdi ve bir çıktı seti için üç farklı yöntem kullanılarak yapılan tahminler karşılaştırılmıştır. Bu yöntemler SRC, YSA ve ÇLR'dir.

İkinci senaryo kapsamında sekiz adet girdi ile bir çıktı seti için iki farklı yöntem kullanılarak yapılan tahminler karşılaştırılmıştır. Bu yöntemler YSA ve ÇLR'dir.

Üçüncü senaryo kapsamında dört adet girdi ile bir çıktı seti için iki farklı yöntem kullanılarak yapılan tahminler karşılaştırılmıştır. Bu yöntemler YSA ve ÇLR'dir. Bu senaryo içerisinde kullanılan dört adet girdi veri setinde kullanılan değerler arazi çalışmasından elde edilen boyutsuz parametrelerdir. Çıktı verisi ise diğer modellerde olduğu gibi Q_s değeridir.

Modellerin karşılaştırmasında performans ölçütleri olarak ortalama karesel hata (OKH), ortalama karesel hatanın karekökü (KOKH) ve determinasyon katsayısı (R^2) seçilmiştir. Seçilen performans ölçütlerinden OKH ve KOKH'ın sıfır'a "0", R^2'nin ise bire "1" yakın olması istenir. Bu senaryodan en az ikisinin en iyi olduğu durum en iyi senaryo olarak değerlendirilmiştir.

6.1. Birinci Senaryo (1 Girdi – 1 Çıktı)

Tablo 6.1'de de gösterildiği üzere girdi olarak debi seçilmiş, modelden çıktı olarak taşınan askı madde miktarının tahmini istenmektedir.

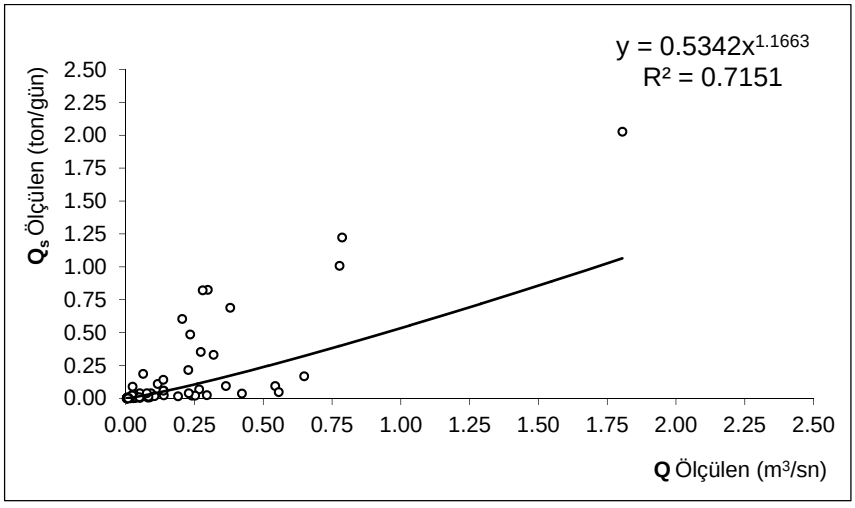
Tablo 6.1. Birinci Senaryo Veri Seti

No.	Değişkenler	Birim
1	Debi (Q)	m^3/s
2	Taşınan Askı Madde Miktarı (Q_s)	ton/gün

6.1.1. Sediment anahtar eğrisi (SRC) (1 girdi – 1 çıktı)

Akarsu ve nehirlerdeki akım ile taşınan katı maddeyi ilişkilendiren regresyon denklemleri Türkiye'de EİE tarafından tüm akarsu ve nehirler için hazırlanmış olup, EİE'nin DSİ'ye devrinden sonra bu denklemler DSİ'de kullanılmaya başlanmıştır.

Sapanca Havzasını besleyen yan dereler EİE ve DSİ gibi kurumlar için su kapasiteleri yetersizdir. Bu nedenle Sapanca Havzasını besleyen dereler için oluşturulmuş Sediment Anahtar Eğrileri bulunmamaktadır. Bu çalışma içerisinde 12 ayrı dere için farklı SRC eğrileri yerine, 12 derenin tamamını ifade eden bir SRC eğrisi oluşturulmaya çalışılmıştır.



Şekil 6.1. Yan Dereler İçin Belirlenen Sediment Anahtar Eğrisi

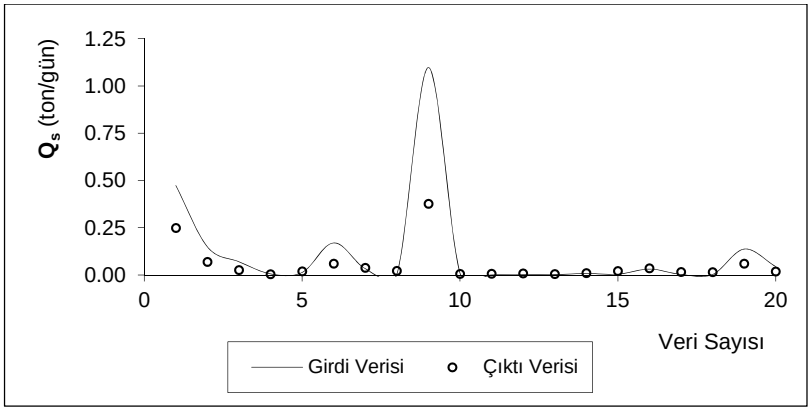
12 adet dere için seçilen 84 verilerden 64 tanesi ile Şekil 6.1'de Sediment Anahtar Eğrisi oluşturulmuştur.

Oluşturulan grafikte bir eksende günlük ölçülen toplam askı maddesi verilmiş, diğer eksende ise ölçülen günlük toplam askı maddesini hareketinin meydana geldiği günlük debi değişimleri verilmiştir.

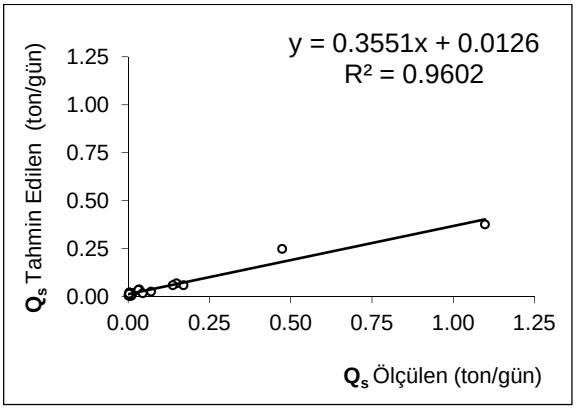
Şekil 6.1'de, birinci senaryo ve ilk yöntem için Denklem 6.2 ifade edilmiştir. Bu denklem kullanılarak veriler kalibre edilmiştir.

$$Q_s = 0{,}5342Q^{1{,}1663} \tag{6.2}$$

Şekil 6.2 ve 7.3'de SRC yöntemine ait test sonuçları yer almaktadır.



Şekil 6.2. Askı Madde Yükü SRC Test Model Gidiş Sonuçları



Şekil 6.3. Askı Madde Yükü SRC Test Model Determinasyon Sonuçları

Şekil 6.2'de yer alan askı madde gidiş grafiği incelendiğinde, seçilen yöntem ile yapılan tahminlerin özellikle sıfıra yakın değerleri yakalamada başarısız kaldığı görülmektedir.

Şekil 6.3'de yer alan determinasyon katsayısının yüksek olduğu görülmektedir, buna rağmen $y = a_0 x + a_1$ şeklindeki bir determinasyon denkleminde katsayıların iyi bir modelde a_0'ın 1'e yaklaşırken, a_1'in küçük değerler alması beklenmektedir. Şekil 6.3'de verilen Denklem 6.3 için SRC modelinin determinasyon denkleminden de modelin başarısız olduğu anlaşılmaktadır.

$$Q_s = 0{,}3551Q + 0{,}0126 \tag{6.3}$$

Tablo 6.2'de SRC yöntemi kullanılarak elde edilen değerlerin karşılaştırma için kullanılan performans ölçütleri verilmiştir.

Tablo 6.2. Birinci Senaryo Birinci Yöntem Performans Ölçütleri

Senaryo	Yöntem	Model Girdileri	OKH	KOKH	R^2	R
I	**I**	***Q***	0,0300	0,173	0,960	0,979

6.1.2. Çoklu doğrusal regresyon modeli (ÇLR) (1 girdi – 1 çıktı)

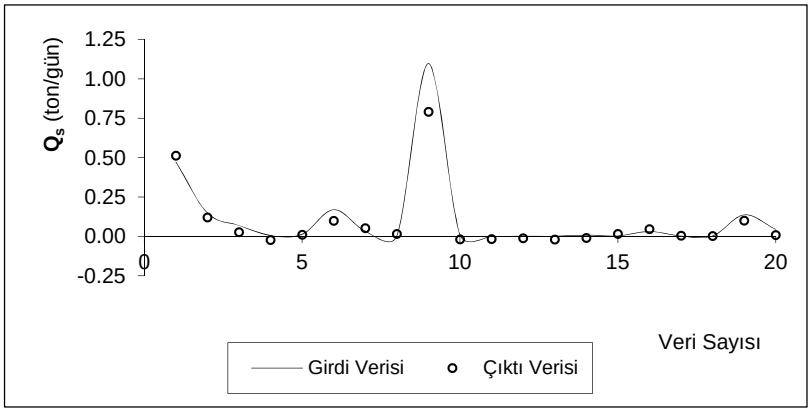
Belirlenen birinci senaryo için çoklu doğrusal regresyon modelleri kurulduğunda Denklem 6.4'e göre elde edilmiştir.

$$Q_s = 0{,}7759Q - 0{,}0029 \tag{6.4}$$

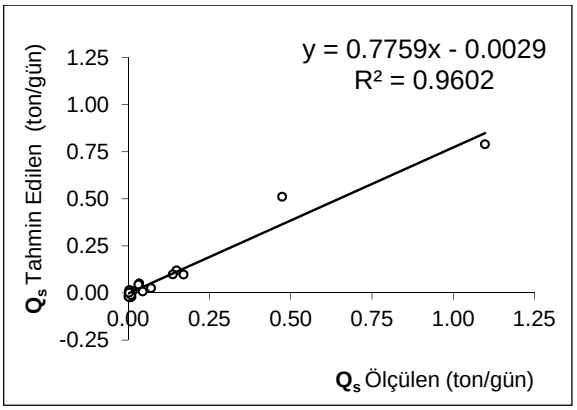
Şekil 6.4 ve 6.5'de ÇLR yöntemiyle elde edilen test sonuçları yer almaktadır.

Şekil 6.4 ve 6.5'te yer alan askı madde gidiş grafiği incelendiğinde, seçilen yöntem ile yapılan tahminlerin özellikle sıfıra yakın değerleri yakalamada başarısız kaldığı hatta bu değerlerin sıfırın altına indiği görülmektedir.

Tablo 6.3'de ÇLR yöntemi kullanılarak elde edilen değerlerin karşılaştırma için kullanılan performans ölçütleri verilmiştir.



Şekil 6.4. Askı Madde Yükü ÇLR Test Model Gidiş Sonuçları



Şekil 6.5. Askı Madde Yükü ÇLR Test Model Determinasyon Sonuçları

Tablo 6.3. Birinci Senaryo İkinci Yöntem Performans Ölçütleri

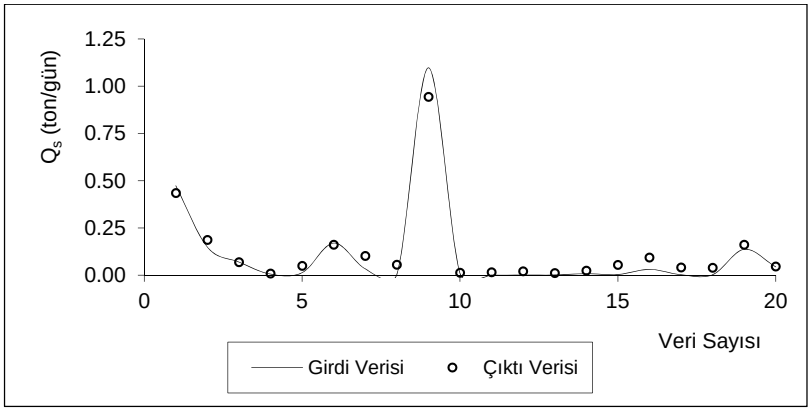
Senaryo	Yöntem	Model Girdileri	OKH	KOKH	R^2	R
I	II	***Q***	0,0055	0,074	0,960	0,979

6.1.3. Yapay sinir ağı modeli (YSA) (1 girdi – 1 çıktı)

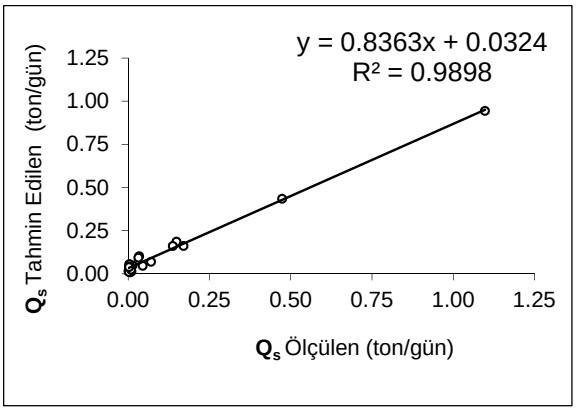
Belirlenen birinci senaryoda belirlenen üçüncü yöntem için çeşitli yapay sinir ağları modelleri ve dört farklı eğitim algoritmalısı çalışılmıştır. Bu yöntemler ileri beslemeli ve geri yayımlı Levenberg-Marquardt (lm), One-step secant (oss), Scaled conjugate gradient (scg) ve BFGS quasi-Newton (bfg) algoritmalarıdır.

Birinci senaryo için en uygun algoritma BFGS quasi-Newton'dur. Bu algoritma bu veri seti için 7 iterasyonla sonuca ulaşmıştır. YSA yöntemiyle elde edilen

performanslar ve sonuçları Şekil 6.6 ve 6.7'de verilmiştir. Ayrıca bu yöntem için elde edilen performans ölçütleri Tablo 6.4'te görülmektedir.



Şekil 6.6. Askı Madde Yükü YSA Test Model Gidiş Sonuçları



Şekil 6.7. Askı Madde Yükü YSA Test Model Determinasyon Sonuçları

Şekil 6.6'da yer alan askı madde gidiş grafiği incelendiğinde, seçilen yöntem ile yapılan tahminlerin özellikle sıfıra yakın değerleri yakalamada zorlandığı fakat pik değerlerin görüldüğü noktalarda başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir.

$$Q_s = 0,7759Q - 0,0029 \quad (6.5)$$

Tablo 6.4. Birinci Senaryo Üçüncü Yöntem Performans Ölçütleri

Senaryo	Yöntem	Model Girdileri	OKH	KOKH	R^2	R
I	**III**	***Q***	0,0023	0,048	0,989	0,994

Ayrıca Şekil 6.7'de yer alan determinasyon katsayısının yüksek olduğu görülmektedir, ayrıca $y = a_0 x + a_1$ şeklindeki bir determinasyon denkleminde katsayıların iyi bir modelde a_0'ın 1'e yaklaşırken, a_1'in küçük değerler alması beklenmektedir. YSA modeli için verilen Denklem 6.5'in katsayılar açısından da başarılı olduğu ifade edilebilir.

6.1.4. Birinci senaryo 1 girdi – 1 çıktı için değerlendirmeler

Birinci senaryo için üç farklı yöntem seçilmiştir. Bu yöntemler çalışma içerisinde ayrıca detaylı olarak ifade edilmiştir.

Tablo 6.5. Birinci Senaryo Performans Ölçütlerinin Karşılaştırılması

Senaryo	Yöntem	Model Girdileri	OKH	KOKH	R^2	R
I	I	*Q*	0,0300	0,173	0,960	0,979
	II		0,0055	0,074	0,960	0,979
	III		0,0023	0,048	0,989	0,994

Tablo 6.5'te birinci senaryo için üç farklı yöntem sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlar incelendiğinde OKH ve KOKH'nin sıfıra yakın olduğu durumlar ile determinasyon ve korelasyon katsayılarının bire en yakın olduğu değerler üçüncü senaryodadır. İkinci yöntem olan ÇLR modeli sonuçlarında negatif sonuçlar bulunmaktadır. Bu durum nedeniyle en iyi sonuçları bu yöntem verse bile, elde edilen sonuçların kullanılması mümkün görülmemektedir.

Bu yaklaşımlar açısından da incelendiğinde en iyi sonucun üçüncü yöntem olan YSA modeli olduğu ifade edilebilir.

6.2. İkinci Senaryo (8 Girdi – 1 Çıktı)

Tablo 6.6'de de gösterildiği üzere, girdi olarak debi seçilmiş ve modelden çıktı sekiz farklı parametre ile askı madde miktarının tahmini istenmektedir.

Tablo 6.6. İkinci Senaryo Veri Seti

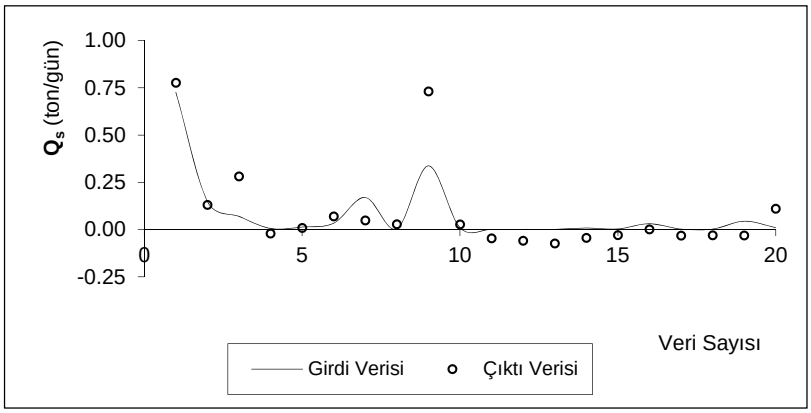
No.	Değişkenler	Birim
1	Su Sıcaklığı	˚C
2	d_{50}	mm
3	Havza Alanı	km^2
4	Havza Kuş Uçuşu Mesafesi	km^2
5	Dere Uzunluğu	km
6	Ortalama Dere Eğimi	-
7	Kesit Faktörü	$m^2*m^{(2/3)}$
8	Debi (Q)	m^3/s
9	Taşınan Askı Madde Miktarı (Q_s)	ton/gün

6.2.1. Çoklu doğrusal regresyon modeli (ÇLR) (8 girdi – 1 çıktı)

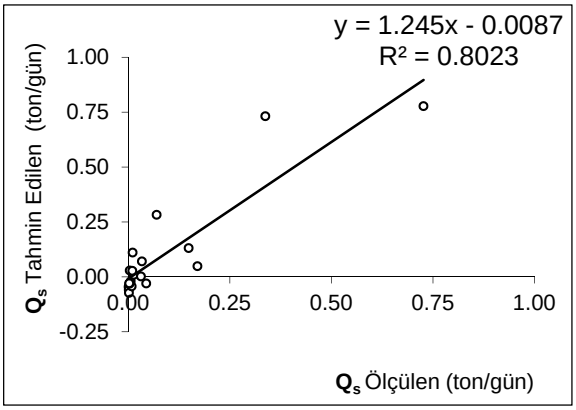
Belirlenen ikinci senaryo için çoklu doğrusal regresyon modellerinden Denklem 6.6 elde edilmiştir.

$$Q_s = 1{,}245Q - 0{,}0087 \quad (6.6)$$

Şekil 6.8 ve 6.9'da yer alan askı madde gidiş grafiği incelendiğinde, seçilen yöntem ile yapılan tahminlerin özellikle sıfıra yakın değerler yakalamada başarısız kaldığı hatta bu değerlerin sıfırın altına indiği görülmektedir. Denklem bazı pik değerlerde istenene yakın veri tahmini yapabilmesine karşın bazı değerlerde hata oranı yüksektir. Şekil 6.8 ve 6.9'de ÇLR yöntemiyle elde edilen test sonuçları yer almaktadır.



Şekil 6.8. Askı Madde Yükü ÇLR Test Model Gidiş Sonuçları



Şekil 6.9. Askı Madde Yükü ÇLR Test Model Determinasyon Sonuçları

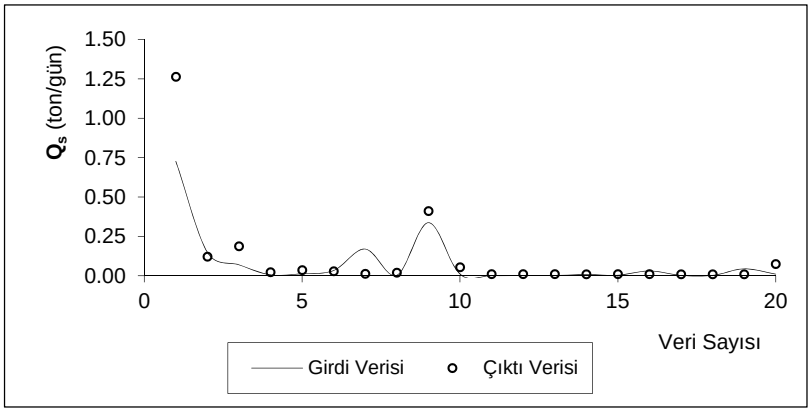
Tablo 6.7'de ÇLR yöntemi kullanılarak elde edilen değerlerin karşılaştırma için kullanılan performans ölçütleri verilmiştir.

Tablo 6.7. İkinci Senaryo Birinci Yöntem Performans Ölçütleri

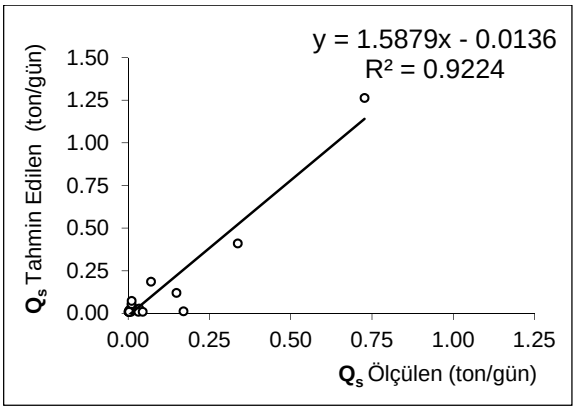
Senaryo	Yöntem	Model Girdileri	OKH	KOKH	R^2	R
II	**I**	***Su Sıcaklığı*** ***d_{50}*** ***Hav. Alanı*** ***Hav. Kuş Uç. Mes.*** ***Dere Uz.*** ***Ort. Dere Eğimi*** ***Kesit Faktörü*** ***Q***	0,0127	0,113	0,802	0,896

6.2.2 Yapay Sinir Ağı Modeli (YSA) (8 Girdi – 1 Çıktı)

İkinci senaryoda belirlenen ikinci yöntem için çeşitli yapay sinir ağları modelleri ve dört farklı eğitim algoritmalısı çalışılmıştır. Bu yöntemler ileri beslemeli ve geri yayımlı Levenberg-Marquardt (lm), One-step secant (oss), Scaled conjugate gradient (scg) ve BFGS quasi-Newton (bfg) algoritmalarıdır.



Şekil 6.10. Askı Madde Yükü YSA Test Model Gidiş Sonuçları



Şekil 6.11. Askı Madde Yükü YSA Test Model Determinasyon Sonuçları

Tablo 6.8. İkinci Senaryo İkinci Yöntem Performans Ölçütleri

Senaryo	Yöntem	Model Girdileri	OKH	KOKH	R^2	R
II	**II**	***Su Sıcaklığı*** ***d_{50}*** ***Hav. Alanı*** ***Hav. Kuş Uç. Mes.*** ***Dere Uz.*** ***Ort. Dere Eğimi*** ***Kesit Faktörü*** ***Q***	0,0171	0,131	0,922	0,960

Birinci senaryo için en uygun algoritma BFGS quasi-Newton'dur. Bu algoritma bu veri seti için 765 iterasyonla sonuca ulaşmıştır. YSA yöntemiyle elde edilen performanslar ve sonuçları Şekil 6.10 ve 6.11'de verilmiştir. Ayrıca bu yöntem için elde edilen performans ölçütleri Tablo 6.8'te görülmektedir.

Şekil 6.10'da yer alan askı madde gidiş grafiği incelendiğinde, seçilen yöntem ile yapılan tahminlerin özellikle sıfıra yakın değerleri yakalamada zorlandığı fakat pik değerlerin görüldüğü noktalarda başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir.

$$Q_s = 1{,}5879Q - 0{,}0136 \quad (6.6)$$

6.2.3. İkinci senaryo 8 girdi – 1 çıktı için değerlendirmeler

İkinci senaryo için iki farklı yöntem seçilmiştir. Bu yöntemler çalışma içerisinde ayrıca detaylı olarak ifade edilmiştir.

Tablo 6.9. İkinci Senaryo Performans Ölçütlerinin Karşılaştırılması

Senaryo	Yöntem	Model Girdileri	OKH	KOKH	R^2	R
II	I	***Su Sıcaklığı*** ***d_{50}*** ***Hav. Alanı*** ***Hav. Kuş Uç. Mes.*** ***Dere Uz.*** ***Ort. Dere Eğimi*** ***Kesit Faktörü*** ***Q***	0,0127	0,113	0,802	0,896
	II		0,0171	0,131	0,922	0,960

Tablo 6.9'da ikinci senaryo için iki farklı yöntem sonuçları yer almaktadır. Bu sonuçlar incelendiğinde OKH ve KOKH'nin sıfıra yakın olduğu durumlar ilk yöntemde görülürken, determinasyon ve korelasyon katsayılarının bire en yakın olduğu değerler ise ikinci yöntemde yer almaktadır.

İlk yöntem olan ÇLR modeli sonuçlarında negatif sonuçlar bulunmaktadır. Bu durum nedeniyle iki yöntem arasında en iyi sonucun YSA modelinden elde edildiği ifade edilebilir.

6.3 Üçüncü Senaryo (4 Girdi – 1 Çıktı)

Tablo 6.10'da de gösterildiği üzere, girdi olarak debi seçilmiş ve modelden çıktı dört farklı parametre ile askı madde miktarının tahmini istenmektedir. Burada girdi olarak seçilen değerlerin tamamı ölçülen değerlerin boyutsuz parametrelere çevrilmesiyle elde edilmiştir.

Tablo 6.10. Üçüncü Senaryo Veri Seti

No.	Değişkenler	Birim
1	$\frac{R}{d_{50}}$	-
2	$\frac{V}{\sqrt{g(G_s\text{-}1)d_{50}}}$	-
3	$\frac{G_s\text{-}1}{S}$	-
4	$d_{50}\left[\frac{(G_s\text{-}1)g}{\upsilon^2}\right]^{1/3}$	-
5	Taşınan Askı Madde Miktarı (Q_s)	ton/gün

$\frac{R}{d_{50}}$ = Boyutsuz hidrolik yarıçap,

$\frac{V}{\sqrt{g(G_s\text{-}1)d_{50}}} = F_g$ = Danecik Froude sayısı,

$\frac{G_s\text{-}1}{S}$ = Sediment yoğunluğunun eğime oranı

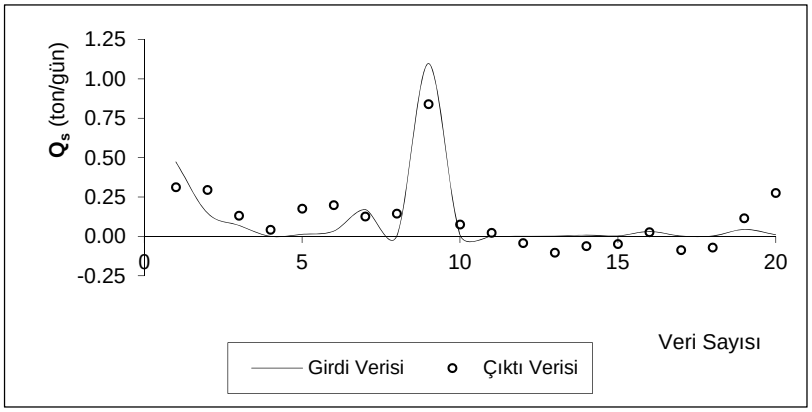
$d_{50}\left[\frac{(G_s-1)g}{\upsilon^2}\right]^{1/3}$ = boyutsuz dane çapı

6.3.1. Çoklu doğrusal regresyon modeli (ÇLR) (4 girdi – 1 çıktı)

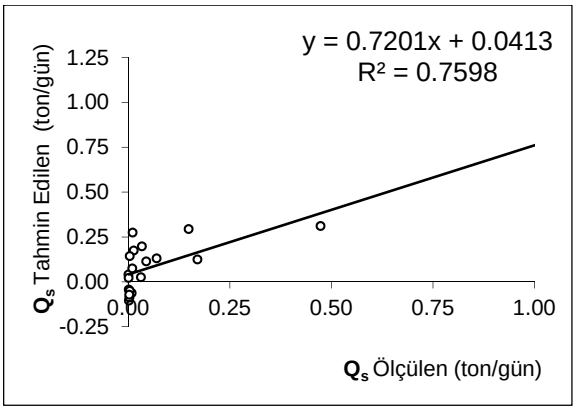
Belirlenen ikinci senaryo için çoklu doğrusal regresyon modellerinden Denklem 6.7 elde edilmiştir.

$$Q_s = 0{,}7201Q - 0{,}0413 \qquad (6.7)$$

Şekil 6.12 ve 6.13'de ÇLR yöntemiyle elde edilen test sonuçları yer almaktadır.



Şekil 6.12. Askı Madde Yükü ÇLR Test Model Gidiş Sonuçları



Şekil 6.13. Askı Madde Yükü YSA Test Model Determinasyon Sonuçları

Tablo 6.11. Üçüncü Senaryo Birinci Yöntem Performans Ölçütleri

Senaryo	Yöntem	Model Girdileri	OKH	KOKH	R^2	R
III	I	$\frac{R}{d_{50}}$ $\frac{V}{\sqrt{g(G_s-1)d_{50}}}$ $\frac{G_s-1}{S}$ $d_{50}\left[\frac{(G_s-1)g}{\upsilon^2}\right]^{1/3}$	0,0154	0,124	0,759	0,872

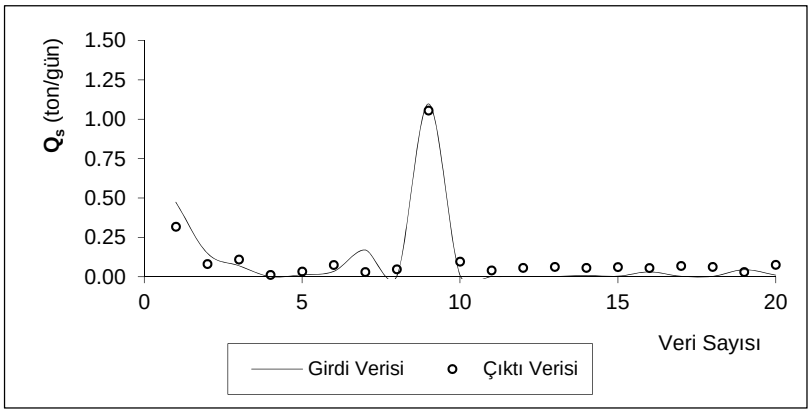
Şekil 6.12 ve 6.13'de yer alan askı madde gidiş grafiği incelendiğinde, seçilen yöntem ile tahminlerin değerleri yakalamada başarısız kaldığı hatta sıfıra yakın değerlerin bir

kısmı olması gerekenden yüksek çıkarken diğer değerlerin sıfırın altına indiği görülmektedir.

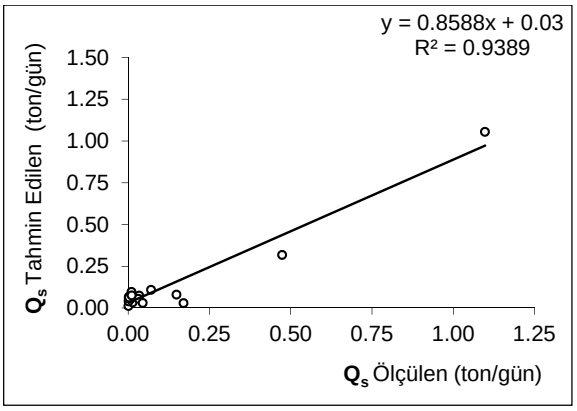
6.3.2. Yapay sinir ağı modeli (YSA) (4 girdi – 1 çıktı)

Üçüncü senaryoda belirlenen ikinci yöntem için çeşitli yapay sinir ağları modelleri ve dört farklı eğitim algoritmalısı çalışılmıştır. Bu yöntemler ileri beslemeli ve geri yayımlı Levenberg-Marquardt (lm), One-step secant (oss), Scaled conjugate gradient (scg) ve BFGS quasi-Newton (bfg) algoritmalarıdır.

Üçüncü senaryo için en uygun algoritma BFGS quasi-Newton'dur. Bu algoritma bu veri seti için 7 iterasyonla sonuca ulaşmıştır.



Şekil 6.14. Askı Madde Yükü YSA Test Model Gidiş Sonuçları



Şekil 6.15. Askı Madde Yükü YSA Test Model Determinasyon Sonuçları

YSA yöntemiyle elde edilen performanslar ve sonuçları Şekil 6.14 ve 6.15'de verilmiştir. Ayrıca bu yöntem için elde edilen performans ölçütleri Tablo 6.12'de görülmektedir.

Tablo 6.12. Üçüncü Senaryo İkinci Yöntem Performans Ölçütleri

Senaryo	Yöntem	Model Girdileri	OKH	KOKH	R^2	R
III	**II**	$\frac{R}{d_{50}}$ $\frac{V}{\sqrt{g(G_s-1)d_{50}}}$ $\frac{G_s-1}{S}$ $d_{50}\left[\frac{(G_s-1)g}{\upsilon^2}\right]^{1/3}$	0,0045	0,067	0,939	0,969

Şekil 6.10'da yer alan askı madde gidiş grafiği incelendiğinde, seçilen yöntem ile yapılan tahminlerin özellikle sıfıra yakın değerleri yakalamada zorlandığı fakat pik değerlerin görüldüğü noktalarda başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir.

$$Q_s = 0{,}8588Q + 0{,}03 \tag{6.8}$$

Ayrıca Şekil 6.15'de yer alan determinasyon katsayısının yüksek olduğu görülmektedir. $y = a_0 x + a_1$ şeklindeki bir determinasyon denkleminde katsayıların iyi bir modelde a_0'ın 1'e yaklaşırken, a_1'in küçük değerler alması beklenmektedir. YSA modeli için verilen Denklem 6.8'in katsayılar açısından da başarılı olduğu ifade edilebilir.

6.3.3. Üçüncü senaryo 4 girdi – 1 çıktı için değerlendirmeler

Üçüncü senaryo için iki farklı yöntem seçilmiştir. Bu yöntemler çalışma içerisinde ayrıca detaylı olarak ifade edilmiştir.

Tablo 6.12'de üçüncü senaryo için iki farklı yöntem sonuçları yer almaktadır. Bu sonuçlar incelendiğinde OKH ve KOKH'ın sıfıra yakın olduğu durumlar ile,

determinasyon ve korelasyon katsayılarının bire en yakın olduğu değerler ikinci yöntemde yer almaktadır.

İlk yöntem olan ÇLR modeli sonuçlarında negatif sonuçlar bulunmaktadır.

Tablo 6.13. Üçüncü Senaryo Performans Ölçütlerinin Karşılaştırılması

Senaryo	Yöntem	Model Girdileri	OKH	KOKH	R^2	R
III	I	$\frac{R}{d_{50}}$ $\frac{V}{\sqrt{g(G_s-1)d_{50}}}$	0,0154	0,124	0,759	0,872
	II	$\frac{G_s-1}{S}$ $d_{50}\left[\frac{(G_s-1)g}{\upsilon^2}\right]^{1/3}$	0,0045	0,067	0,939	0,969

Bu yaklaşımlar açısından da incelendiğinde en iyi sonucun ikinci yöntem olan YSA yöntemi olduğu ifade edilebilir.

7. ARAZİ KULLANIMI SONUÇLARI

Arazi kullanımının değerlendirilmesi çalışmasında iki farklı dönem kullanılmıştır. Bu dönemlerden ilki için Landsat 5 TM (1987) ve Landsat 8 TM (2010) uydu görüntüleri kullanılmıştır. İkinci çalışma ise tamamen ilk çalışmanın kontrolü açısından değerlendirme niteliğindedir. Değerlendirme için belirlenen tüm veriler, T.C. Orman Bakanlığının online veri bankasından elde edilmiştir ve 1990, 2000, 2006 yıllarını kapsamaktadır. Bu iki çalışmanın alansal yerleşimleri birbirinden ciddi oranda farklıdır, bu nedenle birebir karşılaştırılması uygun görülmemiştir. Bu farklılığın en önemli sebebi tarafımızca yapılan ilk çalışmada Sapanca Havzasının sınırları referans alınmışken, T.C. Orman Bakanlığının bilgi amaçlı olarak sisteminde sunmuş olduğu veriler Sakarya ili, Sapanca İlçesi içindir. Bu durumda, her iki çalışmanın kendi içerisinde değerlendirilmesi uygun görülmüştür.

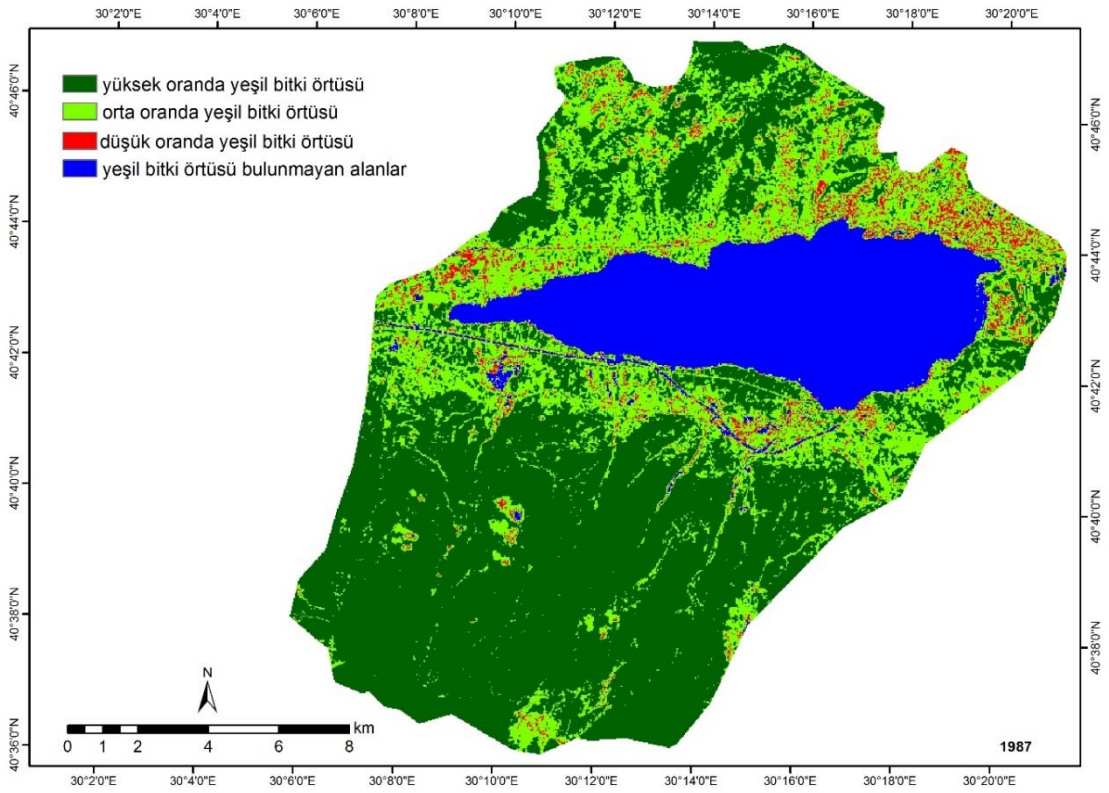
7.1. Landsat 5 TM (1987) - Landsat 8 TM (2010) Uydu Görüntüleri

Elde edilen bitki örtüsü değişimi sınıflandırma sonuçları istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, yüksek oranda yeşil bitki örtüsünün hakim olduğu alanlarda 15039,10 hektardan 13956.30 hektara -%7,2'lik bir azalma olmuştur.

Tablo 7.1.Sapanca Havzadaki Arazi Kullanım Oranları 1987 - 2010

ARCGIS	1987		2010		1987-2010	
	Arazi Kullanım		Arazi Kullanım		Alan Değişimi	
	ha	%	ha	%	ha	%
Yeşil Bitki Örtüsü Bulunmayan	4525,92	16,83	4391,82	16,33	-134,10	% -2,96
Düşük Oranda Yeşil Bitki Örtüsü	670,90	2,50	697,59	2,59	26,69	% 3,98
Orta Oranda Yeşil Bitki Örtüsü	6596,53	24,53	7895,07	29,36	1298,54	% 19,69
Yüksek Oranda Yeşil Bitki Örtüsü	15039,10	55,94	13956,30	51,91	-1082,80	% -7,2
Toplam	26886,62	100,00	26886,62	100,00	-	-

Yüksek oranda yeşil bitki örtüsünün hakim olduğu alanlarda değişimin asıl nedeni ormanlık alanların tahrip edilerek insan etkilerinin artmasıdır. Orta oranda yeşil bitki örtüsünün hakim olduğu alanlarda 6596,53 hektardan 7895,07 hektara %19,69'lik bir artış görülmektedir. Düşük oranda yeşil bitki örtüsünün hakim olduğu alanlarda 670,90 hektardan 697,59 hektara % 3,98'lik bir artış olmuştur.



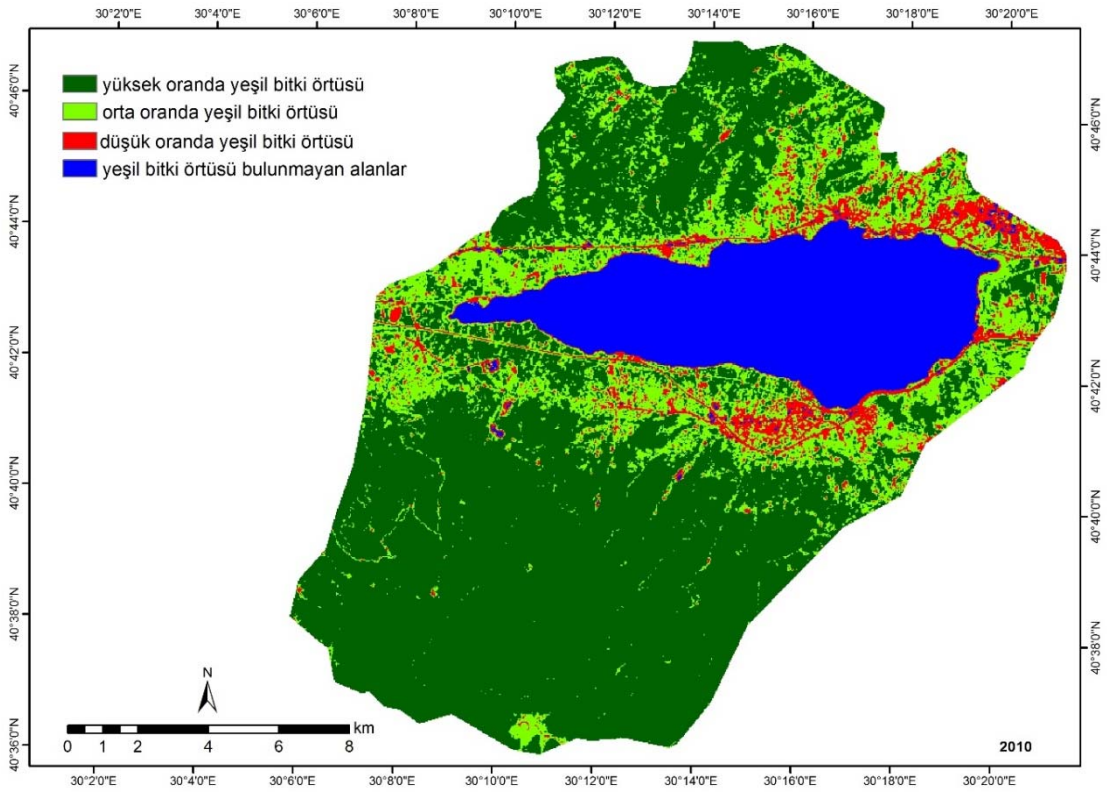
Şekil 7.1. 1987 yılına ait sınıflandırılmış NDVI görüntüsü

Görülen artışın en önemli sebeplerinden birisi, şehirleşme ve sanayileşmede meydana gelen artış nedeniyle insan etkilerinin artmasıdır. Buna ilaveten tarım alanlarının ikinci konut yapımı için yerleşim alanlarına dönüştürülmesidir. Yeşil bitki örtüsü bulunmayan alanların daha durağana yakın bir değişim sergilediği de söylenebilir.

Sonuç olarak 1978-2010 yılları arasında doğal bitki örtüsünün tahrip olduğu analizler sonucunda görülmüştür.

Ayrıca havzada II. ve III. kalite olan toprakların %70'inde orta derecede, daha dik eğimli olan IV., VI. ve VII. sınıf topraklarda ise ciddi derecede erozyon problemi bulunduğu ifade edilmiştir.. Bu bağlamda bitki örtüsü tahribinin veya yerleşim alanlı lehine orman tahribatının bu erozyonu arttıracağı açıktır.

Tablo 7.1'de Sapanca Havzasında 1987 ve 2010 yılları arasında görülen arazi kullanımı değişimleri, Şekil 7.1 ve Şekil 7.2 'de Sapanca Havzasına ait NDVI görüntüleri verilmiştir.



Şekil 7.2. 2010 yılına ait sınıflandırılmış NDVI görüntüsü

7.2. 1990 -2000 – 2006 Yılları Arazi Örtüsü Verileri

T.C. Orman Bakanlığının online web sisteminde sunulan veri sisteminden, 1990, 2000 ve 2006 yılları için elde edilen Sakarya İli, Sapanca İlçesine ait arazi örtüsü değişimleri değerlendirildiğinde,

1990 ila 2000 yılları arasında orman ve yarı doğal alanların 10862,38 hektardan 10821,33 hektara % -0,378 azaldığı, tarımsal alanların 3289,59 hektardan 2787,98 hektara % -15,25 azaldığı ve yapay bölgelerin 351,36 hektardan 894,02 hektara % 154,45 arttığı ifade edilebilir. Burada ifade edilen değişimler Tablo 7.2 'de verilmiştir.

Tablo 7.2.Sapanca Havzadaki Arazi Kullanım Oranları 1990 - 2000

	1990		2000		1990-2000	
	Arazi Kullanım		Arazi Kullanım		Alan Değişimi	
	ha	%	ha	%	ha	%
Yapay Bölgeler	351,36	1,97487	894,02	5,02490	542,66	% 154,45
Tarımsal Alanlar	3289,59	18,48942	2787,98	15,67007	-501,64	% - 15,25
Orman Yeri ve Yarı Doğal Alanlar	10862,38	61,05289	10821,33	60,82222	-41,05	% - 0,378
Su Kütleleri	3288,42	18,48283	3288,42	18,48283	-	-
Toplam	17791,75	100,00	17791,75	100,00	-	-

2000 ila 2006 yılları arasında orman ve yarı doğal alanların 10821,33 hektardan 10764,16 hektara % -0,528 azaldığı, tarımsal alanların 2787,98 hektardan 2845,15 hektara % 2,05 arttığı, yapay bölgelerin değerlerinde herhangi bir değişim olmadığı ifade edilebilir. Burada belirtilen değişimler Tablo 7.3 ‘de verilmiştir.

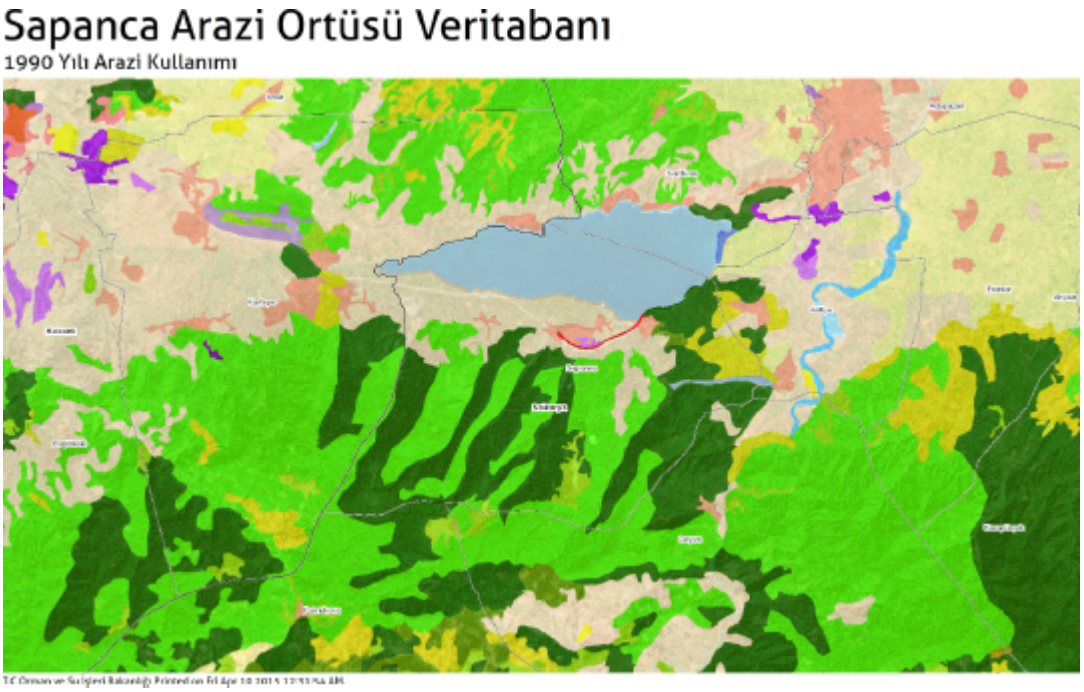
Tablo 7.3.Sapanca Havzadaki Arazi Kullanım Oranları 1990 - 2000

	2000		2006		2000-2006	
	Arazi Kullanım		Arazi Kullanım		Alan Değişimi	
	ha	%	ha	%	ha	%
Yapay Bölgeler	894.02	5.02490	894.02	5.02490	-	-
Tarımsal Alanlar	2787.98	15.67007	2845.15	15.99139	57.17	% 2.05
Orman Yeri ve Yarı Doğal Alanlar	10821.33	60.82222	10764.16	60.50090	-57.17	% - 0.528
Su Kütleleri	3288.42	18.48283	3288.42	18.48283	-	-
Toplam	17791.75	100.00	17791.75	100.00	-	-

Sonuç olarak 1990-2006 yılları arasında doğal bitki örtüsünün özellikler 2000 yılına kadar tahrip olduğu, 2000 - 2006 yılları arasında ise sadece tarımsal alanlarda küçük

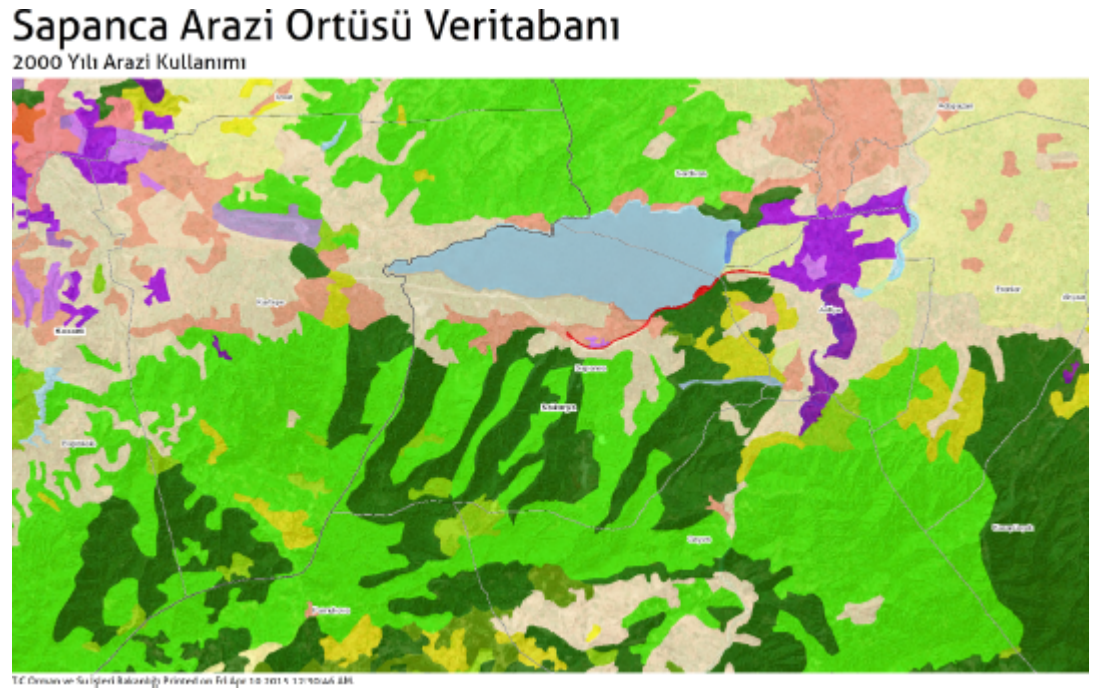
artışların olduğu söylenebilir. Bu durumun nedenleri arasında özellikle 1999 depreminin etkisi büyüktür.

Şekil 7.3, 7.4 ve 7.5 ‘de Sapanca Havzasının 1990, 2000, 2006 yıllarına ait arazi değişim görüntüleri verilmiştir. Bu görüntülerde yeşil ile gösterimi yapılan bölgeler doğal ve tarımsal alanları, mor ile ifade edilen bölgeler yapay kullanım alanlarını ifade etmektedir. (URL-4)

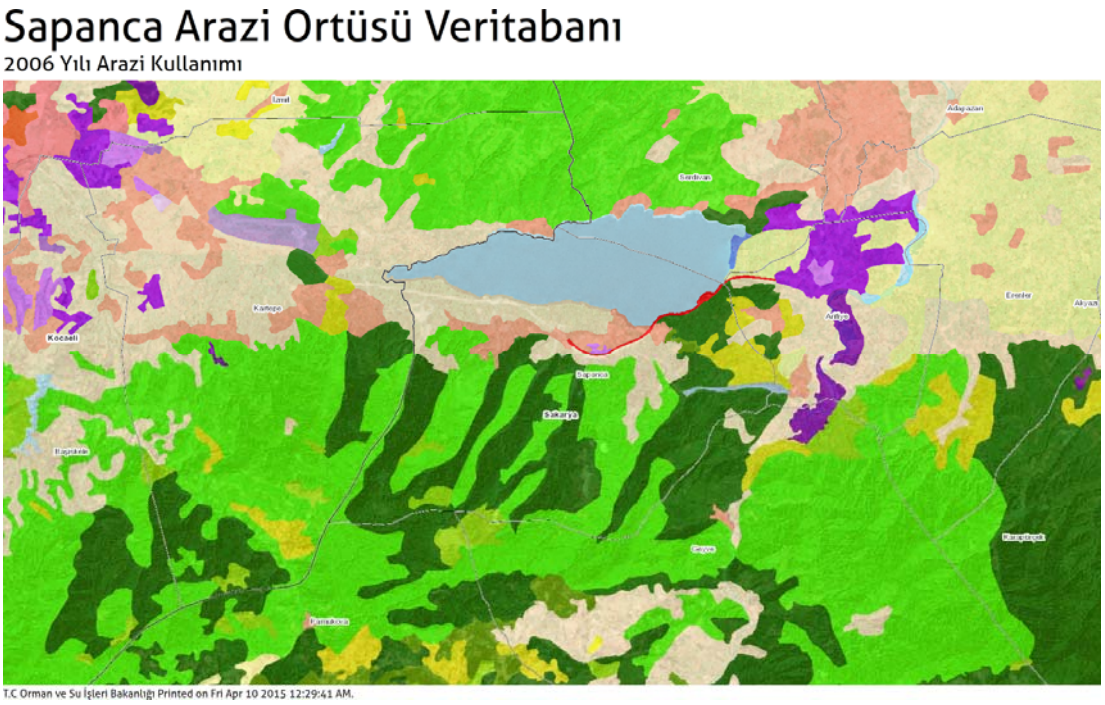


Şekil 7.3. 1990 yılına ait sınıflandırılmış Arazi Kullanımı Görüntüsü

1990 ve 2000 yılı görüntülerinde özellikle yapay kullanım alanlarının oldukça fazla arttığı, 2000 - 2006 yılı görüntülerinde yapay kullanım alanlarında çok fazla değişimin görülmediği ifade edilebilir.



Şekil 7.4. 2000 yılına ait sınıflandırılmış Arazi Kullanımı Görüntüsü



Şekil 7.5. 2006 yılına ait sınıflandırılmış Arazi Kullanımı Görüntüsü

8. DEĞERLENDİRMELER VE ÖNERİLER

Sapanca Gölü Havzası'ndaki yan derelerde, askıda madde taşınımının belirlenmesi ve çeşitli yöntemler ile modellenmesi ile ilgili çalışmada şu sonuçlara varılmıştır.

Debi ve askıda madde parametresi ölçümleri 2012 yılı sonundan 2013 yılı ortasına kadar tüm derelerde (Kuru Dere hariç) yapılırken, 2013 yılı haziran ayı sonrasında derelerdeki ölçümler bazı derelerde azalmış, bazılarında hiç yapılamamıştır. Belirtilen tarihlerde Sapanca Gölü su seviyesi DSİ'nin minimum su işletim seviyesinin altına inme riskiyle karşı karşıya kalmış, ayrıca bu durum ulusal basına kadar yansımıştır. Çalışmanın kurak dönemde yapıldığı ifade edilebilir.

8.1. Ölçüm Değerlendirme Sonuçları

8.1.1. Debi değişim sonuçları

Kuru Derenin dere olma özelliğini kaybettiği ve sadece yağışlı dönemlerde yüzeysel suları Sapanca Gölü'ne açık kanal gibi taşıdığı ifade edilebilir. Dere neredeyse tüm yıl boyunca kuru olmakla birlikte dere içerisinde herhangi bir canlı yaşaması mümkün değildir.

Ölçümler süresince Kurtköy (Karaçay) Deresi hiç kurumazken, Kasabasın ve Yanık (Kuruçay) dereleri 1 kez kurumuşlardır.

Sapanca Gölünü besleyen en büyük dere Balıkhane Deresi iken, en küçük dere Kuru Dere'dir. Balıkhane deresinin ölçümler sırasında en fazla 2,2 m^3/sn değerine ulaştığı görülmüştür. Ayrıca bu derenin 2,0 m^3/sn üzerinde farklı dönemlerde de ölçümleri yapılmıştır. Bu su kapasitesine en yakın ölçüm İstanbul Dere'de bir "1" kez görülmüştür ve bu değer 1,8 m^3/sn.dir.

2015 yılında Stream Pro cihazı ile Balıkhane Deresinde yapılan debi değeri 1,39 m^3/sn olarak ölçülmüştür. Bu değerler, muline ile tarafımızca ölçümü yapılarak 14.03.2013 tarihinde 1,764 m^3/sn ve 18.03.2014 tarihinde 1,660 m^3/sn olarak belirlenen değerler

ışığında akustik debi ölçüm cihazının olması gereken değerlerin altında kaldığı düşünülmektedir.

8.1.2. Sıcaklık değişim sonuçları

Sapanca Gölünün Kuzey kesiminde kalan dereler (Kuru Dere hariç) birbirleri arasında benzerlik gösterirken, güney ve güneybatı kesimindeki dereler de kendi aralarında benzerlik göstermektedirler. Genel olarak irdelendiğinde tüm derelerin sıcaklık değişimleri mevsimsel olarak normal eğilim göstermektedir.

Su sıcaklığı en düşük 7,7 °C ile Değirmendere ve Mahmudiye Derelerinde, en yüksek su sıcaklığı 24,1 °C ile Keçi Deresinde ölçülmüştür. Tüm Derelerin en düşük su sıcaklığı ortalaması 8,0 °C, en yüksek su sıcaklığı 17,0 °C olarak ifade edilebilir.

8.1.3. AKM değişim sonuçları

Harmanlı, Kurudere, Sarp ve Keçi dereleri AKM hareketi açısından göz ardı edilebilecek derelerdir. Bu derelerden Harmanlı ve Kurudere neredeyse yılın tamamında kuru olmakla birlikte, su taşıdığı dönemlerde de AKM hareketi değerleri yok denecek seviyelerdedir. Sarp ve Keçi derelerinde yapılan ölçümlerde AKM konsantrasyonunda değişimler gözlenmesine rağmen, bu derelerin Sapanca Gölüne taşıdıkları akım değerleri azdır ve bu nedenle AKM değerlerinin de önemsenecek düzeyde olmadıkları ifade edilebilir.

Değirmendere Deresinin ölçümleri süresinde, AKM değerlerinde bir kez ani sıçrama görülmüştür. Bu sıçrama ölçümler süresince belirlenen ortalamanın çok üstünde yer almaktadır. Bu durumda, ölçümü yapılan dereye farklı bir kaynaktan girdi olması durumu irdelenmelidir. Mevcut derenin bulunduğu konumu, fiziki durumu ve çevresinde bulunan işletmelerin ölçüm süresinde tarafımıza olan yaklaşımlarının getireceği hukuki şartları nedeniyle bu durum tarafımızca irdelenememiştir. Aynı durumla Yanık Deresinde de bazı ölçümler sırasında karşılaşılmış ve bu derenin fiziki şartlarının elverdiği son noktaya kadar izlenme yapılmıştır. İzleme sırasında dereye dışarıdan müdahale ya da farklı bir kirletici etkisine rastlanmamıştır.

Maden ve Kurtköy Dereleri AKM hareketinin en yoğun görüldüğü iki deredir. Özellikle Maden deresinin azımsanmayacak seviyelerde AKM taşıdığı ifade edilebilir.

Ayrıca su kapasitesi bakımından Balıkhane ve İstanbul dereleri göz önüne alındığında toplam AKM hareketinin bu derelerde de göz ardı edilmemesi gerekmektedir.

Genel olarak tüm dereler için AKM değişimleri irdelendiğinde, özellikle ölçümlere başlanılan 2012 yılı sonundaki AKM değerlerinin, 2013 yılı ortalarından sonraki dönemlere nazaran fazla olduğu söylenebilir. Bu duruma 2013 yılı ortalarından sonraki dönemlerde yağışların azalmasının sebep olduğu ifade edilebilir.

8.2. Laboratuvar Çalışmalarından Elde Edilen Sonuçlar

Akış sırasında tabandaki malzemenin dane çapı, özgül ağırlığı gibi fiziksel parametreler önem kazanmaktadır. Çalışma içerisinde dane çapı ve özgül ağırlıklar belirlenmiştir. TS1500'e göre derelerden alınan numuneler incelendiğinde derelerin yatak malzemelerinin Kum ve Çakıl olarak değiştiği, özgül ağırlık değerlerinin de 2,465 – 2,709 gr/cm^3 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Dane çapı ve özgül ağırlık çalışmaları çalışılan bölgenin genişliği, ölçümü yapılan dere sayısının fazla olması gibi nedenlerden dolayı her dere için tek noktadan numune alınmış ve deneyler yapılmıştır. Numune alınan noktalar dere yatağının göle dökülmeden hemen önce belirlenen noktalardan alınmıştır. Bu noktaların derenin mansap ve memba arasını tamamen ifade etmesi mümkün değildir. Bu nedenle ileride yapılacak çalışmalarda dere sayısının belirlenmesine özen gösterilmeli ve taban malzemesinin tüm dereleri ifade edebilmesi amacıyla dereler üzerinde memba, mansap ve bu iki nokta arasında belirlenecek herhangi bir üçüncü noktadan numuneler alınarak belirlenmesi çalışma açısından sağlıklı olabilir. Derelerin seçilmesinde çalışmamızdan faydalanılarak Sapanca Gölüne etkisi olan önemli dereler kolaylıkla belirlenebilir.

8.3. Arazi Kullanımı ile Elde Edilen Sonuçlar

Sapanca Gölü Havzasında 1987 ve 2010 yıllarındaki arazi kullanımı değişimleri CBS programı ile analiz edilmiştir.

Elde edilen bitki örtüsü değişimi sınıflandırma sonuçlarına bakıldığında, yüksek oranda yeşil bitki örtüsünün hakim olduğu alanlarda 15039,10 hektardan (1987 yılı), 13956,30 hektara (2010 yılı) -%7,2'lik bir azalma olmuştur. Bunun en önemli

sebebinin, ormanlık alanların tahrip edilmesi ve yeni yerleşim yerlerinin açılmasının olduğu sonucu ortaya çıkmıştır.

Ayrıca, yeni yerleşim yerlerinin açılması ve hangi dönemde artış gösterdiğinin etkenlerin belirlenebilmesi amacıyla T.C. Orman Bakanlığının veri tabanına göre Sapanca İlçesinin 1990 – 2000 ve 2006 yıllarına ait arazi değişimleri irdelenmiş ve değişimin özellikle 2000 yılı öncesi olduğu belirlenmiştir. 2000 yılının kritik tarih olmasındaki en önemli etkenlerden biri 1999 yılında yaşanan deprem olduğu düşünülebilir. 2000 yılı ile 2006 yılı arazi kullanımında neredeyse hiç değişiklik bulunmamıştır.

8.4. Modelleme Çalışmalarından Elde Edilen Sonuçlar

Arazi çalışması yapılan Sapanca Gölü Havzasının askı madde yükünün belirlenebilmesi açısından üç farklı senaryo kurulmuş ve her senaryo için farklı yöntemler seçilmiştir.

Birinci senaryo için üç farklı yöntem sonuçları incelendiğinde OKH ve KOKH'nin sıfıra yakın olduğu durumlar üçüncü senaryoda görülmektedir. Ayrıca determinasyon ve korelasyon katsayılarının bire en yakın olduğu değerler yine üçüncü senaryoda yer almaktadır. İkinci yöntem olan ÇLR modeli sonuçlarında negatif sonuçlar bulunmaktadır.

İkinci senaryo için iki farklı yöntem sonuçları incelendiğinde OKH ve KOKH'nin sıfıra yakın olduğu durumlar ilk yöntemde görülmektedir. Determinasyon ve korelasyon katsayılarının bire en yakın olduğu değerler ise ikinci yöntemde yer almaktadır. İlk yöntem olan ÇLR modeli sonuçlarında negatif sonuçlar bulunmaktadır.

Üçüncü senaryo için iki farklı yöntem seçilmiştir. Bu yöntemler karşılaştırıldığında OKH ve KOKH'nin sıfıra yakın olduğu durumlar ile, determinasyon ve korelasyon katsayılarının bire en yakın olduğu değerler ikinci yöntem olarak seçilen YSA yöntemidir. İlk yöntem olan ÇLR modeli sonuçlarında negatif sonuçlar bulunmaktadır ve bu yöntemle elde edilen sonuçlar kullanılamamaktadır.

Üç senaryo ve her senaryo içerisinde kullanılan yöntemler incelendiğinde en başarılı sonuçlara YSA yöntemiyle ulaşıldığı belirlenmiştir.

8.5. Çalışma İle İlgili Değerlendirmeler

Çalışılan havza alanı büyük ve dere sayıları fazladır. Çalışma içerisinde ölçüm yapılması durumunda dere sayısı azaltılarak dere üzerindeki ölçüm noktası arttırılmalıdır. Ölçümler sırasında, memba tarafındaki akımın mansap tarafına göre artış gösterdiği durumlar ile karşılaşılmıştır, bu sıkıntıların ortadan kaldırılması çalışmanın verimliliği açısından önemlidir.

Yaptığımız çalışma 2012 yılı sonrasında başlamış ve 2014 yılı sonlarında tamamlanmıştır. Tarih aralığı ve 12 adet dere olarak bakıldığında veri sayılarının modelleme açısından yeterli olacağı düşünülebilir. Derelerin havza alanlarının büyüklükleri, yağış bölgeleri, fiziki şartları ve bölge içindeki konumları açısından veriler düzgün dağılım sergilememektedir. Bu durumda, havza yönetimi açısından bir model çalışması yapılmak isteniyor ise her dere için ölçümlerin ayrı ayrı ve uzun dönemli olarak yapılabilir.

Modelleme içerisinde kullanılan girdi değerleri, dere sayısının fazlalığı nedeniyle detaylandırılamamıştır. Her dere için dane dağılımı, özgül ağırlık gibi fiziksel değerlerin sadece mansaptan değil, memba tarafından da alınarak değerlendirilmesi gereklidir. Mansap tarafında yerleşim alanları fazla olduğundan dere yataklarına müdahale söz konusu olabilir.

Sapanca Havzasının arazi kullanımı açısından değerlendirildiğinde, çalışmamız 1987 ile 2010 yılları arasında yapılabilmiştir. Yıllar arası aralık büyüktür. Arazi kullanımının belirlenebilmesi açısından çalışılan yıl sayıları arttırılabilir. Bu durum sapanca ilçesi için vermiş olduğumuz 1990 – 2000 - 2006 yılları arazi kullanımı değişimlerinde net olarak görülebilir. Gerçek değişim 2000 yılı öncesindedir.

8.6. Gelecek Çalışmalar için Öneriler

Havzada yapılaşma ve ormanlık alanların bertaraf edilmesi önlenmelidir ve bölgede bulunan su şişeleme tesisleri de kontrol altına alınmalıdır. Tesislerin derelere yakınlığı da derelerdeki debilerin azalmasına neden olduğu da göz önünde bulundurulmalıdır. Hem gölü hem de dereleri besleyen yeraltı suyu rezervinin kontrolü ve korunmasına çalışılmalıdır.

Yağışların azlığı, belediyelerin, su şişeleme tesislerinin ve birçok sanayi kuruluşunun su çekimleri nedeniyle Sapanca Gölü Havzası tehdit altındadır. Bu durumun önlenebilmesi, içme suyu kaynağının korunabilmesi ve iyi kalitede su özelliğini yitirmemesi için gölden çekilen su miktarının kontrol altında tutulması önemlidir.

Son yıllarda, havzada meydana gelen bu olumsuz değişimlerin Sapanca Gölü su varlığı ve kalitesini de etkilediği düşünüldüğünde gerekli planların acil olarak hazırlanması ve uygulanması ve havzanın tek elden yönetimini sağlayacak düzenlemelerin yapılması mutlak gereklidir.

KAYNAKLAR

Açıkgöz S., Sapanca Gölünü Besleyen Derelerin Hidrojeokimyasal İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2008, 232778.

Akkoyunlu A., Akiner M. E., Pollution Evaluation in Etreams Using Water Quality Indices: A Case Study From Turkey's Sapanca Lake Basin, *Ecological Indicators*, DOI: 10.1016/j.ecolind.2011.12.018.

Aksu N., Hurman Çayı Havzasında Sedimantasyonunun Ampirik Yöntemlerle Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 2007, 213603.

Apaydın H, Yüzey Akış ve Sediment Modellerinin Coğrafi Bilgi Sistemi Yardımıyla Uygulanması, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2002, 120149.

Ay M., Sapanca Gölü Havzası'nın Coğrafi Etüdü, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2012, 315804.

Bakan G., Balkaş T. I., Enrichment of Metals in The Surface Sediments of Sapanca Lake, *Water Environment Research*, 1999, **71**(1), 71-74.

Bayrak A., Sapanca Gölü'nün Hidrojeolojik, Hidrolojik ve Hidrolik Özelliklerinin Belirlenmesi ve Su Bütçesinin Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2008, 216215.

Bayram A., Harşit Çayı Su Kalitesinin Mevsimsel Değişiminin İncelenmesi ve Askıda Madde Konsantrasyonunun Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle Tahmin Edilmesi, Doktora Tezi, KTÜ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2011, 300914.

Bol E., Adapazarı Zeminlerinin Geoteknik Özellikleri, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,Sakarya,2003, 136447.

Carlson R.E., A Trophic State Index for Lakes, *Limnology and Oceanography*, 1977, **22**(2) 361-369.

Cantürk N., Van Gölü'ne Dökülen Akköprü Deresi Su Kalitesinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, 2007, 200929.

Çakır H., Sapanca Gölünün Su Bütçesinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2008, 216223.

Çakır M., Sapanca Gölünde Yoğun Yapılaşmadan Kaynaklanan Evsel Atıksu, Sanayi Atıksu ve Yüzeysel Akış Sularına İlişkin Kontrol Teknolojilerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2010, 274686.

Çiçek De Sa Matos Paixao L. S., Köyceğiz Gölü'nü Besleyen Namnam Çayı'nın Su Kalitesi Yönünden İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, 2011, 295935.

Çoban F., Hazar Gölü Su Kalitesinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2007, 200160.

Dağcı M., Köklü K., Stereo Cartosat-1(IRSP5) ve Alos Prism Uydu Verilerinden Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) Çıkarılması: Örnek Çalışma, Uzungöl Havzası ve Sapanca Gölü Havzası, *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, İzmir, Türkiye, 02-06 Kasım 2009.

Demir M. T., Sapanca'da Kırsal Yerleşme Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya, 2006, 186798.

Demir, S., Uzun Vadeli Su Temininde Meteorolojik Faktörlerin Sapanca Gölü Su Kalitesine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2012, 304720.

DSİ, Sapanca Gölü Kirlilik Araştırması Raporu, DSİ, Ankara, 1984.

Duman F., Sapanca ve Abant Gölü Su, Sediment ve Sucul Bitki Örneklerinde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2005, 170312.

Duman F., Aksoy A., Demirezen D., Seasonal Variability of Heavy Metal Surface Sediment of Lake Sapanca, *Turkey, Environmental Monitoring and Asessment*, DOI: 10.1007/s10661-006-9580-3.

Duman F., Obali O., Demirezen D., Seasonal Changes of Metal Accumulation and Distribution in Shining Pondweed, *Environmental Chemistry*, DOI: 10.1016 /j.chemosphere.2006.06.036.

Duran C., Hazar Gölü Havzası Arazi Kullanımındaki Değişikliklerin Belirlenmesi (1956-2004), Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Elazığ, 2007, 160486.

Dügel M., Büyük Menderes Nehri'nin Su Kalitesinin Biyolojik ve Fiziko-Kimyasal Yöntemlerle Belirlenmesi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2001, 105680.

Dündar M.Ş., Altundağ H., Boz V., Akaya K. ve Sayın M., Sapanca gölüne akan derelerdeki bazı eser elementlerin 17 Ağustos 1999 Marmara depremi öncesi ve sonrası karşılaştırmalı analizi, *A.Ü. Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2003, **4**(2), 205-210.

Ediş S., Yarı kurak havzalarda düşük akışların analizi (Söğütözü Deresi ve Terme Çayı havzaları örneği), Yüksek Lisans Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çankırı, 2011, 301103.

EİE, Elektrik İşleri İdaresi Genel Müdürlüğü, Türkiye Sularında Süspanse Sediment Gözlemleri ve Sediment Taşınımı, EİE Matbaası, Ankara, 2006.

Esenli V., Sapanca Gölü ve Havzasının Hidrokimyası ile Dip Sedimanlarının Minerolojik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Doktora Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1995, 46516.

Erol A., Babalık A. A., Sönmez K., Serin N., Isparta-Darıderesi Havzası Topraklarında Erozyona Duyarlılığın Arazi Kullanım Şekillerine Bağlı Değişimi, *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 2009, **A**(2), 21-36.

Ertürk O., Sapanca Gölü'nün Jeolojisi, Dip Sedimanlarının Minerolojik ve Jeokimyasal İncelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1994, 34538.

Gönenç I. E., Çetiner A., Eroskay E., Baykal B. B., İncecik S., Tanık A., İnce O., Kefli E., Öktem Y., Meriç M., Doğanlı E., Gürel M., Project on Protection of Lake Sapanca as a Water Resource, Final Report, *Ministry of Environment Turkish Republic (in Turkish)*, 1994.

Gürbüz A., Gürer, Ö. F., Tectonic Geomorphology of the North Anatolian Fault Zone in the Lake Sapanca Basin (Eastern Marmara Region, Turkey), *Geosciences Journal*, DOI: 10.1007/s12303-008-0022-9,2008.

İkiel C., Koç, D. E., Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri İle Sapanca Gölü Havzası'nda Bitki Örtüsü Değişim Analizi, *Türkiye Coğrafyacılar Derneği Uluslararası Kongresi*, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla, Türkiye, 4-7 Haziran 2014.

Kaçan E., Gümüşçay ve Çürüksu Akarsularının Kirlilik Parametrelerinin Saptanması ve İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 2006, 180587.

Kaçmaz M., Sapanca Gölü Havzasında Arazi Kullanımı ve Mekânsal Değişim, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2010, 264459

Kazi T.G., Arain M.B., Jamali M.K., Jalbani N., Afridi H.I., Sarfraz R.A., Baig J.A., Shah A.Q., Assessment of Water Quality of Polluted Lake Using Multivariate Statistical Techniques: A Case Study, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, DOI: 10.1016/j.ecoenv.2008.02.024.

Kocaman İ., Harşıt Çayı Havzasında Yağış-Akış Karakteristikleri ile Erozyon ve Sediment Sorunlarının Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 1994, 35178.

Oğuz. V., Korubaşı – Arak Deresi Askıdaki Sediment Taşınımının Analitik Yöntemler ile İzlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2010, 284848.

Oktaş Ş., İyigün E., Gürbüz B., Koçbug Z., Sapanca Havzasında 1986 ve 1999 Yılı Su Kalite Değerlendirmeleri, *T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü*, 2002.

Öcal O., Yapay Sinir Ağları Algoritması kullanılarak Akarsu Havzalarında Yağış-Akış-Katı Madde İlişkisinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 2007, 200807.

Mutlu M., Akarsu Havzalarındaki Katı Madde Miktarlarının Belirlenmesi ve Fırat Havzası İçin Bir Uygulama Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, 2007, 215834.

Rahmanlar M., Modelling Sapanca Lake with One and Two Layer Pamolare Model for Evaluation of Water Quality, Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009, 246001.

Räike A., Pietiläinen O.P., Rekolainen S., Kauppila P., Pitkänen H., Niemi J., Raateland A., Vuorenmaa J., Trends of phosphorus, nitrogen and chlorophyll a concentrations in Finnish rivers and lakes in 1975-2000, *Science of The Total Environment*, DOI: 10.1016/S0048-9697(02)00622-8.

Işık S., Sapanca Gölü Su Bütçesi ve İşletme Kapasitesinin Tayini, *SAÜ Araştırma Fonu*, Ara Rapor, 1998.

Sert S., Sapanca Gölü Fosfor Formlarının ve Diğer Limnolojik Özelliklerinin Değişim Peryotları Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi., Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 1997, 68247.

Sümeyra D., Uzun Vadeli Su Temininde Meteorolojik Faktörlerin Sapanca Gölü Su Kalitesine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2012, 304720.

Şahinöz E., Atatürk Baraj Gölünde Su Kalitesinin Tespiti ve Su Ürünleri Açısından Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, 2001, 114158.

Şekerci İ., Van Gölü'ne Dökülen Karasu (Mermit) Çayı'nın Su Kalite Kriterlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, 2011, 282957.

Şişman I., İmamoğlu M., Aydın A.O., Determination of Heavy Metals in Roadside Soil from Sapanca Area Highway, Turkey., *International Journal of Environment and Pollution*, DOI: 10.1504/IJEP.2002.000674.

Taleb A., Belaidi N., Gagneur J., Water Quality Before And After Dam Building On A Heavily Polluted River İn Semi-Arid Algeria., *River Research and Applications*, DOI: 10.1002/rra.800.

Tanık A., Baykal B., Gönenç E.,Öktem Y., Effect And Control Of Pollution In Catchments Area Of Lake Sapanca, Turkey, *Environmental Management*, 1998, **22**(3), 407-414.

Tanrıverdi C., Alp A., Demirkıran A., Üçkardeş F., Assessment of surface water quality of the Ceyhan River basin, Turkey., *Environmental Monitoring and Assessment*, DOI: 10.1007/s10661-009-1040-4.

Tiessen K.H.D., Elliot J.A., Stainton M., Yarotski J., Flaten D.N. ve Lobb D.A., The Effectiveness of Small-Scale Headwater Storage Dams and Reservoirs on Stream Water Quality and Quantity in the Canadian Prairies, *Journal of Soil and Water Conservation*, DOI: 10.2489/jswc.66.3.158.

Toor G.S., Han L.,Stanley C. D., Temporal variability in water quality parameters--a case study of drinking water reservoir in Florida, USA., *Environmental Monitoring and Assessment*, DOI: 10.1007/s10661-012-2870-z.

Tarkan A. S., Ömerli Baraj Gölüne Akan Derelerin Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007, 178193.

Velioğlu M., Sapanca Gölü İle İlgili Kirlilik Araştırmaları ve Koruma İle İlgili Öneriler, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 1998, 88175.

URL–1: http://www.akdeniz.edu.tr/muhfak/cevre/english/topkaya/homepage/intag825 /sapanca.htm/, (Ziyaret Tarihi: 10 Mayıs 2008).

URL–2: http://sapanca.meb.gov.tr/mem2/sapanca_iklim.html/, (Ziyaret Tarihi: 5 Nisan 2008).

URL–3: http://www.turkiyesulakalanlari.com/sapanca-golu-sakarya-kocaeli/, (Ziyaret Tarihi: 10 Şubat 2014).

URL–4: http://aris.ormansu.gov.tr/index.php?q=tr/arazi_kullanim/arazi_ kullanimi/, (Ziyaret Tarihi: 12 Mayıs 2015).

Usta A., Galyan-Atasu Barajı Havzasında Arazi Kullanımının Su ve Toprak Özelliklerine Etkilerinin Araştırılması, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2011, 315549.

Ünlükara İ., Evaulation Of Water Quality In Sapanca Lake, Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul 2004, 152462.

Wiatkowski M., Influence of Slup Dam Reservoir on Flow and Quality of Water in the Nysa Szalona River, *Polish J. of Environ. Stud*., 2011, **20**(2), 469-478, 2011.

Yalçın N., Sevinç V., Sapanca Gölü'ne Besi Maddesi Yüklemesi ve Gölün Trofik Durumu, *Doğa Türk Müh. Ve Çevre Bilimleri Dergisi*, 1993, **17**(1), 289-296.

Yıldırım H., Kuzey Anadolu Fay Sisteminin Sapanca Gölü Geçişi ve Yapısal Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2002, 119625.

Yiğit V., Müftügil N., Özalp N., Ergen C., Arvas H., Yolcular H., Sapanca Gölü'nün Su Kirliliği ve Besin Durumu Üzerinde Bir Araştırma, *TÜBİTAK Marmara Bilimsel ve Endüstriyel Araştırma Enstitüsü Beslenme ve Gıda Teknolojisi Bölümü*, 78, 1984.

Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği, *Orman ve Su İşleri Bakanlığı*, Ankara, 2012.

Zengin M., Özer S., Özgül M., Çoruh Havzası (İspir-Pazaryolu) Erozyon Durumunun CBS İle Belirlenmesi ve Çözüm Önerileri, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Dergisi*, 2009, **40**(1), 9-19.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

[1] Opan M., **Temiz T.**, Öner A.,Effect of irrigation water benefit on energy production in a multiple reservoir system-The Munzur River Basin in Turkey, *Water and Environmental Journal*, DOI: 10.1111/j.1747-6593.2009.00199.x.

[2] Opan M., **Temiz T.**, Öner A., Dumlu E., Tarımsal alanlarda sulamanın enerji üretimi üzerine etkisi, *Journal of Agricultural Sciences (Tarım Bilimleri Dergisi)*, 2009, **15**(3), 231-239.

[3] Tünay S., **Temiz T**., Sönmez O., Eren B., Gümrükçüoğlu M., Köklü R., Doğan E., Şengörür B., Evaluating Water Quality Classes And Trophic Level For Lake Sapanca Basin, *International Conference on Engineering and Natural Science*, Skopje, 15-19 Mayıs 2015.

[4] Tünay S., **Temiz T**., Sönmez O., Eren B., Gümrükçüoğlu M., Köklü R., Doğan E., Şengörürü B., Sapanca Gölünde Trofik Seviyenin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi, *VI. Ulusal Limnoloji Kongresi*, Bursa, 25-28 Ağustos 2014.

[5] Yılmaz E., Mert D., Başkıran M. F., Çiçekbilek B., **Temiz T**., Tünay S., Doğan E., Köklü R, Şengörürü B., Eren B., Saltabaş L., Gümrükçüoğlu M., Öner A., İklim Değişikliği'nin Askıda Katı Madde Taşınımı Üzerine Etkileri : Mahmudiye Deresi Örneği, *VII. Ulusal Hidroloji Kongresi*, Isparta, 26-27 Eylül 2013.

[6] Sert M., Opan M., **Temiz T.**, Multiobjective Optimal Planning in Multiple Reservoir Systems, *International Congress on River Basin Management*, Antalya, 22-24 Mart 2007.

ÖZGEÇMİŞ

1983 Yılında KDZ. Ereğli'de doğdu. İlköğrenimini Alaplı Atatürk İlkokulunda, Ortaöğrenimini Ted KDZ. Ereğli Koleji Vakfı Özel Lisesinde tamamladı. 2005 yılında Kocaeli Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2006 yılında İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladı ve halen devam etmektedir. 2008 yılında Kocaeli Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisansını tamamladı ve doktora çalışmasına aynı yıl başladı. Evli ve bir kız çocuk sahibi olarak hayatına devam etmektedir.