

**FELENT ÇAYI'NDA MİKRO VE MAKRO  
ELEMENTLERİN BİYOTİK VE ABİYOTİK  
ÖĞELERDE BİRİKİMLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

FATMA AKBIYIK

Yüksek Lisans Tezi

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Şubat - 2012

## JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

**Fatma Akbıyık'ın “Felent Çayı’nda Mikro ve Makro Elementlerin Biyotik ve Abiyotik Öğelerde Birikimlerinin Araştırılması” başlıklı Çevre Mühendisliği Anabilim Dalındaki, Yüksek Lisans tezi 01.02.2012 tarihinde, aşağıdaki jüri tarafından Anadolu Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.**

	<b>Adı-Soyadı</b>	<b>İmza</b>
<b>Üye (Tez Danışmanı)</b>	<b>: Doç.Dr. ARZU ÇİÇEK</b>	.....
<b>Üye</b>	<b>: Doç.Dr. RECEP BAKIŞ</b>	.....
<b>Üye</b>	<b>: Yrd.Doç.Dr. ÖZGÜR EMİROĞLU</b>	.....

**Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun**  
..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

**Enstitü Müdürü**

## ÖZET

### Yüksek Lisans Tezi

## FELENT ÇAYI'NDA MİKRO VE MAKRO ELEMENTLERİN BİYOTİK VE ABİYOTİK ÖĞELERDE BİRİKİMLERİNİN ARAŞTIRILMASI

**Fatma AKBIYIK**

**Anadolu Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Arzu ÇİÇEK  
2012, 116 sayfa**

Felent Çayı, Porsuk Çayı'nın en önemli kollarından biridir ve tarımsal ve endüstriyel su temini için kullanılmaktadır. Ayrıca havzada bulunan Eti Gümüş Tesisi'nin baskısı altındadır. Bu çalışmada, Felent Çayı üzerinde tespit edilen ve bölgeyi en iyi temsil edeceği düşünülen yedi istasyondan örnekleme yapılarak, suda bazı fizikokimyasal parametreler (sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik, tuzluluk, çözünmüş oksijen, oksijen doygunluğu, nitrit, nitrat, sülfat, fosfat ve KOİ) ile Felent Çayı'nın biyotik (*Alburnus orontis* (Sauvage, 1882), *Gobio gobio* (Linnaeus, 1758), *Lemna trisulca* L.(Duckweed), *Hirudo* sp., *Gammarus* sp. ve epipellic diatome frustulleri) ve abiyotik (su, sediment) öğelerinde bazı elementlerin konsantrasyon seviyeleri (Al, As, B, Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Cd, Cr, Pb, Ca, K, P, Na, Mg) tespit edilmiştir. Elde edilen veriler, SKKY (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği), TGK (Türk Gıda Kodeksi) kriterlerine göre değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Felent Çayı, Mikro – Makro Element, Su Kalitesi, ICP-OES

## ABSTRACT

### Master of Science Thesis

#### AN INVESTIGATION ON THE ACCUMULATIONS OF MAKRO AND MICRO ELEMENTS ON BIOTIC AND ABIOTIC COMPONENTS OF FELENT STREAM

Fatma AKBIYIK

Anadolu University  
Graduate School of Sciences  
Environmental Engineering Program

Supervisor: Asso. Prof. Dr. ARZU ÇİÇEK  
2012, 116 pages

Felent Stream is the most important branch of Porsuk Creek. It is used for the purpose such as irrigation water, industrial water supply and also the aquatic system which is under affect factory of Eti Silver Mine. This study was carried out to determine the water quality of Felent Stream according to physicochemical parameters (temperature, pH, electrical conductivity, salinity, dissolved oxygen, oxygen saturation, nitrite, nitrate, sulfate, phosphate and COD) and the level of elements (Al, As, B, Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Cd, Cr, Pb, Ca, K, P, Na, Mg) on biotic (*Alburnus orontis* ( Sauvage, 1882), *Gobio gobio* (Linnaeus, 1758), *Lemna trisulca* L.(Duckweed), *Hirudo* sp., *Gammarus* sp. and epipellic diatom frustules) and abiotic (water, sediment) components of Felent Stream. The results were evaluated according to the standarts criteria of SKKY (Water Pollution Control Regulation), TGK (Turkish Food Codex)

**Keywords:** Felent Stream, Mikro and Makro Elements, Water Quality, ICP-OES

## TEŞEKKÜR

“Felent Çayında Mikro ve Makro Elementlerin Biotik ve Abiotik Öğelerde Birikiminin İncelenmesi” isimli bu çalışma Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez çalışmam süresince yardımını ve desteğini esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. Arzu ÇİÇEK’e, arazi çalışmalarım sırasında bana yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Esengül KÖSE ve Cem TOKATLI’ya ve manevi destekleri için bütün çevre araştırma merkezi çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Beni bu günlere getiren aileme, hiçbir şekilde hakkını ödeyemeyeceğim biricik anneme, kızıma bakarak bana her zaman destek olan annem Ayşe AKBIYIK’a ve her koşulda her daim yanımda olan abim ve kardeşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Fatma AKBIYIK

Şubat, 2012

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
ABSTRACT .....	iv
TEŞEKKÜR .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xi
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>2. MİKRO VE MAKRO ELEMENTLER VE ÇEVRESEL ETKİLERİ</b>	<b>4</b>
2.1 Manganez (Mn).....	10
2.2 Krom(Cr).....	11
2.3 Nikel(Ni) .....	12
2.4 Çinko (Zn).....	13
2.5 Bakır (Cu) .....	14
2.6 Arsenik (As).....	14
2.7 Kurşun (Pb).....	15
2.8 Civa (Hg).....	16
2.9 Kadmiyum (Cd) .....	16
2.10 Bor (B) .....	18
2.11 Demir (Fe).....	19
2.12 Potasyum (K) .....	21
2.13 Magnezyum (Mg).....	21
2.14 Mangan(Mn) .....	21
2.15 Gümüş (Ag).....	21
<b>3. MATERYAL VE METOD</b>	<b>22</b>
3.1. Çalışma Alanının Tanıtımı .....	22
3.2. Arazi Çalışması ve Örneklerin Toplanması .....	26
3.3. Laboratuvar Çalışmaları.....	28
3.3.1 Fizikokimyasal Analizler .....	28

3.3.2 Kimyasal Analizler.....	28
3.4 Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analizler.....	30
<b>4. BULGULAR</b>	<b>31</b>
4.1 Suda Yapılan Analiz Sonuçları .....	31
4.1.1 Fizikokimyasal Analiz Sonuçları .....	31
4.1.2 Element Analiz Sonuçları .....	35
4.1.3. İstatistiksel Değerlendirme .....	47
4.2 Sedimentte Yapılan Analiz Sonuçları .....	59
4.2.1 Element Analiz Sonuçları .....	59
4.2.2 Kümeleme Analizi .....	70
4.3 Biyolojik Materyalde Element Analiz Sonuçları .....	79
4.3.1 Balık rneklerinde Element Analiz Sonuçları.....	79
4.3.2 Diğer Canlı rneklerinde Element Analiz Sonuçları.....	82
4.3.3 Epipelik Diyatome Frustullerindeki Element Analiz Sonuçları....	90
<b>5. TARTIŞMA, SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b>	<b>93</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>99</b>

## ÇİZELGELER DİZİNİ

2.1. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (S.K.K.Y).....	9
3.1. Çalışma alanında seçilen istasyonların özellikleri .....	27
4.1. Felent Çayı suyunda kış mevsiminde su kalite parametreleri.....	31
4.2. Felent Çayı suyunda ilkbahar mevsiminde su kalite parametreleri .....	31
4.3. Felent Çayı suyunda yaz mevsiminde su kalite parametreleri .....	32
4.4. Felent Çayı suyunda sonbahar mevsiminde su kalite parametreleri .....	32
4.5. Felent Çayı suyunda yıllık ortalama su kalite parametreleri.....	33
4.6. Felent Çayı kış mevsimi istasyonlara göre su örnekleri element analiz sonuçları(mg/L) .....	36
4.6. (Devam) Felent Çayı kış mevsimi istasyonlara göre su örnekleri element analiz sonuçları(mg/L) .....	37
4.7. Felent Çayı ilkbahar mevsimi istasyonlara göre su örnekleri element analiz sonuçları(mg/L) .....	399
4.7. (Devam) Felent Çayı ilkbahar mevsimi istasyonlara göre su örnekleri element analiz sonuçları(mg/L) .....	40
4.8. Felent Çayı yaz mevsimi istasyonlara göre su örnekleri element analiz sonuçları(mg/L) .....	42
4.8. (Devam) Felent Çayı yaz mevsimi istasyonlara göre su örnekleri element analiz sonuçları(mg/L) .....	43
4.9. Felent Çayı sonbahar mevsimi istasyonlara göre su örnekleri element analiz sonuçları(mg/L) .....	455
4.9. (Devam) Felent Çayı sonbahar mevsimi istasyonlara göre su örnekleri element analiz sonuçları(mg/L) .....	456
4.10. Yıllık ortalama fizikokimyasal analiz sonuçları varyans tablosu .....	488
4.11. Faktörler ve Bileşenleri .....	488
4.12. Kış mevsiminde suda tesbit edilen element değerlerine göre istasyonların benzerlik tablosu.....	52
4.13. İlkbahar mevsiminde suda tesbit edilen element değerlerine göre	



istasyonların	benzerlik	tablosu
.....	544	

4.14. Yaz mevsiminde suda tesbit edilen element değerlerine göre	
istasyonların benzerlik tablosu.....	566
4.15. Sonbahar mevsiminde suda tesbit edilen element değerlerine göre	
istasyonların benzerlik tablosu.....	588
4.16. Felent Çayı kış mevsimi istasyonlara göre sediment örnekleri	
element analiz sonuçları(mg/kg).....	60
4.16. (Devam) Felent Çayı kış mevsimi istasyonlara göre sediment örnekleri	
element analiz sonuçları(mg/kg).....	61
4.17. Felent Çayı ilkbahar mevsimi istasyonlara göre sediment örnekleri	
element analiz sonuçları(mg/kg).....	63
4.17. (Devam) Felent Çayı ilkbahar mevsimi istasyonlara göre sediment örnekleri	
element analiz sonuçları(mg/kg).....	64
4.18. Felent Çayı yaz mevsimi istasyonlara göre sediment örnekleri	
element analiz sonuçları(mg/kg).....	666
4.18. (Devam) Felent Çayı yaz mevsimi istasyonlara göre sediment örnekleri	
element analiz sonuçları(mg/kg).....	667
4.19. Felent Çayı sonbahar mevsimi istasyonlara göre sediment örnekleri	
element analiz sonuçları(mg/kg).....	699
4.19. (Devam) Felent Çayı sonbahar mevsimi istasyonlara göre sediment örnekleri	
element analiz sonuçları(mg/kg).....	70
4.20. Kış mevsiminde sedimentte tesbit edilen element değerlerine göre	
istasyonların benzerlik tablosu.....	72
4.21. İlkbahar mevsiminde sedimentte tesbit edilen element değerlerine göre	
istasyonların benzerlik tablosu.....	74
4.22. Yaz mevsiminde sedimentte tesbit edilen element değerlerine göre	
istasyonların benzerlik tablosu.....	76
4.23. Sonbahar mevsiminde sedimentte tesbit edilen element değerlerine göre	
element analiz sonuçları.....	78
4.24. Felent Çayı 2. istasyondan alınan <i>A. orentis</i> örnekleri	
ağırlık, boy ve cinsiyeti.....	799

4.25. Felent Çayı 2. istasyondan alınan <i>G. gobio</i> örnekleri	
ağırlık, boy ve cinsiyeti.....	799
4.26. Felent Çayı 2. istasyondan alınan <i>A.orentis</i> dokularında	
yapılan element analiz sonuçları(mg/kg).....	80
4.27. Felent Çayı 2. istasyondan alınan <i>G. gobio</i> dokularında	
yapılan element analiz sonuçları (mg/kg).....	81
4.28. Felent Çayı kış mevsimi istasyonlara göre canlı örnekleri element	
analiz sonuçları (mg/kg).....	83
4.29. Felent Çayı ilkbahar mevsimi istasyonlara göre canlı örnekleri	
element analiz sonuçları /mg/kg).....	85
4.29. (Devam) Felent Çayı ilkbahar mevsimi istasyonlara göre canlı örnekleri	
element analiz sonuçları /mg/kg).....	86
4.30. Felent Çayı yaz mevsimi istasyonlara göre canlı örnekleri	
element analiz sonuçları (mg/kg).....	88
4.31. Felent Çayı sonbahar mevsimi istasyonlara göre canlı örnekleri	
element analiz sonuçları (mg/kg).....	899
4.32. Felent Çayı sonbahar mevsimi diyatome örneklerinde yapılan	
element analiz sonuçları (mg/kg).....	91
4.33. Felent Çayı ilkbahar mevsimi diyatome örneklerinde yapılan	
element analiz sonuçları (mg/kg).....	92

## ŞEKİLLER DİZİNİ

2.1. Doğada eser elementlerin taşınma yolları (Goyer,1986) .....	6
2.2. Besin zincirinin ilk ve son basamağı (Tanyolaç 1993) .....	8
3.1. Jeolojik zaman çizelgesi (Ölçek:1/500.000) .....	24
3.2. Felent Çayı'nın genel görünümü .....	26
3.3. Çalışma Alanı .....	27
4.1. Çizgi eğim grafiği .....	47
4.2. Kış mevsiminde suda tespit edilen element değerlerine göre istasyonların benzerlik diyagramı .....	52
4.3. İlkbahar mevsiminde suda tespit edilen element değerlerine göre istasyonların benzerlik diyagramı .....	54
4.4. Yaz mevsiminde suda tespit edilen element değerlerine göre istasyonların benzerlik diyagramı .....	56
4.5. Sonbahar mevsiminde suda tespit edilen element değerlerine göre istasyonların benzerlik diyagramı .....	58
4.6. Kış mevsiminde sedimentte tespit edilen element değerlerine göre istasyonların benzerlik diyagramı .....	72
4.7. İlkbahar mevsiminde sedimentte tespit edilen element değerlerine göre istasyonların benzerlik diyagramı .....	74
4.8. Yaz mevsiminde sedimentte tespit edilen element değerlerine göre istasyonların benzerlik diyagramı .....	76
4.9. Sonbahar mevsiminde sedimentte tespit edilen element değerlerine göre istasyonların benzerlik diyagramı .....	78

## 1. GİRİŞ

Su, canlı organizmalar ve metabolik olaylar için hayati bir önem taşır. Ayrıca sucul organizmalar için yaşama ortamı oluşturması nedeniyle daima insanoğlunun dikkatini çekmiştir. Yeryüzündeki toplam su potansiyelinin ancak % 0,3 lük kısmı kullanılabilir tatlı su potansiyelini oluşturur. Bu % 0,3 lük su rezervi ise yaklaşık 250 ülke tarafından paylaşılmaktadır (Kocataş 1996).

Akarsular, içme ve kullanma suyu kaynağı ve birçok canlıyı içerisinde barındırma özelliği bulunan, balıkçılık faaliyetlerinin de gerçekleştirildiği yerlerdir. Akarsulardan elde edilen biyotik öğeler özellikle balıklar, sucul ortamdaki organik ve inorganik kirliliği belirlemede kullanılan indikatör canlılardır. Bu canlılar ağır metallerin varlığını incelemeye de kullanılmaktadır. Çünkü, ağır metaller su ve sediment gibi abiotik öğelerde ve biyotik öğelerde birikim göstermektedir (Alinnor ve Obji 2010).

Günümüzde teknolojinin de gelişmesi ile akarsular gibi sucul sistemler insanlar tarafından oluşturulan atıksular ile kirlenmekte, bu durum sucul ortamda yaşayan canlı organizmaları tehdit etmektedir. Özellikle atık sulardaki eser elementler, bu suların sulamada kullanılması ve deşarj edildiği ortamda yaşayan canlılar açısından, dolayısıyla besin zincirine girişi nedeniyle halk sağlığını tehdit etmesi yönünden önem taşımaktadır. Toksik organik atıkların metallerle bileşikler oluşturması sonucu daha toksik hale gelmeleri ise daha önemli sorunlara yol açmaktadır (Sarıyüpoğlu ve Say 1991).

Sucul ortamda yaşayan canlı organizmalar besin zinciri içerisinde bünyelerinde biriken ağır metalleri birbirlerine taşıyabildikleri gibi, bu durum insan sağlığını tehdit eden boyutlara ulaşabilmektedir. Birçoğu canlı yaşamı için gerekli elementler olup, eksikliklerinde çeşitli semptomatik bozukluklara yol açarlar. Fakat belirli sınırların üzerinde ise toksik etki yapıp organizmayı bozarlar. Bu ağır metallere mineral olarak bilinen ve organizmada birçok biyokimyasal reaksiyonlar için fonksiyonel rol oynayan Ca, Mg, Na, K, Mn, Cu, Zn, Fe, Mo, Co ve Se ile endüstri atıkları sonucu ortama giren ve canlı organizmalarda kuvvetli

toksik etkiye sahip Cd, Ni, Hg ve Pb gibi ağır metaller, su ortamında belirli limitleri aştığında toksik etki yapmakta ve organizmanın canlılığına son vermektedir (Sarıyüpoğlu ve Say 1991).

Bazı sucul türler, sabit konsantrasyonlardaki Cu ve Zn gibi esansiyel metallerin vücut seviyelerini düzenleyebilmekte fakat bu düzenleme daha yüksek metal konsantrasyonlarında bozulmakta ve bu ağır metal birikimi ile sonuçlanmaktadır. Cd ve Hg gibi esansiyel olmayan metaller ise genellikle regüle edilememekte ve dolayısıyla akümülyasyon sudaki ağır metal konsantrasyonu ile orantılı bir şekilde artmaktadır (Rainbow ve White 1990).

Sudaki ağır metaller balıklarda beslenme ve absorpsiyon yolu ile birikebilmektedir. Bu birikim oranları balıkların yaşı, bulunduğu yer ve beslenme durumlarına göre değişmektedir. Sedimentlerde ise ağır metaller partiküllere bağlanarak çökelir ve sedimentle birleşmektedir. Su kalitesi ve suda yaşayan organizmalar üzerinde önemli bir etkiye sahip olan sediment, kirlilik kaynaklarının belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır (Gale ve ark. 2006).

Biyolojik döngünün bir halkasını oluşturan ve ayrıca önemli bir protein kaynağı olarak tüketilen balıklarda ekolojik dengenin korunması ve insan sağlığı açısından, giderek artan ağır metal kirliliğinin etkilerinin araştırılması gerektiğini doğurmuştur. Ağır metaller beslenme zinciri ile direkt olarak planktonlar veya sudaki diğer tüketici organizmalar yolu ile balıklara geçmektedir (Kargın ve Erdem 1991). Sudaki ağır metal kirliliğinin artması ani balık ölümlerine yol açmakta ve su kalitesini bozmaktadır.

Ağır metaller biyotik ve abiyotik ögelerde birikim göstermeleri, uzun süre ortamda kalabilmeleri ve sucul canlılarda toksik etki göstermeleri ve besin zinciri yoluyla canlılar arasında aktarılabilmesi nedeniyle önem taşırlar (Arslan ve ark. 2011). Bu nedenle son yıllarda abiyotik ve biyotik ögelerde ağır metal birikimi ile ilgili hem Türkiye hem de dünyada bir çok çalışma bulunmaktadır (Altındağ ve Yiğit 2005).

Bu çalışma kapsamında, Felent Çayı'nın kaynağından Porsuk Çayı ile birleştiği yere kadar seçilen istasyonlardan mevsimsel olarak alınan su, sediment ve farklı canlı örneklerinde mikro ve makro element analizleri ve suların fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar mevzuatlarda yer alan sınır değerlerle karşılaştırılmıştır.

## 2. MİKRO VE MAKRO ELEMENTLER VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

Metal cevherlerinin işlenmeye başladığı antik çağlardan bu yana metaller, doğal çevrimlerinin dışında insan faaliyetleri sonucunda atmosfere, hidrosfere yayılmaya başlamıştır. Yüzyıllar boyunca metaller, çevresel etkileri bilinmeksizin insanlar tarafından silah yapımında, su borularında, takı yapımı gibi pek çok alanda kullanılmıştır. Sanayi devrimiyle birlikte ağır metal içeren kömürlerin yakılması sonucu özellikle endüstri bölgelerindeki sucul ekosistemlerde görülen kirlilik, büyük bir hız kazanmış ve çağımızın en önemli çevre sorunlarından birisi haline gelmiştir (Mason 1991). En basit anlamda kirlilik; “herhangi bir şeyin yanlış alanda normalden fazla bulunması” şeklinde tanımlanabilir (Philips ve Rainbow 1994). Özellikle endüstriyel ve evsel atıklar, tarım faaliyetleri, rafineri atıkları, ulaşım, fosil yakıtlarının yakılması, madencilik, gibi antropojenik faktörler, artan kirlenmenin başlıca sebeplerini oluşturmaktadır (Bergman ve ark. 1986, Chen ve Chen 2001).

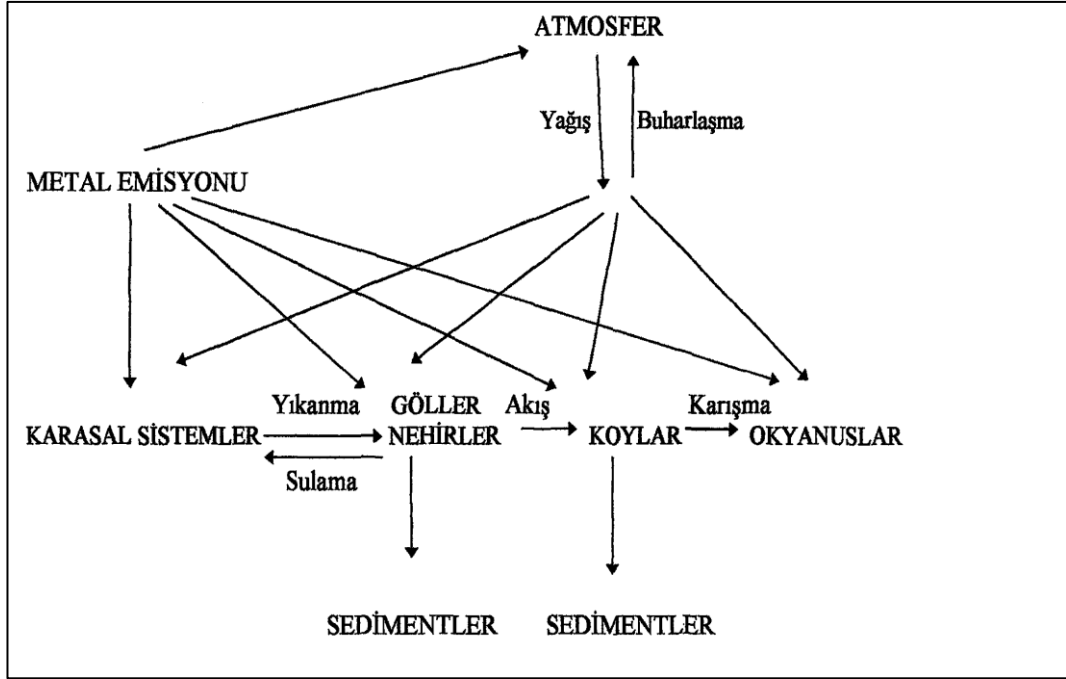
Su kütlelerinde bu antropojenik etkenlerin neden olduğu kirlilik; ötrofikasyon, asidifikasyon, alüvyon birikmesi ve ağır metal kirliliği gibi çok farklı şekillerde ortaya çıkabilmektedir (Henderson-Sellers ve Markland 1987, Vollenweider 1989, Kira 1993, Straskraba ve Tundisi 1999). Bu kirleticilerden özellikle ağır metaller, bırakıldıkları ortamda uzun süre kalabilmeleri, sucul canlılarda toksik etkiler meydana getirebilmeleri ve besin zincirinde birikerek insan sağlığını tehdit etmeleri sebebiyle dikkat çekmektedir.

Ağır metal terimi, yüksek yoğunluğa sahip ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik etki gösterebilen elementler için kullanılmaktadır. Ağır metal tanımı fiziksel özellik açısından atomik yoğunluğu  $4\text{g/cm}^3$  ya da  $5\text{g/cm}^3$  ten daha yüksek olan metaller ve metalloidler için kullanılan genel bir terimdir. Ağır metal olarak bilinen elementler ve onların iyonları, periyodik tabloda geçiş elementleri olarak tanımlanan geniş bir gruba dahildir. Ağır metaller, sıklıkla iz element veya mikro besin maddeleri olarak da adlandırılmaktadır (Phipps 1981).

Ancak iz element tanımı daha çok organizmaların ihtiyacı olan esansiyel metalleri ifade etmek için kullanılır ve hücrede düşük konsantrasyonlarda bulunmaktadır (Bat ve ark. 1998). Doğal olarak meydana gelen 90 elementten 53 tanesi ağır metaldir. Bu gruba kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, cıva ve çinko gibi elementler girmektedir. Fakat bunların sadece 17 tanesi biyolojik olarak mevcuttur ve ekosistem için önem teşkil etmektedir. Mo, Cu, Zn, Cr, Ni, Fe ve Co enzim ve pigmentlerin yapı taşı olarak canlılar için önem teşkil eden temel mikro elementlerden olmakla birlikte bütün metaller ve metaloidler yüksek konsantrasyonlarda bulduklarında toksik etki gösterebilmektedir. Toksikite kavramı metalden metale değişebildiği gibi organizmadan organizmaya da farklılık gösterebilmektedir. Özellikle bakır (Cu), kadmiyum, (Cd), kurşun (Pb), cıva (Hg) yüksek konsantrasyonlarda enzim fonksiyonlarını bozması, pigmentlerde temel metallerin yerine geçmesi ya da reaktif oksijen türevleri oluşturabilmeleri sebebiyle yüksek konsantrasyonlarda bulduklarında canlı sistem için zararlı olabilmektedir. Canlılara gerekli olmayan bazı ağır metallerle temel element olarak bulunan ağır metaller arasındaki benzerlik (Cd-Zn, Se-S ya da As-P gibi metal çiftleri) enzimatik sistemlerde temel metallerin yerini alabilme olasılıklarından ötürü ağır metallerin yüksek toksisitelerini ortaya çıkarabilir (Carranza-Álvarez ve ark. 2008; Babula ve ark. 2008).

Metaller, erozyonla taşınan kaya parçalarıyla, rüzgarla taşınan tozla, volkanik aktivitelerle, orman yangınları ve bitki örtüsü ile nehirlere ve oradan da denizlere doğru taşınır. Denizdeki metaller, birçok nehrin bu deniz ile biriktiği bölgelerde birikirler. Hatta, bu nehirlerin endüstriyel ya da kentsel bölgelerden geçmesi sonucu insan atıkları yoluyla da birikim çok daha fazla olabilmektedir. Sularda çözünür haldeki metaller çökerek, sedimentte absorbe olurlar. Özellikle nehrin denizle birleştiği geniş kısımlarda ağır metallerin sedimentasyonu daha yoğundur. Şekil 2.1 de görüldüğü gibi, göl ve denizlerin sedimentlerinde yüksek oranlarda ağır metal biriktiği bilinmektedir ( Fergusson 1990, Goyer 1986).





Şekil 2.1. Doğada eser elementlerin taşınma yolları (Goyer,1986)

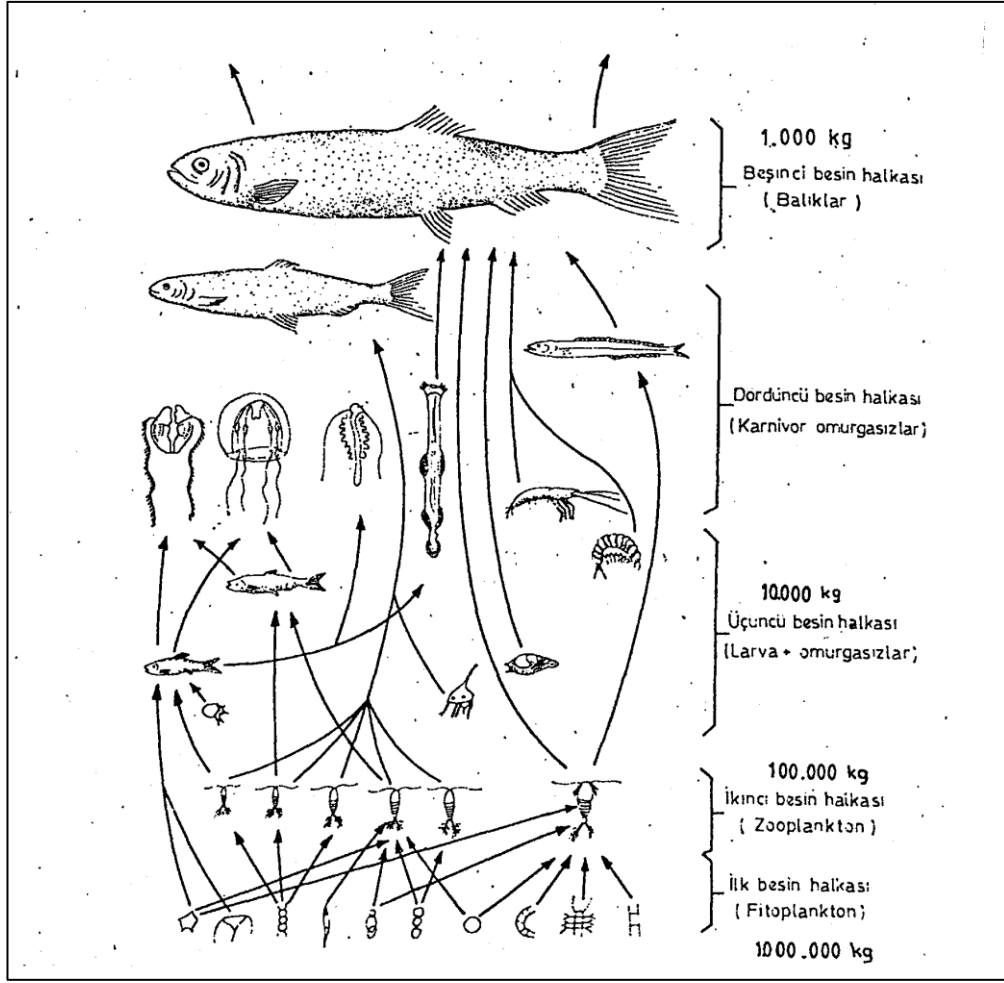
Bu zehirli kirleticilerin kaynakları ve ekolojik süreçlerdeki akıbetlerinin belirlenmesi ve uygun kontrol ölçütlerinin karakterize edilmesindeki problemler, uluslararası karar verici mercilerin karşı karşıya kaldığı en önemli ve zor konulardan birisidir. Avrupa Komisyonu'nun zehirlilik, kalıcılık ve biyolojik birikim potansiyelini göz önünde bulundurarak hazırladığı ve en tehlikeli zehirli bileşiklerin yer aldığı "Kara Liste", cıva ve kadmiyum ile bu ağır metallerin bileşiklerini de içermektedir. Çinko, bakır, nikel, krom, kurşun ve daha bir çok metal ve metaloid ise, daha az tehlikeli bileşiklerin listelendiği "Gri Liste"nin başında yer almaktadır (Mason, 1991). Sucul sistemlerde iz elementler, su, canlılar ve sediment arasında sürekli bir döngü sergilemektedir (Uysal 1979). Kayaların aşınması, volkanik aktiviteler gibi doğal fiziksel ve kimyasal süreçlerin su kütlelerindeki ağır metal zenginleşmesine bazı dikkate değer katkıları olmakla birlikte sistemdeki artışlarında en önemli paya insan kaynaklı aktiviteler sahiptir. Bu aktiviteler, kurşun, kadmiyum ve cıva gibi canlılar için gerekli olmadığı bilinen zehirli metallerin ve canlıların kullandığı ancak belirli bir seviyenin üzerinde zehirleyici etki gösteren bakır, çinko, demir gibi metallerin tatlı sulardaki

seviyelerini yükseltmektedir (Förstner ve Wittmann 1983, Meybeck ve ark. 1989, Veena ve ark. 1997, Rashed 2001, Canlı ve Atlı 2003).

Metal kirliliği içeren atık suların başlıca kaynaklarını, kurşun, çinko, demir, bakır, gümüş, krom gibi metallerin elde edilmesine yönelik olan maden işletmeleri, demir-çelik, bakır gibi metal endüstrileri, kurşun batarya, seramik, matbaacılık, fotoğrafçılık, tekstil, elektrik-elektronik, kimya, boya ve otomotiv endüstrileri oluşturmaktadır (Şengül 1991, Zhang ve ark. 2004).

Sucul sistemlere çeşitli şekillerde giren bu metallerin, su veya bitkiler yoluyla ya da beslenme dışında yollarla (mesela balıklarda solungaçlardan) besin zincirine girdikleri ve canlı organizmalara doğrudan zarar vermese de, biyolojik birikim ve besin zinciri ilişkilerinin etkileri sonucunda canlı doku ve organlarında depo edildikleri bilinmektedir. Sucul sistemlerde organizmaların su ve besin zinciri yoluyla aldığı zehirli maddeleri vücutlarından uzaklaştırma hızları, bu maddeleri alma hızlarından daha az olduğunda biyolojik birikim meydana gelir. Biyokonsantrasyon ise; organizmanın sadece sudan, solungaçlar veya epitel doku vasıtasıyla aldığı ve dokularında biriken madde miktarını ifade eder (Newman ve Unger 2002). Suda yaşayan canlılar, toksik maddelerin sudaki konsantrasyonundan çok daha yüksek miktarlarda bu kirleticileri dokularında biyoakümüle ve biyokonsantre edebilirler (Cha ve ark. 1997).

Bir ekosistemde madde iletimi, canlılar arasında görülen besin zinciri ile sağlanır. Bu besin zinciri sayesinde ağır metallerde canlılar arasında taşınabilmektedir. Bir su ekosistemindeki besin zinciri Şekil 2.2. de görüldüğü gibi, bir canlının diğeri üzerinden beslenmesi sonucu oluşan bir piramittir.



Şekil 2.2. Besin zincirinin ilk ve son basamağı (Tanyolaç 1993)

Çevre kirliliği sonucunda açığa çıkan, ağır metallere kaynaklanan gıda zehirlenmeleri çok nadir görülmektedir. Bu şekilde gözlenen çevre kirlenmesinin en bilinen örneği 1932-1955 yılları arasında Japonya’ da meydana gelmiştir. 1932 yılından itibaren Japonya’da cıva içeren lağım sularının Minamata sahiline serbest bırakılması sonucu gözlenmiştir. 1952 yılında cıva ile kirlenmiş balıkların Minamata nüfusu tarafından tüketilmesi sonucu cıva zehirlenmesi açığa çıkmış ve hastalık da Minamata sendromu olarak adlandırılmıştır (Newman ve Unger 2002).

**Çizelge 2.1.** Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (S.K.K.Y.)

SU KALİTE PARAMETRELERİ	SU KALİTE SINIFLARI			
	I	II	III	IV
A) Fiziksel ve inorganik- 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) Çözülmüş oksijen (mg O <sub>2</sub> /L) <sup>a</sup>	8	6	3	< 3
4) Oksijen doygunluğu (%) <sup>a</sup>	90	70	40	< 40
5) Klorür iyonu (mg Cl <sup>-</sup> /L)	25	200	400 <sup>b</sup>	> 400
6) Sülfat iyonu (mg SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> /L)	200	200	400	> 400
7) Amonyum azotu (mg NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N/L)	0.2 <sup>c</sup>	1 <sup>c</sup>	2 <sup>c</sup>	> 2
8) Nitrit azotu (mg NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N/L)	0.002	0.01	0.05	> 0.05
9) Nitrat azotu (mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N/L)	5	10	20	> 20
10) Toplam fosfor (mg P/L)	0.02	0.16	0.65	> 0.65
11) Toplam çözülmüş madde (mg/L)	500	1500	5000	> 5000
12) Renk (Pt-Co birimi)	5	50	300	> 300
13) Sodyum (mg Na <sup>+</sup> /L)	125	125	250	> 250
B) Organik parametreler				
1) Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	25	50	70	> 70
2) Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) (mg/L)	4	8	20	> 20
3) Toplam organik karbon (mg/L)	5	8	12	> 12
4) Toplam kjeldahl-azotu (mg/L)	0.5	1.5	5	> 5
5) Yağ ve gres (mg/L)	0.02	0.3	0.5	> 0.5
6) Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey 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 pestisid (mg/L)	0.001	0.01	0.1	> 0.1
C) İnorganik kirlenme parametreleri <sup>d</sup>				
1) Civa (µg Hg/L)	0.1	0.5	2	> 2
2) Kadmiyum (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
6) Krom (toplam) (µg Cr/L)	20	50	200	> 200
7) Krom (µg Cr <sup>+6</sup> /L)	Ölçülmeyecek kadar az	20	50	> 50
8) Kobalt (µg Co/L)	10	20	200	> 200
9) Nikel (µg Ni/L)	20	50	200	> 200
10) Çinko (µg Zn/L)	200	500	2000	> 2000
11) Siyanür (toplam) (µg CN/L)	10	50	100	> 100
12) Florür (µg F <sup>-</sup> /L)	1000	1500	2000	> 2000
13) Serbest klor (µg Cl <sub>2</sub> /L)	10	10	50	> 50
14) Sülfür (µg S <sup>-</sup> /L)	2	2	10	> 10
15) Demir (µg Fe/L)	300	1000	5000	> 5000
16) Mangan (µg Mn/L)	100	500	3000	> 3000
17) Bor (µg B/L)	1000 <sup>e</sup>	1000 <sup>e</sup>	1000 <sup>e</sup>	> 1000
18) Selenyum (µg Se/L)	10	10	20	> 20
19) Baryum (µg Ba/L)	1000	2000	2000	> 2000
20) Alüminyum (mg Al/L)	0.3	0.3	1	> 1

## 2.1.Manganez (Mn)

Atom numarası 25, yoğunluğu  $7,43 \text{ gcm}^{-3}$  olan manganez oda sıcaklığında katı halde bulunmaktadır. Periyodik tabloda 7A grubunda yer alan manganez kimyasal davranışlarında demir ile benzerlik göstermektedir. Doğal olarak sıklıkla metamorfik, sedimenter ve volkanik kayalarda bulunan manganezin, litosferdeki ortalama konsantrasyonu 1000 ppm dir (Bradl 2005). 100'den fazla Mn minerali olmakla birlikte en önemli Mn minerali doğal siyah olan piroluzit ( $\text{MnO}_2$ ) dir. Diğer önemli Mn mineralleri; rhodochrosite ( $\text{MnCO}_3$ ), manganit ( $\text{Mn}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$ ), hausmannit ( $\text{Mn}_3\text{O}_4$ ), braunit ( $3\text{Mn}_2\text{O}_3\text{-MnSiO}_3$ ), rhodonit ( $\text{MnSiO}_3$ ) dir (Burdige 1993, Bradl 2005). Metalürji endüstrisinde ve çelik yapımında temel bir bileşen olarak kullanılan Mn, alüminyum ve bakır alaşımlarının üretiminde de kullanılmaktadır. Seramik, cam, boya endüstrisinde, kuru pillerde, elektrik bobinlerinde bir katalizör olarak rol oynar (Bradl 2005). Fosfor, azot ve organik asitlerin metabolizması için gerekli olan bazı enzimleri aktive eden manganez, bitkilerde temel iz elementlerden bir tanesidir. Demir ile birlikte klorofil oluşumunda rol alan Mn, solunum ve protein sentezinden sorumlu çeşitli bitki enzimlerinin bileşenidir. Sıklıkla Al toksisitesi ile birlikte meydana gelen Mn fitotoksitesinin çok önemli olduğu dikkate alınmaktadır. Alüminyum ve mangan toksisitesi asidik topraklarda en önemli gelişmeyi sınırlayıcı faktörlerdir. Mangan, insan ve hayvanlar için de temel elementlerden birisidir. Ancak normal bir diyet sürdüren canlıda Mn eksikliği hemen hemen hiç gözlenmez.

Mangan, hidrolaz, kinaz, dekarboksilaz ve çeşitli metaloenzimlerin yapısında kofaktör olarak görev alır (Bradl 2005). Tahıllar, hububat ve çay gibi birçok gıda ürünüde de bol miktarda bulunmaktadır. Bir fincan çay 0,3-1,4 mg Mn içermektedir (Anonim 2011b, Bradl 2005). İnsanlarda Mn toksisitesi nadirdir ve genellikle havadan gelen manganın kronik solunmasının bir sonucudur. Sindirilen Mn toksik etkisi düşük iken solunumla alınan Mn nörotoksik olabilir bu durum muhtemelen solunumla alınan manganın beyine ulaşması diğer taraftan sindirimle alınan manganın ise metabolize ve elimine etme yeteneğinde olan karaciğere geçmesinden kaynaklanmaktadır (Bradl 2005).

Mangan toksisitesine maruz kalan bireylerde hareket kontrolünde zayıflama, yüz ifadesinde bozulma, zihinsel ve duygusal rahatsızlıklar görülür. Ayrıca solunum problemlerine de yol açabilmektedir (Anonim 2011b).

## 2.2 Krom(Cr)

Atom numarası 24, yoğunluğu  $7,2 \text{ gcm}^{-3}$  olan krom periyodik tabloda 6B grubu elementidir. Yeryüzünde yedinci bol bulunan element olan krom element formunda nadir olarak bulunmakla birlikte çeşitli minerallerin yapısında yer almaktadır (Cervantes ve ark. 2001). En önemli krom minerali kromit  $[(\text{Fe}_2+\text{Cr}_2\text{O}_4)]$  dir. Krom içeren diğer mineraller kurşun, magnezyum ve alüminyum gibi elementlerle kompleks oluşturmuş durumdadır. Krom;  $\text{Cr}_2^-$  den  $\text{Cr}_6^+$  kadar çeşitli şekillerde bulunmakla birlikte, kararlı iki formu üç değerlikli (CrIII) ve altı değerlikli (CrVI) kromdur (Vernay ve ark. 2007). İnsan ve hayvanlarda glukoz ve lipid metabolizmalarında kullanılan Cr (III) gerekli bir kimyasal maddedir. Ancak, metalurjik süreçlerde, metal kaplama, boya ve pigment üretimi ve tekstil endüstrisi gibi faaliyetler sonucunda doğaya karışan Cr (VI) formu, yüksek oranda zehirli bir kanserojendir ve yüksek dozlarda alındığında ölümcül olabilmektedir (Zayed ve Terry 2003). Krom çoğunlukla paslanmaz çelik üretiminde, harç yapımında ve yüksek erime ısısı sebebiyle ateşe dayanıklılık gerektiren alanlarda kullanılır. Aynı zamanda Cr içeren kimyasalların üretilmesinde, deri tabaklamada, boya maddelerinde, tekstil ürünlerinde kullanılmaktadır (Bradl 2005).

Canlılar için temel iz elementlerden biri olan krom, insanlarda şeker metabolizmasında rol oynamaktadır ( Babula ve ark. 2008). Krom bileşiklerinin yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu canlılar üzerinde şiddetli toksisiteye ve güçlü kanserojen etkiye sahip olduğu hatta canlının ölümüne kadar gidebilecek olan sonuçlar doğurabileceği kanıtlanmıştır. Altı değerlikli kromun üç değerlikli formuna göre daha toksik etkiye sahip olduğu bilinmektedir (Babula ve ark. 2008). Düşük krom konsantrasyonları bitki gelişimini artırmaktadır. Bununla birlikte artan krom miktarları son derece toksik etki gösterebilmektedir. Bitkilerde gelişmeyi engelleme, yaprak klorozu, bodur kalma ve sonuçta bitkinin ölümüne kadar gidebilen zararlar ortaya çıkmaktadır.

Krom lipit ve protein gibi biyomoleküllere oksidatif zarar verir. Antioksidan enzimlerin ve nitrat redüktaz, ribonükleaz gibi bazı enzimlerin aktivitelerinde değişikliklere neden olabilmektedir (Labra ve ark. 2006).

### 2.3 Nikel (Ni)

Atom numarası 28, yoğunluğu  $8,9 \text{ gcm}^{-3}$  olan nikel, 8A grubu elementidir. Nikel yer kabuğunda bulunma miktarına göre ortalama 80 ppm ile 23. sırada yer almaktadır. 5 kararlı izotopu olan nikel, 0, II, I ve III değerlikli formlarda bulunabilir fakat sulu çözeltilerde kararlı halde bulunmazlar (Bradl 2005). Nikelin en yaygın bulunan formu iki değerlikli şeklidir. Element halindeki nikel dövülebilir, gümüş beyazı renginde güçlü alkali ortamlara dirençli bir ağır metaldir. Kimyasal aşınmaya direnç özelliğinden dolayı paslanmaz çelik imalatında kullanılan nikel otomobil sektörü, madeni paralar, kuyumculuk, cerrahi implantlar, mutfak eşyaları gibi çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Aşınmaya ve sıcaklığa karşı dirençli olması sebebiyle Ni-Fe, Ni-Cu, Ni-Cr, Ni-Ag gibi nikel alaşımlarının üretilmesinde rol oynamaktadır. Aynı zamanda miktatsızlarda, eşyaların üzerlerinin elektrolitik kaplanmasında, Ni-Cd pillerinde, tekstil boyalarında, ayrıca katalizör olarak görev almaktadır (Bradl 2005).

Nikel, bitki ve hayvanlar için temel elementlerden biridir ve üreaz, hidrojenaz, karbon monoksit dehidrojenaz enzimlerinin bir parçasıdır (Bradl 2005). Düşük konsantrasyonlarda temel bir element olmasına karşın, yüksek konsantrasyonlarda toksik etki gösterebilmektedir. Yüksek nikel miktarları düşük bitki gelişimine, ürün verimliliğinde azalmaya, bitki metabolizmasında düzensizliklere ve kloroza neden olabilmektedir (Yang ve ark. 1996). Nikelin insanda muhtemel kanserojen etkiye sahip olduğu düşünülmektedir. Üreme problemleri ve doğum kusurlarına neden olabilmektedir. Ayrıca cildi hassas olan bireylerde dermatit olarak bilinen ve derilerinin nikel ile temas etmesi sonucu ortaya çıkan bir alerji görülebilir.  $\text{Ni}(\text{CO})_4$ ,  $\text{Ni}_3\text{S}_2$ ,  $\text{NiO}$ ,  $\text{Ni}_2\text{O}_3$  gibi nikel bileşiklerinin solunması karaciğer dejenerasyonu, akciğerde su toplama, adrenokortikal yetersizliklerle pnömonite (akciğer enflamasyonu), solunum sistemi kanserine, astıma yol açabilir (Bradl 2005).

## 2.4 Çinko (Zn)

Atom numarası 30 yoğunluğu  $7,13 \text{ gcm}^{-3}$  olan çinko II B grubu elementidir ve bütün bileşiklerinde +2 değerlikli olarak bulunur. Metallerin Dünya' da ki yıllık tüketim oranları göz önüne alındığında çinko; demir, alüminyum ve bakırdan sonra dördüncü sırada yer almaktadır. Özellikle otomobil endüstrisinde demir ve çelik yüzeylerin koruyucu olarak kaplanmasında kullanılan çinko, kozmetik ürünlerinde, merhem içerisinde, makyaj malzemelerinde, vernik, kauçuk ve muşamba üretiminde kullanılmaktadır. Aynı zamanda parşömen kağıdı, cam, otomobil lastiği, televizyon ekranları, elektrik teçhizatlarının imalatında kullanılmaktadır. Çevrede çinkonun ana kaynağını çinkolu gübreler, lağım pisliği, madencilik oluşturmaktadır (Bradl 2005).

Temel iz elementlerden biri olan çinko yüksek konsantrasyonlarda sucul canlılar için toksik etki gösterebilmektedir. Sucul sistemlere yüzey akışları ya da havadan birikim ile ulaşan çinkonun özellikle demir ve manganez oksitlere güçlü bir ilgisi vardır ve bu maddelerle sedimentte birikme gösterir (Campbell ve Tessier 1996). Tüm organ, doku ve vücut sıvılarında bulunan çinko çok önemli aktivitelere sahiptir. Enzimlerin aktif bölgelerine bağlanır, katalitik bölgelerinde aktif rol oynar, proteinlerin yapısına dahil olur, nükleik asit veya diğer gen düzenleyici proteinlerde yapısal element olarak rol oynar. Redoks aktivitesinin olmaması nedeniyle bağlandığı proteini dayanıklı hale getirir. Karbohidrat, protein, lipid, nükleik asit, hem sentezi, gen ekspresyonu, üreme ve embriyogenezde görevleri vardır (Arcasoy 2002, Rostan ve ark. 2002). İnsanlarda çinko zehirlenmesi çok nadir görülmektedir. Yüksek çinko alınımı kolesterol metabolizması üzerine etki edebilir. Bitkilerde de 100 ppm den daha fazla çinko konsantrasyonu ile karşı karşıya kalınırsa kloroza benzer fitotoksik semptomlar meydana gelebildiği literatürde belirtilmiştir (Bradl 2005).



## 2.5 Bakır (Cu)

Atom numarası 29 yoğunluğu  $8.96 \text{ gcm}^{-3}$  olan bakır elementi 1B grubu geçiş elementidir. Bakır iyonları  $\text{Cu}_2^+$  ve  $\text{Cu}^+$  olmak üzere iki oksidasyon durumunda bulunabilir. Endüstriyel önemi yüksek pirinç, bronz gibi alaşımların yapısında bulunması ve elektriği gümüşten sonra en iyi ileten metal olması sebebiyle geniş bir kullanım alanına sahiptir. Makine yapımında, elektrik endüstrisi, inşaat ve ulaşım sektörlerinde, silah yapımında metal ya da alaşım olarak kullanılmaktadır. Çeşitli hücre ve dokularda düşük miktarlarda bulunan bakır canlılar için gerekli iz elementlerden bir tanesidir. Bitki gelişimi için 5-20 ppm arasında bulunması yeterli olduğu belirtilen bakırın fotosentez, solunum, hücre duvar metabolizması, tohum üretimi gibi çeşitli fizyolojik süreçlerde rol oynayan bir çok enzimin yapısına katılmaktadır. Sucul sistemler için serbest  $\text{Cu}_2^+$  iyonunun bakırın diğer kompleks formlarından ziyade en toksik formu olduğu belirtilmektedir (Bradl 2005). Bakır zehirlenmesi insanlarda çok nadir ortaya çıkmasına karşılık uzun vadede birikimi sonucu negatif etkiler görülebilmektedir. Ağız, burun ve gözlerde tahrişe yol açabilir. Mide ve bağırsak rahatsızlıklarına, baş ağrısı, baş dönmesine neden olabilmektedir (Anonim 2011b).

## 2.6 Arsenik (As)

Atom numarası 33 yoğunluğu  $5.73 \text{ gcm}^{-3}$  olan arsenik yer kabuğunda doğal olarak bulunan 20. elementtir (Mandal ve Suzuki 2002). İki yüz elliden fazla mineral yapısında bulunan arsenik jeolojik olarak doğaya karışır ve sedimenter kayalar (0,3-500 ppm) volkanik kayalara (1,5-3,0 ppm) göre daha fazla miktarda arsenik içermektedir (Bradl 2005). Madencilik, fosil yakıtların yakılması, pestisid uygulamaları gibi insan aktiviteleri toprak, hava ve suda yayılarak arsenik kirlenmesine yol açmaktadır (Bissen ve Frimmel 2003 a,b). Arsenik; +V (arsenat), +III (arsenit), 0 (arsenik), -III (arsin) olmak üzere dört oksidasyon durumunda bulunmaktadır (Bradl 2005). Arsenik, hem bitki hem de hayvanlar için toksik etki göstermektedir ve arsenik içeren inorganik pestisidlerin insanda kanserojen etkilerinin olduğu kanıtlanmıştır.

İnsan sağlığı üzerine olan toksik etkileri deri yaralarından beyin, karaciğer, b6brek ve mide kanserine kadar değişiklik g6stermektedir (Smith ve ark. 1992). Arsenik fitotoksitesisi, arseniğin kimyasal formu, toprak 6zellikleri 7evresel koşullara g6re değişiklik g6stermektedir. Genellikle inorganik arsenik t6rleri organik bileşiklerinden daha toksik 6zellik g6stermektedir. As(III) değerlikli formunun As(V) de daha toksik etki g6sterdiği belirtilmiştir (Bradl 2005, Ng 2005). D6nya Sağlık 6rg6t6 arseniğin izin verilen g6nl6k alınabilecek limit değerini 5 µg/g6n olarak 6nermektedir.

## 2.7 Kurşun (Pb)

Atom numarası 82 yoğunluğu 11,4 gcm<sup>-3</sup> olan kurşun +II ve +IV olmak 6zere iki formda bulunur. İnoorganik bileşiklerinin 7oğunda +2 değerlikli olarak bulunur (Bradl 2005). Kurşun borularda, pil mahfazalarında, boyalarda ve benzinde katkı maddesi olarak kullanılması ve 6zellikle fosil yakıtlarının yakılması neticesinde sucul ekosistemlerde y6ksek konsantrasyonlara ulaşmaktadır (Handy 1994). Fosil yakıtların yakılması sonucunda atmosfere karışan kurşunun %90'lık bir kısmının 1925 den bu yana kurşunlu benzin kullanılması sonucu oluştuğu belirtilmiştir (Shy 1990).

Toprakta biriken kurşunun toprakta bulunan organik maddeye olan y6ksek ilgisinden dolayı bitkilere olan toksitesisini değerlendirmek kolay olmamakla birlikte toprakta 100-500 ppm arasında değerşen kurşun konsantrasyonunun aşırı olabileceği d6ř6n6lmektedir (Kabata-Pendias ve Pendias 1984). Kurşunun bitkide g6zlenen toksik semptomları 7ok belirgin olmamakla birlikte bazı araştırcılar bitki gelişimini geciktirdiğini belirtmiştir (Liu ve ark. 2003).

Fotosentetik s6re7te, su ve mineral besinlerin alınmasında, h6crenin temel yapısındaki değerşikliklerde, normal metabolizma ve gelişim i7in gerekli enzimlerde inhibit6r etkiye neden olabileceği belirtilmiştir (Liu ve ark. 2003). İnsan da ise, kurşun zehirlenmesi, 6zellikle bebek ve gen7 7ocuklarda dikkat 7eken bir konudur. Merkezi ve periferik sinir sistemi, kırmızı kan h6creleri, kardiyovask6ler sistem, erkek ve dişi 6reme organları üzerine toksik etkileri bulunmaktadır.

Dünya Sağlık Örgütü, sağlık üzerine olumsuz etkilerin gözlenmediği 0,1 µg/ml kan kurşun konsantrasyon limitinin aşılmaması amacı ile kent havasındaki kurşun konsantrasyonunun 0,5-1 µg/m<sup>3</sup> olarak hedeflenmesini önermektedir (Anonim 2011c).

## 2.8 Cıva (Hg)

Atom numarası 80 yoğunluğu 13.55 gcm<sup>-3</sup> olan cıvanın çoğunlukla toprak, su, sediment ya da biyotada element halinde, inorganik tuzlar veya organik cıva kompleksleri şeklinde karşılaşılrken atmosferde cıva buharı şeklinde bulunur (Bradl 2005). Element halindeki cıva oda sıcaklığında sıvı halde olan tek metaldir. Yüksek uçucu özelliğine karşın suda düşük çözünürlüğe sahiptir. Sucul inorganik cıva +1 ve +2 değerlikli olmak üzere iki halde bulunur, +2 değerlikli cıva doğada daha yaygın bulunan halidir (Loux 1998).

Zararlı çevresel kirleticilerden biri olan cıvanın en toksik formu metil cıvadır (MeHg) ve insan embriyosuna, fetusa zarar verir. Sucul sistemlerde besin zinciri yoluyla gerçekleşen biyoakümülyasyon ile suda metil cıvanın düşük konsantrasyonları besin zincirinin üst seviyesinde bulunan canlılarda yüksek seviyelere ulaşabilir (Wang ve ark. 2004). Sucul sistemlerdeki cıva kirlenmesinin en önemli insan kaynakları, klor-alkali endüstrisi, kağıt endüstrisi, boyalar, dişçilik, ilaçlar ve tarımda mantar uzaklaştırması gibi amaçlarla kullanılmasıdır (Bradl 2005). Çevreye salındığında insanlarda, beyinde hasara, kalp, böbrek ve akciğer rahatsızlıklarına neden olabildiği, hayvanlarda da benzer etkilerin gözlemlendiği belirtilmiştir (Anonim 2011c).

## 2.9 Kadmiyum (Cd)

Atom numarası 48 yoğunluğu 8,65 gcm<sup>-3</sup> olan kadmiyum hemen hemen her zaman bütün kararlı bileşiklerinde +2 değerlikli halde bulunur (Bradl H.B 2005). Kadmiyumun bu iyonik formu çoğunlukla oksijen, klor, kükürt elementleri ile birleşerek kadmiyum oksit (CdO<sub>2</sub>), kadmiyum klorür (CdCl<sub>2</sub>), ya da kadmiyum sülfat (CdSO<sub>4</sub>) olarak bulunur (Castro-González ve Méndez-Armenta 2008).

Yerkabuğunda nadir olarak bulunan elementlerden biri olan kadmiyum canlılar için gerekli temel elementlerden değildir. Ekosisteme doğal yoldan ya da çoğunlukla insan aktiviteleri sonucunda dahil olmaktadır. Kadmiyum, plastik endüstrisi, madencilik, rafine işlemleri, fosfatlı gübreler, batarya üretimi, kaplama işlemleri vb. endüstriyel faaliyetlerle açığa çıkmaktadır (Burger 2008). Toksik bir ağır metal olan kadmiyum sucul ekosistemlere dahil olduğunda su ve sucul canlıların doğrudan tüketilmesiyle ya da epitel doku ile emilerek besin zincirine geçerler. Genellikle insan popülasyonlarının kadmiyuma maruz kalması iki yolla gerçekleşmektedir. Bunlardan birincisi kadmiyum ile kontamine olmuş su ya da yiyeceklerin doğrudan ağız yoluyla tüketilmesidir. İkincisi ise; endüstriyel ya da günlük aktiviteler neticesinde havadan kadmiyumun solunması şeklinde gerçekleşir. Bunlar içerisinde en önemlisi sigara dumanında bulunan kadmiyumun solunmasıdır çünkü kadmiyum kolaylıkla ciğerler tarafından absorbe edilebilir (Castro-González ve Méndez-Armenta 2008).

Kadmiyum zehirlenmesinin genel mekanizması sülfidril, sülfat ve karbonil bölgelerinde DNA ve proteinlere bağlanmayı içermektedir. Bu durum DNA ve protein fonksiyonlarının bozulmasına ve çok çeşitli fizyolojik etkilerin açığa çıkmasına neden olur (Manyin ve Rowe 2008). Kadmiyum böbrek, kalp, akciğer gibi çok sayıda organ ve doku üzerine negatif etkilerin ortaya çıkmasına sebep olabilmektedir. Kronik böbrek yetmezliği, idrarda protein bulunması, aortik ve koroner damar tıkanıklığı, kolesterol ve serbest yağ asitlerinin artması gibi olaylar örnek olarak verilmektedir (Houston 2007).

Bitkilerde gözlenen kadmiyum toksisitesinin tipik semptomları, solma, kırmızı turuncu yaprak renklenmesi, genel gelişiminde gözlenen azalma, metabolik olaylara engel olma, kök gelişimini geciktirme, klorofil miktarında azalma, fotosentezde rol oynayan enzimlerin aktivitelerine engel olma, stomadaki açılma ve iletkenlikte azalmalara neden olabilmektedir (Bradl 2005).

## 2.10 Bor (B)

Bor, içinde yaşadığımız bilim ve uzay çağında nükleer sanayiden uzay araçlarına, gübre sanayiinden, ilaç sanayine kimya sanayiden otomobil sanayine kadar 400'ü aşkın alanda kullanılan ve bilim adamları tarafından geleceğin beyaz petrolü olarak nitelendirilen bir madendir.

Bitkiler tarafından eser miktarda gereksinim duyulan, eksikliği ve toksisite sınırı birbirine en yakın element bor'dur (Brown P.H. et al 2002). Bor saf element olarak ilk kez 1808 yılında Fransız kimyager J.L. Gay-Lussac ve Baron L.J. Thenard ile İngiliz kimyager H. Davy tarafından elde edilmiştir. Bor, periyodik sistemde B simgesi ile gösterilen III-A Grubuna ait, atom numarası 5, atom ağırlığı 10.81 olan, bitki besleyici elementler içinde metal olmayan tek elementtir (Boşgelmez ve ark. 2001). Bor, doğada  $^{10}\text{B}$  (%18,98) ve  $^{11}\text{B}$  (%81,02) olmak üzere iki kararlı izotop halinde bulunmaktadır. Yerkabuğunun yaklaşık % 0,001'lik bir kısmını oluşturan bor, element halde iken amorf veya kristal yapıda, suda çözünmeyen, kahverengimsi-siyah renkte ve toz şeklinde olup normal sıcaklıklarda oldukça kararludur. Oksijene eğilimi oldukça fazla olan bir elementtir. Yeryüzünde oksijen bileşikleri şeklinde, daha çok da Ca ve Na boratlar halinde bulunmaktadır. En sık rastlanan bor bileşiği; borik oksit ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ) ve borakstır ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) Bor tabiatta hiçbir zaman serbest halde bulunmamaktadır. Doğada yaklaşık 230 çeşit bor minerali olduğu bilinmektedir Topraktaki çözünebilir bor'un çoğunluğunu borik asit ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) oluşturmaktadır (Boşgelmez ve ark. 2001).

Borik asit, toprakların çoğunda görülen pH sınırları içinde ayrışmadığı için, toprak kolloidlerine bağlanamamakta ve hızla yıkanarak toprağın alt horizonlarına doğru inmektedir. Kurak bölge topraklarında ise, bor üst toprak horizonlarında birikir ve toksik derişim değerlerine kadar çıkar (Boşgelmez ve ark. 2001).

Yeryüzünün 51. yaygın elementi olan bor toprakta, kayalarda ve suda yaygın olarak bulunan bir elementtir. Toprağın bor içeriği genelde ortalama 10-20 ppm, deniz suyunda 0,5-9,6 ppm, tatlı sularda ise 0,001-1,5 ppm sınırları içindedir. Yüksek derişimde ve ekonomik düzeydeki bor kaynakları, bor'un oksijenle bağlanmış bileşikleri olarak daha çok Türkiye ve Amerika'nın kurak volkanik ve hidrotermal aktivitelerinin yüksek olduğu bölgelerde bulunmaktadır (Ediz ve Özday 2001).

Bitkinin bulunduğu ortamda 5 ppm'den (0.074 mM) fazla alınabilir bor bulunması toksisiteye neden olabilmektedir. Bor toksisitesi daha çok kurak ve yarı kurak bölgelerin topraklarında görülmektedir. Bu bölgelerde zaman zaman sulama sularının bor derişiminde de yükselme tespit edilmiştir. Bor miktarı 10 ppm'in (0.147 mM) üstüne çıktığında toksik etki belirgin biçimde gözlenmektedir (Boşgelmez ve ark. 2001).

B diğer mikro elementlerden farklı olarak, taşınımı türden türe farklılık gösteren tek elementtir (Shelp and Brown 1997). Mısır, arpa, buğday ve sebzeler hareketsiz taşınım yaparlar. Meyva ağaçlarında ise mobil taşınım gözlenir. Özellikle tarım alanlarında üretimi yapılan bitkilerin seçiminde mobilitesi bilinen bitkinin tercih edilmesi, bor'un eksikliği veya toksisite etkisinden oluşacak zararı en aza indirecek; doğru ürün ve üretim yapılmasını sağlayacaktır (Brown and Hu 1998).

## 2.11 Demir (Fe)

Demir en çok ham metal sanayii atıksularından kaynaklanmaktadır. Demir yer altı sularında hemen her zaman, yüzeysel sularda ise yılın bazı dönemlerinde yüksek konsantrasyonlarda bulunması nedeniyle içme ve kullanma suları bakımından sorun olmaktadır. Fe iyonlarının su ortamına karışması şu yollarla gerçekleşir:

1- Oksijenden yoksun ancak CO<sub>2</sub>'ce zengin sularda demir iyonları bulunmaktadır.

2- İyi kaliteli sular veren kuyuların çevresine organik atıklar yığıldığında, toprakta oluşan anaerobik koşullar yüzünden bu kuyu sularının birden demir iyonları bakımından yüksek kötü kaliteli sular haline dönüştüğü bilinmektedir.

3- Yeterli derinliğe sahip göllerde suyun tabakalaşması nedeniyle oluşacak anaerobik koşullar yüzünden demir alt tabakalarda bulunan suda konsantre olur. Göl tabakalaşmasının sonbahardaki alt-üst olmasını izleyen günlerde rezervuardan çekilen sular demir bakımından zengindir (Şengül 1997).

İçinde demir ihtiva eden sular hava ile temas ettiklerinde bulanık, renkli bir hal alır. Bunun nedeni  $Fe(+2)$ 'nin  $Fe(+3)$ 'e oksitlenmesi ve suda çözünmeyen bir kısım renkli kolloidler oluşturmasıdır. Oksitlenme yavaş olduğundan bu bulanıklık uzun süre devam etmektedir. Bu reaksiyonlar pH 6'dan daha küçük ise daha büyük boyutlarda meydana gelmektedir (Şengül 1997).

Demir kullanma sularında kalıcı renkleri nedeniyle sakıncalıdır. Demir suya karakteristik bir tat verir. Bu nedenle içme suyunda demir 0,3 mg/L'den fazla olmamalıdır (Şengül 1997).

Çeşitli demir bileşikleri sert olmayan sularda pH'ı düşürmek suretiyle balıklara zehir etkisi yapmaktadır. Demir hidroksit, balıkların solungaçlarını tıkayarak ölmelerine sebep olmaktadır.

Yetişkin insanlarda kronik demir zehirlenmesine genellikle nadiren rastlanmaktadır. Bazı alerjik rahatsızlıklar ve siroz gibi önemli hastalıklar ortaya çıkmaktadır. Akut demir zehirlenmesi genellikle yetişkinlerde ve çocuklarda direkt ağız yoluyla alınmasından kaynaklanmaktadır. Özellikle çocuklarda rastlanan bu tür demir zehirlenmesine yaygın olarak rastlanabilmektedir (Brohi R. 1998).

Demir toksitesi genellikle su altında kalan çeltik topraklarında bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Birkaç haftalık su altında kalma, söz konusu topraklarda çözünebilir demir yüzeyini 0.1 ppm'den 50-100 ppm'e kadar yükseltebilmektedir. Çeltikte görülen Fe toksitesi "bronzing" olarak bilinmektedir. Bu hastalıkta yapraklar giderek kahverengileşmektedir (Brohi R. 1998).

## 2.12 Potasyum (K)

Potasyum, fotosentez oluşumu, enzimlerin reaksiyon hızını, protein sentezi, şekerin bitki bünyesinde dolaşımında, meyve oluşumunda ve klorofil oluşumu için gerekli olan bir bitki besin elementidir. Bitki büyümesi ve gelişimi için zorunlu olan bu elementin eksikliği fotosentezin azalmasına, bitki solunum hızının artmasına neden olmaktadır (Öner N. 2009).

## 2.13 Magnezyum (Mg)

Magnezyumun en önemli görevi, klorofil molekülünde merkez katyon olmasıdır. Aynı zamanda magnezyum, fotosentez ve bazı enzim reaksiyonlarını aktive eder (Öner N. 2009).

## 2.14 Mangan(Mn)

Değer değiştirme niteliğine sahip olması nedeniyle fotosentez, solunum ve yağ fermentlerini aktive etmek ya da fermentlerin girmek suretiyle etkili olmaktadır. Demir yardımıyla klorofilin oluşumuna yardım eder. Magnezyum gibi manganda birçok enzimleri aktifleştirme yeteneğine sahiptir (Öner 2009).

## 2.15 Gümüş (Ag)

Gümüş iyonik olarak sucul organizmalar için bilinen en toksik metallere biridir. Laboratuvar testlerine göre, sudaki konsantrasyonları 0,0012-0,0049 mg/l limit değerleri üzerinde hassas türleri öldürür. Geri kazanılabilirliği ekonomik olduğu için büyük sanayi kuruluşlarındaki kayıpları seyrekdir (EPA 1980).

Gümüş yerkabuğunda doğal olarak bulunur. Nispeten nadir olarak sülfür, klorür ve nitrat gibi diğer metallerle birlikte bulunur. Rüzgar ve yağmur gümüş taşıyan kayalardan çevreye büyük miktarda gümüş taşır. Ayrıca çeşitli endüstriyel kaynaklardan ortama salınan gümüş su ile uzun mesafelere taşınabilir (ATSDR 1990).



### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1 Çalışma Alanının Tanıtımı

Çalışma alanı Felent Çayı'dır ve Kütahya il sınırları içerisinde bulunmaktadır. Kütahya, Ege Bölgesi'nin İç Batı Anadolu Bölümü'nde yer alır. İç Anadolu Bölgesi ile denize kıyısı olan Ege Bölümü arasında geçiş alanıdır. Kütahya ili, 38 ° 70' ve 39° 80' kuzey enlemleri ile 29° 00' ve 30° 30' doğu boylamları arasındadır. İlimiz 11.875 km<sup>2</sup>'lik yüzölçümüyle Türkiye topraklarının yaklaşık %1,5'nu kaplamaktadır. Kütahya, kuzeyinde Bursa, kuzeydoğusunda Bilecik, doğusunda Eskişehir ve Afyon, güneyinde Uşak, batısında Manisa ve Balıkesir illerimizle çevrilidir.

2008 Yılı adrese dayalı nüfus sayımına göre ilin toplam nüfusu 565.884 olup bunun 347.073 kişisi il ve ilçelerde, 218.811 kişisi de belde ve köylerde yaşamaktadır. İlin genel nüfus yoğunluğu ise 47 kişi/km<sup>2</sup> 'dir.

İç batı Anadolu eşiği üzerinde yer alan Kütahya bölgesinin yüzey şekilleri bakımından bariz karakterini, üzerinde bir takım dağ ve tepe dizilerinin yer aldığı muhtelif yükseltilerdeki yaylalar ile bunlar içinde gelişmiş ovalar teşkil eder. Gerek dağ ve tepe dizileri, gerek çukur sahalar, eşiğin genel karakterine uygun olarak kuzeybatı – güneydoğu istikametinde uzanırlar. Kütahya yaylalarında farklı yükseltilerde iki kademe ayırt edilir.

Bunlardan; alçak yaylalar 1000–1250 m'lere, yüksek yaylalar ise 1250–1450 m'lere tekabül eder. Eşik üzerindeki başlıca dağ ve tepe dizileri, Kütahya ovasının hemen güneyinde yarı kristalize kalker ve metamorfik şistlerden oluşan Yellice Dağı (1764 m) ve Gümüş Dağı (1901 m); kuzeyde, serpantinlerden meydana gelen Yeşil Dağ (1533 m) bölgenin batısında kısmen yarı kristalize kalker, mermer ve kısmen de volkanik elemanlardan oluşan Türkmen Dağı (1829 m), güneyinde Murat Dağı (2312 m), Şaphane Dağı (2121 m) ve Batısında Eğrigöz Dağı (2312 m) ve bunların uzantılarındaki tepelerdir (Kütahya İl durum Raporu 2008).

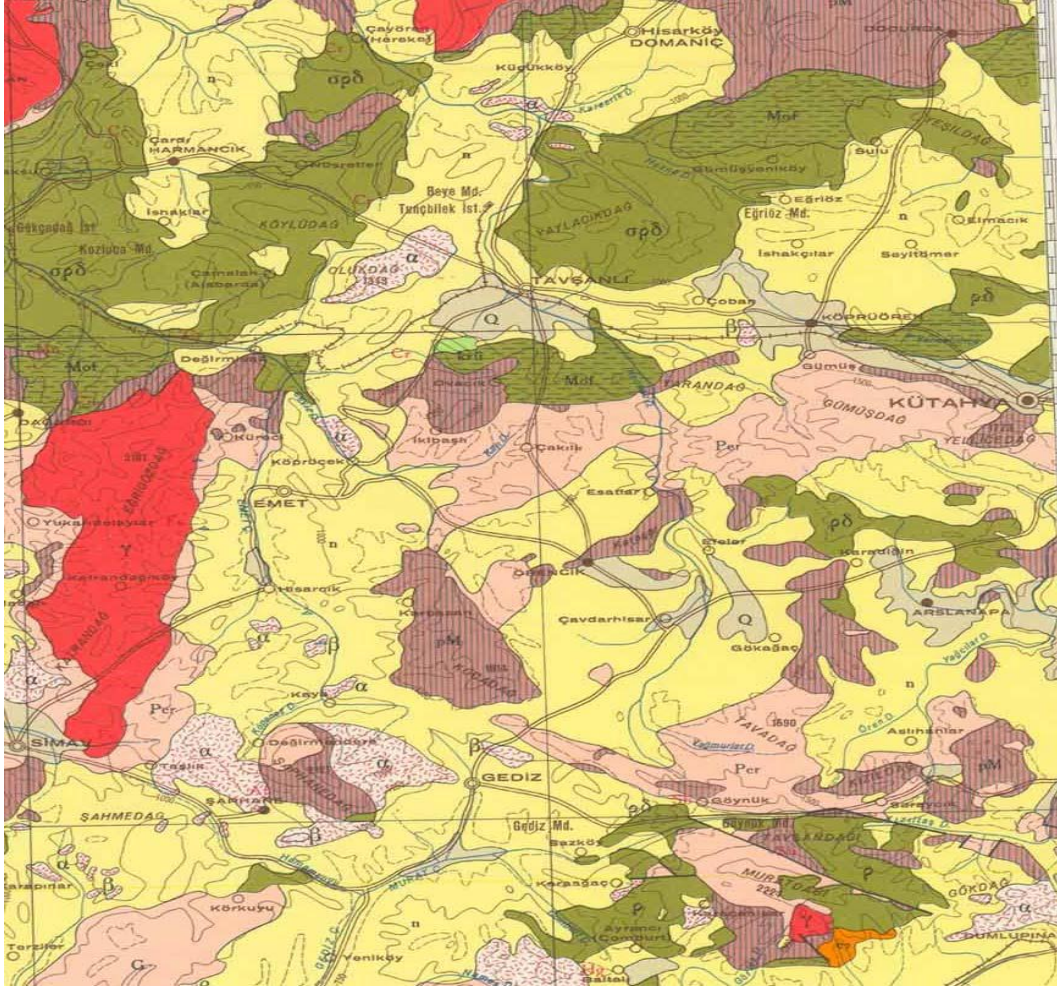
Alüvyonlarla kaplı bulunan Kütahya, Köprüören, Tavşanlı, Altıntaş, Aslanapa, Gediz, Simav ve Örencik ovaları eşğin alçak kısımlarını teşkil eder. Gerek dağ ve tepe dizileri gerek çukur sahalar eşik üzerinde az yer tutarlar. Eşik büyük kısmıyla neojen yaylalardan oluşmaktadır. Kütahya yaylaları Porsuk Nehri vetabileri ile Kocasu tarafından derince parçalanmıştır. Yaylanın yüzeyi ile Porsuk Nehrinin tabanı arasında 100–150 m’lik seviye farkı vardır.

Kütahya Ovası deniz seviyesinden ortalama 930 m yüksekliğindedir. Ovanın kuzeybatı ucu ile güneydoğu ucu arasındaki uzunluğu 25 km kadardır. Kütahya Ovasının alanı ise 93 km<sup>2</sup>’dir. Kütahya’nın akarsuları ise Kirmasti, Kocasu (Adırmaz), Simav Suyu, Porsuk ve Gediz Çayı’dır.

Kütahya İlinin içerisinde yer aldığı İç batı Anadolu Bölgesinde paleozoik, mesozoik ve senozoik üst sistemlerinin değişik dönemlerine ait jeolojik birimler bulunmaktadır. Kütahya ve çevresinde en eski kayalar devoniyen yaşlı gnays, muhtelif çeşit şist ve mermerlerdir. Bu serinin üzerinde fosilli orta permiyen kalkerleri diskordans olarak gelir. Mesozoik, yerleşme yaşı üst kretase olan ultramafik kayalarla temsil edilmiştir.

Genellikle peridotit ve piroksenit bileşiminde olan ofiyolitik kütle bölgede allokyon birliği temsil eder. Yer yer tamamen serpantinleşmiş durumda olan bu kayalar bölgede masif ultramafikler halinde olup Murat Dağı civarında karmaşık bir durumda değişik litolojili kayaları içinde bulundurur.

Ultramafik kayalar üzerinde ise çoğu silisleşmiş, karbonatlaşmış ve limonitleşmiş bir örtü kayaç görülmektedir. Kütahya ili jeolojik zaman çizelgesi Şekil.3.1’de gösterilmiştir (Kütahya İl durum Raporu 2008).



Şekil 3.1. Jeolojik zaman çizelgesi (Ölçek:1/500.000)

İklim, uzun yılların (en az 30 yıl) meteorolojik değerlerinin ortalaması iken hava durumu günlük ölçülen ve beklenen (kısa ve uzun vadede) meteorolojik değerlerdir. Kütahya ili deniz seviyesinden 930 m yüksekliktedir. Kütahya'nın iklimi Ege, Marmara ve İç Anadolu arasında "geçiş iklimi" özelliğini gösterir. İkliminde her üç iklim tipinin özelliklerini görmek mümkündür. Sıcaklık şartları daha çok İç Anadolu'nun karasal iklim şartlarını andırmakta ise de step ikliminin dışında kalır. Kurak iklim ile nemli iklim arasındaki "geçiş iklimi" tipine girer.

Genelde Kütahya' da hakim rüzgar yönü kuzeydir. Yıldız adı verilen kuzey rüzgarı her yıl ortalama 2944 kez görülür. Bunu karayel (kuzeybatı) izler. Daha sonra lodos (güneybatı) rüzgarı görülür. Ortalama rüzgar hızı 1,5 m/s' dir. Ölçülen en yüksek rüzgar hızı 22,7 m/s ile karayele aittir.

Kütahya' da yıllık ortalama yağış miktarı 568 mm'yi bulur. Ancak bu değer bazı yerlerde azalırken bazı yerlerde ortalamanın üzerine çıkar. İlin genelinde yağışlar 400 ile 1.100 mm arasında değişir. Farklılığın en önemli nedeni yükseklik farklarıdır.

En yağışlı ay aralık, en kurak ay ağustos' dur. Eylül ile birlikte yağışlar artmaya başlar ve en yüksek seviyeye aralık ve ocak ayında erişir. Yağışların % 38,8 kış mevsiminde, % 29,4 ilkbaharda, % 19,3 sonbaharda, % 12,5 yaz aylarında görülür.

Kütahya' nın rakımının yüksek oluşu ve kış sıcaklık değerlerinin düşük oluşu kar yağışlarını olağan getirmektedir. İlimizde 19 gün kar yağışlı geçer. Kar yağışı en çok ocak, şubat ve mart aylarında görülür. İlin karla örtülü olduğu günler ortalaması 31 gündür.

Çalışma alanı olarak seçilen Felent Çayı, Köprüören Havzası'nın kuzeybatısından Şahmelek yöresinde doğar, Enne Baraj Gölü'ne ulaşır, daha sonra Kütahya'nın kuzeyinden Porsuk Çayı'na ulaşır. Uzunluğu 35 km, ortalama debisi 0,56 m<sup>3</sup>/s' dir (Kütahya İl durum Raporu 2008).



### 3.2. Arazi Çalışması ve Örneklerin Toplanması

Arazi çalışması Şubat 2011-Ocak 2012 tarihleri arasında mevsimsel olarak yapılmıştır. Çalışmada bölgeyi en iyi şekilde temsil edecek yedi istasyon seçilmiştir. Bu istasyonların genel özellikleri Çizelge 3.1’de, genel görünüm Şekil 3.2’de, çalışma alanı ve istasyonlara ait harita Şekil 3.3’de verilmektedir.



Şekil 3.2. Felent Çayı’nın genel görünümü

**Çizelge 3.1.** Çalışma alanında seçilen istasyon özellikleri

	İstasyonlar	Yeri	Yükseklik(m)
1.	Felent 1. istasyon	Ören köyü (2.km)	1076
2.	Felent 2. istasyon	Köprüören köyü	1039
	2.1 istasyon	Gümüş Tes. atığı öncesi	
	2.2 istasyon	Gümüş Tes. atığı sonrası	
3.	Felent 3. istasyon	Yoncalı köyü	1024
4.	Felent 4. istasyon	Enne barajı	992
5.	Felent 5. istasyon	Üniversite yanı	961
6.	Felent 6. istasyon	Yedigöller	936
7.	Felent 7. istasyon	Kütahya çıkış	923



**Şekil 3.3.** Çalışma Alanı

Her istasyonda örnek alımları sırasında suyun sıcaklık, pH, iletkenlik ve çözünmüş oksijen değerleri Multi Ölçüm Cihazı (HQ40D) ile arazide ölçülmüştür. Her istasyondan sığ olan kısımlardan sediment kepçesi kullanarak, derin bölgelerden ve suya girmenin mümkün olmadığı kısımlardan ise ekman kepçesi ile sediment örnekleri alınmıştır. Alınan sediment örnekleri etiketli torbalara konularak ve araç tipi buzdolabına yerleştirilerek laboratuara getirilmiştir. Balık örnekleri ikinci istasyondan (Köprüören köyü) Honda marka jenaratörün modifiye edilmesiyle oluşturulmuş elektroşok aleti ile toplanmıştır.

Epipelik diyatome örnekleri 2 cm çapında, 1 m uzunluğunda cam borunun sediment üzerinde ışınal olarak gezdirilmesi ile toplanmıştır. Boruya dolan çamurlu su 1 lt'lik plastik kaplara boşaltılmıştır. Fikse edilmeden aynı gün içinde laboratuvara getirilen örnekler içlerindeki çamurun çökmesi için bekletildikten sonra yakma işlemine tabi tutulmuştur (Tokatlı ve Ark. 2011).

### **3.3. Laboratuvar Çalışmaları**

#### **3.1.1 Fizikokimyasal Analizler**

Her istasyondan uygun kaplara su numunesi alınarak laboratuvara getirilmektedir. Taşıma esnasında numunelerin ışık, sıcaklık değişimi gibi dış etmenlerden etkilenmemesi için araç tipi buzdolabında laboratuara getirilmiştir. Nitrit, nitrat, sülfat, amonyum azotu, KOİ tayinleri spektrofotometrik yöntem ile (HACH LANGE DR 2800) ile Anadolu Üniversitesi Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde ölçülmüştür.

#### **3.3.2 Kimyasal Analizler**

##### **Sedimentde Element Analizleri**

Araziden alınan sediment örnekleri 0,5 mm'lik elekten geçirildikten sonra etüve konarak 105 °C'de 2 saat kurutulmaya bırakıldı. Etüvde tamamen nemi giderilen numunelerden 0,5 g alınarak mikrodalgada nitrik asit ve perklorik asit ile sindirme işlemine tabi tutuldu. Organik yıkımları biten örnekler soğutulup, santrifüjlendikten sonra filtre kâğıdından süzülerek, hacimleri 100 ml'ye tamamlanarak ve Varian marka ICP-OES 720 ES ile mikro ve makro element içerikleri saptanmıştır (EPA 3051 1998).

### **Suda Element Analizleri**

Çözünmüş elementlerin belirlenmesi için örnek, 0,45 µm gözenek çaplı membran filtreden (selüloz nitrat) süzüldü. Olası kirlenmeyi önlemek için cam veya plastik filtre düzenekleri önerilmektedir. Süzüntüden alınan bir miktar su numunesi (1+1) nitrik asit ile hemen pH < 2'ye asitlendirilerek, süzölmüş, asitle korunmuş örnekten belli bir hacim alındı, (≥20 mL) ve 50 mL'lik polipropilen santrifüj tüpüne aktarıldı ve santrifüjlendi. (HETTICH Universal 320-R). Çözünmüş elementlerin içerikleri ICP-OES cihazı ile ölçölmüştür (Varian 720 ES) (EPA metod 2007). Ayrıca toplam elementlerin belirlenmesi için (toplam krom ve toplam fosfor) iyi karışmış ve asitle korunmuş örnekten 100 mL ±1 mL alınarak 250 mL'lik behere aktarıldı, ölçölmüş hacimde örnek içeren behere 2 mL (1+1) nitrik asit ve 1 mL (1+1) hidroklorik asit eklendi. Çözeltinin buharlaşması için, beher ısıtıcı (IKA RH basic) üzerine yerleştirildi ve beherin ağzı saat camı ile kapatılarak, 85 °C'de yavaşça ısıtarak (kaynatmadan) örneğin hacminin yaklaşık 20 mL'ye inmesi sağlandı, beherin soğuması için beklendi. Örnek çözeltisi nicel olarak 50 mL balonjojeye aktararak, ayıraç su ile hacme tamamlanıp kapatılıp karıştırıldı. Toplam elementlerin içerikleri ICP-OES cihazı ile ölçölmüştür (Varian 720 ES) (EPA metod 2007).

### **Biyolojik Materyalde Element Analizleri**

Araziden toplanan canlı örnekler ( *Lemna trisulca*, *Gammarous* sp., *Hirudo* sp. ve balık örnekleri) metal içermeyen kaplarda (naylon torbalar içerisinde) laboratuvara getirilerek ve analiz edilene kadar -20 °C'de derin donduruculu bir buzdolabında saklanmışdır. Buzdolabından çıkarılan örnekler paslanmaz çelik bistüri uçları ve pens yardımıyla analiz edilecek kısımlarına ayrılarak ve 105 °C'de kurutularak öğütöldü. Öğütölmüş materyaller kuru ağırlık çalışılması nedeniyle 2 saat kadar tekrar etüvde bekletilmiştir. Nemi tamamen kaybolan numunelerden 0,5 g alınarak nitrik asit ve perklorik asit (3:1) ilave edilmiş ve mikrodalga ile digestion (sindirme) işlemine tabi tutulmuştur



Organik yıkımı biten örnekler filtreden süzülerek, hacimleri 100 mL'ye tamamlanmış ve su ve sedimentte yapılan mikro ve makro elementlerin tümü canlı dokuları içinde Varian ICP-OES 720 ES ile yapılmıştır (ASTM 1985, APHA 1992).

Epipelik diyatomelerin organik materyallerinin giderilmesi amacıyla, kimyasal analizler için hazırlanmasında; epipelik diyatomelerin bulunduğu su örneğine eşit hacimde % 98 lik sülfürik asit ( $H_2SO_4$ ) ve % 35 lik nitrik asit ( $HNO_3$ ) karışımı ilave edilmiş ve çeker ocakda 120 °C de 20 dakika kaynatılmıştır. Bu işlem sonunda, organik maddelerden kurtulan diyatome frustullerinin içinde bulunduğu suyun asitliği saf su ile yıkanarak giderilmiştir (Tokatlı ve Ark. 2011).

### **3.4 Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistiksel Analizler**

Felent Çayı suyunda fizikokimyasal ölçüm sonuçlarından elde edilen bulgular, SPSS 17 paket programı kullanılarak uygulanan faktör analizi sonuçları, istasyonlar arasındaki farklılığı belirlemek için yapılmıştır.

Felent Çayı istasyonlarından alınan su, sediment ve canlı dokularında ölçülen elementlerin mevsimsel minimum, maksimum ve ortalama değerleri belirlenmiştir. Tablolarda ortalama değerlerin yanında standart hataları ( $\pm$ ) belirtilmiştir. Ayrıca past istatistik programı kullanılarak kümeleme analizi yapılmış, istasyonların benzerlik grafikleri çizilmiştir.

## 4. BULGULAR

### 4.1 Suda Yapılan Analiz Sonuçları

#### 4.1.1 Fizikokimyasal Analiz Sonuçları

Felent Çayı'nda belirlenen yedi istasyondan alınan su örneklerinin fizikokimyasal analiz sonuçları mevsimsel olarak Çizelge 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4'de verilmiştir. Fizikokimyasal parametrelerin yıllık ortalama değerleri Çizelge 4.5 de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Felent Çayı suyunda kış mevsiminde su kalite parametreleri

		İSTASYONLAR							
Parametreler	Birim	1	2.1	2.2	3	4	5	6	7
Su sıcaklığı	°C	7.1	8.4	9.7	32	8.3	9.3	11.2	11.4
pH		7.36	7.35	7.33	7.48	7.7	7.78	7.77	7.17
İletkenlik	µs/cm	268	411	415	1033	376	541	616	492
Tuzluluk	‰	0.2	0.29	0.29	0.43	0.27	0.37	0.42	0.33
Sülfat	mg /L	12.8	7.6	35.5	153	49.9	74.8	95	74.2
Fosfat	mg /L	0.65	1.36	0.53	0.31	0.72	0.6	0.47	1.5
Amonyum	mg /L	0.038	0.03	0.032	0.023	0.016	0.037	0.014	0.027
Nitrit azotu	mg /L	DLA	0.02	0.038	0.033	0.007	0.019	0.043	0.08
Nitrat azotu	mg /L	0.7	0.15	1.89	1.2	1.4	1.3	4.3	1.7
KOI	mg/L	29.7	19.7	31.4	20.5	25.7	38.9	33.1	36.4
Çözünmüş O <sub>2</sub>	mg/L	10.71	11.2	10.51	3.61	13.45	7.74	11.25	0.19
O <sub>2</sub> Doygunluğu	%	100.1	108	106.3	56.4	128.4	77.9	115.1	1.9

DLA: Dedeksiyon limitlerin altında

**Çizelge 4.2.** Felent Çayı suyunda ilkbahar mevsiminde su kalite parametreleri

		İSTASYONLAR							
Parametreler	Birim	1	2.1	2.2	3	4	5	6	7
Su sıcaklığı	°C	13	14.3	13.7	19.2	13.2	10.3	10.4	10.2
pH		7.5	7.78	7.8	7.6	8.2	10	7.8	7.74
İletkenlik	µs/cm	478	512	537	708	377	399	414	432
Tuzluluk	‰	0.3	0.31	0.33	0.39	0.024	0.27	0.28	8.18
Sülfat	mg /L	19	29	43	92.9	62	57	71	70
Fosfat	mg /L	0.59	1.04	0.48	0.96	0.44	0.18	0.23	2.01
Amonyum	mg /L	0.021	0.04	0.09	0.031	0.029	0.028	0.04	0.051
Nitrit azotu	mg /L	DLA	0.002	0.02	0.037	0.002	0.011	0.013	0.017
Nitrat azotu	mg /L	2.75	3.59	6.98	1.4	1.48	1.85	1.97	5.65
KOI	mg/L	9.25	7.54	13.8	7.18	12.7	6.43	10.9	12.5
Çözünmüş O <sub>2</sub>	mg/L	9.42	12.5	5.11	7.52	9.02	9.39	2.2	0.29
O <sub>2</sub> Doygunluğu	%	102	139	50.1	92.1	89.55	94.2	25.2	81.3

DLA: Dedeksiyon limitlerin altında

**Çizelge 4.3.** Felent Çayı suyunda yaz mevsiminde su kalite parametreleri

İSTASYONLAR									
Parametreler	Birim	1	2.1	2.2	3	4	5	6	7
Su sıcaklığı	°C	14.1	16.6	17.5	21.2	17.8	14.8	15.2	15.3
pH		7.9	7.79	7.8	7.89	9.07	7.94	7.85	7.78
İletkenlik	µs/cm	635	758	713	729	426	564	527	430
Tuzluluk	‰	0.33	0.39	0.37	0.38	0.21	0.29	0.27	0.22
Sülfat	mg /L	3.95	49.7	43.9	98.1	47.8	41.1	57.3	121
Fosfat	mg /L	0.32	0.73	0.64	0.67	0.12	0.26	0.35	0.05
Amonyum	mg /L	0.597	1.1	0.99	1.32	0.66	0.79	0.94	1.26
Nitrit azotu	mg /L	0.018	0.064	0.06	0.109	0.018	0.077	0.154	0.38
Nitrat azotu	mg /L	1.73	1.5	1.2	1.02	0.12	0.504	0.63	1.28
KOI	mg/L	6.68	21.8	9.75	22	DLA	17.6	14	16.3
Çözünmüş O <sub>2</sub>	mg/L	8.02	7.33	6.3	5.57	11.9	7.08	6.16	5.7
O <sub>2</sub> Doygunluğu	%	101	91.5	79.7	71	163	85.1	74.5	69.2

DLA: Dedeksiyon limitlerin altında

**Çizelge 4.4.** Felent Çayı suyunda sonbahar mevsiminde su kalite parametreleri

İSTASYONLAR									
Parametreler	Birim	1	2.1	2.2	3	4	5	6	7
Su sıcaklığı	°C	5.99	7.02	7.37	11.72	11	7.45	7.08	11.48
pH		7.95	7.9	7.91	8.06	8.32	7.97	7.65	7.53
İletkenlik	µs/cm	852	670	620	709	678	889	608	857
Tuzluluk	‰	0.44	0.36	0.32	0.37	0.35	0.46	0.31	0.45
Sülfat	mg /L	4.17	8.99	19.8	81.2	68.8	80.9	44.5	66.2
Fosfat	mg /L	2.06	1.21	1.01	1.1	0.71	0.73	0.82	0.33
Amonyum	mg /L	0.015	0.179	0.16	0.49	0.31	0.036	1.72	1.62
Nitrit azotu	mg /L	0.019	0.035	0.07	0.091	0.023	0.021	0.146	0.187
Nitrat azotu	mg /L	2.83	2.2	1.76	1.42	0.45	0.452	1.41	1.56
KOI	mg/L	10.8	14.3	1.12	11.2	13.3	14.1	17.7	63.6
Çözünmüş O <sub>2</sub>	mg/L	7.94	8.6	7.85	6.94	6.93	6.91	5.44	3.83
O <sub>2</sub> Doygunluğu	%	77.4	85.6	79.2	77.7	76.4	69.94	54.4	42.7

**Çizelge 4.5.** Felent Çayı suyunda yıllık ortalama su kalite parametreleri

İSTASYONLAR									
Parametreler	Birim	1	2.1	2.2	3	4	5	6	7
Su sıcaklığı	°C	10.12	11.59	12	20.2	13.41	10.48	10.96	12.1
pH		7.68	7.70	7.71	7.76	8.32	8.42	7.77	7.55
İletkenlik	µs/cm	558	588	571	795	464	598	541	553
Tuzluluk	‰	0.32	0.34	0.33	0.39	0.21	0.35	0.32	2.3
Sülfat	mg /L	9.98	23.81	35.5	106	57.12	63.45	66.95	82.85
Fosfat	mg /L	0.905	1.085	0.66	0.76	0.50	0.44	0.47	0.97
Amonyum	mg /L	0.17	0.34	0.32	0.47	0.25	0.22	0.68	0.74
Nitrit azotu	mg /L	0.009	0.031	0.05	0.07	0.013	0.032	0.089	0.17
Nitrat azotu	mg /L	2.00	1.86	2.96	1.26	0.86	1.03	2.08	2.55
KOI	mg/L	14.11	15.84	14.2	15.2	12.93	19.26	18.93	32.2
Çözünmüş O <sub>2</sub>	mg/L	7.02	9.91	7.44	5.91	10.33	7.78	6.26	2.50
O <sub>2</sub> Doygunluğu	%	69.9	106	78.8	74.3	114.3	81.79	67.30	48.78

Felent Çayı'nda ölçülen yıllık ortalama su kalite parametreleri Çizelge 4.5'de gösterilmektedir. Yıllık ortalama su kalite parametreleri ile kümeleme analizi yapılmış ve istatistiksel değerlendirme bölümünde istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Felent Çayı'nda ölçülen kış mevsimi su kalite parametreleri Çizelge 4.1'de gösterilmektedir. Buna göre, sıcaklık 32°C, iletkenlik 1033 µs/cm, tuzluluk ‰ 0,43 ve sülfat 153mg/L değerleri ile 3. istasyonda en yüksek değerde bulunmuştur. 4.istasyon 0,72 mg/L ile en yüksek fosfat değerine sahiptir. Amonyum azotu 0,038 mg/L değeri ile 1. istasyonda en yüksek değeri göstermiştir. Nitrit azotu 1. istasyonda dedeksiyon limitlerin altında, 0,043 mg/L ile 6. istasyonda en yüksek değerde bulunmuştur. Nitrat azotu 1,7 mg/L değeri ile 2.2. istasyonda en yüksek bulunmuştur. KOİ 38,9 mg/L değeri ile 5. istasyonda en yüksek bulunmuştur. Çözünmüş oksijen ve oksijen doygunluğu 13,45 mg/L ve % 128,4 değerleri ile 4. istasyonda en yüksek değerde bulunmuştur.

Felent Çayı'nda ölçülen ilkbahar mevsimi su kalite parametreleri Çizelge 4.2'de gösterilmektedir. Buna göre, sıcaklık 19,2°C, iletkenlik 708 µs/cm, ve sülfat 92,9 mg/L değerleri ile 3. istasyonda en yüksek değerde bulunmuştur. Tuzluluk ‰ 8,18 değeri ile 7. istasyonda en yüksek değerde bulunmuştur. Fosfat 2,01 mg/L ile 7.istasyonda en yüksek değerde bulunmuştur. Amonyum azotu 0,09 mg/L değeri ile 2.2. istasyonda en yüksek değeri göstermiştir. Nitrit azotu 1.

istasyonda dedeksiyon limitlerin altında, 0,037 mg/L ile 3. istasyonda en yüksek değerde bulunmuştur. Nitrat azotu 6,98 mg/L değeri ile 2.2. istasyonda en yüksek bulunmuştur. KOİ 13,8 mg/L değeri ile 2.2. istasyonda en yüksek bulunmuştur. Çözünmüş oksijen ve oksijen doygunluğu 12,5 mg/L ve % 139 değerleri ile 2.1. istasyonda en yüksek değerde bulunmuştur.

Felent Çayı'nda ölçülen yaz mevsimi su kalite parametreleri Çizelge 4.3'de gösterilmektedir. Buna göre, sıcaklık 21,2°C değeri ile 3.istasyonda, iletkenlilik 738  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , tuzluluk ‰ 0,39 değeri ile 2.1. istasyonda en yüksek değerde bulunmuştur. Sülfat 121 mg/L değerleri ile 7. istasyonda en yüksek değerde bulunmuştur. Fosfat 0,73 mg/L ile 2.1. istasyonda en yüksek değerde bulunmuştur. Amonyum azotu 1,32 mg/L değeri ile 3. istasyonda en yüksek değeri göstermiştir. Nitrit azotu 0,38 mg/L ile 7. istasyonda en yüksek değerde bulunmuştur. Nitrat azotu 1.73 mg/L değeri ile 1. istasyonda en yüksek bulunmuştur. KOİ 22 mg/L değeri ile 3 istasyonda en yüksek, 4. istasyonda dedeksiyon limitleri altında bulunmuştur. Çözünmüş oksijen ve oksijen doygunluğu 11,9 mg/L ve % 163 değerleri ile 2.1. istasyonda en yüksek değerde bulunmuştur.

Felent Çayı'nda ölçülen sonbahar mevsimi su kalite parametreleri Çizelge 4.4'de gösterilmektedir. Buna göre, sıcaklık 11,72°C değeri ile 3. istasyonda, iletkenlilik 889  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , tuzluluk ‰ 0,46 değeri ile 5. istasyonda en yüksek değerde bulunmuştur. Sülfat 81,2 mg/L değerleri ile 3. istasyonda en yüksek değerde bulunmuştur. Fosfat 2,06 mg/L ile 1. istasyonda en yüksek değerde bulunmuştur. Amonyum azotu 1,72 mg/L değeri ile 6. istasyonda en yüksek değeri göstermiştir. Nitrit azotu 0,187 mg/L ile 7. istasyonda en yüksek değerde bulunmuştur. Nitrat azotu 2.83 mg/L değeri ile 1. istasyonda en yüksek bulunmuştur. KOİ 63,6 mg/L değeri ile 7. istasyonda en yüksek bulunmuştur. Çözünmüş oksijen ve oksijen doygunluğu 8,6 mg/L ve % 85,6 değerleri ile 2.1. istasyonda en yüksek değerde bulunmuştur.

#### 4.1.2 Element Analiz Sonuçları

Felent Çayı'nda kış mevsiminde yapılan element analiz sonuçları Çizelge 4.6'da gösterilmektedir. Bu analiz sonuçlarına göre, Felent Çayı'nda kış mevsiminde Fe elementi dedeksiyon limitlerin altında bulunmuştur. Al elementi 1. istasyonda 0,07 mg/L, 2.1. istasyonunda 0,19 mg/L olarak, diğer istasyonlarda ise dedeksiyon limitlerin altında bulunmuştur. Bu mevsimde Ag ve Si ölçülmemiştir. Ca elementi 201 mg/L ile 7. istasyonda, Mg 47,6 mg/L ile 6. istasyonda, As 0,43 mg/L ile 2.1. istasyonda, B 0,202 mg/L ile 6. istasyonda, Cd 0,0265 mg/L, Cu 0,0385 mg/L, Mn 0,38 mg/L, Pb 0,396 mg/L, Zn 2,24 mg/L değeri ile 2.1. istasyonda en yüksek değerde bulunmuştur.

**Çizelge 4.6.** Felent Çayı kış mevsimi istasyonlara göre su örnekleri element analiz sonuçları(mg/L)

	1. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	2.1 İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	2.2. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	3. istasyon (Min-Mak) Ort±SH
Al	0,062-0,079 0,07±0,0025	0,189-0,198 0,19±0,0017	DLA	DLA
Ca	69,1-72,2 70,55±0,0046	74,1-76,5 75,7±0,37	76-80,4 78,2±0,836	135-140 137,66±0,843
Fe	DLA	DLA	DLA	DLA
Mg	35,2-35,6 35,4±0,06	32,7-33,2 32,92±0,07	35,3-36,2 35,62±0,14	37-37,7 37,4±0,1
Ag	*	*	*	*
As	0,024-0,042 0,038±0,003	0,421-0,455 0,43±0,0047	0,375-0,408 0,398±0,005	0,056-0,079 0,065±0,004
B	0,068-0,242 0,154±0,004	0,102-0,112 0,1063±0,0016	0,131-0,142 0,139±0,00219	0,02-0,038 0,029±0,0033
Cd	0,012-0,012 0,012±0,00	0,026-0,027 0,0265±0,0002	0,014-0,014 0,014±0,00	0,011-0,012 0,0118±0,00
Cr	0,044-0,058 0,0513±0,02	0,084-0,092 0,089±0,0013	0,002-0,012 0,0073±0,0014	DLA
Cu	0,028-0,029 0,0282±0,0002	0,038-0,039 0,0385±0,0002	0,027-0,029 0,028±0,00036	0,025-0,026 0,0256±0,0002
Hg	0,015-0,019 0,017±0,00078	0,015-0,019 0,017±0,00057	0,016-0,02 0,0185±0,0005	0,016-0,022 0,0186±0,0009
K	3,98-4,12 4,035±0,024	4,86-4,97 4,92±0,0159	4,72-4,81 4,748±0,0149	4,71-4,83 4,77±0,0155
Mn	0,287-0,295 0,291±0,001	0,376-0,39 0,38±0,00227	0,084-0,085 0,0846±0,0002	0,017-0,017 0,017±0
Na	2,91-3,06 2,99±0,0269	15,1-15,8 15,48±0,1137	16,2-17 16,63±0,1	15,8-16,2 15,96±0,06
Ni	0,025-0,03 0,0278±0,0009	0,017-0,023 0,02±0,00089	0,01-0,013 0,0113±0,0006	0,006-0,012 0,0085±0,0008
P	0,502-0,956 0,692±0,076	2,3-2,52 2,42±0,0318	0,252-0,534 0,383±0,0465	0,89-1,146 1,037±0,037
Pb	0,038-0,052 0,047±0,0021	0,389-0,412 0,396±0,0037	0,08-0,093 0,086±0,00187	0,016-0,022 0,0186±0,0009
Si	*	*	*	*
Zn	0,039-0,04 0,0395±0,0002	2,22-2,25 2,24±0,0052	0,233-0,242 0,236±0,0013	0,06-0,063 0,061±0,00054

DLA: Dedeksiyon limitler altında, \*: Bu mevsimde okunmamıştır,  
Min-Mak: Minimum-Maksimum, Ort±SH: Ortalama±Standart hata

**Çizelge 4.6. (Devam)** Felent Çayı kış mevsimi istasyonlara göre su örnekleri element analiz sonuçları (mg/L)

	4. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	5. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	6. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	7. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH
Al	DLA	DLA	DLA	DLA
Ca	75,1-76,9 75,98±0,234	110-117 113,5±1,284	133-141 137,3±1,646	196-208 201±2,257
Fe	DLA	DLA	DLA	DLA
Mg	32,4-32,8 32,65±0,06	34,9-35,8 35,41±0,13	47,1-48,1 47,6±0,14	41,8-42,5 42,15±0,099
Ag	*	*	*	*
As	0,036-0,056 0,047±0,003	0,004-0,025 0,016±0,003	0,009-0,037 0,019±0,004	0,01-0,043 0,025±0,005
B	0-0,015 0,0063±0,0028	0-0,015 0,007±0,0031	0-0,411 0,202±0,09	0,061-0,098 0,078±0,0074
Cd	0,012-0,012 0,012±0,00	0,011-0,012 0,0115±0,0002	0,012-0,012 0,012±0,00	0,011-0,014 0,0123±0,0005
Cr	DLA	0-0,016 0,0073±0,0028	0-0,01 0,0046±0,00143	DLA
Cu	0,026-0,027 0,0262±0,000167	0,025-0,026 0,0256±0,0002	0,031-0,032 0,0312±0,000167	0,028-0,029 0,0286±0,0002
Hg	0,017-0,022 0,0185±0,0008	0,013-0,021 0,0173±0,0012	0,013-0,019 0,0168±0,00087	0,016-0,02 0,018±0,0007
K	3,75-3,81 3,775±0,012	6,34-6,46 6,385±0,0172	5,47-5,74 5,605±0,044	22-22,8 22,416±0,16
Mn	0,063-0,064 0,0635±0,0002	0,074-0,076 0,075±0,00036	0,104-0,106 0,105±0,00033	0,164-0,173 0,168±0,0016
Na	9,21-9,69 9,568±0,073	14,4-14,8 14,51±0,075	16,7-17,1 16,88±0,06	21,6-22,2 21,916±0,083
Ni	0,009-0,011 0,0103±0,0003	0,009-0,014 0,0114±0,00067	0,012-0,017 0,0138±0,0007	0,022-0,03 0,026±0,0011
P	0,334-0,512 0,429±0,027	1,58-2,18 1,953±0,104	1,66-2,02 1,81±0,053	1,88-2,52 2,173±0,111
Pb	0,038-0,046 0,042±0,0106	0,041-0,046 0,0436±0,0008	0,051-0,068 0,0595±0,0032	0,045-0,061 0,0515±0,0026
Si	*	*	*	*
Zn	0,039-0,042 0,04±0,0005	0,037-0,04 0,038±0,0006	0,062-0,064 0,063±0,0003	0,062-0,067 0,0648±0,00098

DLA: Dedeksiyon limitler altında, \*: Bu mevsimde okunmamıştır,  
Min-Mak: Minimum-Maksimum, Ort±SH: Ortalama±Standart hata



Felent ayı'nda ilkbahar mevsiminde yapılan element analiz sonuçları izelge 4.7'de gösterilmektedir. Bu analiz sonuçlarına göre, Felent ayı'nda ilkbahar mevsiminde Al, Cd ve Ni elementi dedeksiyon limitlerin altında bulunmuştur. Cr elementi 2.1. istasyonunda 0,036 mg/L olarak, diğerk istasyonlarda ise dedeksiyon limitlerin altında bulunmuştur. Ca elementi 76,58 mg/L, Fe 138 mg/L ile 3. istasyonda, Mg 52,96 mg/L ile 2.1. istasyonda, As 0,25 mg/L ile 2.1. istasyonda, B 4,53 mg/L ile 3. istasyonda, Cu 0,0116 mg/L, Mn 0,38 mg/L, Pb 0,195 mg/L, Zn 0,648 mg/L ve Si 12,39 mg/L değeri ile 2.1. istasyonda en yüksek değerde bulunmuştur.

**Çizelge 4.7.** Felent Çayı ilkbahar mevsimi istasyonlara göre su örnekleri element analiz sonuçları (mg/L)

	1.İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	2.1 İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	2.2. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	3. istasyon (Min-Mak) Ort±SH
Al	DLA	DLA	DLA	DLA
Ca	(54,86-56,32) 55,45±0,23	(59,06- 62,76) 61,00±1,64	(50,86-57,96) 54,36±3,21	(75,57-77,82) 76,58±0,35
Fe	(89,6-110,7) 100,48±4,33	(89,65-110,7) 100,45±9,9	(0-100,8) 50,05±50,053	(134,9-137,4) 135,8±0,35
Mg	(47,9-48,7) 48,19±0,12	(51,00-54,79) 52,96±1,64	(49,37-53,65) 51,29±1,82	(36,75-37,82) 37,22±0,167
Ag	(0,01-0,01) 0,01±0,00	(0,0088-0,0093) 0,009±0,0002	(0,0085-0,0095) 0,009±0,00037	(0,0089-0,0095) 0,0091±0,0001
As	(0,07-0,11) 0,09±0,01	(0,24-0,27) 0,25±0,01	(0,13-0,15) 0,14±0,008	(0,129-0,143) 0,137±0,002
B	(1,26-1,89) 1,57±0,13	(2,87-3,59) 3,23±0,35	(4,3-4,7) 4,5±0,19	(4,45-4,57) 4,53±0,018
Cd	DLA	DLA	DLA	DLA
Cr	DLA	(0,024-0,047) 0,036±0,01	DLA	DLA
Cu	(0,01-0,01) 0,01±0,00	(0,0107-0,0123) 0,0116±0,0005	(0,0065-0,0086) 0,0077±0,0009	(0,0076-0,0096) 0,0085±0,0003
Hg	(0,01-0,02) 0,02±0,00	(0,0122-0,0174) 0,0144±0,002	(0,0136-0,0166) 0,0148±0,0012	(0,013-0,016) 0,0148±0,0005
K	(1,81-1,86) 1,84±0,01	(5,014-5,064) 5,04±0,019	(3,82-3,88) 3,848±0,022	(4,94-5,08) 5,01±0,019
Mn	DLA	(0,377-0,383) 0,38±0,002	(0,0278-0,0285) 0,028±0,0003	(0,0106-0,012) 0,011±0,0002
Na	(4,39-4,69) 4,53±0,05	(12,25-12,65) 12,45±0,17	(11,85-12,11) 12,00±0,098	(16,39-17,07) 16,76±0,106
Ni	DLA	DLA	DLA	DLA
P	(0,15-0,32) 0,23±0,03	(0,807-1,153) 0,978±0,162	(0,122-0,199) 0,1538±0,028	(0,22-0,302) 0,263±0,013
Pb	(0,02-0,03) 0,02±0,00	(0,19-0,2) 0,195±0,005	(0,0339-0,04189) 0,0386±0,003	(0,033-0,038) 0,036±0,0009
Si	(10,15-10,44) 10,31±0,05	(12,316-12,44) 12,39±0,05	(11,695-11,886) 11,784±0,077	(11,09-11,37) 11,195±0,039
Zn	DLA	(0,64-0,65) 0,648±0,004	(0,038-0,04) 0,0397±0,00075	(0,0625-0,067) 0,065±0,0009

DLA: Dedeksiyon limitler altında, Min-Mak: Minimum-Maksimum,  
Ort±SH: Ortalama±Standart hata

**Çizelge 4.7. (Devam)** Felent Çayı ilkbahar mevsimi istasyonlara göre su örnekleri element analiz sonuçları (mg/L)

	4. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	5. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	6. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	7. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH
Al	DLA	DLA	DLA	DLA
Ca	(49,55-50,92) 50,2±0,2	(73,02-75,85) 74,92±0,495	(66,75-67,4) 67,1±0,11	(75,82-76,35) 76,13±0,09
Fe	(83,72-88,73) 86,34±0,794	(129,8-136,56) 132,32±1,22	(106,5-113,94) 110,11±1,17	(122,48-135,92) 128,42±2,5
Mg	(28,81-28,89) 28,85±0,016	(29,67-30,74) 30,34±0,174	(30,82-31,107) 30,95±0,05	(31,25-31,67) 31,42±0,07
Ag	(0,0086-0,0097) 0,0089±0,0002	(0,0085-0,009) 0,0087±0,00	(0,0084-0,0096) 0,0089±0,0002	(0,0086-0,0099) 0,0091±0,0002
As	(0,087-0,104) 0,097±0,003	(0,086-0,108) 0,094±0,003	(0,072-0,105) 0,086±0,005	(0,065-0,083) 0,074±0,003
B	(3,91-4,35) 4,11±0,07	(3,33-3,65) 3,48±0,055	(1,33-1,42) 1,39±0,015	(2,48-2,72) 2,61±0,04
Cd	DLA	DLA	DLA	DLA
Cr	DLA	DLA	DLA	DLA
Cu	(0,0072-0,0079) 0,0075±0,0001	(0,0125- 0,0138) 0,0132±0,0002	(0,007-0,009) 0,0084±0,0004	(0,008-0,009) 0,0084±0,0002
Hg	(0,0112-0,0196) 0,0147±0,001	(0,0126- 0,0159) 0,0151±0,0005	(0,012-0,017) 0,014±0,0008	(0,013-0,014) 0,0138±0,0002
K	(3,129-3,174) 3,157±0,007	(3,36-3,35) 3,41±0,012	(3,16-3,25) 3,2±0,014	(3,44-3,6) 3,49±0,023
Mn	DLA	(0,206-0,21) 0,208±0,0008	(0,0304-0,0324) 0,0315±0,0003	(0,046-0,048) 0,047±0,0004
Na	(9,61-9,75) 9,69±0,02	(10,44-10,7) 10,58±0,044	(10,6-10,88) 10,76±0,039	(11,78-12,21) 11,99±0,076
Ni	DLA	DLA	DLA	DLA
P	(0,006-0,027) 0,017±0,004	(0,0263-0,26) 0,17±0,04	(0,09-0,17) 0,13±0,0135	(0,49-0,54) 0,52±0,008
Pb	(0,018-0,026) 0,022±0,001	(0,022-0,034) 0,029±0,002	(0,022-0,035) 0,03±0,002	(0,023-0,038) 0,032±0,002
Si	DLA	(1,91-2,00) 1,96±0,013	(1,69-1,86) 1,78±0,024	(2,41-2,54) 2,47±0,019
Zn	DLA	(0,0081-0,009) 0,0088±0,0002	DLA	(0,004-0,007) 0,006±0,0006

DLA: Dedeksiyon limitler altında, Min-Mak: Minimum-Maksimum,  
Ort±SH: Ortalama±Standart hata

Felent Çayı'nda yaz mevsiminde yapılan suda element analiz sonuçları Çizelge 4.8'de gösterilmektedir. Bu analiz sonuçlarına göre, Felent Çayı'nda yaz mevsiminde Cr ve Ni elementi 7. istasyonunda 0,036 mg/L ve 0,001 mg/L olarak, diğer istasyonlarda ise dedeksiyon limitlerin altında bulunmuştur. Cd elementi 3. istasyonda 0,0029 mg/L, 6. istasyonda 0,0005 mg/L, 7. istasyonda 0,00057 mg/L olarak, diğer istasyonlarda ise dedeksiyon limitlerin altında bulunmuştur. Ca elementi 64,2 mg/L, Fe 31,88 mg/L ile 7. istasyonda, Mg 39,2 mg/L, As 0,125 mg/L, B 0,52 mg/L ile 2.1. istasyonda, Ag elementi 0,0063 mg/L ile 1. istasyonda, Cu 0,0157 mg/L, Mn 0,618 mg/L ile 7. istasyonda, Pb 0,111 mg/L, Zn 0,389 mg/L ile 3. istasyonda ve Si 11,65 mg/L değeri ile 2.1. istasyonda en yüksek değerde bulunmuştur.

**Çizelge 4.8.** Felent Çayı yaz mevsimi istasyonlara göre su örnekleri element analiz sonuçları (mg/L)

	1. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	2.1 İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	2.2. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	3. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH
Al	0,0086-0,012 0,0105±0,0006	0,12-0,13 0,125±0,0026	0,067-0,076 0,0713±0,0016	0,346-0,355 0,35±0,0016
Ca	34,76-34,96 34,87±0,03	37,89-38-15 38,016±0,044	34,84-35,35 35,09±0,094	48,12-48,32 48,18±0,031
Fe	20,78-21,69 21,27±0,18	22,85-23,5 23,16±0,107	21,325-21,6 21,48±0,044	29,86-30,54 30,3±0,109
Mg	33,87-34,08 34,003±0,031	39,1-39,33 39,2±0,037	36,47-36,84 36,685±0,065	31,65-32 31,89±0,051
Ag	0,0044-0,0082 0,0063±0,0008	0,0045-0,0048 0,0046±0,00	0,0045-0,0048 0,0046±0,00	0,0045-0,0049 0,0047±0,00
As	0,012-0,017 0,015±0,0007	0,19-0,2 0,195±0,0016	0,19-0,197 0,194±0,0012	0,095-0,099 0,096±0,0008
B	0,115-0,464 0,288±0,077	0,22-0,82 0,52±0,122	0,41-0,62 0,515±0,043	0,18-0,44 0,31±0,056
Cd	DLA	DLA	DLA	0,0028-0,003 0,0029±0,00
Cr	DLA	DLA	DLA	DLA
Cu	0,00067-0,0013 0,00089±0,00	0,0018-0,0022 0,002±0,00	0,0019-0,0021 0,002±0,00	0,0049-0,0056 0,0053±0,0001
Hg	0,0007-0,0024 0,0014±0,0003	0,0009-0,0021 0,0014±0,0002	0,001-0,0019 0,0014±0,0001	0,0004-0,0019 0,0012±0,0002
K	1,29-1,34 1,318±0,011	5,38-5,43 5,41±0,0084	4,37-4,45 4,405±0,0129	5,61-5,74 5,67±0,022
Mn	0,009-0,0094 0,0092±0,00	0,116-0,118 0,117±0,0003	0,0576-0,058 0,0579±0,0001	0,227-0,229 0,228±0,0003
Na	2,07-2,4 2,23±0,07	7,4-7,99 7,7±0,116	7,13-7,29 7,214±0,0267	6,12-6,48 6,29±0,07
Ni	DLA	DLA	DLA	DLA
P	0,29-0,36 0,32±0,01	0,375-0,396 0,385±0,0036	0,3-0,328 0,315±0,004	0,58-0,66 0,61±0,015
Pb	DLA	0,043-0,045 0,044±0,00025	0,015-0,017 0,016±0,0003	0,108-0,112 0,111±0,0006
Si	8,22-8,46 8,35±0,036	11,57-11,73 11,65±0,025	11,42-11,51 11,46±0,014	8,986-9,07 9,012±0,011
Zn	0,0027-0,0031 0,0029±0,00	0,123-0,125 0,124±0,0003	0,044-0,046 0,045±0,0003	0,386-0,392 0,389±0,0008

DLA: Dedeksiyon limitler altında, Min-Mak: Minimum-Maksimum,  
Ort±SH: Ortalama±Standart hata

**Çizelge 4.8. (Devam)** Felent Çayı yaz mevsimi istasyonlara göre su örnekleri element analiz sonuçları (mg/L)

	4. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	5. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	6. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	7. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH
Al	0,062-0,065 0,063±0,0005	0,043-0,046 0,045±0,0004	0,192-0,20 0,196±0,001	0,73-0,737 0,734±0,0009
Ca	20,95-21,07 20,99±0,02	38,07-38,3 38,21±0,035	42,22-42,68 42,42±0,08	63,9-64,36 64,2±0,079
Fe	12,85-13,07 12,98±0,04	23,21-23,85 23,51±0,112	26,31-26,57 26,47±0,04	31,65-31,17 31,88±0,084
Mg	22,36-22,55 22,46±0,025	21,16-21,24 21,2±0,011	19,24-19,4 19,34±0,025	16,4-16,49 16,44±0,014
Ag	0,0045-0,0047 0,0046±0,00	0,0045-0,018 0,012±0,003	0,0046-0,0048 0,0047±0,00	0,0046-0,0046 0,0046±0,00
As	0,024-0,029 0,027±0,0007	0,023-0,028 0,025±0,0009	0,011-0,016 0,014±0,001	0,007-0,0098 0,0086±0,00044
B	0,081-0,124 0,103±0,0088	0,023-0,09 0,057±0,014	0,075-0,092 0,083±0,0035	0,27-0,53 0,398±0,056
Cd	DLA	DLA	0,0003-0,0007 0,0005±0,00	0,00047-0,00064 0,00057±0,00
Cr	DLA	DLA	DLA	0,03-0,04 0,036±0,0022
Cu	0,0012-0,0016 0,0014±0,00	0,0023-0,0028 0,0025±0,00	0,0048-0,0053 0,005±0,00	0,0155-0,016 0,0157±0,00
Hg	0,0005-0,0016 0,001±0,00015	0,0003-0,002 0,0012±0,0002	0,0002-0,0026 0,0012±0,0004	0,0005-0,0014 0,0009±0,00013
K	2,34-2,375 3,36±0,0054	2,84-2,89 2,87±0,0087	3,32-3,37 3,34±0,0073	4,42-4,65 4,54±0,045
Mn	0,045-0,048 0,047±0,0005	0,071-0,072 0,0717±8,3	0,182-0,185 0,183±0,0005	0,614-0,617 0,615±0,0004
Na	4,45-4,52 4,49±0,013	4,29-4,34 4,31±0,008	4,35-4,4 4,37±0,008	3,89-4,27 4,08±0,082
Ni	DLA	DLA	DLA	0,0004-0,0015 0,001±0,0002
P	0,2-0,25 0,217±0,011	0,23-0,25 0,24±0,0035	0,465-0,495 0,48±0,005	1,53-1,72 1,605±0,029
Pb	0-0,004 0,0014±0,0007	0,006-0,009 0,007±0,0005	0,017-0,021 0,019±0,0006	0,048-0,052 0,05±0,0007
Si	1,23-1,24 1,23±0,0014	4,18-4,27 4,22±0,013	3,65-3,7 3,67±0,009	3,48-3,51 3,5±0,0046
Zn	0,0084-0,01 0,009±0,0003	0,0107-0,0115 0,011±0,0001	0,02-0,021 0,021±0,00	0,067-0,071 0,069±0,0009

DLA: Dedeksiyon limitler altında, Min-Mak: Minimum-Maksimum,  
Ort±SH: Ortalama±Standart hata

Felent ayı'nda sonbahar mevsiminde suda yapılan element analiz sonuçları izelge 4.9'da gösterilmektedir. Bu analiz sonuçlarına göre, Felent ayı'nda sonbahar mevsiminde Cu ve Hg elementi dedeksiyon limitlerin altında bulunmuştur. Cr elementi 1. istasyonda 0,0025 mg/L, 2.1. istasyonda 0,006 mg/L, 2.2. istasyonda 0,0058 mg/L, 3. istasyonda 0,007 mg/L, 7. istasyonda 0,028 mg/L olarak, diğerk istasyonlarda ise dedeksiyon limitlerin altında bulunmuştur. Al elementi 0,185 mg/L ile 3. istasyonda, Ca elementi 127 mg/L, Fe 1,4 mg/L ile 7. istasyonda, Mg 39,2 mg/L, B 0,27 mg/L ve Si 15,62 mg/L ile 2.1. istasyonda, As 0,065 mg/L ile 4. istasyonda, Ag elementi 0,011 mg/L ile 5. istasyonda, Mn 0,618 mg/L ile 7. istasyonda, Pb 0,032 mg/L ile 2.2. istasyonda ve Zn 0,219 mg/L ile 3. istasyonda değeri ile en yüksek değerde bulunmuştur.

**Çizelge 4.9.** Felent Çayı sonbahar mevsimi istasyonlara göre su örnekleri element analiz sonuçları (mg/L)

	1. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	2.1 İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	2.2. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	3. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH
Al	0,118-0,134 0,125±0,0029	0,138-0,146 0,142±0,0013	0,132-0,136 0,134±0,0008	0,177-0,194 0,185±0,003
Ca	77,71-81,66 79,78±0,72	76,05-77,66 76,95±0,276	68,278-69,537 68,87±0,197	96,27-98,25 96,84±0,308
Fe	0,183-0,198 0,191±0,0026	0,26-0,304 0,28±0,01	0,267-0,824 0,544±0,123	0,284-0,289 0,286±0,123
Mg	56,8-65,9 61,94±1,69	79,75-83,95 81,82±0,88	72,64-76,90 74,61±0,84	6,55-7,2 6,87±0,13
Ag	0,0094-0,0103 0,0098±0,0001	0,0097-0,0104 0,0101±0,0001	0,0089-0,011 0,0101±0,0003	0,0095-0,0102 0,0099±0,00
As	0,022-0,029 0,024±0,001	0,042-0,052 0,046±0,0014	0,050-0,058 0,053±0,0014	0,049-0,055 0,053±0,0009
B	0,144-0,155 0,148±0,002	0,268-0,274 0,27±0,0012	0,264-0,273 0,267±0,0013	0,229-0,235 0,23±0,0009
Cd	0,0097-0,0105 0,0101±0,0002	0,0107-0,011 0,0109±0,00	0,0114-0,0116 0,0115±0,00	0,0117-0,012 0,0119±0,00
Cr	0,0005-0,0046 0,0025±0,0006	0,005-0,008 0,006±0,0004	0,003-0,0084 0,0058±0,001	0,0036-0,011 0,007±0,0014
Cu	DLA	DLA	DLA	DLA
Hg	DLA	DLA	DLA	DLA
K	2,067-2,31 2,17±0,045	58,58-59,04 58,8±0,068	16,14-16,58 16,47±0,066	7,4-7,8 7,58±0,073
Mn	0,016-0,018 0,017±0,0005	0,043-0,048 0,046±0,0008	0,062-0,112 0,087±0,0108	0,0556-0,0574 0,0565±0,0003
Na	9,83-10,09 10,00±0,036	17,56-18,74 18,16±0,22	16,92-17,46 17,17±0,073	22,71-23,3 23,109±0,089
Ni	0,0101-0,0119 0,0113±0,0003	0,0111-0,0133 0,0119±0,0003	0,0136-0,0098 0,012±0,0006	0,0108-0,0127 0,0118±0,0003
P	0,178-0,254 0,209±0,013	0,323-0,497 0,415±0,027	0,33-0,47 0,40±0,023	0,64-0,79 0,74±0,025
Pb	0,0008-0,0047 0,002±0,0006	0,008-0,016 0,013±0,0014	0,03-0,035 0,032±0,0007	0,031-0,033 0,0316±0,0004
Si	11,68-11,67 11,96±0,099	15,84-15,41 15,62±0,065	15,47-15,71 15,58±0,035	12,2-12,7 12,5±0,07
Zn	0,014-0,018 0,016±0,0007	0,078-0,084 0,081±0,0011	0,208-0,218 0,212±0,0015	0,215-0,22 0,219±0,0012

DLA: Dedeksiyon limitler altında, Min-Mak: Minimum-Maksimum,  
Ort±SH: Ortalama±Standart hata



**Çizelge 4.9. (Devam)** Felent Çayı sonbahar mevsimi istasyonlara göre su örnekleri element analiz sonuçları (mg/L)

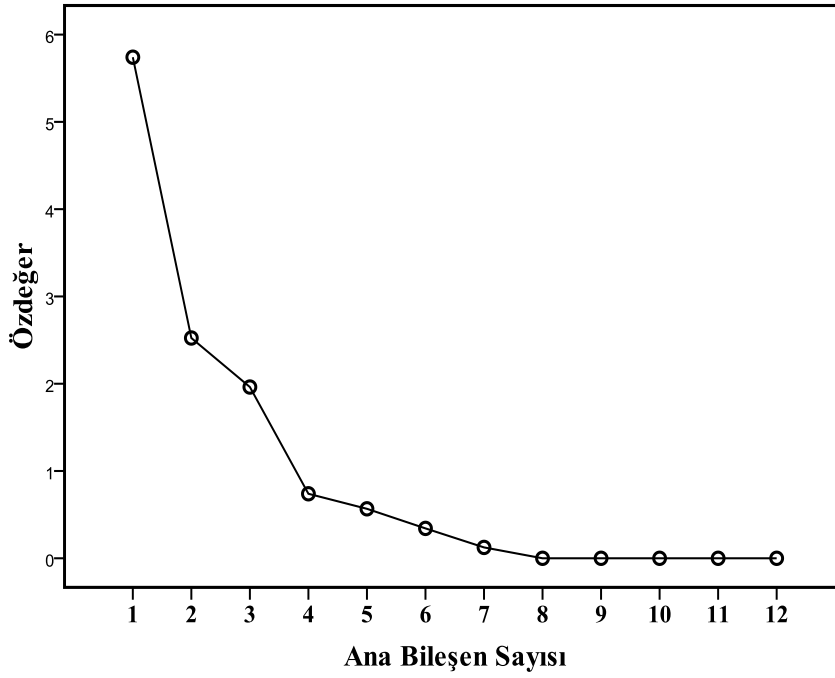
	4. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	5. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	6. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	7. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH
Al	0,125-0,14 0,133±0,003	0,074-0,078 0,076±0,0006	0,071-0,078 0,075±0,0013	0,26-0,28 0,27±0,005
Ca	75,94-76,68 76,3±0,132	118,2-121,3 120±0,49	75,98-77,5 76,84±0,22	126,5-129 127±0,41
Fe	0,28-0,36 0,32±0,016	0,31-0,75 0,53±0,097	0,265-0,45 0,36±0,097	1,1-1,7 1,4±0,14
Mg	68,3-68,8 68,6±0,066	64,12-65,6 64,82±0,29	35,1-35,65 35,33±0,103	44,8-45,5 45,02±0,108
Ag	0,0095-0,0103 0,0099±0,0001	0,0110-0,0115 0,011±0,00	0,0096-0,01 0,0098±0,00	0,0093-0,0101 0,0098±0,00
As	0,06-0,07 0,065±0,0013	0,0002-0,0071 0,0033±0,001	0,0045-0,0085 0,007±0,0006	0,008-0,016 0,012±0,0013
B	0,193-0,203 0,197±0,0015	0,187-0,217 0,202±0,006	0,18-0,21 0,19±0,006	0,20-0,21 0,206±0,0016
Cd	0,0103-0,0108 0,0105±0,00	0,0102-0,0105 0,0104±0,00	0,0102-0,0104 0,0103±0,00	0,0105-0,011 0,0106±0,00
Cr	DLA	DLA	DLA	0,023-0,032 0,028±0,002
Cu	DLA	DLA	DLA	DLA
Hg	DLA	DLA	DLA	DLA
K	6,7-7,1 6,91±0,067	60,09-61,04 60,5±0,16	8,36-8,75 8,54±0,058	29-29,7 29,3±0,108
Mn	0,133-0,149 0,141±0,0032	0,089-0,123 0,106±0,0074	0,103-0,13 0,117±0,006	0,14-0,17 0,15±0,007
Na	24,31-24,48 24,41±0,031	24,97-25,6 25,22±0,085	28,2-28,7 28,5±0,08	38,25-38,5 38,35±0,04
Ni	0,011-0,013 0,012±0,0003	0,011-0,013 0,012±0,0003	0,011-0,014 0,013±0,0005	0,02-0,022 0,021±0,0003
P	0,275-0,37 0,33±0,016	0,27-0,37 0,33±0,016	0,82-0,86 0,83±0,005	1,53-1,85 1,68±0,06
Pb	0,0017-0,0104 0,007±0,0014	0,0018-0,0051 0,0037±0,0006	0,0014-0,0071 0,0041±0,0032	0,0024-0,0054 0,0038±0,0005
Si	7,3-7,52 7,38±0,034	6,8-7,14 6,94±0,046	4,57-4,79 4,67±0,03	6,75-6,96 6,85±0,04
Zn	0,036-0,042 0,039±0,0012	0,028-0,03 0,029±0,0003	0,023-0,026 0,024±0,0006	0,04-0,05 0,045±0,0012

DLA: Dedeksiyon limitler altında, Min-Mak: Minimum-Maksimum,  
Ort±SH: Ortalama±Standart hata

### 4.1.3. İstatistiksel Değerlendirme

#### Faktör Analizi

Felent Çayı'nda yapılan fizikokimyasal analiz sonuçlarının yıllık ortalamaları üzerinden istasyonlar arası Faktör Analiz testi yapılmıştır. Felent Çayı'ndan seçilmiş istasyonlardan alınan su örneklerinde incelenen fizikokimyasal parametrelerin yıllık ortalama değerlerine ait faktör analizi bulguları Şekil 4.1'deki çizgi eğim grafiğinde verilmiştir. Şekil 4.1'e bakıldığında 3. ana bileşenden sonra eğrinin eğiminin çok fazla değişmediği gözlenebilmektedir. Özdeğeri 1'den büyük olan 3 bileşen seçilmiş ve ana bileşen sayısı 3 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.1. Çizgi eğim grafiği

**Çizelge 4.10.** Yıllık ortalama fizikokimyasal analiz sonuçları varyans tablosu

Bileşen	Başlangıç Özdeğerler			Yüklerin Açıklanabilir Kareler Toplamı			Döndürülmüş Kareli Yüklerin Toplamı		
	Toplam	% Varyans	% Kümülatif	Toplam	% Varyans	% Kümülatif	Toplam	% Varyans	% Kümülatif
1	5,741	47,842	47,842	5,741	47,842	47,842	5,559	46,325	46,325
2	2,524	21,032	68,874	2,524	21,032	68,874	2,551	21,262	67,587
3	1,962	16,351	85,225	1,962	16,351	85,225	2,117	17,638	85,225

Liu ve arkadaşları (2003), faktör yüklerini kuvvetli ( $< 0.75$ ), ılımlı (orta) ( $0.75-0.50$ ) ve zayıf ( $0.50-0.30$ ) olarak sınıflandırmıştır. Bulduğumuz sonuçlarda veri kümesinde toplam değişimin % 85'ini açıklayan üç potansiyel faktör belirlenmiştir (Çizelge 4.10).

**Çizelge 4.11.** Faktörler ve Bileşenleri

Bileşen	Faktörler		
	1	2	3
Nitrit	,961		
Çözünmüş O <sub>2</sub>	-,937		
KOİ	,906		
Tuzluluk	,891		
O <sub>2</sub> doyunluğu	-,859		
Amonyum	,838		
Nitrat			,523
Sıcaklık		,957	
İletkenlik		,848	
Sülfat		,769	
Fosfat			,869
pH			-,823

İlk Faktör (F1) toplam varyansın % 46.32'ını açıklamaktadır. 1. Faktörü çözülmüş oksijen, amonyum, nitrit, tuzluluk, oksijen doygunluğu parametreleri oluşturmuştur. Bu faktör üzerinde amonyum, nitrit, tuzluluk ve KOİ parametreleri kuvvetli pozitif etkili iken çözülmüş oksijen ve oksijen doygunluğu parametreleri negatif etkili bulunmuştur. F1 faktöründe nitrit, koi, tuzluluk ve amonyum parametreleri kuvvetli pozitif etkili olduğu için F1 faktörü “fizikokimyasal faktör” olarak isimlendirilebilir. Ayrıca KOİ ortamdaki organik maddelerin kimyasal olarak parçalanabilmesi için gerekli olan oksijen miktarıdır ve ortamda bulunan oksijen miktarı ile ters orantılı olarak artar ya da azalır. Bu yüzden KOİ ve çözülmüş oksijen ve oksijen doygunluğu parametreleri birbirini negatif yönde etkileyen parametrelerdir. Bu yüzden KOİ pozitif etkili iken çözülmüş oksijen ve oksijen doygunluğu negatif etkilidir (Çiçek 2006).

İkinci faktör F2 toplam varyansın % 21.26'sını açıklamaktadır. 2. Faktörü sıcaklık, iletkenlik ve sülfat parametreleri oluşturmuştur. Bu faktör üzerinde bu üç parametre kuvvetli pozitif etkilidir. Bilindiği gibi elektriksel iletkenlik, su içindeki çözülmüş iyonların cinsi, miktarı ve ortam sıcaklığına bağlıdır ve çözülmüş tuz konsantrasyonu arttıkça elektriksel iletkenlik de artmaktadır. Bu nedenle sıcaklık arttıkça iletkenlikte artacak ve birbirleri üzerinde kuvvetli bir etki yaratacaklardır. Ayrıca buradaki sülfat üzerindeki etkide sıcaklığa bağlıdır. Sıcaklık arttıkça ortamdaki oksijen konsantrasyonu dolaylı olarak azalmakta ve ortamda anaerobik canlılar var olmaktadır (Çiçek 2006). Aneerobik bir faaliyetin sonucu ortamdaki sülfat miktarının artması beklenen bir durumdur. Bu nedenle bu üç parametre birbirini etkilemektedir.

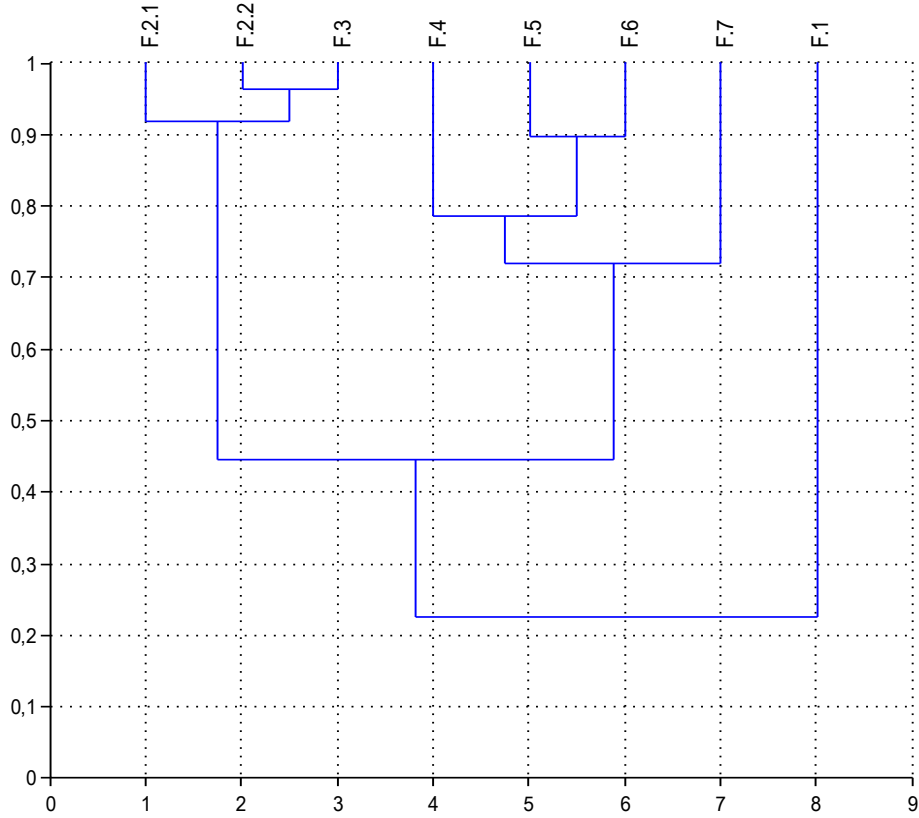
Üçüncü faktör F3 toplam varyansın % 17,64'ünü açıklamaktadır. 3. Faktörü nitrat, fosfat ve pH parametreleri oluşturmaktadır. Bu faktör üzerinde fosfat parametresi kuvvetli pozitif etkili, nitrat parametresi ılımlı (orta) pozitif etkili ve pH parametresi de negatif etkilidir. Bu faktör üzerinde nitrat ve fosfat parametreleri pozitif etkili olduğu için F3 faktörüne evsel ve tarımsal drenaj faktörü ismini verebiliriz. Ayrıca bilindiği gibi sulara gelen fosfatın ana kaynakları fosfatlı kayaçlar, yapay gübreler ve deterjanlardır. Sudaki fosfatlar balık ölümlerine, bu suları kullanan diğer canlıların olumsuz etkilenmelerine ve

göl, baraj ve akarsu yataklarının bataklaşmayla birlikte kurumasına neden olmaktadır. Buda sudaki oksijen miktarını azaltmakta ve oksijensiz ortamda meydana gelen gazların açığa çıkmasına ve dolaylı olarak H iyonu miktarının değişmesine ve buda pH'ın değişmesine neden olmaktadır. Sudaki fosfat ve pH ters orantılı olarak değişmektedir (Çiçek 2006). Bu yüzden birisi pozitif etkili iken diğeri negatif etkili olarak görülür.

## Kümeleme Analizi

Kış mevsimindeki element sonuçlarına göre uygulanan Past istatistik programından elde edilen veriler Şekil 4.2 deki benzerlik diyagramında ve Çizelge 4.12'deki benzerlik tablosunda gösterilmektedir. Element verilerinden elde edilen kladograma bakıldığında, en çok benzerlik gösteren istasyonlar % 96 benzerlik ile 2.2. ve 3. istasyonlarıdır.

Ayrıca 5. ve 6. istasyonları da % 89 benzerlik ile element içerikleri yönünden diğer istasyonlara göre daha çok benzerlik göstermektedir. Bu istasyonlar Kütahya'nın evsel ve endüstriyel kanalizasyon sularını içine aldığı için kirlilik yükü yönünden benzerlik göstermesi olağandır. Bu iki istasyona en çok benzeyen istasyonsa kirlilik yükü en fazla olan istasyon olan son istasyon 7. istasyondur. Bu istasyonlara en az benzerlik gösteren % 8 benzerlik ile 1. istasyondur.



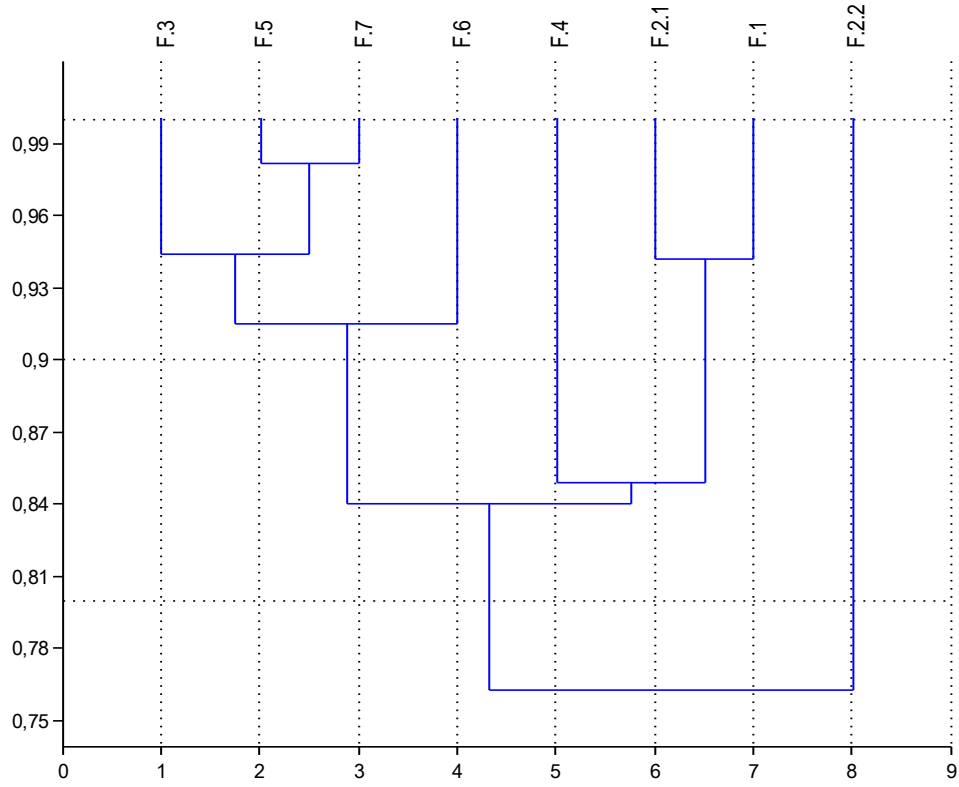
**Şekil 4.2.** Kış mevsiminde suda tespit edilen element değerlerine göre istasyonların benzerlik diyagramı

**Çizelge 4.12.** Kış mevsiminde suda tespit edilen element değerlerine göre istasyonların benzerlik tablosu

	F1	F2.1	F2.2	F3	F4	F5	F6	F7
F1	1	0,35821	0,34755	0,34305	0,17965	0,13751	0,1157	0,085285
F2.1	0,35821	1	0,92436	0,91113	0,51832	0,47604	0,41682	0,32373
F2.2	0,34755	0,92436	1	0,96293	0,52155	0,48545	0,43578	0,33531
F3	0,34305	0,91113	0,96293	1	0,52351	0,49231	0,44939	0,34667
F4	0,17965	0,51832	0,52155	0,52351	1	0,83229	0,73792	0,5945
F5	0,13751	0,47604	0,48545	0,49231	0,83229	1	0,89641	0,74473
F6	0,1157	0,41682	0,43578	0,44939	0,73792	0,89641	1	0,81711
F7	0,085285	0,32373	0,33531	0,34667	0,5945	0,74473	0,81711	1

İlkbahar mevsimindeki element sonuçlarına göre uygulanan Past istatistik programından elde edilen veriler Şekil 4.3 deki benzerlik diyagramında ve Çizelge 4.13'deki benzerlik tablosunda gösterilmektedir. Element verilerinden elde edilen kladograma bakıldığında, en çok benzerlik gösteren istasyonlar % 98 benzerlik ile 5. ve 7. istasyonlarıdır. Bu istasyonlara %94'lük bir yüzdeyle 3. istasyon benzemektedir. Yine % 94 ile birbirine benzeyen iki istasyon ise 1. ve 2.1. istasyonlardır.



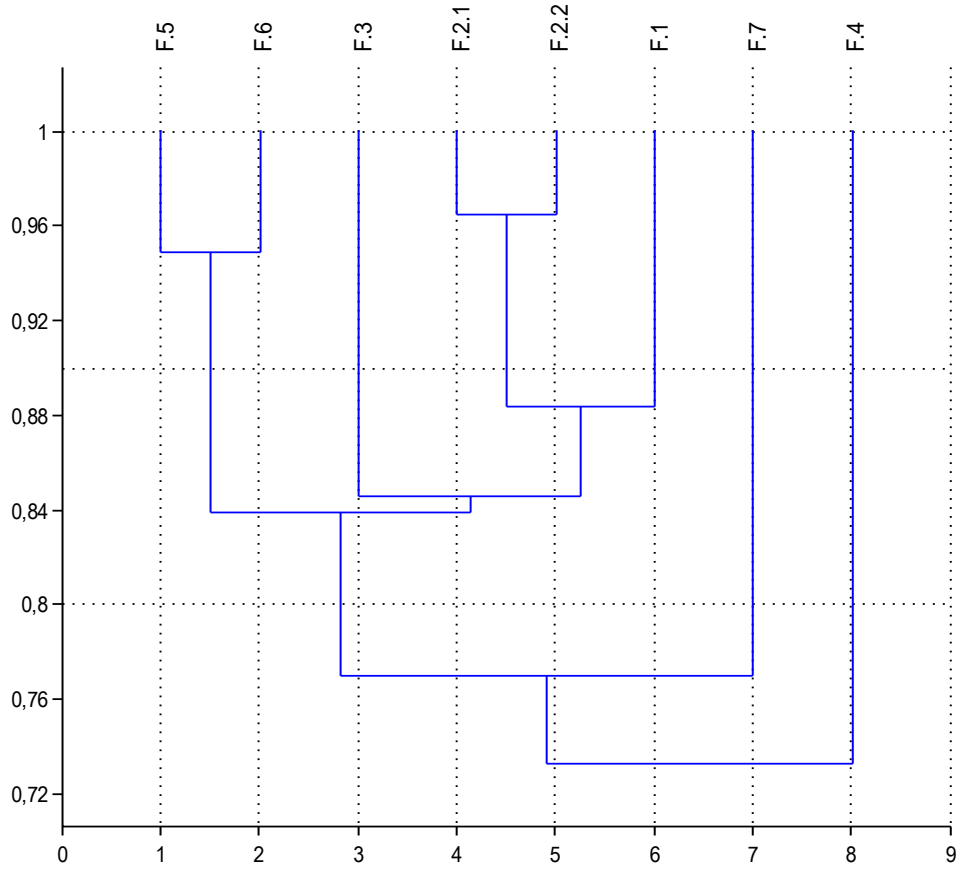


**Şekil 4.3.** İlkbahar mevsiminde suda tespit edilen element değerlerine göre istasyonların benzerlik diyagramı

**Çizelge 4.13.** İlkbahar mevsiminde suda tespit edilen element değerlerine göre istasyonların benzerlik tablosu

	F1	F2.1	F2.2	F3	F4	F5	F6	F7
F1	1	0,94189	0,8327	0,8294	0,85664	0,81789	0,87734	0,82489
F2.1	0,94189	1	0,85329	0,85975	0,84004	0,83357	0,88254	0,84428
F2.2	0,8327	0,85329	1	0,72926	0,78887	0,69297	0,73824	0,70317
F3	0,8294	0,85975	0,72926	1	0,77634	0,94408	0,87899	0,94326
F4	0,85664	0,84004	0,78887	0,77634	1	0,82658	0,88102	0,82299
F5	0,81789	0,83357	0,69297	0,94408	0,82658	1	0,93049	0,98144
F6	0,87734	0,88254	0,73824	0,87899	0,88102	0,93049	1	0,93427
F7	0,82489	0,84428	0,70317	0,94326	0,82299	0,98144	0,93427	1

Felent ayı'na düzenlenen yaz mevsimi arazisi haziran ayında yapılmış olmasına rağmen oldukça yağışlı hava koşullarında gerçekleştirilmiştir. Yağışın çok olması suların yükselmesine sebep olmuş ve kirlilik yükü doğal olarak değişim göstermiştir. Yaz mevsimindeki element sonuçlarına göre uygulanan Past istatistik programından elde edilen veriler Şekil 4.4'deki benzerlik diyagramında ve izelge 4.14'deki benzerlik tablosunda gösterilmektedir. Kladograma bakıldığında; % 96 ile en çok 2.1 ve 2.2 istasyonlarının benzerlik gösterdiği görülmektedir. 2.2 istasyonuna en çok benzeyen istasyonsa % 90 benzerlik gösteren 1. istasyon olarak görülmektedir. Burada en az benzerliği % 63 ile 4. istasyon göstermektedir.

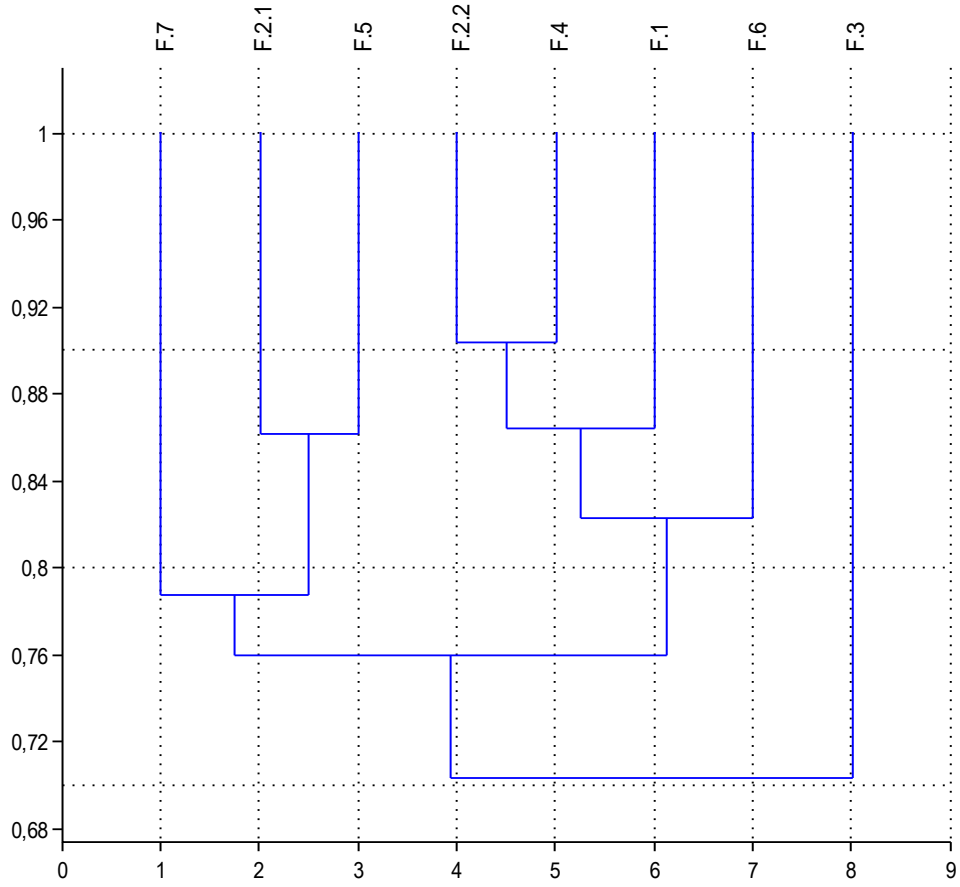


**Şekil 4.4.** Yaz mevsiminde suda tespit edilen element değerlerine göre istasyonların benzerlik diyagramı

**Çizelge 4.14.** Yaz mevsiminde suda tespit edilen element değerlerine göre istasyonların benzerlik tablosu

	F1	F2.1	F2.2	F3	F4	F5	F6	F7
F1	1	0,86616	0,90085	0,80331	0,71503	0,83662	0,79861	0,69821
F2.1	0,86616	1	0,96484	0,8748	0,72682	0,87017	0,83391	0,72866
F2.2	0,90085	0,96484	1	0,85903	0,75305	0,86428	0,82831	0,71851
F3	0,80331	0,8748	0,85903	1	0,68628	0,82702	0,84717	0,81162
F4	0,71503	0,72682	0,75305	0,68628	1	0,82794	0,77956	0,63902
F5	0,83662	0,87017	0,86428	0,82702	0,82794	1	0,94844	0,80669
F6	0,79861	0,83391	0,82831	0,84717	0,77956	0,94844	1	0,85549
F7	0,69821	0,72866	0,71851	0,81162	0,63902	0,80669	0,85549	1

Felent ayı sonbahar mevsimi verilerine göre uygulanan Past istatistik programı sonuçlarının bulunduğu benzerlik diyagramı Şekil 4.5 ve izelge 4.15'de görülmektedir. Kladoğrama göre, yaz mevsimi sonuçlarında % 90 ile en çok benzer olan 2.2 ve 4 istasyonlarıdır. Onlara en yakın benzerliğe sahip istasyon ise %88 benzerlik ile 1. istasyondur. En az benzerliği ise % 63 ile 3. istasyon göstermiştir.



Şekil 4.5. Sonbahar mevsiminde suda tespit edilen element değerlerine göre istasyon benzerlik diyagramı

Çizelge 4.15. Sonbahar mevsiminde suda tespit edilen element değerlerine göre istasyonların benzerlik tablosu

	F1	F2.1	F2.2	F3	F4	F5	F6	F7
F1	1	0,77092	0,84685	0,68359	0,88099	0,71904	0,79367	0,69465
F2.1	0,77092	1	0,87578	0,6343	0,82873	0,86143	0,72762	0,71388
F2.2	0,84685	0,87578	1	0,68129	0,90293	0,75861	0,79336	0,71129
F3	0,68359	0,6343	0,68129	1	0,7412	0,67889	0,79024	0,71218
F4	0,88099	0,82873	0,90293	0,7412	1	0,79269	0,8805	0,74494
F5	0,71904	0,86143	0,75861	0,67889	0,79269	1	0,71792	0,86042
F6	0,79367	0,72762	0,79336	0,79024	0,8805	0,71792	1	0,77447
F7	0,69465	0,71388	0,71129	0,71218	0,74494	0,86042	0,77447	1

## 4.2 Sedimentte Yapılan Analiz Sonuçları

### 4.2.1. Element Analiz Sonuçları

Felent Çayı'nda kış mevsiminde yapılan sedimentte element analiz sonuçları Çizelge 4.16'da gösterilmektedir. Bu sonuçlara göre, Al elementi 17287 mg/kg ile 3. istasyonda, Ca 76523 mg/kg ile 6. istasyonda, Fe 17827 mg/kg ile 4. istasyonda, Mg 19240 mg/kg ile 1. istasyonda en yüksek değerde bulunmuştur. Bu mevsimde Ag ve Si elementleri bakılmamıştır. As 202 mg/kg, Cd 9,15 mg/kg, Pb 446 mg/kg, Zn 861 mg/kg değerleri ile 2.1. istasyonunda en yüksek değerlerde bulunmuştur. B elementi 296 mg/kg ile 1. istasyonda, Cu elementi 25,27 mg/kg değeri ile 6. istasyonda en yüksek değerde bulunmuştur. Na elementi sadece 3. istasyonda 7,6 mg/kg ve 5. istasyonda 113,8 mg/kg değerlerinde diğer istasyonlarda ise dedeksiyon limitleri altında bulunmuştur.

**Çizelge 4.16.** Felent Çayı kış mevsimi istasyonlara göre sediment örnekleri element analiz sonuçları (mg/kg)

	1 İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	2.1 İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	2.2. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	3. istasyon (Min-Mak) Ort±SH
Al	(14320-16720) 15580±499	(12000-13640) 12820±329	(11400-13000) 12227±318	(17080-17600) 17287±78,26
Ca	(31605-36805) 34351±1083	(33656-39656) 36689±1213	(45656-52056) 48923±1403	(53656-62856) 58456±1913
Fe	(13480-15680) 14620±463	(15760-16640) 16233±153	(12720-15520) 14180±577	(960-21840) 11567±4583
Mg	(17880-20520) 19240±545	(9040-10080) 9507±205	(11960-14120) 13093±437	(13240-14200) 13673±179
Ag	*	*	*	*
As	(14,8-26,4) 18,26±1,72	(192-215,6) 202±3,8	(112,8-161,6) 135,6±8,46	(27,6-47,2) 37,73±2,88
B	(242-295) 296±10,03	(230,8-276,4) 252,7±9,3	(229-240,4) 234±1,6	(223-242,8) 230,5±3,26
Cd	(0,48-0,88) 0,81±0,07	(8,88-9,68) 9,15±0,13	(5,68-8,08) 6,88±0,43	(1,68-1,68) 1,68±0,00
Cr	(71-88) 78,53±3,06	(61,2-72,4) 66,9±2,25	(79,6-94) 86,5±2,96	(96,4-98,8) 97,3±0,47
Cu	(9,4-11,8) 10,6±0,39	(17-18) 17,5±0,16	(13-17) 15±0,84	(16,6-19,8) 18,06±0,6
Hg	(DLA-3,2) 1±0,57	(DLA-4,4) 1,4±0,82	(0,00-2) 1±0,4	(0,00-3,2) 1,26±0,51
K	(2700-3140) 2925±92,37	(4200-4840) 4520±116,4	(3704-4080) 3895±62,5	(3988-4120) 4045±20,14
Mn	(319-377) 349±11,7	(390,8-432) 412±8,9	(296,4-344,4) 320±9,7	(444-456) 448±2,07
Na	DLA	DLA	DLA	(0,00-19,2) 7,6±3,55
Ni	(118,4-139) 128,6±4,06	(82,8-88) 85,27±0,82	(112,4-140,8) 127,7±5,35	(140,8-152,4) 146±1,96
P	(788-940) 868±27	(672-732) 711,4±9,2	(464-592) 524±23,7	(624-708) 673±13,44
Pb	(0,00-20,08) 13±4,13	(439,7-455,7) 446±2,5	(303,3-387,7) 344,9±17	(51,68-57,68) 54,68±1
Si	*	*	*	*
Zn	(47-56) 51,41±1,86	(845-869) 861±4,5	(404-520) 463±24,5	(151,6-181,6) 166±6,05

DLA: Dedeksiyon limitler altında, \*: Bu mevsimde okunmamıştır,  
Min-Mak: Minimum-Maksimum, Ort±SH: Ortalama±Standart hata

**Çizelge 4.16. (Devam)** Felent Çayı kış mevsimi istasyonlara göre sediment örnekleri element analiz sonuçları (mg/kg)

	4. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	5. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	6. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	7. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH
Al	(6920-8480) 7687±343	(8160-11280) 9680±663	(6840-7000) 6893±24,6	(7880-8680) 8267±167
Ca	(46056-67656) 56989±4655	(46056-47256) 46923±217	(75656-77256) 76523±281	(62056-70056) 65989±1537
Fe	(14400-21400) 17827±1521	(14880-17880) 16347±605	(12000-13040) 12533±189,78	(14120-15960) 15047±391
Mg	(12200-14600) 13413±519	(6320-7400) 6840±210,2	(12200-12520) 12320±56,57	(10680-12040) 11340±289,5
Ag	*	*	*	*
As	(24,8-50,8) 36,7±4,7	(8-14,8) 11,07±1,24	(0,00-17,6) 7,26±3,32	(0,00-45,2) 17,33±8,13
B	(188,4-196,8) 192±1,125	(191,2-608) 396±89,99	(207,6-220,4) 214,6±2,4	(210,4-280,4) 245±14,8
Cd	(0,88-1,28) 1,01±0,084	(0,48-0,88) 0,75±0,084	(0,88-0,88) 0,88±0	(0,88-1,28) 1,01±0,08
Cr	(49,6-88,4) 68,93±8,29	(42-56,8) 49,2-2,77	(39,2-154,8) 96,93±25,5	(51,6-60,4) 56,5±1,75
Cu	(7,8-12,2) 10,2±0,85	(10,2-11,4) 10,8±0,17	(24,6-25,8) 25,27±0,17	(18,6-23,8) 21,13±1,03
Hg	(DLA-2,8) 0,2±0,64	DLA	DLA	(0,4-2) 0,87±0,24
K	(1456-1672) 1560±42,47	(1428-2204) 1808±168	(1264-1352) 1299±15,33	(1916-2088) 1996±35
Mn	(412-432) 421±3,2	(381-448) 414±13,38	(291-308,8) 300,7±3,5	(288,8-269) 249±8,4
Na	DLA	(0,00-242,8) 113,8±51	DLA	DLA
Ni	(71,2-88,8) 79,86±3,7	(60-68) 64,4±1,5	(64-86) 74,67±4,2	(87,2-1033,2) 94,6±3,16
P	(198,5-303,7) 252,5±18	(408-460) 446±7,78	(788-856) 829,4±11,76	(692-888) 776±34,24
Pb	(12,88-18,48) 14,95±0,87	(0,00-19,28) 9,24±4,14	(66,08-77,28) 69,88±1,8	(44,48-56,48) 49,61±1,85
Si	*	*	*	*
Zn	(57,2-60,8) 58,9±0,67	(61,6-66,8) 64,2±0,94	(120,4-123) 122±0,43	(110-130) 120±4,3

DLA: Dedeksiyon limitler altında, \*: Bu mevsimde okunmamıştır,  
Min-Mak: Minimum-Maksimum, Ort±SH: Ortalama±Standart hata



Felent ayı'nda ilkbahar mevsiminde yapılan sedimentte element analiz sonuçları izelge 4.17'de gösterilmektedir. Bu sonuçlara göre, Al elementi 13531 mg/kg ile 3. istasyonda, Ca 81179 mg/kg, Fe 131759 mg/kg değerleri ile 6. istasyonda, Mg 13575 mg/kg ile 2.2. istasyonda en yüksek değerde bulunmuştur. Bu mevsimde Cd elementi bütün istasyonlarda, Hg ise sadece 3. istasyonda 0,93 mg/kg değerinde diğer istasyonlarda ise dedeksiyon limitleri altında bulunmuştur. As 126 mg/kg ile 3. istasyonda, Pb 1083 mg/kg ile 6. istasyonda, Zn 374 mg/kg değerleri ile 2.2. istasyonunda en yüksek değerlerde bulunmuştur. B elementi 537 mg/kg ile 7. istasyonda, Cu elementi 146 mg/kg değeri ile 6. istasyonda en yüksek değerde bulunmuştur. Na elementi 7. istasyonda 302 mg/kg değeri ile en yüksek değerde, 4. istasyonda ise dedeksiyon limitleri altında bulunmuştur.

**Çizelge 4.17.** Felent Çayı ilkbahar mevsimi istasyonlara göre sediment örnekleri element analiz sonuçları (mg/kg)

	1 İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	2.1 İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	2.2. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	3. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH
Al	(1947-8244) 5079±1397	(1947-2342) 2136±81,16	(9766-12254) 11034±497,8	(6781-11459) 9096±1004,68
Ca	(53973-67198) 60548±2842	(53973-55382) 54540,8±201,47	(33836-37830) 36016±771,3	(29872-31220) 30351±207,9
Fe	(114223-117858) 116285±545	(84764-91564) 87696±1145	(63291-69534) 66814±1200,6	(57523-60450) 58648±492,8
Mg	(20134-21398) 20789±238	(6990-7597) 7275±115,19	(12945-14188) 13575±218,8	(8115-9471) 8772±275
Ag	(0,00-0,21) 0,047±0,06	(0,85-1,34) 1,15±0,068	(7,09-8,79) 7,98±0,28	(2,73-3,96) 3,47±0,19
As	(11,66-22,33) 16,82±1,53	(44,85-56,9) 50±1,84	(64,04-90,48) 78,4±3,62	(90,44-158,19) 126,12±13,5
B	(382,5-418) 399,37±5,84	(392,7-555,82) 474,48±32,93	(332,94-393,18) 363,8±12,01	(481,09-539,34) 508±9,9
Cd	DLA	DLA	DLA	DLA
Cr	(32,61-44,44) 38,4±2,39	(11,59-13,97) 12,86±0,41	(62,6-71,78) 67,08±1,68	(31,5-49,32) 40,28±3,7
Cu	(9,16-10,54) 9,89±0,23	(4,46-5,42) 4,94±0,157	(18,39-20,49) 19,46±0,39	(19,73-21,82) 20,8±0,41
Hg	DLA	DLA	DLA	(0,01-2,04) 0,93±0,29
K	(1175-1483) 1328±61,38	(573-689) 627,4±21,83	(2540-3019) 2792±96,86	(2303-3229) 2774,8±197
Mn	(124,3-134) 129,18±1,71	(265,49-372,9) 318,1±22,66	(283,27-304,16) 294,6±3,82	(344,35-360,9) 353,19±2,6
Na	(27,3-278) 152,27±55	(0,00-7,21) 3,6±23,98	(21,29-66,56) 44,9±9,03	(52,04-82,36) 66,8±5,84
Ni	(91,57-101,4) 96,6±1,87	(28,67-32,76) 30,63±0,61	(119-128) 124±1,34	(86,48-106,6) 96,7±4,2
P	(420-516) 469±15,98	(268-479) 372,83±42,45	(422,28-531,88) 454,8±18,06	(655,68-864,9) 761,7±31,6
Pb	(0,00-17,05) 10,03±3,26	(0,00-121,33) 79,7±25,2	(0,00-266,8) 173,08±54,8	(0,00-178,58) 108,5±35,3
Si	(0,00-16,43) 3,24±5,16	(2,78-14,37) 7,98±1,85	DLA	(DLA-25,4) 1,45±8,55
Zn	(39,8-44,74) 42,09±0,83	(128-153) 139,5±4,59	(259-286) 374±5,32	(302-376,3) 338,3±15,3

DLA: Dedeksiyon limitler altında, Min-Mak: Minimum-Maksimum,  
Ort±SH: Ortalama±Standart hata

**Çizelge 4.17. (Devam)** Felent Çayı ilkbahar mevsimi istasyonlara göre sediment örnekleri element analiz sonuçları (mg/kg)

	4. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	5. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	6. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	7. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH
Al	(13332-13666) 13531±47,46	(8127-8629) 8375±91,76	(5488-5862) 5682±57,07	(8865-9220) 9041±53,4
Ca	(27721-28696) 28206±136	(32348-34302) 33368±335	(72714- 89244) 81179±3315	(69678-71980) 70851±351
Fe	(47272-62301) 54493±3136	(61183-71406) 66425±1646	(118285- 145112) 131759±5242	(95873-126025) 110524±6124
Mg	(5808-6594) 6229±152	(6324-6695) 6509±69,74	(9787-10565) 10183±129,6	(9059-9602) 9329±91,4
Ag	DLA	(DLA-0,49) 0,2±0,08	(DLA-1,6) 0,82±0,33	(0,03-0,5) 0,2±0,085
As	(16,05-23,27) 20,26±1,13	(18,01-25,28) 22,07±1,22	(13,41-16) 15,03±0,58	(18,7-31,32) 23,9±2,06
B	(396-501,2) 499,06±21,14	(361-450) 407±18,38	(354,26-368) 360,3±2,88	(522-548) 537±4,15
Cd	DLA	DLA	DLA	DLA
Cr	(53,22-57,73) 55,72±0,71	(25,79-29,09) 27,64±0,58	(25,67-26,94) 26,23±0,26	(41,5-44,2) 42,8±0,5
Cu	(19,69-20,3) 20,04±0,08	(22,03-23,69) 22,88±0,25	(133,97- 157,95) 146±5,06	(0,03-0,03) 0,028±0,0002
Hg	DLA	DLA	DLA	DLA
K	(2305-2416) 2344±16,11	(1185-1292) 1242±17,8	(1032-1063) 1047±6,34	(2009-2079) 2031±11,03
Mn	(395,26-416,23) 403±3,38	(449-487) 468,7±6,48	(248-252) 249,63±0,88	(273-280) 276±1,13
Na	DLA	(DLA-123,6) 60,11±27,14	(64,01-74,10) 68,6±2,08	(283-320) 302±7,36
Ni	(75,82-79,55) 77,06±0,57	(54,8-62,89) 58,38±1,24	(43,48-44,98) 44,04±0,33	(91,17-96,91) 93,87±0,86
P	(101,4-151,6) 115,7±7,76	(542-588) 566±8,02	(686,25- 759,89) 731,34±16,13	(980-1018) 999,68±5,4
Pb	(0,00-10,17) 5,93±1,91	(0,00-13,21) 7,98±2,55	(1070-1095) 1083±5,16	(0,00-40,51) 25,8±8,2
Si	DLA	(DLA-31,77) 9,59±8,28	(34,4-43,15) 37,66±1,95	(27,51-60,89) 38,8±4,9
Zn	(32,6-34,4) 33,49±0,24	(62,2-67,6) 64,9±0,94	(183-187) 184±0,87	(106,4-109,2) 107,54±0,4

DLA: Dedeksiyon limitler altında, Min-Mak: Minimum-Maksimum, Ort±SH: Ortalama±Standart hata

Felent ayı'nda yaz mevsiminde yapılan sedimentte element analiz sonuçları izelge 4.18'de gösterilmektedir. Bu sonuçlara göre, Al elementi 14229 mg/kg ile 3. istasyonda, Ca 63117 mg/kg, Fe 53561 mg/kg değerleri ile 4. istasyonda, Mg 17882 mg/kg ve Ag 1,02 mg/kg ile 1. istasyonda en yüksek değerde bulunmuştur. Cd elementi 4,66 mg/kg ve As 118 mg/kg değerleri ile 2.1. istasyonda, Cu elementi 401 mg/kg ve Pb 229 mg/kg ile 6. istasyonda, B elementi 22,7 mg/kg, Hg 0,64 mg/kg ve Zn 321 mg/kg değerleri ile 3. istasyonunda en yüksek değerlerde bulunmuştur. Na elementi 6. istasyonda 277 mg/kg değeri ile en yüksek değerde bulunmuştur. Si elementi 36 mg/kg değeri ile 2.2. istasyonunda en yüksek değerde bulunmuştur.

**Çizelge 4.18.** Felent Çayı yaz mevsimi istasyonlara göre sediment örnekleri element analiz sonuçları (mg/kg)

	1 İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	2.1 İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	2.2. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	3. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH
Al	(8608-9627) 9123±213	(8602-12014) 10322±746	(1990-2107) 2049±22,73	(11432-17048) 14229±1230
Ca	(36734-43080) 39836±1343	(20854-24288) 22559±720	(58014-64492) 62231±928	(18323-19734) 19049±293
Fe	(26726-34692) 30647±1715	(10690-13877) 12259±686	(40922-44881) 44039±628	(25177-25976) 25530±149
Mg	(17290-18505) 17882±241	(9748-10494) 10120±160	(9223-10061) 9644±176	(7853-8223) 8037±74
Ag	(0,1-2,02) 1,02±0,4	(0,25-0,51) 0,37±0,05	(0,3-0,5) 0,39±0,02	(0,21-0,73) 0,47±0,07
As	(3,9-7,9) 5,8±0,8	(112-125) 118±2,7	(21,6-28,2) 25,1±1,06	(74,07-92,6) 82,6±3,5
B	(5,3-6,97) 6,06±0,34	(13,6-19,8) 16,7±1,3	(2,7-7,6) 5,13±1,05	(16,6-29) 22,7±2,74
Cd	(0,55-0,66) 0,59±0,02	(4,28-5,05) 4,66±0,16	(1,1-1,24) 1,17±0,03	(3,86-4,8) 4,34±0,2
Cr	(8,73-13,98) 11,29±1,07	(21,2-30,15) 25,64±1,9	(3,72-13,96) 8,8±2,3	(42,73-69,3) 56,09±5,9
Cu	(4,5-5,07) 4,8±0,13	(13,6-14,05) 13,8±0,06	(4,04-5,01) 4,5±0,2	(17,5-20,7) 19,2±0,7
Hg	(DLA-0,2) 0,05±0,07	(0,18-0,76) 0,48±0,09	(DLA-0,97) 0,44±0,15	(0,46-0,96) 0,64±0,07
K	(991-1073) 1030±15,73	(1635-2289) 1956±137	(555-575) 563±3,03	(2685-5102) 3899±531
Mn	(89,9-97,1) 93,5±1,5	(136-151) 144±3,3	(157-203) 180±10,22	(254-298) 277±9,2
Na	(107-117) 112±1,97	(103-147) 125±9,3	(98,4-108) 103±1,7	(126-317) 221±42,6
Ni	(45,2-59,8) 52,6±3,06	(52,3-62,7) 57,5±2,2	(25,7-28,5) 27,2±0,5	(101-123) 112±4,6
P	(214-233) 223±3,09	(292-331) 311±7,3	(256-342) 297±16,7	(548-717) 612±26,5
Pb	(5,73-6,82) 6,14±0,2	(206-233) 219,5±5,3	(53,5-75,8) 64,9±4,6	(0,00-146) 85±27,2
Si	(0,67-7,37) 3,9±1,4	(1,3-4,16) 2,6±0,5	(28,9-42,7) 36±2,8	(2,5-33,4) 15,8±5,4
Zn	(15-17) 16±0,4	(289-324) 307±7,6	(63-64) 63±0,14	(289-355) 321±14,2

DLA: Dedeksiyon limitler altında, Min-Mak: Minimum-Maksimum,

Ort±SH: Ortalama±Standart hata

**Çizelge 4.18. (Devam)** Felent Çayı yaz mevsimi istasyonlara göre sediment örnekleri element analiz sonuçları (mg/kg)

	4. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	5. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	6. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	7. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH
Al	(8974-9546) 9260±118	(7439-7736) 7614±51	(8238-9704) 8972±322	(8456-8537) 8477±13,1
Ca	(62762-63611) 63117±121	(7121-20670) 13905±3029	(40714-44985) 42884±913	(32279-42237) 37241±2211
Fe	(53369-53878) 53561±80,13	(8393-23205) 15779±3289	(15921-17207) 16547±265	(13410-17134) 15258±805
Mg	(11327-11446) 11381±17,9	(5587-5728) 5675±20,8	(9033-12033) 10533±670	(8680-9800) 9220±240
Ag	(0,15-0,29) 0,21±0,02	(0,21-0,25) 0,23±0,005	(0,23-0,39) 0,32±0,03	(0,06-0,26) 0,15±0,03
As	(8,5-13,4) 11,1±0,7	(DLA-14,12) 6,6±2,9	(16,4-19,9) 18,2±0,5	(14,3-18,4) 16,2±0,7
B	(DLA-0,61) 0,3±0,13	(DLA-3,85) 0,6±1,4	(11,9-12,8) 12,3±0,2	(4,13-5,8) 5,04±0,33
Cd	(1,4-1,5) 1,45±0,3	(0,25-1,36) 0,78±0,3	(2,01-2,19) 2,1±0,04	(1,4-1,54) 1,47±0,02
Cr	(20,8-23,8) 22,4±0,6	(0,00-11,72) 5,82-2,6	(21,97-26,86) 24,2±0,97	(15,2-18,3) 16,8±0,7
Cu	(10,5-11,9) 11,2±0,3	(3,5-15,5) 9,5±2,6	(349-455) 401±22,5	(18,7-20,4) 19,6±0,33
Hg	(0,15-1,02) 0,35±0,13	(DLA-0,16) 0,06±0,03	(DLA-0,21) 0,03±0,06	(DLA-0,46) 0,22±0,09
K	(1855-2181) 2027±65	(190-984) 585±176	(1890-2020) 1958±24,5	(1177-1493) 1329±66,9
Mn	(267-296) 282±6,5	(79,9-319) 200±53,2	(269-280) 275±2,3	(217-230) 224±2,8
Na	(69,88-81,66) 76,08±2,4	(6,37-88,1) 47,02±18,07	(267-285) 277±3,6	(106-142) 124±7,8
Ni	(35,2-39,2) 37,2±0,8	(4,4-39,8) 22±7,9	(45,3-49,7) 47,6±0,9	(43,5-48,3) 45,96±1,02
P	(228-236) 233±1,2	(97,04-396) 247±65,5	(707-812) 741±16,3	(544-600) 577±9,1
Pb	(0,00-11,7) 7,4±2,3	(0,00-12,9) 6,8±2,6	(197-260) 229±13,6	(0,00-24,07) 15,8±4,99
Si	(DLA-3,99) 1,7±0,9	DLA	(8,74-16,14) 12,7±1,3	(2,2-12,6) 6,7±1,96
Zn	(39,5-39,8) 39,67±0,04	(9,4-45,21) 27,3±7,99	(110-112) 111±0,33	(56,9-62,5) 59,6±1,2

DLA: Dedeksiyon limitler altında, Min-Mak: Minimum-Maksimum,

Ort±SH: Ortalama±Standart hata

Felent Çayı'nda sonbahar mevsiminde yapılan sedimentte element analiz sonuçları Çizelge 4.19'da gösterilmektedir. Bu sonuçlara göre, Al elementi 20779 mg/kg, Fe 25607 mg/kg ile 4. istasyonda, Ca 87526 mg/kg ve Mg 36435 mg/kg değerleri ile 6. istasyonda en yüksek değerde bulunmuştur. Ag elementi 0,32 mg/kg değeri ile 2.2. istasyonunda en yüksek, 1. 3. 5. ve 7. istasyonlarda dedeksiyon limitleri altında bulunmuştur. Cd elementi 17,34 mg/kg, As 404 mg/kg ,Hg 1,93 mg/kg , Zn 1867 mg/kg ve Pb 687 mg/kg değerleri ile 4. istasyonda, Cu elementi 81,64 mg/kg, Na elementi 345 mg/kg değerleri ile 6. istasyonda en yüksek değerlerde bulunmuştur. Si elementi 38,8 mg/kg değeri ile 2.1. istasyonunda en yüksek değerde bulunmuştur. Bu mevsimde B elementi bütün istasyonlarda dedeksiyon limitleri altında bulunmuştur.

**Çizelge 4.19.** Felent Çayı sonbahar mevsimi istasyonlara göre sediment örnekleri element analiz sonuçları(mg/kg)

	1.İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	2.1 İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	2.2. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	3. istasyon (Min-Mak) Ort±SH
Al	(15187-17362) 16331±430	(3777-4675) 4244±188	(4457-5565) 5022±239	(13907-15439) 14692±320
Ca	(9824-9846) 9836±3,6	(9812-9847) 9829±6,5	(46762-61749) 54269±3224	(64480-65412) 64738±139
Fe	(14203-15751) 14977±324	(7405-8917) 8162±303	(7528-9988) 8770±538	(20096-20649) 20342±87,2
Mg	(4530-43198) 23786±8603	(22230-24641) 23439±507	(15224-20920) 18080±1236	(7810-8314) 8051±97,4
Ag	DLA	(DLA-0,33) 0,033±0,105	(0,12-0,5) 0,32±0,055	DLA
As	(18,86-23,26) 21,36±0,6	(38,42-49,09) 43,4±1,7	(97,66-138) 118±8,4	(29,48-36,74) 33,14±1,19
B	DLA	DLA	DLA	DLA
Cd	(0,00-0,4) 0,104±0,12	(0,9-1,1) 1,01±0,03	(3,42-5,05) 4,23±0,34	(0,41-0,6) 0,5±0,04
Cr	(55,63-75,2) 65,3±4,13	(26,37-32,01) 29,33±1,1	(25,41-42,92) 34,15±3,84	(56,09-57,97) 57,1±0,3
Cu	(12,22-14,44) 13,2±0,3	(10,4-27,6) 18,8±3,6	(10,01-16,15) 12,9±1,25	(19,2-21,17) 20,07±0,3
Hg	(0,00-0,63) 0,19±0,14	DLA	(0,23-0,89) 0,47±0,1	(DLA-0,5) 0,12±0,1
K	(4097-4663) 4374±122	(1168-1515) 1342±71,3	(1584-2049) 1814±101	(2955-3347) 3150±82,23
Mn	(340-376) 358±7,5	(261-311) 285±10,02	(365-591) 479±49,9	(417-508) 463±18,8
Na	(434-468) 452±7,06	(274-336) 306±12,9	(166-203) 185±7,5	(151-290) 220±30,5
Ni	(135-155) 145±4,06	(43,09-44,63) 43,8±0,25	(35,55-53,95) 44,8±3,9	(65,47-67,73) 67±0,36
P	(422-518) 466±13,7	(499-537) 521±6,01	(325-462) 392±27,7	(236-276) 256±5,6
Pb	(16,11-20,76) 17,75±0,7	(99,2-110) 104±1,98	(214-424) 320±46	(26,36-31,19) 29,15±0,88
Si	(15,68-23,69) 20,17±1,4	(33,66-42,6) 38,8±1,5	(12,27-25) 18,45±2,4	(7,16-11,9) 9,64±0,76
Zn	(44,73-50,73) 47,74±1,2	(135-144) 140±1,4	(327-426) 373±20,43	(73,61-76,29) 74,93±0,47

DLA:Dedeksiyon limitler altında, Min-Mak: Minimum-Maksimum,  
Ort±SH: Ortalama±Standart hata



**Çizelge 4.19. (Devam)** Felent Çayı sonbahar mevsimi istasyonlara göre sediment örnekleri element analiz sonuçları(mg/kg)

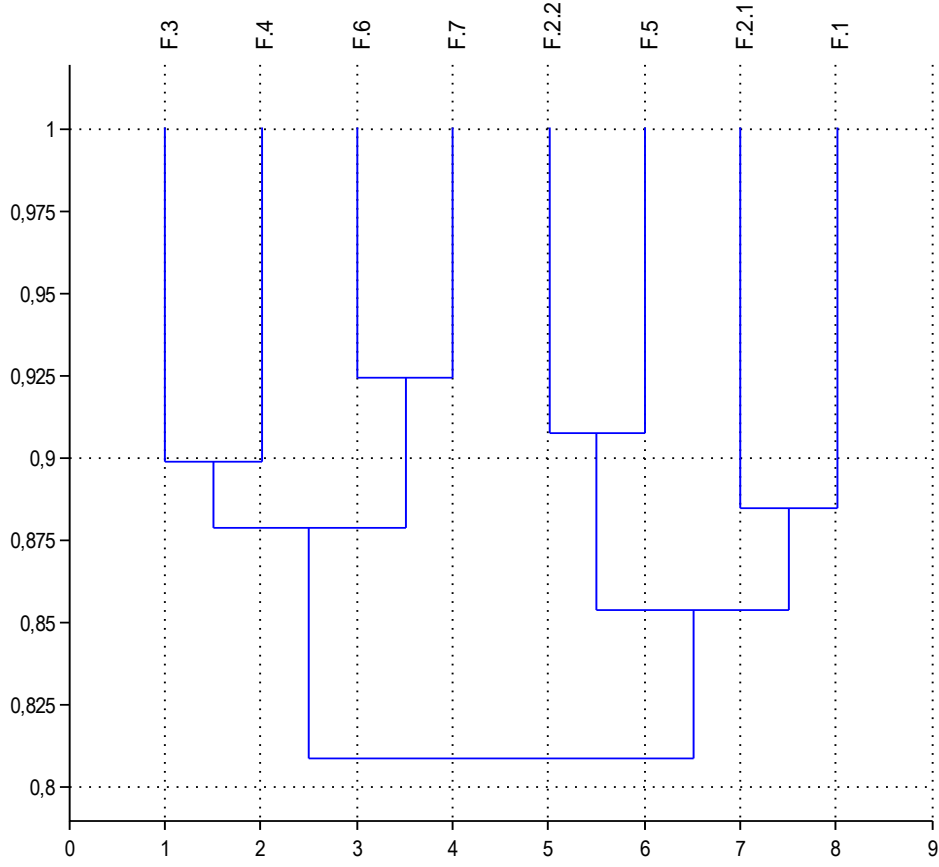
	4. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	5. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	6. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH	7. İstasyon (Min-Mak) Ort±SH
Al	(19025-22532) 20779±765	(7527-10272) 8909±594	(8591-9031) 8799±80,05	(5751-9532) 7632±828
Ca	(35281-41545) 38307±1330	(64672-80264) 72674±3197	(78493-97460) 87526±3930	(43454-71511) 57607±6203
Fe	(24349-26974) 25607±526	(13751-17927) 15788±877	(13656-14429) 14025±158	(14743-19781) 17226±1089
Mg	(12548-15132) 13878±545	(14410-16955) 15692±526	(35321-37600) 36435±464	(11415-18788) 15138±1606
Ag	(DLA-0,74) 0,21±0,1	DLA	(0,03-0,22) 0,14±0,03	DLA
As	(361-447) 404±18,4	(14,45-26,14) 19,6±1,8	(18,78-23,03) 20,05±0,7	(12,07-22,46) 16,68±1,7
B	DLA	DLA	DLA	DLA
Cd	(16,09-18,53) 17,34±0,5	DLA	(0,07-0,21) 0,14±0,02	(DLA-0,34) 0,1±0,096
Cr	(63,71-69,95) 66,82±1,12	(32,45-49,17) 41,03±3,4	(36,76-38,96) 37,8±0,38	(38,5-54,9) 46,8±3,5
Cu	(45,5-49,79) 47,7±0,9	(16,49-20,89) 18,7±0,8	(63,72-99,78) 81,64±7,9	(24,15-31,76) 27,9±1,6
Hg	(0,86-2,68) 1,93±0,25	(DLA-0,66) 0,15±0,16	DLA	(DLA-1,42) 0,09±0,3
K	(5980-7063) 6498±221	(1063-1669) 1366±131	(1265-1363) 1312±16,7	(952-1844) 1392±195
Mn	(510-593) 551±15,95	(288-355) 322±14,2	(502-532) 517±6,2	(308-427) 367±25,8
Na	(296-331) 314±7,2	(175-293) 235±25,6	(331-360) 345±5,9	(148-306) 227±35,3
Ni	(105-120) 113±2,9	(41,6-60,6) 51,03±4,12	(53,45-54,28) 53,8±0,15	(60,35-88,19) 73,93±5,97
P	(816-919) 866±18,9	(387-566) 478±31,1	(832-903) 865±14,06	(805-1164) 999±73,4
Pb	(642-731) 687±16,9	(14,67-25,42) 20,06±2,09	(86,13-88,489) 87,46±0,35	(35,62-46,26) 41,1±2,1
Si	(DLA-4,51) 1,46±1,01	(6,23-19,46) 13,5±2,6	(17,67-24,34) 19,9±1,01	(10,26-24,27) 18,5±2,36
Zn	(1781-1984) 1867±35,3	(67,12-69,1) 68,1±0,3	(102-168) 135±13,9	(86,1-118) 102±6,9

DLA: Dedeksiyon limitler altında, Min-Mak: Minimum-Maksimum,

Ort±SH: Ortalama±Standart hata

#### 4.2.2 Kümeleme Analizi

Felent ayı kış mevsimi sediment neklerinin analiz verilerine göre Past istatistik programı sonuçları Şekil 4.6 ve izelge 4.20’da gösterilmektedir. Kladograma göre, sedimentte bulunan element değerleri birbirine en çok benzer istasyonlar % 92 ile 6. ve 7. istasyonlardır. Bu iki istasyona benzer Şekilde istatistik sonuçlarına göre istasyonlar ikiŐerli gruplar halinde benzerlik göstermiştir. %90 benzerlik ile 2.2 istasyonu 5. istasyon, % 89 benzerlik ile 3. istasyon ve 4. istasyon, % 88 ile 2.1 istasyonu ve 1. istasyon benzerlik göstermiştir.

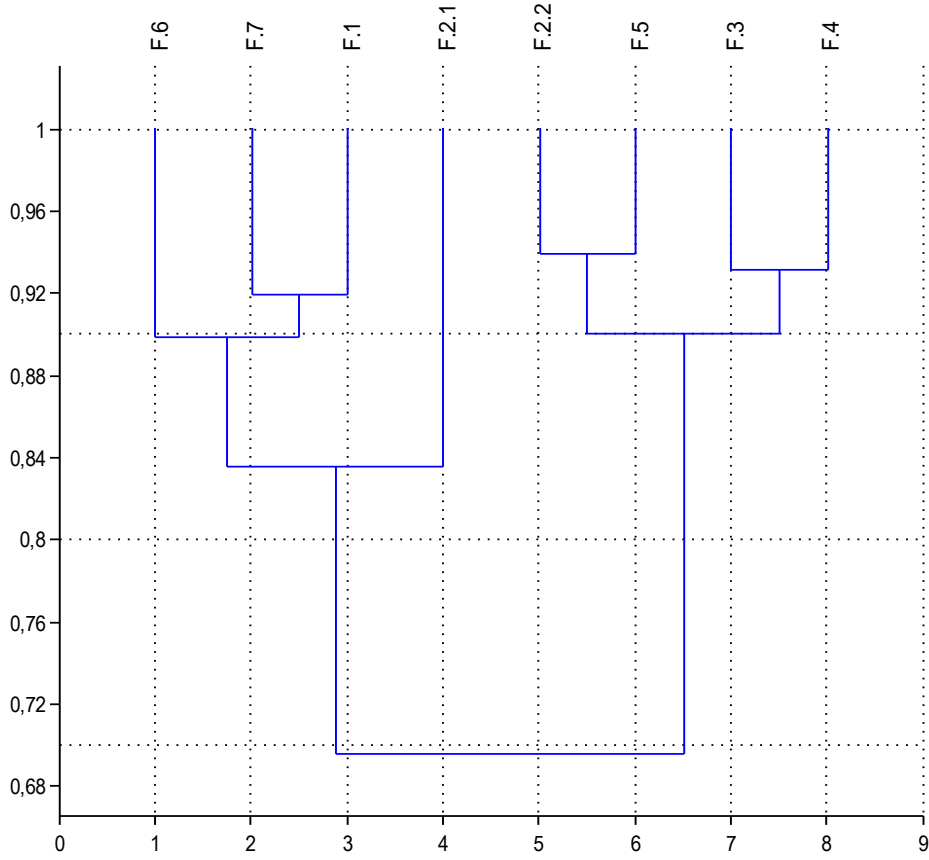


**Şekil 4.6.** Kış mevsiminde sedimentte tespit edilen element değerlerine göre istasyon benzerlik diyagramı

**Çizelge 4.20.** Kış mevsiminde sedimentte tespit edilen element değerlerine göre istasyonların benzerlik tablosu

	F1	F2.1	F2.2	F3	F4	F5	F6	F7
F1	1	0,88456	0,85375	0,81514	0,77668	0,79866	0,69041	0,74791
F2.1	0,88456	1	0,88716	0,80503	0,80249	0,87432	0,70578	0,78096
F2.2	0,85375	0,88716	1	0,90594	0,89528	0,90735	0,81003	0,86567
F3	0,81514	0,80503	0,90594	1	0,8987	0,82199	0,84407	0,88201
F4	0,77668	0,80249	0,89528	0,8987	1	0,88476	0,86715	0,92225
F5	0,79866	0,87432	0,90735	0,82199	0,88476	1	0,77803	0,85394
F6	0,69041	0,70578	0,81003	0,84407	0,86715	0,77803	1	0,92425
F7	0,74791	0,78096	0,86567	0,88201	0,92225	0,85394	0,92425	1

Felent Çayı ilkbahar mevsimi sediment analizi sonucu ölçülen element verilerine uygulanan Past istatistik programı sonuçları Şekil 4.7 ve Çizelge 4.21'da gösterilmektedir. Bu kladograma göre, kış mevsimi sonuçlarında olduğu gibi 2.2. ve 5. istasyonlar ve 3. ve 4. istasyonlar ikili gruplar halinde benzerlik göstermektedir. İlkbahar mevsimi sonuçlarındaki fark ise 1. ve 7. istasyonları sediment sonuçlarının birbirine benzerlik göstermesidir. 2.2 ve 5. istasyonlar birbirleri ile % 93.9 ile en yüksek benzerliği göstermiştir. 3 ve 4 istasyonları % 93, 1 ve 7 istasyonları ise % 91 benzerlik göstermiştir.

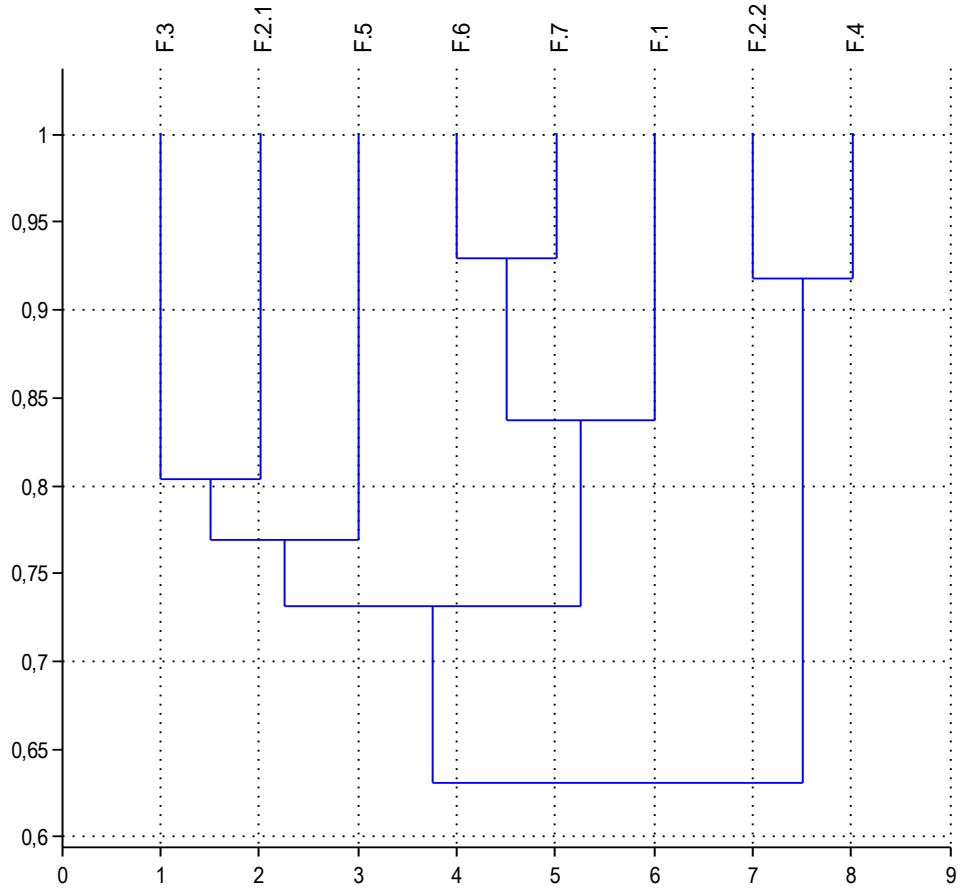


Şekil 4.7. İlkbahar mevsiminde sedimentte tespit edilen element değerlerine göre istasyon benzerlik diyagramı

Çizelge 4.21. İlkbahar mevsiminde sedimentte tespit edilen element değerlerine göre istasyonların benzerlik tablosu

	F1	F2.1	F2.2	F3	F4	F5	F6	F7
F1	1	0,85363	0,73487	0,66438	0,61765	0,70486	0,88658	0,91871
F2.1	0,85363	1	0,79902	0,75629	0,71363	0,81292	0,79442	0,85817
F2.2	0,73487	0,79902	1	0,91254	0,86759	0,93909	0,66419	0,74127
F3	0,66438	0,75629	0,91254	1	0,93082	0,92916	0,61412	0,7003
F4	0,61765	0,71363	0,86759	0,93082	1	0,89114	0,57087	0,65131
F5	0,70486	0,81292	0,93909	0,92916	0,89114	1	0,65187	0,72962
F6	0,88658	0,79442	0,66419	0,61412	0,57087	0,65187	1	0,90967
F7	0,91871	0,85817	0,74127	0,7003	0,65131	0,72962	0,90967	1

Felent ayı yaz mevsimi sediment analizi sonucu ölçülen element verilerine uygulanan Past istatistik programı sonuçları Şekil 4.8 ve izelge 4.22'de gösterilmektedir. Bu kladograma göre, 6. ve 7. istasyonlar % 92 ile birbirine en çok benzerlik göstermektedir. Bu istasyonlara % 91 ile en yakın benzerliği 2.2 ve 4 istasyonları göstermektedir. En az benzerliği ise % 47 ile 5. istasyon göstermektedir.



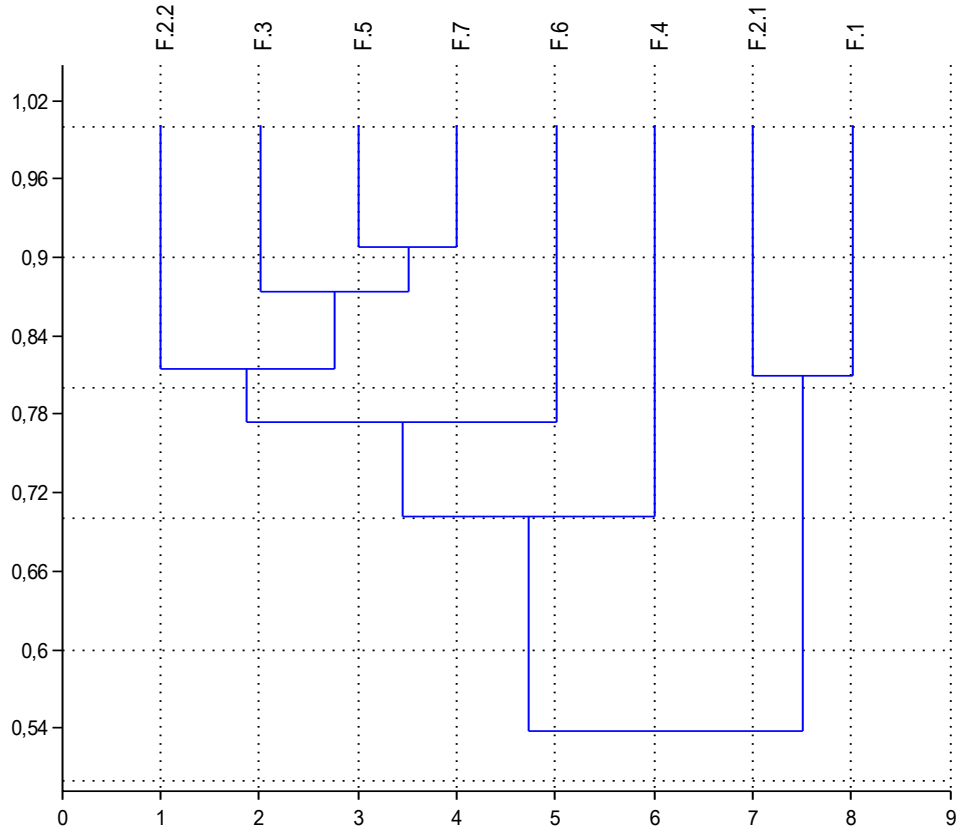
Şekil 4.8. Yaz mevsiminde sedimentte tespit edilen element değerlerine göre istasyon benzerlik diyagramı

Çizelge 4.22. Yaz mevsiminde sedimentte tespit edilen element değerlerine göre istasyonların benzerlik tablosu

	F1	F2.1	F2.2	F3	F4	F5	F6	F7
F1	1	0,70955	0,75644	0,73466	0,76678	0,60945	0,84674	0,82732
F2.1	0,70955	1	0,53544	0,80307	0,56707	0,78268	0,80285	0,82479
F2.2	0,75644	0,53544	1	0,58375	0,91746	0,47319	0,71473	0,67888
F3	0,73466	0,80307	0,58375	1	0,60579	0,75566	0,72228	0,73209
F4	0,76678	0,56707	0,91746	0,60579	1	0,47844	0,72861	0,67814
F5	0,60945	0,78268	0,47319	0,75566	0,47844	1	0,6933	0,74758
F6	0,84674	0,80285	0,71473	0,72228	0,72861	0,6933	1	0,92928
F7	0,82732	0,82479	0,67888	0,73209	0,67814	0,74758	0,92928	1

Felent ayı sonbahar mevsimi sediment analizi sonucu ölçülen element verilerine uygulanan Past istatistik programı sonuçları Şekil 4.9 ve izelge 4.23'de gösterilmektedir. Bu kladograma göre, 5. ve 7. istasyonlar % 90 ile birbirine en çok benzerlik göstermektedir. Bu iki istasyonu %80 benzerlik ile 1 ve 2.1 istasyonları izlemektedir. En az benzerlik yüzdesini ise % 41 ile 3. istasyon göstermiştir.





**Şekil 4.9.** Sonbahar mevsiminde sedimentte tespit edilen element değerlerine göre istasyon benzerlik diyagramı

**Çizelge 4.23.** Sonbahar mevsiminde sedimentte tespit edilen element değerlerine göre istasyonların benzerlik tablosu

	F1	F2.1	F2.2	F3	F4	F5	F6	F7
F1	1	0,8089	0,51913	0,56998	0,67054	0,55837	0,53635	0,5874
F2.1	0,8089	1	0,58779	0,41073	0,49095	0,49528	0,48816	0,53685
F2.2	0,51913	0,58779	1	0,75627	0,66883	0,81083	0,71717	0,87314
F3	0,56998	0,41073	0,75627	1	0,76912	0,87519	0,74666	0,87145
F4	0,67054	0,49095	0,66883	0,76912	1	0,69997	0,60753	0,76147
F5	0,55837	0,49528	0,81083	0,87519	0,69997	1	0,85132	0,9078
F6	0,53635	0,48816	0,71717	0,74666	0,60753	0,85132	1	0,77789
F7	0,5874	0,53685	0,87314	0,87145	0,76147	0,9078	0,77789	1

### 4.3. Biyolojik Materyalde Element Analiz Sonuçları

#### 4.3.1. Balık Örneklerinde Element Analiz Sonuçları

Felent Çayında yapılan bu çalışmada ikinci istasyon olan Köprüören köyünden balık örnekleri alınmıştır. Yakalanan balık örnekleri, üç adet *Alburnus orontis* (Sauvage 1882) ve yedi adet *Gobio gobio* (Linnaeus 1758) balık türleridir. Bu balık örneklerinin tür, ağırlık, boy ve cinsiyetleri belirlenmiş ve Çizelge 4.33 ve Çizelge 4.34'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.24. Felent Çayı 2. istasyondan alınan *A. orontis* örnekleri ağırlık, boy ve cinsiyeti

	Örnek No	Ağırlık (gr)	Standart boy (mm)	Çatal boy (mm)	Toplam boy (mm)	Gonad ağırlığı (gr)	Cinsiyet
<i>A. orontis</i>	1	17	105	114	125	1	♂
	2	12	90	100	110	1	♂
	3	11	86	95	105	1	♀

Çizelge 4.25. Felent Çayı 2. istasyondan alınan *G. gobio* örnekleri ağırlık, boy ve cinsiyeti

	Örnek No	Ağırlık (gr)	Standart boy (mm)	Çatal boy (mm)	Toplam boy (mm)	Gonad ağırlığı (gr)	Cinsiyet
<i>G. gobio</i>	1	26	105	119	127	2	♀
	2	23	101	115	126	2	♀
	3	20	102	115	125	1	♀
	4	19	100	110	120	-	-
	5	15	95	109	114	1	♀
	6	13	85	95	101	1	♂
	7	8	83	90	97	-	-

**Çizelge 4.26.** Felent Çayı 2. istasyondan alınan *A.orontis* dokularında yapılan element analiz sonuçları (mg/kg)

<i>A. orontis</i>					
A	Gonad	Kas	Böbrek	Solungaç	Karaciğer
B	181,2	78,55	209,8	218,7	490,9
Al	42,12	DLA	373	58,75	DLA
Si	136,4	18,81	21,7	83,33	DLA
Mg	9531	7226	18910	14650	19370
Ca	5400	2406	1381	34190	660,8
Cr	35,75	6,39	47,44	31,99	53,05
Fe	DLA	9,09	106	DLA	DLA
Na	133,3	3410	12730	1637	14340
K	2115	3823	2965	2324	1928
As	0,78	DLA	0,788	DLA	DLA
Ag	0,07	DLA	DLA	0,016	0,047
Cd	0,04	DLA	0,24	0,024	0,017
Cu	4,83	1,70	7,10	3,03	8,979
Mn	3,24	DLA	DLA	7,93	DLA

*Alburnus orontis* (inci balığı) Sazangillere ait bir balık türüdür. İsmi pullarından yapayinci yapılmasından kaynaklanmaktadır. Kibar bir vücut yapısı ve yukarıya doğru bir ağızı vardır. Boyları 15-20 cm, sırtı yeşilimsi gri renkli ve yanları gümüş rengi olur. Plankton, böcek larvası ve kurtlarla beslenir (Anonim 2011a).

Felent Çayı 2. istasyondan alınan *Alburnus orontis* (Sauvage 1882) türündeki balık örneğinin metal analiz sonuçları Çizelge 4.35’de gösterilmektedir. Çizelgeye göre, As 0,78 mg/kg olarak gonadda ve böbrekde ölçülmüş diğer dokularda ise dedeksiyon limitleri altında bulunmuştur. Cu kasda 1,70 mg/kg, böbrekde 7,1 mg/kg, solungaçda 3,03 mg/kg, karaciğerde 8,979 mg/kg olarak ölçülmüştür. Cd böbrekde 0,24 mg/kg, solungaçda 0,024 mg/kg, karaciğerde 0,017 mg/kg, kasda ise dedeksiyon limitlerin altında ölçülmüştür. B karaciğerde 409,9 mg/kg ile en yüksek değerde bulunmuştur.

**Çizelge 4.27.** Felent Çayı 2. istasyondan alınan *G. gobio* dokularında yapılan element analiz sonuçları (mg/kg)

<i>G. gobio</i>				
	Kas	Solungaç	Gonad	Karaciğer
B	46,2	18,69	102,4	133,4
Al	15,14	225	82,64	725
Si	24,19	111	21,96	43,25
Mg	5311	14870	10390	16260
Ca	1763	32120	2524	776
Cr	5,25	15,16	4,84	14,92
Fe	DLA	160	DLA	27,16
Na	1099	4129	623	10570
K	2164	2663	3288	2949
As	5,24	DLA	DLA	DLA
Ag	DLA	0,054	0,062	0,72
Cd	0,053	0,034	0,057	0,27
Cu	1,35	2,89	4,2	21,53
Mn	DLA	17,59	9	0,29

*Gobio gobio* (dere kaya balığı) Sazangiller familyasına ait sürü içinde yaşamayı seven bir tatlı su balığı türüdür. Ortalama 10 cm uzunluğa ulaşabilirler. Yuvarlağımsı bir vücudu, büyük bir kafası aşağıya doğru ağzı ve kalın dudaklarının iki yanında iki bıyığı vardır. Daima suyun dibinde yaşar ve böcek larvaları, küçük yumuşak hayvanlar ve kabuklu hayvanlarla beslenir (Anonim 2011a).

Felent Çayı 2. istasyondan alınan *Gobio gobio* (Linnaeus 1758) türündeki balık örneğinin metal analiz sonuçları Çizelge 4.36'da gösterilmektedir. Çizelgeye göre, As sadece gonadda 5,24 mg/kg diğer dokularda dedeksiyon limitlerin altında olarak ölçülmüştür. Cu kasta 1,35 mg/kg, solungaçda 2,89 mg/kg, gonadda 4,2 mg/kg, karaciğerde 21,53 mg/kg olarak ölçülmüştür. Cd kasta 0,053 mg/kg, solungaçda 0,034 mg/kg, gonadda 0,057 mg/kg karaciğerde 0,27 mg/kg ölçülmüştür. B elementi 133,4 mg/kg, Al 725 mg/kg, Ag 0,72 mg/kg ile karaciğerde en yüksek değerlerde bulunmuştur.

#### 4.3.2. Diğer Canlı Örneklerinde Element Analiz Sonuçları

Felent Çayında bulunan canlı örnekleri mevsimlere ve buldukları istasyonlara göre Çizelge 28, 29, 30 ve 31'de gösterilmektedir.

Felent Çayında kış mevsiminde 1. istasyondan *Lemna trisulca* L.(Duckweed), ve *Gammarous* sp. , 2.2 istasyonundan *Gammarous* sp. ve 7. istasyondan *Hirudo* sp. canlı örnekleri alınmıştır. Al elementi 413 mg/kg, Fe 382 mg/kg, Mg 202727 mg/kg, B 920 mg/kg, Cr 4,2 mg/kg, Cu 221 mg/kg, Mn 1447 mg/kg, Ni 17,08 mg/kg ile 1. istasyondan alınan *Lemna trisulca* L.(Duckweed), örneğinde en yüksek değerde bulunmuştur. Ca elementi 44407 mg/kg, Cd 0,95 mg/kg, Pb 5,36 mg/kg, Zn 61,41 mg/kg ile 2.2 istasyonundan alınan *Gammarous* sp. örneğinde en yüksek değerlerde bulunmuştur. Ayrıca bu mevsimde Ag ve Si elementleri okunmamıştır.

**Çizelge 4.28.** Felent Çayı kış mevsimi istasyonlara göre canlı örnekleri element analiz sonuçları (mg/kg)

	1. İstasyon		2.2 İstasyon	7. İstasyon
	<i>Gammarous</i> sp. (Min-Mak) Ort±SH	<i>Lemna trisulca</i> L.(Duckweed) (Min-Mak) Ort±SH	<i>Gammarous</i> sp. (Min-Mak) Ort±SH	<i>Hirudo</i> sp. (Min-Mak) Ort±SH
Al	(48,8-72,4) 61,3±4,63	(0,00-840) 413±185	(211,6-322,8) 268±23,54	DLA
Ca	(28447-34287) 31387±1245	(34972-37607) 36476±516	(40807-48007) 44407±1386	(792-804) 799±2,5
Fe	DLA	(0,00-772) 381±171	(38-128,8) 84,2±19,67	DLA
Mg	(1096-1256) 1174±33,16	(1320-408000) 202727±90018	(968-1152) 1061±39,99	(330,4-336,4) 333±1,3
Ag	*	*	*	*
As	DLA	(0,6-2,6) 1,93±0,5	(4,6-8,6) 7±0,86	(4,6-5,4) 5±0,2
B	(314-331) 322±2,8	(824-1020) 920±41,8	(206-288) 244±17,85	(206-208) 207±0,3
Cd	(DLA-0,08) 0,013±0,067	(0,08-0,48) 0,214±0,084	(0,88-1,28) 0,95±0,067	(0,08-0,08) 0,08±0,00
Cr	(0,14-1,34) 0,87±0,16	(3,34-4,94) 4,2±0,27	(0,14-0,94) 0,536±0,1	DLA
Cu	(14,74-15,94) 15,3±0,17	(202,8-236) 221±6,5	(24,34-28,34) 26,5±0,78	(1,94-2,34) 2,1±0,09
Hg	(DLA-1,47) 0,068±0,45	DLA	(DLA-2,27) 0,468±0,5	(DLA-1,07) 0,14±0,66
K	(3420-3728) 3570±62,54	(142-13480) 6758±2959	(3108-3888) 3503±166	(2328-2364) 2345±7,4
Mn	(126,8-152,8) 139,8±5,24	(1364-1536) 1447±32,8	(22,4-37,6) 30,06±3,4	(14,8-14,8) 14,8±0,00
Na	(768-896) 833±25,14	(0,00-720) 357±159,5	(1704-2084) 1883±73,65	(776-780) 779±0,94
Ni	(5,08-6,28) 5,68±0,23	(0,28-34,68) 17,08±7,5	(0,68-1,88) 1,21±0,2	(0,68-1,48) 1,08±0,2
P	(2653-2781) 2705±19,38	(1517-1797) 1657±55	(3745-4757) 4231±201	(2813-2829) 2820±3,4
Pb	(0,00-0,48) 0,08±0,08	(0,00-6,48) 2,09±1,32	(0,00-19,28) 5,36±3,5	DLA
Si	*	*	*	*
Zn	(15,08-17,88) 16,55±0,5	(0,7-20,7) 10,6±4,4	(53,88-69,08) 61,41±3,19	(85,48-87,48) 86,4±0,4

DLA: Dedeksiyon limitler altında, Min-Mak: Minimum-Maksimum,

Ort±SH: Ortalama±Standart hata, \*: Bu mevsimde ölçülmemiştir.

Felent ayı ilkbahar mevsimi canlı örneklerinde bulunan element analiz sonuçları izelge 4.29'da gösterilmektedir. Felent ayı'nda ilkbahar mevsiminde 1. istasyondan *Lemna trisulca* L.(Duckweed),, *Gammarous* sp. ve *Hirudo* sp. , 2.2 istasyonundan *Lemna trisulca* L.(Duckweed),, *Gammarous* sp. ve 6. istasyondan *Hirudo* sp. canlı örnekleri alınmıştır. İlkbahar mevsiminde Hg ve Cr elementleri dedeksiyon limitlerin altında bulunmuştur. Al elementi 413 mg/kg, Fe 382 mg/kg, Mg 202727 mg/kg, B 920 mg/kg, Cr 4,2 mg/kg, Cu 221 mg/kg, Mn 1447 mg/kg, Ni 17,08 mg/kg ile 1. istasyondan alınan *Lemna trisulca* L.(Duckweed), rneğinde en yüksek değerde bulunmuştur. Ca elementi 44407 mg/kg, Cd 0,95 mg/kg, Pb 5,36 mg/kg, Zn 61,41 mg/kg ile 2.2 istasyonundan alınan *Gammarous* sp. rneğinde en yüksek değerlerde bulunmuştur. Ayrıca bu mevsimde Ag ve Si elementleri okunmamıştır.

**Çizelge 4.29.** Felent Çayı ilkbahar mevsimi istasyonlara göre canlı örnekleri analiz sonuçları (mg/kg)

	1. İstasyon		
	<i>Gammarous</i> sp. (Min-Mak) Ort±SH	<i>Lemna trisulca</i> L.(Duckweed) (Min-Mak) Ort±SH	<i>Hirudo</i> sp. (Min-Mak) Ort±SH
Al	DLA	(516-591) 553,78±15,65	DLA
Ca	(31871-33626) 32786±349	(42637-47835) 45272±1061	(230,5-233,5) 231,9±0,64
Fe	(33902-45436) 39379±2204	(79520-82215) 80827±533	(310-315) 313±1,15
Mg	(768-786) 778±2,96	(5279 -5363) 5301±13,34	DLA
Ag	(DLA-0,67) 0,26±0,1	(DLA-0,26) 0,09±0,05	DLA
As	(DLA-7,97) 3,44±1,15	(2,77-10,5) 8,19±1,26	(DLA-2,52) 0,953±0,56
B	(286-337) 311±10,16	(1576-1643) 1614,17±9,43	(111-116) 114±1
Cd	DLA	DLA	DLA
Cr	DLA	DLA	DLA
Cu	(0,02-0,03) 0,024±0,0002	DLA	DLA
Hg	DLA	DLA	DLA
K	(2801-2868) 2833±11,5	(11599-12182) 11857±93,38	(294-300) 297±1,18
Mn	(273-280) 276±1,19	(934-971) 952±6,06	DLA
Na	(1706-1799,8) 1752±14,87	(1985,3-2071,5) 2022±14,43	(89,5-95) 92,03±1,1
Ni	DLA	(24,24-26,9) 25,43±0,43	DLA
P	(2891-3063) 2990,4±5,4	(973-1027) 990,1±8,19	(512-534) 522±4,5
Pb	(0,00-2,18) 0,72±0,4	(0,00-8,77) 2,97±1,34	(DLA-1,15) 0,313±0,3
Si	(49,74-95,18) 72,62±9,53	(15,7-32,03) 23,83±3,15	(DLA-2,9) 0,57±0,87
Zn	(16,09-17,03) 16,8±0,15	(10,94-11,23) 11,14±0,044	(11,8-12) 11,9±0,042

DLA: Dedeksiyon limitler altında, Min-Mak: Minimum-Maksimum,  
Ort±SH: Ortalama±Standart hata



**Çizelge 4.29. (Devam)** Felent Çayı ilkbahar mevsimi istasyonlara göre canlı örnekleri analiz sonuçları (mg/kg)

	2.2. İstasyon		6. İstasyon
	<i>Gammarous</i> sp. (Min-Mak) Ort±SH	<i>Lemna trisulca</i> L.(Duckweed) (Min-Mak) Ort±SH	<i>Hirudo</i> sp. (Min-Mak) Ort±SH
Al	(888,24-1394) 1137,4±109,3	(650-687) 669±5,6	DLA
Ca	(61921-72420) 67202±2188	(22480-25455) 23836±580	(2449-2481) 2469±7,2
Fe	(99856-114516) 106829±2961	(87196-101137) 93222±2729	(4549-4699) 4624±30,57
Mg	(3042-3269) 3145,4±42,8	(6224-6526) 6344±44,15	DLA
Ag	(2,11-2,69) 2,34±0,08	(1,78-2,61) 2,06±0,12	(DLA-0,41) 0,054±0,14
As	(22,77-30,37) 27,12±1,24	(111-128,5) 122,14±2,49	(36,04-37,94) 36,9±0,4
B	(449-524) 483±12,5	(1596-1748) 1659±25,67	(1178-1207) 1191±6,13
Cd	DLA	(1,73-2,77) 2,26±0,21	DLA
Cr	DLA	DLA	DLA
Cu	(0,04-0,05) 0,044±0,002	(0,01-0,01) 0,011±0,0002	DLA
Hg	DLA	DLA	DLA
K	(2976-4484,4) 4223±99,92	(14445-15068) 14858±94,6	(4156-4183) 4166±6,16
Mn	(90,06-114,6) 102,4±5,13	(5712-6563) 6105,5±173	(103-104) 103,3±0,16
Na	(2564-2943) 2739±76,65	(2873-3103) 3017,4±35,9	(2290-2293) 2292±0,49
Ni	(4,96-11,81) 8,11±1,39	(21,12-22,88) 22,16±0,26	DLA
P	(4876-5389,8) 5102±93,4	(2032-2277) 2136,5±45,5	(7635-7743) 7673±24,6
Pb	(0,00-27,53) 15,9±5,09	(0,00-261) 168±53,19	(2,35-4,07) 3,34±0,36
Si	(52,71-70,12) 63,03±2,43	(50,36-89,06) 69,24±8,03	DLA
Zn	(75,07-79,9) 77,32±0,94	(776,8-896) 827±20,22	(290,9-294,4) 293,11±0,78

DLA: Dedeksiyon limitler altında, Min-Mak: Minimum-Maksimum,  
Ort±SH: Ortalama±Standart hata

Yaz mevsimi 1. istasyondan alınan *Lemna trisulca* L.(Duckweed) ve *Gammarous* sp. örneklerinin metal verileri Çizelge 4.30'da gösterilmektedir. Bu verilere göre, Cr elementi her iki canlıda da dedeksiyon limitlerin altında ölçülmüştür. As elementi, *Lemna trisulca* L.(Duckweed) örneğinde 1,8 olarak ölçülmüş, *Gammarous* sp. örneklerinde ise dedeksiyon limitlerin altında ölçülmüştür. Hg ve Pb elementi her iki canlı türünde de limitlerin altında ölçülmüştür.

Sonbahar mevsimi 1. istasyondan alınan *Lemna trisulca* L.(Duckweed) ve *Gammarous* sp. örnekleri metal verileri Çizelge 4.31'de gösterilmektedir. Bu verilere göre, Ag, B, Cd, Hg elementleri her iki canlı türünde de dedeksiyon limitleri altında ölçülmüştür. As elementi *Lemna trisulca* L.(Duckweed) örneğinde 4,53 mg/kg olarak ölçülmüş, *Gammarous* sp. örneğinde 1 mg/kg olarak ölçülmüştür. *Lemna trisulca* L.(Duckweed) örneğindeki metal verilerinin *Gammarous* sp. örneğinden daha fazla olduğu Çizelge 4.31 da açıkça görülebilmektedir.

**Çizelge 4.30.** Felent Çayı yaz mevsimi istasyonlara göre canlı örnekleri element analiz sonuçları (mg/kg)

1.İstasyon		
	<i>Lemna trisulca</i> L.(Duckweed) (Min-Mak) Ort±SH	<i>Gammarous</i> sp. (Min-Mak) Ort±SH
Al	(342,4-421) 381±17	(127-159,4) 144±6,9
Ca	(29554-37494) 33547±1740	(15014-25674) 20271±2346
Fe	(19811-24897) 22353±1076	(14410-18237) 16340±836
Mg	(4577-4898) 4742±66,3	(946-1195) 1072±53,8
Ag	(0,1-0,2) 0,15±0,01	(0,14-0,22) 0,18±0,01
As	(0,67-2,35) 1,8±0,24	DLA
B	(992-1052) 1029±9,9	(81-88) 84,5±0,97
Cd	(0,22-0,29) 0,26±0,01	(0,00-0,06) 0,04±0,01
Cr	DLA	DLA
Cu	(2,17-2,8) 2,4±0,1	(11,8-13,02) 12,5±0,23
Hg	(DLA-0,19) 0,09±0,04	(DLA-0,42) 0,15±0,08
K	(13056-14149) 13585±223	(2482-2876) 2684±83
Mn	(670-704) 702±0,6	(73,3-101,4) 87±6,1
Na	(1880-2176) 2028±2,5	(836-932) 884±2,5
Ni	(17,3-18) 17,6±0,13	DLA
P	(1169-1221) 1191±9,9	(1881-2106) 1989±45,8
Pb	(0,00-2,6) 1,54±0,5	(0,00-2,01) 0,8±0,35
Si	(90,8-96,8) 93,8±0,9	(74-79) 76±0,8
Zn	(21,4-22,4) 21,8±0,2	(16,03-21,11) 18,6±1,1

DLA: Dedeksiyon limitler altında, Min-Mak: Minimum-Maksimum, Ort±SH: Ortalama±Standart hata

**Çizelge 4.31.** Felent Çayı sonbahar mevsimi istasyonlara göre canlı örnekleri element analiz sonuçları (mg/kg)

1. İstasyon		
	<i>Lemna trisulca</i> L.(Duckweed) (Min-Mak) Ort±SH	<i>Gammarous sp.</i> (Min-Mak) Ort±SH
Al	(474-578) 527±21,96	DLA
Ca	(45342-51774) 48447±1299	(8795-8935) 8866±19,95
Fe	(1133-1452) 1290±68,6	(39,76-41,76) 40,44±0,3
Mg	(10681-11797) 11239±205	(13376-13549) 13483±29,34
Ag	DLA	DLA
As	(3,27-5,65) 4,53±0,42	(0,00-2,28) 1,00±0,48
B	DLA	DLA
Cd	DLA	DLA
Cr	(0,51-1,24) 0,99±0,11	DLA
Cu	(2,52-3,52) 3,00±0,16	(4,06-5,33) 4,7±0,2
Hg	DLA	DLA
K	(15271-18282) 16707±607	(1262-1295) 1276±5,6
Mn	(991-1105) 1043±22,14	(25,13-26,68) 25,99±0,2
Na	(5262-5939) 5576±129	(500-513) 507±2,4
Ni	(23-25,6) 24,13±0,38	DLA
P	(2174-2295) 2227±22,5	(834-862) 843±4,00
Pb	(0,83-4,37) 13,14±0,5	(0,00-1,61) 0,5±0,3
Si	(152-161) 157±1,6	(13,88-17,18) 16,24±0,55
Zn	(22,05-24,35) 23,16±0,43	(2,99-3,36) 3,2±0,06

DLA: Dedeksiyon limitler altında, Min-Mak: Minimum-Maksimum, Ort±SH: Ortalama±Standart hata

### 2.2.1. Epipelik Diyatome Frustullerindeki Element Analiz Sonuçları

Silisli algler olarak bilinen diyatomekler ise tatlı su ve denizlerde bol olarak bulunan önemli bir alg grubudur. Diyatomeklerin hücre duvarı (kabuk) silisli yapıdadır. Hücre duvarı, bir kutunun birbiri üzerine kapanan iki kapağı şeklindedir. Diyatomeklerin hücre duvarı parçalanmaya karşı dirençli olduğundan, göllerin geçmiş yıllardaki durumlarını inceleme amacıyla kullanılırlar. Ayrıca diyatome türlerinin bir çoğu tuzluluk, pH, trofik düzeyi ve su kalitesini belirlemek amacıyla indikatör olarak kullanılmaktadırlar (Ulusoy D. 2006).

Felent Çayı'nda sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde bazı istasyonlardan diyatome örnekleri alınmıştır. Çalışmamızda epipelik diyatome frustullerindeki mikro ve makro element miktarını belirlemek amacıyla ölçümler yapılmış ve bu ölçüm sonuçları Çizelge 4.32 ve Çizelge 4.33'de gösterilmiştir

Sonbahar mevsimi diyatome sonuçlarına göre, B elementi 128,9 mg/kg ile 7. istasyonda, Al 9380 mg/kg ile 1. istasyonda Fe 6370 mg/kg ile 6. istasyonda, As 58,77 mg/kg ve Cd 1,12 mg/kg değerleri ile 4. istasyonda en yüksek değerde bulunmuştur. İlkbahar mevsimi sonuçlarına göre, B elementi 125,2 mg/kg ile 7. istasyonda, Al 10690 mg/kg ile 3. istasyonda, Fe 7678 mg/kg ile 3. istasyonda, As 227 mg/kg ile 4. istasyonda, Ag 0,34 mg/kg ve Cd 0,88 mg/kg değerleri ile 1. istasyonda en yüksek değerde bulunmuştur.

**Çizelge 4.32.** Felent Çayı sonbahar mevsimi diyatome örneklerinde yapılan element analiz sonuçları(mg/kg)

	1.istasyon	3.istasyon	4.istasyon	6.istasyon	7.istasyon
B	55,62	79,54	109,15	115,3	128,9
Al	9380	4687	7324	3982	7623
Si	7,02	11,47	0,62	0,58	2,35
Mg	6347	3713	3841	4408	3873
Ca	15075	11175	4520	7359	5026
Cr	176	67,96	174	85,01	88,9
Fe	3772	4478	3737	6375	4413
Na	1848	168	72,26	88,05	110
K	569	259	517	233	271
As	2,71	0,90	58,77	45,95	1,86
Ag	0,04	0,02	0,61	0,15	0,05
Cd	0,002	0,023	1,12	0,012	0,005
Cu	3,81	2,06	4,44	4,2	3,61
Mn	29,35	1,56	10,08	8,07	8,22

**Çizelge 4.33.** Felent Çayı ilkbahar mevsimi diyatome örneklerinde yapılan element analiz sonuçları (mg/kg)

	1.istasyon	3.istasyon	4.istasyon	6.istasyon	7.istasyon
B	121,5	110,8	119,8	116,9	125,2
Al	7283	10690	5034	4047	4750
Si	1,007	13,04	DLA	4,8	5859
Mg	4284	4533	5247	3905	4803
Ca	677	3091	5124	3589	1044
Cr	86,7	136	143	76,5	52,9
Fe	3590	7678	7341	5254	2415
Na	93,5	198	384	163	252
K	692	539	265	268	190
As	3,8	135	227	2,4	3,8
Ag	0,34	0,07	0,03	0,13	0,04
Cd	0,88	0,002	0,009	0,035	0,022
Cu	3,8	4,07	4,8	6,2	5,7
Mn	3,24	7,27	11,37	8,73	64,67

DLA: Dedeksiyon limitleri altında

## 5. TARTIŞMA, SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çevre kirliliği gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde son yıllarda büyük bir problem haline gelmiştir. Kirleticilerin son durak olarak özellikle akuatik ortamlara bırakılması suların kalitesini bozmakta böylelikle suda yaşayan canlıların ve bu canlılarla beslenen insanların yaşamını olumsuz yönde etkilemektedir (Ciminli 2005). Bu kirleticilerden özellikle endüstriyel atıklar ve bazı pestisitler içerisinde bulunan ağır metaller, deşarj edildikleri ortamda uzun süre kalabilmeleri, sucul canlılarda toksik etkiler meydana getirmeleri ve besin zincirinde akümüle olarak insan sağlığını tehdit etmeleri nedeniyle büyük önem taşırlar. Sucul ortamlarda normal şartlarda belli derişimlerde denge halinde bulunan ağır metaller, kentsel ve endüstriyel bölgelerde daha yoğun olmak üzere ya sedimentte birikirler ya da biota tarafından absorbe edilirler (Köse 2007). Sedimentlerin çoğu bu kirleticileri uzun süre bünyesinde muhafaza eder (Wildi ve ark. 2004).

Çalışmamızda, bölge sakinleri ve Kütahya halkı için büyük önem arz eden, Porsuk Çayı'nın (Sakarya Nehir Havzası) en önemli kollarından ve kirlilik kaynaklarından biri olan Felent Çayı'nın su kalitesinin izlenmesi ve belirlenen 7 istasyondan mevsimsel olarak toplanan su, sediment ve biyolojik canlı örneklerinde mikro ve makro element seviyelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu yedi adet örnekleme noktası seçilirken bölgeyi en iyi şekilde temsil edecek yerlerde olmasına dikkat edildi. Böylece Felent Çayı'nın Kütahya ilinden geçerken topladığı kirlilik yükünün tespit edilmesi mümkün olabilecekti. Bu sebeple 1. istasyon olarak kaynağa yakın bir nokta olan Ören köyünden 2 km ilerideki nokta, 2. istasyon olarak ETİ gümüş işleme tesisinin atıksularının da karıştığı Köprüören köyü ve ayrıca bu istasyon gümüş atıksuyunun karıştığı nokta öncesi ve sonrası olarak 2.1 ve 2.2 olarak ikiye ayrılmıştır, 3. istasyon olarak Yoncalı köyünde termal atıksularının da karıştığı bir nokta, 4.istasyon olarak Kütahya için spesifik öneme sahip olan Enne barajı, 5.istasyon olarak yakınlarında şu anda kapatılmış olan Kütahya çöp alanının da bulunduğu bir nokta, 6. istasyon olarak Yedigöller bölgesinde bir nokta ve son nokta olan 7.



istasyon için Kütahya otogarından sonra Porsuk nehrine dökülmeden önce bir nokta seçilmiştir.

Felent Çayı'nda ölçülen fizikokimyasal analiz sonuçları yıllık ortalama verileri faktör analizi yapılarak istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Burada da değinilmek gerekirse fizikokimyasal sonuçlara göre, sıcaklık verisi bütün mevsimlerde üçüncü istasyonda diğer istasyonlara göre yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni üçüncü istasyonun Yoncalı köyünde yer alması ve bu köyde bulunan kaplıca sularının Çay'a verilmesidir. Bu bölgedeki su sıcaklığının yüksek oluşu buradaki flora ve faunayı olumsuz etkilemekte, su kalitesini düşürmektedir.

Çözünmüş oksijen değerleri açısından kaynağa yakın birinci istasyon I. sınıf su kalitesine sahiptir (SKKY 2004). Bilindiği gibi sudaki çözünmüş oksijen miktarı sıcaklıkla ters orantılıdır ve oksijenin suda eriyebilirliği sıcaklık arttıkça azalır (Tanyolaç 2009). Üçüncü istasyonda termal hariç önemli bir deşarj olmamasına rağmen çözünmüş oksijen miktarı oldukça düşüktür. Bunu nedeni sıcaklığın oldukça yüksek olmasıdır.

Yedinci istasyon, Kütahya Pis Su Arıtma Tesisleri'nden gelen deşarj ve Kütahya Şeker Fabrikası atıkları ile yoğun bir organik kirliliğe maruz kalmaktadır. Oksijenin suda eriyebilirliğini etkileyen diğer etmenler tuz yoğunluğu, çözünmüş maddeler ve biyolojik olaylardır (Tanyolaç 2009). Bu istasyonun tuzluluk ve iletkenlik değerleri oldukça yüksektir. Yoğun biçimde deşarj edilen organik atıkların oksidasyonu çözünmüş oksijen değerlerini oldukça düşürmekte, bu durum KOİ değerlerine de olumsuz olarak yansımaktadır. Bölge çözünmüş oksijen ve KOİ parametreleri açısından Kıta İçi Su Kaynakları Kriterlerine göre IV. sınıf su kalitesine sahiptir (SKKY 2004).

Kış mevsimi ağırmetal analiz sonuçları tablosuna göre sonuçlar değerlendirilmek istenirse eğer, bu sonuçlara göre Fe elementi dedeksiyon limitlerin altında çıkmıştır. Ag ve Si elementleri ise ICP cihazının kalibrasyon ayarlarında yer almadığı için kış mevsiminde bu değerler okunamamıştır. Al 1. ve 2.1. istasyonlarında okunmuş, (0.07 mg/L) ve (0.2 mg/L) bulunmuş Su Kirliliği

kontrolü Yönetmeliğine göre I. Sınıf su olduğu görülmüştür. Diğer istasyonlarda Al dedeksiyon limitleri altında okunmuştur (SKKY 2004).

Felent Çayı'nın ilkbahar mevsiminde ölçülen ağır metal verilerine göre; Al, Cd ve Ni dedeksiyon limitlerin altında ölçülmüştür. Cr sadece 2.1 istasyonunda 0,036 mg/L olarak ölçülmüş Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği su kalite kriterlerine göre II. Sınıf su olduğu görülmüştür. Ölçülen B elementinin bütün istasyonlarda özellikle 2.2 ve 3. istasyonlarda oldukça yüksek olduğu ve bütün istasyonlarında su kalite kriterlerine göre B açısından IV. sınıf su olma özelliği gösterdiği görülmektedir (SKKY 2004).

Yaz mevsiminde Felent Çayı'nda ölçülen metal değerleri sonuçlarına göre; Cr sadece 7. istasyonda 0,036 mg/L olarak ölçülmüş su kalite kriterlerine göre II. Sınıf su olduğu görülmüş ve diğer istasyonlarda dedeksiyon limitlerin altında ölçülmüştür. Ni elementide sadece 7. istasyonda 0,001 mg/L olarak ölçülmüş su kalite kriterlerine göre I. Sınıf su olduğu görülmüş ve diğer istasyonlarda dedeksiyon limitlerin altında ölçülmüştür. Cd elementi 3. istasyonda 0,0029 mg/L, 6. istasyonda 0,0005 mg/L, 7. istasyonda ise 0,00057 mg/L olarak ölçülmüş su kalite kriterlerine göre bu üç istasyonunda I. Sınıf su olduğu görülmüş ve diğer istasyonlarda dedeksiyon limitlerin altında ölçülmüştür (SKKY 2004).

Felent Çayı sonbahar mevsimi su analiz sonuçlarına göre, elde edilen metal verilerinden Cu ve Hg bütün istasyonlarda dedeksiyon limitlerin altında ölçülmüştür. Cr elementi 1. istasyonda 0,0025 mg/L, 2. istasyonunda 0,006 mg/L, 3. istasyonda 0,007 mg/L olarak ölçülmüş ve su kalite kriterlerine göre II Sınıf su oldukları görülmüş ve 7. istasyonda Cr elementi 0,028 mg/L olarak ölçülmüş su kalite kriterlerine göre III. Sınıf su olduğu görülmüştür (SKKY 2004).

Sediment örneklerinde ölçülen element değerleri suda ölçülen değerlerden oldukça yüksek bulunmuştur. Hatta alınan biyolojik canlı örneklerindeki metal seviyeleri sedimenttekinden daha yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni ise; sucül ekosistemlerde, tüm ekosistemlerde olduğu gibi canlılar arasındaki madde ve enerji geçişleri besin zinciri yoluyla sağlanır. Besin piramidinin üst basamaklarındaki türler, hatta en üst basamakta olan bizler bile, dokularında

kirleticileri biriktirmiş olan alt basamaklardaki türlerle beslendiğimizde, pek çok kirleticiyi özellikle de toksik elementleri daha fazla biriktiririz (Arslan ve ark. 2009).

Çeşitli ülkeler tarafından hazırlanan tatlı su sedimentlerine spesifik kalite yönergeleri bulunmakla birlikte ülkemizde henüz sediment için bu şekilde hazırlanmış bir kalite yönergesi bulunmamaktadır. Bu nedenle çalışmamızın sonuçlarının değerlendirilmesinde (MacDonald 2000) tarafından yayınlamış sediment kalite yönergelerinin geliştirilmesiyle tatlı su ekosistemlerindeki metaller için belirlenen Eşik Etki Konsantrasyonu (TEC) ve Olası Etki Konsantrasyonu (PEC) değerleri kullanılmıştır. Buna göre şayet sedimentteki metal miktarı TEC değerinin altındaysa zararlı etkiler olasılık dahilinde değilken, şayet metal konsantrasyonları PEC değerinin üstünde ise, muhtemel zararlı etkilerin açığa çıkabilmesi söz konusu olabilmektedir (MacDonald 2000). Bu değerler tatlı su ekosistemlerinde sediment kalite koşullarının değerlendirilmesinde güvenilir bir kaynak olarak kullanılabilir. Buna göre, Ni elementine ait değerler hem TEC hem de PEC değerlerinden yüksek bulunmuştur. Cu, 6. istasyonda PEC değerinden yüksek diğer istasyonlarda TEC ve PEC değerinden düşük bulunmuştur. Hg, bütün istasyonlarda TEC değerinden yüksek PEC değerinden düşük bulunmuştur. Cd, bütün istasyonlarda PEC değerinden düşük, 2. 3. ve 4. istasyonlarda TEC değerinden oldukça yüksektir. Zn, sadece 4. istasyonda PEC değerinden yüksek, 5. ve 7. istasyonlarda ise TEC değerinden düşük bulunmuştur.

Sediment yüzeyinde ağır metallerin suya göre daha fazla birikim göstermesi ağır metallerin sedimentin yüzey kısmına çökmesinden kaynaklanmaktadır (Öner 2008). Çalışmamızda da ağır metallerin sedimentte suya göre daha fazla birikim gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca sedimentteki ağır metal birikimi, su kalitesi ve sucul canlılar ve zamanla insan sağlığı ve ekosistem üzerinde olumsuz etkiler meydana getirmektedir. Bu yüzden, sedimentteki ağır metal miktarının zamanla değişimini belirlemek, su kirliliği kontrolünde yeni yaklaşımlar oluşturmak için önemlidir (Carman ve ark. 2007).

Felent Çayı 2. istasyondan alınan *A.orontis* (Sauvage 1882) türündeki balık örneğinin element analiz sonuçları Çizelge 4.33'de gösterilmektedir. Çizelgeye göre, As 0,78 mg/kg olarak ölçülmüş ve Türk gıda Kodeksinin balıklar için belirlemiş olduğu As (1 mg/kg) değerinden düşük bulunmuştur. Cu kasda 1,70 mg/kg, böbrekde 7,1 mg/kg, solungaçda 3,03 mg/kg, karaciğerde 8,979 mg/kg olarak ölçülmüş ve kasda Türk Gıda Kodeksinin balıklar için belirlemiş olduğu Cu(20 mg/kg) değerinden oldukça düşük olduğu görülmüştür. Cd böbrekde 0,24 mg/kg, solungaçda 0,024 mg/kg, karaciğerde 0,017 mg/kg, kasda ise dedeksiyon limitlerin altında ölçülmüş ve Türk Gıda Kodeksinin balıklar için belirlediği Cd (0,1 mg/kg) değerinden düşük olarak bulunmuştur (TGK 2002).

Felent Çayı 2. istasyondan alınan *G.gobio* (Linnaeus 1758) türündeki balık örneğinin element analiz sonuçları Çizelge 4.34'de gösterilmektedir. Çizelgeye göre, As sadece gonatda 5,24 mg/kg diğer dokularda dedeksiyon limitlerin altında olarak ölçülmüş ve Türk Gıda Kodeksinin balıklar için belirlemiş olduğu As (1 mg/kg) değerinden kasda oldukça düşük olduğu görülmüştür. Cu kasda 1,35 mg/kg, solungaçda 2,89 mg/kg, gonatda 4,2 mg/kg, karaciğerde 21,53 mg/kg olarak ölçülmüş ve Türk Gıda Kodeksinin balıklar için belirlemiş olduğu Cu(20 mg/kg) değerinden kasda oldukça düşük olduğu görülmüştür. Cd kasda 0,053 mg/kg, solungaçda 0,034 mg/kg, gonatda 0,057 mg/kg karaciğerde 0,27 mg/kg ölçülmüş ve Türk Gıda Kodeksinin balıklar için belirlediği Cd (0,1 mg/kg) değerinden kasda düşük olduğu görülmüştür (TGK 2002).

Çalışmamızda genel olarak tüm elementler karaciğerde yüksek bulunmuştur. Ağır metaller genelde balıkların karaciğer gibi metabolik olarak aktif olan organlarında daha fazla birikir (Canpolat ve Çalta 2001). Balıklarda metallerin toksik etkileri ilk olarak solungaçlarda görülür. Bunun sebebi, solungaçların geniş yüzey alanına sahip olması, ortamla doğrudan doğruya temas halinde olması ve su ile kan arasındaki difüzyonun daha çabuk olması gibi nedenlerle açıklanabilmektedir (Kuşatan ve Cicik 2004).

Köse (2007) Enne Baraj Gölü'nde yapmış olduğu tez çalışmasında burada yaşayan balık türlerindeki ağır metal konsantrasyonlarını tesbit etmiştir. Bu çalışmaya göre, karaciğerde en yüksek element Fe olarak ölçülmüş, Fe'den sonra en yüksek Zn bulunmuştur. Kas dokusunda Cd, Cu ve Zn yine oldukça yüksek bulunmuştur. Cu konsantrasyonu en yüksek karaciğerde bulunmuştur.

Tokatlı ve ark.(2011) Porsuk Baraj Göleti'nde yaptıkları çalışmaya göre, diatome frustullerinin çoğu metali çevrelerinden daha fazla biriktirdiğini ortaya koymuşlardır. Bu durum diyatome frustullerinin metal kirliliğinin izlenmesi çalışmalarında indikatör canlı olarak kullanılabilceğini göstermektedir.

Çalışmamızda makro ve mikro elementlerin genellikle suda en az, sedimentte ondan daha fazla ve en fazlada diyatome frustullerinde biriktiği gözlemlenmiştir. Bu da biyolojik birikime göre olabilecek bir sonuçtur.

Yaptığımız çalışma sonucunda Felent Çayı kirlilik yükü belirlenmeye çalışılmıştır. Bu kirlilik seviyesinin ve toksik metal miktarının giderek arttığı görülebilmektedir ve bu durumun su kalitesini ve suda yaşayan canlı organizmaları ve dolaylı olarak insan sağlığını tehdit ettiğini söylemek gerekir. Bu yüzden bir an önce gerekli önlemlerin alınması sağlanmalıdır. Çay'a bırakılan kirlilik unsurları ortadan kaldırılmalı, sanayi kuruluşlarının atıksuları denetim altına alınmalı ve kuruluşlara arıtmaları ile ilgili yaptırımlar uygulanmalıdır. Ayrıca, Felent Çayı'nın etrafı tarım arazileri ile çevrili olduğu için kullanılan gübre ve zirai ilaçlarla da kirlenmektedir. Bunun önlenmesi için mahalli yönetim birimlerince gerekli önlemler alınmalı, halkı bilinçlendirme çalışmaları yürütülmeli ve gerekirse uymayanlar konusunda cezai işlemler uygulanmalıdır. Çünkü, yaşadığımız çevreyi eğer biz korumazsak kimse bizim yerimize koruyamaz. Her bölge insanı kendi doğal zenginliklerine sahip çıkmalı ve korumalıdır.

## KAYNAKLAR

- Akbulut, A.ve Akbulut, E. N. (2010), “*The study of heavy metal pollution and accumulation in water, sediment, and fish tissue in Kızılırmak River,*” Basin in Turkey Environ Monit Assess 167:521–526
- Alinnor, J. I. ve Obiji, A.I. (2010), “*Assesment of trace Metal Composition in Fish Samples from Nworie River,*” Pakistan Journal of Nutrition 9 (1):81-85
- Altındag, A. ve Yiğit, S. (2005), “*Assessment of heavy metal concentrations in the food web of lake,*” Beyşehir, Turkey, Chemosphere 60 552–556
- Altın, A., Filiz, Z. ve İşcen, F. C. (2009), “*Assessment of seasonal variations of surface water quality characteristics for Porsuk Stream,*” Environ Monit Assess 158:51–65.
- Al-Yousuf, M.H., El-Shahawi,S.M. and Al-Ghais, M.S. (2000), “*Trace metals in liver, skin and muscle of Lethrinus lentjan fish species in relation to body length and sex,*” The Science of the Total Environment 256, 87-94 p.
- Anonim (2011a), *Balık Türleri ve Otörleri Hakkında Bilgi,*  
<http://www.fishbase.com>
- Anonim(2011b), *Agency for toxic substances and disease registry.*  
<http://www.atsdr.cdc.gov>
- Anonim (2011c), *Mercury toxisty,*  
<http://www.epa.gov/mercury>
- Anonim (2011d), *WHO(2005) World Health Organization.*  
<http://www.who.int/en/>
- APHA (1992), *Stveard methods for the examination of water ve wastewater,* in A.E. Greenberg, L.S.Clesceri, A.D. Eato (eds.), American Public Health Association, 18th ed., Waseington, U.S.A.
- Arcasoy, A. (2002), *Çinko ve çinko eksikliği.* Ankara Talasemi Derneği Yayınları, Ankara, 2. Baskı, 1-23.
- Arslan, N. Koç, B., ve Çiçek A. (2010), “*Metal Contents in Water, Sediment, and Oligochaeta-Chironomidae of Lake Uluabat a Ramsar Site of Turkey,*” TheScientificWorld Journal 10, 1269–1281 .

- Arslan, N., Tokatli, C., Çiçek, A. ve Köse, E. (2011), “*Yedigöller (Kütahya) bölgesinde su ve sediment örneklerinde bazı metal seviyelerinin belirlenmesi,*” *Review of Hydrobiology* 4, 1: 17-28.
- ASTM (1985), *Preparation of biological samples for inorganic chemical analysis I*, Annual Book of ASTM Standards, D-19, pp. 740- 747
- ATSDR (1990), *Toxicological Profile for Silver. Agency for Toxic Substances and Disease Registry*, Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services.
- Ayyıldız, A. (1990), *Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri*. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ders Kitabı 344, Ankara.
- Babula P., Adam V., Opatrilova R., Zehnalek J., Havel L., Kizek R. (2008) , “*Uncommon heavy metals, metalloids and their plant toxicity a review,*” *Environ Chem Lett.* 6: 189–213.
- Baldantoni, D., Maisto, G., Bartoli G., Alfani, A. (2005), “*Analyses of three native aquatic plant species to assess spatial gradients of lake trace element contamination,*” *Aquat. Bot.* 83: 48-60.
- Bat, L., Gündoğdu, A. ve Öztürk, M. (1998), *Ağır metalller*, S.D.Ü. Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 6: 166-175.
- Bergman, H.L., Kimerle, R.A. (1986), Maki, A.W., *Environmental hazard assesment of effluents*, Pergamon Press, New York.
- Boşgelmez, A., Boşgelmez, İ.İ., Savaşçı S. ve Paslı N. (2001), *Ekoloji II. Toprak Sempozyumu*, Başkent Klişe Matbaacılık, ISBN: 975-96377-2-3, Ankara, 669-675 p.
- Bradl, H. B. (2005), *Heavy Metals in the Environment*, Elsevier Academic Press FirstEdition, Netherlands.
- Brohı, R., Topbaş, T., Kahraman R. (1998), *Çevre Kirliliği*, T.C. Çevre Bakanlığı Yayınları, Ankara.
- Brown P. H., Bellaloui N., Wimmer M. A., Bassil E. S., Ruiz J., Hu H., Pfeffer H., Dannel F. ve Römheld V. (2002), “*Boron in Plant Biology,*” *Plant Biology* 4, 205-223 p.
- Brown P.H. ve Hu H. (1998), “*Boron mobility and consequent management in different crops,*” *Beter Crops*, Volume 82, 28-34 p.

- Campbell, P.G.C., Tessier A. (1996), “*Ecotoxicology of metals in aquatic environments,*” Geochemical aspects. In: Ecotoxicology: A hierarchical treatment, M.C. Newman and C.H. Jagoe, eds. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
- Canpolat, Ö. ve Çalta, M. (2001), “*Keban Baraj Gölü’nden Yakalanan Acanthobrama marmid (Heckel, 1843)’de bazı ağır metal düzeylerinin belirlenmesi,*” F.Ü. Fen ve Müh. Bilimleri Dergisi, 13,2, 263-268 s.
- Canlı, M. Atlı, G. (2003), “*The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species,*” Environmental Pollution, 121: 129-136.
- Carman, C.M.I., Li X.D., Zhang G., Onyx W.H.W., Li Y.S. (2007), “*Trace metal distribution in sediments of the Pearl River Estuary and the surrounding coastal area,*” South China Environmental Pollution, 147: 311-323.
- Carranza-Álvarez C., Josabad Alonso-Castro A., Alfaro-De La Torre M C., García-De La Cruz R. F. (2008), “*Accumulation and Distribution of Heavy Metals in Scirpus americanus and Typha latifolia from an Artificial Lagoon,*” in San Luis Potosí, México. Water Air Soil Pollut., 188: 297–309.
- Castro-González, M.I., Méndez-Armenta, M. (2008), “*Heavy metals: Implications associated to fish consumption,*” Environmental Toxicology and Pharmacology, 26: 263–271.
- Cha, M.W., Young, L., Wong, K.M. (1997), “*The fate of traditional extensive (Gei Wai) shrimp farming at the Mai Po Marshes Nature Reserve,*” Hong Kong. Hydrobiologia, 352: 295–303.
- Chapman, D. (1992), “*Water Quality Assessments,*” A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring, Chapman in Hall, London.158.
- Chen, Y.C., Chen, M.H. (2001), “*Heavy metal concentrations in nine species of fishes caught in coastal waters of Ann-Ping,*” S.W. Taiwan. Journal of Food and Drug Analysis, 9 (2): 107-114.



- Cervantes, C., Campos-Garcia, J., Devars, S., Gutiérrez-Corona, F., Loza-Tavera, H., Torres-Guzmán, J.C., Moreno-Sánchez, R. (2001), “*Interactions of chromium with microorganisms and plants,*” FEMS Microbiol. Rev., 25: 335–347.
- Tokatlı C. ve Ark. (2011), “*Porsuk Baraj Gölü Epipelik Diyatome Frustullerinde Makro ve Mikro Element Konsantrasyonlarının Belirlenmesi,*” Tabad, 4 (2): 1-6.
- Çiçek, A ve Koparal, S. (2001), “*Porsuk Baraj Gölü'nde Yaşayan Cyprinus carpio ve Barbus plebejus'da Kurşun, Krom ve Kadmiyum Seviyeleri,*” Ekoloji Çevre Dergisi 3-6.
- Çiçek, A. (2006), *Çevre Sağlığı*, Anadolu Üniversitesi Açık Öğretim Fakültesi Yayınları, Doç.Dr.Arzu ÇİÇEK, Eskişehir.
- Çuhadar, G. ve Tamgaç, S. (1994), *Hidrojeolojik Etütlerde Su Kimyası Verilerini Toplama ve Değerlendirme Yöntemleri*, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, DSİ Yayınları, Ankara, 1-22.
- Demirezen, D., Aksoy, A. (2006), “*Common hydrophytes as bioindicators of iron and manganese pollutions Ecological Indicators,*” 6: 388–393.
- Delvalls, T. A., Blasco, J., Sarasquete, M. C., Forja, J. M., Gomez-Parra, A. (1998), “*Evaluation of heavy metal Sediment toxicity in littoral ecosystems using juveniles of the fish Sparus aurata,*” Ecotoxicology ve Environmental Safety, 41: 157-167.
- Diagomanolin, V., Farhang, M., Ghazi-Khansari, M., Jafarzadeh, N. (2004), “*Heavy metals (Ni, Cr, Cu) in the Karoon waterway river,*” Iran Toxicology Letters 151.
- Ediz N. ve Özday H. (2001), “*Bor Mineralleri ve Ekonomisi,*” DPÜ Fen Bilimler Dergisi, Sayı: 2, 133-152 s.
- EPA (1980), *Ambient water quality criteria for silver*. U.S. Environmental Protection Agency Report 440/5-80-071. 212 pp.
- EPA Method 3051. (1998), *Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils, and Oils*.

- EPA Method 200.7. (2001), *Determination Of Metals Ve Trace Elements In Water Ve Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry*.
- Fergusson, J.E. (1990), "The Heavy Elements," Chemistry, *Environmental Impact and Health Effects*. Pergamon Press, 614.
- Förstner, G., Wittmann.T. (1981), "*Metal pollution in the aquatic environment*," Berlin Heidelberg. Newyork Springer Verlag, 3 (21), 271-318.
- Förstner, U., Wittmann, G.T.W. (1983), *Metal Pollution in the Aquatic Environment*, second revised ed. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg et New York.
- Gale, R.J.B., Gale, S.J., Winchester, H.P.M. (2006), "*Inorganic pollution of the sediments of the River Torrens*," South Australia. *Environ Geol.*, 50: 62–75.
- Goyer, R.A. (1986), *Toxic Effects of Metals*. In Casarett and Doull's *Toxicology*, Pergamon Press, 623-680.
- Handy, R.D. (1994), *Intermittent exposure to aquatic pollutants*, Assessment toxicity and sublethal responses in fish and invertebrates. *Comp. Biochem. Physiol.*,107-184.
- Henderson-Sellers, B., Markland, H.R. (1987), "Decaying lakes," *The origins and control of cultural eutrophication*, John Wiley and Sons Publication.
- Houston, M.C. (2007), "*The role of mercury and cadmium heavy metals in vascular disease, hypertension, coronary heart disease, and myocardial infraction*," *Altern. Ther. Health Med.*, 13: 128–133.
- Hutton, M, Symon, C. (1986), "*The Quantities of Cadmium, Lead, Mercury and Arsenic Entering the U.K. Environment from Human Activities*," *Sci. Total Environ.*, 57: 129-150.
- Kalay, M. ve Erdem, C. (1995), "*Bakırın Tilapia nilotica (L) 'da karaciğer, böbrek, solungaç, kas, beyin ve kan dokularındaki birikimi ile bazı kan parametraleri üzerine etkileri*," *Tr. J. Of Zoology* 19, 27-33 s.
- Kargın, F. ve Erdem, C. ( 1992), "*Bakır-Çinko etkileşiminde Tilapia nilotica 'nın karaciğer, solungaç ve kas dokularındaki metal birikimi*," *Doğa-Tr. J. of Zoology*, 16, 343-348.

- Kaya, N ve Öztürk, M. (2006), *Elazığ Yöresi Sulama Suyu ve Toprak Kaynaklarının Tarımsal Açından İncelenmesi*, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, 1-6.
- Kocataş, A. (1996), *Ekoloji ve Çevre Biyolojisi*, Ege Üniv. Su Ürünleri Fak. Yayınları No: 51, Ege Üniv. Basımevi, İzmir. 564 s.
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A. ve Timur, S. (2003), “*Metallerin çevresel etkileri-I*,” *Metalurji Dergisi*, 136: 47-53.
- Köse, E. (2007), *Enne Barajı'nda Yaşayan Balıklarda Ağır Metal Birikiminin Araştırılması*, Yüksek lisans tezi, Dumlupınar Üniversitesi Biyoloji Bölümü, 58 s.
- Kruger, T. (2002), *Effects of zinc, copper and cadmium on Oreochromis mossambicus freeembryos and randomly selected mosquito larvae as biological indicators during acute toxicity testing*, (MSc thesis, not published) Rand Afrikaans University, Faculty of Science, Johannesburg S.A.
- Kuşatan Z. ve Cicik B. (2004), “*Clarias lazera (Valenciennes, 1840)'da kadmiyumun solungaç, karaciğer, böbrek, dalak ve kas dokularındaki birikimi*,” Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 2 ,12, 59-66
- Kütahya İl Çevre Durum Raporu, (2008), Kütahya.
- Labra M., Gianazza E., Waitt R., Eberini I., Sozzi A., Regondi S., Grassi F., Agradi E. (2006), “*Zea mays L. protein changes in response to potassium dichromate treatments*,” *Chemosphere*, 62 (8): 1234–1244.
- Loux N.T. (1998), “*An assessment of mercury-species-dependent binding with natural organic carbon*,” *Chemical Speciation and Bioavailability*, 10: 127-136.
- Liu J., Li K., Xu J., Zhang Z., Ma T., Lu X., Yang J., Zhu Q. (2003), “*Lead toxicity, uptake, and translocation in different rice cultivars*,” *Plant Science*, 165: 793- 802.
- Macdonald D.D., Ingersoll C.G. ve Berger T. A. (2000), “*Development and Evaluation of Consensus-Based Sediment Quality Guidelines for Freshwater Ecosystems*,” *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 39, 20–31.

- Manyin T., Rowe C.L. (2008), “*Modeling effects of cadmium on population growth of Palaemonetes pugio,*” Results of a full life cycle exposure, *Aquatic Toxicology*, 88: 111–120.
- Mason C.F. (1991), *Biology of Freshwater Pollution*, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Meybeck M., Chapman D.V. Helmer R. (1989), “*Global Freshwater Quality,*” A First Assesment. WHO/UNEP. Manag., 4 (2): 155-163.
- Newman M.C., Unger M.A. (2002), *Fundamentals of Ecotoxicology*, Second Edition Lewis Publisher Press in United States of America.
- Timmermans K, R. (1993), “*Accumulation of trace metals in fresh water invertebrates,*” In *Ecotoxicology of Metals in Invertebrates*. Dallinger, R. and Rainbow, P. S., eds. Lewis Publishers, Boca Raton, FL. 133-148
- Öner Ö. (2008), *Gediz Nehri Aşağı Gediz Havzası'ndan Alınan Su ve Sediment Örneklerinde Bazı Kirlilik Parameterelerinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilimdalı, Manisa.
- Öner N. (2009), *Tekirdağ- Şarköy Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Merlot ve Cabernet Sauvignon şaraplık Üzüm Çeşitlerine Yetersiz Olan Makro ve Mikro Elementlerin Yaprak Gübresi Yolu ile Uygulanmasının sıra Kalitesi Üzerine Etkileri*, Doktora Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Philips D.H., Rainbow P.S. (1994), *Biomonitoring of trace aquatic contaminants*, Fenviron, 87 s, London.
- Rashed M.N. (2001), “*Cadmium and lead levels in fish (Tilapia nilotica) tissues as biological indicator for lake water pollution,*” *Environmental Monitoring and Assesment*, 68: 75-89.
- Sarıyüboğlu M. ve Say H. (1991), “*Elazığ Şehir Kanalizasyonunun Baraj Gölüne Döküldüğü Bölgeden Yakalanan Barbus Capito Pectoralis de Ağır Metal Birikimlerinin Araştırılması,*” *Su Ürünleri Sempozyumu*, 121-130.
- SKYK ( 2004), *Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği*, Resmi Gazete, 31 Aralık Cuma, Sayı: 25687.

- Shanker A.K., Cervantes C., Loza-Tavera H., Avudainayagam S. (2005), “*Chromium toxicity in plants,*” Environ. Int., 31: 739–753.
- Shrivastava R., Upreti R.K., Seth P.K., Chaturvedi U.C. (2002), “*Effects of chromium on the immune system,*” FEMS Immunol. Med. Microbiol., 34: 1–7.
- Shy C.M. (1990), *Lead in petrol the mistake of the XX.th.* ,World Health Stat Q,43:168-176.
- Şahinci A. (1991), “*Doğal Suların Jeokimyası*” Akdeniz Üniversitesi, Isparta Mühendislik Fakültesi, Reform Matbaası, İzmir, 228-280.
- Şengörür B. ve İsa D. ( 2000), “*Sakarya Nehrine Ait Su Kalite Gözlemlerinin Faktör Analizi,*” Bülent ŞENGÖRÜR ve Dilşat İSA, Adapazarı-Türkiye.
- Şengül F. .(1991), *Endüstriyel atık suların özellikleri ve arıtılması,* Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Basımevi Ünitesi (İzmir),1-365
- Tanyolaç J. (1993), “*İçsularda Ekosistem, Enerji ve Produktivite,*” Limnoloji 6:206-208.
- Toroğlu E., Toroğlu S., Alaeddinoğlu,F. (2006), “*Aksu Çayı’nda (Kahraman Maraş) Akarsu Kirliliği,*” Coğrafi Bilimler Dergisi, 4 (1), 93-103.
- Tepe Y., Ateş A., Mutlu E. ve Töre Y. (2006), “*Karagöl’ün (Erzin-Hatay) Bazı Fiziko-Kimyasal Özellikleri,*” E.Ü. Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 23,155-161
- Turan D., Kottelat M., Ekmekçi F.G., Imamoğlu H.O. (2006), “*A review of Capoeta tinca, with descriptions of two new species from Turkey,*” (Teleostei: Cyprinidae), Revue SuisSE de Zoologie, Vol. 113 (2):421-436.
- TGK (2002), *Gıda Maddelerinde Belirli Bulaşanların Maksimum Seviyelerinin Belirlenmesi Hakkında Tebliğ,* Türk Gıda Kodeksi, Ankara.
- Ulusoy D. (2006), *Ankara Çayı Diyatomeleleri Üzerine Bir Araştırma,* Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Veena B., Radhakrishnan C.K., Chacko J. (1997), “*Heavy metal induced biochemical effects in an estuarine teleost,*” Indian J. Mar. Sci., 26: 74–78.

- Vernay P., Gauthier-Moussard C., Hitmi A. (2007), “*Interaction of bioaccumulation of heavy metal chromium with water relation, mineral nutrition and photosynthesis,*” in developed leaves of *Lolium perenne* L. *Chemosphere*, 68:1563–1575.
- Wang Q., Kim D., Dionysiou D. D., Sorial G.A., Timberlake D. (2004), “*Sources and remediation for mercury contamination in aquatic systemsda literatüre review,*” *Environmental Pollution*, 131: 323-336.
- World Health Organization (WHO), (1984a), *Guidelines for drinking water quality*, Volume 2, Health criteria and other supporting information : *WHO Publ.*, Geneva, Switzerland, 335.
- World Health Organization (WHO), (1984b), *Guidelines for drinking water quality*, Volume 1, Recommendations, *WHO Publ.*, Geneva, Switzerland, 130.
- Yang X., Baligar V.C., Martens D.C., CLARKS, R.B. (1996), “*Plant tolerance to Ni toxicity. I. Influx, transport and accumulation of Ni in four species,*” *J. Plant Nutr.*, 19, 73–85.
- Zayed A.M., Terry N. (2003), “*Chromium in the environment: Factors affecting biological remediation,*” *Plant and Soil*, 249: 139–156.