

127027

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KİMYA ANABİLİM DALI

TRABZON (MAÇKA) KALYAN AKARSUYUNUN SU KALİTESİNİN
ARAŞTIRILMASI VE MODELLENMESİ

Volkan Numan BULUT

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce
“Yüksek Lisans (Kimya)”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 03.01.2005

Tezin Savunma Tarihi : 27.01.2005

Tezin Danışmanı : Prof.Dr. Mehmet TÜFEKÇİ

Jüri Üyesi : Prof.Dr. Hasan Basri ŞENTÜRK

Jüri Üyesi : Y.Doç.Dr. Hasan GENÇ

Enstitü Müdürü : Prof.Dr. Emin Zeki Başkent

Trabzon 2005

ÖNSÖZ

“Trabzon (Maçka) Kalyan Akarsuyunun Su Kalitesinin Araştırılması ve Modellenmesi” adı altında yürütülen çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Bu çalışmada, Trabzon kentinin içme suyu kalitesini artırmak için Değirmendere suyu ile birlikte şehir şebekesine verilen Kalyan Akarsuyunun suları incelenmiş ve bir modelleme programı ile modellenmiştir. Kalyan Deresinin sularının modellenmesi için kullanılan Qual 2E adlı matematiksel modelleme programı sayesinde, Trabzon şehir sularının kalitesini artırmak gibi büyük bir sorumluluk yüklenen Kalyan Deresi’nin su kalitesinin hem günümüzde hem de gelecekte hangi boyutlara ulaşacağı konusunda daha kolay yorum yapıp, daha hızlı ve daha ucuz çalışma teknikleriyle sonuca ulaşılacaktır. Çalışmanın kapsamındaki Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı(BOİ), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Çözünmüş Oksijen, İletkenlik, Debi, Sıcaklık, pH, NO_3^- -N, NO_2^- -N, Org-N, NH_4^+ -N, o-PO_4^{-3} , Fe, Zn, Al, Cu, Pb, Cr, Deterjan (Yüzey Aktif Madde), Bulanıklık, Toplam Sertlik ve Toplam Pestisit parametreleri ölçülmüştür.

Yüksek Lisans Tezimin, gerek belirlenmesi gerekse çalışmalarım süresince değerli bilgileri ile bana yön vermesi ile desteğini üzerimden hiç çekmeyen değerli hocam sayın Prof. Dr. Mehmet TÜFEKÇİ ’ye teşekkürü bir borç bilirim.

Modelleme programının kullanılması konusundaki büyük yardımlarından dolayı sayın Doç. Dr. Ercan KÖSE’ye, çalışmalarım sırasında bazı analizlerin gerçekleştirilmesinde gerek teknik gerekse bilimsel açıdan yardımlarından dolayı Yüksek Kimyager Ali ALKAN’ a ve DSİ 22. Bölge Müdürlüğünde görev yapan Jeoloji Mühendisi Murat SAĞSÖZ’ e teşekkür ederim.

Çalışmalarım gerek coğrafi gerekse jeolojik boyutu konusunda yardımlarını esirgemeyen K.T.Ü Jeoloji Müh. öğretim üyelerinden sayın Prof. Dr. Fikri BULUT’ a, sayın Doç. Dr. Miraç AKÇAY’ a ve sayın Yrd. Doç. Dr. Bülent YALÇINALP’ e teşekkür ederim.

Çalışmalarımın yürütülmesi esnasında yapıcı eleştirilerini gördüğüm Arş.Gör. Ali GÜNDOĞDU’ya ve eşim Serpil BULUT’ a çok teşekkür ederim.

Volkan Numan BULUT

Trabzon 2005

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET.....	VII
SUMMARY.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.1.1. Akarsu Havzalarında Kirlenme.....	2
1.1.2. Akarsu Kirliliğinin Genel Etkileri.....	11
1.2. Çalışmada Ölçülen Parametrelerin Genel Özellikleri.....	18
1.2.1. Fiziksel Parametreler.....	18
1.2.1.1. Sıcaklık.....	18
1.2.1.2. Bulanıklık.....	18
1.2.1.3. Elektriksel İletkenlik	19
1.2.2. Kimyasal Parametreler.....	19
1.2.2.1. pH.....	19
1.2.2.2. Sertlik.....	20
1.2.2.3. Çözülmüş Oksijen.....	21
1.2.2.4. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı.....	22
1.2.2.5. Kimyasal Oksijen İhtiyacı.....	23
1.2.2.6. Nitrit.....	23
1.2.2.7. Nitrat.....	24
1.2.2.8. Amonyum.....	24
1.2.2.9. Kjeldahl Azotu.....	25
1.2.2.10. Fosfor.....	25
1.2.2.11. Demir.....	26
1.2.2.12. Bakır.....	26

1.2.2.13.	Çinko.....	27
1.2.2.14.	Krom.....	27
1.2.2.15.	Kurşun.....	27
1.2.2.16.	Alüminyum.....	28
1.2.2.17.	Deterjanlar(Anyonik Aktif Maddeler).....	28
1.2.2.18.	Pestisitler.....	29
1.3.	Kalyan Deresi Su Havzasının Genel Özellikleri.....	35
1.3.1.	Kalyan Deresini Etkisi Altına Alan İklim Tipi.....	39
1.4.	Bir Akarsuyun Modellenmesi.....	41
1.4.1.	Matematiksel Model Tipleri ve Genel Kullanım Amaçları.....	42
1.4.2.	Modellerin Genel Matematiksel Yapısı.....	44
1.4.3.	Çalışmada Kullanılan Modelleme Programı Qual 2E.....	48
1.4.4.	Kalyan Deresinin Qual 2E ile Modellenmesi.....	53
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	55
2.1.	Su Numunelerinin Alınışı.....	55
2.2.	İstasyonların Belirlenmesi.....	65
2.3.	Yapılan Analizler.....	67
2.3.1.	Sıcaklık Tayini (°C).....	67
2.3.2.	pH Tayini.....	67
2.3.3.	Elektriksel İletkenlik Ölçümü (EC).....	67
2.3.4.	Bulanıklık Ölçümü (NTU).....	67
2.3.5.	Debi Ölçümü.....	68
2.3.6.	Toplam Sertlik Ölçümü (TH).....	68
2.3.7.	Nitrat Azotu (NO ₃ ⁻ -N) Ölçümü.....	68
2.3.8.	Nitrit Azotu (NO ₂ ⁻ -N) Ölçümü.....	69
2.3.9.	Amonyum Azotu (NH ₄ ⁺ -N) Ölçümü.....	69
2.3.10.	Kjeldahl Azotu (N _{org}) Ölçümü.....	69
2.3.11.	Fosfat Tayini (o-PO ₄ ⁻³).....	70
2.3.12.	Deterjan Ölçümü.....	70
2.3.13.	Çözülmüş Oksijen Ölçümü.....	70
2.3.14.	Kimyasal Oksijen İhtiyacı Tayini.....	70
2.3.15.	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı Tayini.....	71
2.3.16.	Pestisit Tayinleri	71

2.3.17.	Demir Tayini.....	72
2.3.18.	Toplam Krom Tayini.....	72
2.3.19.	Alüminyum Tayini.....	72
2.3.20.	Bakır Tayini.....	73
2.3.21.	Kurşun Tayini.....	73
2.3.22.	Çinko Tayini.....	73
3.	BULGULAR.....	74
3.1.	Laboratuara Ait Bulgular.....	74
3.1.1.	Sıcaklık Değerleri (°C).....	74
3.1.2.	pH Değerleri	75
3.1.3.	Elektriksel İletkenlik Değerleri (EC).....	75
3.1.4.	Bulanıklık Değerleri (NTU).....	76
3.1.5.	Debi Değerleri	76
3.1.6.	Toplam Sertlik Değerleri (TH).....	77
3.1.7.	Nitrat Azotu (NO_3^- -N) Değerleri.....	77
3.1.8.	Nitrit Azotu (NO_2^- -N) Değerleri.....	78
3.1.9.	Amonyum Azotu (NH_4^+ -N) Değerleri.....	78
3.1.10.	Kjeldahl Azotu (N_{org}) Değerleri.....	79
3.1.11.	Ortofosfat Değerleri (o-PO_4^{-3}).....	79
3.1.12.	Deterjan Değerleri.....	80
3.1.13.	Çözülmüş Oksijen Değerleri.....	80
3.1.14.	Kimyasal Oksijen İhtiyacı Değerleri.....	81
3.1.15.	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı Değerleri.....	81
3.1.16.	Demir Değerleri.....	82
3.1.17.	Toplam Krom Değerleri.....	82
3.1.18.	Alüminyum Değerleri	83
3.1.19.	Bakır Değerleri.....	83
3.1.20.	Kurşun Değerleri.....	84
3.1.21.	Çinko Değerleri.....	84
3.1.22.	Kalyan Deresi ile Değirmendere'nin Bazı Parametreler Açısından Karşılaştırılması.....	85
3.1.23.	Toplam Pestisit (mg/L) Değerleri.....	85
3.2.	Modellemeye Ait Bulgular.....	87

4.	TARTIŞMA.....	88
5.	SONUÇLAR.....	125
6.	ÖNERİLER.....	129
7.	KAYNAKLAR.....	131
	ÖZGEÇMİŞ.....	136



ÖZET

Bu çalışmada, Trabzon kentine içme ve kullanma suyunu sağlayacak olan Atası Barajının sularını taşıyan Kalyan Akarsuyunun su örneklerini 3 ayrı noktadan yaklaşık bir yıl boyunca ayda bir örnek alarak bu akarsuyun su kalitesi belirlenmiş ve bundan yararlanılarak nehrin matematiksel modellemesi oluşturulmuştur.

Çalışma süresince su kalitesi parametrelerinden Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Çözünmüş Oksijen, İletkenlik, Debi, Sıcaklık, pH, NO_3^- -N, NO_2^- -N, Org-N, NH_4^+ -N, o-PO_4^{3-} , Fe, Zn, Al, Cu, Pb, Cr, Deterjan (Yüzey Aktif Madde), Bulanıklık, Toplam Sertlik ve Toplam Pestisit tayinleri yapılmıştır.

Araştırma süresince ölçülen fizikokimyasal parametrelerden Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ) 0,40 – 2,15 mg/L, Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) 1,1 – 10,6 mg/L, Çözünmüş Oksijen 8,64 – 11,08 mg/L, Elektiriksel İletkenlik 80 – 255 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Debi 0,87– 9,20 m^3/s , Sıcaklık 7,2 – 20,2 $^\circ\text{C}$, pH 7,55 – 8,30, Nitrat Azotu (NO_3^- -N) 1,01 – 1,86 mg/L, Nitrit Azotu (NO_2^- -N) 0,0020 – 0,0140 mg/L, Organik Azot (Org-N) 0,09 – 0,36 mg/L, Amonyum Azotu (NH_4^+ -N) 0,013 – 0,098 mg/L, Orto Fosfat (o-PO_4^{3-}) 0,080 – 0,529 mg/L, Fe 0,103 – 0,910 mg/L, Zn 4,2 – 14,3 $\mu\text{g}/\text{L}$, Al 0,017 – 0,039 mg/L, Cu 3,67 – 6,87 $\mu\text{g}/\text{L}$, Pb 0,19 – 1,15 $\mu\text{g}/\text{L}$, Cr 0,017 – 0,140 mg/L, Deterjan (Yüzey aktif Maddeler) 0,328 – 0,530 mg/L, Bulanıklık 1,5 – 8,2 NTU, Toplam Sertlik 49,32 – 155,00 mg CaCO_3/L , Toplam Pestisit 0,67 – 1,10 $\mu\text{g}/\text{L}$, değerleri arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Analiz sonuçları; Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, İçme Suyu Standartları (TS 266) ve Dünya Sağlık Örgütü tarafından önerilen standartlarla karşılaştırılarak içme suyu olarak kullanılan akarsuyun kalitesi belirlenmiştir. Sonuç olarak araştırma süresince bazı aylarda ölçülen toplam sertlik, bulanıklık, orto-fosfat, deterjan, toplam krom değerleri standart değerlerin üstünde çıkmış, diğer parametreler ise normal kalite değerleri seviyesinde bulunmuştur. Ayrıca şu anda Kalyan Havzasında kurulu olmayan ancak gelecekte kurulması muhtemel bazı tesis ve yerleşim bölgelerinin Kalyan Akarsuyu üzerine nasıl bir etki yapacağını daha şimdiden belirleyip, ortaya çıkabilecek muhtemel olumsuzlukların önüne geçebilmek için QUAL 2E matematiksel modelleme sistemi ile Kalyan Akarsuyu modellenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Matematiksel Modelleme, Su Kirliliği, Atası Barajı, Kalyan Havzası, Kimyasal Parametreler, Metaller

SUMMARY

Modelling and Investigation Of Water Quality Of Kalyan River In Trabzon(Maçka)

In this study, by taking water samples once a month for the whole year from 3 different locations in Kalyan river, which carries the water of Atasu Dam, which will provide the drinking and usage water for the city of Trabzon, the water quality of this river was determined.

The parameters studied in the samples were Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Dissolved Oxygen (DO), Electrical Conductivity (EC), Flow, Temperature (T), pH, Nitrate Nitrogen (NO_3^- -N), Nitrite Nitrogen (NO_2^- -N), Organic Nitrogen (Org-N), Ammonium Nitrogen (NH_4^+ -N), Orthophosphate (o-PO_4^{3-}), Iron (Fe), Zinc (Zn), Aluminum (Al), Copper (Cu), Lead (Pb), Chrom (Cr), Anionic Active Surfactant, Turbidity (NTU), Total Hardness (TH) and Total Pesticide.

The ranges found for Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), Dissolved Oxygen (DO), Electrical Conductivity (EC), Flow, Temperature (T), pH, Nitrate Nitrogen (NO_3^- -N), Nitrite Nitrogen (NO_2^- -N), Organic Nitrogen (Org-N), Ammonium Nitrogen (NH_4^+ -N), Orthophosphate (o-PO_4^{3-}), Iron (Fe), Zinc (Zn), Aluminum (Al), Copper (Cu), Lead (Pb), Chrom (Cr), Anionic Active Surfactant, Turbidity (NTU), Total Hardness (TH) and Total Pesticide were 0,40 - 2,15 mg/L, 1,1 - 10,6 mg/L, 8,64 - 11,08 mg/L, 80 - 255 $\mu\text{S/cm}$, 0,87-9,20 m^3/s , 7,2 - 20,2 $^\circ\text{C}$, 7,55 - 8,30 , 1,01 - 1,86 mg/L, 0,0020 - 0,0140 mg/L, 0,09 - 0,36 mg/L, 0,013 - 0,098 mg/L, 0,080 - 0,529 mg/L, 0,103 - 0,910 mg/L, 4,2 - 14,3 $\mu\text{g/L}$, 0,017 - 0,039 mg/L, 3,67 - 6,87 $\mu\text{g/L}$, 0,19 - 1,15 $\mu\text{g/L}$, 0,017 - 0,140 mg/L, 0,328 - 0,530 mg/L, 1,5 - 8,2 NTU, 49,32 - 155,00 mg CaCO_3/L , 0,67 - 1,10 $\mu\text{g/L}$ respectively.

By comparing the analysis results with The Water Pollution Control Directory (SKKY), Turkish Drinking Water Standard (TS 266) and standard recommended by World Health Organization (WHO), the quality of the river used for drinking was evaluated. Consequently, the total hardness, turbidity (NTU), orthophosphate, detergent and chrome values measured throughout the research, were high, the other parameters were found within the normal quality values. In the light of these works, how these investigated parameters were distributed along the river, was proved. Also, for determining how the establishment of some settlement and institution, which yet do not exist but will probably be built in future, will effect the Kalyan river and for preventing the probable unfortunate circumstances, Kalyan river was modelled by using QUAL 2E mathematical modelling system.

Key Words : Mathematical Modelling, Water Pollution, Atasu Dam, Kalyan Basin, Chemical parameters, Metals.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Atıksularla kirlenen akarsuyun kendi kendini temizlemesi.....	4
Şekil 2. Kalyan Deresi Havzasını içine alan Değirmendere Havzası.....	36
Şekil 3. İnceleme alanını gösteren harita.....	37
Şekil 4. Bir nehirin kesikleme yöntemiyle segmentlere ayrılarak modellemeye uygun hale getirilmesi	45
Şekil 5. Bir nehir sistemindeki akış ve kütle dengeleri.....	47
Şekil 6. QUAL 2E modelleme programının algoritması.....	51
Şekil 7. Kalyan Deresinin segmentlere ayrılarak karakterize edilmesi.....	54
Şekil 8. Kalyan Deresi üzerindeki Temelli mevkisinden su örneklerinin alınması ve bazı parametrelerin yerinde ölçülmesi.....	56
Şekil 9. Kalyan Vadisi ve su örneklerinin alındığı istasyonlar.....	66
Şekil 10. Modelleme Haritası.....	87
Şekil 11. İstasyonlarda aylara göre ölçülen sıcaklık değişimi.....	88
Şekil 12. Yıllara göre ortalama sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması.....	89
Şekil 13. İstasyonlarda aylara göre ölçülen pH değişimi.....	90
Şekil 14. Yıllara göre ortalama pH değerlerinin karşılaştırılması.....	91
Şekil 15. İstasyonlarda aylara göre ölçülen elektriksel iletkenlik değerlerinin değişimi....	92
Şekil 16. Yıllara göre ortalama elektriksel iletkenlik değerlerinin karşılaştırılması.....	93
Şekil 17. İstasyonlarda aylara göre ölçülen bulanıklık değerlerinin değişimi.....	94
Şekil 18. Yıllara göre ortalama bulanıklık değerlerinin karşılaştırılması.....	95
Şekil 19. İstasyonlarda aylara göre ölçülen debi değerlerinin değişimi.....	95
Şekil 20. Yıllara göre ortalama debi değerlerinin karşılaştırılması.....	96
Şekil 21. İstasyonlarda aylara göre ölçülen toplam sertlik değerlerinin değişimi.....	97
Şekil 22. Yıllara göre ortalama toplam sertlik değerlerinin karşılaştırılması.....	98
Şekil 23. İstasyonlarda aylara göre ölçülen NO_3^- -N değerlerinin değişimi.....	99
Şekil 24. Yıllara göre ortalama NO_3^- -N değerlerinin karşılaştırılması.....	100
Şekil 25. İstasyonlarda aylara göre ölçülen NO_2^- -N değerlerinin değişimi.....	101
Şekil 26. Yıllara göre ortalama NO_2^- -N değerlerinin karşılaştırılması.....	102
Şekil 27. İstasyonlarda aylara göre ölçülen NH_4^+ -N değerlerinin değişimi.....	103

Şekil 28. Yıllara göre ortalama NH_4^+ -N değerlerinin karşılaştırılması.....	104
Şekil 29. İstasyonlarda aylara göre ölçülen Kjeldahl-N değerlerinin değişimi.....	104
Şekil 30. İstasyonlarda aylara göre ölçülen o-PO_4^{3-} değerlerinin değişimi.....	105
Şekil 31. Yıllara göre ortalama o-PO_4^{3-} değerlerinin karşılaştırılması.....	106
Şekil 32. İstasyonlarda aylara göre ölçülen deterjan değerlerinin değişimi.....	107
Şekil 33. İstasyonlarda aylara göre ölçülen ÇO değerlerinin değişimi.....	108
Şekil 34. Yıllara göre ortalama ÇO değerlerinin karşılaştırılması.....	109
Şekil 35. İstasyonlarda aylara göre ölçülen KOİ değerlerinin değişimi.....	110
Şekil 36. Yıllara göre ortalama KOİ değerlerinin karşılaştırılması.....	111
Şekil 37. İstasyonlarda aylara göre ölçülen BOİ değerlerinin değişimi.....	112
Şekil 38. İstasyonlarda aylara göre ölçülen toplam demir değerlerinin değişimi.....	112
Şekil 39. İstasyonlarda aylara göre ölçülen toplam krom değerlerinin değişimi.....	113
Şekil 40. İstasyonlarda aylara göre ölçülen Al değerlerinin değişimi.....	114
Şekil 41. İstasyonlarda aylara göre ölçülen Cu değerlerinin değişimi.....	115
Şekil 42. İstasyonlarda aylara göre ölçülen Pb değerlerinin değişimi.....	116
Şekil 43. İstasyonlarda aylara göre ölçülen Zn değerlerinin değişimi.....	117
Şekil 44. Kalyan Deresi ile Değirmendere'nin Cu , Pb ve Zn yönünden aylara göre Karşılaştırılması.....	118
Şekil 45. Kalyan Deresi ile Değirmendere'nin Cr ve Fe yönünden aylara göre Karşılaştırılması.....	119
Şekil 46. İstasyonlarda aylara göre ölçülen toplam pestisit değerlerinin değişimi.....	120
Şekil 47. Nehir boyunca sıcaklık ile BOİ_5 değerlerinin değişimi.....	123
Şekil 48. Nehir boyunca sıcaklık - ÇO değerlerinin değişimi.....	123
Şekil 49. Nehrin değişen sıcaklık - ÇO değerleri.....	124
Şekil 50. Nehir boyunca NO_3^- -N, NH_4^+ -N ve ORG-N değerlerinin değişimi.....	124

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1.	Suyun Fizikokimyasal Özellikleri.....	6
Tablo 2.	Suyun Radyoaktiflik Özelliği.....	7
Tablo 3.	Toksik Maddeler.....	7
Tablo 4.	Yumuşatılmış 1.Sınıf Sular İçin Gerekli Konsantrasyon Değeri.....	8
Tablo 5.	Mikrobiyolojik Özellikler.....	8
Tablo 6.	Suda Fazla Miktarda Bulunması İstenmeyen Maddeler.....	9
Tablo 7.	Toplam Bakteri Sayısı.....	10
Tablo 8.	Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri.....	14
Tablo 9.	İçme suyu standartları.....	16
Tablo10.	Bazı organoklorlu ve organofosforlu pestisitlerin özel isimleri, IUPAC adlandırılmaları ve açık formülleri	31
Tablo11.	2004 yılı içerisinde Kalyan havzasında kullanılan kimyasal gübreler ve zirai ilaçlar.....	38
Tablo12.	Kalyan Deresi'nin 2004'teki yıllık akış miktarının aylara göre değişimi (m^3/sn)	40
Tablo 13.	Su numunelerinin alınışı, saklanması, korunması ve analiz yöntemleri.....	57
Tablo 14.	İstasyonlara ait aylık sıcaklık ölçüm değerleri ($^{\circ}C$).....	74
Tablo 15.	İstasyonlara ait aylık pH ölçüm değerleri.....	75
Tablo 16.	İstasyonlara ait aylık elektriksel iletkenlik ($\mu S/cm$) ölçüm değerleri.....	75
Tablo 17.	İstasyonlara ait aylık bulanıklık ölçüm değerleri.....	76
Tablo 18.	İstasyonlara ait aylık debi (m^3/sn) ölçüm değerleri.....	76
Tablo 19.	İstasyonlara ait aylık toplam sertlik ($mg\ CaCO_3/L$) ölçüm değerleri.....	77
Tablo 20.	İstasyonlara ait aylık $NO_3^- - N$ (mg/L) ölçüm değerleri.....	77
Tablo 21.	İstasyonlara ait aylık $NO_2^- - N$ (mg/L) ölçüm değerleri.....	78
Tablo 22.	İstasyonlara ait aylık $NH_4^+ - N$ (mg/L) ölçüm değerleri.....	78
Tablo 23.	İstasyonlara ait aylık Kjeldahl-N (mg/L) ölçüm değerleri.....	79
Tablo 24.	İstasyonlara ait aylık $o-PO_4^{-3}$ (mg/L) ölçüm değerleri.....	79
Tablo 25.	İstasyonlara ait aylık deterjan (mg/L) ölçüm değerleri.....	80

Tablo 26.	İstasyonlara ait aylık ÇO (mg/L) ölçüm değerleri.....	80
Tablo 27.	İstasyonlara ait aylık KOİ (mg/L) ölçüm değerleri.....	81
Tablo 28.	İstasyonlara ait aylık BOİ (mg/L) ölçüm değerleri.....	81
Tablo 29.	İstasyonlara ait aylık toplam demir (mg/L) ölçüm değerleri.....	82
Tablo 30.	İstasyonlara ait aylık toplam krom (mg/L) ölçüm değerleri.....	82
Tablo 31.	İstasyonlara ait aylık Al (mg/L) ölçüm değerleri.....	83
Tablo 32.	İstasyonlara ait aylık Cu (mg/L) ölçüm değerleri.....	83
Tablo 33.	İstasyonlara ait aylık Pb (mg/L) ölçüm değerleri.....	84
Tablo 34.	İstasyonlara ait aylık Zn (mg/L) ölçüm değerleri.....	84
Tablo 35.	Değirmendere ve Kalyan Deresi'nden Nisan-2004 de alınan Ham Su Örneklerinin Karşılaştırılması.....	85
Tablo 36.	İstasyonlara ait aylık toplam pestisit ($\mu\text{g/L}$) ölçüm değerleri.....	86
Tablo 37.	2004 yılı içerisinde alınan sıcaklık ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının diğer yıllarla karşılaştırılmaları.....	89
Tablo 38.	2004 yılı içerisinde alınan pH ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının diğer yıllarla karşılaştırılmaları.....	90
Tablo 39.	2004 yılı içerisinde alınan elektriksel iletkenlik ($\mu\text{S/cm}$) ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının diğer yıllarla karşılaştırılmaları.....	92
Tablo 40.	2004 yılı içerisinde alınan bulanıklık ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının diğer yıllarla karşılaştırılmaları.....	94
Tablo 41.	2004 yılı içerisinde alınan debi (m^3/sn) ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının diğer yıllarla karşılaştırılmaları.....	96
Tablo 42.	2004 yılı içerisinde alınan toplam sertlik ($\text{mg CaCO}_3/\text{L}$) ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının diğer yıllarla karşılaştırılmaları.....	97
Tablo 43.	2004 yılı içerisinde alınan $\text{NO}_3^- \text{-N}$ (mg/L) ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının diğer yıllarla karşılaştırılmaları.....	99
Tablo 44.	2004 yılı içerisinde alınan $\text{NO}_2^- \text{-N}$ (mg/L) ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının diğer yıllarla karşılaştırılmaları.....	101
Tablo 45.	2004 yılı içerisinde alınan $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ (mg/L) ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının diğer yıllarla karşılaştırılmaları.....	103
Tablo 46.	2004 yılı içerisinde alınan o-PO_4^{3-} (mg/L) ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının diğer yıllarla karşılaştırılmaları.....	105
Tablo 47.	2004 yılı içerisinde alınan ÇO (mg/L) ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının diğer yıllarla karşılaştırılmaları.....	108
Tablo 48.	2004 yılı içerisinde alınan KOİ (mg/L) ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının diğer yıllarla karşılaştırılmaları.....	110

SEMBOLLER DİZİNİ

A	:	Kesit Alanı	m^2
AAS	:	Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi	
BOİ	:	Biyolojik oksijen ihtiyacı	$mg\ O_2/L$
C	:	Spesifik tarımsal yük (yükleme)	$g\ m^{-2}$
ÇO	:	Çözünmüş Oksijen	
ÇTM	:	Çoklu Tüp Metodu	
d	:	Nehrin derinliği	m
DSİ	:	Devlet Su İşleri	
EPA	:	Çevre Koruma Ajansı (Environmental Protection Agency)	
EC	:	Elektriksel İletkenlik (Electrical Conductivity)	
g	:	Nehrin eğimi	$m\ s^{-2}$
IUPAC	:	Uluslararası Teorik ve Uygulamalı Kimya Birliği (International Union of Pure and Applied Chemistry)	
Ka	:	Havalandırma transfer katsayısı	s^{-1}
KOI	:	Kimyasal Oksijen İhtiyacı	
L	:	Bir bölümün uzunluğu	m
MAC	:	Müsaade Edilebilecek Maksimum Değer (Maximum Admissible Concentration)	
MBAS	:	Metilen Mavisine Aktif Maddeler (Methilen Blue Active Surfactant)	
n	:	Kanal yada bölüm numarası	
NTU	:	Bulanıklık (Nephelometric Turbidity Unit)	
O	:	Çözünmüş oksijen konsantrasyonu	$g\ m^{-3}$
Q	:	Hacimsel debi	$m^3\ s^{-1}$
R_a	:	Nehrin havalandırma oranı	$g\ m^{-3}\ s^{-1}$
R_{bio}	:	Biyolojik oksijen tüketimi oranı	$g\ m^{-3}\ s^{-1}$
R_{run}	:	Nehre karışan BOİ akıntısının akma oranı	$g\ m^{-3}\ s^{-1}$
$Runoff_n$	:	n bölümüne yüzeysel akış oranı	$g\ m^{-3}\ s^{-1}$
S	:	Substrat konsantrasyonu	$g\ m^{-3}$
sat	:	Doyma	
SKKY	:	Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği	

Temp	:	Nehrin sıcaklığı	$^{\circ}\text{C}$
trib	:	Bir ırmağa karışan (ayak)	
TH	:	Toplam Sertlik (Total Hardness)	
TS 266	:	TSE İçme Suyu Standardı	
V	:	Nehrin hızı	m s^{-1}
Vol	:	Bir bölümün hacmi	m^3
W	:	Nehrin genişliği	m
WHO	:	Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)	
Y	:	Verim faktörü	
μ_{max} (MU)	:	Maksimum spesifik büyüme oranı	s^{-1}



1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Günümüzde sanayileşme ve kentleşme sürecine bağlı olarak, su kullanım ve tüketim oranları yükselmekte, sürdürülebilir temiz su kaynaklarına olan ihtiyaç her gün biraz daha artmaktadır. Öte yandan düzensiz ve hatalı kullanımlar sonucu tıpkı durgun sular gibi, akarsular da fiziksel, kimyasal ve biyolojik bakımdan aşırı derecede kirletilmektedir. Doğal çevre, ekosistemler ve ekolojik türler üzerindeki baskılar giderek ağırlaşmakta, yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının (özellikle akarsuların) kendi kendini temizleme ve yenileme yetenekleri geri dönülmez biçimde köreltilmektedir.

Atık suların ve diğer kirleticilerin taşınmasında ve uzaklaştırılmasında en fazla kullanılan ve bu yüzdende en çok kirletilen alıcı su ortamlarının başında akarsular gelmektedir. Kirleticilerin, doğrudan ya da dolaylı biçimde akarsulara verilmesi, barajlar ve sulama sistemlerinin etkisi, tarımsal sulamalardan dönen niteliği bozulmuş sular ve rekreatif amaçlı kullanımlar akarsuların kirlenmesine neden olmaktadır.

Akarsulardaki biyolojik yaşam ve ekolojik bütünlük, günümüzde özellikle insan etkinliklerinin ve insanlarla etkileşimin yakın tehdidi altındadır. Bu tehditler arasında; habitat bozulması ve parçalanması, su rekabeti, kirlilik, ticari istismar ve iklim değişimi yer almaktadır. Öte yandan, ağaç kesimi, madencilik, otlakçılık, tarım, endüstrileşme-kentleşme; kara ve su habitatlarını ve bunların ekosistemlere katkı yapma kapasitelerini azaltacak biçimde değiştirmektedir. Bu tür etkinlikler, erozyona, tortulanmaya, su kenarı bitkilerinin yok olmasına, su akışında ve sıcaklığında değişmelere yol açmakta, bu da sonuçta üreme biyolojisi ve su organizmalarının yaşamları üzerinde derin bir etki yaratmaktadır. Kirlenmenin ileri aşamalarında su ortamında yaşayan bir çok sucul bitki ve mini canlı türü yok olmakta bu tür sulardan yararlanma imkanı giderek ortadan kalkmaktadır.

Akarsulardaki habitat bozulması yalnızca fiziksel değişimlerden ibaret değildir. Endüstri ve kent atıkları kimyasal kirlenmeye de yol açmaktadır. Çiftliklerden ve evlerden sızan zararlı maddeler ve zehirler sulara karışmakta ve insan sağlığını tehdit etmektedir. Kirlilik kaynakları, ayrıca sucul yaşam için gerekli olan çözünmüş oksijeni tüketen ve

istenmedik bitki ve alg türlerinin üremesini teşvik eden aşırı besleyici ve organik maddeler ile insanlara ve su yaşamına zararlı hastalık etkenleri (patojen mikroorganizmalar) de taşımaktadır [1].

Nüfus artışı ve kentleşme beraberinde katı ve sıvı atık sorununu getirmiştir. Endüstrileşme ve tarımsal üretim teknolojileri bu sorunu daha da ağırlaştırmıştır. Özellikle sıvı atıklarını bir kent merkezinden ya da sanayi kuruluşundan uzaklaştırmanın en kolay ve ekonomik yolu olarak akarsular ve diğer su ortamları seçilmektedir. Oysa bu kolay ve ucuz yol su ortamlarına büyük zarar vermektedir. Özellikle endüstriden kaynaklanan sıvı atıklar ve yağlarla, arsenik, civa, krom, kurşun, demir, magnezyum ve kadmiyum gibi metaller su canlılarında birikerek insanlara geçmekte ve çeşitli hastalıklara yol açmaktadır. Akarsulara bırakılan katı ve askıdaki maddeler ise, güneşten gelen enerjiyi engelleyerek karbondioksit ve oksijen dengesini bozmakta ve suyun kalitesini değiştirerek içme ve kullanma özelliğini bozmaktadır [1].

Ülkemizin su havzaları; plansızlık, doğru ve kalıcı politika eksikliği nedeni ile ciddi baskılar altındadır. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nin ve ilgili diğer mevzuatların getirdiği düzenlemeler su kaynaklarında gözlenen kirlenmenin ve kalite değişiminin önüne geçememiştir. Bu bağlamda, ülkemizin önemli su kaynaklarının ve su havzalarının elden çıkma noktasına gelmesi, ülkemiz için doğal kaynakların sürdürülemez yönetimi ve sonuç olarak sürdürülemez kalkınmayı, yani bizden sonraki kuşakların bir damla temiz suya muhtaç olacakları bir geleceği işaret etmektedir. Ortaya çıkan bu tablo son zamanlarda insanları, su kaynaklarına giren zararlı maddeler ve bunların oluşturdukları etkiler konusunda çalışmalar yapmaya zorlamıştır.

1.1.1. Akarsu Havzalarında Kirlenme

Dünyanın bir çok bölgesinde, tatlı su kaynaklarında (özellikle yüzey sularında) belirgin ve yaygın bir azalma, bozulma ve artan bir kirlenme söz konusudur. Bu soruna yol açan temel etmenler arasında; kanalizasyon ve endüstri atıklarının arıtılmasındaki yetersizlik, doğal su havzalarının kaybolması, ormansızlaşma, suya pestisit ve diğer kimyasalları bırakan kötü tarım uygulamaları vardır. Barajlar, nehir sapmaları ve sulama projeleri de akarsuların kalitesini ve miktarını etkilemektedir. Tüm bu uygulamalar sucul ekosistemleri tahrip etmekte ve tatlı sularda yaşayan canlı kaynakları tehdit etmektedir. Su

yollarındaki kereste taşımacılığı ve artan tuzlanma, hem su kalitesini ve sulama sistemlerini etkilemekte, hem de toprağın verimini azaltmaktadır.

Su ortamlarının kirlenmesinde özel bir öneme sahip olan akarsular, bir yandan buralara boşaltılan atıklarla kirlenirken, bir yandan da kirleticileri deniz ve göl gibi durgun su ortamlarına taşıyarak, bu ortamlarında kirlenmesine aracılık etmektedir. Özellikle kent ve endüstri bölgelerinden geçen ve buraların atıklarını taşıyan akarsular denize yada göle ulaştıkları kıyı bölgelerde ve körfezlerde aşırı kirliliğe neden olmaktadır.

Çeşitli kaynaklardan akarsulara ve diğer su ortamlarına ulaşan atıklar içinde en tehlikeli olanları, kuşkusuz zehirli atıklardır. Bunlar; kanser, mutasyon (gen bozulması) ve doğum anormallikleri gibi genetik kökenli hastalıklara ve bozulmalara yol açmaktadır. Zehirli atıklar içinde sentetik organik kimyasal maddeler, ağır metaller, suni olarak üretilen radyoaktif maddeler, fosil yakıtlar, kanalizasyon atıkları ve kimyasal gübreler özellikle önem taşımaktadırlar.

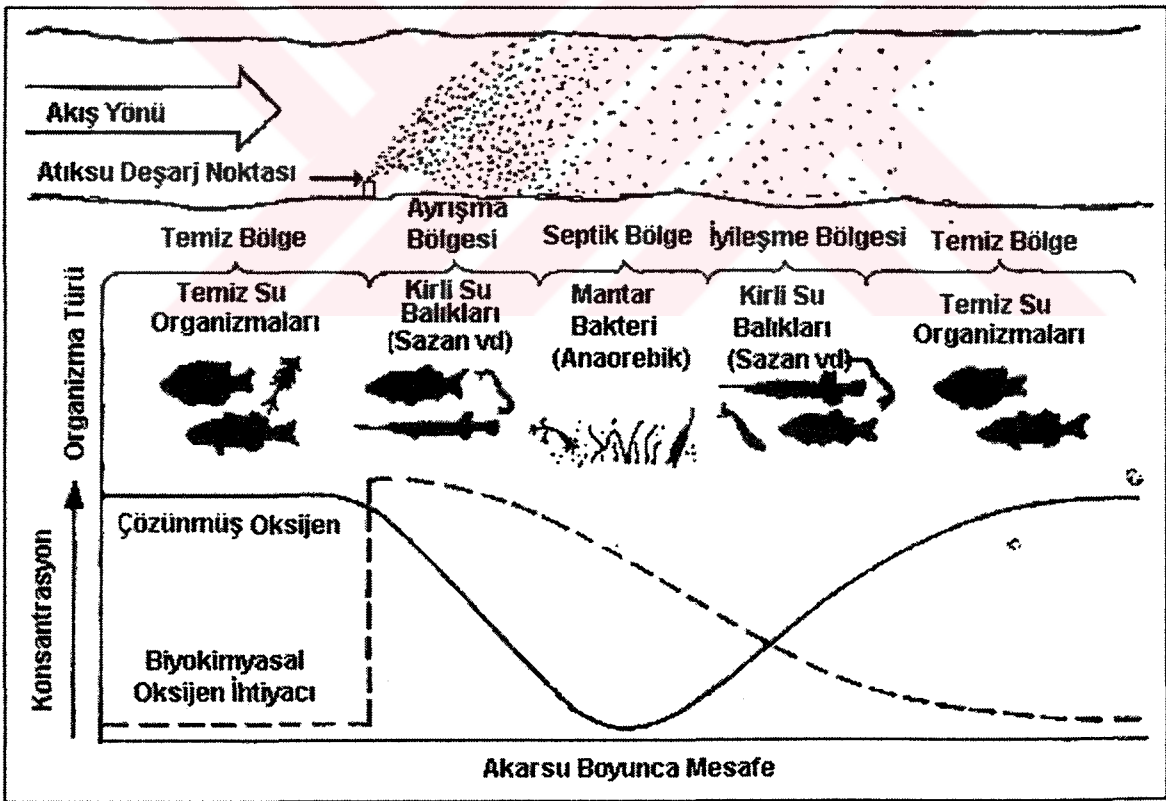
Asit yağmurları da bir başka kirlenme nedenidir. Asit yağmurlarının göl ve akarsulardaki etkisi, su yosunlarından kabuklu canlılara ve balıklara kadar bütün canlılar üzerinde görülmektedir. Akarsularda yaşanan ani ve kitlesel balık ölümlerinin en önemli nedeni asit oranının aşırı artmasıdır. Asit oranının ani artmasında, yoğun sonbahar yağmurları ya da bahardaki kar erimeleri büyük rol oynamaktadır. Örneğin, erimiş kar suyundaki asidite oranı normal sulara göre 100 kat daha yüksektir. Karların erimesi genellikle balıkların yumurtlama dönemine denk gelmekte ve alabalık gibi nehir balıklarında kitlesel ölümlere yol açmaktadır. Ancak, balıklarda görülen bu tür ani ve kitlesel ölümlerin tek nedeni asitleşme oranının artması değildir. Zehirli kimyasalların ve tarım ilacı gibi toksik maddelerin su ortamlarında yoğunlaşması, radyoaktif sızıntı ve su sıcaklığındaki ani yükselmeler gibi başka etmenlerde toplu balık ölümlerine yol açmaktadır.

Akarsulardaki kirlilik, özellikle akarsu kıyısında yoğunlaşan yerleşim alanlarında ve endüstri bölgelerinde yoğunlaşmaktadır. Öte yandan, sınıraşan ya da uluslararası nitelikteki nehirlerde görülen kirlilik, uluslararası çevresel ve siyasal sorunlara da kaynaklık etmektedir.

Çeşitli kirlilik kaynaklarından verilen atık sular bir akarsu ortamına karıştığında, suda, kirlenmeden önceki kalitesine doğru yönelen bir doğal arıtım işlemi başlar: Bu süreç, akarsuyunun özellikleriyle ve iklim koşullarıyla yakından ilişkili olup, yavaş akan, havuzlama özelliği gösteren akarsuların havalanma hızı yavaş olduğundan, doğal arıtım

süreci de yavaş işler. Dolayısıyla, atıkların etkisizleştirilmesi için en kritik dönem, düşük akış koşulları ile su sıcaklığının yüksek olduğu yaz ve güz ayları olmaktadır [1].

Su ortamlarının kirlenmesine neden olan kaynakları; evsel, endüstriyel ve tarımsal olarak gruplandırarak olursak, bu kirletici kaynaklardan çıkan atıkların farklı özellikler taşıdığını, dolayısıyla su kalitesi üzerine olumsuz etkileri ve giderilmesi açısından farklılıklar gösterdiğini görürüz. Suyun bütün kullanım amaçları açısından su kirliliği önemli olmakla beraber, içme suyu kalitesinin bozulması, doğrudan insan sağlığı ile ilişkili olması nedeniyle önem sıralamasında birinci sırayı tutmaktadır. Evlerden endüstrilerden verilen atıklar organik madde içerdiklerinden, su ortamında oksijen tüketimine yol açmaktadırlar. Oksijen, atmosferden havalanma yoluyla kazanıldığından, akarsuların kendi kendini temizleme yetenekleri; akarsuların debisine, zamana, su sıcaklığına ve havalanma imkanlarına bağlı olmaktadır. Evsel atık sularla kirlenen bir akarsuyun kendi kendini temizleme aşamaları Şekil 1’de görülmektedir [2].



Şekil 1. Atıksularla kirlenen akarsuyun kendi kendini temizlemesi

İdeal olarak içme suyunun zararlı hiçbir maddeyi içermemesi istenir. Ancak, kirleticilerin bütün su ortamlarına ulaştığı günümüzde, ekonomik ve teknik kriterler de göz önüne alınarak, içme suyu “hiçbir zararlı madde içermemeli” görüşünden “hangi zararlı maddenin ne kadar bulunmasına izin vermeliyiz” noktasına gelmiştir. Bu nedenle bütün yeni çıkan kimyasal maddeler test edilerek insan sağlığı için zararlı olmayacak güvenli seviyeler belirlenmeye çalışılmaktadır. Uzun, yorucu ve pahalı araştırmalar sonucunda içme sularında izin verilecek maksimum değerler belirlenebilmektedir. Bu değerler Tablo 1-7’de Türk Standartları Enstitüsü tarafından çıkarılmış olan TSE 266 İçme Suyu Standartlarında görülmektedir [3]. Türk İçme Suyu Standartlarında verilen değerlerin çoğu uluslararası içme suları için verilen limit değerlerle uyum içerisindedir.

Bir su kalitesinin belli bir kullanım ihtiyacına cevap verebilmesi için bazı kalite gereklerini sağlaması gerekmektedir. Bazı durumlarda bir endüstride kullanılacak suyun kalitesi içme suyu kalitesinin çok ötesinde kalite gerektirebilmektedir.

İçme suyu standartlarında dikkate alınan önemli parametreler bir çok şekilde gruplandırılabilir. Beraber, Türk Standartları Enstitüsü İçme Suyu Standartlarının oluşturulmasında su kalite parametrelerini 4 ana grupta toplamaktadır.

1. Toksik Maddeler

Kurşun (Pb), civa (Hg), selenyum (Se), arsenik (As), krom (Cr), siyanür (CN⁻) gibi toksik maddeler ve pestisitler sularda düşük konsantrasyonlarda bulunmaları halinde bile insan sağlığına zarar verecek hastalıklara neden olabilirler. Eser miktarda bile sakıncalı olan bu maddeler, özel bazı durumlar ve kirlenme haricinde doğal sularda zararlı seviyelerde bulunmazlar.

2. Suda Fazla Miktarda Bulunması İstenmeyen Maddeler

Florür, demir, mangan, fenol, fosfor, askıda katı madde, radyoaktivite gibi doğal olarak suda bulunan maddelerin yanı sıra evsel ve tarımsal faaliyetler sonucunda suya difüzlenerak giren nitrat türü maddeler bu gruba girmektedir.

3. İçilebilme Özelliğine Etki Eden Maddeler (Fizikokimyasal Özellikler)

Renk, bulanıklık, iletkenlik, tat ve koku, kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum, klorür ve sülfat zararlı seviyelerde bulunmasalar dahi suyun içiminde insanların aradığı özellikleri etkilerler dolayısıyla suyun estetik kalitesini oluşturlar.

4. Kirlenmeyi Belirten Maddeler(Mikrobiyolojik Özellikler)

Organik madde ve bakteriyolojik analiz suyun kirlenmeye maruz kalıp kalmadığı hakkında bilgi verir. Pestisitlerde tarımsal kirliliğe işaret etmektedir.

Ülkemizde içme sularının bulundurulması gerekli kalite değerleri, Türk Standartları Enstitüsünce 1997 yılında revize edilerek TS 266 nolu Su Standardında belirlenmiş olup Tablo 1-7’de verilmiştir.

Tablo 1. Suyun Fizikokimyasal Özellikleri

Özellik	Sınıf 1		Sınıf 2
	Tavsiye Edilen Değer (GL) ⁴	Müsaade Edilebilecek Maksimum Değer(MAC) ⁴	Müsaade Edilebilecek Maksimum Değer(MAC) ⁴
Sıcaklık, °C	25	25	25
pH ¹	6,5≤pH≤9,2	6,5≤pH≤9,2	6,5≤pH≤8,5
Renk, mg/L Pt skalası (Pt-Co Skalası)	1	20	1
Bulanıklık	5 birim	25 birim	5 birim
İletkenlik ² 20°C’de, µS/cm	400	2000	650
Klorürler ³ , mg Cl/L	25	600	30
Serbest Klor (Cl ₂), mg/L	0,1	0,5	-
Sülfatlar, mg SO ₄ /L	25	250	25
Kalsiyum, mg Ca/L	100	200	100
Magnezyum, mg Mg/L	30	50	30
Sodyum, mg Na/L	20	175	20
Potasyum, mg K/L	10	12	12
Alüminyum, mg Al/L	0,05	0,2	0,2
Kurutma Kalıntısı, 180 °C’de kurutulduktan sonra, mg/L	-	1500	500
1. Kapalı kaplardaki suda pH özelliği aranmaz 2. Sudaki mineral madde muhtevasının bir göstergesidir.Ohm/cm cinsinden karşılık gelen değer 2500’dür. 3. Yaklaşık 200 mg/l’nin üzerindeki konsantrasyonda olumsuz tesirler gelebilir. 4. GL:Guide Level , MAC : Maximum Admissible Concentration			

Tablo 2.Suyun Radyoaktiflik Özelliği

Özellik	Sınıf 1		Sınıf 2
	Tavsiye Edilen Değer(GL)	Müsaade Edilebilecek Maksimum Değer(MAC)	Müsaade Edilebilecek Maksimum Değer(MAC)
Alfa Aktivitesi, pCi/L (Bq/L)	-	1(0,037)	1(0,037)
Beta Aktivitesi, pCi/L (Bq/L)	-	10(0,37)	10(0,37)

Tablo 3. Toksik Maddeler

Madde	Sınıf 1		Sınıf 2
	Tavsiye Edilen Değer (GL)	Müsaade Edilebilecek Maksimum Değer(MAC)	Müsaade Edilebilecek Maksimum Değer(MAC)
Arsenik, µg As/L	-	50	50
Kadmiyum, µg Cd/L	-	5	5
Siyanürler, µg CN/L	-	50	50
Krom, µg Cr/L	-	50	50
Civa, µg Hg/L	-	1	1
Nikel, µg Ni/L	-	50	50
Kurşun ¹ , µg Pb/L	-	50	50
Antimon, µg Sb/L	-	10	10
Selenyum, µg Se/L	-	10	10
Pestisitler ve İlgili Ürünler µg/L	-	0,1	0,1
-Organoklorlü İnsektisitler	-	0,1	0,1
-PCB'ler, her bir madde ayrı ayrı	-	0,1	0,1
-Herbisitler, her bir madde ayrı ayrı	-	0,1	0,1
-Yukarıdaki maddelerin toplamı	-	0,5	0,5

1. 50 µg Pb/L değeri akan su için verilmiştir.

- Kurşun boruların kullanıldığı şebekelerden de suyun bir miktar akıtılmasından sonra alınacak numunelerden kurşun konsantrasyonu 50 µg Pb/L'yi geçmemelidir. Numunenin doğrudan veya bir miktar akıtıldıktan sonra alınması halinde, kurşun konsantrasyonunun 100 µg Pb/L'lik değeri sık sık veya önemli bir miktarda geçmesi durumunda tüketicinin etkilenmesini azaltmak için uygun tedbirler alınmalıdır.

Tablo 4. Yumuşatılmış Sınıf 1 Sular İçin Gerekli Konsantrasyon Değeri

Özellik	Değer, En Çok
Toplam Sertlik, mg CaCO ₃ /L	150
Alkalilik, meg NaOH/L	0,5
Not: Aşırı tabii sertlikteki sular, tüketimden önce Tablo 4'e uygun olarak yumuşatılırsa, suyun sodyum muhtevası Tablo 1'de verilen MAC değerinden yüksek olabilir. Bununla birlikte insan sağlığının korunması için sodyum muhtevasının mümkün olduğu kadar düşük tutulmasına özen gösterilmelidir.	

Tablo 5. Mikrobiyolojik Özellikler

Özellik	Sınıf 1			Sınıf 2	
	Tavsiye Edilen Değer(GL)	Müsaade Edilebilecek Maksimum Değer(MAC)		Müsaade Edilebilecek Maksimum Değer(MAC)	
		Membran Süzme Metodu	Çoklu Tüp Metodu (ÇTM)	Membran Süzme Metodu	Çoklu Tüp Metodu (ÇTM)
Toplam Koliformlar ¹ , 100 ml numunede 37°C’de	-	0	ÇTM<1	0	ÇTM<1
Fekal Koliformlar 100ml numunede,44°C’de	-	0	ÇTM<1	0	ÇTM<1
Fekal Streptokok, 100 ml numunede	-	0	ÇTM<1	0	ÇTM<1
Sülfid indirgeyen klostridia, 20 ml numunede	-	-	ÇTM<1	-	ÇTM<1

Not: Sular; patojenik organizmaları ihtiva etmemelidir.

Suların tam bir mikrobiyolojik analizini yapmak gerekirse ilave olarak aşağıdaki patojenler içinde deney yapılmalıdır;

Salmonella,

Patojenik stafilokok,

Fekal bakteriofaglar,

Sular aşağıdakileri ihtiva etmemelidir.

Parazitler

Algler

Mikroskopla görülebilecekler gibi diğer organizmalar

1. Yeterli sayıda numunenin deneye tabi tutulması şartıyla (% 95 uyumlu sonuçlar)

Tablo 6. Suda Fazla Miktarda Bulunması İstenmeyen Maddeler

Madde	Sınıf 1		Sınıf 2
	Tavsiye Edilen Değer (GL)	Müsaade Edilebilecek Maksimum Değer(MAC)	Müsaade Edilebilecek Maksimum Değer(MAC)
Nitratlar, mg NO ₃ /L	25	50	25
Nitritler, mg NO ₂ /L	-	0,1	0,1
Amonyum, mg NH ₄ /L	0,05	0,5	0,05
Kjeldahl Azotu (NO ₂ ⁻ ve NO ₃ ⁻ 'daki N hariç), mg N/L	-	1	1
Permanganat İndeksi (KMnO ₄ ile yükseltgenebilir maddeler), mg O ₂ /L	2	5	5
Kloroformla Ekstrakte Edilebilen Maddeler, mg kuru kalıntı/L	0,1	0,5	0,2
Çözünmüş veya Emülsifiye Hidrokarbonlar (Petrol eteri ekstraksiyonundan sonra); mineral yağlar, µg/L	-	10	10
Fenoller ¹ , fenol indeksi olarak, µg C ₆ H ₅ OH/L	-	0,5	0,5
Bor, µg B/L	1000	2000	1000
Yüzey Aktif Maddeler (metilen mavisi ile reaksiyon veren), µg loril sülfat/L	-	200	200
Demir, µg Fe/L	50	200	50
Mangan, µg Mn/L	20	50	20
Bakır, µg Cu/L	100 ² veya 3000 ²	3000	100
Çinko, µg Zn/L	100 ³ veya 5000 ³	5000	100
Fosfor, µg P ₂ O ₅	400	5000	400
Florür, µg F/L	-	1500 ⁴	1000
(8–12) °C'de	-	700 ⁴	700
(25–30) °C'de	-		
Askıda Katı Madde, mg/L	Bulunmamalıdır	1	0,5
Baryum µg Ba/L	100	300	100
Gümüş µg Ag/L	-	10 ⁵	10

1. Klor ile reaksiyona girmeyen tabii fenoller hariç
2. Pompa çıkışında ve/veya arıtma işlemlerinde ve bunların alt kademelerinde bu değer 100 µg Cu/L'dir.
-Su, şebekede 12 saat bekledikten sonra ve tüketiciye ulaştıktan sonra bu değer 3000 µg Cu/L olabilir.
-3000 µg Cu/L'den daha büyük konsantrasyonlar, suda hoş olmayan bir tat,renk değişmesi ve korozyon oluşturabilir.
3. Pompa çıkışında ve/veya arıtma işlemlerinde ve bunların alt kademelerinde bu değer 100 µg Zn/L'dir.
-Su, şebekede 12 saat bekledikten sonra ve tüketiciye ulaştıktan sonra bu değer 5000 µg Zn/L olabilir.

Tablo 7. Toplam Bakteri Sayısı

Özellik	Sınıf 1		Sınıf 2
	Tavsiye Edilen Değer(GL)	Müsaade Edilebilecek Maksimum Değer(MAC)	Müsaade Edilebilecek Maksimum Değer(MAC)
İçme ve Kullanma Suları(Kapalı Kaplardaki Sular Hariç) İçin Toplam Bakteri Sayısı, 1 ml numunede; 37 °C'de 22 °C' de	10 ^{1,2} 100 ^{1,2}	40 500	- -
Kapalı Kaplardaki Sular ³ İçin Toplam Bakteri Sayısı, 1 ml numunede; 37 °C'de 22 °C' de	5 20	20 100	20 100
1. Dezenfekte sular için karşılık gelen bu değerler, suyun işleme tesisinden ayrıldığı noktada önemli ölçüde düşük olmalıdır. 2. Ardışık numune alma sırasında, bu değerlerden herhangi birisi devamlı olarak aşıyorsa, bir kontrol yapılmalıdır. 3. MAC değeri, kapalı kap içerisinde sabit sıcaklıkta muhafaza edilen numune su ile 12 saat içerisinde ölçülmelidir.			

1.1.2.Akarsu Kirliliğinin Genel Etkileri

Evsel ve endüstriyel atıklarla kirlenen su ortamlarında (özellikle akarsu ve göllerde) yaşayan canlı türlerin yaşamları sürekli tehdit altındadır. Su ortamına boşaltılan kirleticiler, doğal ortamda birincil zararlara yol açabilecekleri gibi, biyolojik besin zincirinin dengesinde oluşan ve ancak uzun dönemde ortaya çıkan küçük bozulmalar biçimindeki ikincil zararlara da yol açabilmektedirler. Kimi kirleticilerin (kimyasalların) su ortamındaki etkisi hemen ortaya çıkmakta, özellikle zehirli sıvı atıklar akuafaunaya (sucul canlılara) anında etki etmektedirler. Sucul canlılar bir anda ve topluca ölebilirler. Kimi böcek öldürücüler ve ağır metaller ise, uzun bir dönemde etkilerini göstermektedirler. Yenilen su canlılarında yerleşen bu zehirler, besin zinciri ile insanlara geçmektedir. Akarsularda, azot ve fosfor miktarında oluşacak artış ötrofikasyona neden olarak, su ortamındaki yosun ve diğer bitkilerin aşırı çoğalmasına ve büyümesine yol açmaktadırlar. Bu da sudaki çözünmüş oksijen miktarını azaltarak su canlılarının yaşamını tehdit eder ve su ortamının doğal yaşlanma sürecini hızlandırır.

Asitleşme, göl ve akarsulardaki planktonik ve bentik alg toplulukları üzerinde etkilidir. Su ortamındaki pH oranı düştükçe fitoplankton türlerinin miktarı azalırken, kompozisyonu (dağılım biçimi) da değişir. Asitleşmeden dolayı akarsularda yaşayan balıkların büyümesi azalabilir ya da fazlalaşabilir. Asitleşmeden etkilenen balıkların çoğunda üreme güçlükleri görülür. Asitleşmenin yüksek olduğu akarsularda balıkların solungaçlarında meydana gelen tahribatlar yüzünden ani ve toplu balık ölümleri yaşanabilir.

Atıksular, boşaltıldıkları ortam suyunun fiziksel ve kimyasal yapısını değiştirdiği gibi, dip yapısını da etkilemektedir. Organik kirleticiler ya da sıcak sular, su ortamında oksijen azalmasına, deterjanlar, ağır metaller ve pestisitlerse toksiditenin artmasına yol açarak, ortamdaki canlı yaşamı tehdit ederler. Ekolojik dengesi bozulan su ortamlarında canlıların barınması ve üremesi güçleşir.

Kirlenmiş akarsularda bulunan çözünmüş ya da çözünmemiş inorganik tuzlar, bakteriler, parazitler, virüsler, ağır metaller ve bitkisel maddeler çeşitli hastalıklara neden olarak, insan sağlığı üzerinde olumsuz etkide bulunurlar.

Çeşitli kaynaklardan, çeşitli yollarla akarsulara karışan sülfatlar, nitratlar, arsenik, kurşun, siyanür, civa, ve krom gibi ağır metaller ile pestisitler, deterjanlar ve radyoaktif maddeler çeşitli hastalık ve zehirlenmelerin nedenleri arasında yer alır.

Hastalık yapıcı özelliği bulunan virüs, bakteri ve koli basili gibi mikro canlılar su yoluyla insanlara geçerek ishal, dizanteri, kolera, tifo, burusella, toksoplazmozis, antrax, ve mantar gibi hastalıklara yol açabilirler. Çeşitli tipteki parazitler de kirli sulardan, çeşitli yollarla insanlara bulaşarak paraziter hastalık yaparlar.

Çok kirli akarsular, görüntü ve koku kirliliği ile de insanların ruh sağlığı üzerinde olumsuz etkide bulunup, gerilime (strese) neden olabilirler [1] .

Ülkemizin kısıtlı tatlı su kaynaklarına karşılık, su tüketiminin hızla artması, kıyılarımızın ve denizlerimizin korunması gerekliliğinin anlaşılması sonucunda bir çerçeve kanun niteliğinde olan 2872 sayılı Çevre Kanunu uyarınca hazırlanmış olan ve 4 Eylül 1988 tarihinde 19919 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe giren Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY) bu ihtiyacı karşılamak için çıkarılmıştır. Bu yönetmeliğe göre oluşturulmuş olan Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri Tablo 8’ de verilmiştir [4].

Bu yönetmeliğin amacı, ülkenin su kaynakları potansiyelinin korunması, en iyi bir biçimde kullanımının sağlanması ve su kirlenmesinin önlenmesinin ekonomik ve sosyal kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde gerçekleşmesi için gerekli olan hukuki ve teknik esasları ortaya koymaktır. Yönetmelikte somut olarak; su kirlenmelerinin ülke sathında yayılmasının önlenmesi, yeraltı sularının korunması, kıyı ve deniz kirlenmelerinin önlenmesi, kirlenmiş su ortamlarının rejenerasyonu öncelikli temel amaçlar olarak ele alınmıştır.

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, ülkemizde su kalite kontrolüne yönelik hukuki ve teknik esasları, bir ana yönetmelik metni ve bu yönetmeliğe bağlı tebliğler şeklinde düzenlemektedir.

Yönetmelik başlıca 4 ana ağırlık noktasına sahiptir:

1. Su ortamlarının sınıflandırılmasına yönelik düzenlemeler,
2. Noktasal kaynaklardan alıcı ortamlara doğrudan atık su deşarjı,
3. Kent içi atık su sistemleri,
4. Deşarj izinleri ve denetim esasları

Su kirliliği kontrolünün etkin bir şekilde yürütülebilmesi için, bütün suların kullanım amaçlarına göre sınıflandırılması ve bu sınıflandırmaya uygun düşecek şekilde kirlilik sınırlarının belirlenmesi gerekir.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre akarsu, göl ve baraj rezervuarlarında biriktirilen kıta içi yüzeysel suların kalitelerinin sınıflandırılması aşağıda verilmiştir:

Sınıf 1. Yüksek Kaliteli Su

- Yalnız dezenfeksiyon ile içme suyunun temini
- Rekreatyoneel amaçlar (yüzme gibi vücut teması gerektirenler dahil)
- Alabalık üretimi
- Havyan üretimi ve çiftlik ihtiyacı
- Diğer amaçlar

Sınıf 2. Az Kirlenmiş Su

- İleri ve uygun arıtma ile içme suyu temini
- Rekreatyoneel amaçlar
- Alabalık dışında balık üretimi
- Teknik Usuller Tebliği'nde verilecek olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu olarak
- Sınıf 1 dışındaki bütün kullanımlar

Sınıf 3. Kirlenmiş Su

- Gıda, tekstil gibi kaliteli su gerektiren endüstriler hariç olmak üzere uygun bir arıtmadan sonra endüstriyel su temininde kullanılabilir.

Sınıf 4. Çok Kirlenmiş Su

- Yukarıda 1. 2. ve 3. sınıflar için verilen kalite parametreleri bakımından daha düşük kalitedeki yüzeysel suları ifade eder.

Bu çalışma ile Değirmendere deresinin yan kolu olan Kalyan deresi üzerinde inşasına devam edilen Atası Barajını besleyecek olan su kaynaklarının bazı fiziksel ve kimyasal parametrelerinin incelenmesi ve modellenmesi düşünülmüştür. Bu bağlamda Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerine ve Türk ve Dünya Standartlarına uyup uymadığı araştırılmıştır.

Su kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde belirtilen Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri Tablo 8'de, Avrupa Birliği, Dünya Sağlık Örgütü ve Türk Standartları Enstitüsü'nün belirlediği içme suyu standartları ise karşılaştırılmalı olarak Tablo 9'da sunulmuştur.

Tablo 8. Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
A) Fiziksel ve İnorganik-Kimyasal Parametreler				
1.Sıcaklık (°C)	25	25	30	> 30
2.pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,0-9,0	6,0-9,0 dışında
3.Çözünmüş oksijen (mg O ₂ / L) ^a	8	6	3	<3
4.Oksijen doygunluğu (%) ^a	90	70	40	<40
5.Klorür iyonu (mg Cl ⁻ /L)	25	200	400 ^b	>400
6.Sülfat iyonu (mg SO ₄ ⁼ / L)	200	200	400	>400
7.Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N / L)	0,2 ^c	1 ^c	2 ^c	>2
8.Nitrit azotu (mg NO ₂ ⁻ -N / L)	0,002	0,01	0,05	>0,05
9.Nitrat azotu NO ₃ ⁻ -N / L)	5	10	20	>20
10.Toplam fosfor (mg PO ₄ ³⁻ -P / L)	0,02	0,16	0,65	>0,65
11.Toplam çözünmüş madde (mg / L)	500	1500	5000	>5000
12.Renk (Pt- Co birimi)	5	50	300	>300
13.Sodyum (mg Na ⁺ /L)	125	125	250	>250
B) Organik Parametreler				
1.KOİ (mg / L)	25	50	70	>70
2.BOİ (mg / L)	4	8	20	>20
3.Organik karbon (mg / L)	5	8	12	>12
4.Toplam Kjeldahl azotu (mg / L)	0,5	1,5	5	>5
5.Emülsifiye yağ ve gres (mg / L)	0,02	0,3	0,5	>0,5
6.Metilen mavisi aktif maddeleri(MBAS)(mg /L)	0,05	0,2	1	>1,5
7.Fenolik maddeler (uçucu) (mg / L)	0,002	0,01	0,1	>0,1
8.Mineral yağlar ve türevleri (mg / L)	0,02	0,1	0,5	>0,5
9.Toplam pestisit (mg / L)	0,001	0,01	0,1	>0,1
C) İnorganik Kirlenme Parametreleri^d				
1.Civa (µg Hg / L)	0,1	0,5	2	>2
2.Cadmiyum (µg Cd / L)	3	5	10	>10
3.Kurşun (µg Pb / L)	10	20	50	>50
4.Arsenik (µg As / L)	20	50	100	>100
5.Bakır (µg Cu / L)	20	50	200	>200

Tablo 8. (Devam) Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
6.Krom (toplam) ($\mu\text{g Cr} / \text{L}$)	20	50	200	>200
7.Krom ($\mu\text{g Cr}^{+6} / \text{L}$)	Ö. kadar az ^f	20	50	>50
8.Kobalt ($\mu\text{g Co} / \text{L}$)	10	20	200	>200
9.Nikel ($\mu\text{g Ni} / \text{L}$)	20	50	200	>200
10.Çinko ($\mu\text{g Zn} / \text{L}$)	200	500	2000	>2000
11.Siyanür (toplam) ($\mu\text{g CN} / \text{L}$)	10	50	100	>100
12.Florür ($\mu\text{g F}^- / \text{L}$)	1000	1500	2000	>2000
13.Serbest klor ($\mu\text{g Cl}_2 / \text{L}$)	10	10	50	>50
14.Sülfür ($\mu\text{g S}^{=} / \text{L}$)	2	2	10	>10
15.Demir ($\mu\text{g Fe} / \text{L}$)	300	1000	5000	>5000
16.Mangan ($\mu\text{g Mn} / \text{L}$)	100	500	3000	>3000
17.Bor ($\mu\text{g B} / \text{L}$)	1000 ^e	1000 ^e	1000 ^e	>1000
18.Selenyum ($\mu\text{g Se} / \text{L}$)	10	10	20	>20
19.Baryum ($\mu\text{g Ba} / \text{L}$)	1000	2000	2000	>2000
20.Alüminyum (mg Al / L)	0,3	0,3	1	>1
21.Radyoaktivite (pCi / L)				
alfa-aktivitesi	1	10	10	>10
beta-aktivitesi	10	100	100	>100
D) Bakteriyolojik Parametreler				
1.Fekal koliform (EMS /100 ml)	10	200	2000	>2000
2.Toplam koliform(EMS /100 ml)	100	20000	100000	>100000
(a) Konsantrasyon veya doygunluk yüzdesi parametrelerinden sadece birisinin sağlanması yeterlidir.				
(b) Klorüre karşı hassas bitkilerin sulanmasında bu konsantrasyon limitini düşürmek gerekebilir.				
(c) pH değerine bağlı olarak serbest amonyak azotu konsantrasyonu 0,02 mg NH ₃ -N /L değerini geçmemelidir.				
(d) Bu gruptaki kriterler parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektedir.				
(e) Bor'a karşı hassas bitkilerin sulanmasında kriteri 300 $\mu\text{g} / \text{L}$ 'ye kadar düşürmek gerekebilir.				
(f) Ölçülemeyecek kadar az				

Tablo 9. İçme Suyu Standartları

Parametre	Birim	Avrupa Topluluğu		WHO	TS -266	
		1980		1993	1997	
		Tavsiye Edilen Değer	Maksimum Değer	Tavsiye Edilen Değer	Tavsiye Edilen Değer	Maksimum Değer
Renk	Pt- Co	1	20	15	1	20
Bulanıklık	NTU	0,4	4	5	5	25
Sıcaklık	°C	12	25		12	25
Elektriksel İletkenlik	μ S/cm	400			400	2000
Klorür	mg/l	25		250	25	600
Sodyum	mg/l	20	150	200	20	175
pH		6,5-8,5		6,5-9,5	6,5-8,5	6,5-9,2
Askıdaki Katılar	mg/l	-			-	1
Potasyum	mg/l	10	12		10	12
Toplam Sertlik	Fr°		Min. 15	10		15
Kalsiyum	mg/l	100			100	200
Magnezyum	mg/l	30	50		30	50
Buharlaşma Kal.	mg/l					1500
Sodyum Sülfat	mg/l				100	150
Sülfat	mg/l	25	250	Max. 250	25	250
Amonyum (NH ₄)	mg/l	0,05	0,5	0,2	0,05	0,5
Nitrit (NO ₂)	mg/l		0,1			0,1
Nitrat (NO ₃)	mg/l	25	50	50	25	50
pV	Mg O ₂ /l	2	5		2	5
Alüminyum	mg/l	0,05	0,2	0,2	0,05	0,2
Çözünmüş Oksijen			>% 75			
Toplam Fosfat (P ₂ O ₅)	mg/l	0,4	5		0,4	5
Flor (8-12 °C)	mg/l	1,5		1,5		1,5
Bor	mg/l	1		0,3	1	2
Çözünmüş Demir	mg/l	0,05	0,2	0,3	0,05	0,2
Mangan	mg/l	0,02	0,05	0,1	0,02	0,05
Çinko	mg/l	0,1		5	0,1-5	5
Baryum	mg/l	0,1		0,7	0,1	0,3
Bakır	mg/l	0,1		1	0,1-3	3
Kurşun	mg/l		0,05	0,01		0,05
Selenyum	mg/l		0,01	0,01		0,01
Arsenik	mg/l		0,05	0,01		0,05
Krom (+6)	mg/l		0,05	0,05		0,05
Siyanür	mg/l		0,05	0,07		0,05
Kadmiyum	mg/l		0,005	0,003		0,005
Gümüş	mg/l		0,01	0,005		0,01
Civa	mg/l		0,001	0,001		0,001
Antimon	mg/l		0,01	0,004		0,01
Nikel	mg/l		0,05	0,02		0,05
Alfa Aktivitesi	pCi/l			2,7		1
Beta Aktivitesi	pCi/l			27		10
Yüzey Aktif Maddeler	mg loril sülfat / l	0,2				0,2
H ₂ S	mg/l		Eser	Eser		
Fenol	mg/l		0,0005			0,0005
Mineral Yağlar	mg/l			0,002		0,01
Toplam Koliform						Membran Süzme O Çoklu Tüp < 1
37°C	/ 100 ml		0	0,01		
Fekal Koliform			0	0		Membran Süzme O Çoklu Tüp < 1
44°C	/ 100 ml					

Tablo 9.(Devam) İçme Suyu Standartları

Parametre	Birim	Avrupa Topluluğu		WHO	TS -266	
		1980		1993	1997	
		Tavsiye Edilen Değer	Maksimum Değer	Tavsiye Edilen Değer	Tavsiye Edilen Değer	Maksimum Değer
Benzen	mg/l			0,01		
Karbon Tetra Klorür	mg/l			0,005		
Klorobenzen	mg/l			0,0001-0,003		
Kloroform	mg/l			0,03		
DDT	mg/l			0,002		
1,2-Dikloroetan	mg/l			0,03		
1,1-Dikloroetan	mg/l			0,0003		
Hegzaklorobenzen	mg/l			0,001		
Metoksiklor	mg/l			0,02		
Pentaklorofenol	mg/l			0,009		
Tetrakloroetan	mg/l			0,04		
Trikloroetan	mg/l			0,07		
2,4,6 -Triklorofenol	mg/l			0,01		
Toplam Bakteri Sayısı						
İçmesuyu 1 ml'de	37°C	10			10	40
	22°C	100			100	500
Yumuşatılmış su 1 ml'de	37°C	5	20		5	20
	22°C	20	100		20	100
Çöz. Hidrokarbon	mg/l		0,01			
Heptaklor	mg/l			0,00003		
Pestisitler (her biri için)	mg/l		0,0001			0,0001
Pestisitler (toplam)	mg/l		0,5			

1.2. Çalışmada Ölçülen Parametrelerin Özellikleri

1.2.1. Fiziksel Parametreler

1.2.1.1. Sıcaklık (°C)

Yüzeysel suların sıcaklıkları doğal olarak iklime göre belirlenir. Genel olarak ekvatorundan uzaklaştıkça ve deniz seviyesinden yükseldikçe suların sıcaklığı düşer [5].

Yüzeysel sularda sıcaklığında su kalitesi açısından önemi büyüktür. Sıcaklık kimyasal ve biyokimyasal reaksiyon hızlarını doğrudan etkiler. Genel bir kural olarak her 10°C sıcaklık artışı sonucunda reaksiyon hızlarının iki katına çıktığı bilinmektedir. Sıcaklık değişimlerinin reaksiyon hızlarına yapmış olduğu etkinin yanı sıra, su kalitesi açısından önem taşıyan birçok fiziksel olayda sıcaklıkla yakından ilişkili olup, kinematik viskozitenin sıcaklıkla değişimi nedeniyle suda bulunan askıdaki katı maddelerin çökeltme hızı etkilenmekte, 10°C sıcaklık artışı sonucunda çökeltme verimi 1/4 ile 1/3 arasında bir artış göstermektedir.

Sonuç olarak yaz mevsiminde yüzeysel sulardaki doğal arıtma potansiyelinin kış mevsimine kıyasla daha yüksek olduğu söylenmektedir. Bu nedenle alıcı ortamlarda doğal arıtım için su sıcaklığı önemli bir parametredir ve su sıcaklığının 7–12 °C arasında olması bu doğal arıtımın en iyi şekilde gerçekleştiğini göstermektedir [6, 56].

1.2.1.2. Bulanıklık

Suyun bulanıklığı, ışığı doğrudan geçirmeme, dağıtma ve absorblama özelliği olarak ifade edilir. Bulanıklık, su içinde askı halinde bulunan çil, silt, organik maddeler, mikroorganizmalar, çökelmiş haldeki CaCO_3 , Al(OH)_3 , Fe(OH)_3 veya benzer maddelerden gelmektedir [7, 8, 9].

Bulanıklık, su kalitesi ve görünümü açısından istenmeyen bir özelliktir. Bütün kullanım alanlarında suyun berrak olması istenir. Bulanıklık özellikle güneş ışınlarını engellediği için su altı bitki ve organizmalarının yaşamını güçleştirir. İçme sularında bulanıklığın 5 birimden fazla olması istenmez. Özellikle demir ve mangan bileşiklerinden kaynaklanan bulanıklığın hiç olmaması gerekir [5].

Bulanıklığın ölçü birimi mg/L SiO₂ NTU (Nephelometric Turbidity Unit) ve JTU (Jakson Turbidity Unit) birimleri kullanılır. Bu iki birim yaklaşık olarak birbirine dönüştürülebilir [5].

1.2.1.3. Elektriksel İletkenlik

Bir suyun elektriksel iletkenliği, su içinde çözülmüş olarak bulunan iyonların cinsi ve konsantrasyonuna bağlıdır. Çözülmüş tuz konsantrasyonu arttıkça elektriksel iletkenlikte de artış olur. Bu nedenle suların elektriksel iletkenliği ölçülerek su içinde çözülmüş toplam tuz miktarı hakkında fikir edinilebilir.

Bir çözeltinin özgül elektriksel direnci, 1 cm² yüzey alanı ve 1 cm uzaklıkta bulunan iki elektrot arasında ölçülen dirençtir ($\rho = \text{ohm} \cdot \text{cm}$). Elektriksel iletkenlik ise, elektriksel direncin tersi olarak tanımlanır. $\lambda = 1 / \rho = \text{ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$

İletkenlik birimi Siemens'dir. $1\text{S} = 1/\text{Ohm} = \text{Ohm}^{-1} = 1\text{mho}$ olduğuna göre, öz iletkenlik = $\text{mho} \cdot \text{cm}^{-1}$ veya $\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ birimi ile ifade edilir. Doğal suların iletkenliği çok küçük olduğundan, suların öz iletkenliği genellikle $\mu\text{mho}/\text{cm}$ veya mS/m cinsinden ifade edilir. $1\text{mS}/\text{m} = 10 \mu\text{mho}/\text{cm}$ dir [5].

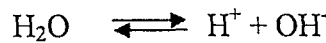
1.2.2. Kimyasal Parametreler

1.2.2.1. pH

Doğal suların pH değerleri içerdikleri maddelere göre değişir. Belli bir sıcaklıkta suyun pH dercesi içinde bulunan H iyonu aktivitesine bağlıdır.

$$\text{PH} = -\log a_{\text{H}^+}$$

Saf su çok az iyonlarına ayrışır. Ayrışma sabiti 25 °C sıcaklıkta $K_{\text{su}} = 10^{-14}$ tür.



$$K_{\text{su}} = [\text{H}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14}$$

$$[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$$

$$pH = -\log 10^{-7} = 7$$

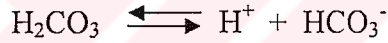
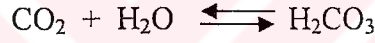
Burada $[H^+]$: H^+ iyonu aktivitesi, mol/L

$[OH^-]$: Hidroksit iyonu aktivitesi, mol/L

K_{su} : Suyun iyonlar çarpımıdır.

Görüldüğü üzere saf suyun 25 °C'deki pH değeri 7'dir. Suyun iyonlar çarpımı sıcaklıkla değiştiğinden pH değeri de sıcaklıkla değişir. Saf suyun pH değeri 0 °C'de 7,5 60°C'de ise 6,5'dur.

Doğal suların pH değerleri $4 < pH < 9$ arasında değişir. Sularda pH derecesini belirleyen en önemli etken $CO_2 / HCO_3^- / CO_3^{2-}$ dengesidir. Suda çözünen CO_2 , sıcaklığa bağlı bir denge reaksiyonu ile karbonik asit oluşturur.



Su içinde karbonat bulunması halinde $pH > 8,3$ olur [5].

1.2.2.2. Sertlik

Sularda sertliğe yol açan başlıca iyonlar kalsiyum ve magnezyum iyonlarıdır. Demir, mangan ve stronsiyum gibi iki değerlikli metal iyonları sertlik açısından doğal sularda bulundukları konsantrasyonlarda önem taşımaz. Su sertliğinin giderilmesi, sabun ve deterjan sarfiyatının azaltılması, korozyon kontrolü, tesisatta taş oluşumunun önüne geçilmesi amaçlarıyla kalsiyum ve magnezyum iyonlarının sudan ayrılması veya sudaki konsantrasyonlarının azaltılmasını amaçlayan bir işlemdir. Sertlik, sudaki kalsiyum ve magnezyumun çözünen tuzlarından oluşur.

Doğal sularda yaygın olarak bulunan bikarbonat, sülfat, klorür gibi anyonlar ile oluşan kalsiyum ve magnezyumun tuzlarının çözünürlükleri çok fazladır. Su sertliği daha çok bu tuzlardan ileri gelir. Kalsiyum ve magnezyumun bikarbonatlarının oluşturduğu sertliğe ‘karbonat sertliği’ adı verilir. Kalsiyum bikarbonat, ısıtılınca karbonat olarak çökeldiği için karbonat sertliğine ‘geçici sertlik’ adı da verilmektedir. Kalsiyum ve magnezyumun bikarbonat dışındaki bileşikleri ‘karbonat olmayan sertliği’ oluşturur. Buna da ‘kalıcı sertlik’ adı verilir. Karbonat sertliği ve karbonat olmayan sertlik toplamı ‘toplam sertliği’ verir.

Doğal sularda normal pH düzeylerinde alkalinitenin pratik olarak bikarbonattan oluştuğu düşünülürse, baziklik suda bulunabilecek karbonat sertliğini belirleyecektir. Bu nedenle doğal sularda karbonat sertliği çoğunlukla alkaliniteye eşittir. alkalinitenin sertlikten büyük olduğu durumlarda fazla alkalinite ‘negatif karbonat olmayan sertlik’ olarak değerlendirilir.

Suların sertliği, yaygın olarak içerdikleri sertlik veren maddelerin CaCO_3 eşdeğeri cinsinden 1 Litrede mg olarak miktarları ile (yani ppm CaCO_3 olarak) belirlenir. Ancak pratikte su sertliğini belirlemede çeşitli birimler kullanılmaktadır. Bu birimler aşağıda liste halinde verilmektedir. Hesaplarda kolaylık sağlamak açısından sertliğin miliekiivalent/L olarak ($1 \text{ mek/L} = 50 \text{ mg/L CaCO}_3$) veya mg/L CaCO_3 (ppm CaCO_3) birimleri tercih edilmektedir. Sertlik birimlerinin birbirine dönüştürülmesi aşağıdaki tabloda verilmektedir [5].

1 ppm (Amerikan sertliği).....:	1 mg CaCO_3/L
1 miliekiivalent / L	50 mg $\text{CaCO}_3/\text{L} = 28 \text{ mg CaO / L}$
1 AS° (Alman sertlik dercesi)	10 mg CaO/L
1 FS° (Fransız sertlik dercesi).....:	10 mg CaCO_3/L
1 IS° (İngiliz sertlik dercesi)..... :	10 mg $\text{CaCO}_3 / 0,7 \text{ L} = 14,3 \text{ mg CaCO}_3 / \text{L}$

1.2.2.3. Çözünmüş Oksijen

Dünyada bulunan oksijenin büyük bir kısmı atmosferde bulunurken bir kısmı da su içinde (özellikle okyanuslarda) çözünmüş olarak bulunur. Bu oksijen su içindeki yaşamın temelini oluşturur. Su içinde yürüten fotosentez olayları sonucu oluşan oksijen, suyun oksijen ile doymun hale gelmesini sağlar. Bu olaylar güneş ışığı ve karbon dioksit

varlığında gerçekleşir. Bakteriler bu oksijeni kullanarak biyolojik parçalanmayı meydana getirir.

Su içinde çözülmüş olarak bulunabilen doymuş oksijen konsantrasyonu, su ile temas halinde bulunan havadaki oksijenin kısmi basıncı, su içinde çözülmüş olarak bulunan tuzların konsantrasyonuna ve suyun sıcaklığına bağlıdır. Tuz konsantrasyonu arttıkça oksijenin çözünürlüğü azalır. Sıcaklık arttıkça, bütün gazlarda olduğu gibi su içinde çözünürlükte azalma görülür [5].

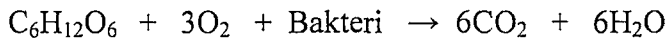
1.2.2.4. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ)

Bir suyun kirlilik derecesini en iyi belirten kriter Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ) değeridir. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı, su içinde bulunan organik bileşiklerin biyokimyasal olarak parçalayabilmek için gerekli olan oksijen miktarıdır. Bu deney uygulamada aşağıdaki amaçlar için yapılır.

- Suyun kirlilik yükünün (kirlenme derecesinin) belirlenmesi
- Arıtma tesislerinden çıkan suyun ne derece temizlenmiş olduğunun belirlenmesi
- Arıtılmış suların çevre kaynaklara deşarj edilmesi için yönetmeliklerde verilen sınır değerlere uygun olup olmadığının belirlenmesi

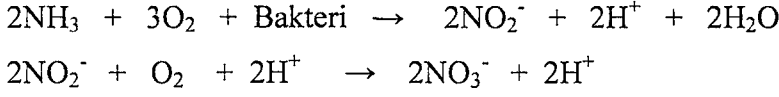
BOİ deneyleri genellikle 20 °C de 5 gün süreli olarak yapılır ve BOİ₅ olarak verilir. Beş gün içinde suda bulunan organik bileşiklerin biyokimyasal olarak parçalanması tamamlanamaz. En basit organik bileşiklerin bile biyokimyasal olarak bakteriler yardımı ile parçalanması çok uzun zaman alır. Su içindeki bütün organik bileşiklerin mikroorganizmalar tarafından tamamen kullanılarak parçalanması için harcanan oksijen miktarı nihai BOİ olarak bilinir. Bu değer deneysel olarak değil ancak hesapla bulunabilir [5].

Tipik bir organik bileşik olan glukoz bakteriyolojik olarak aşağıdaki reaksiyona göre parçalanır:



Böylece su içinde bulunan her glukoz molekül için 6 mol oksijen gerekir ve 6 mol karbon dioksit oluşur. Protein gibi daha kompleks organik bileşiklerde biyolojik

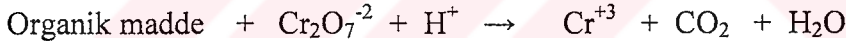
parçalanma reaksiyonu daha karışıktır. Azotlu bileşiklerin nitrifikasyonu için ayrıca oksijene ihtiyaç vardır.



1.2.2.5. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

Suların kirlilik derecesini belirlemede kullanılan en önemli parametrelerden biri de Kimyasal Oksijen İhtiyacıdır. Potasyum dikromat veya potasyum permanganat gibi yükseltgen bileşikler kullanılarak su içindeki organik bileşikler kimyasal yolla parçalanabilir. Bu; organik bileşiklerin biyokimyasal reaksiyonlarla değil, redoks reaksiyonlarıyla yükseltgenmesi esasına dayanır. Böylece atık sulardaki organik maddelerin kimyasal yükseltgenme yolu ile parçalanması için gerekli olan oksijen miktarı belirlenebilir [10, 11, 12]. Kimyasal yolla su içinde biyolojik olarak parçalanabilen organik bileşiklerden daha fazlası parçalanabilir. Yani suların KOİ değeri, BOİ değerinden genellikle daha büyüktür.

Bu oksidasyon olayını gösteren tipik bir reaksiyon yazacak olursak;

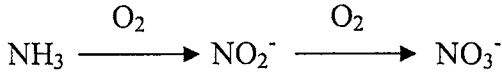


Görüldüğü gibi, krom (+6) değerinden (+3) değerine indirgenirken, organik madde karbon dioksit'e yükseltgenmektedir. Bu esnada kullanılan oksijen miktarına Kimyasal Oksijen İhtiyacı adı verilir [13].

1.2.2.6. Nitrit (NO₂)

Su içinde azot genellikle amonyum, amin, nitrit ve nitrat halinde bulunur. Amino gruplar, toprak içinde çürüyen bitkisel proteinlerden kaynaklanır. Amonyum iyonu ise başlıca ürenin ve atmosferik azotun bitki köklerinde tutulması ile oluşur. Bu iyon su ve toprakta bulunan bazı mikroorganizmaların etkisi ile nitrifikasyon reaksiyonları sonucu

nitrit ve nitrata dönüşür. Bazı bakterilerde denitrifikasyon olayı ile nitrat ve nitriti anaerobik olarak azota dönüştürür [5].



Doğal sular içinde bulunan nitrit kısa sürede nitrata dönüşür.

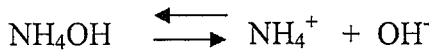
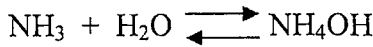
1.2.2.7. Nitrat (NO_3^-)

Su içinde bulunan azot başlıca, toprak içinde çürüyen bitkisel proteinlerin amino gruplarından kaynaklanır. En önemli nitrat kaynaklarından biri de, atmosferik azotun şimşek olaylarında havadaki oksijen ile birleşerek azot oksiti haline dönüşmesinden kaynaklanır. Oluşan azot oksitleri nitrik asite dönüşerek yağmur suları ile toprağa karışır. Bu nedenle yüzey suları ve sığ kuyularda nitrata daha çok rastlanır. Su içinde bulunan nitrat, nitrite indirgenirse toksik etki gösterir [5].

1.2.2.8. Amonyum (NH_4^+)

Amonyum suya azotlu organik bileşiklerin bozunması yolu ile girer. Ev atık sularında yaklaşık olarak 10-20 mg/L amonyum ve organik amin bileşikleri bulunur. Azotlu organik bileşikler suda parçalanarak amonyak oluşturur.

Amonyak su içinde çözününce su ile reaksiyona girerek amonyum hidroksit oluşturur.



Doğal suların pH derecesi 8 civarında olduğundan bu sular içinde bulunan amonyak büyük bir yüzde ile NH_4^+ iyonu halinde bulunur. Amonyanın toksik etkisi NH_3 halindedir. Böyle olunca yüksek pH derecelerinde amonyanın toksik etkisi fazlalaşır. Balıklar için sudaki zehirli olan amonyak 0,2- 20 mg/L NH_3 olduğu zaman söz konusu olur.

Yüzeysel sularda genellikle 0,1-1,0 mg/L arasında amonyak azotu bulunur. Yeraltı sularında amonyak çok azdır. Bu durum amonyak azotunun toprakta bulunan bakteriler

yardımı ile amonyak azotunu nitrata dönüştürmesinden ileri gelir. Suda amonyak azotunun bulunması suyun yeni kirlenmiş olduğunu gösterir. Daha sonra amonyak azotu, sudaki mevcut bakteriler sayesinde okside olarak önce nitrite daha sonra da nitrata dönüşür [5].

1.2.2.9. Kjeldahl Azotu

Su içinde bulunan nitrit ve nitrat azotu dışındaki bütün azotlu bileşikler Kjeldahl azotu olarak tanımlanır. Azot su içinde amonyak, nitrit, nitrat ve organik azot bileşikleri halinde bulunur. Amonyum azotu uzaklaştırılmadan yapılan Kjeldahl azotu tayininde toplam Kjeldahl azotu elde edilir.

Eğer suda amonyak mevcut ise, önce amonyak uzaklaştırılıp daha sonra organik azot Kjeldahl azotu olarak tayin edilir. Amonyak azotunun tayini için su alkali yapılarak damıtılır. Oluşan amonyak bir asit çözeltisi içinde tutulur. Organik azotu tayin etmek için bu bileşiklerin parçalanması gerekir. Toplam Kjeldahl azotu olarak elde edilen azot içinde nitrit ve nitrat azotu dahil değildir.

Su içindeki organik azot, toplam Kjeldahl azotu değerinden amonyak azotu çıkarılarak bulunur .Nitrat ve nitrit azotları ayrıca tayin edilir[5].

1.2.2.10. Fosfor

Fosfor doğada başlıca apatit minerali olarak bulunur. Fosfat gübre olarak tarımda fazla miktarda kullanılır. Dolayısıyla sulama yapılan bölgelerin drenaj suları aşırı miktarda fosfat içerir. Diğer taraftan fosfat , deterjan ürünleri içinde katkı maddesi olarak bulunur. Ev atık suları yaklaşık olarak 15-30 mg/L fosfat içerir.

Fosfora çoğunlukla gıda sanayi atık sularında rastlanır. Fosfat su içinde genellikle $H_2PO_4^-$ ve HPO_4^{2-} iyonları halinde bulunur. Bu iyonların dağılımı pH' a bağlıdır. Doğal sulara karışan fosforlu sular, bu sulara ortaya çıkan ötrofikasyon olayının başlıca sorumlusudur. Bazı bitkiler aşırı fosfor etkisi ile anormal büyüme yapar. Bu ise, suda bulunan çözünmüş oksijenin kısa sürede tükenmesine neden olur. Doğal su kaynaklarında ötrofikasyon için minimum fosfat limiti 50 $\mu g/L$ 'dir. İçme ve kullanma sularında herhangi bir sınır değeri konulmamıştır.

Sularda bulunan fosfat, alüminyum ve demir tuzları ile çöktürülerek uzaklaştırılabilir [5].

1.2.2.11. Demir

Demir yerkabuğunda en çok bulunan dördüncü metaldir. Toprakta birçok mineralde, özellikle killi topraklarda demir bileşikleri bulunur. Bu mineraller içinden geçen sular değişik oranlarda demiri Fe^{2+} ve Fe^{3+} iyonları halinde çözer.

İçme ve kullanma sularında 0,3 mg/L den fazla demir bulunması suyun tadını bozması ve çamaşır yıkamada renk oluşturmaya sebep olur. 1,0 mg/L den fazla demir suda yaşayan diğer canlılar için de zararlı etki yapar. Endüstride kullanılan bazı proses sularında demirin içme sularındakinden de az olması istenir. Örneğin boya, tekstil, kağıt, meşrubat sanayi ve deri endüstrisinde kullanılan sularda demirin bulunması istenmez [5].

1.2.2.12. Bakır

Bakır, esas itibarı ile suya bakır minerallerinden geçer. Bakır iyonu dezenfektan bir maddedir. Havuzlardaki yosunlaşmayı önlemek üzere bakır sülfat çözeltisi kullanılır. Bakır bitkilerin yaşaması ve klorofil oluşumu başta olmak üzere birçok enzimin gelişimi için mutlaka eser miktarda bulunması gereken temel bir elementtir. Yetişkin bir insanda 100 mg'dan daha fazla bakır bulunur. Fazla miktarda bakır toksik etki yapar. Bakır eksikliğinde demir hareketi azalacağından kan formülü bozulur ve kansızlık meydana gelir.

Bu element insanda özellikle karaciğerlerde çok az miktarda (1 mg/kg) bulunur. Bakır zehirlenmesi daha çok bakırlı kapların uzun süre kullanılması ile olur. Bitkilerde fazla miktarda bakır büyümeyi engeller, bu olay fizyolojik bakımdan bakırın demirin yerine geçmesiyle gerçekleşir. Bakır, bakır sülfat (gözetici) fungusitlere karşı kullanılır ve çok zehirlidir. Bakır, küçük canlılar ve balıklar için zehir etkisi yapar [14].

1.2.2.13. Çinko

Çinko bileşikleri suda az çözünür. Doğal sularda çinko konsantrasyonu genellikle 0,05 mg/L den daha düşüktür. Çinko suya daha çok galvanizleme ve metalurji sanayi atık sularından girer. Çinko insan vücudu için mutlaka gerekli olan bir elementtir. Enzimlerin ve hormonların bileşenlerinden biridir. Çinko eksikliği bazı hastalıklara neden olur [5].

Çinko, kaplama ve alaşımlarda, mürekkep yapımında, kozmetik, boya ve lastik sanayiinde çok fazla kullanılan bir elementtir. Atık sularla endüstri bölgelerinden bırakılan çinko çevrede zehir etkisi yapmaktadır. Çinko çok az miktarda (25-30 mg/kg) insan vücudunda da bulunur. Çinko klorür şekli altında ise öldürücüdür. Bakır ve nikel çinkonun zehir etkisini daha da artırır [14].

1.2.2.14. Krom

Krom, sularda Cr^{6+} ve Cr^{3+} iyonları halinde bulunabilir. Cr^{6+} çok yükseltgen bir maddedir ve toksik etkisi Cr^{3+} nın yaklaşık yüz katı kadardır. Ancak krom insan vücudu için gerekli olan bir elementtir. İnsan vücudu günde 5 µg krom kaybeder. Bunun yerine konulması gerekir. Kromun fazlası sağlık için zararlıdır [5].

1.2.2.15. Kurşun

Kurşun sulara çevre kirliliği nedeni ile karışır. Yanma olayları ve özellikle kurşunlu benzinin yanması sonucu atmosfere karışan kurşun çevreye dağılır ve yağış suları ile akarsulara ve yeraltı sularına karışır. Otomobillerde tetraetil ve tetrametil şeklinde katılan kurşun biyosferde özellikle hidrosferde kirlenmeye neden olmaktadır. Doğal sularda kurşun bulunmaz. Kurşun insan vücudu için gerekli olmayan bir elementtir, aksine toksik etkisi vardır [5].

Bugün kurşunun deniz biyosferinde özellikle avlanan hayvanların besin zinciri üzerinde etkileri çok fazladır. Sularda kurşun konsantrasyonu 0,1 mg/L' den az olduğu zaman sudaki canlılar için zararlı etkisi bulunmaz.

Ayrıca kurşun çeşitli bakır, çinko, krom, nikel, ve kadmiyum endüstrileri tarafından sulara boşaltılarak bu çok zehirli elementler göl ve deniz organizmaları özellikle balıklar

ve hidrosfer için ağır bir tehdit oluşturmaktadır. İnsanlarda aşırı kurşun birikimi stresle beraber beyinsel bozukluklara neden olmaktadır. Kurşunun bitkilerdeki zehirleyici etkisi ise oldukça yüksektir ancak bitki büyümesi üzerine etkisi fazla değildir [14].

1.2.2.16. Alüminyum

Toprağı oluşturan bütün kil minerallerinde alüminyum oksit vardır. Ancak alüminyum oksit suda çok az çözünür. Bu nedenle doğal sularda çok az miktarlarda alüminyum bulunur.

Alüminyum suya genellikle arıtma işlemleri sırasında geçer. Su arıtma işlemlerinde alüminyum tuzları koagülant olarak kullanılır. Özellikle $Al_2(SO_4)_3$ (Alum) çok kullanılan bir koagülanttır. Bu tuz su içerisinde hidroliz olarak $Al(OH)_3$ jeli halinde çökelir. Ancak bir miktar alüminyum su içinde kalabilir.

Diğer taraftan alüminyum amfoterik özellik gösteren bir elementtir. Alüminyum hem asitler hem de kuvvetli bazlar içerisinde çözünebilir. Mutfak eşyası olarak kullanılan alüminyum kaplardan suya alüminyum karışabilir. Alüminyumun belirli bir toksik etkisi olmamasına rağmen, bazı nörolojik hastalıklara neden olduğu ileri sürülmektedir. Bu nedenle içme suları içinde 0,2 mg/L den fazla alüminyum bulunması istenilmemektedir [5].

1.2.2.17. Deterjanlar [Metilen Mavisine Aktif Maddeler (MBAS)] veya Anyonik Aktif Maddeler

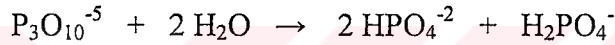
Deterjanlar, sabun gibi temizleme özelliği olan maddelerdir, ancak sabun gibi yağ asitlerinden değil doğrudan petrol ürünlerinden sentetik yolla elde edilen yüzey aktif maddelerdir. (LAS, ABS, As, STPP, DDB, ve LAB) Deterjanlar 1950'li yıllardan sonra evlerde yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Bu nedenle kirlenmiş sularda bulunan deterjanların büyük bir kısmı evlerden gelmektedir.

Deterjanlar polar kısımlarına göre 4'e ayrılır:

1. Anyonik deterjanlar
2. Katyonik deterjanlar
3. İyonik olmayan deterjanlar
4. Amfoterik deterjanlar

Bu deterjanlardan en fazla kullanılanı (yaklaşık % 60' ı), daha az zehirli olan anyonik deterjanlardır.

Çevre kirliliğini önleyebilmek için bakteriler tarafından daha kolay parçalanabilen başka bir değişle % 90'ı biyolojik olarak ayrışabilen lineer alkil benzen sülfonatlar (LAS) kullanılmaktadır. Bu madde sabunlardaki yağ asitlerinde olduğu gibi düz zincirli bir grup içerir. Düz zincirli karbon bileşikleri dallanmış zincirli karbon bileşiklerine göre bakteriler tarafından daha kolay parçalanır. Ancak problem deterjanın yüzey aktif maddesini değiştirmekle tamamen çözülememiştir. Deterjanın iyon bağlayıcı bileşeninin yarattığı problem olduğu gibi kalmıştır. Bugün çevre kirlenmesi bakımından, yüzey aktif maddelerinden çok, deterjanlardaki iyon bağlayıcı maddeler önemlidir. Deterjanlarda kullanılan başlıca iyon bağlayıcı madde sodyumtripolifosfattır ($\text{NaP}_3\text{O}_{10}$). Bu madde zamanla hidroliz olur ve ortofosfatları verir:



Ortofosfatlar zehirli olmayan ve bitkilerin beslenme ve gelişmelerinde başlıca besleyici maddelerdir.

Deterjanlarda katkı maddesi olarak kullanılan ve yüzey aktif maddelerin etkinliğini artıran sodyum tripolifosfat (STPP) ülkemizde çok kullanılmaktadır. Bu maddenin kiri dağıtması, pH'ı ayarlayabilmesi, çökelti oluşturmaması ve kolayca suda çözünebilmesi gibi avantajları olmakla birlikte çok miktarda fosfor içermesi nedeniyle önemli bir çevre sorunu oluşturmaktadır. Bunun sonucu olarak sularda algler artmakta ve alglerin ayrışması sonucu suyun oksijeni azalmaktadır; bu da sudaki canlıların yok olmasına, başka bir değişle ötröfikasyona neden olmaktadır.

Deterjanlarla ilgili olarak Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) önerdiği sınırlara göre içme suyunda bulunabilecek anyonik deterjanlar 0,2 mg/L'yi geçmemelidir [14].

1.2.2.18. Pestisitler

Antiparazit ürünlerin imalatı ve kullanımı hidrosfer için büyük tehdit oluşturmaktadır. Pestisitlerin endüstriyel fabrikasyonu, deniz ve kıta sularının kirlenmesinin en önemli kaynaklarından birisidir. Kıyılara ve ırmak kenarlarına kurulmuş

olan fabrikalarla bu maddelerin sentez artıkları sulara atılmaktadır. Kuralsız ve düşünülmeden yapılan uygulamalar sonucunda olan kirlilik örnekleri çok fazladır.

Göllerde, bataklıklarda ve bunların uzantıları üzerinde yapılan ilaçlamalarla zehirli maddeler dünyanın en ücra köşelerine kadar yayılmıştır. Nitekim Kuzey Amerika da ki kayalık dağlarda daimi karlar üzerinde 0,3 ppb oranında DDT tespit edilmiştir.

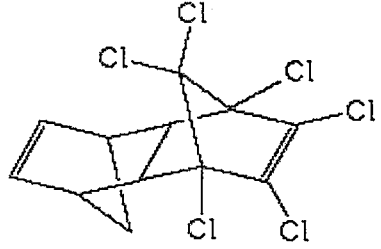
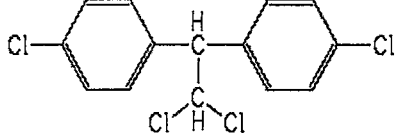
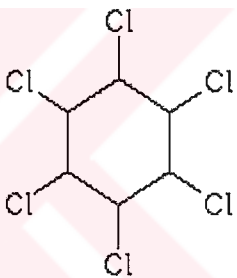
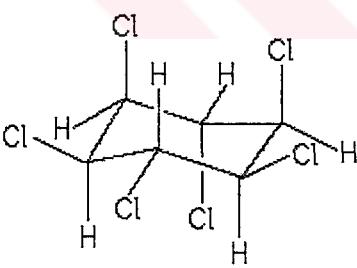
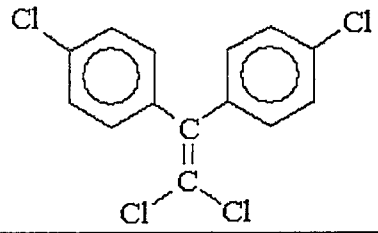
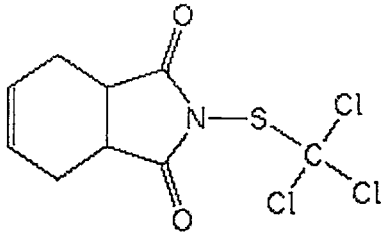
Böcek ilaçları 1944 yılında çok büyük ölçüde kullanılmıştır. Bunun sonucu olarak Antartika kıtasında vertebratlar üzerinde yapılan araştırmalar da DDT, Dieldrin, Heptaklorepoksit ve Lindan kirliliği tespit edilmiştir. İncelenen türlere göre bu bileşiklere 2-7 ppb oranında rastlanmıştır.

Diğer taraftan serpilerek aktif maddelerin önemli bir kısmı da buharlaşarak atmosfere karışmaktadır. Stratosfer hareketleri içersine giren pestisitler, yağışlarla karaların üzerindeki sulara oralarından denizlere geçer ve denizel akıntılarla hidrosferin tümüne yayılmış olur.

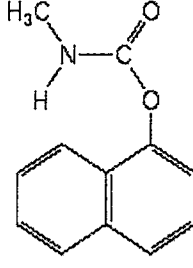
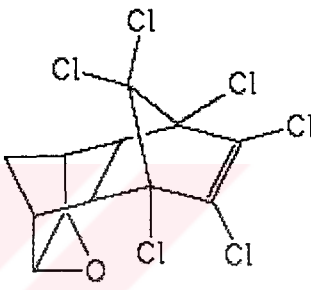
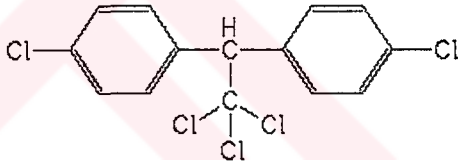
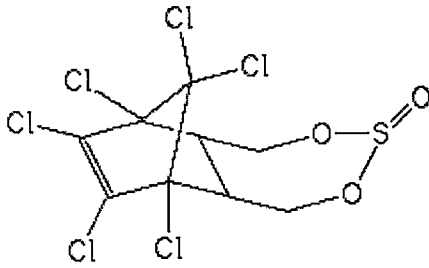
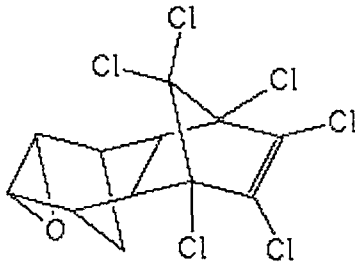
Okyanus organizmalarının içersinde klorlu organik artıkların bulunması şaşırtıcı bir olaydır. Çünkü bunlar pratik olarak suda çözünmeyen ve burada asılı kalan (süspansiyon halinde) ve organik maddeler tarafından absorbe edilen maddelerdir. Bunların deniz yüzeyine homojen dağılımları, petrolle kirlenmede sekonder bir etki yapmaktadır. Sonra bunların hidrokarbonlar içersinde çok iyi bir şekilde eriyebilmeleri ve doğada çok uzun süre kalabilmeleri, emilmiş olan pestisitlerin denizel akıntılarla çok uzak bölgelere taşındığını göstermektedir.

Böylece sucul ekosistemler devamlı olarak artan bir şekilde pestisitlerce kirlenmektedir. Bunun sonucu, hem akarsular, hem de yeraltı suları 60'lı yıllardan sonra klorlu organik pestisitlerle, bazen de paration ve herbisitlerle kirlenmiştir. Ayrıca pirinç tarımında PCB ile DDT ve HCH karıştırılarak penta ve oktakloro bifenil çözeltileri kullanılmıştır [14]. Tablo 10'da bazı organoklorlu ve organofosforlu pestisitlerin özel isimleri, IUPAC adlandırılmaları ve açık formülleri gösterilmektedir.

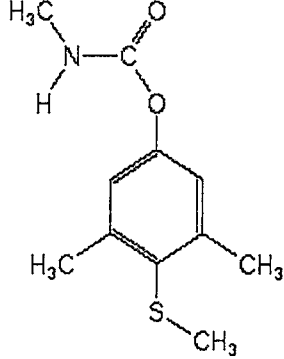
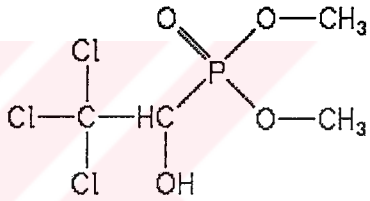
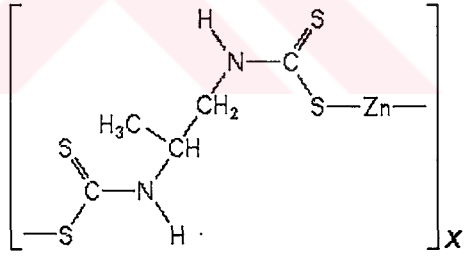
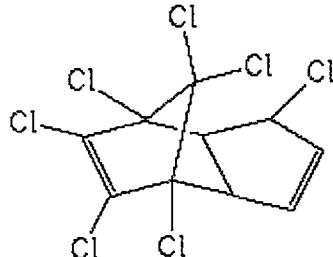
Tablo 10. Bazı organaklorlu ve organofosforlu pestisitlerin özel isimleri, IUPAC adlandırılmaları ve açık förmülleri

PESTİSİTİN ÖZEL İSMİ	IUPAC ADLANDIRILMASI	AÇIK FÖRMÜL
ALDRİN	(1 <i>R</i> ,4 <i>S</i> ,4 <i>aS</i> ,5 <i>S</i> ,8 <i>R</i> ,8 <i>aR</i>)- 1,2,3,4,10,10-hexachloro- 1,4,4 <i>a</i> ,5,8,8 <i>a</i> -hexahydro-1,4:5,8- dimethanonaphthalene	
DDD	1,1-dichloro-2,2- bis(4-chlorophenyl)ethane	
BHC	1,2,3,4,5,6- hexachlorocyclohexane	
γ -BHC (Lindan)	1 α ,2 α ,3 β ,4 α ,5 α ,6 β - hexachlorocyclohexane	
DDE	[1,1-dikloro-2,2- bis(p-klorofenil)eten]	
CAPTAN	<i>N</i> -(trichloromethylthio) cyclohex-4-ene-1,2- dicarboximide	

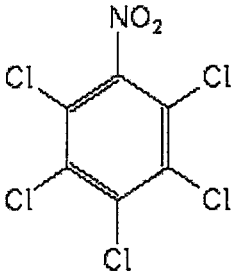
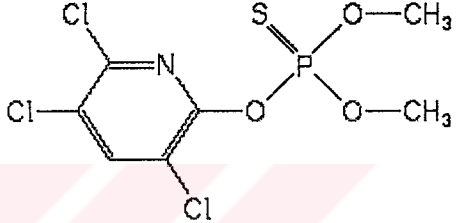
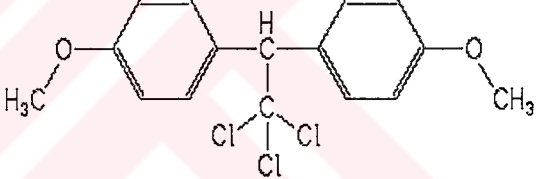
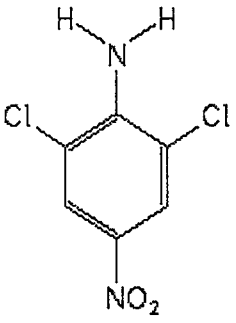
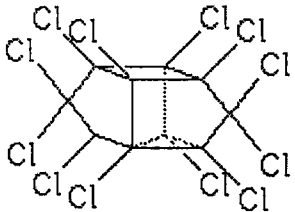
Tablo 10 (Devam). Bazı organaklorlu ve organofosforlu pestisitlerin özel isimleri, IUPAC adlandırılmaları ve açık förmülleri

PESTİSİTİN ÖZEL İSMİ	IUPAC ADLANDIRILMASI	AÇIK FÖRMÜL
CARBARYL	1-naphthyl methylcarbamate	
ENDRİN	(1 <i>R</i> ,4 <i>S</i> ,4 <i>aS</i> ,5 <i>S</i> ,6 <i>S</i> ,7 <i>R</i> ,8 <i>R</i> ,8 <i>aR</i>)- 1,2,3,4,10,10-hexachloro- 1,4,4 <i>a</i> ,5,6,7,8,8 <i>a</i> -octahydro-6,7- epoxy-1,4:5,8- dimethanonaphthalene	
DDT	1,1,1-trichloro-2,2- bis(4-chlorophenyl)ethane	
ENDOSULFAN	(1,4,5,6,7,7-hexachloro-8,9,10- trinorborn-5-en-2,3- ylenebismethylene) sulfite	
DİELDRİN	(1 <i>R</i> ,4 <i>S</i> ,4 <i>aS</i> ,5 <i>R</i> ,6 <i>R</i> ,7 <i>S</i> ,8 <i>S</i> ,8 <i>aR</i>)- 1,2,3,4,10,10-hexachloro- 1,4,4 <i>a</i> ,5,6,7,8,8 <i>a</i> -octahydro-6,7- epoxy-1,4:5,8- dimethanonaphthalene	

Tablo 10 (Devam). Bazı organaklorlu ve organofosforlu pestisitlerin özel isimleri, IUPAC adlandırılmaları ve açık förmülleri

PESTİSİTİN ÖZEL İSMİ	IUPAC ADLANDIRILMASI	AÇIK FÖRMÜL
METHİOCARP	4-methylthio-3,5-xylyl methylcarbamate	
TRİCHLORFON	dimethyl (RS)-2,2,2-trichloro- 1-hydroxyethylphosphonate	
PROPİNEB	polymeric zinc propylenebis(dithiocarbamate)	
COPPER OXYCHLORIDE	dicopper chloride trihydroxide	$\text{ClCu}_2\text{H}_3\text{O}_3$
HEPTACHLOR	1,4,5,6,7,8,8-heptachloro- 3a,4,7,7a-tetrahydro-4,7- methanoindene	

Tablo 10 (Devam) Bazı organaklorlu ve organofosforlu pestisitlerin özel isimleri, IUPAC adlandırılmaları ve açık förmülleri

PESTİSİTİN ÖZEL İSMİ	IUPAC ADLANDIRILMASI	AÇIK FÖRMÜL
QUINTOZENE	pentachloronitrobenzene	
CHLORPYRIFOS -METHYL	<i>O,O</i> -dimethyl <i>O</i> -3,5,6-trichloro-2-pyridyl phosphorothioate	
METHOXYCHLOR	1,1,1-trichloro-2,2-bis(4methoxyphenyl) ethane	
DİCLORAN	2,6-dichloro-4-nitroaniline	
MİREX	Dodecachloropentacyclo [5.3.0.0 ^{2,6} .0 ^{3,9} .0 ^{4,8}]decane	

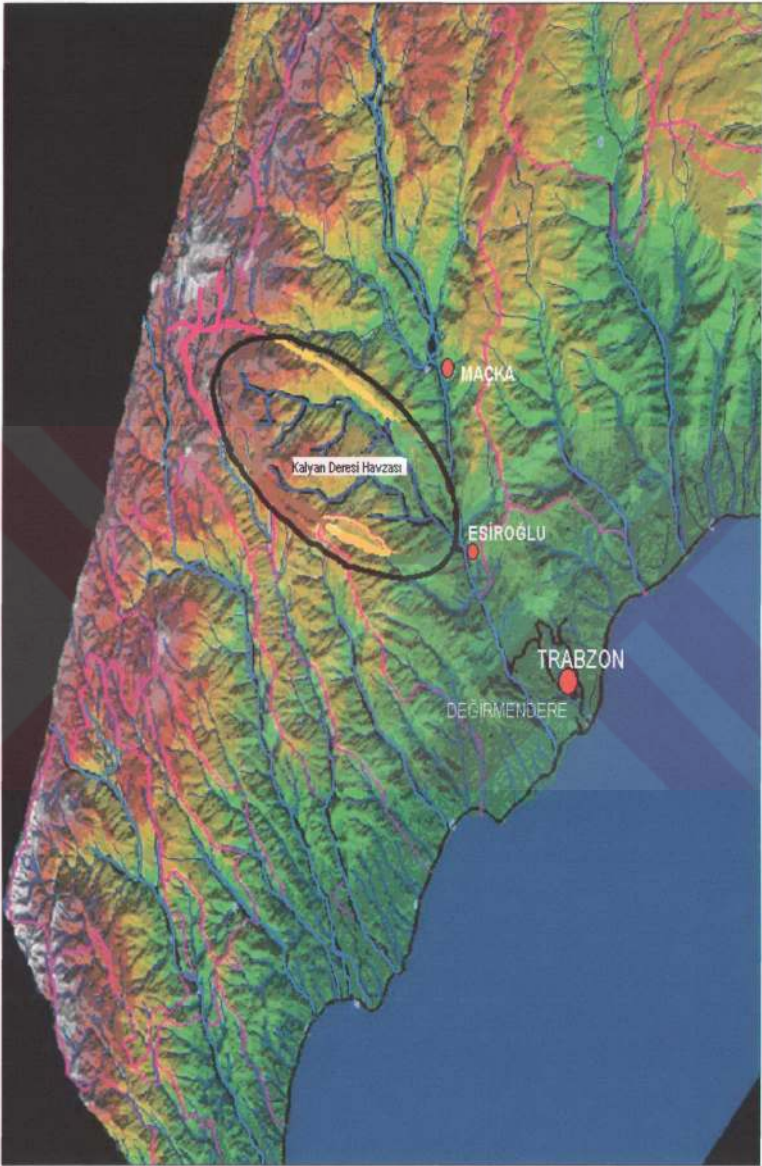
1.3. Kalyan Deresi Su Havzasının Genel Özellikleri

Çalışmanın konusunu oluşturan Kalyan Deresi Havzasını içine alan Değirmendere Havzası, Trabzon ili sınırları ve 41° 00' 03''N, 31° 45' 50''E coğrafik koordinatlarında bulunmaktadır ve geniş bir havzaya sahiptir (Şekil 2).

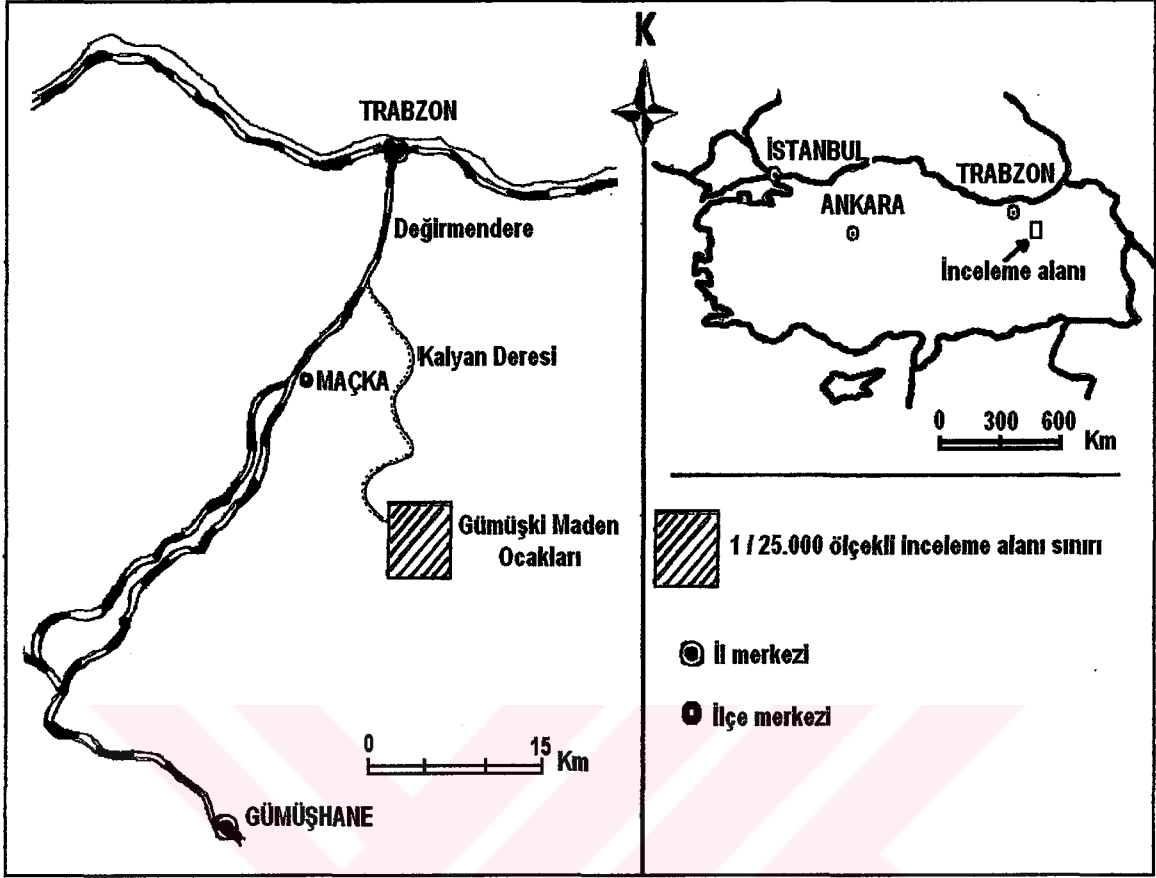
Değirmendere akarsu havza genişliği 20 km, ana kol uzunluğu 55 km'dir. Değirmendere'nin bulunduğu havza Doğu Karadeniz sıra dağlarının kuzeye bakan kısmındadır. Havzanın doğal sınırları içerisindeki alanın 1013 km²'si Trabzon, 90 km²'si Gümüşhane illerine aittir. Trabzon ili yönetimi sınırları içinde kalan kesimde 1 ilçe (Maçka), 5 belde (Çağlayan, Esiroğlu, Şahinkaya, Akoluk, Çukurçayır) ve 66 adet köy yerleşimi bulunmaktadır. Havza alanının tümünde geçici olarak yerleşilen 223 yayla, 126 mezra mevcuttur [17, 18, 58].

Sahanın jeolojik yapısı genellikle üst Kretase yaşlı bazalt-andezit-dasit lav ve proklastlarından meydana gelmiştir. Volkano-sedimanter kayalarda; lav, tüf, aglomeralarda; kireçtaşı ve marnlı yapılarda tabakalanma görülmekte ve sık sık çatlaklara rastlanmaktadır. Kalyan Deresi havzasında Trabzon'un 45 km güneyinde Maçka ilçesine bağlı Gümüşki mevkinde bir maden ocağı işletmeciliği vardır (Şekil 3). Yörenin çok sayıda cevherleşmeyi içermesi yerli yabancı birçok araştırmacının ilgisini çekmektedir. Gümüşki civarında ekonomik olabilecek bir çok damar tip minareleşmenin yanı sıra masif sülfid ve kontak metamorfik tipte de cevherleşmeler mevcuttur. Bu özelliği nedeniyle yöre metallojenik havza niteliğindedir. 1984–1997 yılları arasında özel bir şirket tarafından işletilmiş olan Kan Yayla damarından yılda ortalama 3000 ton Zn–Pb–Cu sülfür konsantresi üretilmiş ve yurt dışına satılmıştır [15]. Bu maden aktif olarak üretimde olduğu süre zarfı içinde yaklaşık olarak 18000 ton cevher işlemiştir. Yapılan analizlere göre cevherin; % 0,1–0,2 Zn, % 0,4–6,2 Cu, % 0,2–6,7 Pb, % 2,3 –19 Fe, 50–650 ppm Ag ve 0,5–6,3 ppm Au içerdiği tespit edilmiştir. Maden ocaklarının yeri şekil 3' de gösterilmektedir [16].

Değirmendere, kaynağını Horos (2.536 m) ve Kalkanlı dağlarından almaktadır. En fazla yükseltiye sahip kolları Zigana ve Ayeser dereleridir. Değirmendere ana akarsuyuna birçok tali kollar karışmaktadır. Bunlardan birisi Maçka Deresidir ki kaynağını Horos dağlarından alarak kuzeydoğuya doğru akar. Bu dere Taşoluk tepesinin kuzey yamaçlarında Çesmeler Deresi adını alır. Daha aşağıdan Üçgedik Deresi ile devam edip, Madenler Deresi ile Doğanyeri Deresine kavuşur [18, 19].



Şekil 2. Kalyan Deresi Havzasını içine alan Değirmendere Havzası



Şekil 3. İnceleme alanını gösteren harita

Havzada birçok akarsu toplanmıştır ve bunların dorukları kıyıya yakındır. Değirmendere'yi besleyen akarsu kolları sahanın güneydoğusuna doğru yerleşmiştir. Bu akarsuların rejimi ana akarsu ile uyum gösterir. Ancak debileri düşüktür. Bölgede bulunan dik yamaçlardan gelen dereler, büyük kollarla birleşerek bölgede bir drenaj ağı oluştururlar [18].

Derenin kolları genellikle güneydoğuya doğru yerleşmiştir. Kolat Dağlarından çıkan Acısu Deresi ile Çakırgöl Dağlarından çıkan Altıntaş Deresi Maçka'da Değirmendere'ye kavuşur. Galyan Deresi ise Esiroğlu'nda Değirmendere ile birleşir. Çakırgöl 2533 m yükseklikte buzullar arasındadır. Gölde eriyen kar suları, batıdan İncedere, güneyden 7-8 adet pınarsuyu, şelaleler halinde dökülür. Gölde çıkan bir derecik gölün fazla sularını boşaltır. Bu derecik aşağıda başka kollarla birleşerek Meryemana Deresi adını alır [18, 19].

Değirmendere Havzasına Maçka'ya bağlı Esiroğlu beldesi sınırları içerisindeki $39^{\circ} 41' 60''$ E – $40^{\circ} 52' 57''$ N coğrafik koordinatlarından dökülen Kalyan Deresi Havzasında Alataş, Çayırılar, Ergin, Kuşçu, Oğulağaç, Ormaniçi, Şahinkaya, Yüzüncüyıl,

Barışlı, Temelli, Yeniköy ve Şimşirli Köyü olmak üzere 12 adet köy yerleşimi bulunmaktadır. Bu köylerden Şimşirli Köyü Kalyan Deresine dökülen Kuştülderesi üzerindeyken, diğerleri Kalyan Deresi üzerindedir. Bu yerleşim bölgelerinde 8388 kişi yaşamaktadır. Bölge halkı geçimini önemli ölçüde, tarıma uygun olmayan havza arazisinin nispeten düşük eğimli yamaçlarında ziraat faaliyetlerini sürdürmektedir. Yöre halkının 2004 yılı içerisinde verim artırıcı olarak kullandıkları kimyasal gübrelerin ve zirai ilaç olarak kullandıkları pestisitlerin kullanma zamanları ve kullanılan miktarları Tablo 11’de verilmiştir [67]. Ayrıca, orman sınırları üzerinde geniş alanlar oluşturan yaylalarda, yazın hayvancılık amaçlı faaliyetler de sürdürülmektedir.

Kalyan Deresi akarsu havza genişliği 8,25 km, ana kol uzunluğu 25,5 km’dir. Kalyan Deresi’nin bulunduğu havza Doğu Karadeniz sıra dağlarının kuzeye bakan kısmındadır. Havzanın doğal sınırları içerisindeki alanı 210,4 km²’ dir.

Tablo 11. 2004 yılı içerisinde Kalyan havzasında kullanılan kimyasal gübreler ve zirai ilaçlar

Gübrenin Cinsi	Miktarı (Ton)	Kullanma Zamanı
Amonyum Sülfat	47,1	Mayıs–Haziran
Kalsiyum Amonyum Nitrat (%26)	221,3	Mayıs–Haziran
%15 N, %15 P ve %15 K içeren kompozit gübre	2,1	Mayıs–Haziran
Pestisit Cinsi	Miktarı(Ton)	Kullanma Zamanı
Endosülfan 35 Wp	95	Nisan–Mayıs
Chloropyrifos-Methyl	11	Nisan–Mayıs
Trichlorfon 80 sp	13	Yılın herhangi bir zamanında kullanılabilir.
Carbaryl 75 Wp	38	Mayıs
Methicarb 2 toz	715	Mayıs
Propineb	125	Nisan–Mayıs–Haziran–Temmuz
Copper Oxychloride	250	Mayıs–Haziran–Temmuz

1.3.1. Kalyan Deresi'ni Etkisi Altına Alan İklim Tipi

Trabzon'da Karadeniz etkisinde kalan ılıman iklim tipi hakimdir. Buna bağlı olarak da yaz ayları genellikle orta sıcaklıkta, kış ayları ise ılık geçer. Bölgenin kuzey-batı yönündeki depresyonlara açık olması iklim elemanlarının sürekli değişmesine neden olur. Trabzon, konumu nedeniyle kış aylarında, ülke genelindeki diğer yerlerden ayrı bir özellik arz eder. Trabzon'u güneyden çepeçevre kuşatan Kafkas Dağları kuzeybatının soğuk rüzgarlarını engeller. Ayrıca Kafkas Dağları, Sibirya'nın soğuk havası ile Kuzeydoğu Anadolu platolarında soğuyan havanın bölgeye girmesini önler [17].

Bölge akarsularının rejimi üzerinde sıcaklığın büyük etkisi vardır. Bu etki özellikle kışın ve bahar aylarında en yüksek etkidedir [18].

Trabzon'da en sıcak ay Ağustos, en soğuk ay ise Ocak ayıdır. Yaz günleri olarak bilinen, yüksek sıcaklığın 25°C ve daha yukarı olduğu günler genellikle Nisan ayında başlayıp Ekim ayında sona ermektedir. Trabzon'da yaz günleri sayısı 65'dir. Kış günleri olarak bilinen, yüksek sıcaklığın $-0,1^{\circ}\text{C}$ ve daha aşağı olduğu günler yok denecek kadar azdır. Don olayının görüldüğü günler olarak tanımlanan düşük sıcaklığın (minimum) $0,1^{\circ}\text{C}$ ve altında olduğu günler yılda 8 gündür [19].

Kıyı kesimlerinde havza nemi yüksektir ve bol yağış vardır. Bölgenin yıllık yağış miktarı 3 istasyon tarafından belirlenir. Trabzon istasyonu için bu ortalama değer olarak 8227 mm, Maçka için 731.7 mm, Meryemana için 9060 mm'dir. Bölgede en fazla yağış miktarı Mart'tan, Temmuz'a kadar olan dönemdedir. Bol yağış ve eriyen kar suları derelerin taşmasına ve sel felaketlerine yol açar [18, 19].

Ortalama yağış miktarı en çok Ekim ayın da 113.2 mm ile görülmekte, yağışlı günler sayısı ile 141.3 olarak tespit edilmektedir. Genel olarak en fazla yağış sonbaharda, en az yağış ise yaz aylarında görülmektedir. Kalyan Deresi'nin akım miktarı Ocak ayından itibaren artar ve Mayıs'ta en yüksek seviyeye ulaşır. Bunun nedeni bol yağış ve buzullardır. Bundan sonra hız düşmekte Eylül-Ekim aylarından sonra nispeten artmaya başlar [17, 18].

Bir bölgedeki su potansiyelinin tespitinde buharlaşma rasatları oldukça önemlidir. Yağış miktarının buharlaşmadan fazla olduğu yerlerde toprak nemli, az olduğu yerlerde ise kurudur. Trabzon'da toplam buharlaşma miktarı 792.3 mm'dir. En fazla buharlaşma miktarı 18.7 mm ile Temmuz ayında, en az ise 39.5 mm ile Ocak ayında görülmektedir.

Trabzon'da birinci derecede hakim rüzgar yönü 3.477 esme sayısı ile güneybatı (SW), ikinci derecede hakim yön 3.035 esme sayısı ile güney (S), üçüncü derecede hakim yön 2.527 esme sayısı ile güney-güneybatı (SSW)dir.

Meteoroloji istasyonlarında, bulutluluk rasatları yapılırken gökyüzü 10 eşit parçaya bölünmüş olarak kabul edilir. Trabzon'da yıllık ortalama bulutluluk 6,2'dir. Günlük ortalama bulutluluğun 0.0-1.9 arası olduğu günlere açık günler, 2.0-8.0 arasında olduğu günler, 8.1-10.0 arasında olduğu günlere de kapalı günler denilmektedir. Trabzon'da yıllık açık gün sayısı 177.4'dür.

Trabzon'da dolu olayına oldukça az rastlanmaktadır. Trabzon'da yıllık dolulu gün sayısı 0.6'dır. Kar yağışı ve karlı günlerdeki toplam kar miktarı, su rezervi açısından önem kazanmaktadır. Trabzon'da yıllık kar yağışlı gün sayısı 3.1 gün, karla örtülü gün sayısı 6.8 gündür. Kalyan akarsuyun rejimi çok değişik olup, yıllık ortalama akış miktarı 4,12 m³/s dir. Tablo 12'de bu değerler verilmiştir [20].

Tablo 12. Kalyan Deresi'nin 2004'teki yıllık akış miktarının aylara göre değişimi (m³/s)

Aylar	Oc	Şu	Mr	Ni	My	Ha	Te	Ağ	Ey	Ek	Ka	Ar	Ort
m ³ /s	1,78	2,99	8,85	6,90	9,97	6,44	1,50	0,939	1,36	2,62	4,41	1,69	4,12

1.4. Bir Akarsuyun Modellenmesi

Su kaynaklarının çeşitli amaçlar için kullanımı farklıdır. Bu durumda söz konusu kaynağın en uygun kullanma şeklinin belirlenebilmesi, değişik kullanma şekillerinin ve havzadaki farklı faaliyetlerin su kalitesine olan etkilerinin önceden bilinmesine bağlıdır. Bunun için su ortamındaki fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal olayların incelenmesi, analizi ve kirletici madde miktarlarının önceden tespit edilmesine yarayan matematiksel modelin geliştirilmesi önemli bir konudur. Geliştirilen matematiksel modeller, geçmişteki verilerin incelenmesinde, mevcut durumun analizinde ve gelecekteki ihtiyaçların plan ve projelendirilmesinde çok önemli bir şekilde kullanılmaktadır. Matematiksel modeller, sürekli gelişim ve tekamül halinde bulunan çevrenin dinamik özelliklerini yansıtmaktadır. Matematiksel modeller doğal kaynakların planlanmasında büyük bir potansiyele sahiptir. Modellerin su kalitesi kontrolündeki önemi geniş bir şekilde araştırılmıştır. Özellikle son yıllarda bilgisayar yazılım ve donanımındaki hızlı gelişmeler çevre bilimi alanında kullanımını önemli ölçüde artırmıştır [22].

Günümüzde nehir modellemesi ile ilgili birçok çalışma mevcut olup, değişik paket programlar uygulanmaktadır. Bu çalışmalara ait birçok örnek literatürlerde mevcuttur. Bu çalışmalarda, çeşitli kirletici yüklerinin su yatağında meydana getirebileceği etkileri incelemek için matematiksel modeller geliştirilmiş ve simüle edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, bu tesirlerin önceden tahmin edilmesine olanak sağlamıştır [22, 55].

Çeşitli amaçlar için kullanılan su kaynaklarındaki kirlilik durumunun, zaman ve mesafeyle değiştiği bilinmelidir. Bu ise, bir su ortamına deşarj edilen atık maddelerin ne şekilde yayıldıklarının bilinmesiyle mümkündür. Bunun için, atık maddelerin yayılmasını ifade eden bir matematiksel modelin kurulup, analitik, nümerik veya deneysel metotlar yardımıyla çözülerek, atık madde konsantrasyonunun zaman ve mesafeyle değişimi belirlenmelidir. Bilindiği üzere kirleticiler, sediment ve suda askıda bulunan yük maddelerinin taşınımı akıntıyla olmaktadır. Yani akıntının hızı ve yönüne göre akarsu boyunca taşınım gerçekleşmektedir [23, 54].

Kirlenme olayının anlaşılmış olmasının yanında, en az bunun kadar önemli olan diğer bir konu da kirlenmenin ne kadar etkin olacağının önceden kestirilebilmesidir. Bu da çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilebilir. En çok kullanılan yöntemlerden biri matematiksel modellemedir. Modeller bir dizi varsayımdan sonra gerçekleştirilebilir. Bu nedenle model

sonuçlarının ancak bu varsayımların geçerli olduğu durumlar için sağlıklı olabileceği unutulmamalıdır [23,24].

Bilgisayarlar, sayısal açıdan daha geniş kapsamlı incelemelere olanak sağlamaktadır. Örneğin değişken akarsu debileri, biyolojik değişimler, değişken atık su deşarjları vb. etmenler kolaylıkla hesaplanabilmektedir.

Bilgisayar modelleri, olayda etkin olan öğelerin daha ayrıntılı bir biçimde incelenmesine olanak sağlamak ve böylece ayrıntıları daha iyi bilinen bir oluşumun, çeşitli koşullar altındaki toplam davranışının daha tutarlı bir biçimde saptanabilmesi mümkün olmaktadır.

Matematiksel modeller, duyarlılık analizlerine imkan tanımaktadır. Böylece model kurulurken yapılan basitleştirici varsayımların tutarlılığı kolaylıkla tespit edilebilmekte ve modellerin bu esnekliği, parametre değişimlerinin etkilerinin hesaplarda sağlıklı bir biçimde göz önüne alınabilmesini mümkün kılmaktadır.

Yüzey sularındaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişimlerin matematiksel olarak ifade edilmesi ile ortaya çıkan modeller, daha üst bir aşamada daha geniş kapsamlı eniyileme modellerinin birer ögesi olarak kullanılabilmektedir.

Doğadaki birçok olayda olduğu gibi, yüzeysel suların çeşitli nitelikleri de rastlantısal özellikler göstermektedir. Ayrıca bu suların kirlenmesine yol açan antropojen etkilerin de, zaman süresi içinde rastlantısal bir gidiş gösterdiği bilinmektedir. Kurulan bilgisayar modelleri, gerek hidrolik açıdan rasgele unsurları ve gerekse de atık su yükündeki rasgele değişimleri kapsamına alabilmekte ve böylece incelenecek olaya gerçekçi bir yaklaşım sağlayabilmektedir.

1.4.1. Matematiksel Model Tipleri ve Genel Kullanım Amaçları

Pratik uygulamalarda en çok karşılaşılan akış türü, türbülanslı akış olmasına rağmen özellikle yüksek hızlı bilgisayarlar gelişinceye kadar türbülanslı akışın hesaplanması oldukça güçtü. Osborn Reynolds' un başlattığı ve daha sonra yapılan çalışmalar sonucunda bir çok türbülans modeli geliştirilmiştir [25]. İlk yapılan çalışmalarda bulunan yaklaşım yöntemleri deneysel ağırlıklıydı. Son yıllarda kısmi diferansiyel denklemlere dayanan yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1. **Sıfır Denklemlili Modeller:** Bu modelde kısmi diferansiyel denklemler sadece ortalama hız elemanı olarak kullanılır, türbülans modeli için ayrı bir diferansiyel denklemi yoktur.
2. **Bir Denklemlili Modeller:** Ortalama akış kısmi diferansiyel denklemlerini ek olarak türbülansla ilgili bir kısmi diferansiyel denklem içeren modellerdir.
3. **İki Denklemlili Modeller:** Bu modellerde bir denklemlili modellerdeki denklemlere ek olarak türbülans uzunluk ölçeğiyle ilgili bir kısmi diferansiyel denklemi daha bulunur.
4. **Gerilme Denklemlili Modeller:** Genelde türbülans uzunluğu içinde bir kısmi diferansiyel denkleminin bulunduğu modellerdir.
5. **Büyük Girdap Benzetimi:** Üç boyutlu, zaman bağımlı büyük girdap yapısının hesabı ve küçük ölçekli türbülans için model kullanarak çözüm elde etmede kullanılan bir yöntemdir [25, 53].

Su kirliliğinde kullanılan matematiksel modeller iki ana gruba ayrılabilirler [26]:

- a) Yüzeysel sulardaki fiziksel, biyolojik ve kimyasal oluşumları matematiksel olarak ifade eden temel modeller,
- b) Dış etkilerle doğal dengesi bozulan ve değişimleri birinci tipteki modellerle saptanan ortamlarda, yapılacak mühendislik çalışmalarına ve alınacak ekonomik, sosyal ve hukuki kararlara ışık tutacak simülasyon ve optimizasyon modelleri.

Su kalitesi modellemesi; karmaşık sistemlerin sistematik bir biçimde tanımlanması, sebep sonuç ilişkisinin belirlenmesi, pahalı ve zaman alıcı arazi çalışmaları yapmaksızın alternatif yönetim ve kontrol stratejilerinin etkilerinin saptanması ve sistem davranışlarının değerlendirilmesi gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Modellerin kestirimlerinin doğruluğu; fiziksel gerçeklerin iyi bir şekilde temsil edilip edilmediğine, modelde kullanılan matematikte yöntemlere ve katsayıların doğruluğuna bağlıdır. Modellemeyi de içeren sistem analizinde, sistem önce bileşenlerine ayrıştırılır (analiz aşaması) sonra anlamlı bir biçimde yeniden birleştirilir (sentez aşaması). Sistem analizinde genel olarak aşağıdaki adımlar bulunur [26]:

- a) Problem(ler)'in tanımı, amaçlar
- b) Sistem tanımı, sınırları
- c) Amaç fonksiyonlarının tanımı
- d) Sistem davranışlarına ve girdilerine ilişkin veri toplama
- e) Model kurma

- f) Parametre kestirimi
- g) Modelin bağımsız verilerle denenmesi
- h) Çözümlerin hesaplanması, çeşitli alternatiflerin benzeşimi
- i) Duyarlı analiz
- j) Alternatiflerin kriter ve standartlara göre değerlendirilmesi
- k) Plan seçimi
- l) Uygulama

Su kalitesi modellemesi, suyun kantitatif modellemesi ile yakından ilişkilidir. Matematiksel su kalitesi modellerin ana özellikleri böylece belirlendikten sonra, bu modellerin uygulamada kullanma amaçları tanımlanabilir;

Bu amaçlar; yüzeysel sularda antropojen etkiler sonucunda oluşan kirlilik yükünün, bu yükün zaman içindeki değişiminin ve doğal denge bozulmadan suların alabileceği kabul edilebilir kirliliklerin hesaplanması şeklinde sıralanabilir.

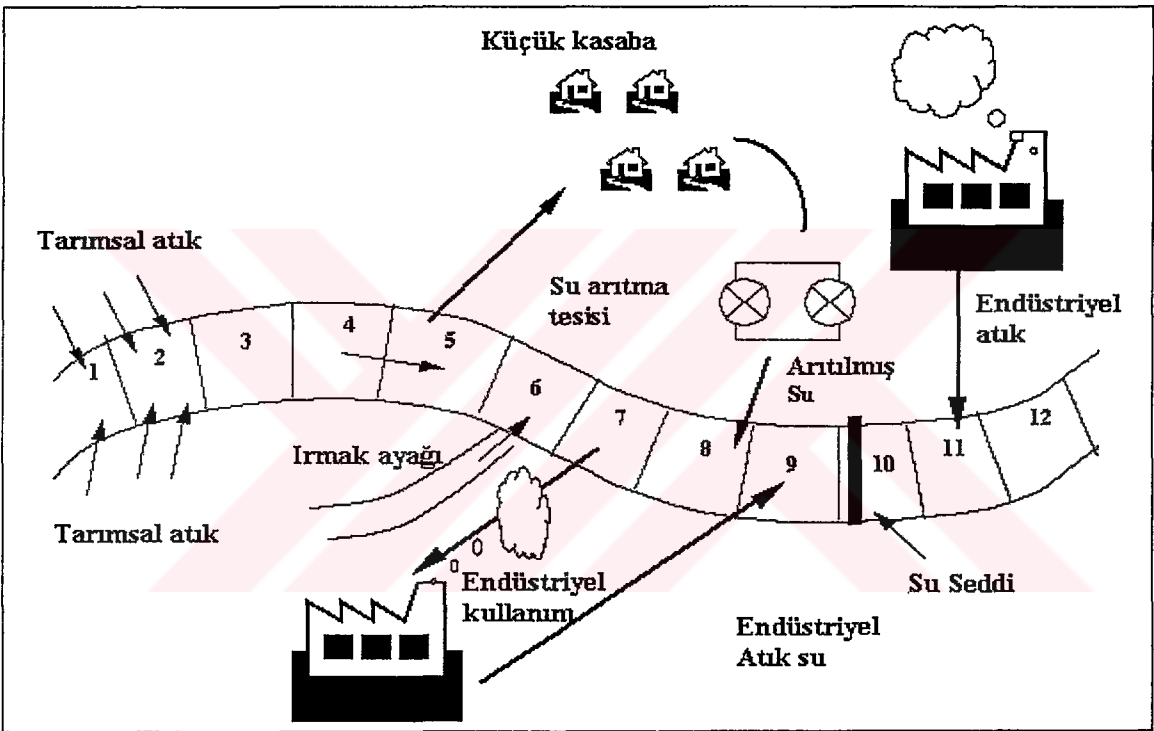
İnsan yaşamı için hayatın önemi olan suyun niteliğinin korunması amacıyla alınacak önlemlerin etkinlik ve ekonomik tutarlılığın saptanması bu amaçla yapılacak olan çalışmalar çok geniş kapsamlı olup, sadece dar sınırlı yerel çözümler soruna ışık tutmamakta ve konuya bölge ve su kaynakları planlamasının bir ögesi olarak yaklaşılması gerekmektedir [26].

1.4.2. Modellerin Genel Matematiksel Yapısı

Yüzey sularındaki kalite parametrelerinin zamanda ve uzayda değişimleri kısmi diferansiyel denklemlerle tanımlanabilir. Bu denklemlerin genellikle analitik çözümleri bulunmamakta ve sayısal bilgisayarlarda çözülebilmeleri için kesiklenmeleri, yani sürekli değişken parametreler yerine kesikli değişken parametrelerin kullanılması gerekmektedir [26]. Kesikleme sonucunda adı geçen biyolojik ve biyokimyasal etkinlikler, oksijen bilânçosundaki değişimler, sedimantasyon, akım hızları vb. değişken ve parametreler, zamanda ve uzayda belirli aralıklarda sabit olarak kabul edilebilmektedir. Arıtma tesis deşarjları, bağlamalardaki yoğun havalandırma gibi olaylar, modele kesikleme aralıklarının sınırlarında katılmakta ve böylece diferansiyel denklemlerin sınır koşullarını oluşturmaktadır (şekil 4).

Yüzeysel sulardaki kalite parametre konsantrasyonlarının zaman içindeki değişimleri matematiksel modellerde adveksiyon, difüzyon (dispersiyon) ve ayrışma gibi bağımsız öğelerin süperpozisyonu şeklinde tanımlanabilmektedir [26].

Adveksiyon: Adveksiyon yüzey sularda akım yönündeki kütsel harekete verilen addır. Su ortamına verilen kirleticilerde advektif hareketle taşınır. Bu taşınım sırasında debiye bağımlı olarak madde konsantrasyonları değişime uğrayabilir. Adveksiyon uzay koordinatlarının birinci türevlerinin fonksiyonudur.



Şekil 4. Bir nehrin kesikleme yöntemiyle segmentlere ayrılarak modellemeye uygun hale getirilmesi .

Difüzyon: Çözünmüş veya süspansiyon halindeki bir maddenin, su ortamı içinde derişim gradyanına bağılı olarak hareketidir. Akışkan ortamlardaki difüzyon genelde rasgele molekül hareketlerinden (Brownien hareket) kaynaklanan moleküler difüzyon ve turbülanslı hız çalkantılarının neden olduğu turbülanslı difüzyon olmak üzere iki temel süreç şeklinde karşımıza çıkar. Ancak su kirliliği ve kontrolü uygulamalarında moleküler difüzyon etkisi ihmal edilebilir mertebede olduğu için, çoğu uygulamada dikkate alınmaz. Turbülanslı difüzyon ile advektif hareketin hız farklılıklarının alıcı su ortamlarında

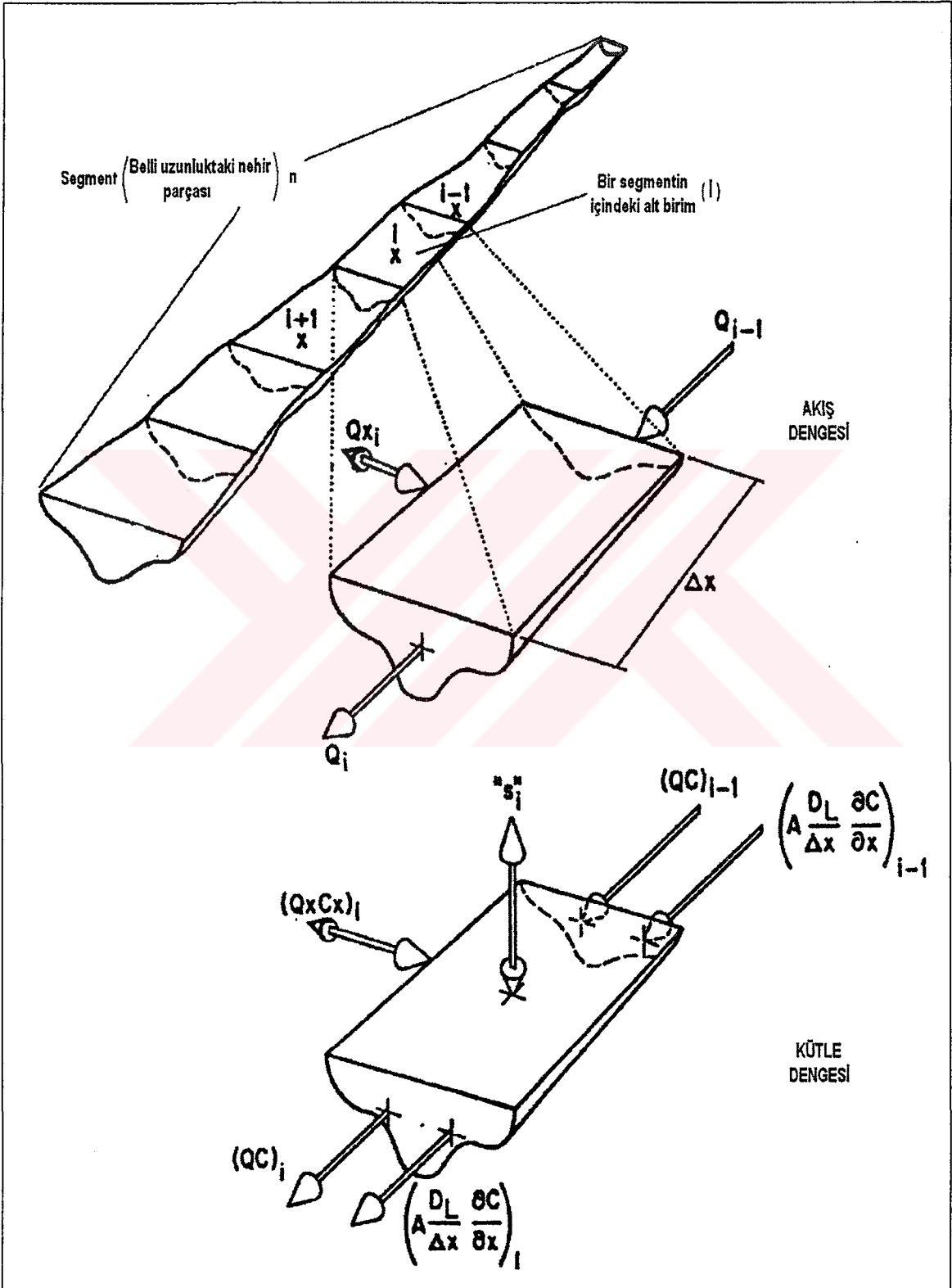
ortaklaşa olarak etkili olduğu madde taşınımı ve yayılımına dispersiyon adı verilir. Difüzyon (Dispersiyon), uzay koordinatlarının ikinci türevlerinin fonksiyonudur.

Ayrışma: Konsantrasyonlarının zaman içinde, t andaki değerine orantılı olarak değişimine birinci dereceden dereceden ayrışma, sabit oranda değişimine ise sıfırıncı dereceden ayrışma denir. Birinci dereceden ayrışmaya sulardaki mikroorganizmaların etkinliği, sıfırıncı dereceden ayrışmaya ise bitkilerin sabit biyolojik etkinliği örnek olarak gösterilebilir [51].

Şekil 5'te her birinin uzunluğu ΔX kadar olan alt birimlerden ($\bar{I}$) oluşan segmentleri (n) yani nehir boyunca hayali olarak çizildiği varsayılan nehir parçalarını göstermektedir. Q_{i-1} şekilde $\bar{I}$ olarak gösterilen alt birimden bir önceki alt birime ait debi bakımından hidrolojik dengeyi, Q_X dışardan $\bar{I}$ alt birimine giren veya $\bar{I}$ alt biriminden çekilen suya ait debi bakımından hidrolojik dengeyi ve Q_i ise $\bar{I}$ alt biriminden bir sonraki alt birime ait debi bakımından hidrolojik dengeyi temsil etmektedir. Benzer şekilde, her hangi bir bileşene ait konsantrasyon (C) yardımıyla alt birimlere ait kütle denkliği ifadesi yazılabilir. Kütle denkliği ifadesinde; kütlenin dağılma ($A D_L \delta C / \Delta X \delta X$), adveksiyon ($Q \cdot C$) ve ayrışma olaylarıyla nehir boyunca taşındığı düşünülmektedir. Kütlenin taşınımı sırasında, sisteme dışarıdan kütle aktarımı ve sistemden kütle çekilmesi ($Q_X \cdot C_X$), ayrıca nehir içindeki yaşamsal faaliyetler (nehir dibindeki canlı - cansız yaşam ve biyolojik taşınım) sırasında iç kaynaklar tarafından kütle aktarımı ve kütle çekimi S_i gibi olayların olduğu bilinmektedir. (A : Söz konusu alt birimin alanı, D_L : Dağılma katsayısı) [27].

Böylece nehirler, birbirleriyle adveksiyon, dağılma ve ayrışma mekanizmalarıyla bağlantılı olan ve kendi içlerinde tamamen homojen bir karışım oluşturan alt birimlerden oluşmuş reaktörler olarak tanımlanabilirler. Bu reaktörleri oluşturan alt birimlerin hidrogeometrik özellikleri (nehir eğimi ve debisi), biyolojik sabitler ve algsel çökme oranları gibi değerleri aynıdır.

Aşağıda bu 3 taşınım mekanizmasının bir nehir üzerindeki uygulaması görülmektedir [27].



Şekil 5. Bir nehir sistemindeki akış ve kütle dengeleri

1.4.3. Çalışmada Kullanılan Modelleme Programı QUAL 2E

Çevresel sorunlarla ilgili kontroller gün geçtikçe daha da yüksek maliyetler gerektirdiğinden ve çevreyle ilgili koyulan kurallara uyulmadığından, günümüzde artık çevre yönetimi çevresel olayların düzenlenmesiyle ilgili daha geniş bir bilgi birikimine dayanan etkili bir idare biçimini gerektirir. Bu etkin idare biçimi ışığı altında; çevresel kirliliklerin oluşması, taşınması, etkileri ve kontrolü üzerinde yapılan laboratuvar araştırmaları sayesinde su kalitesinin iyileştirilmesi sağlanabilir. Laboratuvar çalışmalarını daha hızlı ve daha düşük maliyetlerle gerçekleştirmek ve analiz edilen nehrin gelecekte fiziksel ve kimyasal açıdan nasıl bir durumda olduğunu görüntüleyebilmek amacıyla çeşitli bilgisayar programları geliştirilmiştir. Bunlardan bir tanesi nehir suyu kalitesinin modellemesini yapan QUAL2E' dir.

QUAL2E, nehir üzerindeki atık su deşarj noktalarının belirlenmesinde, hem deşarj edilen suyun hem de nehrin kendi orijinal suyunun fiziksel ve kimyasal parametrelerinin modellenmesinde ve diğer bilinen kirlilik sorunlarının değerlendirilmesinde ABD' de en sık kullanılan model programdır. QUAL-II' nin 1970 yılında piyasaya sürülmesinden sonra bu modelin değişik tipte versiyonları ortaya çıkmıştır. Bu model tiplerinin en son ve en gelişmiş versiyonları QUAL2E ve QUAL2E- UNCAS' dır. Her iki modelde; Ulusal Hava ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Birliği (USA, NCASI), USA Tuft Üniversitesi'ndeki İnşaat Mühendisliği Bölümü ve EPA arasındaki işbirliği sayesinde yıllar süren çalışmalardan sonra geliştirilmiştir [59,60]. Şekil 6'da QUAL2E programının algoritması gösterilmektedir [22]. Bu programların dağıtımı ve idaresi, ayrıca model kullanıcıları için gerekli bilgi ve kurslar EPA'nın su kalitesi modelleme merkezinde gerçekleştirilmektedir [27].

Bir nehrin genişliği boyunca çözünmüş oksijen konsantrasyonunda genellikle küçük değişiklik vardır ve eğer nehir çok derin değilse dikey farklılıklar da çok önemli değildir. Sadece nehir boyunca mesafe oranı ile varyasyonlar bağlamında bir nehir modeli yine de kabul edilebilir [21]. Burada, nehir bölümlere (Kalyan modeli için 12 bölüm) ya da kola bölünür ve şöyle farzedilir: Her bölme iyi karışmıştır ve her bölme içindeki çözünmüş oksijen ve BOİ konsantrasyonları bundan dolayı değişmezdir. Bu gelişmede, gerçekte substrat birçok maddenin bir karışımıdır ve biyokütle aerobik degradasyon (büyük organik moleküllerin daha küçük moleküllere ayrışmasına ve dengeli materyal oluşumuna yol açan süre) içerilen birçok organizmayı ortaya koyar.

Çözünmüş oksijen ve substrat için bir toplam denge her bölümdeki su için yazılabilir. Irmağa karışan akarsular gibi ek akıntılar ki bunlar özel bölüme girerler, toplam bir denge tarafından ve aşağıdaki parça dengelerdeki (1, 2 ve 3 denklemleri) ek terimler tarafından hesaplanır [21].

$$Q_n = Q_{tribn} + Q_{n-1} \quad (1)$$

$$\frac{dO_n}{dt} = \frac{Q_{n-1} O_{n-1} + Q_{tribn} O_{tribn} - Q_n O_n}{V_n} + R_{a,n} - \frac{R_{bio,n}}{Y} \quad (2)$$

$$\frac{dS_n}{dt} = \frac{Q_{n-1} S_{n-1} + Q_{tribn} S_{tribn} - Q_n S_n}{V_n} + R_{bio,n} + R_{run,n} \quad (3)$$

Q_{n-1} olduğu durumda Q_{tribn} ve Q_n içeride akıntılardır ve “n” kanalının dışındadırlar.

R_a , $R_a = K_a(O_{sat} - O)$ 'a göre (ki buda deneysel açıklama ($K_a = 0,142 \text{ g v}$) tarafından verilir), nehrin eğimine (g) ve hızına (v) bağlı olan havalandırmadır.

$O_{sat} = 14.652 - 0.41 \text{ Temp} + 0.008 \text{ Temp}^2$ 'ye göre bu, nehir sıcaklığının bir fonksiyonudur.

Nehrin hızı V, Hacimsel debi Q ile ilişkilidir (4 nolu denklem), bu da;

$$V_n = \frac{Q_n}{W_n d_n} \quad (4)$$

Burada W_n ve d_n nehrin her bölgesindeki sırası ile genişlik ve derinliktir. Şöyle farzedilir: Substrat tüketiminin biyolojik oranı substrat ve oksijen konsantrasyonlarına bağlıdır (5 nolu denklem). Bu da baştan başa olan ikinci sıra periyodikliğine göredir.

$$R_{bio,n} = \mu_{max} S_n O_n \quad (5)$$

Oksijen tüketimi oranı R_{bio}/Y olarak sabit bir veri ile hesaplanır. R_{run} , tarımsal akıntılar yüzünden nehre olan BOİ girdisini ortaya koyar ve aşağıdaki 6 nolu denklemle verilir.

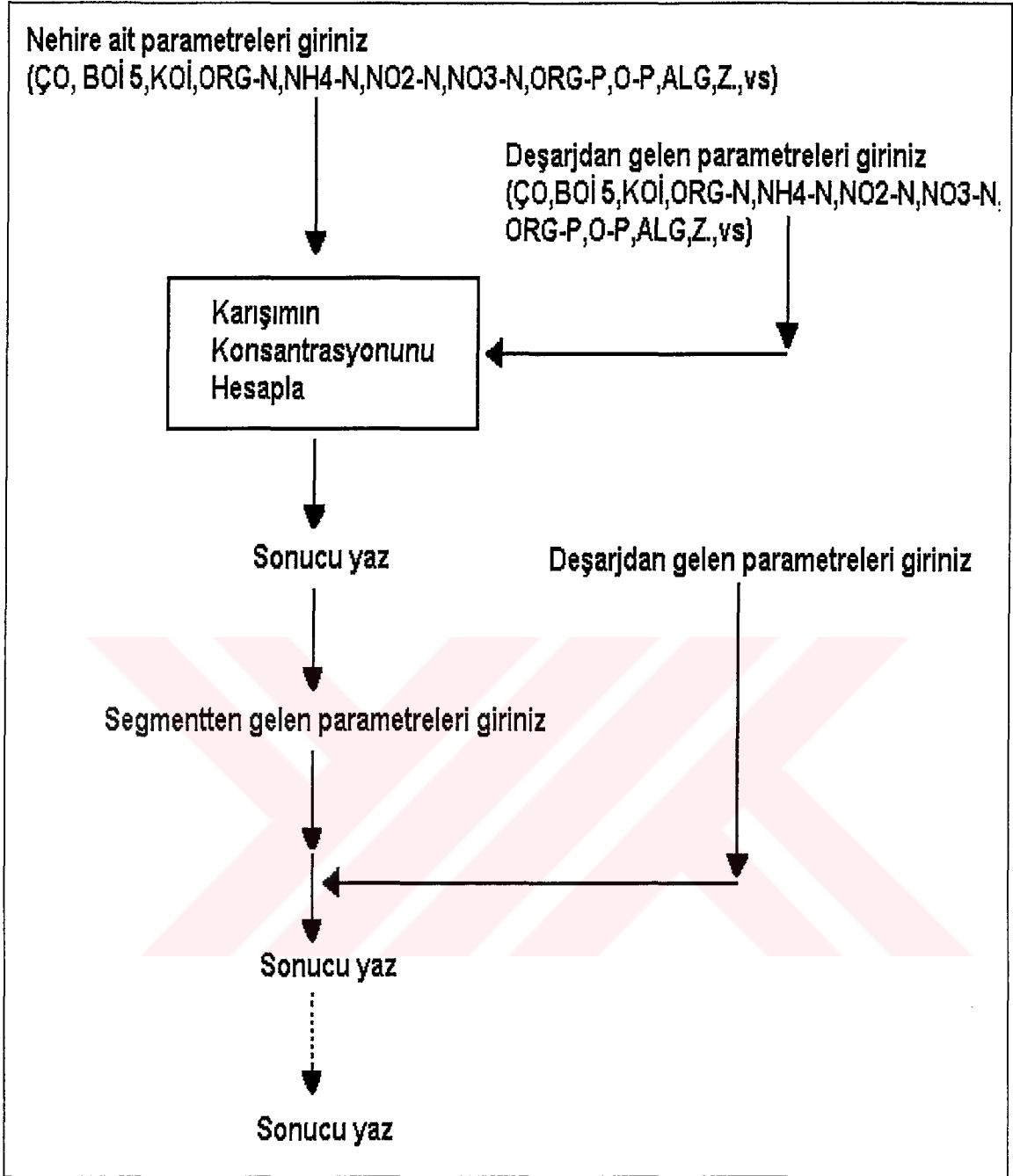
$$R_{run,n} = \frac{2L_v n C_n}{Vol_n} \quad (6)$$

Burada L , kanalın uzunluğunu Vol_n hacmini ve C_n spesifik tarımsal yüklemeyi gösterir. 2 sabitinin uygulanmasına neden BOİ nehrin her iki kıyısından da giriş yapabileceğindendir.

QUAL2E çok yönlü niteliklere sahip olan ve nehir suyu parametrelerinin modellenmesinde yaygın bir şekilde kullanılan bir programdır. Model, suya ve diğer bazı parametrelere ait 15 ayrı veriyi simule edebilmektedir [27,59,60]. Bunlar;

- | | |
|----------------------------------|--|
| 1. Çözünmüş oksijen | 9. Organik Fosfor |
| 2. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı | 10. Çözünmüş fosfor |
| 3. Sıcaklık | 11. Koliiformlar |
| 4. Klorofil a olarak algler | 12. Konsörvatif olmayan bazı parametreler |
| 5. Organik azot | 13. Sıcaklık ve ışıkla ilgili hesaplamalar |
| 6. Amonyum Azotu | için kilimatik bilgiler |
| 7. Nitrit azotu | 14. Coğrafik ve sıcaklıkla ilgili bilgiler |
| 8. Nitrat azotu | 15. Genel değişkenler |

Model iyi bir şekilde karışabilen ve çeşitli kollara sahip olan nehir sistemlerine uygulanabilmektedir ve dağılma (difüzyon), yayılma ve adveksiyon gibi başlıca taşıma mekanizmalarının sadece nehrin ana akış doğrultuları boyunca önem kazandığını varsayar. Model, çok çeşitli atık su deşarjları, nehir boyunca nehirden suyun çekildiği noktalardaki durumlar, Ana nehir yatağı ile birleşen yan kolların oluşturduğu durumlar ve nehir sistemine fazlalık olarak giren su akıntılarının olduğu durumlar için kullanılabilir. Ayrıca su içindeki çözünmüş oksijen seviyesini istenilen seviyeye getirmek için seyreltme faktörünü hesaplayabilmektedir. Seyreltme faktörü ana nehir sisteminin su akış hızının, dışarıdan sisteme su verilmesi yoluyla artırılması sonucu oluşan matematiksel bir parametredir [27,59,60].



Şekil 6. QUAL 2E modelleme programının algoritması

QUAL2E tek boyutlu bir modelleme programıdır. Simülasyon tipi olarak sabit hal ya da dinamik modelleme konumları seçilebilir. Dinamik modelleme konumunda, model kullanıcıları günlük meteorolojik değişkenlerin su kalitesi üzerindeki etkisini (öncelikle çözünmüş oksijen ve sıcaklık) modelleyebilir ve algisel büyüme veya havalandırma olayları yüzünden değişen günlük çözünmüş oksijen seviyelerini araştırabilir. Sabit hal konumu ise atık deşarjlarının nehir suyu kalitesi üzerindeki etkisinin belirlenmesinde ve ayrıca

kaynağı belli olmayan atık deşarjlarının niteliğinin ve büyüklüğünün belirlenmesinde kullanılabilir.

Modellemede ilk adım olarak nehir sistemi belli uzunluktaki hayali parçalara ayrılır. Her bir parça da eşit uzunluktaki küçük alt birimlere bölünür ve her bir parça içindeki bütün birimlerin benzer hidrolik karakteristiğe sahip olduğu varsayılır. Fakat hidrolik olarak, QUAL2E ancak hem nehir akıntı hızının hem de atık deşarj hızının sabit olduğu zaman periyotlarında simülasyon yapabilmektedir [27, 57].

7 ayrı küçük alt birim mevcuttur. Bunlar;

- **Kaynak başı birimi:** Kaynak başı birimleri hem nehre dökülen yan kolların hem de ana nehir sisteminin en başında bulunan birimlerdir ve daima ana nehir sistemindeki veya nehre dökülen yan kollarındaki büyük hayali parçaların en başında bulunan küçük alt birim olmak zorundadır.
- **Standart birim:** Standart birim, diğer 6 birimden daha farklı bir özelliğe sahiptir. Bu birimde nehrin kendi doğası gereği barındırmış olduğu parametrelerin ölçümü yapılır. Yani nehri etkileyen herhangi bir dış etkenin bulunmadığı, sadece nehrin bulunduğu coğrafik koşullardan ve sıcaklıktan kaynaklanan bir takım unsurların ölçüldüğü birimdir.
- **Herhangi bir yan kolun ana nehir sistemine bağlanmadan önceki birimi:** Herhangi bir yan kolun, ana nehir sistemine bağlanmadan önceki noktadaki mevcut durumu belirten birimdir.
- **Herhangi bir yan kolun ana nehir sistemine bağlandığı noktasındaki birimi:** Herhangi bir yan kolun ana nehir sistemine bağlandığı noktasındaki mevcut durumu belirten birimdir.
- **Sistemdeki son birim:** Nehir sistemindeki her bir parçanın sonunda bulunan noktadaki mevcut durumu belirten birimdir.
- **Atık su deşarjının olduğu noktadaki birim:** Atık su deşarjının ve simule edilemeyen nehir kollarının bulunduğu noktadaki mevcut durumu belirten birimdir.
- **Nehirden başka bir yere su çekildiği noktadaki birim:** Nehirden başka bir yere su çekildiği noktadaki mevcut durumu belirten birimdir.

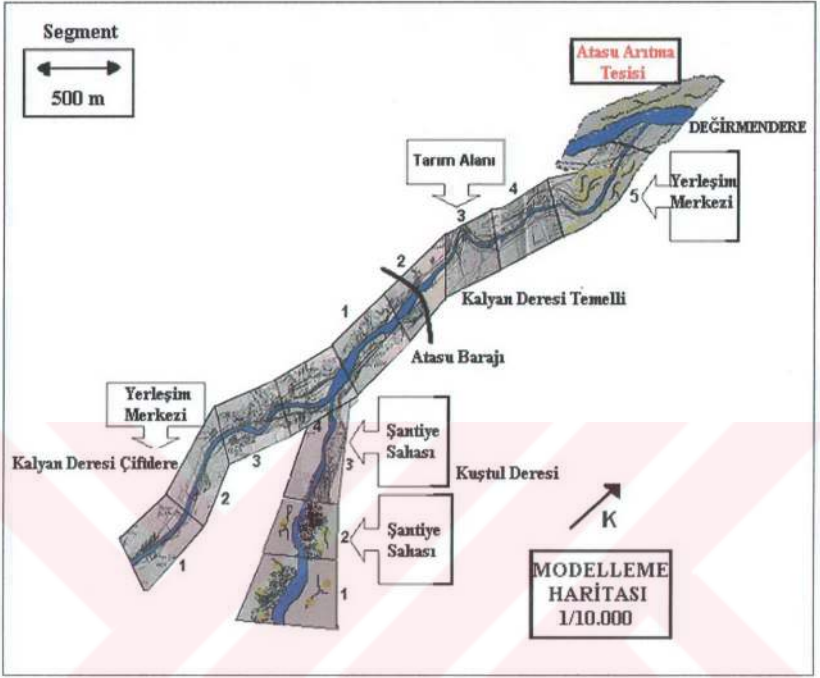
Eşit uzunluktaki birimlerin birleşmesiyle oluşan nehir parçaları, nehir sisteminin modellenmesinde kullanılan bilgilerin sağlandığı önemli bir olgudur. Hidrolik data, reaksiyon oranı katsayıları, başlangıç durumları ve akış hızları gibi unsurlar her bir parça içindeki bütün alt birimlerde aynı değere sahiptirler.

1.4.4. Kalyan Deresinin QUAL 2E ile Modellenmesi

Kalyan Deresi'nden elde edilen veriler Qual 2E matematiksel modelleme programı ile modellenmiştir. Bu modelleme programının uygulanması aşamasında göze çarpan problemler üç aşamada ele alınmıştır: İlk aşama nehir sisteminde çalışma yerinin belirlenmesini, ikinci aşama gerekli dataları, kullanılacak hidrolik data ve diğer parametreleri son aşama ise modelin hassasiyetinin sağlanmasını içerir.

Nehir modelleri yapılırken akarsu, deşarj yerlerine bağlı olarak çeşitli segmentlere ayrılmaktadır. Değişik segmentlere ayrılan nehir için kinetik ve hidrolik dataları belirlendikten sonra referans alınan noktaya bağlı olarak kurulan model, Kalyan Deresi'ne uygulanarak sonuca gidilmiştir. Kalyan Deresi, çeşitli segmentlere ayrılan nehir parçalarının birleştirilmesi ile karakterize edilmiştir (Şekil7). Böylece hesaplanacak verilerin belirlenmesinde gerekli kolaylık sağlanmıştır. Son segmentte hesaplanan parametreler diğer segmentlerin birbiriyle etkileşimi sonucu belirlenmiştir.[61]

Kalyan Deresi için modelleme programı yapıldıktan sonra; su kalite modeli uygulanarak kirlilik durumunun belirlenmesi, kirlilik kaynaklarının nehirler üzerindeki etkisinin belirlenmesi, nehirlere deşarj olunan atıkların asimilasyonunun belirlenmesi, kirlletici kaynak tarafından nehre deşarj edilen atık suların belirli kriterlere indirgendikten sonra alıcı ortamlara deşarjının sağlanması gibi unsurlar gerçekleştirilebilir. Modelleme sonucu oluşan sonuçlar gerek görsel olarak, gerekse yorum olarak bulgular ve tartışmalar kısımlarında irdelenmiştir.



Şekil 7. Kalyan Deresinin segmentlere ayrılarak karakterize edilmesi

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Su Numunelerinin Alınışı

Su numunelerinin fiziksel ve kimyasal analizinde güvenilir sonuçlar elde edilebilmesi için uygulanan analiz tekniği kadar, su örneklerinin uygun yöntem ve özenle alınması da gerekmektedir [28,29]. Su numunelerinin alınışları, saklanması, korunması ve analiz yöntemleri Tablo 13’de verilmiştir. Bir nehirde örnek alınırken onu en iyi temsil edecek bölgesinden (nehir ana akış yönünden ve her bir örnek için benzer derinliklerdeki düzeyinin altından) örnek alınmaya çalışılmış fakat bu pratik olarak her zaman mümkün olmamıştır. Akarsuya doğru yabancı bir akıntının etkisi gözlemlendiğinde, akıntının yeteri kadar karışabilmesi için, örnekler suyun akış yönünden yeteri kadar uzaktan alınmışlardır (Şekil 8).

Numune miktarı fiziksel ve kimyasal analizler için 2-3 litre yeterli görülmüş ve aynı numune mikrobiyolojik ve mikroskobik tayinler için kullanılmamıştır. Bu tayinler için numune alma ve taşıma yöntemleri farklıdır.

Numune alındıktan sonra en kısa süre içerisinde gerekli tayinler hemen yapılmıştır. pH, iletkenlik, sıcaklık ve çözünmüş oksijen gibi bazı parametreler için arazide ve yerinde tayin edilmiştir. Numune alınması ve analizinin yapılması arasında ne kadar süre geçmesine müsaade edilebileceği numunenin karakterine, yapılacak analizlere ve saklama koşullarına bağlıdır [28]. Numunenin bekletilmesi sırasında fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişiklikler meydana gelir. Koruma teknikleri numune kaynaktan uzaklaştıktan sonra doğal olarak devam eden kimyasal ve biyolojik değişimleri sadece geciktirir. Numunelerin tam olarak korunması güçtür [29].

Numuneler renksiz, kokusuz ve kimyasal olarak temiz camdan yapılmış şişelere alınmışlardır. Ancak bazı parametrelerin tayinleri için polietilen şişeler kullanılmıştır. Numune alma şişeleri, numune su ile üzerinde hava kalmayacak şekilde doldurulmuş ve ağızları sağlam bir şekilde kapatılmışlardır. Ayrıca şişeler numune almadan önce numune alınacak su ile en az üç defa çalkalanmışlardır [29].

Nisan 2004 – Kasım 2004 tarihleri arasında yürütülen bu çalışmada, Trabzon Değirmenderesi’ne dökülen Kalyan Deresi üzerinde inşaat halinde bulunan Atasü Barajı öncesi belirlenen üç istasyondan alınan su örneklerinin sıcaklık, iletkenlik, pH ve

çözünmüş oksijen gibi parametreleri yerinde ölçülürken geri kalan diğer parametreler KTÜ Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Analitik Kimya Lisansüstü Laboratuvarına getirilerek analiz edilmiştir. Örneklemeler, mevsimler dikkate alınarak 10 ay boyunca periyodik olarak ayda bir yapılmıştır. Çalışmada elde edilen ölçüm değerleri tablolar ve grafikler şeklinde sunulmuştur.



Şekil 8. Kalyan Deresi üzerindeki Temelli mevkisinden su örneklerinin alınması ve bazı parametrelerin yerinde ölçülmesi

Tablo 13. Su numunelerinin Alınışı, Saklanması, Korunması ve Analiz Yöntemleri

PARAMETRELER	ANALİZ METODLARI	NUMUNE KABI Plastik(P) Cam (C)	KORUYUCU ÖNLEMLER	NUMUNE HACMİ (ml)	NUMUNENİN BEKLETİLECEĞİ MAX. ZAMAN	REFERANSLAR
Fiziksel Parametreler						
Sıcaklık	-----	(P) veya(C)	Yerinde Analizleme	-----	-----	Standart Methods 1985 16. Basım Bölüm:200-212 Sayfa:126
İletkenlik	-----	(P) veya(C)	Soğutma +4°C	500	28 gün	S.M. 1985 16. Basım Bölüm:200-205 Sayfa:76
Renk	-Görsel Karşılaştırma Metodu -Spektrofotometrik Metot -Tritimulus Metot	(P) veya(C) (P) veya(C) (P) veya(C)	Soğutma +4°C Soğutma +4°C Soğutma +4°C	500 500 500	48 saat 48 saat 48 saat	Standart Methods 1985 16. Basım Bölüm:200-204 Sayfa:67
Koku	Koku Kontrol Testi	(C)	Soğutma +4°C	500	Çabuk Analizlenmeli	Standart Methods 1985 16. Basım Bölüm:207 Sayfa:85
Tat	-Tat Sınır Tesli -Tat Sınıflama Testi	(C) (C)	Soğutma +4°C Soğutma +4°C	500 500	24 saat 24 saat	Standart Methods 1985 16. Basım Bölüm:211-211A-211B Sayfa:122
Bulanıklık	-Yarı Kantitatif Metotlar -Kantitatif Metotlar	(P) veya(C) (P) veya(C)	Karanlıkta Karanlıkta	100 100	24 saat 24 saat	TS-5091/Mart 1987
PH	-pH metre ile Kalorimetrik -pH metre ile Elektrometrik	(P) veya(C) (P) veya(C)	Yerinde Analizleme	20 100	2 saat 2 saat	TS-3263/Eylül 1978
Toplam Katı Madde	Buharlaştırma	(P) veya(C)	Soğutma +4°C	150	24 saat	TS-7093/Mayıs 1989
Toplam Çözünüş Madde	Buharlaştırma	(P) veya(C)	Soğutma +4°C	100	24 saat	TS-4111/Şubat 1984
Çökebilir Katı Madde	-Volumetrik Metot -Gravimetrik Metot	(P) veya(C) (P) veya(C)	Soğutma +4°C Soğutma +4°C	250 250	24 saat 24 saat	TS-7092/Mayıs 1989
Toplam Askıda Katı Madde	Gravimetrik Metot	(P) veya(C)	Soğutma +4°C	100	24 saat	TS-7094/Mayıs 1989
Uçucu ve Sabit Katı Madde	Yakma	(P) veya(C)	Soğutma +4°C	100	24 saat	Standart Methods 1985 16. Basım Bölüm:209-209A-209B-209C-209D Sayfa:97
Tuzluluk	-Elektriksel İletkenlik -Hidrometrik Metot -Argentometrik Metot	(C) (C) (C)	Derhal Analizlenmeli	250 250 250	6 ay	Standart Methods 1985 16. Basım Bölüm:200-210 Sayfa:101

Tablo 13. (devamı) Su numunelerinin Alınışı, Saklanması ve Analiz Yöntemleri

PARAMETRELER	ANALİZ METODLARI	NUMUNE KABI Plastik(P) Cam (C)	KORUYUCU ÖNLEMLER	NUMUNE HACMI (ml)	NUMUNENİN BEKLETİLECEĞİ MAX. ZAMAN	REFERANSLAR
Kimyasal Parametreler						
KOİ	Titrimetrik Metot	(P) veya(C)	H ₂ SO ₄ ile pH ≤ 2	50	7 gün	TS-2789/Nisan 1977
BOİ ₅	Seyreltme ve Aşılama Metodu	(P) veya(C)	Soğutma +4°C	1000	6 saat	TS-4957/Kasım 1986
Çözülmüş Oksijen	-Elektrokimyasal Prob Metodu -İyodimetrik Metot	(C) (C)	Derhal Analizlenmeli	500 500	----- -----	TS-5677/Nisan 1988 TS-4956/Kasım 1986
CO ₂ ,HCO ₃ ,CO ₃	-Gaz Oluşturma Metodu -Diferansiyel Titrasyon	(P) veya(C) (P) veya(C)	Soğutma +4°C	200 200	----- -----	TS-4182/Mart 1984
Asidite	Potansiyometrik Titrasyon	(P) veya(C)	Soğutma +4°C	100	24 saat	TS-3790/Eylül 1982
Alkalinite	Potansiyometrik Titrasyon	(P) veya(C)	Soğutma +4°C	200	24 saat	TS-3790/Eylül 1982
AZOT Amonyum Azotu	- Potansiyometrik Titrasyon -Distilasyondan Sonra Titrimetrik Metot	(P) veya(C) (P) veya(C)	Derhal analizlenmeli veya H ₂ SO ₄ ile pH ≤ 2 veya soğutma	500	24 saat	TS-5874/Nisan 1988 TS-5868/ Nisan 1988
Nitrat	-2,6-Dimethylfenol Spektrofotometrik Metot -Damıtımdan Sonra 4-Fluorofenol Spektrofotometrik Metot -Burisine Spektrofotometrik Metot	(P) veya(C)	Derhal analizlenmeli veya -20°C'de dondurma	100 100	24 saat 24 saat	TS-6231/Aralık 1988 TS-6232/Aralık 1988
Nitrit	-NED Dihidroklorür ve Sülfonik Asit ile Kolorimetrik Metot	(P) veya(C)	Derhal analizlenmeli veya 40 mg HgCl ₂ /L katılır ve soğutulur veya -20°C'de dondurulur	100	48saat	TS-3308/Şubat 1979 Standart Methods 1985 16.Basım Bölüm:400-419-429 Sayfa:404-429
Organik Azot	-Makrokjeldal Metodu	(P) veya(C)	H ₂ SO ₄ ile pH ≤ 2	500	24 saat	TS-7302/Eylül 1989

Tablo 13. (devamı) Su numunelerinin Alınış, Saklanması ve Analiz Yöntemleri

PARAMETRELER	ANALİZ METODLARI	NUMUNE KABI Plastik(P) Cam (C)	KORUYUCU ÖNLEMLER	NUMUNE HACMI (ml)	NUMUNENİN BEKLETİLECEĞİ MAX. ZAMAN	REFERANSLAR
Kimyasal Parametreler						
Sulfür	-Metilen Mavisi Metodu -İyodometrik Metot	(P) veya(C) (P) veya(C)	4 damla/100ml 2N Çinkoasetat çözeltisi katılır	100 100	7 gün 7 gün	Standart Methods 1985 16.Basım Bölüm:200- 210 Sayfa:101
Sülfat	-Gravimetrik Metot -Türbidimetrik Metot -Titrimetrik Metot	(P) veya(C) (P) veya(C) (P) veya(C)	Soğutma +4°C Soğutma +4°C Soğutma +4°C	100 100 100	7 gün 7gün 7 gün	TS-5095/Mart 1987
Sülfid	- İyodometrik Metot -Phenanthrolin Metodu	(P) veya(C) (P) veya(C)	Derhal Analizlenmeli	100 100	7 gün 28 saat	Standart Methods 1985 16.Basım Bölüm:428- 428A-428B Sayfa:479
Klorür	-Merkürometrik Metot -Arjantimetrik Metot -Klorimetrik Metot	(P) veya(C) (P) veya(C) (P) veya(C)	Derhal Analizlenmeli	100 100 100	-----	TS-4164/Şubat 1984
Fosfor	-Klorimetrik Askorbikası Metodu -Kalorimetrik Aminonafol Sulfonikası Metodu -Klorimetrik Molibdovanadofosfat Metodu	(C) (C) (C)	Soğutma +4°C Soğutma +4°C Soğutma +4°C	100 100 100	24 saat 24 saat 24 saat	TS-4082/Aralık 1983
Fenol	-Direk Fotometrik Metot -Gaz-Sıvı Kromatografik Metot -Kloroform Ekstraksiyon Metodu	(P) veya(C) (P) veya(C) (P) veya(C)	Soğutma +4°C H ₂ SO ₄ ile pH ≤2	500 500 500	24 saat 24 saat 24 saat	Standart Methods 1985 16.Basım Bölüm:510- 510B-510C-510D Sayfa:556
Siyanür	-Titrimetrik Metot -Klorimetrik Metot -Siyanür Seçici Elektrod Metodu	(P) veya(C) (P) veya(C) (P) veya(C)	Karanlıkta, Soğutma +4°C	500 500 500	24 saat 24 saat 24 saat	Standart Methods 1985 16.Basım Bölüm:412- 412C-412D-412E Sayfa:327

Tablo 13. (devamı) Su numunelerinin Alınışı, Saklanması ve Analiz Yöntemleri

PARAMETRELER	ANALİZ METODLARI	NUMUNE KABİ Plastik(P) Cam (C)	KORUYUCU ÖNLEMLER	NUMUNE HACMİ (ml)	NUMUNENİN BEKLETİLECEĞİ MAX. ZAMAN	REFERANSLAR
Kimyasal Parametreler						
Yağ ve Gres	-Gravimetrik Metot -Infrared Metot -Soxhlet Ekstraksiyon Metodu	(C) (C) (C)	Sogutma +4°C H ₂ SO ₄ ile pH ≤ 2	1000 1000 1000	28 gün 28 gün 28 gün	Standart Methods 1985 16.Basım Bölüm:503- 503A-503B-503C Sayfa:496
Anyonik Yüzey Aktif Maddeler (Deterjanlar)	-MBAS Metodu	(P) veya(C)	-----	200-300	-----	TS-518/Nisan 1978
Hidrokarbonlar	-Gravimetrik Metot -Infrared Metot -Soxhlet Ekstraksiyon Metodu	(P) veya(C) (P) veya(C) (P) veya(C)	-----	200-300 200-300 200-300	-----	Standart Methods 1985 16.Basım Bölüm:503B Sayfa:501
Bromür	-Potasyum Permanganat Spektrofotometrik Metot -Volumetrik Metot	(P) veya(C) (P) veya(C)	HNO ₃ ile pH=2 HNO ₃ ile pH=2	100 100	28gün 28gün	TS-3309/Şubat 1979
Flortür	-SPADNS Fotometrik Metot -Potansiyometrik Metot	(P) (P)	Sogutma +4°C Sogutma +4°C	300 300	7 gün 7 gün	TS-4234/Nisan 1984
İyodür	-Serik Amonyum sülfat Spektrofotometrik Metot -Volumetrik Metot	(P) veya(C) (P) veya(C)	Derhal Analizlenmeli	100 100	-----	TS-3309/Şubat 1979
Klor	-N,N-Dietil-1,4 Fenilendiamin ile Titrimetrik Metot -İyodimetrik Titrasyon Metodu -N,N-Dietil-1,4 Fenilendiamin ile Kolorimetrik Metot	(P) veya(C) (P) veya(C) (P) veya(C)	Derhal Analizlenmeli Derhal Analizlenmeli Derhal Analizlenmeli	500 500 500	-----	TS-5489/Şubat 1988 TS-6230/Aralık 1988 TS-6229/Aralık 1988
Toplam Organik Karbon	-Yaş Oksidasyon Metodu -Yakma Infrared Metodu -Persülfat - UV Oksidasyon Metodu	(C) (C) (C)	Derhal Analizlenmeli veya Sogutma +4°C H ₂ SO ₄ ile pH ≤ 2	100 100 100	----- 7 gün 7 gün	Standart Methods 1985 16.Basım Bölüm:505- 505A-505B-505C Sayfa:507

Tablo 13. (devamı) Su numunelerinin Alınışı, Saklanması ve Analiz Yöntemleri

PARAMETRELER	ANALİZ METODLARI	NUMUNE KABI Plastik(P) Cam (C)	KORUYUCU ÖNLEMLER	NUMUNE HACMI (ml)	NUMUNENİN BEKLETİLECEĞİ MAX. ZAMAN	REFERANSLAR
Kimyasal Parametreler						
-Pestisitler	-Gaz Kromatografi	(C)	Soğutma +4°C, Bakiye klor mevcutsa 100 gr Na ₂ S ₂ O ₃ /L eklenmeli	-----	7 gün	Standart Methods 1985 16.Basım Bölüm:509 Sayfa:538 TS-2627/Mart 1977
-Toplam Organik Klorlu Pestisitler	-Gaz Kromatografi	(C)		-----	-----	
Organik Asitler	- Kromatografik Metot -Distilasyon Metodu	-----	-----	200 200	-----	Standart Methods 1985 16.Basım Bölüm: 504-504A-504B Sayfa:503
Kadmiyum	-Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot -Alev Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot	(P) (P)	HNO ₃ ile pH≤2 HNO ₃ ile pH≤2	100 100	6 ay 6 ay	TS-4473/Nisan 1985 TS-4290/Ocak 1989
Krom	-Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot -Kolorimetrik Metot -Permanganat Yükseltgenmesi ile Spektrofotometrik Metot	(P) veya(C) (P) veya(C) (P) veya(C)	HNO ₃ ile pH≤2 veya Soğutma +4°C	300 300 300	24 saat 24 saat 24 saat	TS-4629/Kasım 1985 TS-4629/Kasım 1985 TS- 3654/Eylül 1981
Kurşun	-Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot -Alev Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot	(P) (P)	HNO ₃ ile pH≤2 HNO ₃ ile pH≤2	100 100	6 ay 6 ay	TS-6290/Ocak 1989 TS-4112/Şubat 1984
Bakır	-Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot -Neokuprion Spektrofotometrik Metot -Alev Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot	(P) veya(C) (P) veya(C) (P) veya(C)	HNO ₃ ile pH≤2 HNO ₃ ile pH≤2 HNO ₃ ile pH≤2	200 200 200	6 ay 6 ay 6 ay	TS-6290/Ocak 1989 TS- 3654/Eylül 1981 TS- 3654/Eylül 1981

Tablo 13. (devamı) Su numunelerinin Alınışı, Saklanması ve Analiz Yöntemleri

PARAMETRELER	ANALİZ METODLARI	NUMUNE KABI Plastik(P) Cam (C)	KORUYUCU ÖNLEMLER	NUMUNE HACMİ (ml)	NUMUNENİN BEKLETİLECEĞİ MAX. ZAMAN	REFERANSLAR
Kimyasal Parametreler						
Kalay	Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot	(P) veya(C)	HNO ₃ ile pH≤2	100	6 ay	Standart Methods 1985 16.Basım Bölüm: 303-304 Sayfa:151 TS- 3651/Eylül 1981
Demir	1,10-Fenantrolin Spektrofotometrik Metot	(P) veya(C)	HNO ₃ ile pH≤2	100	6 ay	
Manganez	-Persülfat Yükseltgenmesi ile Spektrofotometrik Metot -Folmaldoksim Spektrometrik Metot	(P) veya(C) (P) veya(C)	HNO ₃ ile pH≤2 HNO ₃ ile pH≤2	100 100	6 ay 6 ay	TS-3708/Şubat 1982 TS-6289/Ocak 1989
Cıva	-Alevsiz Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot -Ditizon Metodu	(P) veya(C) (P) veya(C)	HNO ₃ ile pH≤2 Soğutma +4°C	500 500	2 hafta (P) 1 ay (C)	TS-2537/Aralık 1987
Nikel	-Karbamat ile Fotometrik Analiz -Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot -Alev Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot	(P) veya(C) (P) veya(C) (P) veya(C)	HNO ₃ ile pH≤2 HNO ₃ ile pH≤2 HNO ₃ ile pH≤2	100 100 100	6 ay 6 ay 6 ay	TS-3837/Aralık 1982 TS-3837/Aralık 1982 TS-6290/Ocak 1989
Çinko	-Alev Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot -Zinkon Spektrofotometrik Metot -Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot	(P) veya(C) (P) veya(C) (P) veya(C)	HNO ₃ ile pH≤2 HNO ₃ ile pH≤2 HNO ₃ ile pH≤2	100 100 100	6 ay 6 ay 6 ay	TS-6290/Ocak 1989 TS- 3652/Eylül 1981 TS- 3652/Eylül 1981
Alüminyum	Ferron-Ortofenantrolin Spektrofotometrik Metot	(P) veya(C)	HNO ₃ ile pH≤2	100	6 ay	TS- 3662/Eylül 1981
Molibden	Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot	(P) veya(C)	HNO ₃ ile pH≤2	100	6 ay	TS-4628/Kasım 1989
Kobalt	-Alev Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot -Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot	(P) veya(C) (P) veya(C)	HNO ₃ ile pH≤2 HNO ₃ ile pH≤2	100 100	6 ay 6 ay	TS-6290/Ocak 1989 TS-4472/Nisan 1985

Tablo13. (devamı) Su numunelerinin Alınışı, Saklanması, Korunması ve Analiz Yöntemleri

PARAMETRELER	ANALİZ METODLARI	NUMUNE KABI Plastik(P) Cam (C)	KORUYUCU ÖNLEMLER	NUMUNE HACMI (ml)	NUMUNENİN BEKLETİLECEĞİ MAX. ZAMAN	REFERANSLAR
Kimyasal Parametreler						
Günlüş	-Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot -Ditizon Metodu	(P) veya(C) (P) veya(C)	HNO ₃ ile pH≤2 HNO ₃ ile pH≤2	100 100	6 ay 6 ay	Standart Methods 1985 16.Basım Bölüm: 324-324A-324B Sayfa:242
Berilyum	Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot	(P) veya(C)	HNO ₃ ile pH≤2	100	6 ay	Standart Methods 1985 16.Basım Bölüm: 309-306A-309B Sayfa:191
Selenyum	Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot	(P) veya(C)	HNO ₃ ile pH≤2	100	6 ay	TS- 3663/Eylül 1981
Baryum	Alev Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot	(P) veya(C)	HNO ₃ ile pH≤2	100	6 ay	TS-4235/Nisan 1984
Lityum	-Alev Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot -Kolorimetrik Metot	(P) veya(C) (P) veya(C)	HNO ₃ ile pH≤2 HNO ₃ ile pH≤2	100 100	6 ay 6 ay	TS-4530/Haziran 1985
Sodyum	-Alev Fotometrik Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot -Kolorimetrik Metot	(P) veya(C) (P) veya(C)	HNO ₃ ile pH≤2 HNO ₃ ile pH≤2	100 100	6 ay 6 ay	TS-4530/Haziran 1985
Potasyum	-Alev Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot -Kolorimetrik Metot	(P) veya(C) (P) veya(C)	HNO ₃ ile pH≤2 HNO ₃ ile pH≤2	100 100	6 ay 6 ay	TS-4530/Haziran 1985
Antimon	Atomik Absorpsiyon Metot	(P) veya(C)	HNO ₃ ile pH≤2	100	6 ay	TS-4205/Mart 1985
Stronsiyum	Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot	(P) veya(C)	HNO ₃ ile pH≤2	100	6 ay	TS-4471/Nisan 1985
Vanadyum	-Gallik Asit ile Fotometrik Metot -Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot	(P) veya(C) (P) veya(C)	HNO ₃ ile pH≤2 HNO ₃ ile pH≤2	100 100	6 ay 6 ay	TS-4387/Şubat 1985
Serlik	-Hesaplama Metodu -EDTA ile Titrimetrik Metot	(P) veya(C) (P) veya(C)	HNO ₃ ile pH=2, Soğutma +4 °C	100	7 gün	TS-4477/Nisan 1985 (tadil 1 Kasım 1986)
Arsenik	Günlüş dietilditiyokarbomat Spektrofotometrik Metot	(P) veya(C)	HNO ₃ ile pH≤2	100	6 ay	TS-3581/Mart 1981

Tablo 13.(devamı) Su numunelerinin Alınışı, Saklanması, Korunması ve Analiz Yöntemleri

PARAMETRELER	ANALİZ METODLARI	NUMUNE KABI Plastik(P) Cam (C)	KORUYUCU ÖNLEMLER	NUMUNE HACMİ (ml)	NUMUNENİN BEKLETİLECEĞİ MAX. ZAMAN	REFERANSLAR
Kimyasal Parametreler						
Bor	-Kolorimetrik Metot -Potansiyometrik Metot	(P) (P)	----- -----	100 100	28 gün 28 gün	TS- 3661/Eylül 1981
Kalsiyum	-Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot -Gravimetrik Metot	(P) (P)	----- -----	100 100	7 gün 7 gün	TS-6228/Aralık 1988 TS-2879/Kasım 1977
Magnezyum	-Atomik Absorpsiyon Spektrofotometrik Metot -Gravimetrik Metot	(P) (P)	----- -----	100 100	7 gün 7 gün	TS-6228/Aralık 1988 TS-2879/Kasım 1977
Koliform Gruplar	-Çoklu Tüp Fermantasyon Tekniği -Membran Filtre Tekniği	(C) (C)	Soğutma +4°C Soğutma +4°C	100 100	24 saat 24 saat	Standart Methods 1985 16.Basım Bölüm: 900-908-909 Sayfa:827
Denizlerde ve Yüzeysel Sularda Üretkenlik Ölçümü	-Oksijen Metodu -Karbonat Metodu	(C) (C)	----- -----	----- -----	----- -----	Standart Methods 1985 16.Basım Bölüm: 10021 Sayfa: 1075
<u>Zehirlilik</u> -Balıklar İçin Akut Toksikside Tayini -Memeli Hayvanlar İçin Akut-Oral Toksikside Tayini -Zehirlilik Seyreltme Faktörü Tayini	-Sınır Bulma Deneyi -Tespit Deneyi -Sınır Bulma Deneyi -Tespit Deneyi	----- ----- ----- -----	----- ----- ----- -----	1000 1000 1000 1000	----- ----- ----- -----	TS-5676/Nisan 1988 TS-5676/Nisan 1988
<u>Radyoaktivite</u> -Alfa Aktivitesi -Beta Aktivitesi	- Alfa Spektrometresi -Liquid Beta Scintillation Counter	----- -----	----- -----	----- -----	----- -----	Standart Methods 1985 16.Basım Bölüm:701C Sayfa:627
Klorofil-A	-----	-----	-----	-----	-----	Standart Methods 1985 16.Basım Bölüm:1002C Sayfa: 1067-1072

2.2. İstasyonların Belirlenmesi

Çalışma amacına uygun olarak Kalyan Deresi üzerinde üç istasyon belirlenmiştir. Bunlar: $39^{\circ} 40' 45''$ E – $40^{\circ} 51' 53''$ N koordinatlarındaki Kalyan Deresi – Temelli, $39^{\circ} 42' 07''$ E – $40^{\circ} 51' 10''$ N koordinatlarındaki Kuştülderesi Değirmen ve $39^{\circ} 42' 05''$ E – $40^{\circ} 51' 05''$ N koordinatlarındaki Kalyan Deresi – Çiftdere olarak belirlenmiştir. İstasyonların konumları Şekil 9'da verilmiştir.





Şekil 9: Kalyan Vadisi :  ve su örneklerinin alındığı istasyonlar: 

2.3. Yapılan Analizler

2.3.1. Sıcaklık Tayini

Endüstriyel sularda sıcaklık tayini pek istenmez. İçme sularında ise sıcaklık 6-12 °C arasında olması gerekmektedir. Kaynak sularında sıcaklık mevsimlere göre değişmektedir. Eğer sıcaklık değişiyorsa başka suların karışma olasılığı vardır.

Sıcaklık ölçümleri Horiba U-10 marka bir cihaz kullanılarak elektronik yöntemle yapılmıştır [30].

2.3.2. pH Tayini

Sudaki pH tayini örneğin alındığı yerde hemen yapılmalıdır. Eğer örnek laboratuara gönderilmiş ise ilk önce yapılacak tayin, pH olmalıdır. Çünkü suda oksitlenme, hidroliz, çözünmüş gazların kaybı ve laboratuvar havasının absorpsiyonu ile pH değişebilir.

pH ölçümü yapılmadan önce cihaz, örnek sıcaklığındaki pH'ı bilinen tampon çözelti ile ayarlanmalıdır. pH metrenin elektrodu saf su ile yıkanır ve bir behere konmuş olan numuneye batırılır. pH değeri sabit değere gelince okunur.

pH ölçümü Horiba U-10 marka bir cihaz kullanılarak elektronik yöntemle yapılmıştır [30].

2.3.3. Elektriksel İletkenlik Ölçümü

Elektriksel iletkenlik mS/cm olarak Horiba U-10 marka bir cihaz kullanılarak elektronik yöntemle yapılmıştır. Daha sonra bulunan değer $\mu\text{S/cm}$ 'ye çevrilmiştir [31, 32].

2.3.4. Bulanıklık Ölçümü

Bulanıklık ölçümü 2100 model türbidimetre cihazı ile yapılmıştır. Ölçüm kabı, içinde hava kabarcığı kalmayacak şekilde ölçüm çizgisine kadar su örneği ile doldurulmuştur. Hazırlanan ölçüm kabı, türbidimetre cihazına konulmadan önce ışığı geçirmesini

engellemek için üzerindeki parmak izleri iyice silinmiştir. Ölçüme hazırlanan kaplar 2100 türbidimetre'ye yerleştirilerek NTU cinsinden okumalar yapılmıştır [32].

2.3.5. Debi Ölçümü

Akarsuyun debi ölçümü m^3 / sn cinsinden mevsimler dikkate alınarak Moline tipi bir cihazla ölçülmüştür. Moline ile suyun belli bir noktadaki akış hızı ölçülmüş(7 nolu denklem), daha sonra elde edilen değer ile nehrin ölçüm alınan noktasındaki kesit alanı çarpılarak nehrin debisi bulunmuştur [33].

$$Q = V.A (m^3 / sn) \quad (7)$$

2.3.6. Toplam Sertlik Ölçümü

Tayinin temel prensibi; numunedeki kalsiyum ve magnezyum iyonlarının menekşe renkli metal ftalein kompleksini oluşturması ve bu oluşan renkli kompleksin 572 nm dalga boyunda, 1 cm'lik bir kuvette uv –vıs spektrofotometresinde ölçümüne dayanır. Yapılan bu analizin tayin aralığı 18 mg $CaCO_3 / L$ –360 mg $CaCO_3 / L$ 'dir [34].

2.3.7. Nitrat Azotu ($NO_3^- - N$) Ölçümü

Tayinin temel prensibi; nitrat iyonlarının sülfürik asit ve fosforik asitli ortamda 2, 6-dimetil fenol ile reaksiyona girerek pembe renkli 4-nitro-2,6-dimetil fenol'u oluşturması ve bu oluşan renkli bileşiğin 370 nm dalga boyunda, 1 cm'lik bir kuvette uv–vıs spektrofotometresin de ölçümüne dayanır. Yapılan bu analizin tayin aralığı 0,23 mg/L ($NO_3^- - N$) –13,5 mg/L ($NO_3^- - N$)'dir. Tayinin bu yöntemle yapılabilmesi için numunenin pH'ı 3-10 arasında tutulmuştur [35, 52].

2.3.8. Nitrit Azotu (NO_2^- -N) Ölçümü

Tayinin temel prensibi; nitritlerin asidik bir ortamda primer aromatik aminlerle diazonyum tuzlarını oluşturmasıdır. Nitritler, amino veya hidroksil gruplarını içeren aromatik bileşiklerle kırmızımsı eflatun renkte azo boyalarını oluştururlar. Oluşan bu renkli bileşikler 543 nm dalga boyunda, 1 cm'lik bir kuvette uv–vıs spektrofotometresin de ölçülür. Yapılan bu analizin tayin aralığı 0,0015 mg/L (NO_2^- -N)–0,03 mg/L (NO_2^- -N)'dir. Tayinin bu yöntemle yapılabilmesi için numunenin pH'ı 3-10 arasında tutulmuştur [36, 52].

2.3.9. Amonyum Azotu (NH_4^+ -N) Ölçümü (Phenate Metodu)

Tayinin temel prensibi; amonyum iyonlarının pH=12,6'da nitroprusid katörlüzlüğün de hipoklorit iyonları ve salisilat iyonları ile reaksiyon vererek indo fenol mavisi rengini oluşturması ve bu oluşan renkli bileşiğin 630 nm dalga boyunda, 1 cm'lik bir kuvette uv–vıs spektrofotometresin de ölçümüne dayanır. Yapılan bu analizin tayin aralığı 0,015 mg/L (NH_4^+ -N)–2 mg/L (NH_4^+ -N)'dir. Tayinin bu yöntemle yapılabilmesi için numunenin pH'ı 4- 9 arasındatutulmuştur [37, 52].

2.3.10. Kjeldahl Azotu (N_{org}) Ölçümü (Kjeldahl Metodu)

Tayinin temel prensibi; numune içerisindeki organik azotu NaOH ile NH_3 haline getirip, suyun içerisinde suyun doğası gereği var olan NH_3 ile birlikte ortamdan gaz olarak uzaklaşmasını sağlamaktır. Bu yöntemin devamında gaz haline getirilen NH_3 bir soğutucu vasıtasıyla yoğunlaştırılarak uygun bir indikatör ilave edilmiş belli bir konsantrasyona sahip HCl çözeltisi içerisine yollanır. Burada NH_3 , HCl'in bir kısmını nötralleştirir. Nötralleşmeden geriye kalan HCl'de NaOH ile geri titre edilerek ne kadar HCl'in NH_3 ile reaksiyona girdiği dolayısıyla da numune içindeki NH_3 miktarı bulunabilir. Bulunan NH_3 , Kjeldahl azotunu, yani hem organik azotu hem de suyun doğası gereği içerisinde bulunan NH_4^+ - N'nu içerir. Bu Kjeldahl azotu değerinden NH_4^+ - N'u değeri çıkarılırsa numune içerisindeki organik azot değeri bulunmuş olur [38].

2.3.11. Fosfat Tayini (o-PO_4^{3-}) (Askorbik Asit Metodu)

Tayinin temel prensibi, fosfat iyonlarının asidik bir çözeltide molibdat ve antimon iyonlarıyla reaksiyon vererek antimon fosfomolibdat kompleksini oluşturmasına dayanır. Bu kompleks askorbik asit tarafından fosfo molibdenyum mavisine dönüştürülür ve bu oluşan renkli bileşiğin 880 nm dalga boyunda, 2,5 cm'lik bir kuvette uv-vıs spektrofotometresin de ölçümü yapılır. Yapılan bu analizin tayin aralığı 0,15 mg/L (o-PO_4^{3-}) – 4,5 mg/L (o-PO_4^{3-})'dır. Tayinin bu yöntemle yapılabilmesi için numunenin pH'ı 2-10 arasında tutulmuştur [39].

2.3.12. Deterjan Ölçümü

Tayinin temel prensibi; anyonik yüzey aktif maddelerin metilen mavisini ile reaksiyona girerek kloroform fazına ekstrakte edilebilen kompleksler oluşturmalarına dayanır. Oluşan renkli kloroform fazının 652 nm dalga boyunda 1 cm'lik bir kuvette uv-vıs spektrofotometresin de ölçümü yapılır. Yapılan bu tayinin tayin aralığı 0,2 mg/L(MBAS) – 2 mg/L(MBAS)'dır. Tayinin bu yöntemle yapılabilmesi için numunenin pH'ı 4 - 9 arasında tutulmuştur [40, 52].

2.3.13. Çözünmüş Oksijen Ölçümü (Winkler Metodu)

Winkler metodu; sudaki oksijenin, bir alkali iyodür/azide (NaI/NaN_3) ile beraber MnSO_4 ilavesiyle MnO(OH)_2 şeklinde bağlanması ve daha sonra oluşan bu çökeleğin H_2SO_4 ile çözülerek açığa çıkan I_3^- ın $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ile titre edilmesi esasına dayanır. Bu tayin hemen numunenin alındığı noktada gerçekleştirilmelidir [41].

2.3.14. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Tayini

Tayinin temel prensibi; oksitlenebilen maddelerin (sudaki kirliliklerin) Ag_2SO_4 katözlüzlüğünde $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ karışımı ile reaksiyona girmelerine dayanır. Tayinin devamında ilk önce ortamdaki Cl^- iyonlarının, $\text{H}_2\text{SO}_4 - \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ karışımının indirgenme-yükseltgenme potansiyelini bozmaması için HgSO_4 ile maskelenmesi gerekir. Daha sonra

ortama sarı rengi veren Cr^{+6} 'nın bir kısmı Cr^{+3} 'e indirgenirken sudaki yabancı maddeler oksitlenerek parçalanır. Cr^{+6} 'nın bir kısmının Cr^{+3} 'e indirgenmesi ortamdaki sarı rengin şiddetinde bir azalmaya sebep olur ve oluşan bu renk şiddetindeki azalma 600 nm'de, 2 cm'lik bir küvette uv-vıs spektrofotometresinde ölçüm yapılarak COD olarak tespit edilebilir. Yapılan bu analizin tayin aralığı 2 mg (oksijen)/L – 150 mg (oksijen)/L'dır [42].

2.3.15. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ) Tayini

BOD tayini temelde ilk önce, nitrifikasyonun 5 ppm alliltiyotüre tarafından inhibe edilmesiyle yapılır. BOD 5 miktarı, yani bakterilerin 5 gün içinde sudaki kirlilikleri parçalayabilmek için ihtiyaç duydukları çözünmüş oksijen miktarı, Fe^{+2} iyonlarının varlığında alkali bir çözeltide sudaki çözünmüş oksijenin bir prekatehol türeviyle reaksiyon vererek ortaya çıkardığı kırmızı rengin şiddeti 620 nm'de, 1 cm'lik bir küvette uv-vıs spektrofotometresinde ölçülmesi ile tespit edilebilir. Yapılan bu analizin tayin aralığı 0,5 mg (oksijen)/L – 12 mg(oksijen)/L'dır. Tayinin bu yöntemle yapılabilmesi için numunenin pH'ı 4 - 10 arasında tutulmuştur [43].

2.3.16. Pestisit Tayinleri (Sıvı Sıvı Ekstraksiyon–Gaz Kromatografisi Metodu)

500 mL su numunesi bir ayırma hunisine konuldu ve üzerine 25 mL petrol eteri – 25 mL diklorometan'dan oluşan bir çözücü karışımı ilave edildi. Daha sonra ayırma hunisi 1 dakika boyunca kuvvetlice çalkalandı ve fazların ayrılması için 10 dakika beklendi. Üsteki organik faz alındı ve alttaki sulu faz tekrar ayırma hunisine konuldu, üzerine 10 g NaCl ilave edildi ve iyice çalkalandı. Daha sonra üzerine 50 mL diklorometan eklenerek tekrar çalkalandı ve alt fazda oluşan organik faz alınarak ilk yapılan ekstraksiyonda oluşan organik faz ile birleştirildi. Elde edilen organik faz içerisinde mevcut olabilecek suyun uzaklaştırılması için organik faz susuz Na_2SO_4 'dan geçirildi ve bir şilifli destilasyon balonunda toplandı. Elde edilen ekstrat 30 °C'de evaporatörde kuruluğa kadar buharlaştırıldı ve 2 mL n- Hekzanda çözülerek Agilent 5973-6890 N marka bir GC-MS'e verildi. GC'de yapılan analizde kolon olarak apolar bir kolon olan HP-5 (% 5 fenil-% 95 dimetil polisiloksan) kolonu kullanıldı ve uygun bir sıcaklık programlanması yapılarak numune kolandan geçirildi. Taşıyıcı gaz olarak helyum gazı, dedektör olarak MS

dedöktörü kullanıldı. Elde edilen sonuçlar, aynı cihazdan geçirilen standart numunelerden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılarak yorumlandı.

Bu metodla; BHC, lindane (γ -BHC), heptachlor, aldrin, heptachlor epoxside, dieldrin, endrin, captan, DDE, DDD, DDT, methoxychlor, endosulfan, dichloran, mirex ve quintozone (pentachloronitrobenzene) gibi pestisitlerin tayininde kullanıldı [44].

2.3.17. Demir Tayini (Fenantrolin Metodu)

Tayinin temel prensibi; su numunesindeki bütün Fe^{+3} iyonlarının askorbik asit ile Fe^{+2} ye indirgenmesi ve oluşan Fe^{+2} iyonlarının da 1-10 fenantrolin ile portakal kırmızı bir kompleks oluşturmaya dayanır. Oluşan kırmızı kompleks 510 nm'de, 1 cm'lik bir kuvette uv-vıs spektrofotometresinde ölçülür. Yapılan bu analizin tayin aralığı 0,2 mg/L (Fe^{+2})– 6 mg/L (Fe^{+2}) dir. Tayinin bu yöntemle yapılabilmesi için numunenin pH'ı 3-10 arasında tutulmuştur [45].

2.3.18. Toplam Krom Tayini

Tayinin temel prensibi; su numunesindeki bütün Cr^{+3} iyonlarının sodyum peroksidisülfat ile Cr^{+6} ya yükseltgendikten sonra, Cr^{+6} iyonlarının 1,5 difenil karbazit ile kırmızı renkli 1,5difenil karbazon kompleksini oluşturmaya ve bu oluşan renkli kompleksin 540 nm dalga boyunda, 1cm' lik bir kuvette uv-vıs spektrofotometresinde ölçümüne dayanır. Yapılan bu analizin tayin aralığı 0,03 mg/L (Cr^{+6}) – 1 mg/L (Cr^{+6})' dir. Tayinin bu yöntemle yapılabilmesi için numunenin pH'ı 3 - 9 arasında tutulmuştur [46].

2.3.19. Alüminyum Tayini

Tayinin temel prensibi; alüminyum iyonlarının asetik asit-sodyum asetat tamponuyla hafif asidik hale getirilmiş bir çözeltide, Kromazurol S ile yeşilimsi kırmızı renkte bir kompleks oluşturmaya ve bu oluşan renkli kompleksin 620 nm dalga boyunda, 1cm' lik bir kuvette uv-vıs spektrofotometresinde ölçümüne dayanır. Yapılan bu analizin tayin aralığı 0,02 mg /L (Al^{+3}) – 0,5 mg/L (Al^{+3})' dir. Tayinin bu yöntemle yapılabilmesi için numunenin pH'ı 2,5 – 3,5 arasında tutulmuştur [47].

2.3.20. Bakır Tayini

Bakır tayini Elektrottermal AAS yöntemiyle yapılmıştır. Alınan numuneler, grafit fırın içerisine enjekte edilmiş, monokromatör ile dalga boyu 324,8 nm'ye ayarlanmış ve ölçüm gerçekleştirilmiştir. Ölçüm yapılırken ilk önce bilinen konsantrasyonlardaki standart Cu çözeltileri cihaza okutulmuş ve bir kalibrasyon grafiği çizilmiştir. Daha sonra numune cihaza okutularak elde edilen değer, kalibrasyon grafiğinde yerine koyularak numunedeki bakır miktarı bulunmuştur [48].

2.3.21. Kurşun Tayini

Kurşun tayini Elektrottermal AAS yöntemiyle yapılmıştır. Alınan numuneler, grafit fırın içerisine enjekte edilmiş, monokromatör ile dalga boyu 283,3 nm'ye ayarlanmış ve ölçüm gerçekleştirilmiştir. Ölçüm yapılırken ilk önce bilinen konsantrasyonlardaki standart Pb çözeltileri cihaza okutulmuş ve bir kalibrasyon grafiği çizilmiştir. Daha sonra numune cihaza okutularak elde edilen değer, kalibrasyon grafiğinde yerine koyularak numunedeki kurşun miktarı bulunmuştur [49].

2.3.22. Çinko Tayini

Çinko tayini Elektrottermal AAS yöntemiyle yapılmıştır. Alınan numuneler, grafit fırın içerisine enjekte edilmiş, monokromatör ile dalga boyu 213,9 nm'ye ayarlanmış ve ölçüm gerçekleştirilmiştir. Ölçüm yapılırken ilk önce bilinen konsantrasyonlardaki standart Zn çözeltileri cihaza okutulmuş ve bir kalibrasyon grafiği çizilmiştir. Daha sonra numune cihaza okutularak elde edilen değer, kalibrasyon grafiğinde yerine koyularak numunedeki çinko miktarı bulunmuştur [50].

3. BULGULAR

Nisan 2004- Kasım 2004 tarihleri arasında Trabzon ili Maça ilçesi sınırları içinde bulunan Değirmendere deresinin yan kolu olan Kalyan ve Kalyan'ın yan kolu olan Kuştül deresi üzerinde bulunan toplam 3 istasyondan alınan örneklerde; sıcaklık, debi, bulanıklık, elektriksel iletkenlik, pH, toplam sertlik, org-N, NO_3^- -N, NO_2^- -N, NH_4^+ -N, CO_2 , BOI 5, KOI , o-PO_4^{3-} , deterjan, Al, Fe, Cr(+6), Cu, Pb, Zn ve toplam pestisit ölçümleri yapılmıştır. Tüm parametreler laboratuvarında 3 kez çalışılmış olup, sonuçlar bu 3 tayinin ortalaması şeklinde verilmiştir. Her bir parametre için tayin aralıkları ilgili yöntemlerde belirtilmiştir. Ayrıca tüm tayinlerdeki bağıl standart sapma, % 5'in altında tespit edilmiştir.

2004 yılı içerisinde alınan ortalama sonuçlar 2000, 2001, 2002 ve 2003 yıllarında elde edilen ortalama sonuçlarla karşılaştırılmıştır [62].

3.1. Laboratuara Ait Bulgular

3.1.1. Sıcaklık Değerleri

Kalyan Havzasındaki 3 ayrı noktadan ayda bir kez olmak üzere 10 ay boyunca örnekler alınmıştır. Bu örnekleme noktaları sırasıyla; Kuştül Deresi üzerindeki $39^\circ 42' 07''$ E – $40^\circ 51' 10''$ N koordinatlarındaki Değirmen mevki, Kalyan Deresi üzerindeki $39^\circ 42' 05''$ E – $40^\circ 51' 05''$ N koordinatlarındaki Çiftdere mevki ve yine Kalyan Deresi üzerindeki $39^\circ 40' 45''$ E – $40^\circ 51' 53''$ N koordinatlarındaki Temelli mevkiidir.

Bu mevkilerden 2004 yılı içerisinde alınan örneklerdeki sıcaklık değerlerinin aylara göre değişimi Tablo14'de verilmiştir.

Tablo 14: İstasyonlara ait aylık sıcaklık ölçüm değerleri ($^\circ\text{C}$)

	2004							
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Çiftdere	7,2	8,5	10,4	16	18,8	14,7	11,2	12
Kuştulderesi	7,5	8,4	10,6	16,7	19,4	15,2	11,3	12
Temelli	8	8,2	10,6	18,2	20,2	15,8	11,8	12

3.1.2. pH Değerleri

Kalyan Havzasındaki 3 ayrı noktadan ayda bir kez olmak üzere 10 ay boyunca örnekler alınmıştır. Bu örnekleme noktaları sırasıyla; Kuştu Deresi üzerindeki 39° 42' 07'' E – 40° 51' 10'' N koordinatlarındaki Değirmen mevki, Kalyan Deresi üzerindeki 39° 42' 05'' E – 40° 51' 05'' N koordinatlarındaki Çiftdere mevki ve yine Kalyan Deresi üzerindeki 39° 40' 45'' E – 40° 51' 53'' N koordinatlarındaki Temelli mevkişidir.

Bu mevkiilerden 2004 yılı içerisinde alınan örneklerdeki pH değerlerinin aylara göre değişimi Tablo 15'de verilmiştir.

Tablo 15: İstasyonlara ait aylık pH ölçüm değerleri

	2004							
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Çiftdere	7,79	7,69	7,73	7,86	8,01	7,79	7,95	7,6
Kuştu Deresi	8,15	7,82	7,7	7,9	8,3	7,82	8,02	7,7
Temelli	7,82	7,6	7,55	8,01	7,99	7,65	7,61	7,6

3.1.3. Elektriksel İletkenlik Değerleri

Kalyan Havzasındaki 3 ayrı noktadan ayda bir kez olmak üzere 10 ay boyunca örnekler alınmıştır. Bu örnekleme noktaları sırasıyla; Kuştu Deresi üzerindeki 39° 42' 07'' E – 40° 51' 10'' N koordinatlarındaki Değirmen mevki, Kalyan Deresi üzerindeki 39° 42' 05'' E – 40° 51' 05'' N koordinatlarındaki Çiftdere mevki ve yine Kalyan Deresi üzerindeki 39° 40' 45'' E – 40° 51' 53'' N koordinatlarındaki Temelli mevkişidir.

Bu mevkiilerden 2004 yılı içerisinde alınan örneklerdeki elektriksel iletkenlik değerlerinin aylara göre değişimi Tablo 16'da verilmiştir.

Tablo 16: İstasyonlara ait aylık elektriksel iletkenlik ($\mu\text{S/cm}$) ölçüm değerleri

	2004							
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Çiftdere	119	101	90	152	255	207	198	220
Kuştu Deresi	94	90	80	142	184	142	139	150
Temelli	116	95	90	115	244	170	188	210

3.1.4. Bulanıklık Değerleri

Kalyan Havzasındaki 3 ayrı noktadan ayda bir kez olmak üzere 10 ay boyunca örnekler alınmıştır. Bu örnekleme noktaları sırasıyla; Kuştül Deresi üzerindeki $39^{\circ} 42' 07''$ E – $40^{\circ} 51' 10''$ N koordinatlarındaki Değirmen mevkisi, Kalyan Deresi üzerindeki $39^{\circ} 42' 05''$ E – $40^{\circ} 51' 05''$ N koordinatlarındaki Çiftdere mevkisi ve yine Kalyan Deresi üzerindeki $39^{\circ} 40' 45''$ E – $40^{\circ} 51' 53''$ N koordinatlarındaki Temelli mevkisidir.

Bu mevkilerden 2004 yılı içerisinde alınan örneklerdeki bulanıklık değerlerinin aylara göre değişimi Tablo 17'de verilmiştir.

Tablo 17: İstasyonlara ait aylık bulanıklık ölçüm değerleri

	2004							
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Çiftdere	8,12	6,75	6,23	4,87	2,31	2,87	2,3	1,9
Kuştulderesi	7,85	6,81	5,97	5,02	2,11	2,42	2,63	1,5
Temelli	8,05	6,92	6,12	4,95	2,2	2,63	2,45	2,0

3.1.5. Debi Değerleri

Kalyan Havzasındaki 3 ayrı noktadan ayda bir kez olmak üzere 10 ay boyunca örnekler alınmıştır. Bu örnekleme noktaları sırasıyla; Kuştül Deresi üzerindeki $39^{\circ} 42' 07''$ E – $40^{\circ} 51' 10''$ N koordinatlarındaki Değirmen mevkisi, Kalyan Deresi üzerindeki $39^{\circ} 42' 05''$ E – $40^{\circ} 51' 05''$ N koordinatlarındaki Çiftdere mevkisi ve yine Kalyan Deresi üzerindeki $39^{\circ} 40' 45''$ E – $40^{\circ} 51' 53''$ N koordinatlarındaki Temelli mevkisidir.

Bu mevkilerden 2004 yılı içerisinde alınan debi (m^3/s) değerlerinin aylara göre değişimi Tablo 18'de verilmiştir.

Tablo 18: İstasyonlara ait aylık debi (m^3/s) ölçüm değerleri

	2004							
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Çiftdere	6,74	8,87	6,24	1,62	0,985	1,37	2,74	4,45
Kuştulderesi	6,18	8,25	5,75	1,24	0,865	1,02	2,39	3,84
Temelli	6,85	9,2	6,12	1,67	1,1	1,35	2,65	4,40

3.1.6. Toplam Sertlik Değerleri

Kalyan Havzasındaki 3 ayrı noktadan ayda bir kez olmak üzere 10 ay boyunca örnekler alınmıştır. Bu örnekleme noktaları sırasıyla; Kuşül Deresi üzerindeki 39° 42' 07'' E – 40° 51' 10'' N koordinatlarındaki Değirmen mevki, Kalyan Deresi üzerindeki 39° 42' 05'' E – 40° 51' 05'' N koordinatlarındaki Çiftdere mevki ve yine Kalyan Deresi üzerindeki 39° 40' 45'' E – 40° 51' 53'' N koordinatlarındaki Temelli mevkişidir.

Bu mevkişilerden 2004 yılı içinde alınan örneklerdeki toplam sertlik (mg CaCO₃/L) değerlerinin aylara göre değişimi Tablo 19'da verilmiştir.

Tablo 19: İstasyonlara ait aylık toplam sertlik (mg CaCO₃/L) ölçüm değerleri

	2004							
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Çiftdere	63,36	60	59	79	155	118,1	111,1	136,44
Kuşulderesi	49,32	57	64	96	91,3	75,42	81,9	101,52
Temelli	69,5	61	55	86	127,5	111	104,6	131,58

3.1.7. Nitrat Azotu (NO₃⁻-N) Değerleri

Kalyan Havzasındaki 3 ayrı noktadan ayda bir kez olmak üzere 10 ay boyunca örnekler alınmıştır. Bu örnekleme noktaları sırasıyla; Kuşül Deresi üzerindeki 39° 42' 07'' E – 40° 51' 10'' N koordinatlarındaki Değirmen mevki, Kalyan Deresi üzerindeki 39° 42' 05'' E – 40° 51' 05'' N koordinatlarındaki Çiftdere mevki ve yine Kalyan Deresi üzerindeki 39° 40' 45'' E – 40° 51' 53'' N koordinatlarındaki Temelli mevkişidir.

Bu mevkişilerden 2004 yılı içinde alınan örneklerdeki NO₃⁻-N (mg/L) değerlerinin aylara göre değişimi Tablo 20'de verilmiştir.

Tablo 20: İstasyonlara ait aylık NO₃⁻-N (mg/L) ölçüm değerleri

	2004							
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Çiftdere	1,21	1,13	1,04	1,23	1,29	1,07	1,16	1,01
Kuşulderesi	1,5	1,35	1,86	1,78	1,53	1,35	1,51	1,21
Temelli	1,4	1,26	1,23	1,18	1,34	1,17	1,25	1,05

3.1.8. Nitrit Azotu (NO_2^- -N) Değerleri

Kalyan Havzasındaki 3 ayrı noktadan ayda bir kez olmak üzere 10 ay boyunca örnekler alınmıştır. Bu örnekleme noktaları sırasıyla; Kuştül Deresi üzerindeki $39^\circ 42' 07''$ E – $40^\circ 51' 10''$ N koordinatlarındaki Değirmen mevkisi, Kalyan Deresi üzerindeki $39^\circ 42' 05''$ E – $40^\circ 51' 05''$ N koordinatlarındaki Çiftdere mevkisi ve yine Kalyan Deresi üzerindeki $39^\circ 40' 45''$ E – $40^\circ 51' 53''$ N koordinatlarındaki Temelli mevkisidir.

Bu mevkilerden 2004 yılı içinde alınan örneklerdeki NO_2^- -N (mg/L) değerlerinin aylara göre değişimi Tablo 21'de verilmiştir.

Tablo 21: İstasyonlara ait aylık NO_2^- -N (mg/L) ölçüm değerleri

	2004							
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Çiftdere	0,0031	0,0063	0,01	0,008	0,005	0,003	0,006	0,006
Kuştulderesi	0,002	0,0036	0,014	0,0078	0,007	0,0055	0,005	0,004
Temelli	0,003	0,0062	0,0058	0,0075	0,007	0,0055	0,006	0,005

3.1.9. Amonyum Azotu (NH_4^+ -N) Değerleri

Kalyan Havzasındaki 3 ayrı noktadan ayda bir kez olmak üzere 10 ay boyunca örnekler alınmıştır. Bu örnekleme noktaları sırasıyla; Kuştül Deresi üzerindeki $39^\circ 42' 07''$ E – $40^\circ 51' 10''$ N koordinatlarındaki Değirmen mevkisi, Kalyan Deresi üzerindeki $39^\circ 42' 05''$ E – $40^\circ 51' 05''$ N koordinatlarındaki Çiftdere mevkisi ve yine Kalyan Deresi üzerindeki $39^\circ 40' 45''$ E – $40^\circ 51' 53''$ N koordinatlarındaki Temelli mevkisidir.

Bu mevkilerden 2004 yılı içinde alınan örneklerdeki NH_4^+ -N (mg/L) değerlerinin aylara göre değişimi Tablo 22'de verilmiştir.

Tablo 22: İstasyonlara ait aylık NH_4^+ -N (mg/L) ölçüm değerleri

	2004							
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Çiftdere	0,025	0,054	0,079	0,068	0,028	0,022	0,016	0,013
Kuştulderesi	0,025	0,05	0,098	0,054	0,025	0,018	0,032	0,014
Temelli	0,029	0,033	0,097	0,052	0,031	0,023	0,026	0,024

3.1.10. Kjeldahl Azotu (Kjeldahl-N) Değerleri

Kalyan Havzasındaki 3 ayrı noktadan ayda bir kez olmak üzere 10 ay boyunca örnekler alınmıştır. Bu örnekleme noktaları sırasıyla; Kuşül Deresi üzerindeki 39° 42' 07'' E – 40° 51' 10'' N koordinatlarındaki Değirmen mevki, Kalyan Deresi üzerindeki 39° 42' 05'' E – 40° 51' 05'' N koordinatlarındaki Çiftdere mevki ve yine Kalyan Deresi üzerindeki 39° 40' 45'' E – 40° 51' 53'' N koordinatlarındaki Temelli mevkişidir.

Bu mevkillerden 2004 yılı içinde alınan örneklerdeki Kjeldahl-N (mg/L) değerlerinin aylara göre değişimi Tablo 23'de verilmiştir.

Tablo 23: İstasyonlara ait aylık Kjeldahl-N (mg/L) ölçüm değerleri

	2004							
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Çiftdere	0,15	0,10	0,18	0,25	0,3	0,26	0,23	0,19
Kuşulderesi	0,14	0,21	0,23	0,26	0,32	0,28	0,11	0,09
Temelli	0,18	0,12	0,21	0,3	0,27	0,22	0,36	0,21

3.1.11. Ortofosfat (o-PO_4^{-3}) Değerleri

Kalyan Havzasındaki 3 ayrı noktadan ayda bir kez olmak üzere 10 ay boyunca örnekler alınmıştır. Bu örnekleme noktaları sırasıyla; Kuşül Deresi üzerindeki 39° 42' 07'' E – 40° 51' 10'' N koordinatlarındaki Değirmen mevki, Kalyan Deresi üzerindeki 39° 42' 05'' E – 40° 51' 05'' N koordinatlarındaki Çiftdere mevki ve yine Kalyan Deresi üzerindeki 39° 40' 45'' E – 40° 51' 53'' N koordinatlarındaki Temelli mevkişidir.

Bu mevkillerden 2004 yılı içinde alınan örneklerdeki o-PO_4^{-3} (mg/L) değerlerinin aylara göre değişimi Tablo 24'de verilmiştir.

Tablo 24: İstasyonlara ait aylık o-PO_4^{-3} (mg/L) ölçüm değerleri

	2004							
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Çiftdere	0,15	0,21	0,45	0,33	0,25	0,20	0,11	0,08
Kuşulderesi	0,13	0,32	0,44	0,304	0,27	0,25	0,14	0,051
Temelli	0,18	0,36	0,529	0,285	0,22	0,23	0,17	0,086

3.1.12. Deterjan (Anyonik Aktif Maddeler) Değerleri

Kalyan Havzasındaki 3 ayrı noktadan ayda bir kez olmak üzere 10 ay boyunca örnekler alınmıştır. Bu örnekleme noktaları sırasıyla; Kuştül Deresi üzerindeki 39° 42' 07'' E – 40° 51' 10'' N koordinatlarındaki Değirmen mevki, Kalyan Deresi üzerindeki 39° 42' 05'' E – 40° 51' 05'' N koordinatlarındaki Çiftdere mevki ve yine Kalyan Deresi üzerindeki 39° 40' 45'' E – 40° 51' 53'' N koordinatlarındaki Temelli mevkişidir.

Bu mevkilerden 2004 yılı içerisinde alınan örneklerdeki deterjan (mg/L) değerlerinin aylara göre değişimi Tablo 25'de verilmiştir.

Tablo 25: İstasyonlara ait aylık deterjan (mg/L) ölçüm değerleri

	2004							
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Çiftdere	0,37	0,4	0,48	0,37	0,35	0,364	0,370	0,331
Kuştulderesi	0,35	0,41	0,48	0,39	0,36	0,362	0,328	0,361
Temelli	0,39	0,44	0,53	0,41	0,34	0,336	0,370	0,335

3.1.13.Çözünmüş Oksijen (ÇO) Değerleri

Kalyan Havzasındaki 3 ayrı noktadan ayda bir kez olmak üzere 10 ay boyunca örnekler alınmıştır. Bu örnekleme noktaları sırasıyla; Kuştül Deresi üzerindeki 39° 42' 07'' E – 40° 51' 10'' N koordinatlarındaki Değirmen mevki, Kalyanderesi üzerindeki 39° 42' 05'' E – 40° 51' 05'' N koordinatlarındaki Çiftdere mevki ve yine Kalyan Deresi üzerindeki 39° 40' 45'' E – 40° 51' 53'' N koordinatlarındaki Temelli mevkişidir.

Bu mevkilerden 2004 yılı içerisinde alınan örneklerdeki ÇO (mg/L) değerlerinin aylara göre değişimi Tablo 26'da verilmiştir.

Tablo 26: stasyonlara ait aylık ÇO (mg/L) ölçüm değerleri

	2004							
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Çiftdere	10,5	10,1	10,7	9,25	8,74	9,8	10,86	10,57
Kuştulderesi	11,08	10,5	10,89	9,3	8,74	9,7	10,67	10,86
Temelli	10,7	10,5	10,89	8,52	8,64	9,22	10,78	10,67

3.1.14. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Değerleri

Kalyan Havzasındaki 3 ayrı noktadan ayda bir kez olmak üzere 10 ay boyunca örnekler alınmıştır. Bu örnekleme noktaları sırasıyla ; Kuştül Deresi üzerindeki 39° 42' 07'' E – 40° 51' 10'' N koordinatlarındaki Değirmen mevki, Kalyan Deresi üzerindeki 39° 42' 05'' E – 40° 51' 05'' N koordinatlarındaki Çiftdere mevki ve yine Kalyan Deresi üzerindeki 39° 40' 45'' E – 40° 51' 53'' N koordinatlarındaki Temelli mevkiidir.

Bu mevkilerden 2004 yılı içerisinde alınan örneklerdeki KOİ (mg/L) değerlerinin aylara göre değişimi Tablo 27'de verilmiştir.

Tablo 27: İstasyonlara ait aylık KOİ (mg/L) ölçüm değerleri

	2004							
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Çiftdere	7,4	6,5	8,9	8,1	1,1	5,06	5,02	6,83
Kuştulderesi	6,3	6,8	8,5	8,4	6,85	4,36	10,6	6,61
Temelli	8,3	6,5	10,2	5,23	4,53	6,45	7,89	7,41

3.1.15. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ) Değerleri

Kalyan Havzasındaki 3 ayrı noktadan ayda bir kez olmak üzere 10 ay boyunca örnekler alınmıştır. Bu örnekleme noktaları sırasıyla; Kuştül Deresi üzerindeki 39° 42' 07'' E – 40° 51' 10'' N koordinatlarındaki Değirmen mevki, Kalyan Deresi üzerindeki 39° 42' 05'' E – 40° 51' 05'' N koordinatlarındaki Çiftdere mevki ve yine Kalyan Deresi üzerindeki 39° 40' 45'' E – 40° 51' 53'' N koordinatlarındaki Temelli mevkiidir.

Bu mevkilerden 2004 yılı içerisinde alınan örneklerdeki BOİ 5 (mg/L) değerlerinin aylara göre değişimi Tablo 28'de verilmiştir.

Tablo 28: İstasyonlara ait aylık BOİ 5 (mg/L) ölçüm değerleri

	2004							
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Çiftdere	1,46	1,62	1,91	1,86	2	0,5	1,4	0,4
Kuştulderesi	1,1	1,48	1,52	1,2	1	0,6	1,7	1,57
Temelli	1,9	1,85	2,15	1,21	1,65	1,04	1,3	0,8

3.1.16. Toplam Demir (Fe^{+2} , Fe^{+3}) Değerleri

Kalyan Havzasındaki 3 ayrı noktadan ayda bir kez olmak üzere 10 ay boyunca örnekler alınmıştır. Bu örnekleme noktaları sırasıyla; Kuştül Deresi üzerindeki $39^{\circ} 42' 07''$ E – $40^{\circ} 51' 10''$ N koordinatlarındaki Değirmen mevkisi, Kalyan Deresi üzerindeki $39^{\circ} 42' 05''$ E – $40^{\circ} 51' 05''$ N koordinatlarındaki Çiftdere mevkisi ve yine Kalyan Deresi üzerindeki $39^{\circ} 40' 45''$ E – $40^{\circ} 51' 53''$ N koordinatlarındaki Temelli mevkisidir.

Bu mevkilerden 2004 yılı içinde alınan örneklerdeki demir (mg/L) değerlerinin aylara göre değişimi Tablo 29'da verilmiştir.

Tablo 29: İstasyonlara ait aylık toplam demir (mg/L) ölçüm değerleri

	2004							
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Çiftdere	0,22	0,36	0,77	0,51	0,12	0,25	0,150	0,114
Kuştulderesi	0,21	0,43	0,91	0,28	0,103	0,2	0,128	0,110
Temelli	0,25	0,4	0,86	0,23	0,12	0,18	0,103	0,117

3.1.17. Toplam Krom Değerleri

Kalyan Havzasındaki 3 ayrı noktadan ayda bir kez olmak üzere 10 ay boyunca örnekler alınmıştır. Bu örnekleme noktaları sırasıyla; Kuştül Deresi üzerindeki $39^{\circ} 42' 07''$ E – $40^{\circ} 51' 10''$ N koordinatlarındaki Değirmen mevkisi, Kalyan Deresi üzerindeki $39^{\circ} 42' 05''$ E – $40^{\circ} 51' 05''$ N koordinatlarındaki Çiftdere mevkisi ve yine Kalyan Deresi üzerindeki $39^{\circ} 40' 45''$ E – $40^{\circ} 51' 53''$ N koordinatlarındaki Temelli mevkisidir.

Bu mevkilerden 2004 yılı içinde alınan örneklerdeki toplam krom (mg/L) değerlerinin aylara göre değişimi Tablo 30'da verilmiştir.

Tablo 30: İstasyonlara ait aylık toplam krom (mg/L) ölçüm değerleri

	2004							
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Çiftdere	0,024	0,084	0,119	0,065	0,017	0,023	0,02	0,045
Kuştulderesi	0,027	0,078	0,14	0,089	0,036	0,023	0,017	0,030
Temelli	0,034	0,062	0,134	0,092	0,034	0,02	0,019	0,033

3.1.18. Alüminyum (Al) Değerleri

Kalyan Havzasındaki 3 ayrı noktadan ayda bir kez olmak üzere 10 ay boyunca örnekler alınmıştır. Bu örnekleme noktaları sırasıyla; Kuştül Deresi üzerindeki 39° 42' 07'' E – 40° 51' 10'' N koordinatlarındaki Değirmen mevkisi, Kalyan Deresi üzerindeki 39° 42' 05'' E – 40° 51' 05'' N koordinatlarındaki Çiftdere mevkisi ve yine Kalyan Deresi üzerindeki 39° 40' 45'' E – 40° 51' 53'' N koordinatlarındaki Temelli mevkisidir.

Bu mevkilerden 2004 yılı içinde alınan örneklerdeki Al (mg/L) değerlerinin aylara göre değişimi Tablo 31'de verilmiştir.

Tablo 31: İstasyonlara ait aylık Al (mg/L) ölçüm değerleri

	2004							
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Çiftdere	0,023	0,025	0,039	0,031	0,028	0,033	0,036	0,020
Kuştulderesi	0,025	0,021	0,033	0,027	0,024	0,029	0,020	0,017
Temelli	0,027	0,024	0,029	0,030	0,022	0,025	0,038	0,026

3.1.19. Bakır (Cu) Değerleri

Kalyan Havzasındaki 3 ayrı noktadan ayda bir kez olmak üzere 10 ay boyunca örnekler alınmıştır. Bu örnekleme noktaları sırasıyla; Kuştül Deresi üzerindeki 39° 42' 07'' E – 40° 51' 10'' N koordinatlarındaki Değirmen mevkisi, Kalyan Deresi üzerindeki 39° 42' 05'' E – 40° 51' 05'' N koordinatlarındaki Çiftdere mevkisi ve yine Kalyan Deresi üzerindeki 39° 40' 45'' E – 40° 51' 53'' N koordinatlarındaki Temelli mevkisidir.

Bu mevkilerden 2004 yılı içinde alınan örneklerdeki Cu (µg/L) değerlerinin aylara göre değişimi Tablo 32'de verilmiştir.

Tablo 32: İstasyonlara ait aylık Cu (µg/L) ölçüm değerleri

	2004							
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Çiftdere	6,20	6,45	6,87	6,11	5,54	5,03	5,72	5,20
Kuştulderesi	4,51	4,58	4,62	4,33	4,05	3,90	3,67	3,80
Temelli	5,84	5,96	6,05	5,75	5,24	4,93	5,72	4,45

3.1.20. Kurşun (Pb) Değerleri

Kalyan Havzasındaki 3 ayrı noktadan ayda bir kez olmak üzere 10 ay boyunca örnekler alınmıştır. Bu örnekleme noktaları sırasıyla; Kuştül Deresi üzerindeki 39° 42' 07'' E – 40° 51' 10'' N koordinatlarındaki Değirmen mevkisi, Kalyan Deresi üzerindeki 39° 42' 05'' E – 40° 51' 05'' N koordinatlarındaki Çiftdere mevkisi ve yine Kalyan Deresi üzerindeki 39° 40' 45'' E – 40° 51' 53'' N koordinatlarındaki Temelli mevkisidir.

Bu mevkilerden 2004 yılı içinde alınan örneklerdeki Pb ($\mu\text{g/L}$) değerlerinin aylara göre değişimi Tablo 33'de verilmiştir.

Tablo 33: İstasyonlara ait aylık Pb ($\mu\text{g/L}$) ölçüm değerleri

	2004							
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Çiftdere	1,12	1,04	1,15	0,97	0,72	0,58	0,77	0,85
Kuştulderesi	0,65	0,71	0,75	0,54	0,48	0,36	0,40	0,19
Temelli	0,78	0,84	0,87	0,71	0,54	0,25	0,50	0,66

3.1.21. Çinko (Zn) Değerleri

Kalyan Havzasındaki 3 ayrı noktadan ayda bir kez olmak üzere 10 ay boyunca örnekler alınmıştır. Bu örnekleme noktaları sırasıyla; Kuştül Deresi üzerindeki 39° 42' 07'' E – 40° 51' 10'' N koordinatlarındaki Değirmen mevkisi, Kalyan Deresi üzerindeki 39° 42' 05'' E – 40° 51' 05'' N koordinatlarındaki Çiftdere mevkisi ve yine Kalyan Deresi üzerindeki 39° 40' 45'' E – 40° 51' 53'' N koordinatlarındaki Temelli mevkisidir.

Bu mevkilerden 2004 yılı içinde alınan örneklerdeki Zn ($\mu\text{g/L}$) değerlerinin aylara göre değişimi Tablo 34'de verilmiştir.

Tablo 34: İstasyonlara ait aylık Zn ($\mu\text{g/L}$) ölçüm değerleri

	2004							
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım
Çiftdere	12,1	14,3	13,1	12,2	13,8	10,4	10,2	6,4
Kuştulderesi	6,3	5,7	7,2	7,4	5,3	5,5	8,1	4,3
Temelli	7,4	8,1	10,3	10,2	7,7	8,5	7,4	4,2

3.1.22. Kalyan Deresi ile Değirmendere'nin Bazı Parametreler Açısından Karşılaştırılması

Nisan 2004'de Kalyan Deresi ve Değirmendere'den alınan ham su örneklerinin bazı parametreler açısından karşılaştırılmaları Tablo 35'de verilmiştir.

Tablo 35. Değirmendere ve Kalyan Deresi'nden Nisan-2004 de alınan Ham Su Örneklerinin Karşılaştırılması

Su Kalite Parametreleri	Birim	Kalyan Deresi Ham Su	Değirmendere Ham Su
Bulanıklık	NTU	4,95	3,90
Elektriksel İletkenlik	$\mu\text{S}/\text{cm}$	210,0	300,6
PH		7,75	7,82
Toplam Sertlik	mg/LCaCO_3	131,6	144,0
Amonyum Azotu ($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)	mg/L	0,024	0,065
Nitrit Azotu ($\text{NO}_2^- - \text{N}$)	mg/L	0,0050	0,0067
Nitrat Azotu ($\text{NO}_3^- - \text{N}$)	mg/L	1,4	1,6
Orto Fosfat (o-PO_4^{3-})	mg/L	0,086	0,032
Deterjan	mg/L	0,335	0,452
Fe	mg/L	0,117	0,064
Cr(Toplam)	$\mu\text{g}/\text{L}$	33,11	4,96
Cu	$\mu\text{g}/\text{L}$	6	2
Pb	$\mu\text{g}/\text{L}$	1,12	0,67
Zn	$\mu\text{g}/\text{L}$	12	6

3.1.23. Toplam Pestisit Değerleri

Kalyan Havzasındaki 3 ayrı noktadan ayda bir kez olmak üzere 10 ay boyunca örnekler alınmıştır. Bu örnekleme noktaları sırasıyla; Kuştül Deresi üzerindeki $39^\circ 42' 07''$ E – $40^\circ 51' 10''$ N koordinatlarındaki Değirmen mevki, Kalyan Deresi üzerindeki $39^\circ 42' 05''$ E – $40^\circ 51' 05''$ N koordinatlarındaki Çiftidere mevki ve yine Kalyan Deresi üzerindeki $39^\circ 40' 45''$ E – $40^\circ 51' 53''$ N koordinatlarındaki Temelli mevkiidir.

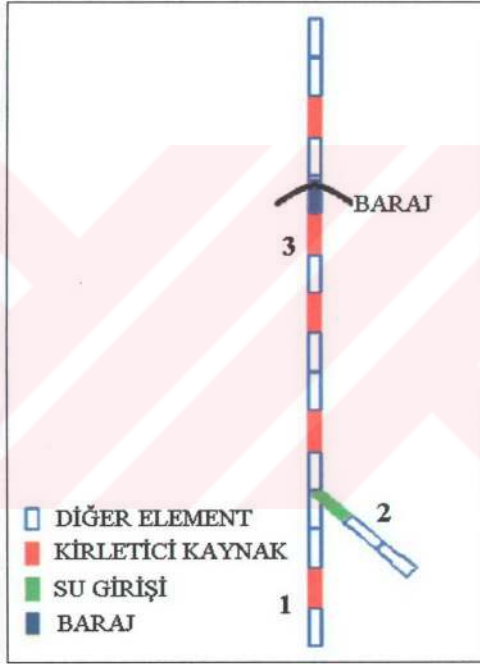
Bu mevkilerden 2004 yılı içinde alınan örneklerdeki toplam pestisit ($\mu\text{g/L}$) değerlerinin aylara göre değişimi Tablo 36'da verilmiştir.

Tablo 36: İstasyonlara ait aylık toplam pestisit ($\mu\text{g/L}$) ölçüm değerleri

	2004		
	Mayıs	Temmuz	Ekim
Çiftdere	0,85	1,1	0,96
Kuştulderesi	0,67	0,72	0,74
Temelli	0,72	0,91	0,83

3.2. Modellemeye Ait Bulgular

Gerekli parametreler girilerek QUAL2E’de koşturulduğunda şekil 7’de görülen haritanın bir benzeri şekil 10’da görüldüğü gibi program tarafından grafiksel bir çıktı olarak verilmektedir. Böylece şekil 7’deki uygulamanın QUAL2E’ye doğru şekilde kalibrasyonun gerçekleştirildiğinin testi yapılmış olmaktadır.



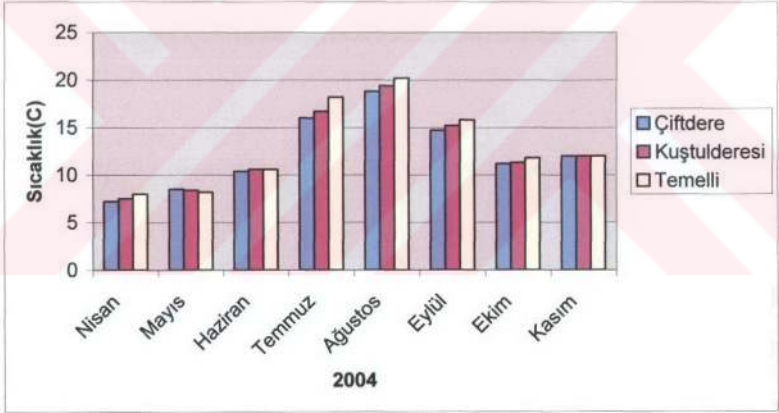
şekil 10. Modelleme Haritası

Ölçülen NO_3^- -N, NO_2^- -N, NH_4^+ -N, ORG-N, znmş Oksijen, BOİ ve Sıcaklık parametrelerinin, EPA’nın QUAL 2E hazır paket programına uygulanması sonucu elde edilen grafikler şekil 47, 48, 49 ve 50’de verilmiştir.

4. TARTIŞMA

Elde edilen bulgular ile sıcaklık dağılımı incelendiğinde, yaz aylarına doğru yükselme, kış aylarına doğru düşme eğiliminin, hava sıcaklığının mevsimsel olarak değişmesinden kaynaklanmaktadır [63]. Karadeniz'e gelen Güneş radyasyonunun yaz ve kış ayları arasında önemli değişim göstermesi bu farklılıkların oluşmasına sebep olmaktadır. Araştırma süresince; sıcaklık değerleri, Ağustos 2004'de Temelli mevkinde 20,2 °C ile en yüksek, Nisan 2004'de Çiftdere mevkinde 7,2 °C ile en düşük olarak ölçülmüştür.

İstasyonlardan alınan örneklerde ölçülen sıcaklık değerlerinin aylara göre farklılık gösterdiği saplanmaktadır.



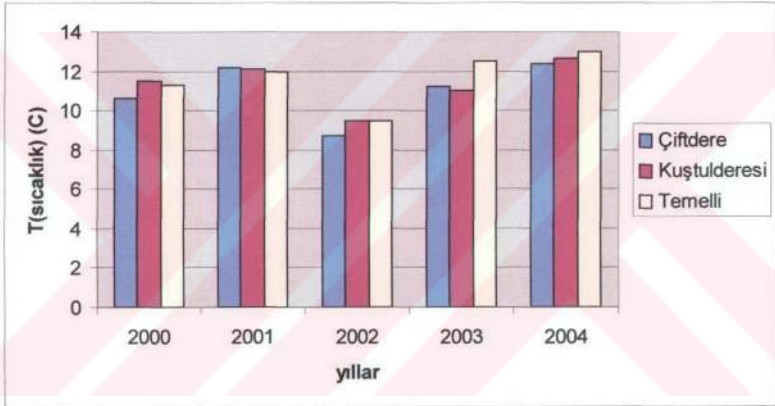
Şekil 11: İstasyonlarda aylara göre ölçülen sıcaklık değişimi

Bu mevkilerden 2004 yılı içerisinde alınan sıcaklık ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının 2000, 2001, 2002 ve 2003 yıllarıyla olan karşılaştırılmaları Tablo 37'de verilmiştir.

Tablo 37: 2004 yılı içerisinde alınan sıcaklık ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının diğer yıllarla karşılaştırılmaları

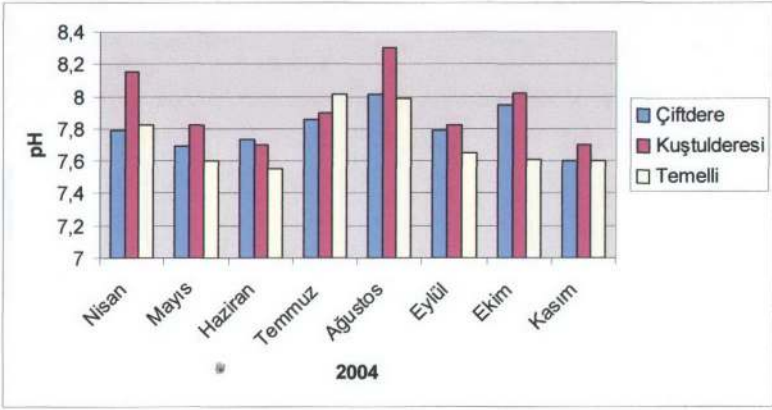
	2000	2001	2002	2003	2004
Çiftdere	10,6	12,2	8,75	11,2	12,36
Kuştulderesi	11,5	12,1	9,5	11	12,64
Temelli	11,3	12	9,5	12,5	13,01

İstasyonlardan alınan yıllık ortalama değerlerin yıllara göre farklılık gösterdiği görülmüştür.



Şekil 12: Yıllara göre ortalama sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması

pH dağılımı incelendiğinde, doğal suların pH değerleri $4 < \text{pH} < 9$ arasında değişir. Su kirliliği yönetmeliğinde kıta içi su kaynaklarında I.sınıf suların pH'ı 6.5-8.5. arasındadır [4]. Araştırma süresince ölçülen pH değerleri 7,55 ile 8,30 arasında değişmektedir. pH değerleri, Ağustos 2004'de Kuştulderesi mevkinde 8,3 ile en yüksek, Haziran 2004'de Temelli mevkinde 7,55 ile en düşük olarak ölçülmüştür.



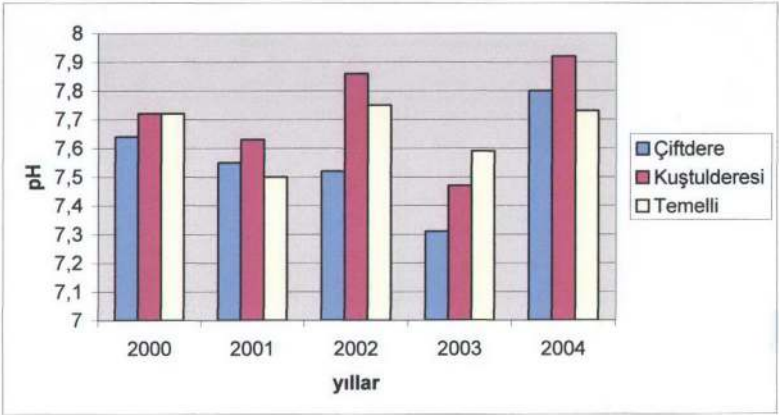
Şekil 13: İstasyonlarda aylara göre ölçülen pH değişimi

Bu mevkiilerden 2004 yılı içerisinde alınan pH ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının 2000, 2001, 2002 ve 2003 yıllarıyla olan karşılaştırmaları Tablo 38’de verilmiştir.

Tablo 38: 2004 yılı içerisinde alınan pH ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının diğer yıllarla karşılaştırmaları

	2000	2001	2002	2003	2004
Çiftdere	7,64	7,55	7,52	7,31	7,80
Kuşulderesi	7,72	7,63	7,86	7,47	7,92
Temelli	7,72	7,5	7,75	7,59	7,73

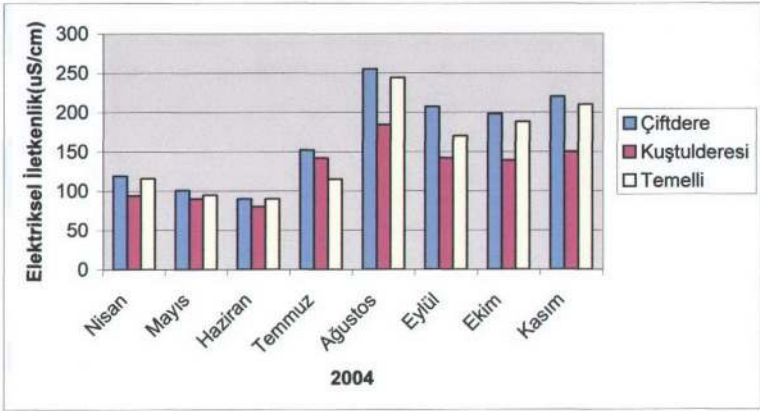
İstasyonlardan alınan yıllık ortalama değerlerin yıllara göre önemli bir farklılık göstermediği görülmüştür.



Şekil 14: Yıllara göre ortalama pH değerlerinin karşılaştırılması

Araştırma süresince; elektriksel iletkenlik değerleri, Ağustos 2004’de Çiftidere mevkinde 255 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ile en yüksek, Haziran 2004’de Kuşulderesi mevkinde 80 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ile en düşük olarak ölçülmüştür. Bir suyun elektriksel iletkenliği, su içerisinde çözünmüş olarak bulunan iyonların cinsi ve konsantrasyonuna bağlıdır. İçme sularının elektriksel iletkenlik değerleri en çok 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olabilir [3,65].

İstasyonlardan alınan örneklerde ölçülen elektriksel iletkenlik değerlerinin aylara göre farklılık gösterdiği ve özellikle Temmuz ayından itibaren su sıcaklığının artmasına paralel olarak iletkenliğin Ağustos ayında maksimuma ulaştığı, Eylül, Ekim ve Kasım aylarında bu yükseklik değerini Ağustos ayına göre biraz daha düşük olmakla birlikte koruduğu anlaşılmaktadır.



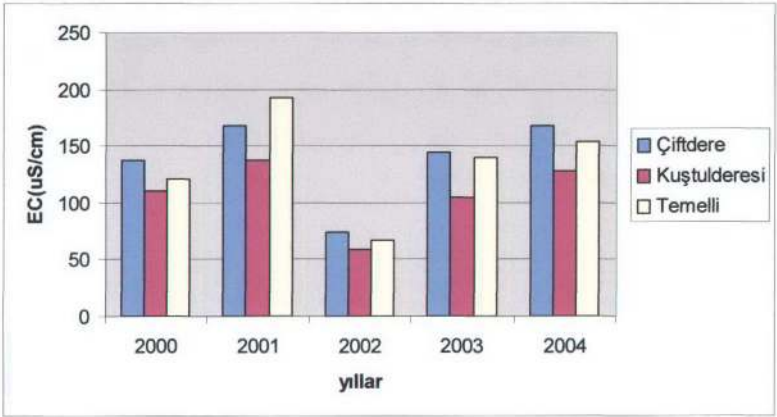
Şekil 15: İstasyonlarda aylara göre ölçülen elektriksel iletkenlik değerlerinin değişimi

Bu mevkiilerden 2004 yılı içerisinde alınan elektriksel iletkenlik ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının 2000, 2001, 2002 ve 2003 yıllarıyla olan karşılaştırmaları Tablo 39'da verilmiştir.

Tablo 39: 2004 yılı içerisinde alınan elektriksel iletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının diğer yıllarla karşılaştırmaları

	2000	2001	2002	2003	2004
Çiftdere	137,8	167,33	73,55	144,65	167,75
Kuşulderesi	110,6	137,3	58,3	104,73	127,63
Temelli	120,76	192,66	66,5	139,3	153,50

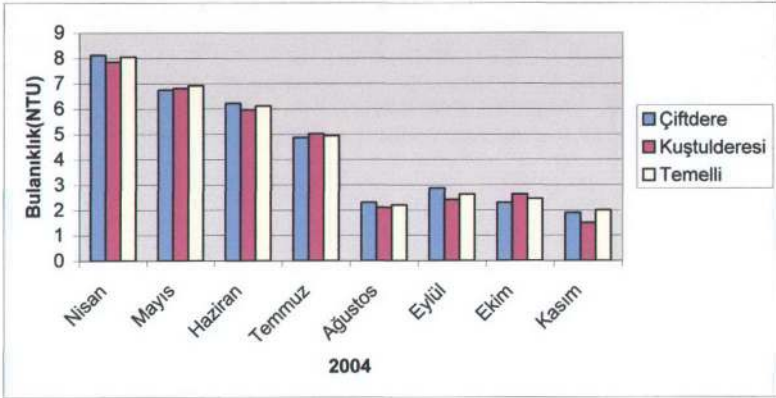
İstasyonlardan alınan yıllık ortalama değerlerin yıllara göre oldukça farklılık gösterdiği görülmüştür.



Şekil 16: Yıllara göre ortalama elektriksel iletkenlik değerlerinin karşılaştırılması

İçme sularının bulanıklık değerlerinin 5 NTU'dan fazla olması istenmez [3,5]. Elde edilen verilere göre; bulanıklık değerleri, Nisan 2004'de Çiftdere mevkinde 8,12 NTU ile en yüksek, Kasım 2004'de Kuşulderesi mevkinde 1,5 NTU ile en düşük olarak ölçülmüştür.

İstasyonlardan alınan örneklerde ölçülen bulanıklık değerlerinin aylara göre farklılık gösterdiği, özellikle Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında standartların üzerinde bulanıklık değerlerinin oluşması daha ziyade bu aylarda kar sularının erimesiyle oluşmakta, dolayısıyla bu suları fiziksel bir arıtmadan geçirme zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.



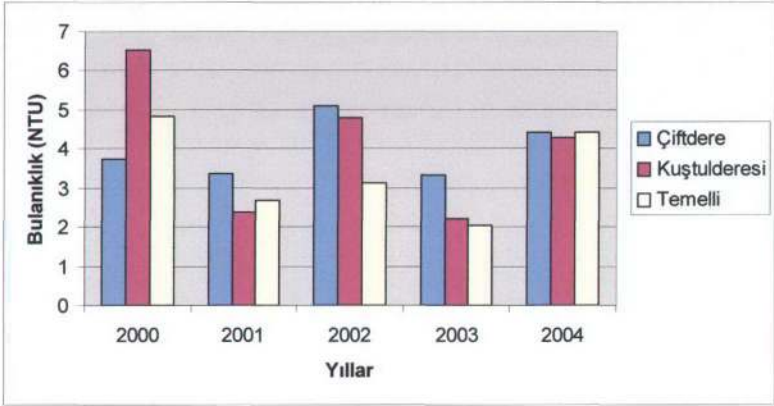
Şekil 17: İstasyonlarda aylara göre ölçülen bulanıklık değerlerinin değişimi

Bu mevkiilerden 2004 yılı içerisinde alınan bulanıklık ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının 2000, 2001, 2002 ve 2003 yıllarıyla olan karşılaştırılmaları Tablo 40'da verilmiştir.

Tablo 40: 2004 yılı içerisinde alınan bulanıklık ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının diğer yıllarla karşılaştırılmaları

	2000	2001	2002	2003	2004
Çiftdere	3,75	3,35	5,1	3,33	4,43
Kuşulderesi	6,53	2,37	4,79	2,2	4,29
Temelli	4,81	2,7	3,14	2,03	4,42

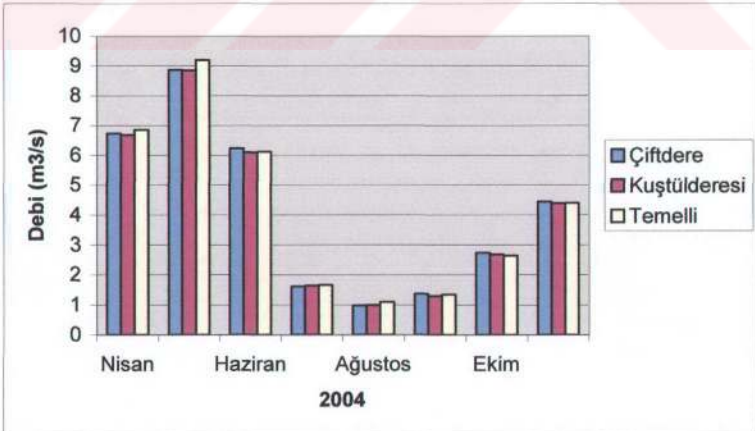
İstasyonlardan alınan yıllık ortalama değerlerin yıllara göre farklılık gösterdiği görülmüştür.



Şekil 18: Yıllara göre ortalama bulanıklık değerlerinin karşılaştırılması

Debi değerleri Mayıs 2004’de Temelli mevkinde $9,2 \text{ m}^3/\text{s}$ ile en yüksek, Ağustos 2004’de Çiftdere mevkinde $0,985 \text{ m}^3/\text{sn}$ ile en düşük olarak ölçülmüştür.

İstasyonlardan alınan örneklerde ölçülen debi değerlerinin aylara göre farklılık gösterdiği ve kar sularının eridiği özellikle Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında daha yüksek değerlere ulaştığı gözlenmiştir.



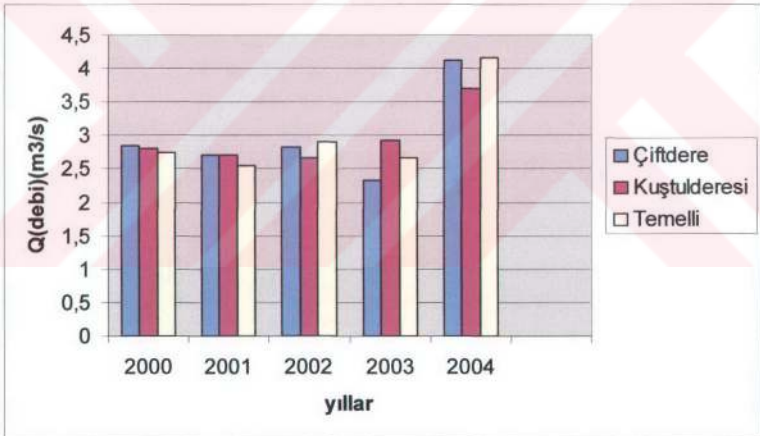
Şekil 19: İstasyonlarda aylara göre ölçülen debi değerlerinin değişimi

Bu mevkilerden 2004 yılı içinde alınan debi ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının 2000, 2001, 2002 ve 2003 yıllarıyla olan karşılaştırmaları Tablo 41'de verilmiştir.

Tablo 41: 2004 yılı içerisinde alınan debi (m^3/s) ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının diğer yıllarla karşılaştırmaları

	2000	2001	2002	2003	2004
Çiftdere	2,84	2,7	2,83	2,33	4,13
Kuşuldere	2,8	2,7	2,67	2,92	3,70
Temelli	2,75	2,55	2,9	2,67	4,17

İstasyonlardan alınan yıllık ortalama değerlerin yıllara göre farklılık gösterdiği ve 2004 yılı debi değerlerinin diğer yıllara oranla yaklaşık 2 katı kadar arttığı tespit edilmiştir.

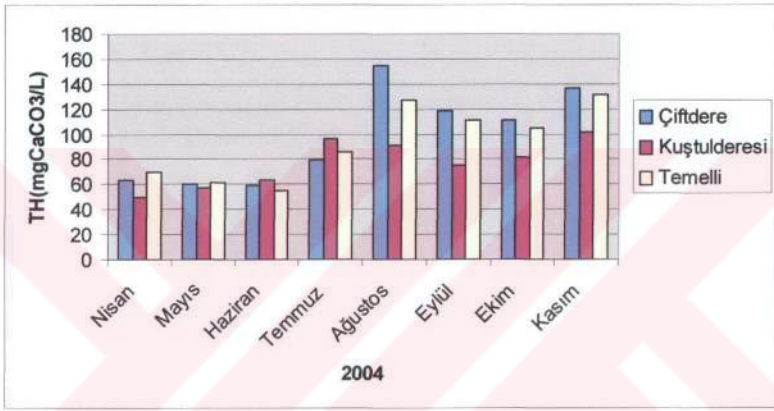


Şekil 20: Yıllara göre ortalama debi değerlerinin karşılaştırılması

Su sertliği, suların temas halinde oldukları zemin tabakalarının özelliklerinden ileri gelebilir. Özellikle granit ve benzeri kütlelerle temas ettiklerinde su içeriklerinin sert olmayacağı, yumuşak sular sınıfına girebileceğini, buna zıt olarak $CaCO_3$ bakımından zengin kayalarla temas ettiklerinde ise sert sular sınıfına gireceklerini belirtebiliriz [64].

İçme sularının toplam sertlik değeri max. 15Fr° yani 150 mg CaCO₃ /L'dır [3]. Elde edilen verilere göre; toplam sertlik değerleri, Ağustos 2004'de Çiftdere mevkinde 155 mg CaCO₃/L ile en yüksek, Nisan 2004'de Kuşulderesi mevkinde 49,32 mg CaCO₃/L ile en düşük olarak ölçülmüştür.

İstasyonlardan alınan örneklerde ölçülen toplam sertlik değerlerinin aylara göre farklılık gösterdiği gözlenmiştir.



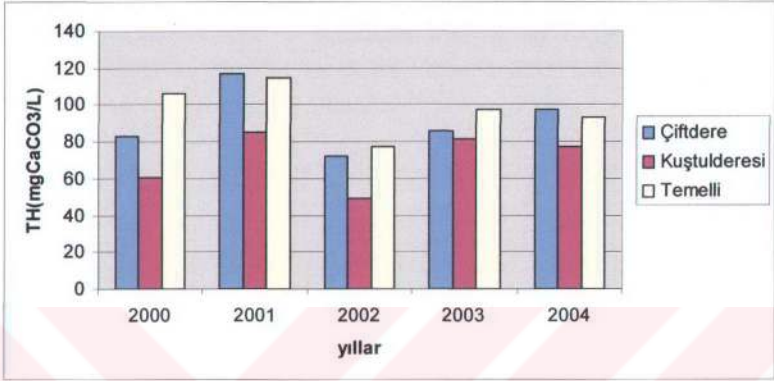
Şekil 21: İstasyonlarda aylara göre ölçülen toplam sertlik değerlerinin değişimi

Bu mevkilerden 2004 yılı içerisinde alınan toplam sertlik ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının 2000, 2001, 2002 ve 2003 yıllarıyla olan karşılaştırmaları Tablo 42'de verilmiştir.

Tablo 42: 2004 yılı içerisinde alınan toplam sertlik (mg CaCO₃/L) ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının diğer yıllarla karşılaştırmaları

	2000	2001	2002	2003	2004
Çiftdere	82,95	116,8	72,5	85,8	97,75
Kuşulderesi	60,85	85	49,4	81,25	77,10
Temelli	106,28	114,8	77,5	97,5	93,27

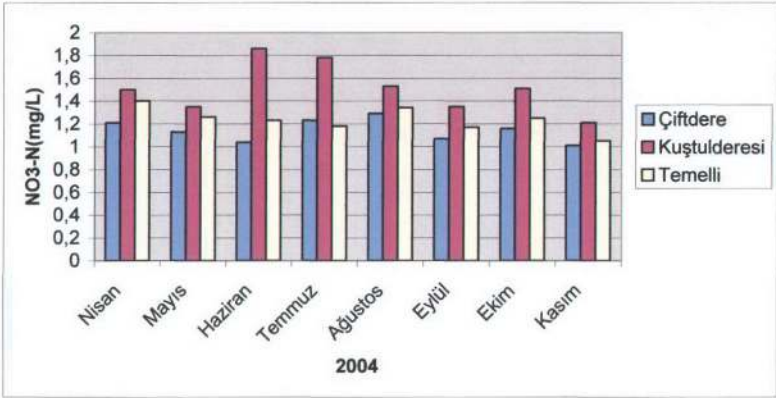
İstasyonlardan alınan yıllık ortalama değerlerin yıllara göre farklılık gösterdiği görülmüştür.



Şekil 22: Yıllara göre ortalama toplam sertlik değerlerinin karşılaştırılması

İçme ve kullanma sularında 5 mg/L'den fazla NO_3^- -N'u bulunması istenmez [4]. NO_3^- -N değerleri, Haziran 2004'de Kuşulderesi mevkinde 1,86 mg/L ile en yüksek, Kasım 2004'de Çiftdere mevkinde 1,01 mg/L ile en düşük olarak ölçülmüştür.

İstasyonlardan alınan örneklerde ölçülen NO_3^- -N değerlerinin aylara göre farklılık gösterdiği, özellikle Kuşulderesi üzerindeki NO_3^- -N değerlerinin diğer derelere göre daha yüksek çıkması bu havzada tarımın daha yoğun yapıldığının bir sonucudur .



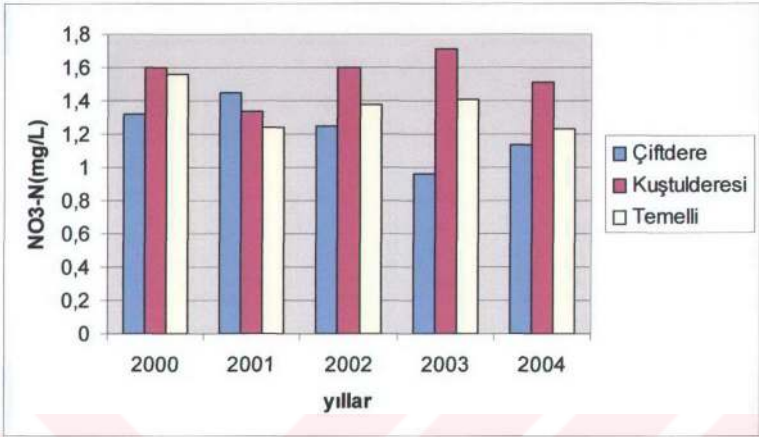
Şekil 23: İstasyonlarda aylara göre ölçülen NO₃⁻-N değerlerinin değişimi

Bu mevkilerden 2004 yılı içerisinde alınan NO₃⁻-N ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının 2000, 2001, 2002 ve 2003 yıllarıyla olan karşılaştırmaları Tablo 43'de verilmiştir.

Tablo 43: 2004 yılı içerisinde alınan NO₃⁻-N (mg/L) ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının diğer yıllarla karşılaştırmaları

	2000	2001	2002	2003	2004
Çiftdere	1,32	1,45	1,25	0,96	1,14
Kuşulderesi	1,6	1,34	1,6	1,71	1,51
Temelli	1,56	1,24	1,38	1,41	1,23

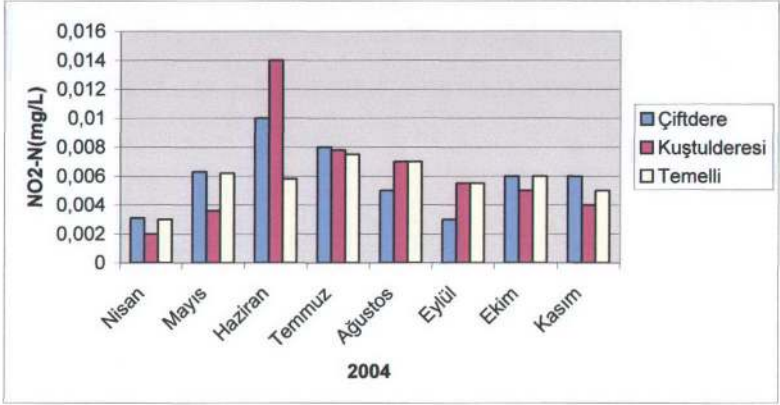
İstasyonlardan alınan yıllık ortalama değerlerin yıllara göre çok farklılık göstermediği görülmüştür.



Şekil 24: Yıllara göre ortalama NO_3^- -N değerlerinin karşılaştırılması

İçme ve kullanma sularında 0,0020 mg/L'den fazla NO_2^- -N'u bulunması istenmez[4]. NO_2^- -N değerleri, Haziran 2004'de Kuşulderesi mevkinde 0,0140 mg/L ile en yüksek, Nisan 2004'de Kuşulderesi mevkinde 0,0020 mg/L ile en düşük olarak ölçülmüştür.

İstasyonlardan alınan örneklerde ölçülen NO_2^- -N değerlerinin aylara göre farklılık gösterdiği gözlenmektedir.



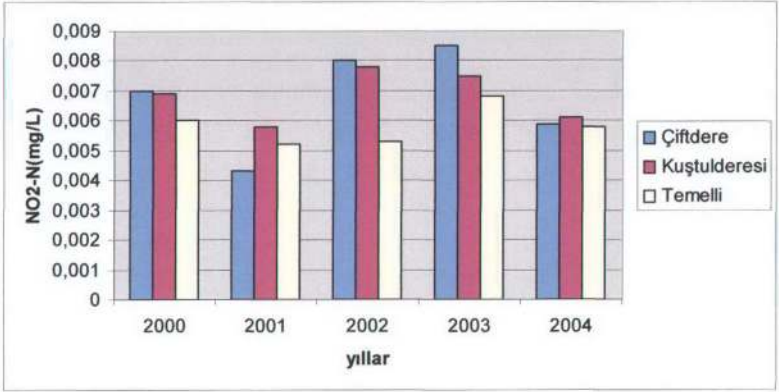
Şekil 25: İstasyonlarda aylara göre ölçülen NO₂-N değerlerinin değişimi

Bu mevkiilerden 2004 yılı içerisinde alınan NO₂-N ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının 2000, 2001, 2002 ve 2003 yıllarıyla olan karşılaştırmaları Tablo 44’de verilmiştir.

Tablo 44: 2004 yılı içerisinde alınan NO₂-N (mg/L) ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının diğer yıllarla karşılaştırmaları

	2000	2001	2002	2003	2004
Çiftdere	0,007	0,0043	0,008	0,0085	0,0059
Kuştluderesi	0,0069	0,0058	0,0078	0,0075	0,0061
Temelli	0,006	0,0052	0,0053	0,0068	0,0058

İstasyonlardan alınan yıllık ortalama değerlerin yıllara göre farklılık gösterdiği görülmüştür.

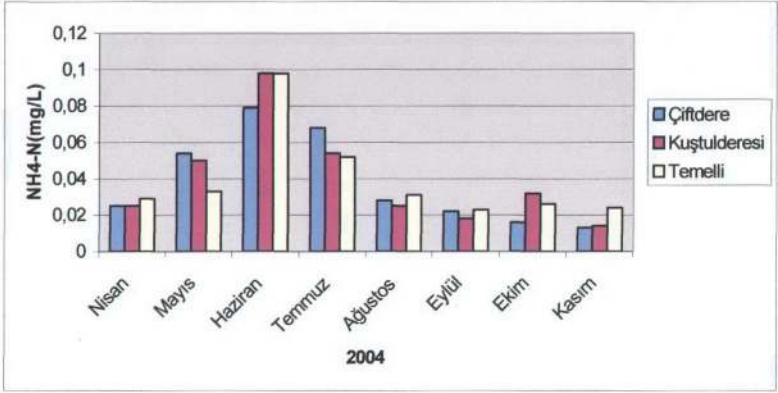


Şekil 26: Yıllara göre ortalama NO_2^- -N değerlerinin karşılaştırılması

Suda amonyum azotunun bulunması suyun yeni kirlenmiş olduğunu gösterir. Daha sonra amonyum azotu bakteriler tarafından önce nitrite sonra nitrata yükseltgenir [5,66]. İçme ve kullanma sularında 0,200 mg/L'den fazla NH_4^+ -N'u bulunması istenmez [4]. NH_4^+ -N değerleri, Haziran 2004'de Kuşuldere mevkinde 0,098 mg/L ile en yüksek, Kasım 2004'de Çiftidere mevkinde 0,013 mg/L ile en düşük olarak ölçülmüştür.

İstasyonlardan alınan örneklerde ölçülen NH_4^+ -N değerlerinin aylara göre farklılık göstermektedir.

Haziran ayında gerek NO_2^- -N, gerek NO_3^- -N ve gerekse de NH_4^+ -N değerlerinin en yüksek çıkması, bu ayda havzada azotlu suni gübrelerin kullanılması ve bunların bir kısmının çözünerek sulara karışması şeklinde açıklanabilir.



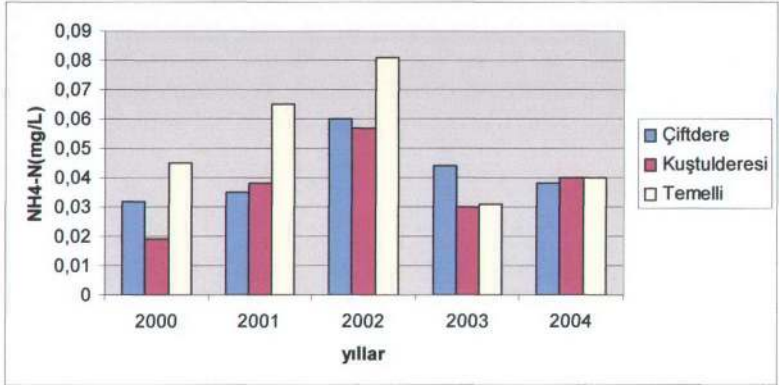
Şekil 27: İstasyonlarda aylara göre ölçülen $\text{NH}_4^+\text{-N}$ değerlerinin değişimi

Bu mevkiilerden 2004 yılı içerisinde alınan $\text{NH}_4^+\text{-N}$ ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının 2000, 2001, 2002 ve 2003 yıllarıyla olan karşılaştırılmaları Tablo 45’de verilmiştir.

Tablo 45: 2004 yılı içerisinde alınan $\text{NH}_4^+\text{-N}$ (mg/L) ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının diğer yıllarla karşılaştırılmaları

	2000	2001	2002	2003	2004
Çiftdere	0,032	0,035	0,06	0,044	0,038
Kuştuğderesi	0,019	0,038	0,057	0,03	0,040
Temelli	0,045	0,065	0,081	0,031	0,040

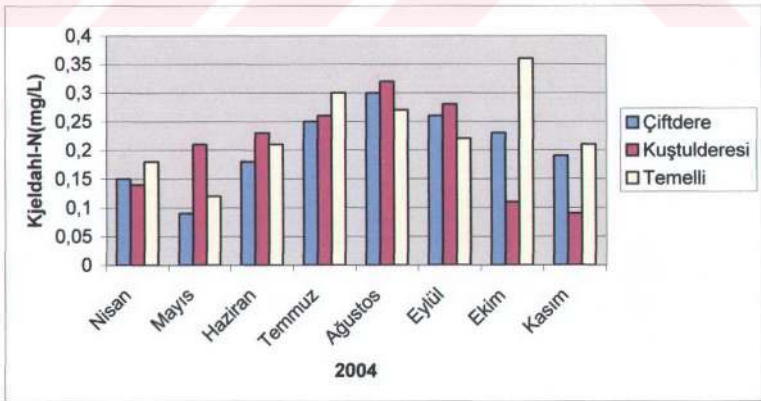
İstasyonlardan alınan yıllık ortalama değerlerin yıllara göre farklılık gösterdiği görülmüştür.



Şekil 28: Yıllara göre ortalama $\text{NH}_4^+\text{-N}$ değerlerinin karşılaştırılması

İçme ve kullanma sularında 0,50 mg/L'den fazla kjeldahl azotu'u bulunması istenmez [4]. Elde edilen org-N değerlerinden $\text{NH}_4^+\text{-N}$ değerlerini çıkarırsak kjeldahl azotu'u değerlerine ulaşabiliriz [4]. Elde edilen verilere göre; kjeldahl azotu'u değerleri, Ekim 2004'de Temelli mevkinde 0,36 mg/L ile en yüksek, Kasım 2004'de Kuşulderesi mevkinde 0,09 mg/L ile en düşük olarak ölçülmüştür.

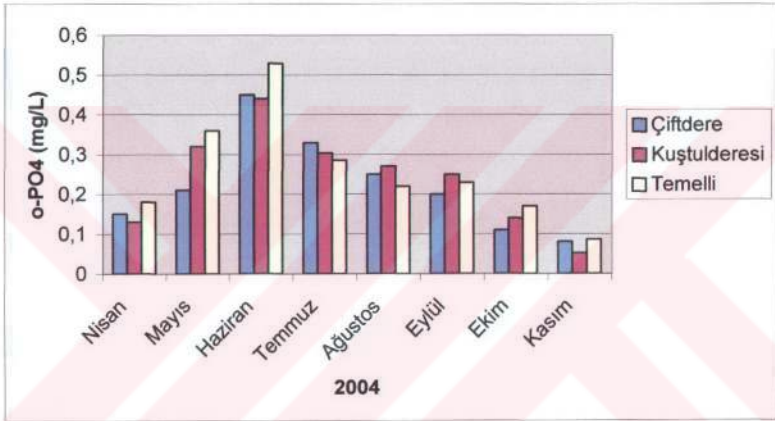
İstasyonlardan alınan örneklerde ölçülen Kjeldahl-N değerlerinin aylara göre farklılık gösterdiği gözlenmiştir.



Şekil 29: İstasyonlarda aylara göre ölçülen Kjeldahl-N değerlerinin değişimi

Evsel ve tarımsal atık sulara bulunan 10 mg/L fosforun yaklaşık 5 mg/L'si ortofosfatür [5]. İçme ve kullanma sularında 0,01 mg/L'den fazla o-PO_4^{-3} bulunması istenmez [4]. o-PO_4^{-3} değerleri, Haziran 2004'de Temelli mevkinde 0,529 ile en yüksek, Kasım 2004'de Çiftdere mevkinde 0,080 mg/L ile en düşük olarak ölçülmüştür.

İstasyonlardan alınan örneklerde ölçülen o-PO_4^{-3} değerlerinin aylara göre farklılık gösterdiği görülmektedir. Benzer şekilde havzada, Haziran ayında azotlu gübrelerin yanında, fosfatlı gübrelerinde kullanılması sulara o-PO_4^{-3} değerini yükseltmektedir.



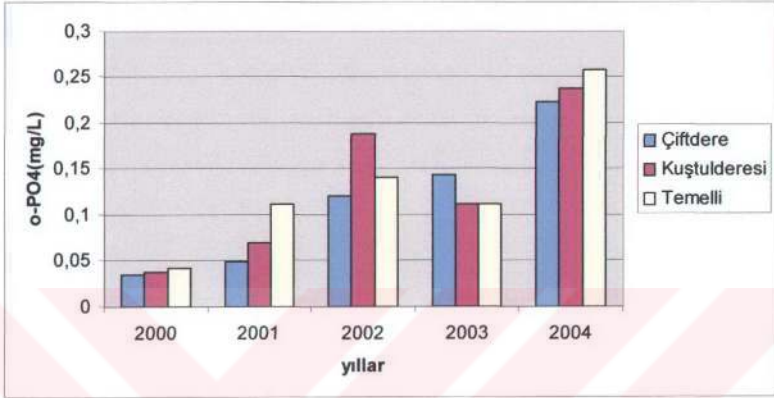
Şekil 30: İstasyonlarda aylara göre ölçülen o-PO_4^{-3} değerlerinin değişimi

Bu mevkilerden 2004 yılı içerisinde alınan o-PO_4^{-3} ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının 2000, 2001, 2002 ve 2003 yıllarıyla olan karşılaştırmaları Tablo 46'da verilmiştir. o-PO_4^{-3} değerlerinin yıllar itibarıyla tedricen artışı gübre kullanımının artışıyla açıklanabilir.

Tablo 46: 2004 yılı içerisinde alınan o-PO_4^{-3} (mg/L) ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının diğer yıllarla karşılaştırmaları

	2000	2001	2002	2003	2004
Çiftdere	0,035	0,05	0,12	0,144	0,223
Kuşuldere	0,038	0,07	0,189	0,112	0,238
Temelli	0,042	0,112	0,14	0,111	0,258

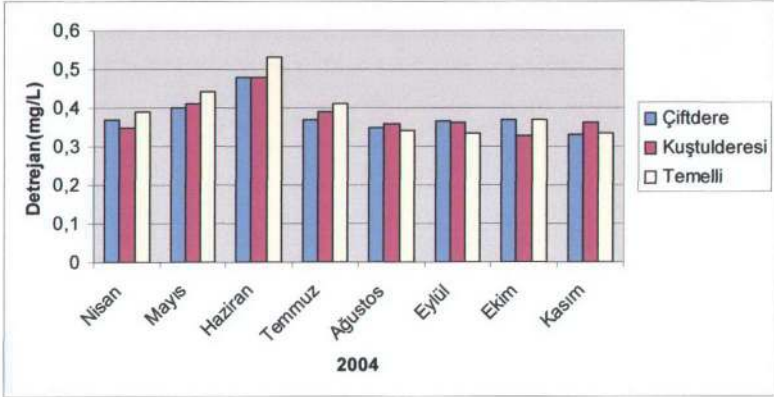
İstasyonlardan alınan yıllık ortalama değerlerin yıllara göre farklılık gösterdiği görülmüştür.



Şekil 31: Yıllara göre ortalama o-PO_4^{-3} değerlerinin karşılaştırılması

Deterjanlarla ilgili olarak Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) önerdiği sınırlara göre içme suyunda bulunabilecek anyonik deterjanlar 0,200 mg/L'yi geçmemelidir [14]. Araştırma süresince elde edilen verilere göre; deterjan (Anyonik Aktif Maddeler) değerleri, Haziran 2004'de Temelli mevkinde 0,530 mg/L ile en yüksek, Ekim 2004'de Kuşulderesi mevkinde 0,328 mg/L ile en düşük olarak ölçülmüştür.

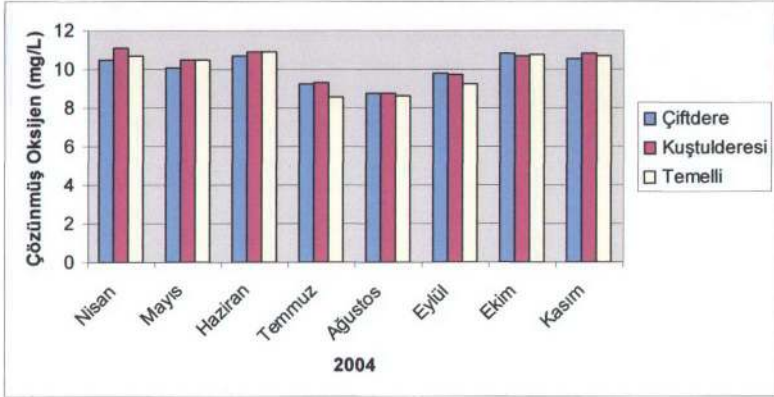
İstasyonlardan alınan örneklerde ölçülen deterjan (mg/L) değerlerinin aylara göre farklılık gösterdiği ve özellikle konutlardan deterjanlı sıvı atık suların akarsuya karıştığı söylenebilir.



Şekil 32: İstasyonlarda aylara göre ölçülen deterjan değerlerinin değişimi

Sudaki çözünmüş oksijen miktarı sıcaklık artışıyla azalır, sıcaklığın düşmesi ile artar. Bu yüzden yüksek bölgelerdeki sulardaki oksijen yoğunluğu alçak bölgelerdeki sulardaki oksijen yoğunluğundan daha fazladır [5]. Çözünmüş oksijen yoğunluğu ile su içindeki yaşam çeşitliliği ve zenginliği doğru orantılıdır. İçme ve kullanma sularında 25 °C de minimum 8 mg/L çözünmüş oksijen bulunması istenir [4]. Çözünmüş oksijen değerleri, Nisan 2004'de Kuşulderesi mevkinde 11,08 mg/L (7,5 °C) ile en yüksek, Ağustos 2004'de Temelli mevkinde 8,64mg/L (18,2 °C) ile en düşük olarak ölçülmüştür.

İstasyonlardan alınan örneklerde ölçülen ÇO değerlerinin aylara göre farklılık gösterdiği gözlenmektedir.



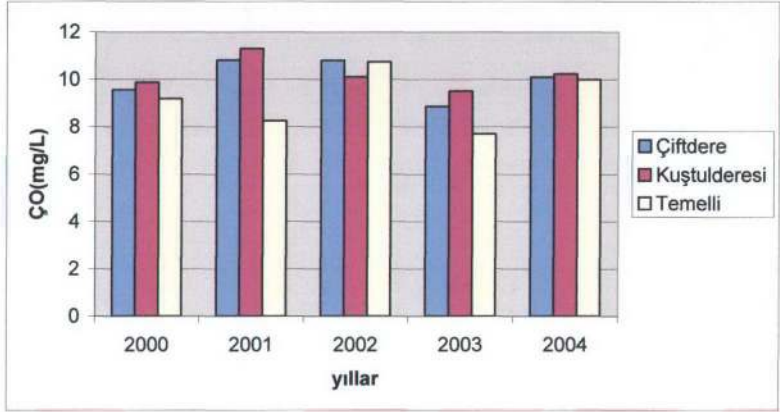
Şekil 33: İstasyonlarda aylara göre ölçülen ÇO değerlerinin değişimi

Bu mevkieilerden 2004 yılı içinde alınan ÇO ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının 2000, 2001, 2002 ve 2003 yıllarıyla olan karşılaştırılmaları Tablo 47’de verilmiştir.

Tablo 47: 2004 yılı içerisinde alınan ÇO (mg/L) ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının diğer yıllarla karşılaştırılmaları

	2000	2001	2002	2003	2004
Çiftdere	9,56	10,81	10,8	8,85	10,10
Kuşulderesi	9,87	11,3	10,11	9,5	10,23
Temelli	9,18	8,25	10,74	7,7	9,99

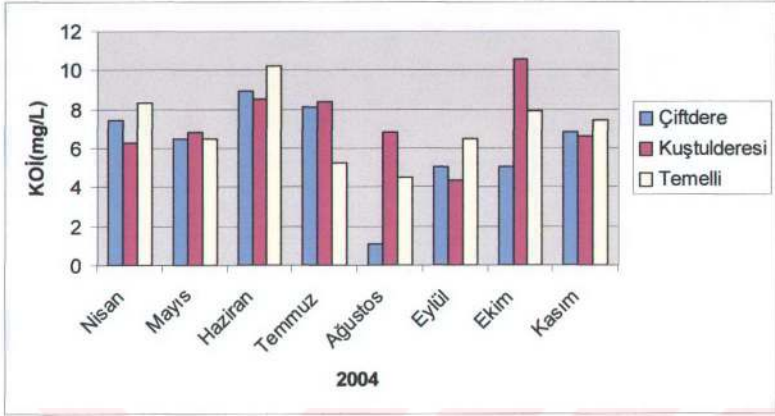
İstasyonlardan alınan yıllık ortalama değerlerin yıllara göre farklılık gösterdiği görülmüştür.



Şekil 34: Yıllara göre ortalama ÇO değerlerinin karşılaştırılması

KOİ, suda bulunan bütün kirlilik unsurlarını ortadan kaldırmak için gerekli olan bütün oksijen miktarının belirlenmesi açısından son derece önemli olan bir parametredir. Başka bir deyişle KOİ değerinin belirlenmesiyle suyun toplam kirlilik yükü de belirlenmiş olur. İçme ve kullanma sularının 25,0 mg/L'den fazla KOİ değerine sahip olması istenmez [4]. KOİ değerleri, Ekim 2004'de Kuşulderesi mevkinde 10,6 mg/L ile en yüksek, Ağustos 2004'de Çiftdere mevkinde 1,1 mg/L ile en düşük olarak ölçülmüştür.

İstasyonlardan alınan örneklerde ölçülen KOİ değerlerinin aylara göre farklılık gösterdiği gözlenmektedir.



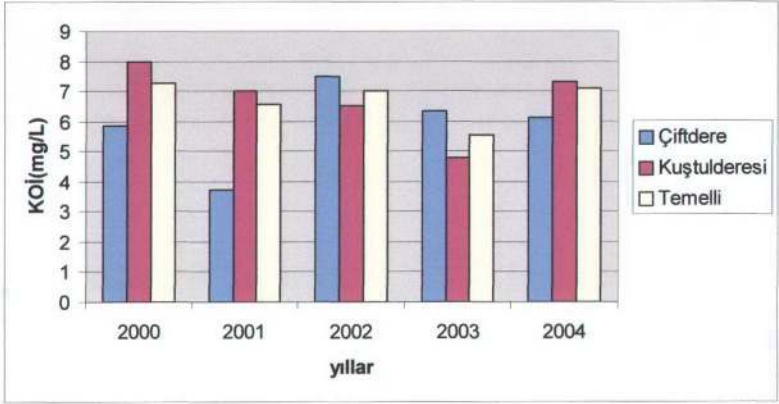
Şekil 35: İstasyonlarda aylara göre ölçülen KOİ değerlerinin değişimi

Bu mevkiilerden 2004 yılı içerisinde alınan KOİ ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının 2000, 2001, 2002 ve 2003 yıllarıyla olan karşılaştırmaları Tablo 48’de verilmiştir.

Tablo 48: 2004 yılı içerisinde alınan KOİ (mg/L) ölçüm değerlerinin yıllık ortalamalarının diğer yıllarla karşılaştırmaları

	2000	2001	2002	2003	2004
Çiftdere	5,85	3,71	7,5	6,35	6,11
Kuşulderesi	7,98	7,02	6,52	4,8	7,30
Temelli	7,25	6,54	7	5,52	7,10

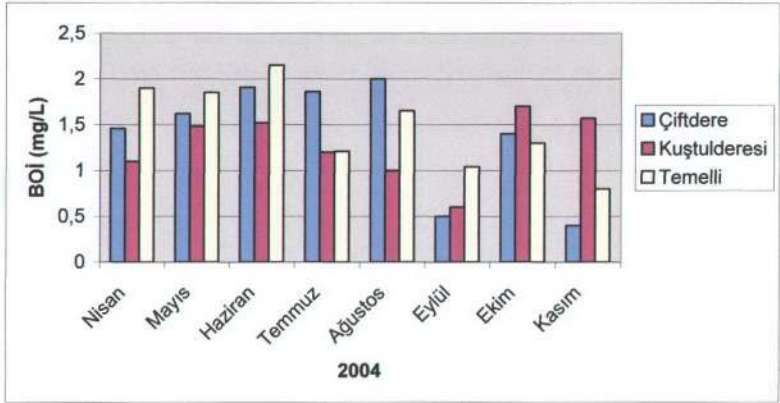
İstasyonlardan alınan yıllık ortalama değerlerin yıllara göre farklılık gösterdiği görülmüştür.



Şekil 36: Yıllara göre ortalama KOİ değerlerinin karşılaştırılması

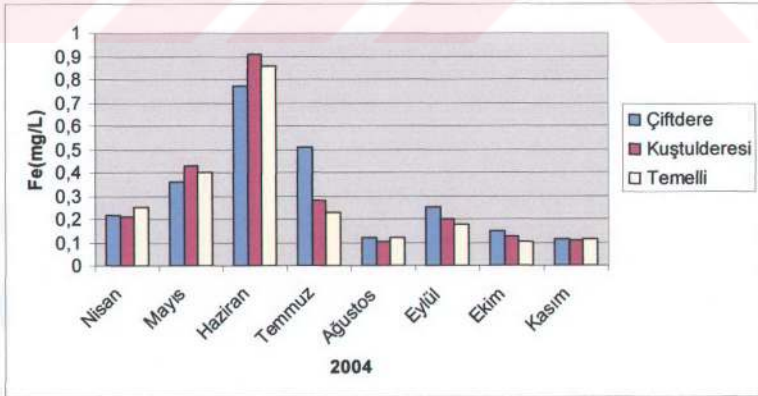
BOİ, suyun dışarıdan herhangi bir kimyasal etki olmadan kendi içerisindeki bakteriler sayesinde, kirlilik unsurlarından arınması için ihtiyaç duyduğu oksijen miktarını belirtir. Bu bir anlamda suyun kendi kendini temizleyebilmesinin bir ölçüsüdür. İçme ve kullanma sularının 4,0 mg/L'den fazla BOİ değerine sahip olması istenmez [4]. BOİ değerleri, Haziran 2004'de Temelli mevkinde 2,15 mg/L ile en yüksek, Kasım 2004'de Çiftdere mevkinde 0,4 mg/L ile en düşük olarak ölçülmüştür.

İstasyonlardan alınan örneklerde ölçülen BOİ değerlerinin aylara göre farklılık gösterdiği, Haziran ayında BOİ değerlerinin, KOİ değerlerine paralel bir şekilde daha yüksek çıktığı ve organik kirlenmenin en fazla bu aylarda ortaya çıktığı anlaşılmaktadır.



Şekil 37: İstasyonlarda aylara göre ölçülen BOİ değerlerinin değişimi

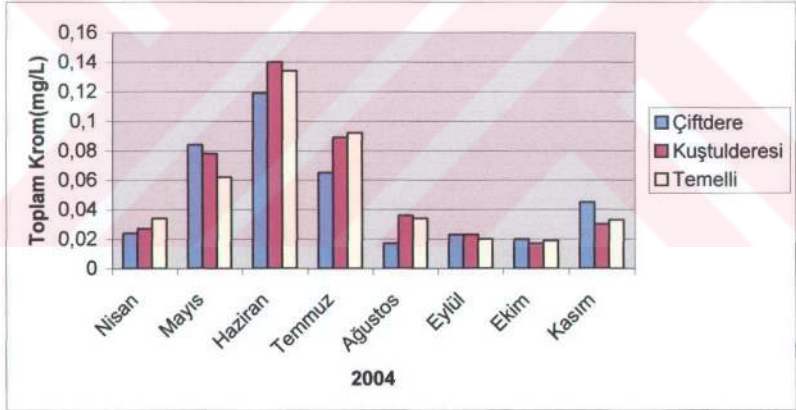
İçme ve kullanma sularında 0,3 mg/L den fazla demir bulunması suyun tadını bozması ve çamaşır yıkamada renk oluşturması açısından istenmez. 1,0 mg/L den fazla demir suda yaşayan diğer canlılar için de zararlı etki yapar [4,5]. Demir değerleri, Haziran 2004'de Kuşulderesi mevkinde 0,910 mg/L ile en yüksek, Ağustos 2004'de Kuşulderesi mevkinde 0,103 mg/L ile en düşük olarak ölçülmüştür.



Şekil 38: İstasyonlarda aylara göre ölçülen toplam demir değerlerinin değişimi

Cr^{6+} çok yükseltgen bir maddedir ve toksik etkisi Cr^{3+} nın yaklaşık yüz katı kadardır. Ancak krom insan vücudu için gerekli olan bir elementtir. İnsan vücudu günde 5 μg krom kaybeder. Bunun yerine konulması gerekir. Kromun fazlası sağlık için zararlıdır [5]. İçme ve kullanma sularında toplam krom miktarının 0,020 mg/L'yi geçmesi istenmez [4]. Toplam krom değerleri, Haziran 2004'de Kuşulderesi mevkinde 0,140 mg/L ile en yüksek, Ağustos 2004'de Çiftidere mevkinde 0,017 mg/L ile en düşük olarak ölçülmüştür.

İstasyonlardan alınan örneklerde ölçülen Fe ve Cr değerlerinin aylara göre dağılımına bakıldığında Mayıs ayındaki artış Haziran ayında maksimuma ulaşip Temmuz ayında tekrar Mayıs ayı değerlerine gerilemekte ancak diğer aylarda çok düşük doğal seviyelerine inmektedir. Bu aylarda, eriyen karların toprak yüzeyindeki demir ve kromu çözerek akarsuya kattığı anlaşılmaktadır.

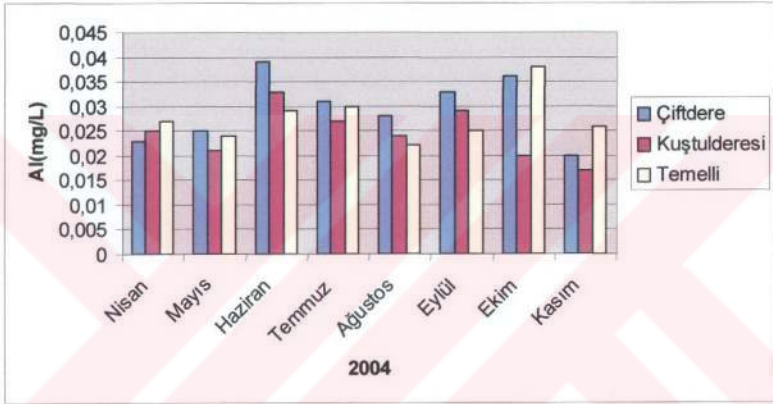


Şekil 39: İstasyonlarda aylara göre ölçülen toplam krom değerlerinin değişimi

Toprağı oluşturan bütün kil minerallerinde alüminyum oksit vardır. Ancak alüminyum oksit suda çok az çözünür. Bu nedenle doğal sularda çok az miktarlarda alüminyum bulunur.

Alüminyumun belirli bir toksik etkisi olmamasına rağmen, bazı nörolojik hastalıklara neden olduğu ileri sürülmektedir. Bu nedenle içme suları içinde 0,3 mg/L den fazla alüminyum bulunması istenilmemektedir [4,5]. Al değerleri, Haziran 2004'de Çiftdere mevkinde 0,039 mg/L ile en yüksek, Kasım 2004'de Kuşulderesi mevkinde 0,017 mg/L ile en düşük olarak ölçülmüştür.

İstasyonlardan alınan örneklerde ölçülen Al değerlerinin aylara göre çok farklılık göstermemektedir.

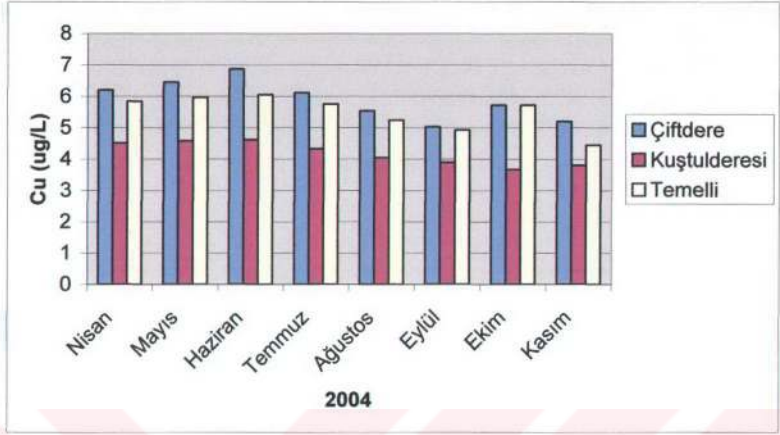


Şekil 40: İstasyonlarda aylara göre ölçülen Al değerlerinin değişimi

Bakır esas itibarı ile suya bakır minerallerinden geçer. Yetişkin bir insanda 100 mg' dan daha fazla bakır bulunur. Fazla miktarda bakır toksik etki yapar. Bakır eksikliğinde demir hareketi azalacağından kan formülü bozulur ve kansızlık meydana gelir [5].

Bu element insanda özellikle karaciğerlerde çok az miktarda (1 mg/kg) bulunur. İçme ve kullanma sularında bakırın en fazla 20 µg/L oranında bulunmasına izin verilmiştir [4]. Cu değerleri Haziran 2004'de Çiftdere mevkinde 6,87 µg/L ile en yüksek, Ekim 2004'de Kuşulderesi mevkinde 3,67 µg/L ile en düşük olarak ölçülmüştür.

İstasyonlardan alınan örneklerde ölçülen Cu değerlerinin aylara göre farklılık gösterdiği görülmektedir.

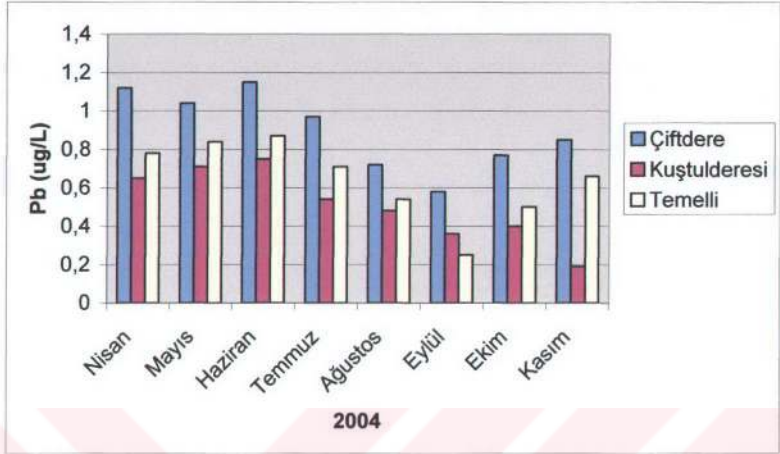


Şekil 41: İstasyonlarda aylara göre ölçülen Cu değerlerinin değişimi

Kurşun sulara çevre kirliliği nedeni ile karışır. Yanma olayları ve özellikle kurşunlu benzinin yanması sonucu atmosfere karışan kurşun çevreye dağılır ve yağış suları ile akarsulara ve yeraltı sularına karışır. Doğal sularda kurşun bulunmaz. Kurşun insan vücudu için gerekli olmayan bir elementtir, aksine toksik etkisi vardır [5].

Sularda kurşun yoğunluğunun 10 µg/L'den fazla olması istenmez [4]. Pb değerleri Haziran 2004'de Çiftdere mevkinde 1,15 µg/L ile en yüksek, Kasım 2004'de Kuşuldere mevkinde 0,19 µg/L ile en düşük olarak ölçülmüştür.

İstasyonlardan alınan örneklerde ölçülen Pb değerlerinin aylara göre farklılık gösterdiği ortaya çıkmaktadır.

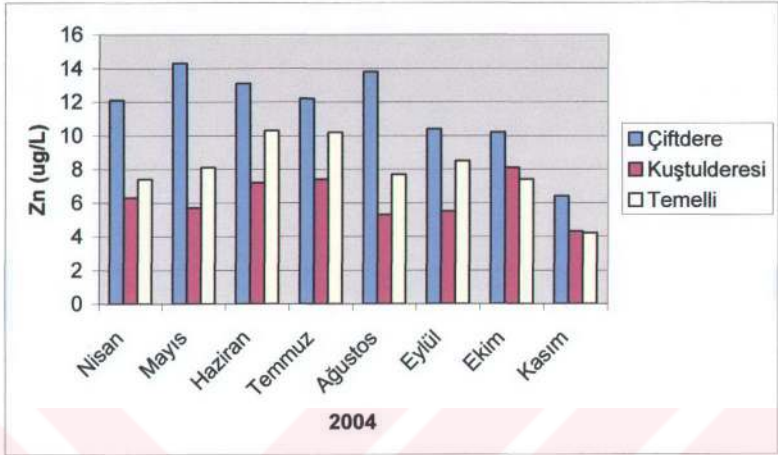


Şekil 42: İstasyonlarda aylara göre ölçülen Pb değerlerinin değişimi

Çinko bileşikleri suda az çözünür. Doğal sularda çinko konsantrasyonu genellikle 0,05 mg/L den daha düşüktür. Çinko suya daha çok galvanizleme ve metalurji sanayi atık sularından girer. Çinko insan vücudu için mutlaka gerekli olan bir elementtir. Enzimlerin ve hormonların bileşenlerinden biridir. Çinko eksikliği bazı hastalıklara neden olur [5].

Çinko çok az miktarda (25-30 mg/kg) insan vücudunda da bulunur. İçme ve kullanma sularında çinko miktarının 200 µg/L'yi geçmesi istenmez [4]. Zn değerleri Mayıs 2004'de Çiftdere mevkinde 14,3 µg/L ile en yüksek, Kasım 2004'de Temelli mevkinde 4,2 µg/L ile en düşük olarak ölçülmüştür.

İstasyonlardan alınan örneklerde ölçülen Zn değerlerinin aylara göre farklılık gösterdiği gözlenmektedir.

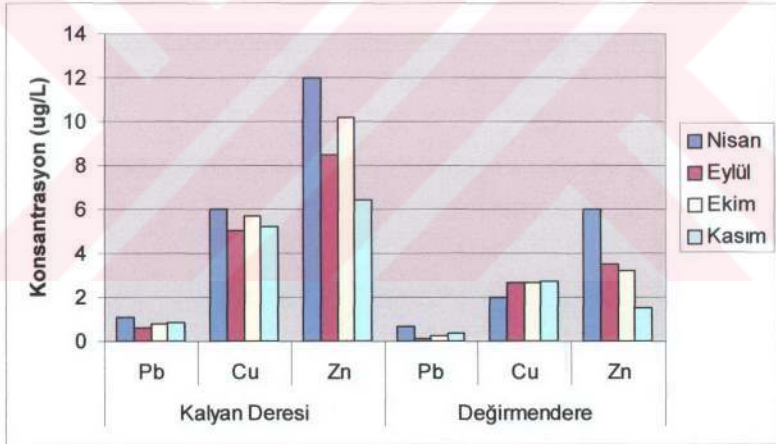


Şekil 43: İstasyonlarda aylara göre ölçülen Zn değerlerinin değişimi

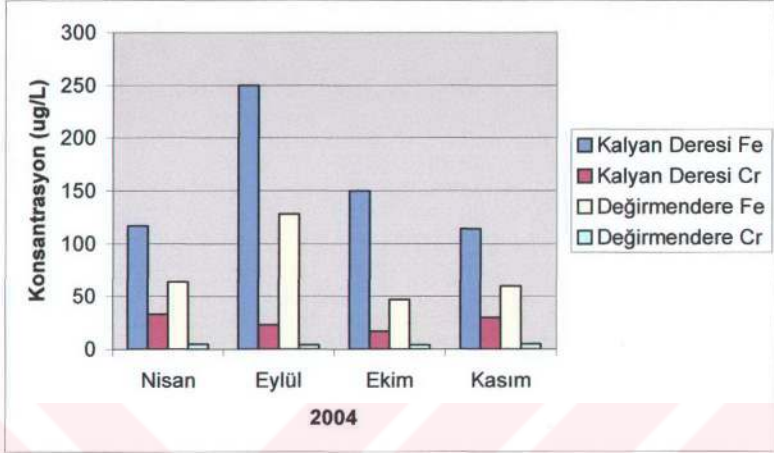
Değirmendere ve Kalyan Deresi'nden Nisan-2004 de alınan ham su örneklerinin karşılaştırdığımızda (Tablo 35) Kalyan Deresi'nin Bulanıklık, orto fosfat (o-PO_4^{3-}), Fe, Cr, Cu, Pb ve Zn parametrelerinin Değirmendere'den daha yüksek olduğu; pH, elektriksel iletkenlik, toplam sertlik, nitrit azotu (NO_2^- -N), nitrat azotu (NO_3^- -N), amonyum Azotu (NH_4^+ -N) ve deterjan parametrelerinin ise Değirmendere'de daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Değirmendere ve kollarının Maçka ilçe merkezi dahil birçok yerleşim merkezinden ve Değirmendere Havzasındaki birçok tarım alanından geçtiğinden belirtilen parametrelerin Kalyan Deresi'nden daha yüksek çıkması doğaldır. Kalyan Deresi'nin bu parametreler açısından Değirmendere'ye nazaran daha iyi olduğu ifade edilebilir. Bununla birlikte Kalyan Deresi'nin Fe, Cr, Cu, Pb ve Zn gibi bazı ağır metal değerlerinin Değirmendere'den daha yüksek olmasının en büyük nedeni olarak; Kalyan Deresi havzasında Trabzon'un 45 km güneyinde Maçka ilçesine bağlı Gümüşki mevkiindeki maden ocakları işletmeciliği (Şekil 3) gösterilebilir. Değirmendere ve Kalyan Deresi'ni aylara göre ağır metal yönünden mukayese ettiğimizde (şekil 44 ve şekil 45), Kalyan Deresi'nin Nisan ayında demir bakımından yaklaşık 2 kat, krom bakımından yaklaşık 7 kat, bakır bakımından 3 kat, kurşun bakımından 2 kat ve çinko bakımından 2 kat, Eylül

ayında demir bakımından yaklaşık 2 kat, krom bakımından yaklaşık 6 kat, bakır bakımından 2 kat, kurşun bakımından 3 kat ve çinko bakımından 3 kat, Ekim ayında demir bakımından yaklaşık 3 kat, krom bakımından yaklaşık 4 kat, bakır bakımından 2 kat, kurşun bakımından 3 kat ve çinko bakımından 3 kat ve Kasım ayında ise demir bakımından yaklaşık 2 kat, krom bakımından yaklaşık 6 kat, bakır bakımından 2 kat, kurşun bakımından 3 kat ve çinko bakımından 4 kat Değirmendere'den daha fazla ağır metal yüküne sahip olduğu görülmektedir. Her ne kadar Kalyan Deresi'nden ölçülen bu değerler içme suyu standartlarının altında olsa da, 1984 yılından beri çalışan bu maden ocakları, nehrin ağır metal yükünü artırıp, gelecekte Trabzon'a içme suyu kaynağı olmak gibi büyük bir sorumluluk yüklenmiş bir nehrin, ağır metal yönünden giderek kirlenmesine ve Kalyan Deresi için düşünülen Sürdürülebilir Akarsu kavramının tehlikeye düşmesine sebep olabilir.



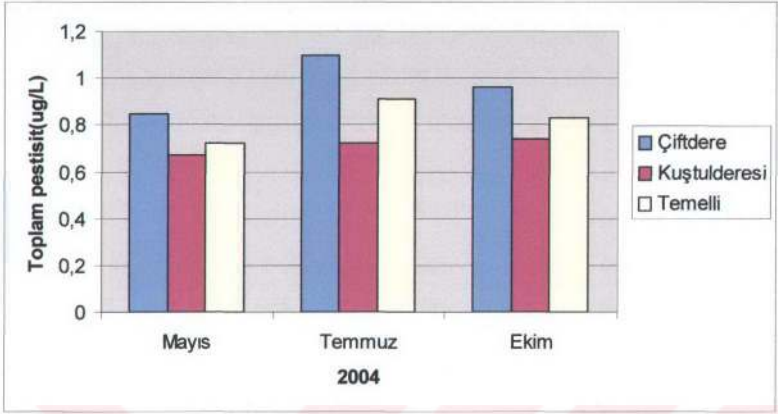
Şekil 44: Kalyan Deresi ile Değirmendere'nin Pb, Cu ve Zn yönünden aylara göre Karşılaştırılması



Şekil 45. Kalyan Deresi ile Değirmendere'nin Cr ve Fe yönünden aylara göre Karşılaştırılması

Gerek zirai ilaçlamalardan gerekse suni gübrelerden toprağa karışan pestisitler, yağmur ve rüzgarın etkisi ile yakındaki içme ve kullanma sularına ulaşmaktadır. Pestisitler insanlara ya suyun içilmesiyle ya da su içindeki canlıların yenilmesi yoluyla geçebilir. İnsan vücudunda hemen ortaya çıkan kronik bir etkiye sahip değildirler, aksine insan vücudundaki yağ dokularında birikirler ve zaman içerisinde tamiri çok zor olan hasarlara yol açarlar. İçme ve kullanma sularında toplam olarak 1 $\mu\text{g/L}$ 'den fazla miktarda pestisit bulunmasına izin verilmez [4]. Araştırma süresince elde edilen verilere göre; toplam pestisit değerleri, Temmuz 2004'de Çiftidere mevkinde 1,10 $\mu\text{g/L}$ ile en yüksek, Mayıs 2004'de Kuşulderesi mevkinde 0,67 $\mu\text{g/L}$ ile en düşük olarak ölçülmüştür.

İstasyonlardan alınan örneklerde ölçülen toplam pestisit değerlerinin aylara göre farklılık gösterdiği gözlenmektedir.



Şekil 46: İstasyonlarda aylara göre ölçülen toplam pestisit değerlerinin değişimi

Kalyan Deresi'nin QUAL 2E matematiksel modelleme sistemi ile modellenmesiyle oluşan grafiklerde verilen değişimler, model segmentlerine herhangi bir müdahale olmadan, derenin fizikokimyasal değerlerinin uzun yıllar ortalamaları dikkate alınarak belirlenmiştir. Yapılması düşünülen tesis veya projelerin deredeki olası değişimlerine örnek olarak, Kalyan vadisi üzerinde şu anda kurulu olmayan bir yerleşim merkezinin ve bir şantiye sahasının kurulduğunu varsayarak model çalıştırılmış ve normalde bu tesisler yokken ölçülen ve şekil 48'de gösterilen sıcaklık-DO grafiğinin nasıl değiştiği (şekil 49), BOİ 5 – sıcaklık etkileşimi (şekil 47) ve NO_3^- -N, NO_2^- -N, NH_4^+ -N, ORG-N parametrelerinin nehir boyunca mevcut olan tesis ve yerleşim merkezlerinden nasıl etkilendiği incelenmiştir (şekil 50). Böylece deredeki çözünmüş oksijen miktarındaki değişimler gözlenebilmiştir. Bu sayede dere içerisinde oluşan farklılıklar tanımlanabilmekte, olası etkiler gözlenebilmekte ve bu şekilde gerekli müdahaleler yapılabilmektedir.

Şekil 47'de sıcaklık eğrisi, Yerleşim Merkezi segmentlerinden düşük bir eğimle geçtikten sonraki 1.'nci Şantiye tesisinin bulunduğu bölümde belirli bir noktaya kadar arttığı görülmektedir. 1.'nci Şantiye tesisinin takriben Tarım Alanının bulunduğu kısımda 2.'nci Şantiye tesisine kadar yine düşük bir eğimle çok az bir azalış göstermiştir. İkinci Şantiye tesisinde yine bir artış belirli bir sınıra kadar izlenmektedir.

Yerleşim Merkezi'nin bulunduğu bölümde belirli bir noktadaki sıcaklık 2 Şantiye tesisinde görülen yükselişin yarısına yakın bir seviyede düşme eğilimi göstermiştir. Şekil 47'de BOI_5 değişimine bakıldığında Yerleşim Merkezleri bölümündeki düşük eğimli bir artış 1. Şantiye bölümünde, sıcaklıktaki aynı bölümdeki artışın 2 katı kadar olduğu görülmektedir.

İkinci şantiye tesisinin bulunduğu bölüme kadar olan düşüş aynı bölümdeki sıcaklığın 3 katına yakın bir artışla yön değiştirmektedir. Bundan sonraki bölüm de sıcaklıkta görülen benzer biçimdeki bir düşüş izlenmektedir.

Model bulgularından Kalyan Deresi boyunca şekil 47'deki sıcaklık ile BOI_5 değişimi incelendiğinde, Kuşulderesi Değirmen mevkinde kurulu olan şantiye 1 ve bu gün itibari ile Kalyan Deresi Çiftidere mevkinde kurulu olmayan fakat model uyarınca kurulduğu varsayılan şantiye 2'deki sıcaklık artışı dikkat çekicidir. Şantiyelerdeki artışın, üretim faaliyetlerinden gerçekleştiği söylenebilir. Bu tesislerin ısıtılmış suları doğrudan akarsulara boşaltması ile su ortamındaki kimyasal reaksiyon hızları, enzimleri, moleküler hareketi vb. değiştirmektedir. Çözünmüş oksijen konsantrasyonu organik maddelerin ayrışmasıyla azalır; ayrışma hızı ise sıcaklığın yükselmesi ile artar ve diğer çevre şartları uygun olması halinde bakterilerin çoğalma hızları da artar. Buna bağlı olarak sıcaklık değişimleri BOI_5 değişimini de etkilemektedir ve BOI_5 sıcaklığa paralel bir davranış göstermektedir.

Birinci şantiye tesisinin hemen arkasından gelen tarım alanı, süregelen sıcaklığın etkisinin Kalyan Deresi tarafından bir nebze olsun bertaraf edilmesini sağlamakta, fakat önemli bir miktarda sıcaklık düşüşüne rastlanmamaktadır. İkinci şantiye tesisi ve bölgede Kalyan Deresi Temelli mevkinde kurulduğu varsayılan yerleşim merkezi içerisindeki işyeri ve evler sıcaklığın daha da artmasına neden olmaktadır. Su kirliliği yönetmeliğine [4] göre modeldeki kuruluşların aktiviteleri, Kalyan Deresi'nin sıcaklık için I.sınıf sınırını geçmesine neden olmamaktadır. Buna karşın BOI_5 değerleri Şantiye 1'den itibaren ikinci şantiye tesisine kadar artış göstermiştir. Özellikle şantiye tesislerinin ve kurulduğu varsayılan Yerleşim Merkezinin Kalyan Deresi'ni su kirliliği yönetmeliğindeki BOI_5 'in III. sınıfının sınırına kadar getirebilecekleri söylenebilir.

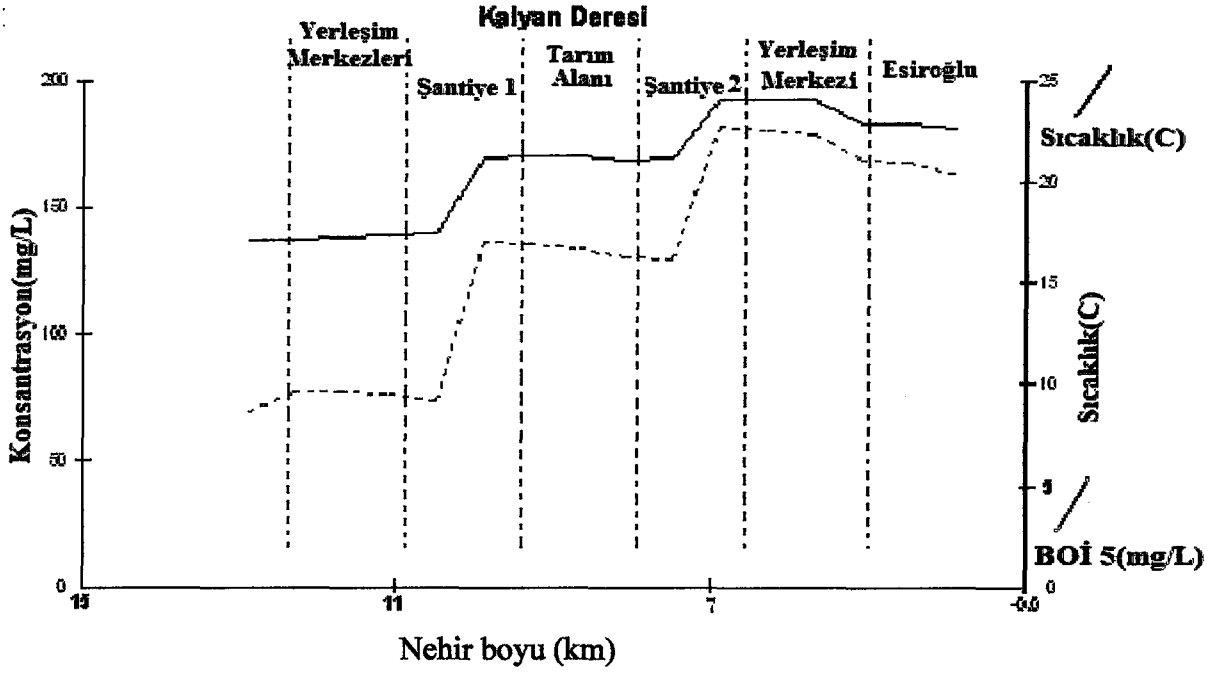
Şekil 49'da Kalyan Deresi boyunca sıcaklık-çözünmüş oksijen değişimleri görülmektedir. Bu grafiğe göre çözünmüş oksijen, sıcaklık ve nehir boyuna bağlı olarak belli bir noktaya kadar sabit bir eğimde, daha sonra ise daha düşük bir eğimde azaldığı görülmektedir. Daha sonra Kalyan Deresi üzerinde şu an varolmayan bir yerleşim merkezinin ve bir şantiye sahasının kurulduğu varsayılarak model çalıştırılmış ve şekil

49'da ki sıcaklık-çözünmüş oksijen değişimlerini gösteren grafik elde edilmiştir. Şekil 49'da ki grafikte şekil 48'de ki grafik arasındaki en bariz fark, şekil 49'da ki çözünmüş oksijen seviyesinin düşüş eğiminin, şekil 48'de olduğu gibi herhangi bir yavaşlamaya maruz kalmadan direkt olarak düşmesidir. Bu da, çözünmüş oksijen seviyesinin kurulduğu varsayılan tesis ve yerleşim merkezlerine paralel olarak düştüğü sonucunu ortaya çıkarmaktadır.

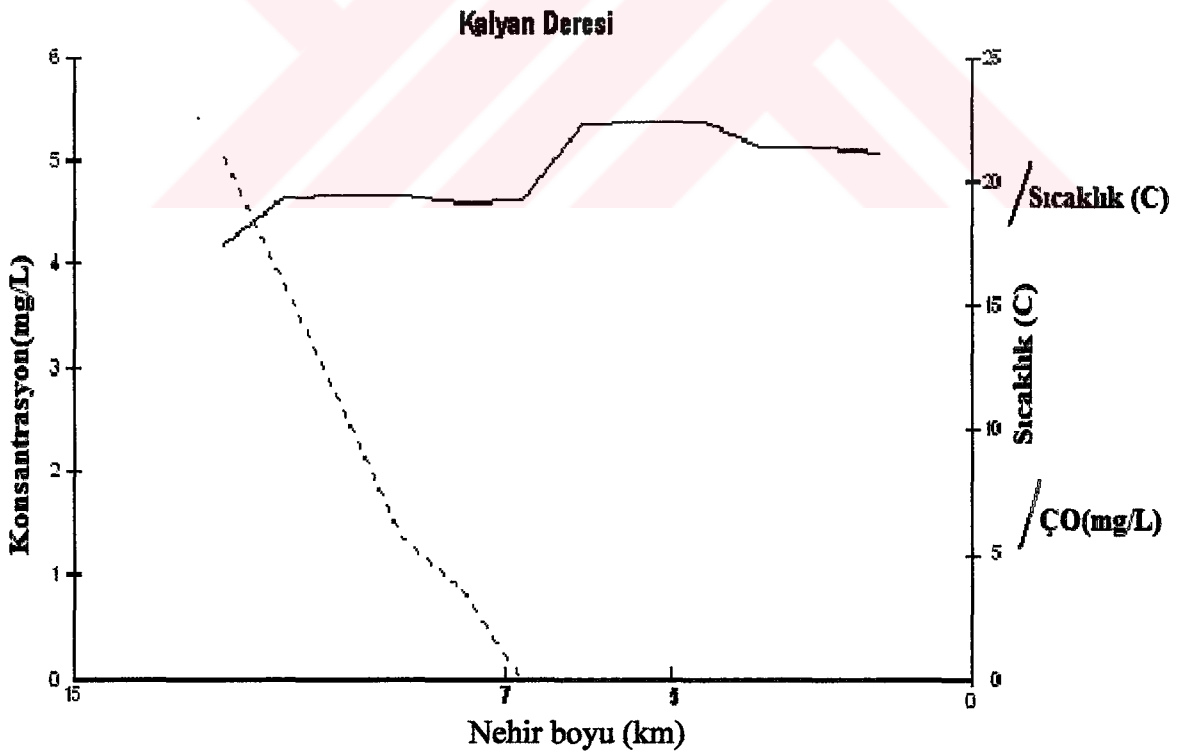
Su içerisindeki NO_3^- -N ve NH_4^+ -N değerlerinin model uyarınca kabul edilen mevcut varsayımlardan etkilenmedikleri gözlenmiştir (Şekil 50). Bu parametreler suyun doğal arıtım sürecinde normal seviyelere incekleri tespit edilmiştir. Havzadaki tarım alanlarından ve Kalyan Deresi Temelli mevkinde kurulduğu varsayılan yerleşim merkezlerinden deşarj edilen evsel ve tarımsal atıklar sayesinde ORG-N parametresinin I. sınıf kalite kriterlerine uymayacağı tespit edilmiştir. Her ne kadar suyun doğal arıtım sürecinde bir nebze olsun konsantrasyonun düşeceği gözlenirse bile, ORG-N parametresinin modelleme programı uyarınca ortaya çıkan son durumu, bu parametrenin II.sınıf kalite kriterlerine uygun olacağını göstermiştir.

Bu tahmini verilerin, doğru olup olmadığını test etmek için modelleme sonucu oluşan tahmini veriler, gerçek veriler ile karşılaştırılmıştır. Bunun için Kalyan Akarsuyu'ndan herhangi bir ayda alınan su numunesinden elde edilen veriler, Kalyan Havzası'ndaki kurulması muhtemel tesis ve yerleşim bölgeleri göz önünde bulundurularak modelleme programına okutulmuş ve olası durum gözlenmiştir. Modelleme sonucu oluşan tahmini verilerin, gerçek veriler ile yani gerçekten de günümüzde sözü edilen tesis ve yerleşim bölgelerine sahip olan Değirmendere'den alınan numunelerin, laboratuvarında analiz edilmesi ile elde edilen veriler ile büyük bir uyum içerisinde olduğu gözlenmiştir. Bu durum, QUAL 2E ile yapılan modelleme sonucu oluşan tahmini verilerin güvenilirliğinin yüksek olduğunu göstermektedir.

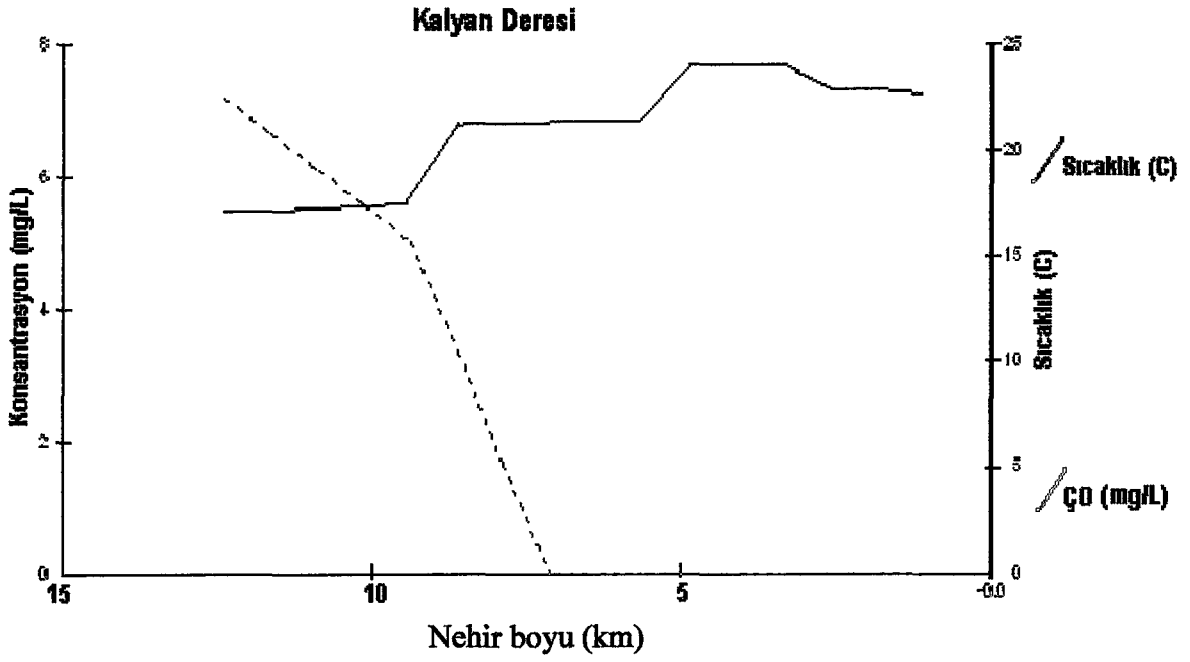
Bu şekilde, şayet gelecekte bölgede ek şantiye sahaları ve yerleşim bölgeleri kurulduğu takdirde Kalyan Deresi üzerinde nasıl bir etki yaratabileceği önceden ve pahalı araştırmalara gerek kalmadan gözler önüne serilmiş olur.



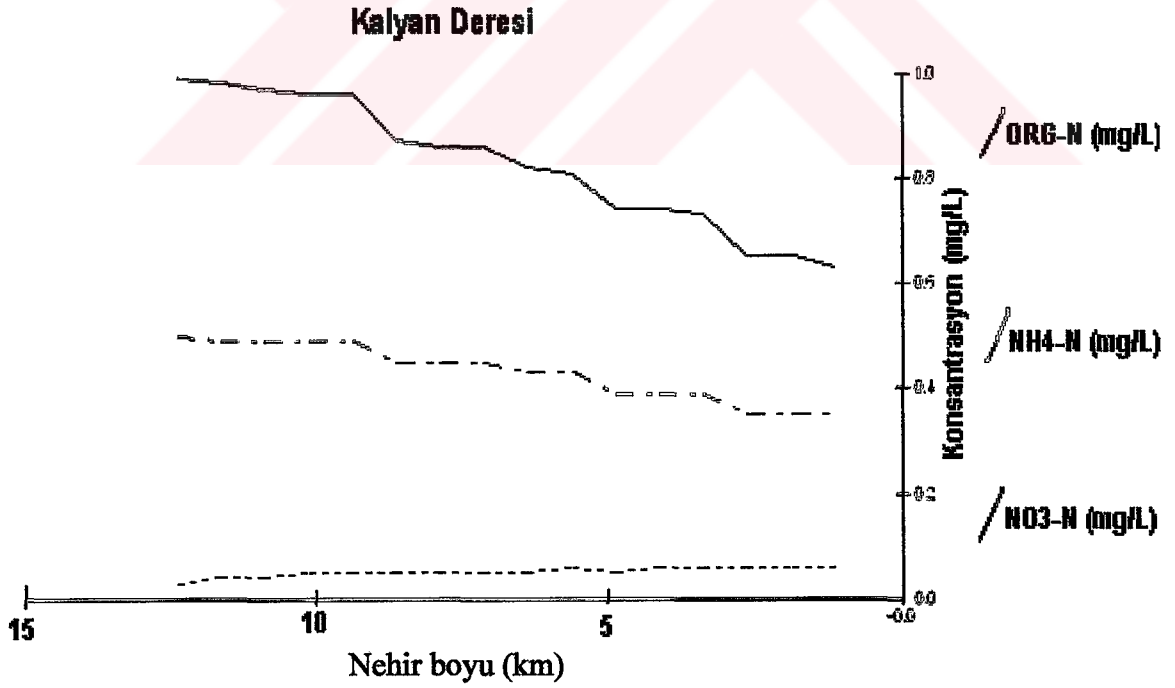
Şekil 47: Nehir boyunca sıcaklık ile BOİ değerlerinin değişimi



Şekil 48: Nehir boyunca sıcaklık - ÇO değerlerinin değişimi



Şekil 49: Nehrin değişen sıcaklık - ÇO değerleri



Şekil 50: Nehir boyunca NO₃-N, NH₄-N ve ORG-N değerlerinin değişimi

5. SONUÇLAR

Nisan 2004 – Kasım 2004 tarihleri arasında Kalyan Havzasındaki Kuşulderesi Değirmen, Kalyan Deresi Çiftdere ve Kalyan Deresi Temelli mevkilerinden ayda bir olarak alınan numunelerden elde edilen sonuçlar Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne göre sınıflandırılmıştır. Buna göre;

Su sıcaklığı bulgularına göre, çalışma süresince Kuşulderesi Değirmen, Kalyan Deresi Çiftdere ve Kalyan Deresi Temelli mevkilerinden alınan su numunelerinin hepsinin I. sınıf kalite değerine sahip oldukları görülmüştür.

pH bulgularına göre; çalışma süresince Kuşulderesi Değirmen, Kalyan Deresi Çiftdere ve Kalyan Deresi Temelli mevkilerinden alınan su numunelerinin hepsinin I. sınıf kalite değerlerine sahip oldukları görülmüştür.

Elektiriksel İletkenlik bulgularına göre; çalışma süresince Kuşulderesi Değirmen, Kalyan Deresi Çiftdere ve Kalyan Deresi Temelli mevkilerinden alınan su numunelerinin hepsinin I. sınıf kalite değerine sahip oldukları görülmüştür.

Bulanıklık bulgularına göre; Kuşulderesi Değirmen mevkisinden alınan numunelerin Nisan, Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında III. sınıf kalite değerlerine; Ağustos, Eylül, Ekim ve Kasım aylarında ise I. sınıf kalite değerlerine sahip oldukları, Kalyan Deresi Çiftdere mevkisinden alınan numunelerin Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında III. sınıf kalite değerlerine; Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim ve Kasım aylarında ise I. sınıf kalite değerlerine sahip oldukları ve Kalyan Deresi Temelli mevkilerinden alınan su numunelerinin ise Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında III. sınıf kalite değerlerine; Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim ve Kasım aylarında ise I. sınıf kalite değerlerine sahip oldukları görülmüştür.

Kjeldahl Azotu bulgularına göre; çalışma süresince Kuşulderesi Değirmen, Kalyan Deresi Çiftdere ve Kalyan Deresi Temelli mevkilerinden alınan su numunelerinin hepsinin I. sınıf kalite değerine sahip oldukları görülmüştür.

Amonyum Azotu ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) bulgularına göre; çalışma süresince Kuşulderesi Değirmen, Kalyan Deresi Çiftdere ve Kalyan Deresi Temelli mevkilerinden alınan su numunelerinin hepsinin I. sınıf kalite değerine sahip oldukları görülmüştür.

Nitrit Azotu ($\text{NO}_2^-\text{-N}$) bulgularına göre; Kuşulderesi Değirmen mevkisinden alınan numunelerin sadece Nisan ayında I. sınıf kalite değerine sahip olduğu, Mayıs, Haziran

Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim ve Kasım aylarında II. sınıf kalite değerlerine sahip olduğu; Kalyan Deresi Çiftdere ve Kalyan Deresi Temelli mevkilerinden alınan su numunelerinin hepsinin ise çalışma süresince II. sınıf kalite değerine sahip oldukları görülmüştür.

Nitrat Azotu (NO_3^- -N) bulgularına göre; çalışma süresince Kuşulderesi Değirmen, Kalyan Deresi Çiftdere ve Kalyan Deresi Temelli mevkilerinden alınan su numunelerinin hepsinin I. sınıf kalite değerine sahip oldukları görülmüştür.

Çözünmüş Oksijen bulgularına göre; çalışma süresince Kuşulderesi Değirmen, Kalyan Deresi Çiftdere ve Kalyan Deresi Temelli mevkilerinden alınan su numunelerinin hepsinin I. sınıf kalite değerine sahip oldukları görülmüştür.

Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı bulgularına göre; çalışma süresince Kuşulderesi Değirmen, Kalyan Deresi Çiftdere ve Kalyan Deresi Temelli mevkilerinden alınan su numunelerinin hepsinin I. sınıf kalite değerine sahip oldukları görülmüştür.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı bulgularına göre; çalışma süresince Kuşulderesi Değirmen, Kalyan Deresi Çiftdere ve Kalyan Deresi Temelli mevkilerinden alınan su numunelerinin hepsinin I. sınıf kalite değerine sahip oldukları görülmüştür.

Orto fosfat ($\text{O} - \text{PO}_4^{3-}$) bulgularına göre; Kuşulderesi Değirmen mevkisinden alınan su numunelerinin Nisan, Mayıs, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında III.sınıf kalite değerine, Kasım ayında II. sınıf kalite değerine ve Haziran ayında IV. sınıf kalite değerine sahip oldukları; Kalyan Deresi Çiftdere mevkisinden alınan su numunelerinin Nisan, Mayıs, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında III.sınıf kalite değerine, Kasım ayında II. sınıf kalite değerine ve Haziran ayında IV. sınıf kalite değerine sahip oldukları ve Kalyan Deresi Temelli mevkilerinden alınan su numunelerinin ise Nisan, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında III.sınıf kalite değerine, Kasım ayında II. sınıf kalite değerine ve Mayıs, Haziran aylarında IV. sınıf kalite değerine sahip oldukları tespit edilmiştir.

Su sertliği bulgularına göre; Kuşulderesi Değirmen mevkisinden alınan su numunelerinin Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında yumuşak su sınıfına girdikleri, Kasım ayında ise orta sert su sınıfına girdiği; Kalyan Deresi Çiftdere mevkisinden alınan su numunelerinin Nisan, Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında yumuşak su sınıfına, Ağustos, Eylül Ekim ve Kasım aylarında orta sert su sınıfına girdikleri ve Kalyan Deresi Temelli mevkilerinden alınan su numunelerinin ise

Nisan, Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında yumuşak su sınıfına, Ağustos, Eylül Ekim ve Kasım aylarında orta sert su sınıfına girdikleri tespit edilmiştir.

Deterjan bulgularına göre; çalışma süresince Kuşulderesi Değirmen, Kalyan Deresi Çiftidere ve Kalyan Deresi Temelli mevkilerinden alınan su numunelerinin hepsinin III. sınıf kalite değerine sahip oldukları görülmüştür.

Toplam krom bulgularına göre; Kuşulderesi Değirmen mevkisinden alınan su numunelerinin Nisan, Eylül ve Ekim aylarında I.sınıf kalite değerine, Ağustos ve Kasım aylarında II. sınıf kalite değerine ve Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında III. sınıf kalite değerine sahip oldukları; Kalyan Deresi Çiftidere mevkisinden alınan su numunelerinin Nisan, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında I.sınıf kalite değerine, Kasım ayında II. sınıf kalite değerine ve Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında III. sınıf kalite değerine sahip oldukları ve Kalyan Deresi Temelli mevkilerinden alınan su numunelerinin ise Eylül ve Ekim aylarında I.sınıf kalite değerine, Nisan, Ağustos ve Kasım aylarında II. sınıf kalite değerine ve Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında III. sınıf kalite değerine sahip oldukları tespit edilmiştir.

Toplam demir bulgularına göre; Kuşulderesi Değirmen mevkisinden alınan su numunelerinin Mayıs ve Haziran aylarında II. sınıf kalite değerine, Nisan, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim ve Kasım aylarında I. sınıf kalite değerine sahip oldukları; Kalyan Deresi Çiftidere mevkisinden alınan su numunelerinin Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında II. sınıf kalite değerine, Nisan, Ağustos, Eylül Ekim ve Kasım aylarında I. sınıf kalite değerine sahip oldukları ve Kalyan Deresi Temelli mevkilerinden alınan su numunelerinin ise Mayıs ve Haziran aylarında II. sınıf kalite değerine, Nisan, Temmuz, Ağustos, Eylül, Ekim ve Kasım aylarında I. sınıf kalite değerine sahip oldukları tespit edilmiştir.

Alüminyum bulgularına göre; çalışma süresince Kuşulderesi Değirmen, Kalyan Deresi Çiftidere ve Kalyan Deresi Temelli mevkilerinden alınan su numunelerinin hepsinin I. sınıf kalite değerine sahip oldukları görülmüştür.

Cu bulgularına göre; çalışma süresince Kuşulderesi Değirmen, Kalyan Deresi Çiftidere ve Kalyan Deresi Temelli mevkilerinden alınan su numunelerinin hepsinin I. sınıf kalite değerine sahip oldukları görülmüştür.

Pb bulgularına göre; çalışma süresince Kuşulderesi Değirmen, Kalyan Deresi Çiftidere ve Kalyan Deresi Temelli mevkilerinden alınan su numunelerinin hepsinin I. sınıf kalite değerine sahip oldukları görülmüştür.

Zn bulgularına göre; çalışma süresince Kuşulderesi Değirmen, Kalyan Deresi Çiftidere ve Kalyan Deresi Temelli mevkilerinden alınan su numunelerinin hepsinin I. sınıf kalite değerine sahip oldukları görülmüştür.

Halen Trabzon kenti içme ve kullanma suyu olarak kullanılan Değirmendere suyunda bazı parametrelerin (pH, elektriksel iletkenlik, toplam sertlik, nitrit azotu (NO_2^- -N), nitrat azotu (NO_3^- -N), amonyum Azotu (NH_4^+ -N), deterjan) Kalyan Akarsuyuna nazaran daha yüksek değerlere ulaşmasına rağmen bazı ağır metaller (Fe, Cr, Cu, Pb, Zn) açısından ise Kalyan Akarsuyunun Değirmendere'ye nazaran daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bunun için, gelecekte içme ve kullanma suyu olarak kullanılacak olan Kalyan akarsuyu havzasındaki yerleşme, tarım ve maden işletmeciliği gibi faaliyetler tekrar gözden geçirilmelidir.

Pestisit bulgularına göre; çalışma süresince Kuşulderesi Değirmen, Kalyan Deresi Çiftidere ve Kalyan Deresi Temelli mevkilerinden alınan su numunelerinin hepsinin I. sınıf kalite değerine sahip oldukları görülmüştür.

Kalyan akarsuyunun QUAL 2E ile modellenmesi sonucunda, bölgede şu anda kurulu olan ve gelecekte kurulması muhtemel olan bazı tesis ve yerleşim bölgelerinden suyun; sıcaklık, NO_3^- -N ve NH_4^+ -N gibi parametrelerinin etkilenmeyeceği yani başlangıçta kötü olan seviyelerinin suyun doğal artımı sürecince tekrar I. sınıf su kalite değerlerine ineceği görülmüştür. Fakat suyun; BOİ, ÇO ve Org-N gibi sudaki canlı yaşamı için son derece önemli olan parametrelerinin bu tesis ve yerleşim bölgelerinden etkileneceği görülmüştür. Gelecekte, Kalyan Havzasında şayet ek tesis ve yerleşim bölgeleri kurulacak olursa suyun; BOİ ve ÇO parametreleri III. sınıf kalite değerlerine, Org-N parametresi ise II.sınıf kalite değerlerine sahip olacağı tespit edilmiştir.

Matematiksel modeller genel olarak kütle korunumu prensiplerine dayanmaktadırlar. Bu çalışmada, 13 ayrı parametre için kütle korunumu uygulanarak oluşturulmuş bir model olan EPA'nın QUAL 2E hazır paket programı kullanılmıştır. Trabzon Kalyan Deresinden alınan örneklerin analiz sonuçları mevcut modele uygulanarak model parametrelerinin değerleri hesaplanmış olup, gerçek ve tahmini değerler arasında korelasyonun iyi olduğu gözlenmiştir.

6. ÖNERİLER

Bu çalışmada, Trabzon ilinin içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılaması için kurulmakta olan Atasü barajını besleyecek olan Kalyan Akarsuyunun üzerinde belirlenen üç istasyondan alınan su örneklerinin fiziksel ve kimyasal analizleri gerçekleştirilmiş ve toplam sertlik (TH), bulanıklık (NTU), orta fosfat (o-PO_4^{-3}), deterjan (MBAS), toplam krom parametrelerinin bazı aylardaki seviyelerinin normal içme suyu standart değerlerini aştığı görülmüştür. Bu parametreler haricindeki diğer parametrelerin konsantrasyonlarının, standart değerlerin altında seyrettikleri ve “Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterlerinin” I. ve II. Kalite su sınıflarına girdikleri tespit edilmiştir.

Bölgenin eğimli olması ve iklimin çok yağışlı olması yüzünden suya toprak ve çeşitli maddeler taşınarak bulanıklık meydana gelmektedir. Bu sebeple, erozyona maruz kalan bölgelerin ve yamaçların koruma altına alınması, tarımsal faaliyetlerin erozyona neden olmayacak şekilde düzenlenmesi ve bozuk mera niteliğindeki alanların iyileştirilmesi gerekmektedir. En önemlisi eğimin fazla olduğu tarıma uygun olmayan alanlarda erozyonu önlemek için, bölge insanı ağaç dikmeye teşvik edilmelidir. Ayrıca erozyon ile derelere taşınan maddelerin miktarlarını azaltmak için gerekli yerlerde teraslama yapılmalıdır.

Bölgede bulunan yerleşim birimlerinin kanalizasyonlarının doğrudan barajı besleyen derelere verilmesi kesinlikle önlenmelidir. Bunun gerçekleşmesi için ilgili kuruluşlarca gerekli önlemler alınarak deşarj suları, kurulacak küçük arıtma tesislerinde arıtıldıktan sonra derelere verilmeli yada sızdırmaz tip fosseptik çukurları inşa edilerek buralardan tarım yapılan sahalara taşınmalıdır. Ayrıca bölge tarımında kullanılan azotlu ve fosforlu gübreler sulara önemli bir kirlilik etmenini oluştururlar. İnsanlar için aşırısı çok tehlikeli olan fosfor daha sulara gelmeden kontrol altına alınabilmelidir. Gübreleme yapılmadan önce bölge insanı bu konu hakkında ciddi bir şekilde bilgilendirilmelidir.

Yapılan bu araştırma da kullanılan ve Kalyan Deresi’ne tam uyum gösteren QUAL2E model programı ve bu programa benzer diğer matematiksel model programlar sayesinde, Kalyan Deresi üzerinde kurulması düşünülen tesislerin olası etkileri ayrıntılı ve uzun takipli araştırmaya gerek kalmaksızın kolay bir şekilde belirlenebilir. Ayrıca nehir üzerindeki herhangi bir segmentte meydana gelen olumsuzluklar ve kaynakları o anda

alınacak tek bir parametre ile belirlenebilecektir. Ayrıca nehrin tamamında oluşabilecek olası ani değişikliklerde gerekli önlemlerin alınmasında katkı sağlanmış olacaktır. Bu yüzden, gelecekte nehir suyu kalitesinin hangi boyutta olacağını gösterip, ona göre gerekli önlemleri almamızı sağlaması bakımından son derece önemli olan bu tip modelleme programlarının kullanımı teşvik edilmeli ve yaygınlaştırılmalıdır.

Atasu Barajı çevresinin kısa, orta ve uzun mesafe koruma kuşakları ilan edilerek koruma altına alınmalı ve bu bölgelerde kontrollü tarıma ve yerleşime müsaade edilmelidir. En önemlisi Değirmendere dahil tüm havzanın sürdürülebilir akarsu yönetim modeli oluşturularak şimdiki ve gelecekteki kuşakların sağlıklı su ihtiyacı karşılanmalıdır.



7. KAYNAKLAR

1. Karakılçık, Y., Erkul, H., Sürdürülebilir Akarsu Yönetimi ve Tersine Akan Nehir Asi, Detay Yayıncılık, Ankara, 2002.
2. Türkman, A., Yaşanabilir Bir Çevre İçin, İzmir Ticaret Odası Yayını, Yayın No:45, İzmir, 1998.
3. TS 266, Sular-İçme ve Kullanma Suları, Nisan 1997.
4. T.C.Resmi Gazete, 1988, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği .
5. Yalçın, H., Gürü, M., Su Teknolojisi, Palme Yayıncılık, Yayın No :204, Ankara, Mart, 2002.
6. Bozyiğit, R., Karaarslan, T., Çevre Bilgisi Kitabı, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara,1998.
7. Gültekin, Y., Torul, O., Serin, S., Endüstriyel Kimya-1 Laboratuvarı, Seri No: 4, Trabzon, 1987.
8. Giritöğlu, T., İçme Suyu Kimyasal Analiz Metotları, İller Bankası Yayınları, 1975.
9. Özdemir, H. İ., Genel Anorganik ve Teknik Kimya, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul, 1981.
10. Doğan, M., Karadeniz Bölgesinde Su Kirliliğine Sebep Olan Faktörlerin Belirlenmesi ve Su Ürünlerinin Etkilerinin Araştırılması, T.O.K.B., Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Trabzon, 1991.
11. Erden, A. B., Çağımız ve Çevre Kirliliği, Kadıoğlu Matbaası, Ankara, 1990.
12. Stanley, E. M., Environmental Chemistry, Lewis Publishers, Seventh Edition, CRC Press, New York, 2000.
13. Muslu.M., Su Temini ve Çevre Sağlığı, Cilt: 3, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 1985.
14. Akman, Y., Ketenöğlu, O., Evren, H., Kurt, L., Düzenli, S., Çevre Kirliliği (Çevre Biyolojisi), Palme Yayıncılık, Yayın No :166, Ankara, 2000.
15. Yalçınalp, B., Türkiye Jeoloji Bülteni, C. 40, Sayı 1, 57-64, Şubat, 1997.
16. Akçay, M., Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7-2-2003, Özel Sayı, 233-244.
17. Günay , K., Yaprak, Ö.B., 1998, Esiroğlu Belde Belediyesi Çevresel Etki Değerlendirilmesi Nihai Raporu, T.C.Çevre Bakanlığı, Trabzon.

18. Dayı, A.,1996, Değirmendere Havzası Yüzey Sularında Bazı İnorganik Kimyasal Parametrelerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
19. Kılıçarslan, A., 1994, Trabzon-Değirmendere Havzasının Beşeri ve İktisadi Coğrafya Özellikleri, Doktora Tezi, A.Ü. Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum.
20. DSİ 22. Bölge Müdürlüğü, Etüt ve Plan Şube Müdürlüğü Rasatlar Başmühendisliği Trabzon,2004.
21. Snape, J.B., I.J., Dunn, J., Ingham, J.E., Prenosil, 1995, River and Stream Modelling(River – Dissolved Oxygen and BOD Dynamic Profiles along a River), DynamicsOf Environmental Bioprocesses, Newyork, Vch.
22. Ensar, O., Erzurum Karasu Nehri Kirlilik Parametrelerinin Matematik Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Teknolojisi Anabilim Dalı, Erzurum.
23. Ger, M., 1976, Deniz Kirlenmesi ve Atık Suların Denize Deşarjı, Jet Yayılması ve Kütle Dengesi Denklemi, Bölüm 3/6, Ulusal Denize Deşarj Kısa Kurs Notları, ODTÜ, Ankara.
24. Uslu, B., Türkmen, A., 1987, Su Kirliliği ve Kontrolü, T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları, Eğitim Dizisi, Ankara.
25. Özkan, S., 1986, İki Boyutlu Navier-Stokes Denklemlerinin Sayısal Çözümü, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, s6.
26. Özçoban, Ş., 1998, Doğu Karadeniz Bölgesindeki Solaklı Deresinin Hidrodinamik Modeli, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
27. Linfield C. Brown and Thomas O. Barnwell, Jr.,The Enhanced Stream Water Quality Models Qual 2E and Qual 2E- Uncas: Documentation and User Manual, EPA/600/3-87/007, May 1987.
28. Türk Çevre Mevzuatı Cilt:2, Türkiye Çevre Vakfı Yayını, Ankara, Haziran 1992.
29. TS 2536, Suyun Analiz Metotları Numune Alma, Şubat 1977.
30. EPA, Methods For Chemical Analysis Of Water and Wastes, Washington, 1983.
31. Anonim, Su Analiz Metotları, DSİ Basım ve Foto Film İşletme Müdürlüğü Matbaası, Ankara, 1981.
32. Baltacı, F., Su Analiz Metotları, İçme Suyu ve Kanalizasyon Daire Başkanlığı, Ankara 2000.

33. TS 2237, Açık Kanallarda Sıvı Akımı Ölçümü-Kepçeli ve Pervaneli Mulineler, Şubat 1976.
34. Arnold E. Greenberg, Lenore S. Clesceri, Andrew D. Eaton, APHA, WEF, AWWA, Standart Methods For The Examination Of Water and WasteWater, Page: 2-36, 18 TH Edition, 1992.
35. Arnold E. Greenberg, Lenore S. Clesceri, Andrew D. Eaton, APHA, WEF, AWWA, Standart Methods For The Examination Of Water and WasteWater, Page: 4-87, 18 TH Edition, 1992.
36. Arnold E. Greenberg, Lenore S. Clesceri, Andrew D. Eaton, APHA, WEF, AWWA, Standart Methods For The Examination Of Water and WasteWater, Page: 4-85, 18 TH Edition, 1992.
37. Arnold E. Greenberg, Lenore S. Clesceri, Andrew D. Eaton, APHA, WEF, AWWA, Standart Methods For The Examination Of Water and WasteWater, Page: 4-80, 18 TH Edition, 1992.
38. Arnold E. Greenberg, Lenore S. Clesceri, Andrew D. Eaton, APHA, WEF, AWWA, Standart Methods For The Examination Of Water and WasteWater, Page: 4-95, 18 TH Edition, 1992.
39. Arnold E. Greenberg, Lenore S. Clesceri, Andrew D. Eaton, APHA, WEF, AWWA, Standart Methods For The Examination Of Water and WasteWater, Page: 4-115, 18 TH Edition, 1992.
40. Arnold E. Greenberg, Lenore S. Clesceri, Andrew D. Eaton, APHA, WEF, AWWA, Standart Methods For The Examination Of Water and WasteWater, Page: 5-36, 18 TH Edition, 1992.
41. Arnold E. Greenberg, Lenore S. Clesceri, Andrew D. Eaton, APHA, WEF, AWWA, Standart Methods For The Examination Of Water and WasteWater, Page: 4-98, 18 TH Edition, 1992.
42. Arnold E. Greenberg, Lenore S. Clesceri, Andrew D. Eaton, APHA, WEF, AWWA, Standart Methods For The Examination Of Water and WasteWater, Page: 5-9, 18 TH Edition, 1992.
43. Arnold E. Greenberg, Lenore S. Clesceri, Andrew D. Eaton, APHA, WEF, AWWA, Standart Methods For The Examination Of Water and WasteWater, Page: 5-2, 18 TH Edition, 1992.
44. Arnold E. Greenberg, Lenore S. Clesceri, Andrew D. Eaton, APHA, WEF, AWWA, Standart Methods For The Examination Of Water and WasteWater, Page: 6-116, 18 TH Edition, 1992.

45. Arnold E. Greenberg, Lenore S. Clesceri, Andrew D. Eaton, APHA, WEF, AWWA, Standart Methods For The Examination Of Water and Waste Water, Page: 3-66, 18 TH Edition, 1992.
46. Arnold E. Greenberg, Lenore S. Clesceri, Andrew D. Eaton, APHA, WEF, AWWA, Standart Methods For The Examination Of Water and WasteWater, Page: 3-59, 18 TH Edition, 1992.
47. Arnold E. Greenberg, Lenore S. Clesceri, Andrew D. Eaton, APHA, WEF, AWWA, Standart Methods For The Examination Of Water and WasteWater, Page: 3-46, 18 TH Edition, 1992.
48. Arnold E. Greenberg, Lenore S. Clesceri, Andrew D. Eaton, APHA, WEF, AWWA, Standart Methods For The Examination Of Water and WasteWater, Page: 3-61, 18 TH Edition, 1992.
49. Arnold E. Greenberg, Lenore S. Clesceri, Andrew D. Eaton, APHA, WEF, AWWA, Standart Methods For The Examination Of Water and WasteWater, Page: 3-69, 18 TH Edition, 1992.
50. Arnold E. Greenberg, Lenore S. Clesceri, Andrew D. Eaton, APHA, WEF, AWWA, Standart Methods For The Examination Of Water and WasteWater, Page: 3-100, 18 TH Edition, 1992.
51. Boyd, C. E. ,Water Quality in Warmwayter Fish Ponds, First Priting, Auburn Universty Agricultural Experiment Station, U.S.A. , 1996.
52. Rand, M.C., Greeberg, A.E., and Tara, M.J.,Standart Methods For The Examination Of Water and Wastewater, 12. Edition APHA, AWWA, WPCF, Washington, 1975.
53. Martin, L.J., 1988, Aplication Of Two Dimensional Water Quality Model.,J. Envir. Eng, 114,317-336.
54. Vanpagee, J.A., 1986, Water Quality Modelling Of the River Rhine and Its Tributaries.Wat.Sci.Tech,16,393-406.
55. Loucks,D.P.,1981, Water Quality Models For River Systems in Models For Water Quality Management.Bismark,A.K., (ed)by, McGraw-Hill, p 300.
56. Chapman D. Water Quality Assessment. In: Chapman D on behalf of UNESCO, WHO and UNEP, London; Chapman & Hall; 1992. 585 p.
57. Hopke PK. Receptor Modeling in Environmental Chemistry. USA: Wiley; 1985.
58. Yomralioğlu, T., Akça, M.D., 1999, Çevresel Bilgi Sistemleri İçin Model-Altlık Tasarımı Trabzon Değirmendere Havzası Örneği, Yerel Yönetimlerde Kent Bilgi Sistemi Uygulamaları Sempozyumu, Trabzon.

59. Fink, J.J. (1989). Graphical Investigations with First Order Error Analysis, MS Thesis, Department Of Civil Engineering, Tuft University, Medford, MA 02155.
60. Chapra, S.C. 1997. Surface Water-Quality Modeling, McGraw-Hill, 844p.
61. Sivri, N., Köse, E., Erüz, C., Feyzioğlu, M., Değirmendere'nin Bazı Fizikokimyasal Parametrelerinin İrdelenmesi ve Modellenmesi, Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları V. Ulusal Konferansı, Türkiye Kıyıları 04 Konferansı Bildiriler Kitabı, 4-7 Mayıs 2004, Adana.
62. DSİ XXII. Bölge Müdürlüğü Kalite Kontrol ve Laboratuvarı Şube Müdürlüğü, Trabzon 2004.
63. Sivri, N., 1999, Solaklı Deresi Girdilerinin Kıyısal Pelajik Ekosisteme Etkileri, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
64. Muslu, Y., 2001, Su ve Atıksu Mühendisliği-Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü, Türkiye Su Vakfı Yayınları, 2, 17-19, İstanbul.
65. Altınyar, G., Yıldırım, S., Ertem, B., Aydoğan, F., Marmara Gölünde Su Yabancı Otları Sorunları Üzerine Çalışmalar, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara, 1994.
66. Uslu, O., Su Kirliliği ve Kontrol Yönetmeliği, İnceleme, Syf. 7-14, 1990.
67. Maçka İlçe Ziraat Müdürlüğü Yıllık Raporları, Trabzon 2004.

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında İstanbul/Şile’de doğdu. İlköğrenimini Mimar Sinan İlkokulunda, orta okulu Cumhuriyet Ortaokulunda, lise öğrenimini ise Fatih Lisesinde tamamladı. 1997 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümüne başladı. 2001 yılında lisans eğitimini tamamlayarak Kimyager unvanını aldı ve aynı yıl içerisinde Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı. Halen Karadeniz Teknik Üniversitesi Giresun Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır. Yabancı dili İngilizcedir.

