TÜBİTAK

Karacaören II Baraj Gölü Sediment, Balık ve Su Örneklerinde Metal Kirliliği ile Radyoaktivite Seviyelerinin Belirlenmesi

Program Kodu: 3001

Proje No: 115Y768

Proje Yürütücüsü:
Prof. Dr. Gökhan APAYDIN

Araştırmacı(lar):
Prof. Dr. Volkan Numan BULUT
Doç. Dr. Erhan CENGİZ
Müh. Eyüp ÇAKMAK

Danışman(lar):
Prof. Dr. Engin TIRAŞOĞLU
Prof. Dr. Hasan BALTAŞ
Prof. Dr. Yener EYÜPOĞLU

Bursiyer(ler):
Arş. Gör. Oğuz Kağan KÖKSAL
Kazım KARABULUT

2018
TRABZON

ÖNSÖZ

Karacaören II Baraj gölü her ne kadar bölgenin sulama kaynağı ve enerji ihtiyacını karşılamak üzere planmış olsa da son yıllarda Antalya ili için önemli su kaynaklarından olabileceği düşünülmüştür. Bu düşünce ışığında bölgede yapılan birçok toplantı ve faaliyetlerde suyun kullanıma geçilmeden önce kapsamlı bir fiziki ve kimyasal araştırılmalarının yapılması dile getirilmiş hatta birçok yayın organında haber olarak sunulmuştur. Buradan yola çıkarak göl için bir çalışma planlanmış ve proje aşamasına geçilmiştir. Bu araştırma projesinin amacı gölden alınan su, sediment ve balık örneklerinde muhtemel ağır metal varlığının tespiti ve doğal radyoaktivite seviyelerinin belirlenmesidir. Elde edilen verilerin istatistiksel olarak incelenmesi ve sonuçların ulusal ve uluslararası çalışmalarla kıyaslanarak çevre ve insan sağlığı açısından değerlendirilmiştir. Elde edilen verilerin bölge de daha sonra yapılacak benzer çalışmalara ışık tutması ve ileri yıllarda gelişen analiz yöntemleri ile tekrarlanabilmesi açısından veri tabanı oluşturabileceği düşünülmüştür.

Su örneklerinde toplam alfa ve beta ölçümlerinin gerçekleştirilmesindeki katkılarından dolayı DSİ Genel Müdürlüğü TAKK Dairesi Başkanlığı İzotop Laboratuvarı yetkililerine teşekkür ederiz.

Bu araştırma, 115Y768 proje koduyla TÜBİTAK, Çevre Atmosfer Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Grubu (ÇAYDAG) tarafından desteklenmiştir. Verdikleri destekten dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

Prof. Dr. Gökhan APAYDIN
Proje Yürütücüsü

TÜBİTAK

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ I
İÇİNDEKİLER II
ŞEKİLLER DİZİNİ IV
TABLOLAR DİZİNİ 1
ÖZET 3
ABSTRACT 4
1. GİRİŞ 5
2. LİTARETÜR ÖZETİ 6
3. GEREÇ VE YÖNTEM 12
3.1. Örnekleme Noktaları 12
3.2. Örnekleme Çalışmaları 15
3.2.1. Göl Suyu Örnekleri 15
3.2.2. Sediment Örnekleri 16
3.2.3. Balık Örnekleri 17
3.3. Örneklerin Hazırlanması 17
3.3.1. Su Örneklerinin Radyoaktif Ölçümler için Hazırlanması 17
3.3.2. Su Örneklerinin Element Analiz Ölçümleri için Hazırlanması 19
3.3.3. Sediment Örneklerinin Element Analiz ve Radyoaktivite Ölçümleri için Hazırlanması 21
3.3.4. Balık Örneklerinin Element Analiz ve Radyoaktivite Ölçümleri için Hazırlanması ... 23
3.4. Deney Sistemleri 25
3.4.1. Toplam Alfa-Beta Ölçüm Sistemi 25
3.4.2. AAS Ölçüm sistemi 26
3.4.3. ED-XRF Ölçüm sistemi 27
3.4.4. Radyoaktivite Ölçüm sistemi 29
3.5. Sediment Örneklerinin Jeo Birikim İndeksinin ($Igeo$) Hesabı 32
3.6. Zenginleştirme Faktörünün (*EF*) Belirlenmesi 32
3.7. İstatistiksel Hesaplama 33
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 34

4.1. Su Örneklerinde Toplam Alfa-Beta Değerleri 34
4.2. Su Örneklerinde Metal Değerleri 38
4.3. Sediment Örneklerinde Metal Değerleri 48
4.4. Sediment Örneklerinde Radyoaktivite Değerleri 58
4.5. Balık Örneklerinde Metal Değerleri 61
4.6. Balık Örneklerinde Radyoaktivite Değerleri 70
4.7. Sediment Jeo Birikim İndeksi ($Igeo$) Değerleri 71
4.8. Sediment Zenginleştirme Faktörü (*EF*) Değerleri 75
4.9. İstatistiksel Değerlendirme 78
4.9.1 Su Örneklerinin İstatistiksel Değerlendirmesi 78
4.9.2 Sedimet Örneklerinin İstatistiksel Değerlendirmesi 80
4.9.2 Balık Örneklerinin İstatistiksel Değerlendirmesi 83
5. SONUÇLAR 86
Kaynaklar 88

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1 a, b, c. Karacaören II Baraj Gölü 14
Şekil 2. Örnekleme Noktaları ve Koordinatlar (Googleearth) 14
Şekil 3. Su örneklerinin alımı 15
Şekil 4 a,b. Sediment örnekleme cihazı ile numune alımı 17
Şekil 5. Su Örneklerinin Taşınması 18
Şekil 6. Su Numunelerini Hazırlanması 18
Şekil 7 a,b,c. Su örneklerinin AAS ölçümlerine hazırlama aşamaları 21
Şekil 8. Sediment Örneklerinin Etüvde Kurutulması 21
Şekil 9. Örneklerin öğütülmesi ve elenmesi 22
Şekil 10. Örneklerin ölçüm öncesi hazır hale getirilmesi 22
Şekil 11. Balık örneklerinin organlarının ayrılma süreci 24
Şekil 12. Balık örneklerinin ayrılan kısımlarının kurutulması ve öğütülmesi 25
Şekil 13. Berthold LB770 marka düşük doğal fon sayımlı 10 kanallı detektör sistemi 26
Şekil 14. Kalıntı miktarlarına bağlı olarak a) Alfa verim eğrisi, b) Beta verim eğrisi 26
Şekil 15. Perkin-Elmer marka AAS elemental analiz cihazı 27
Şekil 16. PANalytical marka EDXRF sistemi 28
Şekil 17. Canberra marka HPGe gama ölçüm sistemi 29
Şekil 18. Enerji-kanal grafiği 30
Şekil 19. Enerji-verim grafiği 31
Şekil 20. Toplam alfa miktarının mevsimsel değişimi 36
Şekil 21. Toplam beta miktarının mevsimsel değişimi 36
Şekil 22. Sularda radyoaktivite belirlenmesinde izlenen yol 37
Şekil 23. Su örneklerinde Cu konsantrasyonun mevsimsel değişimi 41
Şekil 24. Su örneklerinde Zn konsantrasyonun mevsimsel değişimi 41
Şekil 25. Su örneklerinde Co konsantrasyonun mevsimsel değişimi 42
Şekil 26. Su örneklerinde Ni konsantrasyonun mevsimsel değişimi 42
Şekil 27. Su örneklerinde Mn konsantrasyonun mevsimsel değişimi 43
Şekil 28. Su örneklerinde Pb konsantrasyonun mevsimsel değişimi 43
Şekil 29. Su matrisleri için sayaç haritaları (Counter map) 44
Şekil 30 Cu konsantrasyonun mevsimsel değişimi 50
Şekil 31. Zn konsantrasyonun mevsimsel değişimi 51
Şekil 32. Pb konsantrasyonun mevsimsel değişimi 51
Şekil 33. As konsantrasyonun mevsimsel değişimi 52

Şekil 34. Ni konsantrasyonun mevsimsel değişimi 52
Şekil 35. Cr konsantrasyonun mevsimsel değişimi..... 53
Şekil 36. Hg konsantrasyonun mevsimsel değişimi..... 53
Şekil 37 Sediment matrisleri için sayaç haritaları (Counter map)..... 55
Şekil 38. Sediment örneklerinde ^{226}Ra konsantrasyonun mevsimsel değişimi..... 59
Şekil 39. Sediment örneklerinde ^{232}Th konsantrasyonun mevsimsel değişimi 60
Şekil 40. Sediment örneklerinde 40K konsantrasyonun mevsimsel değişimi..... 60
Şekil 41. Balık örneklerindeki bazı elementlerin mevsimsel ortalamasının değişimi a) böbrek, b) Karaciğer, c) Kas, d) Solungaç..... 67
Şekil 42. Balık Örneklerinde ortalama aktivitelerinin mevsimsel değişimi 71

TÜBİTAK

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Karacaören II Baraj Gölü'nde mevsimsel olarak ölçülen sıcaklık ve Ph değerler16

Tablo 2. Balık Numunelerinin örnekleme miktarları 23

Tablo 3. Zamana bağlı dedeksiyon limitleri 28

Tablo 4. Sertifikalı referans malzeme sediment (NRCMESS-3) örneğinin konsantrasyon sonuçları 29

Tablo 5. Sertifikalı referans örneği radyoaktiflik konsantrasyon sonuçları (mBq/gr) 31

Tablo 6. I_{geo} sınıflandırma (Loska vd., 1997) 32

Tablo 7. Zenginleştirme Faktörü (EF) (Chen vd., 2007) 33

Tablo 8. Su örneklerinde Mayıs ve Ağustos dönemi toplam alfa (α) ve beta (β) aktivite .. 34

Tablo 9. Su örneklerinde Kasım ve Şubat dönemi toplam alfa (α) ve beta (β) aktivite 35

Tablo 10. Su örneklerinin Mayıs 2016 dönemi element konsantrasyonları 39

Tablo 11. Su örneklerinin Ağustos 2016 dönemi element konsantrasyonları..... 39

Tablo 12. Su örneklerinin Kasım 2016 dönemi element konsantrasyonları 40

Tablo 13. Su örneklerinin Şubat 2017 dönemi element konsantrasyonları 40

Tablo 14. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (SKKY, R.G. 25687) .. 47

Tablo 15. SKKY ye göre su kalite sınıflarının içeriği..... 47

Tablo 16. Mayıs 2016 dönemi sediment örneklerinin metal konsantrasyonları (ppm)..... 48

Tablo 17. Ağustos 2016 dönemi sediment örneklerinin metal konsantrasyonları (ppm) .. 48

Tablo 18. Kasım 2016 dönemi sediment örneklerinin metal konsantrasyonları (ppm) 49

Tablo 19. Şubat 2017 dönemi sediment örneklerinin metal konsantrasyonları (ppm)..... 49

Tablo 20 Tatlısu sediment kalitesi değerlendirme kriterleri* 50

Tablo 21. Ülkemizdeki farklı baraj gölü sedimentlerinde element konsantrasyonları 57

Tablo 22 Sediment örneklerinde Mayıs 2016 ve Ağustos 2016 dönemlerine ait radyoaktivite 58

Tablo 23. Sediment örneklerinde Kasım 2016 ve Şubat 2017 dönemlerine ait radyoaktivite 59

Tablo 24. Balık örneklerinin solungaçlarında element analizi (µg/g)..... 62

Tablo 25. Balık örneklerinin kaslarında element analizi (µg/g) 63

Tablo 26. Balık örneklerinin karaciğerlerinde element analizi (µg/g)..... 64

Tablo 27. Balık örneklerinin böbreklerinde element analizi (µg/g) 65

Tablo 28. Balık numunelerinde radyoaktivite değerleri..... 70

Tablo 29. Mayıs 2016 dönemi sediment jeoakümülasyon indeksi değerleri 72

Tablo 30 Ağustos 2016 dönemi sediment jeoakümülasyon indeksi değerleri 72

Tablo 31 Kasım 2016 dönemi sediment jeoakümülasyon indeksi değerleri..... 73

Tablo 32 Şubat 2017 dönemi sediment jeoakümülasyon indeksi değerleri..... 73
Tablo 33 Mayıs 2016 dönemi sediment örneklemleri için zenginleştirme faktörü değerleri75
T**ablo 34** Kasım 2016 dönemi sediment örneklemleri için zenginleştirme faktörü değerleri75
Tablo 35 Şubat 2017 dönemi sediment örneklemleri için zenginleştirme faktörü değerleri76
Tablo 36 Ağustos 2017 dönemi sediment örneklemleri için zenginleştirme faktörü değerleri 76
Tablo 37 Su örnekleri konum ve elementler arası Mayıs dönemi korelasyon katsayıları . 78
Tablo 38 Su örnekleri konum ve elementler arası Ağustos dönemi korelasyon katsayıları78
Tablo 39 Su örnekleri konum ve elementler arası Kasım dönemi korelasyon katsayıları. 79
Tablo 40 Su örnekleri konum ve elementler arası Şubat dönemi korelasyon katsayıları . 79
Tablo 41 Sediment örnekleri konum ve elementler arası Mayıs dönemi korelasyon katsayıları 80
Tablo 42 Sediment örnekleri konum ve elementler arası Ağustos dönemi korelasyon katsayıları..... 81
Tablo 43 Sediment örnekleri konum ve elementler arası Kasım dönemi korelasyon katsayıları 82
Tablo 44 Sediment örnekleri konum ve elementler arası Şubat dönemi korelasyon katsayıları 82

ÖZET

Bu çalışmada Karacaören II Baraj gölünün 12 farklı notasından alınan su ve sediment örnekleri ile farklı kafeslerden alınan Gökkuşağı alabalık (*Oncorhynchus mykiss)* türünün organlarında metal ve radyoaktivite analizleri yapılmıştır. Su örneklerinin metal analizleri Perkin-Elmer AAnalyst 400 model Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (FAAS) ile toplam alfa ve beta radyoaktivite analizleri Berthold LB770 marka spetrometre yardımıyla gerçekleştirildi. Analiz sonrasında toplam alfa beta aktivitelerinin uluslar arası sağlık örgütünün (WHO) belirlediği sınırlar altında kaldığı görülmüştür. Metal analizleri sonucu tespit edilen Cu, Zn, Co, Ni ve Mn' nın Çevre ve Orman Bakanlığı'nın belirlediği müsaade edilen değelerinin altında olduğu gözlenmiştir. Su kalite kriterleri yönetmeliğinde (SKKY) yer alan parametrelere göre su kalitesi I sınıfta (Pb dikkate alınmadığında) yani yüksek kaliteli su sınıfında yer almaktadır. Sediment ve balık örneklerinin metal konsantrasyonları EDXRF spektrometresi (PANalytical-Epsilon5) ile radyoaktivite konsantrasyonları ise gama spektrometresi ile (Canberra HPGe dedektörü) gerçekleştirilmiştir. Sedimentlerde belirlenen metal konsatrasyonları yardımıyla jeo birikim indeks ve zenginleştirme faktörü ifadeleri hesaplanmıştır. Radyasyon analizi sonucunda ise doğal ^{226}Ra, ^{232}Th ve ^{40}K radyonüklidler belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ulusal ve uluslar arası diğer çalışmalarla karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelime: Karacaören II Baraj gölü, su, sedimen, balık, ağır metal, radyoaktivite

ABSTRACT

The metal and radioactivity analysis were carried out in the water and sediment samples taken from 12 different notions of Karacaören II Dam lake and in the organs of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss)* taken from different cages. The metal analysis and the analysis of total alpha and beta radioactivity in water samples were performed with the Perkin-Elmer AAnalyst 400 model Flammable Atomic Absorption Spectrometer (FAAS) and a Berthold LB770 brand spectrometer, respectively. After analysis, total alpha and beta activities were found to be below the limits set by the International Health Organization (WHO). Metal analysis were observed to be below the permissible values of Cu, Zn, Co, Ni and Mn determined by the Ministry of Environment and Forestry. According to the parameters in the Regulation of Water Quality Criteria (WQC), the water quality is in the class I (Pb not taken consideration), ie in the high quality water class. While metal concentrations of sediment and fish samples were measured by EDXRF spectrometry (PANalytical-Epsilon5), the radioactivity concentrations were measured by gamma spectrometry (Canberra HPGe detector). Geoaccumulation index and enrichment factor were calculated using the metal concentrations in sediments. As a result of radiation analysis, natural ^{226}Ra, ^{232}Th and ^{40}K radionuclides were determined. The obtained results were compared with other national and international studies.

Keywords: Karacaören II Dam lake, water, sediment, fish, heavy metal, radioactivity

1. GİRİŞ

Çevre kirlenmesi denince genellikle hava, su ve toprağın kirlenmesi düşünülür. Bunlardan en kolay ve çabuk kirlenen kuşkusuz sudur. Çünkü her kirlenen şey genelde su ile yıkanarak temizlenir, bu da kirliliğin son mekânının su olması anlamına gelir. Havanın ve toprağın kirlilik bakımından zamanla kendini yenilemeleri bir bakıma kirliliklerini suya vermelerine neden olur (URL-1,2). Ağır metaller yok edilemediği için, doğal çevrenin ağır metaller ile kirlenmesi evrensel bir problemdir. Metal konsantrasyonu belirli bir değeri aştığı zaman yaşayan organizmalar üzerine toksik etkilere sebep olur. Ağır metaller öz arıtım sonucu sudan kaldırılamadıkları için yüksek ekolojik öneme sahiptirler. Bu ağır metaller su haznelerinde toplanır ve yiyecek zincirine girerler. Su haznelerinde metal seviyelerinin yükselmesi çoğunlukla dip sedimentlerinde onların konsantrasyonlarının artması ile gözlemlenir (Ghrefat ve Yusuf, 2006). Sedimentte biriken ağır metallerin konsantrasyonu dipte bulunan sediment parçacıklarının oranına, parçacıkların boyutuna ve sedimentte organik maddelerin bulunup bulunmamasına göre değişiklik gösterir. Sediment, ağır metaller için önemli bir birikim yeridir. Bu nedenle sucul ortamların metal kirliliğinin belirlenmesinde kullanılır (Salomans vd., 1987).

Su için kirletici özellik taşıyan ve dolayısıyla insan sağlığını etkileyen faktörlerden biri de radyasyondur. İnsan sağlığını etkileyen ve çevre kirliliği oluşturan radyasyon su kaynaklarına dört farklı yolla karışmaktadır. Bunlar; toprak ve atmosferde bulunan doğal radyoaktif elementler, nükleer silah denemeleri, radyoaktif atıkların çevresel ortamlara rastgele atılması ve reaktör kazalarıdır. Dünyanın oluşumuyla birlikte tabiatta yerini alan çok uzun ömürlü radyoaktif elementler yaşadığımız çevrede normal ve kaçınılmaz olarak kabul edilen doğal bir radyasyon düzeyi oluşturmuşlardır. Bu nedenle, insanoğlu var oluşundan bu yana sürekli radyasyonla iç içe yasamak zorunda kalmıştır. Geçtiğimiz yüzyılda bu doğal düzey, nükleer denemeler ve bazı teknolojik ürünlerin kullanımı ile bir hayli artış göstermiştir (Kaya, vd., 2016). Yer kabuğu içindeki radyoaktif elementlerin difüzyonu sonucu, kütleler radyoaktif özellik kazanır. Sularda en çok rastlanan radyoaktif elementler ^{40}K, ^{87}Rb, ^{235}Th, ^{235}U ve ^{238}U'dir. Doğal radyoaktivite olan alfa radyoaktivitesi, suların uranyum ve toryum elementini içeren ortamlarla teması sonucu yüksek seviyelere ulaşmaktadır. Uranyum, toryum, radyum ve radonun zengin olarak bulunduğu kayaç grupları ise metamorfik kayaçlar, granit türü kayaçlar, organik madde içeren tortullar, kumtaşları ve karbonatlı tortul kayaçlardır. Ayrıca, bu tür kayaçlardaki fay zonlarının ayrışmanın yoğun olarak gözlendiği ve suların depolanmasına elverişli yerler olmasından dolayı bu bölgelerde depolanan suların bünyesine radyoaktif elementlerin geçmesi kolaylaşmaktadır (Varol, 2011).

Ağır metallerin ve radyonüklidlerin organizmalardaki biyobirikimi ya doğrudan sudan veya besin yolu ile olabilmektedir. Araştırmalarda organizmaların kullanılması ile doğrudan insan sağlığına yönelik olarak değerlendirmeler yapılabilmektedir.

2. LİTARETÜR ÖZETİ

Kirliliğin ve ağır metal birikiminin tespiti ile ilgili; deniz ve göllerde, sediment, su ve canlı analizleri ile ilgili literatürde farklı spektroskopik yöntemlerle çalışmalar mevcuttur. Yapılan çalışmaların kısa özetleri aşağıda verilmiştir.

Somogyi vd. (1998) Macaristan'daki torf bataklıklarından toplanan sediment numunelerindeki elementleri araştırmak için radyoizotop uyarmalı ED-XRF ve ICP-AES kullanıldı. Göl ve bataklık sedimentleri allogenic (aynı türün genetik bakımından farklı bireyleri) ile authigenic (yerinde oluşan mineral) lerin karışımıdır. Authigenic kısım ıslak yakma yolu ile ortadan kaldırıldıktan sonra çözünmeyen asit tortusundaki element konsantrasyonları XRF ile authigenic kısım da ICP-AES ile belirlenmiştir. Kimyasal bileşim temelli sediment silsilesi, sediment birikimi esnasında farklı çevre rejimlerini yansıtan üç alana ayrıldı. Elementlerin allogenic authigenic türleri önceki postglacial (buz devrini takip eden) zamanlarda Kuzeydoğu Macaristan'da değişen toprak ve bitki örtüsü çevresel süreçlerindeki ile ilgili bilgileri sağlar. Birinci alanda allogenic kısımda Fe, Mn, Zn ve Pb bulunmuştur. Fe, Mn ve Zn authigenic kısmında minimum olarak belirlenmiştir. İkinci alanda allogenic kısımda Cu, Sr, Rb, Y, Zr, Nb ve Mo bulunurken authigenic kısımda Sr ve Rb maksimumdur. Üçüncü alanda authigenic kısımda Fe, Mn ve Zn baskınken allogenic kısımdaki çoğu element minimum olarak belirlenmiştir.

Suez körfezi boyunca 18 tane istasyondan alınan yüzey sedimentlerine dayanarak körfezdeki metallerin birikiminden dolayı deniz kirliliği artmıştır. Numuneler kurutulmuş ve asit ile dağlandırılmıştır. Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, ve Zn metal bileşenleri döteyum backgraund düzeltmesini içeren atomik soğurma spektroskopisi ile belirlendi. Körfezin ağır metal kirliliğinin değerlendirmesi zenginleştirme faktörleri ve jeobirikim indeksine dayanarak yapıldı. Üstelik, sedimentlerdeki ağır metal konsantrasyonu Effect Range-Low (ERL) ve Effect Range-Median (ERM) kullanılarak hesaplandı. Elde edilen sonuçlar Sperman düzeltmesi ve faktörünü işin içine katarak yorumlandı. Kirliliğin ana sebebi yetersiz malzeme kullanımından ve yasal olmayan boşaltımdan kaynaklanan endüstriyel çöpler ve yağ atıklarından kaynaklandığı bildirilmiştir (Khaled vd., 2006).

Çevik vd. (2009) tarafından, ağır metallerin yüksek konsantrasyonları su çevresine zehirli etkisi olduğu düşünülerek Seyhan barajının haznesinin tortularında analiz yapılmıştır. Seyhan barajından 2004'ten 2005'e kadar üçer aylık arayla beş farklı yerden toplanan yüzey

tortu numuneleri metal içerikleri (Cr, Zn, Cu, Mn, Cd, Fe, Ca, K ve Na), organik malzemeler ve tane büyüklüğü için çalışılmıştır. Korelasyon analizleri Seyhan barajı tortularının metal içeriği organik malzeme ve tane büyüklüğünden etkilendiğini göstermiştir. Sonuçlar literatürde verilen değerlerle kıyaslanmıştır. Barajın metal kirlilik durumunun değerlendirmesi şiddetlendirme faktörü ve jeoakümülasyon indeksi kullanılarak yapıldı. Tortu kalitesi ana değerleri ile kıyaslandı da yapıldı. Şiddetlendirme faktörü temelinde Cd şiddetli bir etkiye sahipken Cr ve Mn en düşüktür. Jeoakümülasyon indeksinin sonuçları 1,2,4 ve 5'de Seyhan barajı tortularının şiddetli kirlendiği ve 3'de ortalama Cd kirlenmesinin olduğunu göstermiştir. Üstelik tortulardaki Cd ve Cr konsantrasyonları TECs'in üzerinde Cd için de ERL'nin üstündedir.

Baltık denizindeki Gdansk havzası ve Szczecin gölcüğünün dip tortularında yapılan analizde Al, V, Mn, Fe, Co, Cu, Ni, Zn, Sr, Mo, Cd, Sb, Pb, Th, U, Re, Na, K, Mg, Ca, Si, P, S, Ti, Cr ve Ba element konsantrasyonları ICP-MS, ICP-AES ve XRF metotları kullanılarak belirlendi. Tortu örneklerin konsantrasyonları Ekim 1997'de toplananlardakinden Oder nehrindeki olağanüstü sel sonrası Aralık 2000'de toplananlarınkinden P, Mn, Cr, Cu ve muhtemelen Cd, Pb ve Zn konsantrasyonlarının biraz daha yüksek olduğu görülmüştür. Veriler Odert nehrindeki redoks hassasiyetli ve antropolojik elementlerin daha çok taşındığına ve ağırlıklı olarak Szczecin gölcüğünde batı kesiminde daha sonraki yeniden çökelmelere selin sebep olduğunu önermiştir. Szczecin Gölcüğünün tortuları da Baltık denizi Polonya Seçkin Ekonomi bölgesinde ağır metallerle çok kirletildiği görülmektedir. Cd, Pb, Zn ve Cu Gdnask havzasından elde edilen tortu çekirdeklerini en üst tabakasında antropolojik olarak zenginleştirilmiştir fakat çekirdekteki derinlikle bu elementlerin azalması sistematik değildir. Bu her iki bölgeden toplanan tortulardaki nadir toprak elementi örnekleri Güney Baltık'daki kaynaktan taşınma esnasında büyük ölçüde değiştirilmiş olduğu görülmemektedir. Kompozisyon verilerinin faktör analizi Szczecin gölcüğünden elde edilen tortuların kendi kompozisyonuna bağlı olarak üç ana gruba ayrılabilir olduğunu göstermektedir. Kil mineralleri ve organik madde yapı grupları ve flokların iz metallerin etkili bir şekilde konsantre olduklarının ve kabarık tabakayı oluşturmak için aşağı doğru battığının sonucuna varılmıştır (Glasby vd., 2004).

Kalyoncu vd. (2012), Işıklı ve Karacaören barajlarında yetişen beş farklı balık türünde metal ve ağır metal analizleri yapılmıştır. Analizler sonucunda Zn, Pb, Bi,Cd, Ni, Co, Fe, Mn, Mg, Cu, Cr, Ca, Sr, Na, Li, K elementleri farklı türler için farklı konsantrasyonlarda tespit edilmişidir. Ölçümler için Atomik absorpsiyon spektrometresinden yararlanılmıştır. metal konsantrasyon miktarı olarak, en yüksek Na (466.95 µg/g) C. Carassius türünde, en az Fe (0.37 µg/g) ve Cu (0.37 µg/g) C. Carpio türünde bulunmuştur. Tek bir dönem numune temin edildiğinden mevsimsel bir araştırma yapılmamıştır.

Tumantozlu (2010), Kır ve Tumantozlu (2012), Nisan 2009-Mart 2010 tarihleri arasında yaptıkları mevsimsel çalışmada Karacaören II Baraj Gölü'ndeki kirliliği belirlemek için su, sediment ve gölde yaşayan sazanın (Cyprinus carpio) bazı dokularında Fe, Cu, Zn, Mn, Al, Sr, Cr, Pb, Cdve Hg seviyeleri tespit edilmiştir. Analizler ICP-OES cihazı yardımıyla gerçekleştirmiştir. Suda yapılan ağır metal analizlerine göre Cr, Cd ve Hg bütün mevsimlerde tayin sınırının altındadır. Fe, Zn, Al ve Sr her mevsimde belirlenirken, suda en fazla biriken metalin Sr olduğu görülmüştür. Sedimentte Fe, Zn, Mn, Al, Sr ve Cr tüm mevsimlerde belirlenirken, en fazla biriken metalin Fe olduğu tespit edilmiştir. Pb ilkbaharda Cu, Cd ve Hg tüm mevsimlerde tayin sınırının altında çıkmıştır. Sazanın farklı dokularında yapılan ağır metal analizleri sonucunda en fazla biriken metalin Fe olduğu belirlenmiştir. Fe ve Zn her mevsimde bütün dokularda, Cu sadece ilkbahar mevsiminde karaciğer dokusunda tespit edilmiştir. Cr, Cd ve Hg tüm mevsimlerde hiçbir dokuda saptanmamıştır. Metallerin, karaciğer ve solungaçta kas dokusuna göre daha fazla biriktiği görülmüştür.

Türkmen vd. (2011) Ağustos 2001 ile Temmuz 2002 tarihleri arasında, İskenderun körfezinden topladıkları deniz ve sediment örneklerindeki ağır metal birikimlerini araştırmışlardı. Elde suyu edilen sonuçlara göre, İskenderun Körfez'inde oluşan ağır metal kirliliği tehdidinin önlenebilmesi için, bu ekosistemde yaşayan organizma çeşitliliğini de göz önüne alarak, bir an önce koruyucu tedbirlerin alınması gerektiğini bildirmişlerdir.

Balkıs vd. (2007), Karadeniz de Sakarya, Yeşilırmak ve Kızılırmak nehirleri için sediment örneklerindeki ağır metal seviyelerini belirlemişlerdir. Co, Cr, Zn, Fe ve Mn'ın en yüksek konsantrasyonlarını Sakarya ve Yeşilırmak nehir ağzının dışında bulmuşlardır. Kızılırmak dışındaki bölgelerde bütün metallerin daha düşük konsantrasyonunu tespit etmişlerdir. Sakarya nehrinin doğu kıyısal bölgesinde bulunan kompleks çelik ve demir endüstrisi ve Yeşilırmak nehrine yakın yerde konumlanmış bakır eritme fabrikası, gübre fabrikasının kirlilik kaynağı olduğuna dikkat çekmişlerdir.

Baranowski vd. (2001) yaptığı çalışmada dip tortularının tür analizinin sonuçlarını irdeler. Çalışmalarında beş adımlı çıkarma işlemi uygulanmıştır. Çıkarılanların ve tortuların direkt analizi dalga boyu dağılımlı X-ışını flüoresans spektrometresi ile gerçekleştirildi. CRM 'nin referans verileri ile karşılaştırıldı.

Akın ve Ünlü (2007) yaptığı çalışmada Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn gibi ağır metallerin konsantrasyonları suda, tortuda, kasta, balığın karaciğeri ve solungacında, yengecin kas ve karaciğerinde, tatlı su salyangozunun iç organlarında midye ve yeşil alginlerde sezonluk olarak belirlendi. Genelde Cd, Cu, Mn, Ni, Zn, ve Fe değerlerinin ortalaması ilkbaharda ve yazda seçilen bölgelerde daha yüksek bulundu. Tigris nehrindeki ağır metallerin konsantrasyonları aynı yerlerde önceden yapılan çalışmaların değerleriyle kıyaslandı. Sonuçlar Cu seviyelerinin son yıllarda dereceli olarak düştüğünü gösterdi. Tigris nehrinde

yaşayan canlılar arasında, dip bölgesinde yaşayan canlılar, biomonitor özellik gösteren canlılar, yengeç, salyangoz, yeşil alg, midye ve balık sırasıyla oluşturulmuş olduğu görülür. Balığın kasından elde edilen değerlerle midye ve salyangozun iç organlarının kütlesinden elde edilen Cu, Fe, Mn ve Zn değerleri kabul edilebilir değerin altında olduğunu saptadı.

Enstrümental nötron aktivasyonu analizi (INAA), indüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometresi (ICP-MS) ve eşleşmiş plazma atomik emisyon spektroskopisi (ICP-AES) teknikleri yardımıyla Bouregreg (Fas) nehrinin dip numunelerindeki iz ve önemli elementlerin belirlenmesine çalışılmıştır. Sonuçların güvenirliliği IAEA-Toprak 7 sertifikalı referans materyali kullanılarak kontrol edildi. Bu üç teknikten elde dilen sonuçlar sindirim verimliliğini kontrol etmek için kıyaslandı. INAA ile hem ICP-MS hem de ICPf alkali füzyondan sonar ICP-AES ile iyi bir uyum içinde olduğu görüldü. ICP-MS tekniği asit atağından sonra (ICPa) birkaç elementte memnun edici sonuçlar verdi. Temel bileşenler analizi (PCA) konsantrasyonların değişkenliğinin ve genel değişim eğilimleri ile ilgili en etkili yerleri tanımlamanın analizi için kullanılmaktadır. Elementler üç gruba ayrılabilir. Bu gruplar için Mn, Si veya Al konsantrasyonlarının baz alınmaları önerilmiştir (Bounouira vd., 2007).

Yiyecek, su veya kirli hava yoluyla kurşuna maruz kalmak özellikle çocuklarda ciddi olumsuz sağlık etkileri vardır. Birçok ülke kurşun kirliliğini ve gıdalardaki seviyesini sınırlandırmak için kurşunlu benzin kullanımını yasadışı yapmıştır. Ancak Kenya gibi Afrika ülkelerinde bu yasağın yerleşmesi çok yavaş olmuştur. Yapılan çalışmada Kisumu (Kenya) çevresindeki kurşun kirllik düzeylerini belirlemektir. Musluk suyu ve başka su örneklerindeki kurşun miktarları sırasıyla 140'dan 260'a ve 140'dan 690'a (µg/g) aralığında tespit edilmiştir. Tüm musluk örneklerinde WHO'nun belirlediği limit olan 10 µg/g dan daha fazla kurşuna sahiptir. Sebze ve balıkta kurşun miktarı sırasıyla 0,0'dan 2,9'a ve 1,0'dan 3,3'e kadardır. Bütün balık numunelerinde WHO'nun belirlediği maksimum limit olan 0,2 µg/g 'den daha fazladır. Toprak numunelerindeki kurşun miktarı 0,2'den 3,9 µg/g 'a kadardır. Sonuçlar bu bölgedeki bazı yiyeceklerin yenmesinde, suların içilmesinde kurşun zehirlenmesinin olma riskinin fazla olduğunu göstermiştir (Anselimo vd., 2008).

43 tane olan sediment örnekleri, 1978 de Karadenizin güney kısmının kıtasal eğime sahip 20 istasyonundan, yerin 70 ile 150 cm derinliklerinden toplandı. Örnekler fundamental parametre yöntemi (FTP) kullanılarak radyoizotop kaynakla uyarılıp enerji ayırımlı X- ışını floresans spektrometresinde (EDXRF) analiz edildi. İncelenen sediment örnekleri metal yönünden zengin olarak bilinen çekirdek numunelerinin organik zengin-çamur bileşenleri vardır. Metal konsantrasyonu aşağıdaki gibi değişmektedir: Ca (3.1–12.9%), Ti (1000–2000 µg/g), V (40–150 µg/g), Cr (30–200 µg/g), Mn (200–1500 µg/g), Ni (25–100 µg/g), Cu (20–70 µg/g), Zn (20–50 µg/g), Br (15–670 µg/g), Rb (5–90 µg/g), Sr (80–700 µg/g), Y (10–20 µg/g), Mo (10–111 µg/g), Zr (20–190 µg/g), Cd (<1–5 µg/g), Sb (<1–5 µg/g), I (10–430 µg/g), Ba

(100–1650 µg/g), La (5–18 µg/g), Ce (12–38 µg/g) ve Nd (6–17 µg/g). 1978 de Türkiye Maden Arama ve Geliştirme (MTA) tarafından sistemli bir şekilde toplanan çekirdek sedimentleri Türkiyenin kuzeyi Karadenizden alınan mevcut en eski sediment örnekleri olduğu bildirildi (Akyüz vd., 2001). 1998 de Karadenizin kuzey kesimlerinde belirlenen 10 istasyondan toplanan bazı yüzey sediment örnekleri radyoizotop enerji ayırımlı X ışını floresans (EDXRF) ve enstrumental nötron aktivasyon analiz (INAA) yöntemleri kullanılarak analiz edildi. Sediment numunelerinde ki U, Th, Sc ve bazı nadir toprak elementleri (REEs) ve önemli ağır metal konsantrasyonları aşağıdaki gibidir: U (1.5-5.7 mg/kg), Th (1.9-11mg7kg), Sc (1.7-13 mg7kg), La (7.8-8.3 mg7kg), Ce (12-68 mg/kg), Nd (9-20 mg/kg), Sm (1.5-5.3 mg/kg), Tb (0.18-0.82 mg/kg) Lu (0.06-0.44 mg/kg), Cd (0.10-0.26 mg/kg), Sb (0.036-2.30 mg/kg), Hg (0.02-0.08 mg/kg) ve Pb (0.02-0.08 mg/kg). İncelenen sonuçlar, sediment örneklerinde bazı element konsantrasyonları arasındaki korelasyonu varlığını göstermektedir. Üstelik sonuçlar diğer su altı sedimentleri ile karşılaştırılmıştır (Akyüz vd., 2003).

Gama Işını Spektroskopisi analizi Orta Anadolu'nun iyi tanınan sağlık tatil yeri olan Haymana-Ankara kaplıcasından toplanan sıcak kaynak suyu çamur numuneleri çalışılmıştır. Doğal ve yapay radyonüklitler (^{226}Ra, ^{235}U, ^{228}Th, ^{232}Th, ^{40}K ve ^{137}Cs) belirlendi. Sonuçlar farklı kaplıcalardaki değerlerle kıyaslandı. Gama izotopik analizi ^{226}Ra, ^{235}U, ^{228}Th, ^{232}Th, ^{40}K ve ^{137}Cs elementleri için termal çamur numunelerinin maksimum konsantrasyonlarını sırasıyla 162, 7.2, 156, 75, 127, 66 ve 1.6 olduğunu gösterdi (Akyüz vd., 2010).

Afrika'daki en geniş tatlı su olan Viktorya Gölü kıtadaki en geniş tatlı su balıkçılığına sahip benzersiz bir ekosistemi temsil eder. Ancak artan insan aktivitesi gölün potansiyel kirliliğini özellikle insanı ve sucul faunayı zehirleyecek ağır metal kirliliğini arttırmaktadır. Göldeki kirlilik seviyesinin izlenilmesine bu sebeple devam edilmelidir.2008'in kuru, uzun ve kısa yağışlı dönemlerinde su, toprak tortusu, yosun örnekleri Atomik Absorbsiyon Spektrometresi ile ağır metal analizi yapılmıştır. İz metallerinin en yüksek konsantrasyon değerleri, çinkoca daha yüksek konsantrasyonu olan Winam (1,019 ppm) ve Mwanza körfezi (0,889 ppm) 'deki tortu numunelerindeki değerleri daha yüksek bulunmuştur. Winam körfezinden alınan mikroalg örneklerindeki Hg 0,000148 ppm değerine sahipken Pb'nin konsantrasyonu Winam körfezinden alınan su numunelerinde daha yüksektir (0,823 ppm).Zn'nin (1,589 ppm) en yüksek konsantrasyon değeri Kirumba koyundan alınan tortu numunelerinde belirlenmiştir ve en düşük değeri Kishimba koyundan alınan tortulardaki değeridir (0,327 ppm). Mikroalgdeki iz metallerinin seviyesi Mwanza körfezinde farklı yerlerinkinden hatırı sayılır derece farklılıkta değildir. Mwanza körfezi gibi en yüksek değere sahip olan Winam körfezindeki tüm yerlerden alınan tortulardaki Zn seviyesi yüksektir. Hippo noktasından alınan su örneklerinde Pb seviyesi en yüksektir, hâlbuki ki Cd, Cr ve Hg konsantrasyon seviyeleri örneklenmiş tüm dört

yerdekinde en düşük değerdedir. Mikroalgin en fazla biyokütlesi aynı sezonda Kamito'nun ardından kısa yağmur sezonu boyunca (Kasım-Aralık) Kiset'da meydana gelmiştir (Ogoyi vd., 2011).

Kıyı hattı boyunca tortulardaki iz metallerin değişimi sulara endüstriyel kirleticilerinin saldırısını değerlendirmek için yöntemlerden biridir. Singhal vd. (2012) yaptığı çalışmada; Mumbai Herbour koyundan alınan elli tortu örneklerinde iz elementler çalışıldı. MHB, Thame-Belapur bölgesi etrafında tüm sahil boyunca yer alan farklı sektörlerden atık almaktadır. Ti, Mn, Fe, Ni, Cu ve Zn'nin ortalama konsantrasyonları ICP-Es ve EDXRF ile belirlenmiştir. Ağır metal birikiminin kronolojisi ortalama sedimentasyon oranı dip tortusundaki ^{137}Cs konsantrasyonuyla doğrulandı. Analiz sonuçları MHB'de 1981, 1988, 1982 yıllarında sırasıyla Cu, Ni ve Zn'nin fazla olduğunu gösterdi. Cu, Ni, Zn ve Fe elementleri yüzey konsantrasyonu referans alınıp kıyaslandığında son yıllarda ortalama kirlilik değerinde olduğu görülür ancak K, Ca, Ti ve Mn elementleri için değerler sonraki elementler için MHB'nin kirletilmediğini gösteren bir sonuca varıldı.

Beyşehir ve Mogan gölleri çevresel koruma statüsünde bulunan iki tane sığ göldür. Yapılan çalışmada, Beyşehir ve Mogan Göllerinin plakton ve su içindeki biriken ağır metaller (Cd, Pb, Hg ve Cr) mevsimsell olarak Nisan 2000den aralık 2004 e kadar araştırıldı. Plaktonda ki ağır metallerin tamamı ve konsantrasyonlar kaydedildi. Civa (Hg) en düşük ve Kurşun (Pb) en yüksek korelasyonla bulundu; her metalin konsantrasyonu sezonsal olarak değiştiği gözlendi. Ek olarak fotoplakton ve zoplakton popülasyonunun ve tür bolluğunun sezonsal değişiklikleri de belirlendi. Üstelik suyun bazı fiziksel ve kimyasal parametreleri ve ağır metallerle olan korelasyonları da tespit edildi (Atıcıl vd., 2010).

Doğu Adriyatik kıyısında toplanan 723 sediment örnekleri EDS X-Işını Floresans kullanılarak analiz edilmiştir. Faktör analizi ve GIS K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Ga, As, Br, Rb, Sr, Y ve Pb konsantrasyon seviyelerinden elde edilen verileri değerlendirerek ölçülen elementlerin dağılımındaki mekânsal ilişkileri bulmak için kullanıldı. Bu çalışma, background değerlerinin tespit etmek ve tortu kalite standartlarını değerlendirme imkanı verebilmektedir (Obhodas vd., 2012).

Benamar v.d. (1997) sedimentlerin doğal (^{238}U ve ^{232}Th serileri, ^{40}K) ve yapay (^{137}Cs) radyoaktivite seviyelerini ölçmüşlerdir . Cevik vd. (2006) Doğu Karadeniz Bölgesi musluk sularında *^{226}Ra, ^{214}Pb, ^{214}Bi, ^{40}K, ^{137}Cs ve ^{222}Rn'nın* radyoaktif çekirdeklerin konsantrasyonlarını tayin etmişlerdir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Örnekleme Noktaları

Projede su, sediment ve balık örnekleme bölgesi olarak seçilen Karacaören II Barajı, sulama ve enerji amacıyla 1988-1993 yılları arasında inşa edilmiş olmasına rağmen son zamanlarda Antalya iline içme suyu sağlama düşüncesi ile gölün kullanımına yeni boyut kazandırılmıştır (URL-3,4,5,6). Bugün hala suyun kullanılması ve kullanılmaması konusunda tartışmalar devam etmektedir. Gölün ilk incelemesi yapıldığında batı kısmını boydan boya geçen ve göle oldukça yakın mesafede Isparta-Antalya (D-685) karayolu kenarında olduğu, doğu kısmının ise tamamen patika köy yolları, yamaçlar ve dağlık kısımlardan oluştuğu görülmektedir. Gölün kuzeyinde yer alan yerleşim yerlerinde (Karacaören ve Çamlık köyleri) halkın genel geçim kaynağının seracılık ve hayvancılık olduğu hatta tarım arazilerinin gölün kıyısına kadar uzandığı görülmüştür. Güney kısmında küçük bir köyün olduğu (Kargı köyü) görülmüştür. Gölün kenarında 3 adet dinlenme tesisi yer almaktadır. Gölün üzerinde 5 farklı noktada yerleştirilmiş alabalık üretim çiftlikleri faal olarak çalışmaktadır. Yine genellikle hobi amaçlı kıyı balıkçılığı ve küçük kayıklarla avcılık yapılmaktadır. Ayrıca yaz aylarında turist kafilelerine yönelik göl üzerinde geziler düzenlenmektedir (**Şekil 1 a, b, c**). MTA internet sitesinden bölge jeolojik bakımdan incelendiğinde ise bölge civarlarında Cu, Pb, Zn varlığının tespiti ile özelikle Burdur/Bucak İlçesinde birçok mermer, granit ve kireçtaşı işletmelerinin bulunduğu bilinmektedir (URL-7). Çalışma verilerinin gölün tümünü değerlendirebilecek düzeyde olabilmesi için 12 örnekleme noktası belirlenmiştir. Noktalarında seçiminde aralıkların hemen hemen eşit olmasına dikkate edilmiş ve karayolu, tarım alanı, yerleşim alanı, yerleşim bölgesi dışı vb. özeliklere göre koordinatların olması sağlanmıştır (**Şekil 2**).



(a)

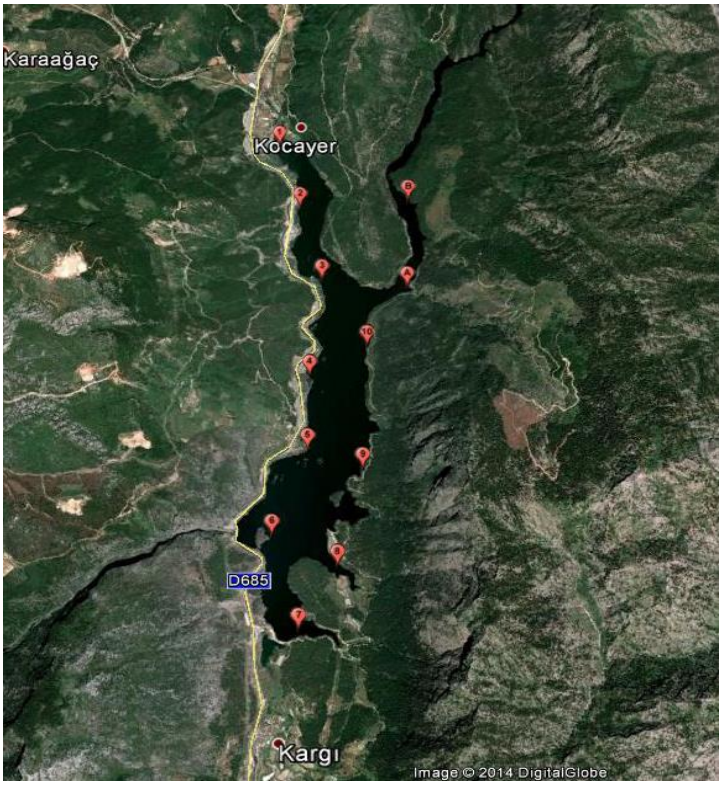


(b)



(c)

Şekil 1 a, b, c. Karacaören II Baraj Gölü



Nokta	Enlem	Boylam
1	37°20'17.18"K	30°48'38.43"D
2	37°19'57.47"K	30°48'46.08"D
3	37°19'35.50"K	30°48'53.95"D
4	37°19'7.07"K	30°48'51.59"D
5	37°18'46.29"K	30°48'51.91"D
6	37°18'22.71"K	30°48'42.59"D
7	37°17'57.85"K	30°48'51.89"D
8	37°18'14.49"K	30°49'2.37"D
9	37°18'40.79"K	30°49'8.82"D
10	37°18'33.76"K	30°49'31.32"D
11	37°18'33.76"K	30°49'31.32"D
12	37°19'59.69"K	30°49'20.32"D

Şekil 2. Örnekleme Noktaları ve Koordinatlar (Googleearth)

3.2. Örnekleme Çalışmaları

Örneklemeler dört mevsim olacak şekilde; Mayıs (2016), Ağustos (2016), Kasım (2016) ve Şubat (2017) aylarında **Şekil 2**'de belirlenen noktalardan su, sediment örnekleri ve balık örnekleri ise göl içersindeki balık çiftliklerinden temin edilmiştir (**Şekil 1b**).

3.2.1. Göl Suyu Örnekleri

Göl suyu örnekleri alımı, "Aquatic Research" marka su örnekleme cihazı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Gölden kayık yardımıyla belirlenen koordinatlardan farklı derinlikten 1.5 lt toplam alfa-beta ölçümler için, 1.5lt elementel analizler için su alınmıştır (**Şekil 3**). Alınan su örneklerinde derinlik, pH ve sıcaklık ("İsolab" marka el tipi pH metre yardımı ile) değerleri ölçülmüştür (**Tablo 1**).



Şekil 3. Su örneklerinin alımı

Tablo 1. Karacaören II Baraj Gölü'nde mevsimsel olarak ölçülen sıcaklık ve Ph değerler

No	Örnekleme Derinliği (min-max)	İlkbahar		Yaz		Sonbahar		Kış	
		Sıcaklık ^{0}C	Ph Değeri	Sıcaklık ^{0}C	Ph Değeri	Sıcaklık ^{0}C	Ph Değeri	Sıcaklık ^{0}C	Ph Değeri
1	0.5-11 (m)	16.0	7.51	24.1	7.43	20.2	8.01	10.1	8.21
2	0.5-16 (m)	17.2	7.41	25.3	7.55	19.3	8.11	10.2	8.32
3	0.5-21 (m)	16.8	7.63	22.6	7.39	21.0	8.13	10.8	8.28
4	0.5-18 (m)	14.0	7.93	23.0	7.93	19.4	8.21	11.3	8.28
5	0.5-26 (m)	15.3	8.01	22.1	8.01	20.4	8.01	10.3	8.35
6	0.5-22 (m)	16.0	8.21	23.0	8.04	19.8	7.93	10.3	8.30
7	0.5-13 (m)	17.1	7.31	23.1	8.02	18.9	8.19	10.2	8.38
8	0.5-9 (m)	16.0	7.88	21.5	7.96	21.2	8.32	10.5	8.17
9	0.5-13 (m)	17.4	8.02	22.3	7.63	20.1	8.27	11.9	8.16
10	0.5-19 (m)	16.1	8.01	24.3	8.11	18.6	8.03	10.8	8.32
11	0.5-8 (m)	16.0	7.63	24.9	8.02	19.0	8.21	10.2	8.08
12	0.5-10 (m)	17.0	7.91	23.7	7.88	19.0	8.20	10.3	8.34
İTASHY, EU TSE-226		**PH**	**6.5-9.5**						
WHO, EPA		**PH**	**6.5-8.5**						

3.2.2. Sediment Örnekleri

Göl tabanından örnek alımları "Van ween grap" yardımıyla alınmaya çalışılmıştır. Baraj gölünün içerisinde eski yerleşim yerlerinin (ev kalıntıları, ağaç vb.) olması nedeniyle örnekleme süreci oldukça uzun sürmüştür. Bazı noktalarda kenarlara yaklaşılarak örnek alınmıştır. Sediment örnekleri element ve radyoaktivite analizleri için yeterli olabilecek miktarda alınıp temiz poşetlere konularak laboratuvar ortamına getirilmiştir (**Şekil 4 a,b**).



(a)



(b)

Şekil 4 a,b. Sediment örnekleme cihazı ile numune alımı

3.2.3. Balık Örnekleri

Göl içerisinden balık örnekleri alımı için gölde balık avlayan balıkçılar ile hobi amaçlı balık tutan kişilerden yardım alınmaya çalışılmıştır. Özelikle ağla kafeslerden kaçan balıkları avlamaya çalışan balıkçılardan balık temin edilmeye çalışılmış ama yetersiz kaldığı görülmüştür. Bu nedenle balık çiftliklerinden temin edilmeye çalışılmıştır. Göl içerisinde yaklaşık 5 farklı noktaya yerleştirilmiş kafesler bulunmaktadır. Mümkün oldukça her kafesten örnek alabilecek şekilde dört mevsim 5 nokta olmak üzere 20 grup alabalık alınmıştır. Alınan numuneler soğuk zincir yardımıyla Trabzon'a getirilerek, hazırlanana kadar dondurucuda bekletilmiştir.

3.3. Örneklerin Hazırlanması

3.3.1. Su Örneklerinin Radyoaktif Ölçümler için Hazırlanması

Ölçümler için gerekli kalıntının sağlanmasına yetecek miktarda su örneği örnekleme cihazı yardımıyla alınarak 1.5 lt pet şişelere doldurulmuştur (**Şekil 5**). Suların pH değerleri yaklaşık 2 olabilecek şekilde 0.75ml ultrapure HNO_3 asit eklenerek kapakları bant yardımıyla sıkıca

kapatılmıştır. Birkaç gün içerisinde örnekler DSİ TAKK Dairesi Başkanlığı İzotop Laboratuvarı'na toplam alfa ve beta ölçümleri yapılmak üzere gönderilmiştir.



Şekil 5. Su Örneklerinin Taşınması

Laboratuvarda su numuneleri EPA 900.0 yönteminde açıklandığı gibi sayıma hazırlandı [EPA, 1997]. Sayma için yeterli kalıntının (~60 mg) elde edilebileceği miktarda su numunesi ısıtıcı üzerinde yaklaşık 10 mL kalıncaya kadar buharlaştırıldı. Kalan numune infrared lamba altında ~5 cm (2 inch) çapındaki çelik planşetlere aktarıldı (**Şekil 6**). Numuneler 105 °C lik sıcaklıktaki etüvde sabit tartım elde edilinceye kadar kurutulduktan sonra, sayım esnasına kadar desikatörde muhafaza edildi [Doğan, 2015].



Şekil 6. Su Numunelerini Hazırlanması

3.3.2. Su Örneklerinin Element Analiz Ölçümleri için Hazırlanması

Kimya Bölümü AAS Laboratuvarına getirilen su örneklerindeki eser element konsantrasyonları Amonyum Prolidin Ditiyokarbamat-Metil İzobutil Keton/Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrometrik (APDC-MIBK/FAAS) standart metodu ile belirlendi (Arnold, 1992). Bu amaçla hem su numunelerine hem de standartlara bu standart metot uygulandı. Kalibrasyon grafiğini oluşturmak amacıyla çalışılan elementlerin (Cd, Co, Cr (Toplam krom), Fe, Cu, Ni, Pb, Zn, Mn (Ekstraksiyondan sonra ölçüme kadar 0 °C de saklandı.)) farklı konsantrasyonlara ait standart çözeltilerinden ayrı ayrı 50 mL lik kısımlar pH'ları 4 e ayarlandıktan ve % 4 (a/h) lük APDC çözeltisinden 1 mL eklendikten sonra 200 mL lik ayırma hunisine aktarıldı. Fazın daha iyi ayrılması için susuz Na_2SO_4 eklendi. Su ile doyurulmuş MIBK'dan 10 mL eklendikten sonra 30 saniye şiddetli bir şekilde çalkalanarak su numunelerindeki elementler APDC kompleksleri halinde organik faza ekstrakte edildi. Organik fazın ayrılması beklendikten sonra, ayırma hunisine pH'ı 4 e ayarlanmış saf su eklenip organik faz ayırma hunisinin üst kısmına kadar yükseltilerek plastik tüplere alındı ve FAAS cihazında her bir element için ayrı ayrı ölçüldü. Her bir elementin farklı konsantrasyonları için absorbanslar kaydedildi ve kalibrasyon grafikleri oluşturuldu.

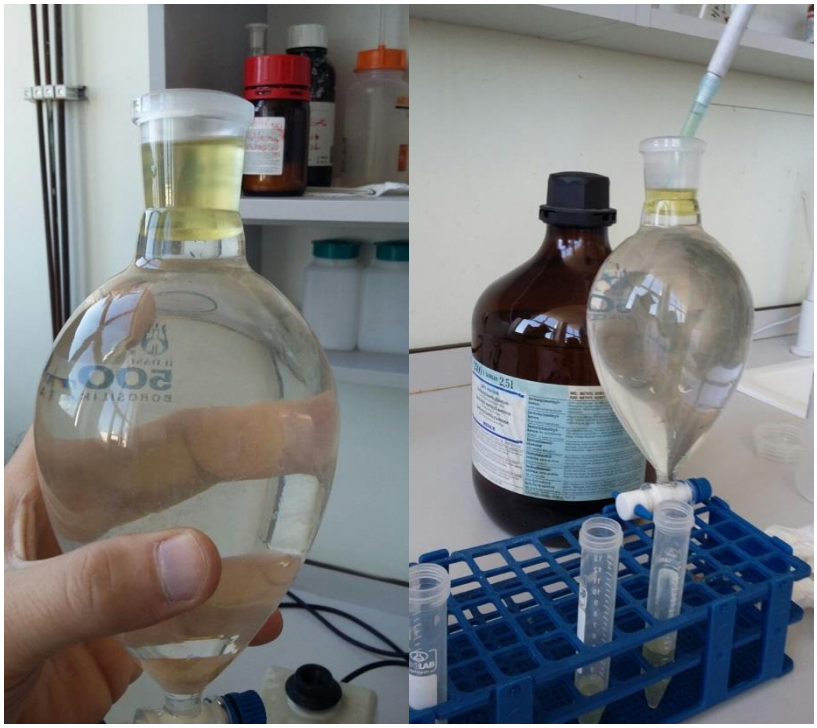
Su numunelerinin analizi için su örneklerinden 400 mL lik kısımlar alınarak pH'ları 4 e ayarlandıktan ve % 4 (a/h) lük APDC çözeltisinden 2 mL eklendikten sonra 500 mL lik ayırma hunisine aktarıldıktan sonra yukarıda bahsedilen metot uygulandı (**Şekil 7 a,b,c**). Su numunelerin analizinde kullanılan 10 mL lik MIBK fazı ekstraksiyondan sonra yukarıda bahsedilen 9 elementin tamamını ölçmede hacim olarak FAAS cihazı için yeterli olmadığından elementler gruplandırılarak çalışıldı. 1. Grupta Cd, Co, Cr (Toplam krom), Fe,; 2. Grupta Cu, Ni, Pb, Zn ve 3. Grupta Mn (Mangan elementi ekstraksiyondan sonra 0 °C de saklandığı için ayrı bir grupta analiz edildi.) elementleri çalışıldı. Her bir numune için 3 tekrar yapıldı ve sonuçlardaki belirsizlik yüzde bağıl standart sapma (%RSD) ile verildi. Çalışılan elementler için ortak bir optimum pH belirlemek amacıyla standart metotta belirtilen tablodan yararlanıldı ve optimum pH, 4 olarak seçildi.



(a)



(b)



(c)

Şekil 7 a,b,c. Su örneklerinin AAS ölçümlerine hazırlama aşamaları

3.3.3. Sediment Örneklerinin Element Analiz ve Radyoaktivite Ölçümleri için Hazırlanması

Laboratuvar ortamına getirilen sediment örnekleri (4 mevsim x 12 istasyon) plastik kaplara konduktan sonra kurutma işlemini gerçekleştirmek için 105 ^{0}C'de 96 saat boyunca etüvde bekletilmiştir (Kobya, 2015) (**Şekil 8**).



Şekil 8. Sediment Örneklerinin Etüvde Kurutulması

Kurutulan bu örnekler öğütme değirmeninde belirli bir boyuta indirgendikten sonra agatta öğütülerek, ölçümlerde hata sebebiyet verebilecek parçacık büyüklüğü etkisini azaltmak için de 37 μm'lik elekten geçirilmiştir. Bu sayede EDXRF ölçümlerinde hata payının minimuma indirildiği görülmektedir (**Şekil 9**).



Şekil 9. Örneklerin öğütülmesi ve elenmesi

Toz haline getirilen sediment numuneleri EDXRF analizleri için yaklaşık ~20 gr olacak şekilde kodlanıp plastik poşetlere konulmuştur. Radyoaktivite ölçümleri için ise yaklaşık ~200 gr numune plastik ağzı kapaklı kaplara konulup, ağızları sıkıca kapatılıp dengeye gelmesi beklenmiştir. Ölçüm sürecine kadar laboratuvarda serin ortamda örnekler saklanmıştır (**Şekil 10**).



Şekil 10. Örneklerin ölçüm öncesi hazır hale getirilmesi

3.3.4. Balık Örneklerinin Element Analiz ve Radyoaktivite Ölçümleri için Hazırlanması

Balık örnekleri için kafeslerden temin edilen Gökkuşağı alabalıkları (*Oncorhynchus mykiss)* Kuzey Amerika'nın önemli alabalık türlerindendir. Kültür özellikleri geliştirilerek birçok kıtaya yayılımı sağlanmıştır. Avrupa Kıtasına 1880, Ülkemize ise 1970 yıllarında getirilmiştir. Denizlere giren alt türleri vardır. Doğal olarak ülkemizde bulunmamaktadır. Ancak Ülkemizde su ürünleri yetiştiricilik işletmelerinde yoğun olarak üretimi yapılmaktadır.

Laboratuvar ortamına getirilen balık örneklerinin öncelikle ağırlıkları (239.8-310.2 gram aralığında) ve boy uzunlukları (27.5-31.3 cm aralığında) belirlenmiştir. Bu balık örneklerinin metal analizlerinin yapılması için solungaçları, karaciğerleri, böbrekleri ve kasları ayrılmıştır (**Şekil 11**). Solungaç, böbrek, karaciğer ve kasların kurutma işlemlerinin yapılması için 105 ^{0}C'de 96 saat boyunca etüvde bırakılmıştır (Baltaş, 2016). Daha sonra bu örnekler öğütme değirmeni ve agat yardımıyla öğütülerek, parçacık boyutu etkisini azaltmak için 37 µm'lik elekten geçirilmiştir (**Şekil 12 a,b**). Element analizleri için örnek miktarları yeterli miktarda görülmektedir. Ancak radyoaktivite analizleri için balığın karaciğer, böbrek ve solungaç kısımları özelikle kurutma sonrası az miktarda kaldığından bütün kısımların birleştirilmek suretiyle tek bir radyoaktivite analizi yapılmıştır. (Verep, 2007,2012) (**Tablo 2**).

Tablo 2. Balık Numunelerinin örnekleme miktarları

	Boy (cm) (min-max)	Ağırlık (gr) (min-max)	Solungaç (gr) (min-max)	Karaciğer (gr) (min-max)	Böbrek (gr) (min-max)	Kas (gr) (min-max)
Gökkuşağı Alabalığı	27.5-31.3	239.8-310.2	4.8-10.8	2-4.6	1.8-3.4	94.4-130.8
Ortalama	29.66	263.87	8.08	3.2	2.73	122.16



Şekil 11. Balık örneklerinin organlarının ayrılma süreci



(a)



(b)

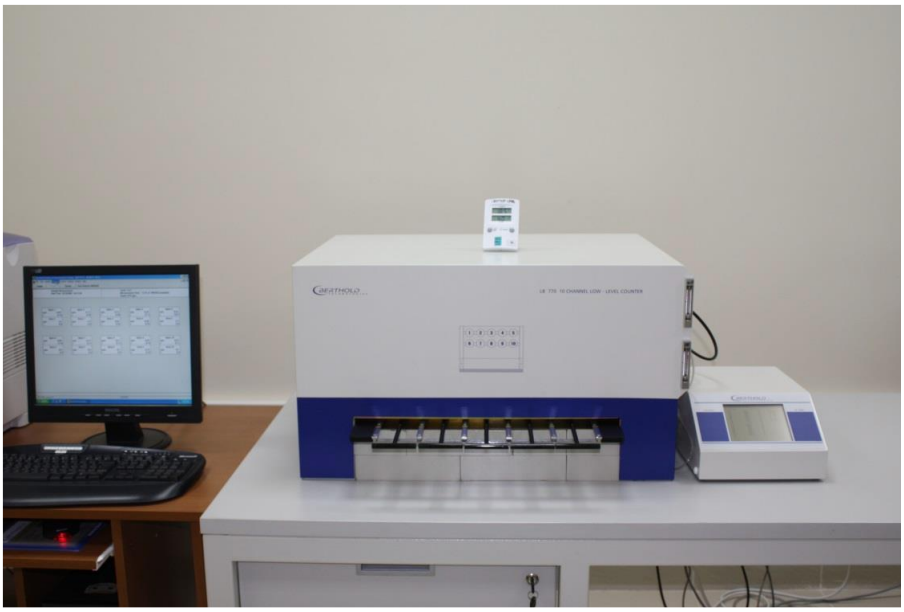
Şekil 12. Balık örneklerinin ayrılan kısımlarının kurutulması ve öğütülmesi

3.4. Deney Sistemleri

3.4.1. Toplam Alfa-Beta Ölçüm Sistemi

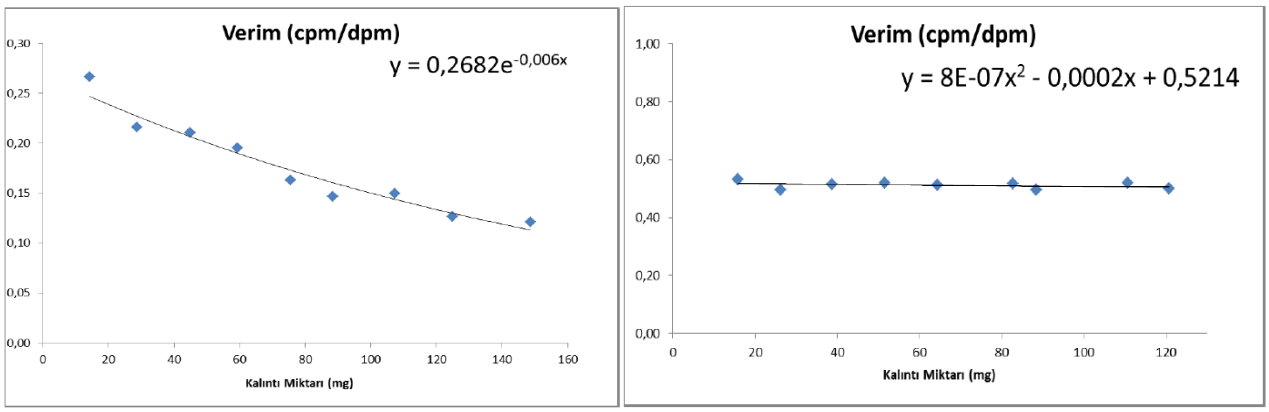
Su numunelerinin kalıntısından toplam alfa ve toplam beta aktivite değerleri düşük doğal fon sayımlı 10 kanallı detektör sistemi (Berthold LB770) ile ölçüldü (**Şekil 13**). Berthold LB770 sistemi hem alfaların hem de betaların birbirinden bağımsız olarak aynı anda sayılması prensibine göre çalışan orantılı gaz sayacıdır. Analizde dedeksiyon için en çok kullanılan gazlar argon (Ar), Helyum (He), ksenon (Xe), metan (CH_4) ve izobütan (C_4H_{10}) olup, çalışmalarda %90 argon ve %10 metan gazı kullanılmaktadır.

Gazlı dedektörlerin çalışma prensibi gaz içinde meydana gelen iyonlar zıt işaretli elektrotlarda toplanması ilkesine dayanır. İyonların elektrotlarda toplanmasından meydana gelen elektrik akımı laboratuar sayım cihazının elektronik devresinde tespit edilir.



Şekil 13. Berthold LB770 marka düşük doğal fon sayımlı 10 kanallı detektör sistemi

Berthold LB770 marka cihazında ölçüm için hazırlanan kalıntı miktarların verim kalibrasyon eğrileri **Şekil 14**' te verilmiştir. Sistemin verimi alfa için %20, beta i.in yaklaşık %50 olarak hesaplanmıştır. Çalışmada alfa ^{241}Am (37kBq) ve beta için ^{90}Sr (37kBq) çözeltiler kullanılmıştır.



(a) (b)

Şekil 14. Kalıntı miktarlarına bağlı olarak a) Alfa verim eğrisi, b) Beta verim eğrisi

3.4.2. AAS Ölçüm sistemi

Hazırlanan su örneklerinin elementel analizi Perkin-Elmer AAnalyst 400 model Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (**Şekil 15)** ile tayin edilen her bir element için ışın kaynağı olarak farklı oyuk katot lambalar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 10 cm lik alev başlığı ile analizler yapılmış olup, alev kaynağı olarak hava-asetilen gazı kullanılmıştır.



Şekil 15. Perkin-Elmer marka AAS elemental analiz cihazı

3.4.3. ED-XRF Ölçüm sistemi

Enerji Dağılımlı X-ışını Floresans Spektrometresi (EDXRF), genel olarak foton-madde etkileşmesi sonucu meydana gelen karakteristik X-ışınları ve saçılma fotonlarının nicel ve nitel değerlendirilmesinde kullanılır. EDXRF sistemi; analiz edilen örnekten elde edilen X ışınlarının enerjisini hesaplayarak elementleri tayin ederken gelen ışınları da sayarak element miktarlarının belirlenmesini sağlar. Hızlı ve duyarlı olması, kullanım kolaylığı ve malzemeye zarar vermeme özellikleri göz önüne alındığında teknolojik ve bilimsel araştırmalarda önemlidir. Bu sistem, katı (mineral, metal, polimer), sıvı (su, yağ, petrol ürünleri), ince film ve preslenmiş toz gibi her formdaki numunede standart numune setine ihtiyaç duymadan ağır metal konsantrasyonlarını (Na-U element aralığında) % ve ppm cinsinden yarı kantitatif olarak analiz etmemizi sağlar. Bu yöntem kesin niceliksel sonuç vermemekle birlikte örneğin yapısını anlamak ve ileri aşama analizler için yol göstericiliği açısından çok faydalıdır. Uygun standart malzemeler kullanılarak tam niceliksel analiz ppm mertebesinden % seviyesine kadar gerçekleştirilebilir. Çalışmada Epsilon 5, PANalytical marka EDXRF kullanılmıştır (**Şekil 16**).



Şekil 16. PANalytical marka EDXRF sistemi

Cihazın verimliliği açısından net ölçüm zamanına bağlı olarak dedeksiyon limitleri;

$$DL = \frac{3C}{N_p}\sqrt{\frac{N_b}{t}} \quad (1)$$

$Burada;$

$DL: Dedeksiyon\ limiti,$

$C: Konsantrasyon,$

$N_p: Net\ pik\ sayım,$

$N_b: Backgroundsayım\ oranı,$

$t: ölçüm\ süresi$

Şeklinde hesaplandı (Mohammed ve Makundi, 2002). Ölçüm zamanına bağlı dedeksiyon limitleri **Tablo 3**'te görülmektedir.

Tablo 3. Zamana bağlı dedeksiyon limitleri

Element	Al	S	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Hg	Pb
DL (ppm) (1500s)	2,36	1,10	0,93	0,39	0,43	0,47	0,52	0,20	0,34	0,98	1,37

EDXRF sisteminin ölçüm doğruluğunu test etmek amacıyla sediment referans malzemesi (NRCMESS-3) ile yapılan karşılaştırma **Tablo 4**'de görülmektedir.

Tablo 4. Sertifikalı referans malzeme sediment (NRCMESS-3) örneğinin konsantrasyon sonuçları

Element	NRCMESS-3 (μg/g)	Ölçülen (μg/g)
Ca	%1,47±0,06	%1,54
Cr	105±4	108
Mn	324±12	316
Fe	%4,34±0,11	%4,40
Ni	46,9±2,2	45,1
Cu	33,9±1,6	35,4
Zn	159±8	157
As	21,2±1,1	21,4
Sr	129±11	130
Pb	21,1±0,7	19,2

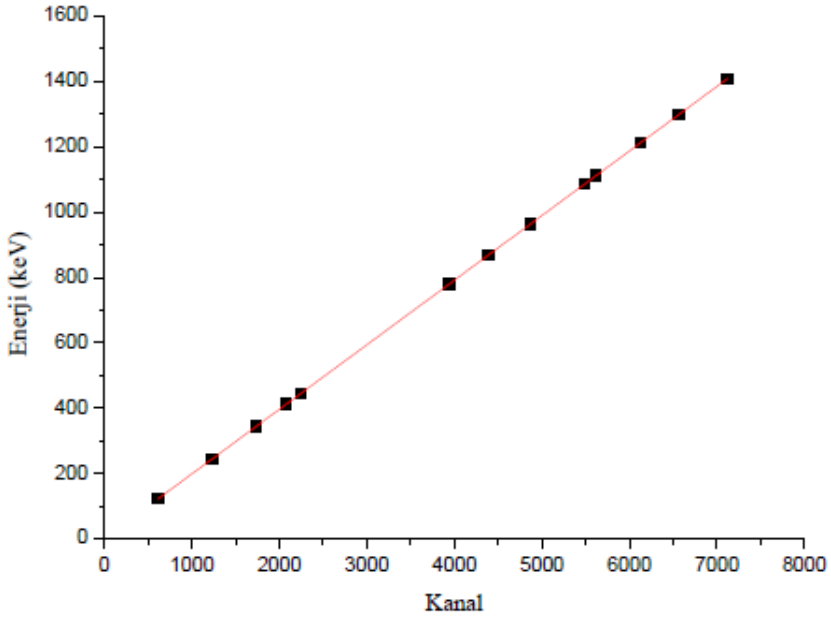
3.4.4. Radyoaktivite Ölçüm sistemi

Örneklerde bulunan doğal radyoaktifliği (^{226}Ra, ^{232}Th ve ^{40}K) belirlemek için bağıl verimi yüzde 15 ve ayırma gücü 1332 keV'de 1.9 keV olan koaksial Canberra marka HPGe detektör kullanılmıştır (**Şekil 17**) . Detektör, 10 cm kalınlığındaki kurşunla içi 2 mm Cu folyolarla astarlanmış bir durumda korunmuştur. Detektör çıkışı bir spektroskopi yükselticiye bağlanmıştır (Canberra, model 2025)(Cevik vd., 2008). Spektrumlar Genie 2000 bilgisayar yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Her bir numune gama spektrumu için iyi bir istatistik elde etme adına 80000 saniye sayılarak ölçülmüştür. Çevreden gelebilecek temel sayım katkısını bertaraf edebilmek için numuneler için kullanılan deney geometrisi kullanılarak boş sayım da alınmıştır. Bu sayım daha sonra numuneler için alınan sayımlardan çıkarılarak her bir numune için net sayımlara ulaşılmıştır (Damla vd., 2009).



Şekil 17. Canberra marka HPGe gama ölçüm sistemi

Detektörde enerji kalibrasyonu,^{152}Eu kalibrasyon kaynağı ile gerçekleştirilmiş ve standart kaynağın spektrumu elde edilerek enerjilerin hangi kanallara karşılık geldiği tespit edilerek enerjinin kanallara göre değişim grafiği **Şekil 18**' te gösterilmiştir.



Şekil 18. Enerji-kanal grafiği

Dedektör verimi, dedektörde sayılabilir büyüklükte puls üreten fotonların sayısının, dedektöre gelen fotonların sayısına oranı yada dedektörde sayılabilir büyüklükte puls üreten fotonların yüzdesi olarak tanımlanır. Dedektörün saydığı gama sayımlarının gerçek değerini bulabilmek için dedektöre ait verim düzeltmesinin yapılması gerekir. İlgilenilen enerjilerdeki dedektör verimi aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

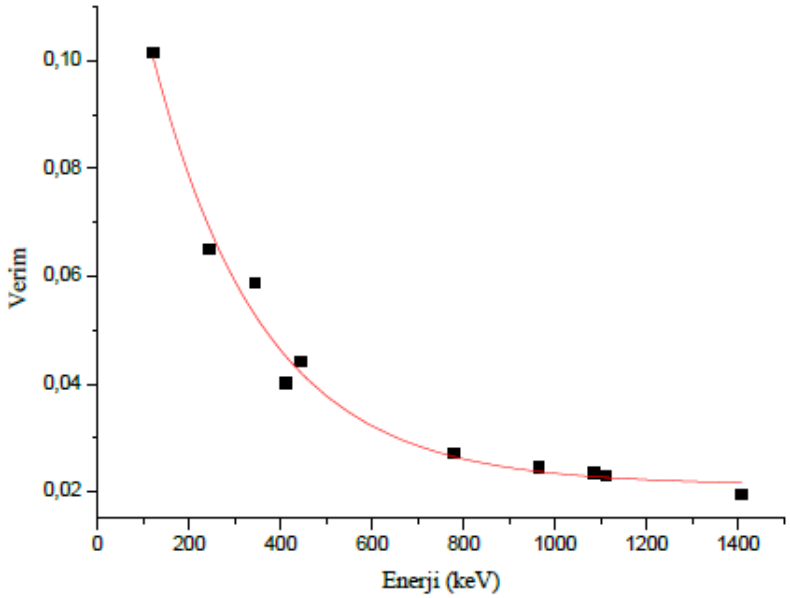
$$\varepsilon = \frac{s}{(I_\gamma).N.t} \qquad (2)$$

Burada HPGe dedektörünün ilgilenilen gama enerjisindeki verimi ε, pikin net alanı s, sayma süresi t, gama ışınının salma hızı I_γ ve N kullanılan standart kaynağın sayım günündeki aktivitesidir. Böylece farklı gama enerjileri için hesaplanan ε değerlerine karşılık gelen enerji verim eğrisi elde edilmiştir (**Şekil 19**).

Aktivite hesabı; piklerin altında kalan net alanlar toplam alandan background çıkarılarak elde edilen sayma sayılarının toplamıdır. Saniyedeki sayma (cps), pik altında kalan alanın pik elde etmek için geçen süreye bölümüdür. Dedektör verimi de hesaba katılarak aktivite için,

$$A = \frac{s}{(I_\gamma).w.t.\varepsilon} \quad (3)$$

dır. Burada A (Bqkg-1) aktivite, s net alan, Iγ gama ışınının salma hızı, w kg olarak numune miktarı ve ε verim'dir.



Şekil 19. Enerji-verim grafiği

Enerji ve verim kalibrasyonları yapıldıktan detektörün ölçüm doğruluğunu test etmek amaçlı olarak IAEA-447 radyoaktif refersans malzemesi ile 3 kez okutularak ortalama değeri alınmıştır. Sertifika değerleri ile HpGe detektöründe ölçülen değer **Tablo 5**.'te verilmiştir.

Tablo 5. Sertifikalı referans örneği radyoaktiflik konsantrasyon sonuçları (mBq/gr)

Element	Referans değeri	Ölçülen değer
^{226}Ra	25,04 ± 2,00	29,63
^{232}Th	37,3 ± 2,0	39,12
^{40}K	550 ± 20	594,23

Detektörde algılanılabilen radyonüklidlerin minimum dedekte edilebilir aktiviteleri (MDA) sediment için; ^{226}Ra için 0,16, ^{232}Th için 0,24, ^{40}K için 1,69 mBq/gr şeklinde belirlenmiştir.

3.5. Sediment Örneklerinin Jeo Birikim İndeksinin (I_{geo}) Hesabı

Jeobirikim indeksi (Igeo) sediment örneklerinde metal kirliliğini belirlemek için kullanılacaktır. Jeobirikim indeksinin formülü aşağıdaki gibi verilir.

$$I_{geo} = \log_2\left(\frac{C_n}{1.5 * B_n}\right) \quad (4)$$

C_n=tortudaki n ağır metalinin konsantrasyonu, B_n= n elementinin ortalama değerdeki jeokimyasal background (referans) değeri ve 1.5 litojenik etkilerden kaynaklanan background matris düzeltme faktörüdür (Al-haidarey vd., 2010). Elde edilen veriler ışığında değerlendirme kriterleri **Tablo 6** 'da görülmektedir.

Tablo 6. I_{geo} sınıflandırma (Loska vd., 1997)

I_{geo}değeri	I_{geo}sınıfı	Açıklama
≤0	0	Kirlenme yok
0-1	1	Kirlenme yok ile ortalama kirlenme arası
1-2	2	Ortalama kirlenme var
2-3	3	Ortalama-Şiddetli arası kirlenme var
3-4	4	Şiddetli kirlenme var
4-5	5	Şiddetli-Çok şiddetli arası kirlenme var
5<	6	Çok fazla kirlenme var

3.6. Zenginleştirme Faktörünün (*EF*) Belirlenmesi

Çalışma alanlarında insan kaynaklı kirlenme ve kirleticilere bağlı metal kirliliğinin değerlendirilmesinde kullanılan bir yöntemdir. Normalizasyon işlemleri için özelikle Al ve Fe elementleri kullanılmaktadır. Zenginleştirme faktörü aşağıdaki formül ile hesaplanabilir (Hasan vd., 2013);

$$\mathrm{EF} = \frac{\mathrm{X/Fe\ (Sediment)}}{\mathrm{X/Fe\ (Yerkabuğu)}} \quad (5)$$

X, incelenen sedimentte incelenilen metal konsantrasyonu, Fe (sediment) incelenen sedimentte referans metal konsantrasonu, Fe (yerkabuğu) yerkabuğundaki bolluktur (Krauskopf ve Bird, 1995). *EF* sonuçlarına göre değerlendirme kriterleri **Tablo 7** 'de görülmektedir.

Tablo 7. Zenginleştirme Faktörü (EF) (Chen vd., 2007)

EF	**Açıklama**
<1	Zenginleştirme yok
<3	Küçük zenginleştirme var
=3-5	Ortalama zenginleştirme var
=5-10	Ortalama-şiddetli arası zenginleştirme var
=10-25	Şiddetli zenginleştirme var
=25-50	Çok şiddetli zenginleştirme var
>50	Çok fazla zenginleştirme var

3.7. İstatistiksel Hesaplama

Göl suyu, Sediment, ve Balık örneklerinin metal konsantrasyonlarının hesaplanmasında, kuru ağırlık değerleri kullanılmış ve sonuçlar µg/g olarak verilmiştir. Gruplandırılan bu veriler SPSS (IBM SPSS Statistics 23) ortamına aktarılmıştır. Konumun elementler ile ve elementlerin birbirleri ile olan korelasyonları incelenmiştir. Bütün istatistiksel analizler bilgisayar ortamında SPSS paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Su Örneklerinde Toplam Alfa-Beta Değerleri

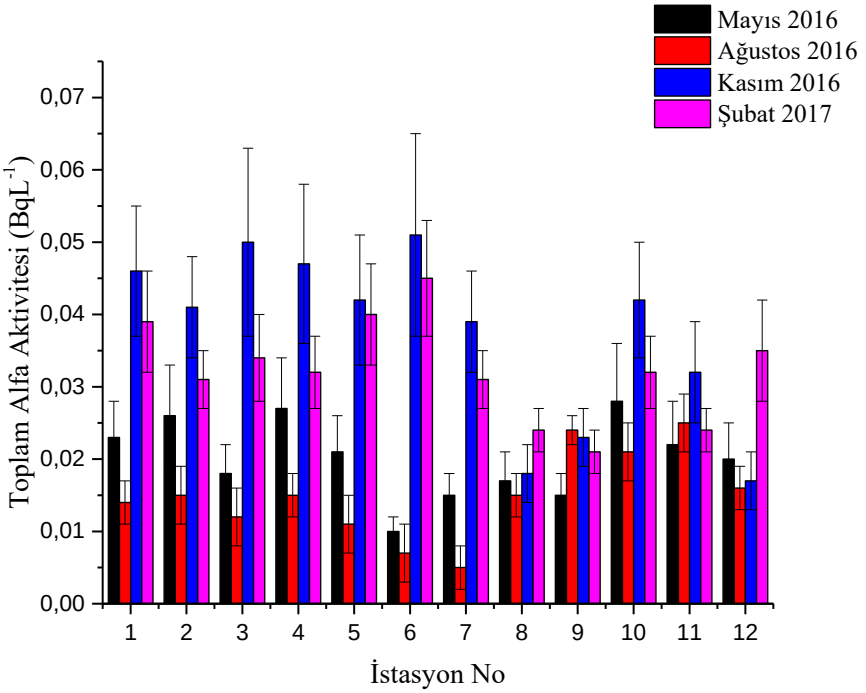
Mayıs (2016), Ağustos (2016), Kasım (2016) ve Şubat (2017) aylarında alınan göl suyu örneklerinin radyoaktivite analizleri sonucundan mevsimsel olarak toplam alfa ve beta değerleri değişimi **Tablo 8 ve Tablo 9**' da görülmektedir. Toplam alfa ve beta değerlerinin mevsimsel karşılaştırması **Şekil 20** ve **Şekil 21** 'de verilmiştir.

Tablo 8. Su örneklerinde Mayıs ve Ağustos dönemi toplam alfa (α) ve beta (β) aktivite

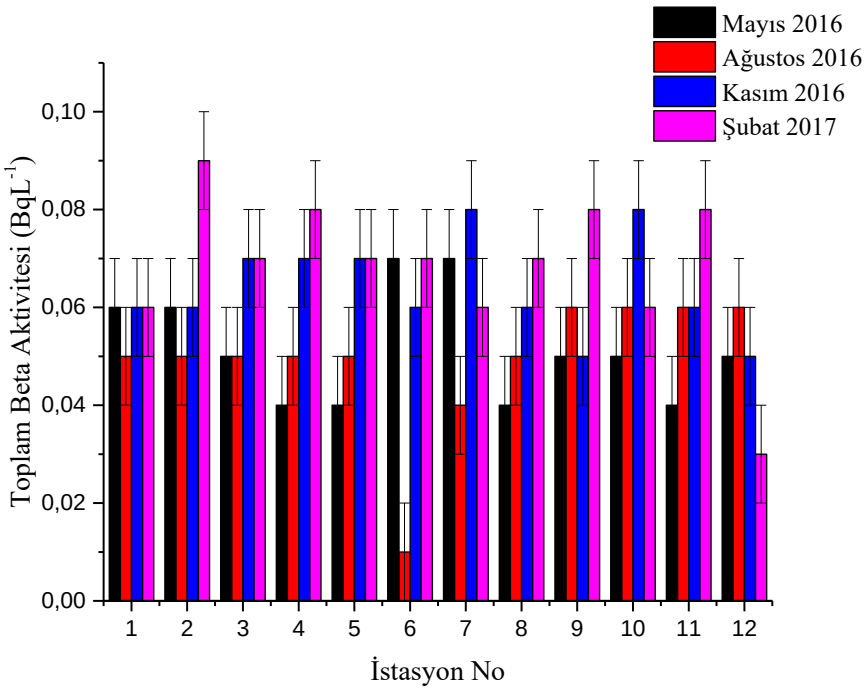
	Mayıs (2016)		**Ağustos (2016)**	
NO	**Toplam Alfa (BqL^{-1})**	**Toplam Beta (BqL^{-1})**	**Toplam Alfa (BqL^{-1})**	**Toplam Beta (BqL^{-1})**
1	0,023±0,005	0,06±0,01	0,014±0,003	0,05±0,01
2	0,026±0,007	0,06±0,01	0,015±0,004	0,05±0,01
3	0,018±0,004	0,05±0,01	0,012±0,004	0,05±0,01
4	0,027±0,007	0,04±0,01	0,015±0,003	0,05±0,01
5	0,021±0,005	0,04±0,01	0,011±0,004	0,05±0,01
6	0,010±0,002	0,07±0,01	0,007±0,004	0,01±0,01
7	0,015±0,003	0,07±0,01	0,005±0,003	0,04±0,01
8	0,017±0,004	0,04±0,01	0,015±0,003	0,05±0,01
9	0,015±0,003	0,05±0,01	0,024±0,002	0,06±0,01
10	0,028±0,008	0,05±0,01	0,021±0,004	0,06±0,01
11	0,022±0,006	0,04±0,01	0,025±0,004	0,06±0,01
12	0,020±0,005	0,05±0,01	0,016±0,003	0,06±0,01
ORT	**0,020**	**0,045**	**0,015**	**0,049**

Tablo 9. Su örneklerinde Kasım ve Şubat dönemi toplam alfa (α) ve beta (β) aktivite

NO	Kasım (2016)		Şubat (2017)	
	Toplam Alfa (BqL^{-1})	**Toplam Beta (BqL^{-1})**	**Toplam Alfa (BqL^{-1})**	**Toplam Beta (BqL^{-1})**
1	0,046±0,009	0,06±0,01	0,039±0,007	0,06±0,01
2	0,041±0,007	0,06±0,01	0,031±0,004	0,09±0,01
3	0,050±0,013	0,07±0,01	0,034±0,006	0,07±0,01
4	0,047±0,011	0,07±0,01	0,032±0,005	0,08±0,01
5	0,042±0,009	0,07±0,01	0,040±0,007	0,07±0,01
6	0,051±0,014	0,06±0,01	0,045±0,008	0,07±0,01
7	0,039±0,007	0,08±0,01	0,031±0,004	0,06±0,01
8	0,018±0,004	0,06±0,01	0,024±0,003	0,07±0,01
9	0,023±0,004	0,05±0,01	0,021±0,003	0,08±0,01
10	0,042±0,008	0,08±0,01	0,032±0,005	0,06±0,01
11	0,032±0,007	0,06±0,01	0,024±0,003	0,08±0,01
12	0,017±0,004	0,05±0,01	0,035±0,007	0,03±0,01
ORT	**0,026**	**0,064**	**0,032**	**0,068**

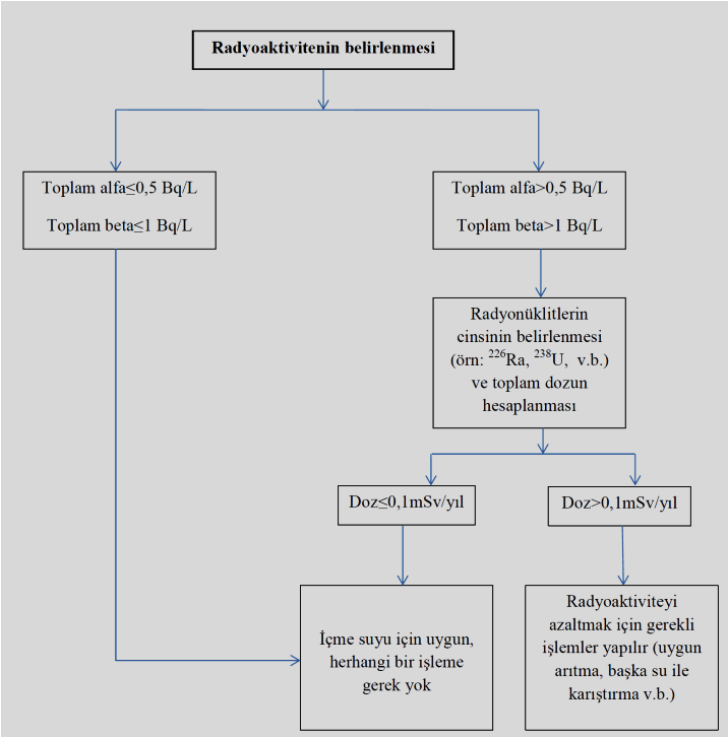


Şekil 20. Toplam alfa miktarının mevsimsel değişimi



Şekil 21. Toplam beta miktarının mevsimsel değişimi

Toplam alfa beta ölçümlerinde **Şekil 22**' de gösterildiği gibi bir yol izlenilmiştir. Dünya sağlık örgütünün belirlediği toplam alfa aktivitesinin *0.5 Bq/litre* ve toplam beta aktivitesinin *1Bq/litre* sınır değerlerinin üzerinde olması durumunda içerisindeki radyonüklit türlerinin belirlenmesi gereklidir [WHO,2004]. Bulgular ışığında buna gerek kalmamıştır.



Şekil 22. Sularda radyoaktivite belirlenmesinde izlenen yol

Suların radyoaktivite tayininde doğal kaynaklardaki gama aktif elementlerinin yarı ömürlerinin alfa ve beta aktif elementlerine göre daha kısa olmaları nedeniyle çoğu kez gama aktivitesi tayini yoluna gidilmemektedir. Buna karşın iç radyasyon tehlikesi açısından önemli olmaları nedeni ile sular için alfa ve beta radyoaktivite tayini üzerinde daha fazla durulması gereken bir konumdadır. *Suların radyoaktivite kirliliğinin saptanmasında ilk olarak alfa ve beta aktivitelerini ölçmek gerekmektedir.* Çalışmada gölün farklı noktalarından alınan su örneklerinde toplam alfa miktarları Mayıs 2016 döneminde **0,010-0,028** BqL^{-1} aralığında ortalama **0,020** BqL^{-1}, Ağustos 2016 döneminde **0,005-0,024** BqL^{-1} aralığında ortalama **0,015** BqL^{-1}, Kasım 2016 döneminde **0,017-0,054** BqL^{-1} aralığında ortalama **0,026** BqL^{-1} ve Şubat 2017 döneminde **0,024-0,045** BqL^{-1} aralığında ortalama **0,032** BqL^{-1} değerleri görülmektedir (**Tablo 8**). Toplam beta miktarları Mayıs 2016 döneminde **0,04-0,07** BqL^{-1} aralığında ortalama **0,045** BqL^{-1}, Ağustos 2016 döneminde **0,01-0,06** BqL^{-1} aralığında ortalama **0,049** BqL^{-1}, Kasım 2016 döneminde **0,05-0,08** BqL^{-1} aralığında ortalama **0,064** BqL^{-1} ve Şubat

2017 döneminde **0,03-0,09** BqL^{-1} aralığında ortalama **0,068** BqL^{-1} değerleri elde edilmiştir (**Tablo 9**). Toplam alfa ve beta değerlerinin mevsimsel olarak değişimi **Şekil 20** ve **Şekil 21**' de görülmektedir. Erentürk, vd., 2014 Van Gölü'nden alınan su örneklerinde yapmış oldukları toplam alfa ve beta konsatrasyonlarını sırasıyla; 0,06-4,16 BqL^{-1} ve 0,005-0,141 BqL^{-1} olarak tespit etmişlerdir.

T.C Sağlık Bakanlığı'nın 2005 tarihinde Resmi Gazetede yayımlamış olduğu "**İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliği**" göre, 1. ve 2. sınıf içme ve kullanma sularındaki belirlenen radyoaktivite standartları, *toplam alfa radyoaktivite konsantrasyonu için 0,1 Bq/L, toplam beta radyoaktivite konsantrasyonu için de 1 Bq/L* olarak belirtilmiştir. Ayrıca, T.C Sağlık Bakanlığı'nın 2004 tarihinde yayımlamış olduğu yönetmeliğine göre, doğal ve mineralli sular için belirlenen radyoaktivite standartları, *toplam alfa radyoaktivite için 1,5 Bq/L, toplam beta radyoaktivite için 2 Bq/L* olarak belirtilmiştir.

Suyun radyolojik yönden incelenmesi ve doğal radyasyon seviyelerinin belirlenmesi insan sağlığını doğrudan ilgilendirdiği için önemlidir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), ABD Çevre Korunma Ajansı (EPA) tarafından tavsiye edilen ve T.C. Sağlık Bakanlığı tarafından izin verilen içme suları için maksimum radyoaktivite sınırları, toplam alfa için 0,5 Bq/l ve toplam beta için 1 Bq/l olarak kabul edilmiştir (Dünya Sağlık Örgütü'nün içme suları için tavsiye ettiği sınır değerler suyun, ömür boyu tüketilmesi durumunda insanın alacağı radyasyon dozunun sağlık yönünden herhangi bir risk oluşturmayacağı fikrinden hareketle tespit edilmiştir).

Gölün farklı noktalarında ölçülen değerlerin yurtiçi ve yurtdışı referans verilerinin altında olduğu tespit edilmiş ve radyoaktif açıdan bir tehlike oluşturmadığı görülmüştür. **Şekil 22'** de görüldüğü gibi başka gama ölçümüne ihtiyaç duyulmamıştır.

4.2. Su Örneklerinde Metal Değerleri

Çalışmada alınan su örneklerinin element analizleri sonucunda, Zn, Cu, Co, Ni, Mn ve Pb elementlerine ait konsantrasyon değerleri **Tablo 10-13** arasında verilmiştir. Elementlerin mevsimsel olarak elde edilen değerleri ve ulusal-uluslararası resmi kuruluşların içme sularına ait metal konsantrasyonları için müsaade edilen değerlerle birlikte **Şekil 23-28**'de görülmektedir.

***İTASY:** İnsani Tüketim Amaçlı Sular Yönetmeliği
WHO: Dünya Sağlık Örgütü
US EPA: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı

Tablo 10. Su örneklerinin Mayıs 2016 dönemi element konsantrasyonları

No	(µg/L)					
	Zn^{2+}	Cu^{2+}	Co^{2+}	Ni^{2+}	Mn^{2+}	Pb^{2+}
A1	11.0	11.2	6.2	8.9	ND	14.1
A2	12.5	13.7	6.0	6.7	ND	21.6
A3	9.8	7.0	ND	5.6	ND	21.9
A4	25.8	12.4	ND	6.5	ND	20.1
A5	17.3	8.6	4.2	5.2	2.9	16.6
A6	12.4	11.1	5.6	6.3	ND	17.7
A7	14.9	9.4	7.2	6.8	ND	20.7
A8	14.1	8.3	7.0	6.2	ND	21.8
A9	14.3	6.8	5.4	7.4	2.7	25.9
A10	36.1	9.2	4.2	7.9	ND	24.4
A11	14.4	11.9	6.8	7.2	ND	28.6
A12	10.4	10.1	6.7	8.9	ND	16.6
İTASY	**-**	**2000**	**-**	**20**	**50**	**10**
WHO	**5000**	**1000**	**-**	**20**	**50**	**10**
USEPA	**-**	**1300**	**-**	**20**	**50**	**15**

Tablo 11. Su örneklerinin Ağustos 2016 dönemi element konsantrasyonları

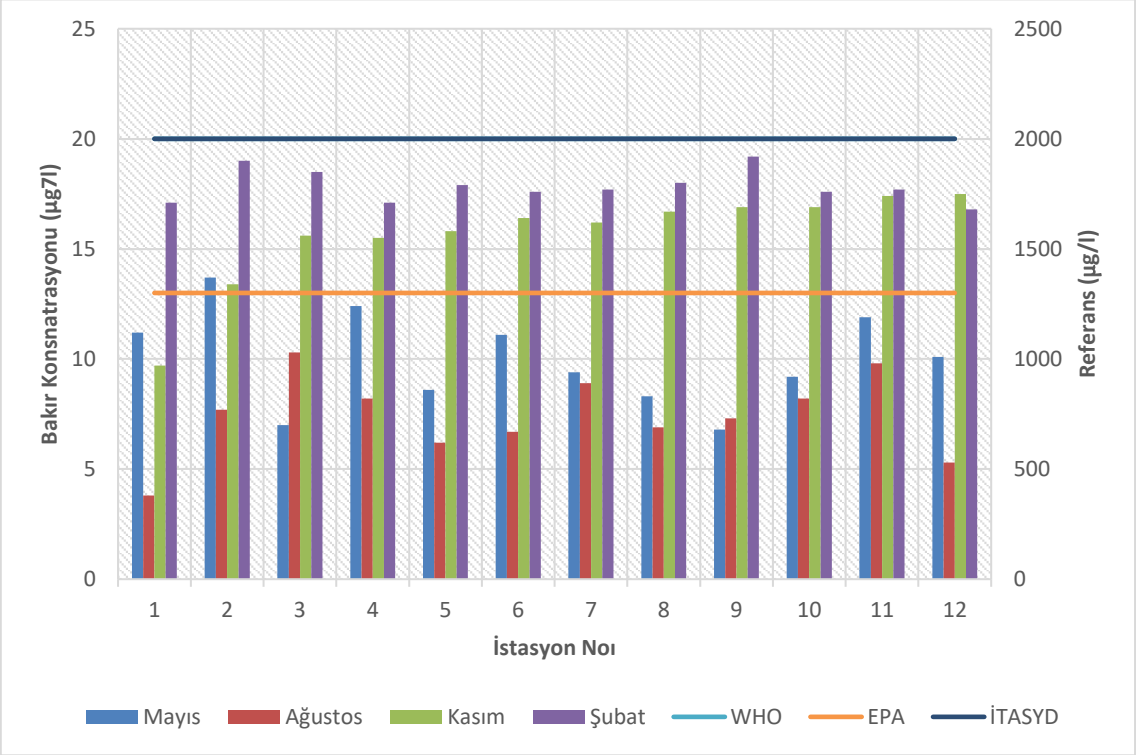
No	(µg/L)					
	Zn^{2+}	Cu^{2+}	Co^{2+}	Ni^{2+}	Mn^{2+}	Pb^{2+}
A1	17.7	9.7	4.4	5.5	51.9	8.5
A2	22.0	13.4	7.3	5.5	50.9	7.8
A3	12.4	15.6	6.9	3.9	53.6	8.4
A4	10.5	15.5	8.2	4.8	54.9	8.5
A5	14.8	15.8	9.8	5.4	39.4	8.0
A6	9.7	16.4	8.5	5.6	42.2	5.5
A7	10.4	16.2	9.0	5.5	39.9	6.4
A8	10.9	16.7	7.2	5.2	41.8	5.9
A9	8.9	16.9	7.5	5.2	40.4	5.1
A10	9.2	16.9	7.8	5.2	40.1	4.2
A11	10.8	17.4	9.8	5.4	43.8	5.1
A12	9.5	17.5	8.8	5.2	45.2	6.0
İTASY	**-**	**2000**	**-**	**20**	**50**	**10**
WHO	**5000**	**1000**	**-**	**20**	**50**	**10**
USEPA	**-**	**1300**	**-**	**20**	**50**	**15**

Tablo 12. Su örneklerinin Kasım 2016 dönemi element konsantrasyonları

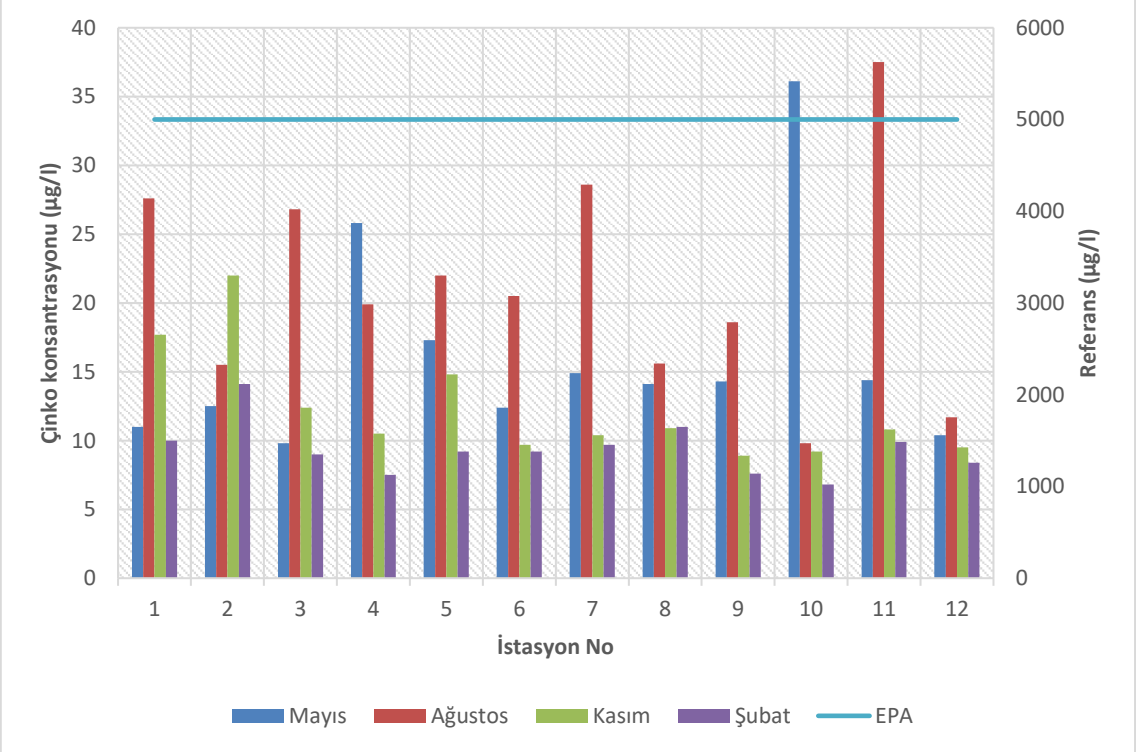
No	(µg/L)					
	Zn^{2+}	Cu^{2+}	Co^{2+}	Ni^{2+}	Mn^{2+}	Pb^{2+}
A1	27.6	3.8	7.1	6.1	4.3	6.2
A2	15.5	7.7	7.9	3.7	3.9	7.2
A3	26.8	10.3	8.2	8.3	3.9	14.0
A4	19.9	8.2	8.5	3.3	3.5	14.1
A5	22.0	6.2	8.7	ND	3.2	18.4
A6	20.5	6.7	8.6	3.9	4.4	11.5
A7	28.6	8.9	9.0	5.3	4.9	13.4
A8	15.6	6.9	8.8	ND	4.6	12.6
A9	18.6	7.3	8.6	3.9	3.5	9.4
A10	9.8	8.2	8.5	ND	3.7	9.2
A11	37.5	9.8	7.8	5.7	3.1	19.1
A12	11.7	5.3	7.7	ND	4.3	14.6
İTASY	**-**	**2000**	**-**	**20**	**50**	**10**
WHO	**5000**	**1000**	**-**	**20**	**50**	**10**
USEPA	**-**	**1300**	**-**	**20**	**50**	**15**

Tablo 13. Su örneklerinin Şubat 2017 dönemi element konsantrasyonları

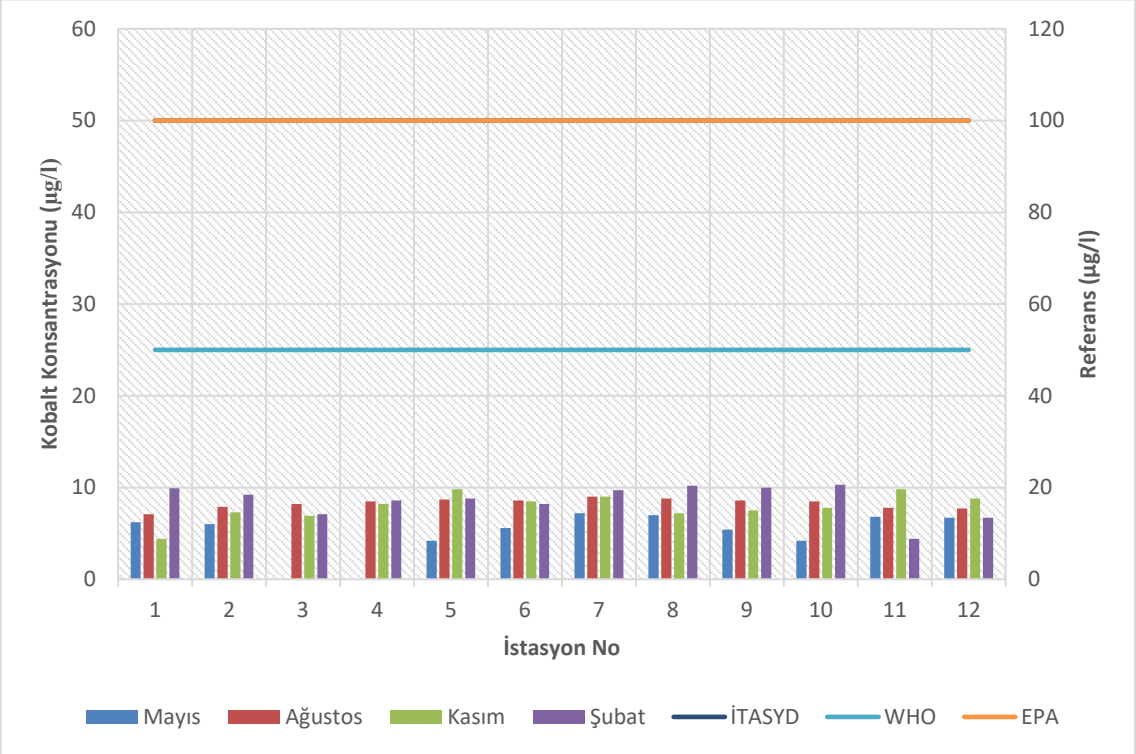
No	(µg/L)					
	Zn^{2+}	Cu^{2+}	Co^{2+}	Ni^{2+}	Mn^{2+}	Pb^{2+}
A1	10.0	17.1	9.9	4.8	9.9	6.2
A2	14.1	19.0	9.2	9.0	14.2	4.8
A3	9.0	18.5	7.1	6.9	12.7	7.1
A4	7.5	17.1	8.6	6.3	12.4	5.7
A5	9.2	17.9	8.8	5.8	13.1	6.3
A6	9.2	17.6	8.2	6.6	17.6	6.6
A7	9.7	17.7	9.7	6.6	13.1	5.7
A8	11.0	18.0	10.2	6.4	13.8	7.7
A9	7.6	19.2	10.0	9.0	25.6	11.5
A10	6.8	17.6	10.3	6.1	14.6	6.2
A11	9.9	17.7	4.4	5.5	17.7	ND
A12	ND	16.8	6.7	ND	9.9	4.8
İTASY	**-**	**2000**	**-**	**20**	**50**	**10**
WHO	**5000**	**1000**	**-**	**20**	**50**	**10**
USEPA	**-**	**1300**	**-**	**20**	**50**	**15**



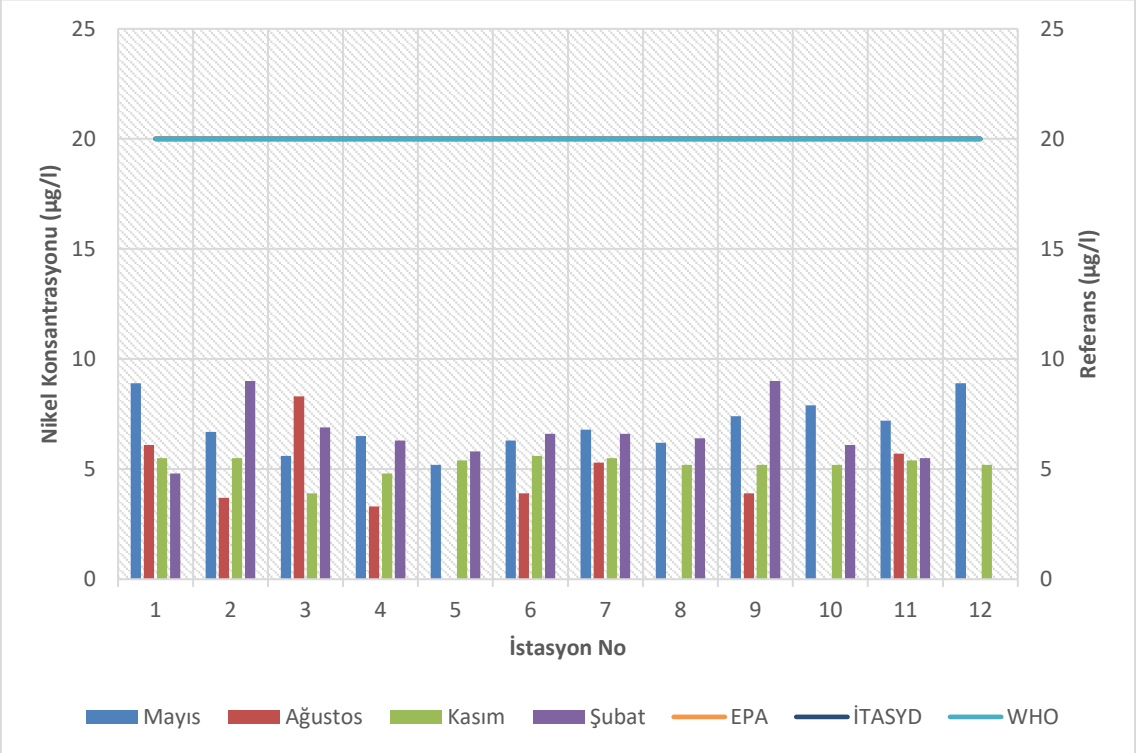
Şekil 23. Su örneklerinde Cu konsantrasyonun mevsimsel değişimi



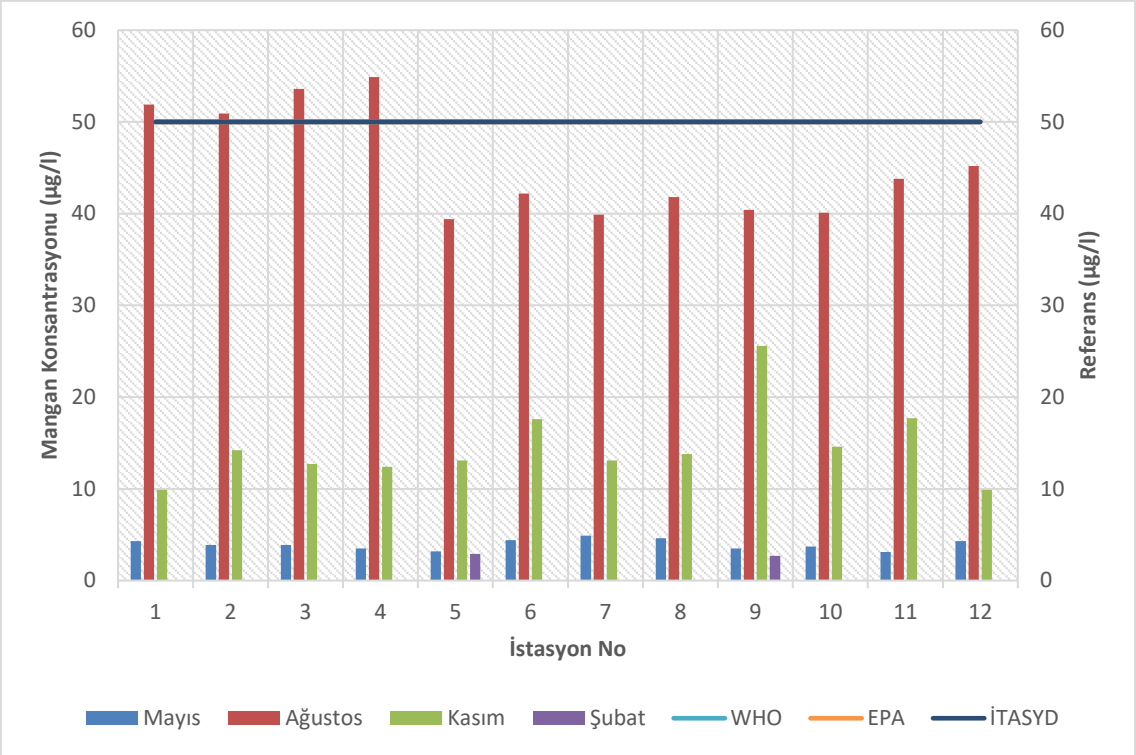
Şekil 24. Su örneklerinde Zn konsantrasyonun mevsimsel değişimi



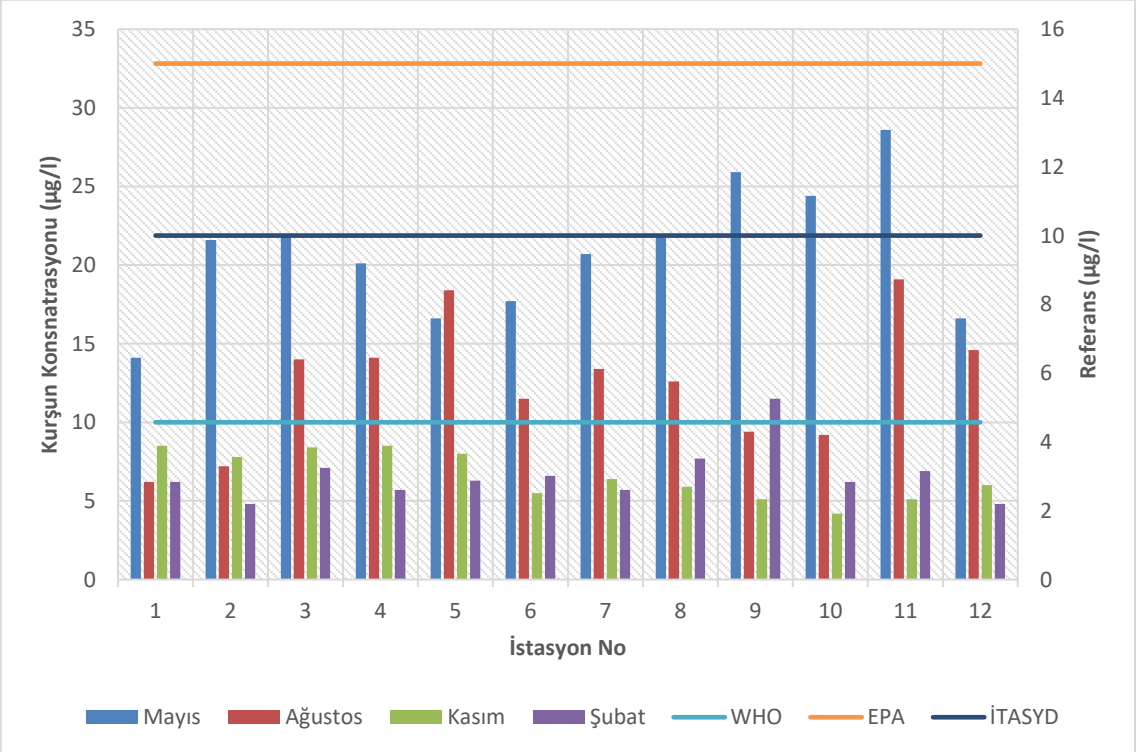
Şekil 25. Su örneklerinde Co konsantrasyonun mevsimsel değişimi



Şekil 26. Su örneklerinde Ni konsantrasyonun mevsimsel değişimi

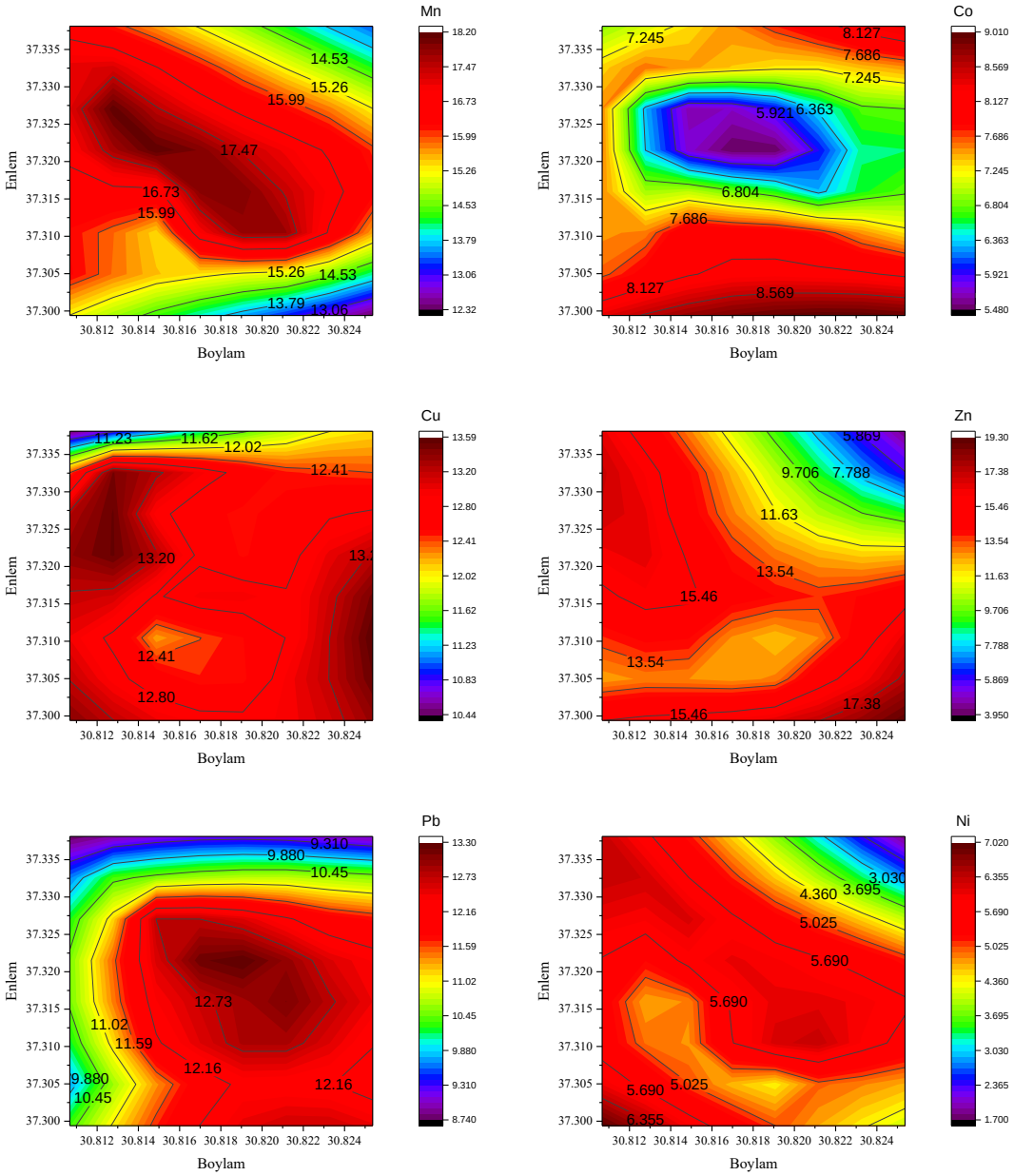


Şekil 27. Su örneklerinde Mn konsantrasyonun mevsimsel değişimi



Şekil 28. Su örneklerinde Pb konsantrasyonun mevsimsel değişimi

Dönemlerin ortalaması alınarak su örneklerindeki elementlerin enlem ve boylama göre sayaç haritaları aşağıdaki şekilde elde edilmiştir (**Şekil 29**).



Şekil 29. Su matrisleri için sayaç haritaları (Counter map)

Ağır metaller doğal sularda eser miktarda bulunurken, insan faaliyetleri sonucu sulardaki konsantrasyonları artış göstermektedir. Sucul ekosistemlerde ağır metaller önemli bir kirlilik kaynağı oluşturmaktadır (Türkoğlu, 2008). Kimyasal kirlilik olarak kabul edilen ağır metal kirliliği; endüstriyel atıklar, pestisitler, maden yatakları gibi çeşitli kaynaklardan doğal ortama bulaşabilmeleri, çevre koşullarına dayanıklı olmaları ve besin zinciri yoluyla aktarılabilmeleri nedeniyle kimyasal kirleticiler arasında ilk sırada yer almaktadırlar (Çalışkan, 2005). Göl suyu

örneklerinde yapılan element analizlerinin sonuçları mevsimsel olarak **Tablo 10-13**' te görülmektedir. Suda yapılan analizler sonucunda; Cu Zn, Co, Ni ve Mn'nın Çevre ve Orman Bakanlığı ve Tarım ve Köyişleri Bakanlığı'nın belirlediği ve Resmi gazetede yayımlanan suda kabul edilebilir ağır metal miktarları ile kıyaslandığında müsaade edilebilir sınırlar içerinde olduğu görülmektedir.

Mangan (Mn): Mangan konsantrasyonunun en düşük değerleri (2.7 µg/L) Mayıs 2016 döneminde görülürken, en yüksek değeri (54.9 µg/L) Kasım 2016 değerinde görülmektedir. Mn konsantrasyonun Kasım2016 dönemine ait bazı değerlerinin US EPA sınır değerlerini aştığı görülmektedir. WHO ve FDA verilerine göre sularda tavsiye Mn değerleri 100-500 µg/L olarak belirlenmiştir. Sudaki Mn konsantrsyonları SKKY'de yer alan değerlere göre (100 µg/L) yüksek kaliteli (1. sınıf) su sınıfındadır.

Cobalt (Co): Kobalt konsantrasyonunun mevsimler değişimlerine bakıldığı zaman en düşük konsantrasyon (4.2 µg/L) Mayıs 2016, en yüksek konsantrasyon (10.3 µg/L) Şubat 2017 döneminde görülmektedir. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmenliğinde yer alan su kalite parametrelerine göre değerlendirildiğinde I sınıfta yani yüksek kaliteli su sınıfında kabul edilmektedir.

Nikel (Ni): Ni konsantrasyonunun en düşük değeri (3.3 µg/L) Ağustos 2016 döneminde görülürken en yüksek değeri (9.0 µg/L) Şubat 2017 döneminde görülmektedir. Ni konsantrasyonlarının WHO ve SKKY'de yer alan değerlerle (20 µg/L) kıyaslandığında, bu kabul edilebilir değerin altında olduğu gözlenmiştir.

Bakır (Cu): Bakır konsantrasyonunun en düşük değeri (3.8 µg/L) Ağustos 2016 döneminde en yüksek değeri ise (19.2 µg/L)Şubat 2017 döneminde görülmüştür. WHO ve FDA verilerine göre sularda tavsiye Cu değerleri 1000-2000 µg/L olarak belirlenmiştir. SKKY'de yer alan su kalite parametrelerine göre değerlendirildiğinde ise (20 µg/L) I sınıf (yüksek kaliteli) su sınıfında kabul edilmektedir.

Çinko (Zn): Çinko en düşük değerini (6.8 µg/L) Şubat 2017 döneminde gösterirken en yüksek değerini (37.5 µg/L) Ağustos döneminde göstermektedir. WHO ve FDA verilerine göre sularda tavsiye Cu değerleri 3000 µg/L olarak belirlenmiştir. SKKY'de yer alan su kalite parametrelerine göre değerlendirildiğinde ise (200 µg/L) I sınıf (yüksek kaliteli) su sınıfında kabul edilmektedir.

Kurşun (Pb): Kurşun metalinin en düşük konsantrasyonu (4.2 µg/L) Kasım 2016 döneminde, en yüksek konsantrasyonu ise (28.6 µg/L) Mayıs 2016 döneminde görülmüştür. WHO ve FDA verilerine göre sularda tavsiye edilen Pb değerleri 5-10 µg/L olarak belirlenmiştir. SKKY'de yer alan su kalite parametrelerine göre en düşük kabul edilebilir seviye 10 µg/L dir.

Pb konsantrasyonlarının SKKY, WHO ve US EPA verilerinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir (**Şekil 23-28**).

Resmi Gazetede 2004 yılında yayınlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin ek tablolarında yer alan su kalite parametrelerine göre değerlendirildiğinde (**Tablo 14**) Pb konsantrasyonları dikkate alınmadığında I sınıfta yer aldığı görülmektedir. Pb konsantrasyonlarıyla değerlendirildiğinde II sınıfta yani az kirlenmiş su sınıfında kabul edilebilmektedir (**Tablo 15**). Kurşun miktarındaki belirginliğinin ana sebepleri arasında Antalya-Isparta karayoluna yakın olması sebebiyle taşıtlardan kaynaklı kurşun atılımı düşünülmektedir. Diğer bir sebepte göl içerisindeki kafes malzemelerinin oluşturabileceği temel ağır metal korozyonudur. Ayrıca baraj suyu tutulmadan önceki dönemde alanın yerleşim bölgesi olmasınında bir etkisi olabileceği düşünülmektedir.

Bölge ile ilgili benzer bir çalışmada Tumantozlu (2010), Kır ve Tumantozlu, 2012 Karacaören II baraj gölündeki su analizlerinin sonucunda Fe (0.034mg/Ll), Sr (0.155mg/L) illkbahar-2009'da, Al (0.041mg/L) Yaz-2009'da, Zn (0.021mg/L) Sonbahar-2009'da en yüksek oranda belirlemiştir. Suda yapılan ağır metal analizlerine göre Cr, Cd ve Hg bütün mevsimlerde tayin sınırının altındadır. Fe, Zn, Al ve Sr her mevsimde belirlenirken, suda en fazla biriken metalin Sr olduğu görülmüştür.

Tablo 14. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (SKKY, R.G. 25687)

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları			
	I	**II**	**III**	**IV**
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^{+6}/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^-/L)	1000	1500	2000	> 2000
13) Serbest klor (µg Cl_2/L)	10	10	50	> 50
14) Sülfür (µg $S^=$/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[e]	1000[e]	1000[e]	> 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

Tablo 15. SKKY ye göre su kalite sınıflarının içeriği

Sınıf I	Yüksek kaliteli su	1) Yalnız dezenfeksiyon ile içme suyu temini, 2) Rekreasyonel amaçlar (yüzme gibi vücut teması gerektirenler dahil), 3) Alabalık üretimi, 4) Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı, 5) Diğer amaçlar
Sınıf II	Az kirlenmiş su	1) İleri veya uygun bir arıtma ile içme suyu temini, 2) Rekreasyonel amaçlar, 3) Alabalık dışında balık üretimi, 4)Teknik Usuller Tebliği'nde verilmiş olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu olarak, 5) Sınıf I dışındaki diğer bütün kullanımlar
Sınıf III	Kirli su	Gıda, tekstil gibi kaliteli su gerektiren endüstriler hariç olmak üzere uygun bir arıtmadan sonra endüstriyel su temininde kullanılabilir.
Sınıf IV	Çok kirlenmiş su	Sınıf III için verilen kalite parametrelerinden daha düşük kalitede olan ve üst kalite sınıfına iyileştirilerek kullanılabilecek yüzeysel sulardır

4.3. Sediment Örneklerinde Metal Değerleri

Çalışma sonucunda; sediment örneklerinde Al, S, Cr, Mn, Fe, Ni Cu, Zn, As, Hg ve Pb elementleri tespit edilebilmiştir. Örneklerin mevsimsel değişimleri **Tablo 16-19**' da verilmektedir.

Tablo 16. Mayıs 2016 dönemi sediment örneklerinin metal konsantrasyonları (ppm)

No	Al	S	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Hg	Pb
1	156430	1845	1334,6	702,28	32890	213,88	46,58	72,94	6,84	2,86	14,08
2	153293	1788	817,92	685,21	27437	134,19	45,15	55,46	6,98	ND	11,03
3	179057	1398	507,89	569,36	34563	221,92	45,11	45,24	4,06	1,01	10,04
4	154954	2324	527,61	641,52	29667	166,16	43,98	56,41	8,89	1,26	11,73
5	130850	3250	547,32	713,68	24770	110,39	42,85	67,57	13,7	1,51	13,42
6	182377	ND	449,74	711,80	36633	244,03	39,99	100,7	3,89	1,78	11,81
7	186940	ND	566,71	742,15	39663	285,72	42,35	76,36	4,52	2,38	11,40
8	191503	ND	683,67	772,50	42693	327,40	44,72	52,00	5,15	2,98	10,98
9	195070	ND	648,71	786,48	42023	325,30	49,00	57,78	5,24	ND	13,54
10	188220	ND	630,40	867,24	40553	273,72	38,00	51,33	7,08	ND	11,53
11	125866	10160	164,21	981,90	13700	ND	26,78	39,29	2,99	ND	9,471
12	186203	1298	537,30	841,16	38937	269,22	41,86	53,29	3,67	ND	13,52
Min.	**125866**	**1298**	**164,21**	**569,36**	**13700**	**110,39**	**26,78**	**39,29**	**2,99**	**1,01**	**9,47**
Max.	**195070**	**10160**	**1334,60**	**981,90**	**42693**	**327,40**	**49,00**	**100,70**	**13,70**	**2,98**	**14,08**
Ort.	**169230**	**3152**	**618,01**	**751,27**	**33627**	**233,81**	**42,20**	**60,70**	**6,08**	**1,97**	**11,88**

Tablo 17. Ağustos 2016 dönemi sediment örneklerinin metal konsantrasyonları (ppm)

No	Al	S	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Hg	Pb
1	152855	1906	593,91	620,36	32485	226,95	38,35	41,70	5,29	0,93	11,87
2	171600	ND	572,99	707,81	39360	292,94	95,56	55,62	3,73	ND	14,99
3	146415	1936	699,62	666,02	34175	247,61	45,41	44,62	6,37	0,85	12,02
4	128095	4385	598,37	981,81	33530	232,05	78,18	63,31	9,24	2,49	13,51
5	153950	5960	614,41	679,01	34750	228,54	48,51	60,30	3,17	ND	16,60
6	170960	4125	839,07	698,92	37360	268,74	47,86	56,29	3,62	ND	14,67
7	187970	2290	1063,7	718,82	39970	308,94	47,20	52,29	4,06	ND	12,75
8	167810	ND	672,94	680,98	34630	235,45	37,75	43,08	5,50	ND	12,02
9	145020	1683	969,87	836,21	33660	219,00	35,14	42,60	5,51	ND	11,60
10	153615	4960	808,65	681,40	32570	249,49	40,11	63,05	4,00	ND	13,83
11	141300	6895	1144,3	664,12	26530	162,70	32,33	52,66	5,19	ND	12,39
12	166590	5065	677,34	665,94	32250	244,19	45,67	64,70	3,94	ND	11,76
Min.	**128095**	**1683**	**572,99**	**620,36**	**26530**	**162,70**	**32,33**	**41,70**	**3,17**	**0,85**	**11,60**
Max.	**187970**	**6895**	**1144,3**	**981,81**	**39970**	**308,94**	**95,56**	**64,70**	**9,24**	**2,49**	**16,60**
Ort.	**157182**	**3921**	**771,26**	**716,78**	**34273**	**243,05**	**49,34**	**53,35**	**4,97**	**1,42**	**13,17**

Tablo 18. Kasım 2016 dönemi sediment örneklerinin metal konsantrasyonları (ppm)

No	Al	S	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Hg	Pb
1	172255	2960	639,01	880,63	40665	340,40	51,93	78,04	8,07	ND	12,87
2	180655	ND	599,82	744,48	41600	292,12	45,94	55,16	5,67	1,44	13,27
3	167545	1585	687,03	668,42	32900	211,07	38,75	40,62	5,73	0,51	12,18
4	175165	1562	966,14	790,36	39695	246,11	48,34	71,08	9,05	0,73	17,58
5	151355	2485	478,91	797,07	38215	214,87	59,62	58,70	10,9	3,18	15,21
6	162615	1899	480,19	740,17	36350	202,89	51,50	53,97	9,64	ND	12,45
7	179405	2595	615,94	707,72	34085	218,47	42,89	75,06	5,16	ND	10,45
8	193630	ND	535,56	697,48	38560	272,59	42,13	51,27	4,35	1,73	12,28
9	195085	1552	597,33	711,69	42450	305,28	57,45	64,63	5,52	ND	16,83
10	180155	ND	653,37	694,72	33185	233,08	35,74	44,22	4,71	ND	10,50
11	169960	ND	555,49	852,37	37970	234,71	36,94	43,96	7,16	0,91	11,79
12	187065	ND	650,47	790,29	44315	350,99	53,74	57,56	3,50	ND	14,14
Min.	**151335**	**1552**	**478,91**	**668,42**	**32900**	**202,89**	**35,74**	**40,62**	**3,50**	**0,51**	**10,45**
Max.	**195085**	**2960**	**966,14**	**880,63**	**44315**	**350,99**	**59,62**	**78,04**	**10,9**	**3,18**	**17,58**
Ort.	**176241**	**2091**	**621,61**	**756,82**	**38333**	**260,22**	**47,08**	**57,86**	**6,62**	**1,42**	**13,3**

Tablo 19. Şubat 2017 dönemi sediment örneklerinin metal konsantrasyonları (ppm)

No	Al	S	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Hg	Pb
1	192420	2830	528,89	587,37	35665	287,91	42,93	58,59	3,24	ND	13,19
2	196875	ND	539,73	636,98	39030	273,00	48,41	66,93	4,67	ND	12,28
3	215460	ND	480,33	635,14	39920	270,05	49,05	57,83	5,16	1,10	10,89
4	138420	ND	916,31	690,71	37265	234,86	49,75	55,25	5,95	ND	19,74
5	93690	4195	631,61	790,77	23495	164,27	44,67	36,76	10,1	ND	7,99
6	175375	ND	603,35	796,63	45165	308,35	46,67	55,03	11,3	1,62	14,54
7	192540	1649	542,87	724,94	39380	268,71	44,77	64,36	4,71	ND	11,13
8	197945	1072	463,07	650,38	41480	292,53	53,64	63,64	3,96	ND	11,45
9	188075	ND	510,90	684,50	40150	282,53	43,06	53,75	4,75	ND	12,02
10	170310	ND	769,30	710,55	33220	229,18	39,72	47,59	4,78	ND	10,69
11	194330	1566	869,26	1076,6	50230	337,19	72,41	81,30	5,94	ND	19,33
12	129720	1612	479,27	318,78	26840	105,6	25,57	43,78	4,33	ND	10,01
Min.	**93690**	**1072**	**463,07**	**318,78**	**23495**	**105,60**	**25,57**	**36,76**	**3,24**	**1,10**	**7,99**
Max.	**215460**	**4195**	**916,31**	**1076,6**	**50230**	**337,19**	**72,41**	**57,06**	**11,3**	**1,62**	**19,74**
Ort.	**173763**	**2154**	**611,24**	**691,95**	**37653**	**254,52**	**46,72**	**77,90**	**5,74**	**1,36**	**12,77**

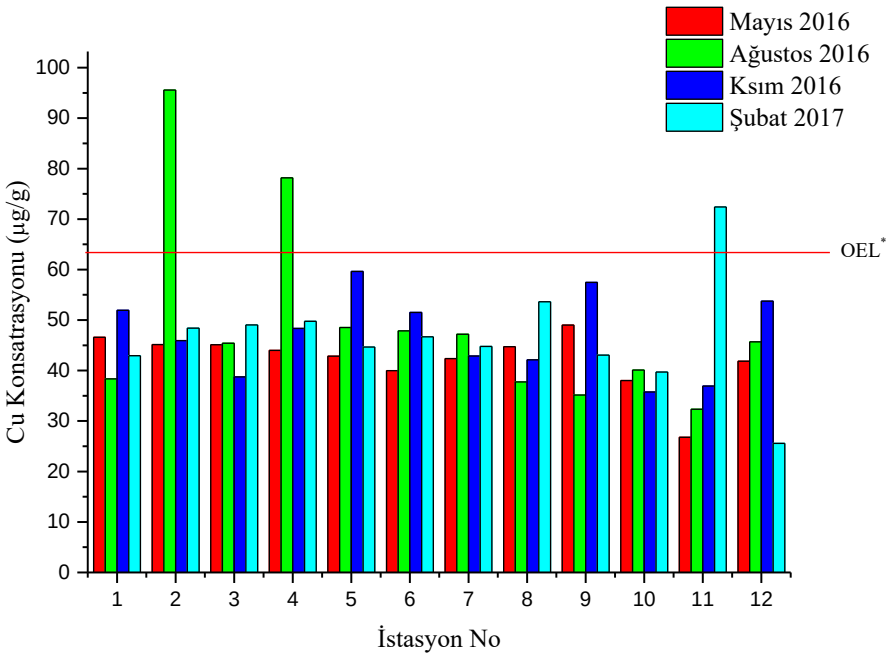
Örneklerin ortalama değerleri göz önüne alınarak uluslararası "tatlısu sediment kalitesi" kriterlerine göre (**Tablo 20**) değişimleri ile birlikte Cu, Ni, Cr, As, Zn ve Pb elementlerine ait konsantrasyon değişimleri Şekil **30-36**'da verilmiştir.

Tablo 20 Tatlısu sediment kalitesi değerlendirme kriterleri*

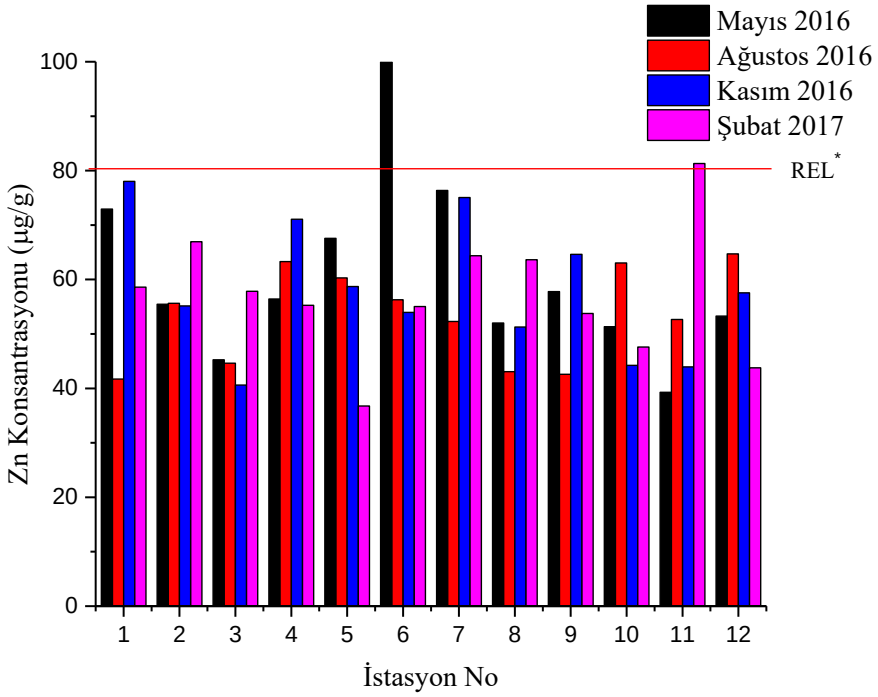
		Konsantrasyonlar (µg/g)				
	Element	**REL**	**TEL**	**OEL**	**PEL**	**FEL**
	Arsenik	4,1	5,9	7,6	17	23
	Krom	25	37	57	90	120
	Bakır	22	36	63	200	700
Metal	Kurşun	25	35	52	91	150
	Civa	0,094	0,17	0,25	0,49	0,87
	Nikel	ND	ND	47	ND	ND
	Çinko	80	120	170	310	770

REL: rare effect level (nadir etki seviyesi)
TEL: threshold effect level (eşik etki seviyesi)
OEL: occassional effect level (geçici etki seviyesi)
PEL: probable effect level (mümkün etki seviyesi)
FEL: frequent effect level (yaygın etki seviyesi)

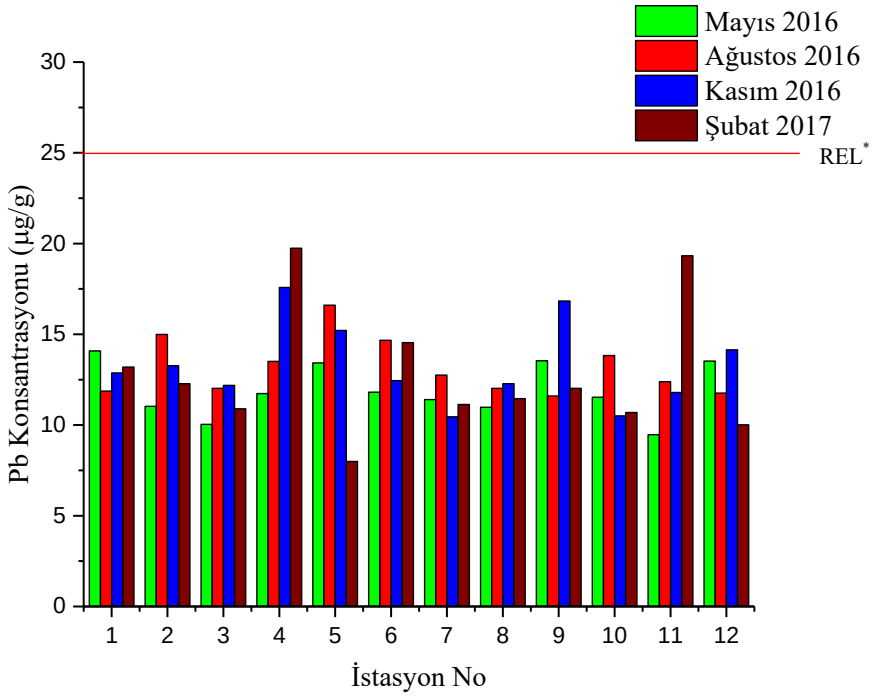
* Environment Canada and Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec. 2007, "Criteria for the Assessment of Sediment Quality in Quebec and Application Frameworks: Prevention, Dredging and Remediation" 39 p



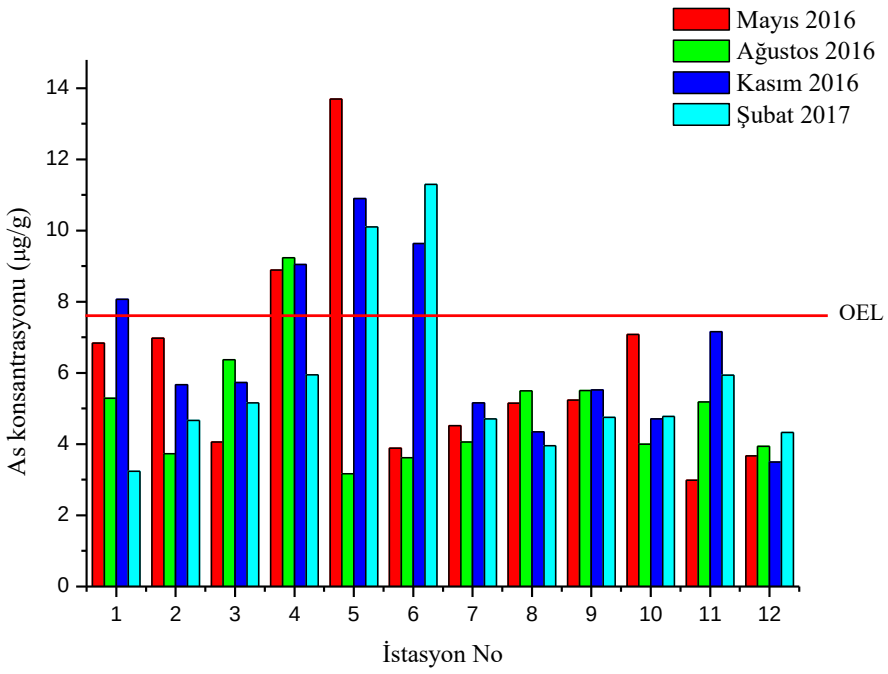
Şekil 30 Cu konsantrasyonun mevsimsel değişimi



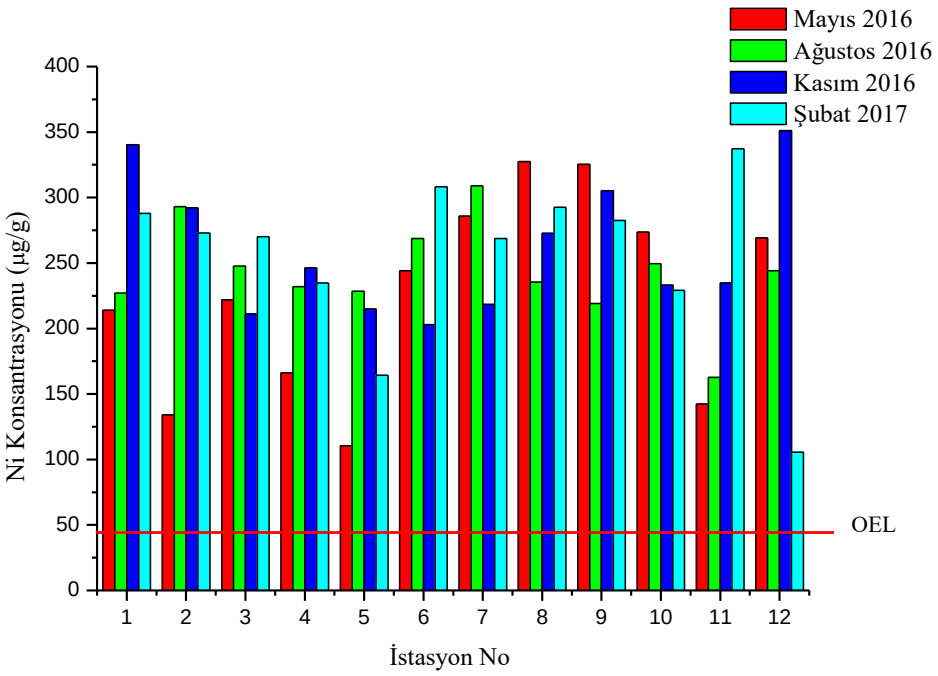
Şekil 31. Zn konsantrasyonun mevsimsel değişimi



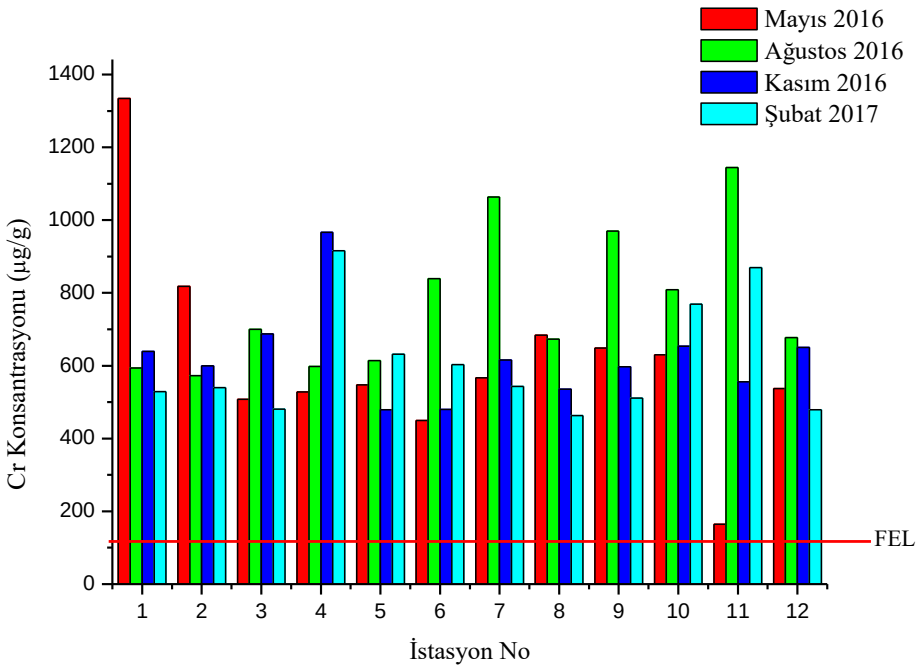
Şekil 32. Pb konsantrasyonun mevsimsel değişimi



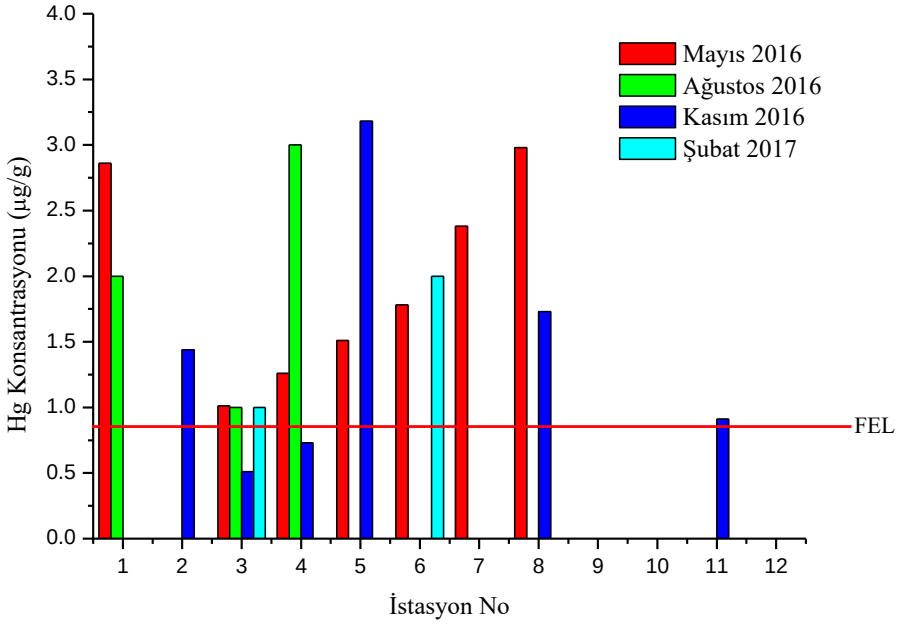
Şekil 33. As konsantrasyonun mevsimsel değişimi



Şekil 34. Ni konsantrasyonun mevsimsel değişimi

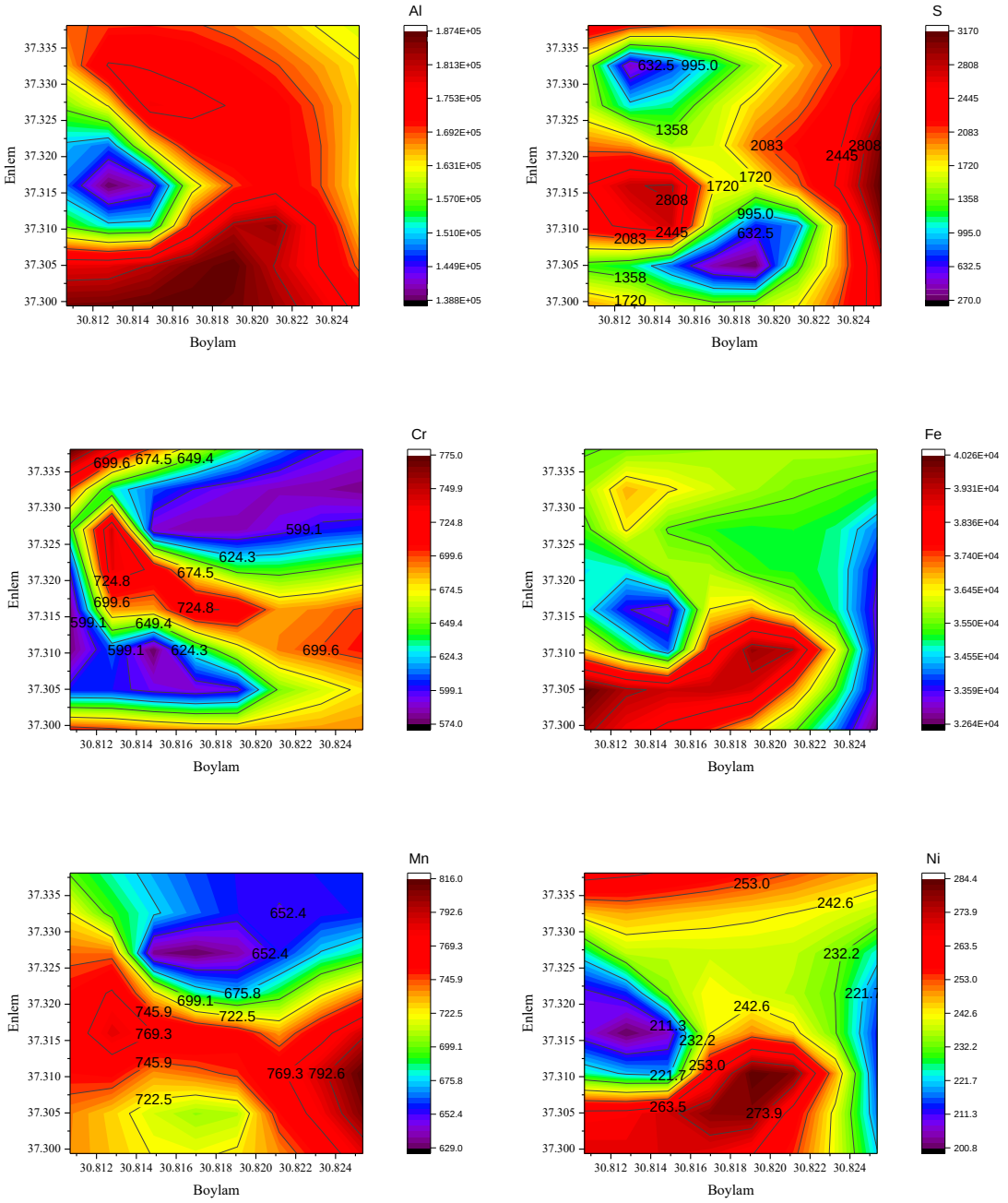


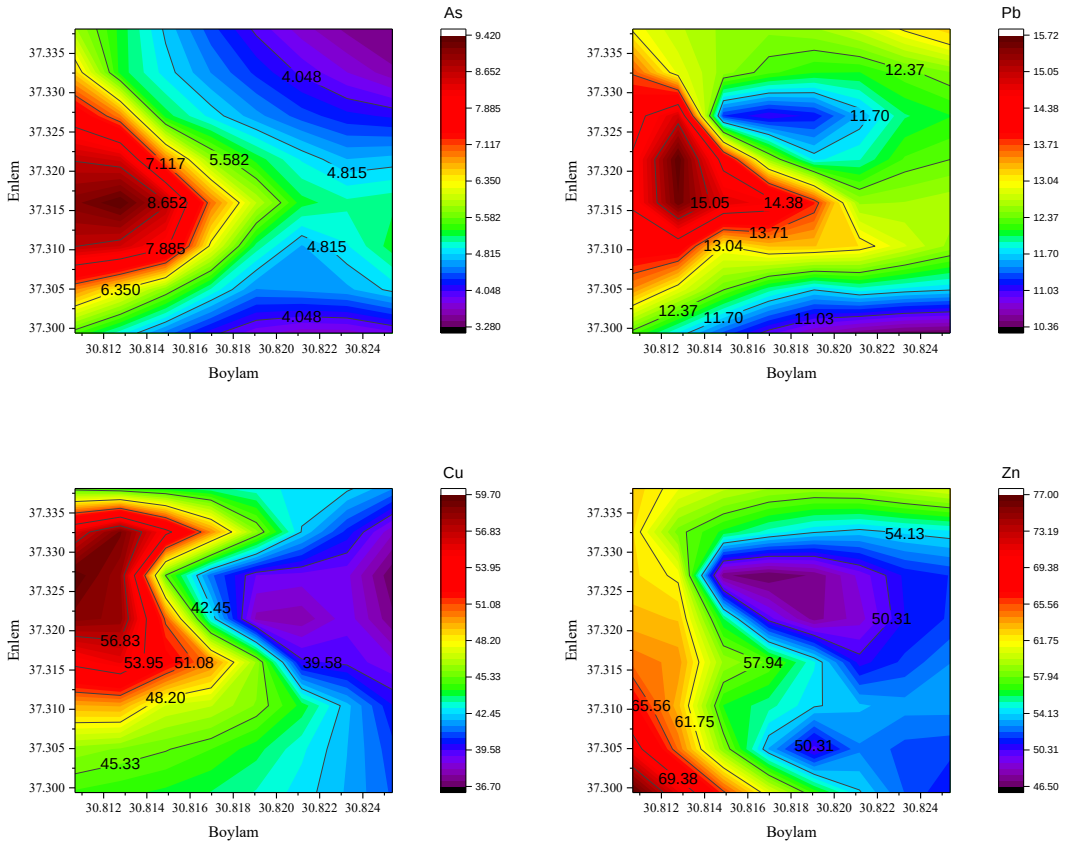
Şekil 355. Cr konsantrasyonun mevsimsel değişimi



Şekil 36. Hg konsantrasyonun mevsimsel değişimi

Dönemlerin ortalaması alınarak sediment örneklerindeki elementlerin enlem ve boylama göre sayaç haritaları aşağıdaki şekilde elde edilmiştir (**Şekil 37)**.





Şekil 37 Sediment matrisleri için sayaç haritaları (Counter map)

Kayaların parçalanma, taşınma, tortulanma gibi süreçlerden geçmesi ve insan aktiviteleri sonucunda deniz ve göl diplerindeki ağır metal birikimi yıllar geçtikçe artmaktadır. Suda çözünür halde bulunan metaller çökerek sedimentte birikir, özellikle de nehirlerin göl ve denizlerle birleştiği geniş kısımlarda ağır metallerin birikimi daha yoğundur.

Çalışma sonucunda; sediment örneklerinde Al, S, Cr, Mn, Fe, Ni Cu, Zn, As, Hg ve Pb elementleri tespit edilebilmiştir. Örnekleme noktası ve mevsimsel değişim tabloları aşağıdaki tablolarda yer almaktadır (**Tablo 16-19**). Örneklerin ortalama değerleri göz önüne alınarak Cu, Ni, Cr, As, Zn ve Pb elementlerine ait konsantrasyon değişimleri Şekil **30-36**' da verilmiştir.

***Alüminyun (Al*)**: Al değeri her istasyonda tespit edilmiş olup, Mayıs 2016 döneminde 125866-195070 ppm (min-max), Ağustos 2016 döneminde 128095-187970 ppm (min-max), Kasım 2016 döneminde 151335-195085 ppm (min-max) ve Şubat 2017 döneminde 93690-215460 ppm (min-max) olarak ölçülmüştür. Dönemlerin ortalama değerleri, Karuskopf 'un (Krauskopf ve Bird, 1995) yer kabuğundaki *ortalama* bolluğu değeri (80000 ppm) ile kıyaslandığında büyük olduğu görülmüştür.

Kükürt (S): S değerleri Mayıs 2016 döneminde 6,7,8,9,10 istasyonlarında dedeksiyon limitleri altında olması sebebiyle gözlenmiştir. Bu dönemde min-max aralığı 1298-10160 ppm

olarak ölçülmüştür. Ağustos 2016 döneminde 2 ve 8 istasyonlarında tespit edilememiştir. Değişim aralığı 1683-6895 ppm dir. Kasım 2016 da 2,8,10,11,12 istasyonlarında tespit edilememiştir. Bu dönemde min-max aralığı 1552-2960 ppm olarak ölçülmüştür. Şubat 2017 döneminde 2,3,4,6,9,10 istasyonlarında tespit edilememiştir. Değişim aralığı 1072-4195 ppm dir. Yer kabuğunda ortalama *bolluk* değeri 2400 ppm dir.

***Krom (Cr)*:** Krom elementi tüm dönem ve istasyonlarda tespit edilmişitir. Tüm dönemler dikkate alındığında 164,21-1334,60 ppm (min-max) aralığında değiştiği gözlenmiştir. Uluslararası tatlısu sediment kalitesi kriterlerine göre bakıldığında; Cr elementinin etki seviyesinin *yaygın etki seviyesi* (FEL)' nin üzerinde olduğu görülmüştür. Kir veTumantozlu (2012) yaptıkları çalışmada sediment aralığını 41-125 ppm olarak tespit etmişlerdir.

***Mangan (Mn)*:** Mangan elementi tüm dönem ve istasyonlarda, Mayıs 2016 döneminde 596,36-981,90 ppm (min-max), Ağustos 2016 döneminde 620,36-981,81 ppm (min-max), Kasım 2016 döneminde 668,42-880,63 ppm (min-max), Şubat 2017 döneminde 318,78-1076,6 ppm (min-max) aralıklarında tespit edilmiştir. Yer kabuğunda ortalama *bolluk* değeri 850 ppm dir. Aynı noktada Kir veTumantozlu (2012) yaptıkları çalışmada sediment aralığını 305-558 ppm olarak tespit etmişlerdir.

***Demir (Fe)*:** Fe değerleri tüm mevsim dikkate alındığında 13700-50230 ppm aralığında değişmiştir. Diğer göllerde yapılan çalışmalarda da demir konsatrasyonları gözlenmiştir (**Tablo 21**). Genel olarak konsatrasyon değerleri benzerlik arz etmektedir. Krauskopf ve Bird'ün (1995) yer kabuğundaki *ortalama* bolluğu değeri (47200 ppm) ile kıyaslandığında bizim değerlerimizin ortalaması daha düşük çıkmıştır.

***Nikel (Ni)*:** Ni elementinin çalışmamızdaki değişim aralığı 105,60-350,99 ppm arasındadır. Uluslararası tatlısu sediment kalitesi kriterlerine göre bakıldığında; Ni elementinin etki seviyesinin *geçici etki* seviyesi (OEL)'nin üzerinde olduğu görülmüştür.

***Bakır (Cu)*:** Bakır elementi tüm dönem ve örnekleme noktalarında gözlenmiştir. Değişim aralığı 25,57-95,56 ppm' dir. Uluslararası tatlısu sediment kalitesi kriterlerine göre bakıldığında; Kasım 2016 dönemi 2 ve 4 nolu istayonda, Şubat 2017 dönemi 11 nolu istasyonda Cu elementinin etki seviyesi *geçici etki* seviyesi (OEL)'nin üzerinde olduğu diğer değerlerin bunun altında kaldığı gözlenmiştir.

***Çinko (Zn)*:** Zn elementi tüm dönem ve istasyonlar dikkate alındığında 36,76-100,70 ppm aralığında değişmiştir. Mayıs 2016 dönemi 6 nolu istasyon haricindenki tüm noktaların konsantrasyonlarının etki seviyesi *nadir etki* seviyesi (REL)'nin altındadır.

***Arsenik (As)*:** Arsenik elementinin çalışmadaki konsantrasyon aralığı (min-max) 2,99-13,70 ppm olarak tespit edilmiştir. 4 nolu istasyonda Mayıs 2016, Ağustos 2016 ve Kasım 2016 dönemleri, 5 nolu istasyonda Mayıs 2016, Kasım 2016 ve Şubat 2017 dönemleri, 6 nolu istasyonda Kasım 2016 ve Şubat 2017 dönemleri ve 1 nolu istasyonda Kasım 2016 dönemi

dikkate alındığında As elementinin etki seviyesi *geçici etki* seviyesi (OEL)'nin üzerinde olduğu diğer değerlerin bunun altında kaldığı gözlenmiştir.

***Civa (Hg)*:** Civa elementi Mayıs 2016 döneminde 1,3,4,5,6,7,8 nolu istasyonlarında, Ağustos 2016 döneminde 1,3,4 nolu istasyonlarında, Kasım 2016 döneminde 2,3,4,5,8,11 nolu istasyonlarında ve Şubat 2017 döneminde 3,6 nolu istasyonlarında tespit edilebilmiştir. Konsatrasyon aralığı (min-max) 0,51-3,18 ppm'dir. Kasım 2016 dönemi 3 ve 4 nolu istasyonlar hariç tüm değerler *yaygın etki seviyesi* (FEL)'nin üzerinde olduğu görülmüştür.

***Kurşun (Pb)* :** Kurşun elenemti tüm dönem ve noktalarda tespit edilmiştir. çalışmadaki konsantrasyon aralığı (min-max) 7,99-19,74 ppm olarak değişmektedir. Aynı noktada Kir ve Tumantozlu (2012) yaptıkları çalışmada sediment aralığını 3 ppm olarak tespit etmişlerdir. Uluslararası tatlısu sediment kalitesi kriterlerine göre bakıldığında; Pb elementinin *nadir etki seviyesi* (REL)'nin,altında olduğu gözlenmiştir.

Ülkemizde farklı araştırmacılar tarafından baraj göllerinde yapılan çalışmalar **Tablo 21**' de görülmektedir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde özelikle AAS ve ICP türü spektroskopi yöntemleri kullanılarak analizlerin yapıldığı görülmektedir. Bölgesel jeolojik farklılıklara bağlı olarak elementel konsantrasyon farklılıkları oluşmuştur. Çalışma bölgemizde yapılan daha önceki sediment analizleri sonuçları dikkate alındığında bizim çalışmamızda S, Ni Cu, As ve Hg elementleri ilave olarak tespit edilmiştir. Farklı spektroskopik yöntemler kullanılması sonucunda elementler arsında konsantrasyon farklılıkları gözlenmiştir.

Tablo 21. Ülkemizdeki farklı baraj gölü sedimentlerinde element konsantrasyonları

	µg/g (ppm)										
	Al	**S**	**Cr**	**Mn**	**Fe**	**Ni**	**Cu**	**Zn**	**As**	**Hg**	**Pb**
Atatürk Barajı[a]	-	-	-	73,6-514,07	12587-19265	43,69-139,69	14,57-22,7	59,14-60,79	-	-	-
Seyhan Barajı[b]	-	-	118,95	803,63	39350	-	19,80	39,09	-	-	-
Karacaören II Barajı[c]	3,314-1068	-	41-125	305-558	7430-14680	-	-	19-330	-	-	3
Avşar Barajı[d]	-		14,48	-	25268	29,99	29,98	-	-	-	2.44
Enne Barajı[e]	-	-	59,08	626,40	34030	136,82	27,84	272,00	-	-	88,96
Porsuk Barajı[e]	-	-	78,40	642,80	36550	159,12	26,08	656,40	-	-	90,00
Gökçekaya Barajı[f]			421		16918	153	165	312,56	42,98	-	121.24
Çalışmada (min-max)	93690-215460	1072-10160	164,21-1334,60	318,78-1076,6	13700-50230	105,60-350,99	25,57-95,56	36,76-100,70	2,99-13,70	0,51-3,18	7,99-19,74

[a] Karadede ve Ünlü, 2000
[b] Çevik, 2009
[c] Kir veTumantozlu, 2012
[d] Öztürk,2009
[e] Uysal, 2010
[f] Akın ve Kırmızıgül, 2017

4.4. Sediment Örneklerinde Radyoaktivite Değerleri

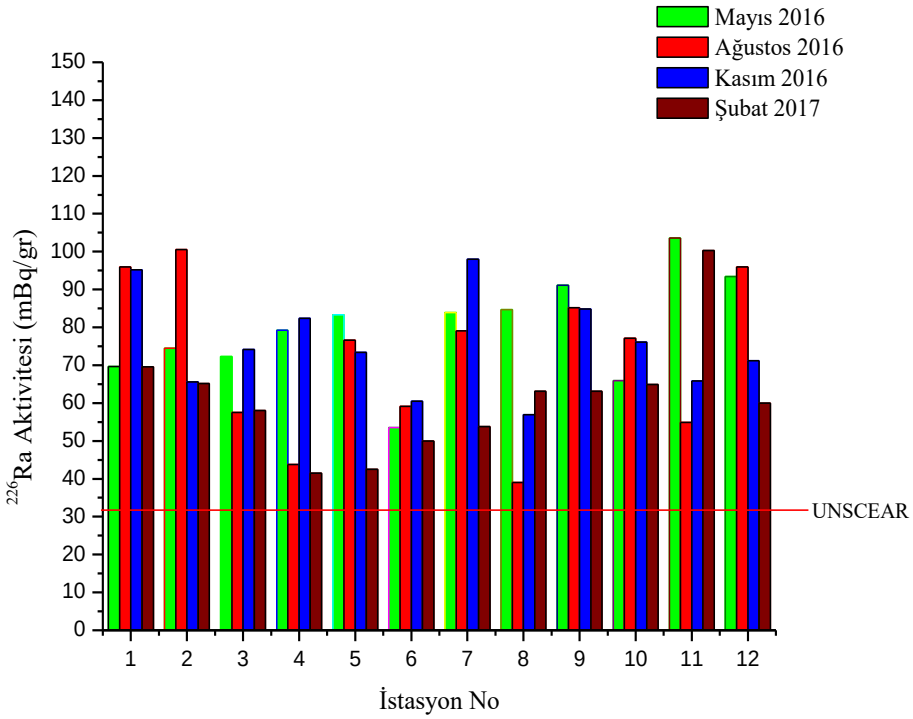
Sediment örneklerinde ^{226}Ra, ^{232}Th ve ^{40}K radyonüklitlerinin Mayıs 2016, Ağustos 2016, Kasım 2016 ve Şubat 2017 dönemlerine ait radyoaktivite değerleri **Tablo 22** ve **23**' te ve mevsimsel karşılaştırılması **Şekil 38-40**'da görülmektedir.

Tablo 22 Sediment örneklerinde Mayıs 2016 ve Ağustos 2016 dönemlerine ait radyoaktivite

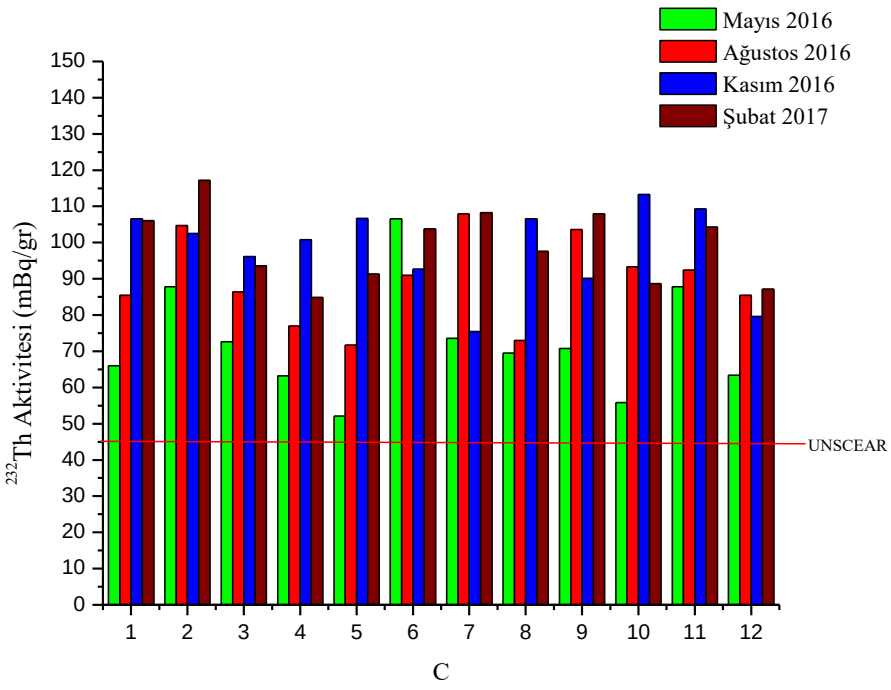
NO	Mayıs 2016			Ağustos 2016		
	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
1	69,63	65,99	637,77	95,94	85,44	764,02
2	74,53	87,79	731,30	100,56	104,71	951,74
3	72,25	72,60	804,50	57,49	86,39	644,79
4	79,25	63,17	701,32	43,75	76,98	535,37
5	83,30	52,10	670,04	76,64	71,72	730,34
6	53,55	106,55	728,76	59,15	90,94	632,24
7	83,90	73,59	922,59	79,08	107,96	768,22
8	84,63	69,52	723,61	39,01	72,940	568,50
9	91,15	70,79	868,77	85,15	103,56	668,29
10	65,88	55,81	849,81	77,12	93,31	714,18
11	103,58	87,82	1242,64	54,90	92,38	712,65
12	93,37	63,38	867,41	95,94	85,44	764,02

Tablo 23. Sediment örneklerinde Kasım 2016 ve Şubat 2017 dönemlerine ait radyoaktivite

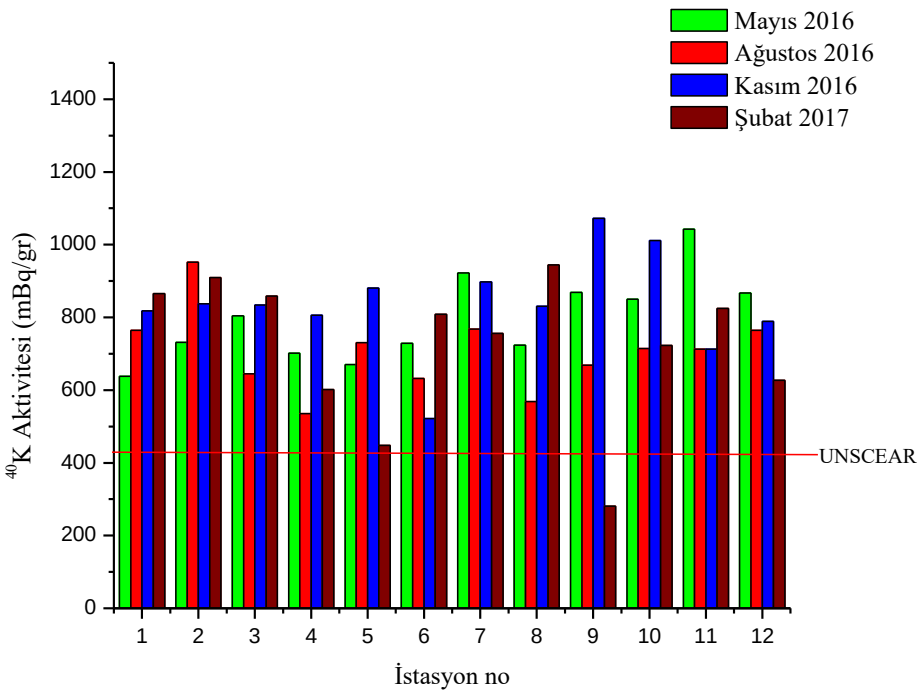
NO	Kasım 2016			Şubat 2017		
	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
1	95,23	106,54	817,84	69,54	106,09	865,48
2	65,59	102,52	837,00	65,20	117,14	909,37
3	74,18	96,16	833,83	58,02	93,62	858,20
4	82,41	100,81	806,40	41,48	84,82	601,68
5	73,40	106,67	880,47	42,48	91,26	448,25
6	60,50	92,68	521,46	49,99	103,73	808,84
7	98,00	75,43	897,93	53,75	108,26	756,12
8	56,97	106,52	830,22	63,16	97,549	944,30
9	84,85	90,09	1072,64	63,10	107,96	280,42
10	76,07	113,24	1010,51	64,94	88,70	722,89
11	65,87	109,31	712,63	90,28	104,24	825,07
12	71,18	79,60	788,95	60,00	87,12	627,11



Şekil 38. Sediment örneklerinde ^{226}Ra konsantrasyonun mevsimsel değişimi



Şekil 39. Sediment örneklerinde ^{232}Th konsantrasyonun mevsimsel değişimi



Şekil 40 Sediment örneklerinde 40K konsantrasyonun mevsimsel değişimi

***UNSCEAR**: Birleşmiş Milletler Atom Radyasyonun Etkileri Bilimsel Komitesi

Sediment örneklerinde ^{226}Ra, ^{232}Th ve ^{40}K radyonüklitlerinin tespiti sonrası Mayıs 2016, Ağustos 2016, Kasım 2016 ve Şubat 2017 dönemlerine ait radyoaktivite değerleri **Tablo 22** ve **23**' te ve mevsimsel karşılaştırılması **Şekil 38-40** 'da görülmektedir. Tüm örnekler mevsimsel farklılıklara bakılmaksızın dikkate alındığında ^{226}Ra aktivite aralığının 41,48-103,58 mBg/gr, ^{232}Th aktivite aralığının 52,10-107,96 mBg/gr ve ^{40}K aktivite aralığının 448,25-1242,64 mBg/gr aralığında bulunmuştur. Birleşmiş Milletler Atom Radyasyonun Etkileri Bilimsel Komitesi'nin (UNSCEAR) dünya üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda sediment örneklerinde ^{226}Ra için dünya ortalamasını 32 Bqkg^{-1}, ^{232}Th için dünya ortalamasını 45 Bqkg^{-1} ve ^{40}K için dünya ortalamasını 420 Bqkg^{-1} olarak belirlemiştir (UNSCEAR, 2000). Ülkemizde Eroğlu ve Kabadayı, (2013) yılında yaptıkları çalışmada Altınkaya ve Derbent baraj göllerinden aldıkları sediment örneklerinde ^{226}Ra, ^{232}Th ve ^{40}K aktivitelerini sırasıyla; 19,5-18,8, 27,7-25,5 ve 460-365 (Bq/kg) olarak bulmuşlardır. Kobya, v.d., (2015) yılında Deriner, Borçka ve Muratlı baraj göllerinden aldıkları sediment örneklerinde sırasıyla; ^{226}Ra aktivitesini 15,8-3,7-14,4 (Bq/kg) olarak, ^{232}Th aktivitesini 13,9-12,5-30,0 (Bq/kg) ve ^{40}K aktivitesini de 551,5-473,8-491,7 (Bq/kg) olarak belirlemişlerdir. Çalışma bölgesi yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında daha yüksek çıkmıştır. Bölge deki maden işlemeciliği alanında mermer ve granit madenlerinin fazlalığı göze çarpmaktadır (URL-7). Uranyum, toryum, radyum ve radonun zengin olarak bulunduğu kayaç grupları ise metamorfik kayaçlar, granit türü kayaçlar, organik madde içeren tortullar, kumtaşları ve karbonatlı tortul kayaçlardır. Mağmatik kayaçlardaki uranyum ve toryum bulunabilirliği, mağmanın kökenindeki uranyum ve toryum konsantrasyonlarının değişimi ve mağmatik kristalizasyon ile yakından ilişkilidir. Mağmatik kayaçlardaki uranyum ve toryum içeriği asit kayaçlardan bazik kayaçlara doğru gidildikçe azalmaktadır (Varol, 2011). Baraj gölü yakınlarındaki bu yapının göl sedimentinde de görülmesi aktivite değerlerinin yüksekliğine sebebiyet verebilmektedir. Ayrıca Türk Atom Enerjisi Kurumu'nun (TAEK) Türkiye genelinde yaptığı doğal ve yapay radyoaktivite çalışmalarına bakıldığında bölge civarının diğer bölgelere nazaran daha yüksek aktivite değerlerine ulaştığı görülmüştür (TCRA,2013).

4.5. Balık Örneklerinde Metal Değerleri

Balık örneklerinin kas, solungaç, böbrek ve karaciğer kısımlarının EDXRF sistemindeki analizleri sonrası dönemsel değişimleri aşağıdaki tablolarda (**Tablo 24-27**) verilmiştir. Mn, Fe, Zn, Cu ve Pb konsantrasyonun mevsimsel ortalaması **Şekil 39'** da görülmektedir.

Tablo 24. Balık örneklerinin solungaçlarında element analizi (µg/g)

Mayıs 2016										
NO	**Al**	**S**	**Cr**	**Mn**	**Fe**	**Ni**	**Cu**	**Zn**	**As**	**Pb**
1	6250	25920	ND	40,89	239	ND	37,95	847,44	ND	12,57
2	6325	25830	ND	41,16	238	ND	37,89	846,84	ND	12,63
3	6400	25740	ND	41,42	238	ND	37,82	847,55	ND	12,69
4	6475	25650	ND	41,69	237	ND	37,75	847,61	ND	12,75
5	6550	25560	ND	41,96	236	ND	37,68	847,66	ND	12,81
Ort.	**6400**	**25740**	**-**	**41,42**	**238**	**-**	**37,88**	**847,42**	**-**	**12,69**

Ağustos 2016										
NO	**Al**	**S**	**Cr**	**Mn**	**Fe**	**Ni**	**Cu**	**Zn**	**As**	**Pb**
1	6625	27475	ND	46,21	509	ND	80,83	1805	ND	13,95
2	6767	26347	ND	41,98	382	ND	83,15	1863,1	ND	12,63
3	6784	27284	ND	54,26	402	ND	79,42	1779,9	ND	11,42
4	6993	27702	ND	45,44	313	ND	88,15	1788,5	ND	12,62
5	6943	27349	ND	58,74	262	ND	79,13	1780,1	ND	12,43
Ort.	**6823**	**27231**	**-**	**49,32**	**374**	**-**	**84,94**	**1803,6**		**12,61**

Kasım 2016										
NO	**Al**	**S**	**Cr**	**Mn**	**Fe**	**Ni**	**Cu**	**Zn**	**As**	**Pb**
1	7960	32990	ND	60,18	1766	ND	243,6	2510	ND	14,51
2	7810	33210	ND	61,14	1740	ND	245,7	2537	ND	14,18
3	7290	33590	ND	59,23	1792	ND	250,8	2560	ND	14,74
4	7650	33370	ND	60,82	1814	ND	238,5	2490	ND	14,63
5	7582	33980	ND	61,01	1748	ND	236,3	2508	ND	14,32
Ort.	**7658**	**33428**	**-**	**60,48**	**1772**	**-**	**243**	**2521**	**-**	**14,48**

Şubat 2017										
NO	**Al**	**S**	**Cr**	**Mn**	**Fe**	**Ni**	**Cu**	**Zn**	**As**	**Pb**
1	7355	28701	ND	52,36	1536	ND	148,6	2130	ND	14,01
2	7355	22915	ND	45,24	1288	ND	152,4	2269	ND	14,08
3	7355	31575	ND	57,45	1738	ND	168,1	2436	ND	13,34
4	7355	29366	ND	53,52	1596	ND	140,7	2297	ND	14,13
5	7355	32961	ND	59,18	1696	ND	148,9	2032	ND	12,32
Ort.	**7627**	**29103**	**-**	**53,55**	**1570**	**-**	**151,7**	**2233**	**-**	**13,58**

Tablo 25. Balık örneklerinin kaslarında element analizi (µg/g)

Ağustos 2016										
NO	**Al**	**S**	**Cr**	**Mn**	**Fe**	**Ni**	**Cu**	**Zn**	**As**	**Pb**
1	5196	41023	ND	ND	343	ND	72,71	245,22	ND	14,01
2	5963	42369	ND	ND	298	ND	70,63	245,87	ND	12,99
3	6023	44423	ND	ND	321	ND	69,65	243,11	ND	13,17
4	6042	40231	ND	ND	294	ND	68,77	244,72	ND	13,6
5	6250	40326	ND	ND	327	ND	72,13	246,54	ND	12,96
Ort.	**5895**	**41674**	-	-	**317**	-	**70,78**	**245,09**	-	**13,34**

Kasım 2016										
NO	**Al**	**S**	**Cr**	**Mn**	**Fe**	**Ni**	**Cu**	**Zn**	**As**	**Pb**
1	6470	38870	ND	ND	741	ND	88,26	316,76	ND	15,59
2	6380	38560	ND	ND	733	ND	88,11	314,43	ND	14,81
3	6480	39350	ND	ND	745	ND	90,46	321,07	ND	14,45
4	6440	38950	ND	ND	740	ND	89	317,51	ND	14,95
5	6560	39660	ND	ND	754	ND	90,61	323,36	ND	15,23
Ort.	**6466**	**39078**	-	-	**743**	-	**89,29**	**318,63**	-	**15,01**

Mayıs 2016										
NO	**Al**	**S**	**Cr**	**Mn**	**Fe**	**Ni**	**Cu**	**Zn**	**As**	**Pb**
1	5880	46680	ND	ND	243	ND	62,75	235,19	ND	13,22
2	6365	46850	ND	ND	245	ND	62,80	235,87	ND	12,41
3	4910	46350	ND	ND	241	ND	62,65	233,84	ND	13,22
4	6042	46740	ND	ND	244	ND	62,71	234,42	ND	12,20
5	6850	47020	ND	ND	246	ND	62,84	236,55	ND	11,61
Ort.	**6009**	**46728**			**244**		**62,75**	**235,17**		**12,53**

Şubat 2017										
NO	**Al**	**S**	**Cr**	**Mn**	**Fe**	**Ni**	**Cu**	**Zn**	**As**	**Pb**
1	6082	41870	ND	ND	644	ND	80,96	313,59	ND	15,43
2	6111	40560	ND	ND	655	ND	78,11	308,14	ND	14,51
3	6039	40353	ND	ND	695	ND	83,78	282,54	ND	12,72
4	6445	42363	ND	ND	720	ND	81,8	260,36	ND	12,26
5	6156	39956	ND	ND	723	ND	91,36	294,26	ND	13,86
Ort.	**6167**	**41020**	-	-	**688**	**6,55**	**83,2**	**291,78**	-	**13,76**

Tablo 26. Balık örneklerinin karaciğerlerinde element analizi (µg/g)

Mayıs 2016										
NO	**Al**	**S**	**Cr**	**Mn**	**Fe**	**Ni**	**Cu**	**Zn**	**As**	**Pb**
1	5290	59080	34,61	44,73	6960	ND	43,50	1588,1	5,61	11,30
2	5230	59140	33,85	44,26	6830	ND	42,90	1532,7	5,54	10,70
3	5150	59260	33,72	45,97	7020	ND	44,00	1604,9	6,02	10,58
4	5340	58320	35,20	42,84	6870	ND	43,80	1625,2	5,32	11,06
5	5430	58900	35,50	43,48	6900	ND	43,10	1571,3	5,21	11,30
Ort.	**5288**	**58940**	**34,58**	**44,26**	**6916**	**-**	**43,46**	**1584,4**	**5,54**	**10,99**

Ağustos 2016										
NO	**Al**	**S**	**Cr**	**Mn**	**Fe**	**Ni**	**Cu**	**Zn**	**As**	**Pb**
1	5449	56126	35,64	46,07	6612	ND	44,80	1508,7	5,33	11,64
2	5335	55000	34,52	45,15	6352	ND	43,75	1425,4	5,15	10,91
3	5356	53927	35,06	47,81	6388	ND	45,76	1460,5	5,48	11,01
4	5981	50155	39,42	47,98	5908	ND	49,05	1397,7	4,58	12,39
5	6082	56721	35,85	43,91	6645	ND	43,53	1513,2	5,02	11,41
Ort.	**5640**	**54386**	**36,1**	**46,18**	**6381**	**-**	**45,38**	**1461,1**	**5,11**	**11,47**

Kasım 2016										
NO	**Al**	**S**	**Cr**	**Mn**	**Fe**	**Ni**	**Cu**	**Zn**	**As**	**Pb**
1	5960	52630	54,85	52,06	5360	ND	47,30	1384,5	5,71	11,52
2	5570	50520	53,64	50,65	5180	ND	46,10	1335,2	4,64	13,1
3	5670	51690	55,9	52,52	5350	ND	47,80	1372,5	3,87	15,54
4	5740	51520	54,7	51,85	5270	ND	47,10	1364,3	4,74	13,38
5	5896	52890	56,15	53,02	5420	ND	48,20	1397,8	4,86	13,72
Ort.	**5767**	**51850**	**55,05**	**52,02**	**5316**	**-**	**47,30**	**1370,9**	**4,76**	**13,45**

Şubat 2017										
NO	**Al**	**S**	**Cr**	**Mn**	**Fe**	**Ni**	**Cu**	**Zn**	**As**	**Pb**
1	5662	49999	52,11	53,62	5521	ND	48,71	1315,3	5,42	11,87
2	5180	46984	49,89	51,66	5284	ND	47,22	1241,7	4,32	13,36
3	5160	47038	50,87	57,77	5885	ND	52,58	1249	3,52	17,09
4	4936	44307	47,04	58,59	5955	ND	53,22	1173,3	4,08	15,12
5	5678	50933	54,07	53,55	5474	ND	48,68	1346,1	4,68	13,86
Ort.	**5323**	**47852**	**50,79**	**55,03**	**5624**	**-**	**50,04**	**1265,1**	**4,4**	**14,25**

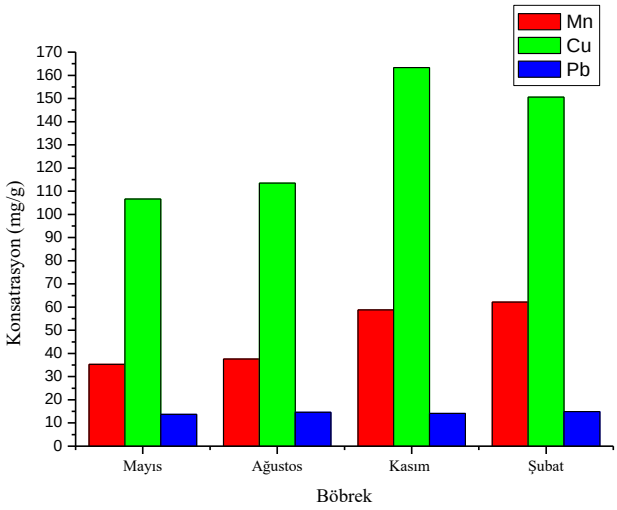
Tablo 27. Balık örneklerinin böbreklerinde element analizi (µg/g)

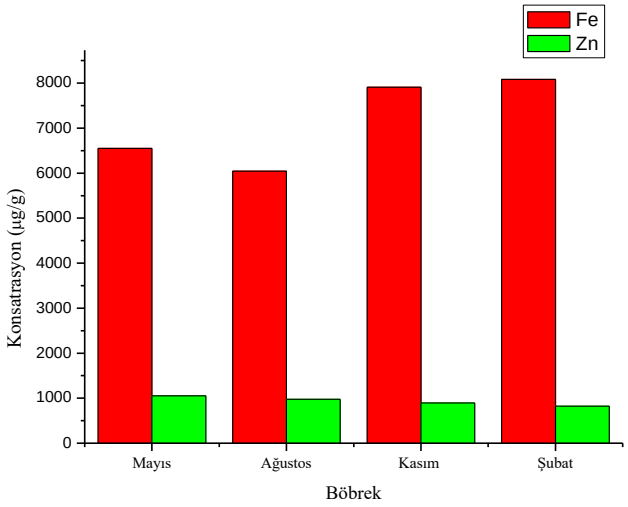
Mayıs 2016										
NO	**Al**	**S**	**Cr**	**Mn**	**Fe**	**Ni**	**Cu**	**Zn**	**As**	**Pb**
1	5950	36690	65,32	36,54	6601	11,04	107,69	1077,8	3,4	15,06
2	5620	36580	66,4	35,26	6592	10,69	107,28	1066,0	5,2	12,61
3	5440	35970	64,58	35,93	6500	10,54	106,25	1045,8	5,13	14,26
4	5615	35750	64,24	34,81	6474	11,24	105,32	1032,6	4,91	13,84
5	5280	36470	67,47	33,99	6581	10,33	106,87	1054,1	6,41	12,61
Ort,	**5581**	**36292**	**65,6**	**35,31**	**6549**	**10,77**	**106,68**	**1055,3**	**5,01**	**13,68**

Ağustos 2016										
NO	**Al**	**S**	**Cr**	**Mn**	**Fe**	**Ni**	**Cu**	**Zn**	**As**	**Pb**
1	6129	34856	67,28	37,64	6271	11,37	110,9	1023,9	3,23	15,51
2	5732	34019	67,73	35,97	6131	10,9	109,4	991,38	4,84	12,86
3	6202	32733	73,62	40,96	5915	12,02	121,1	951,68	4,67	16,26
4	6289	30745	71,95	38,99	5568	12,59	118	888,04	4,22	15,5
5	6082	35121	68,35	34,43	6338	10,46	108,3	1015,1	6,17	12,77
Ort,	**6087**	**33494**	**69,78**	**37,59**	**60,4**	**11,46**	**113,5**	**974,1**	**4,62**	**14,58**

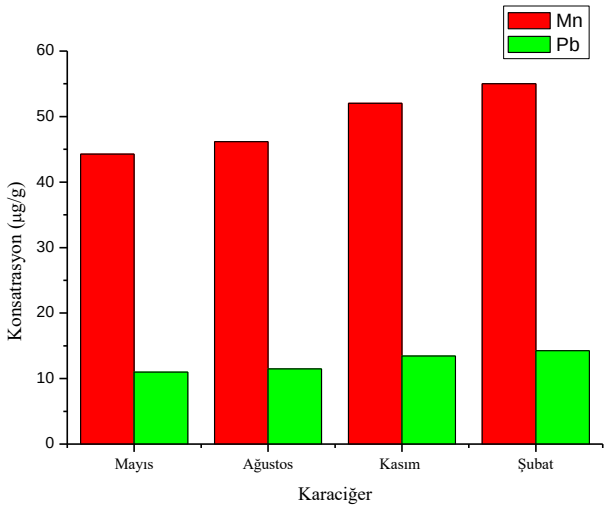
Kasım 2016										
NO	**Al**	**S**	**Cr**	**Mn**	**Fe**	**Ni**	**Cu**	**Zn**	**As**	**Pb**
1	6160	39610	82,17	60,98	8100	16,53	160,5	920,13	4,21	14,53
2	6050	37860	80,24	57,92	7840	17,95	163,7	862,81	5,84	13,75
3	5920	39550	79,85	57,26	7960	17,32	167	902,32	6,09	14,39
4	5840	38420	81,45	59,58	7730	18,12	164,4	895,45	4,89	13,92
5	5970	38940	79,51	58,27	7910	16,85	161,1	887,88	5,07	14,05
Ort,	**5988**	**38876**	**80,64**	**58,8**	**7908**	**17,35**	**163,3**	**893,72**	**5,22**	**14,13**

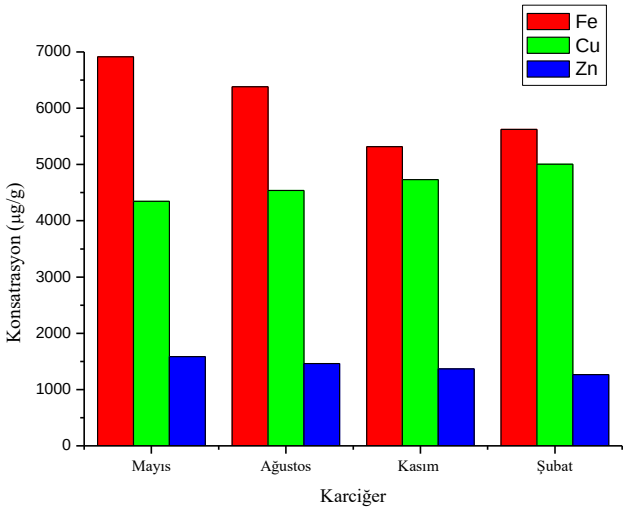
Şubat 2017										
NO	**Al**	**S**	**Cr**	**Mn**	**Fe**	**Ni**	**Cu**	**Zn**	**As**	**Pb**
1	5852	37630	78,06	62,81	8343	15,70	152,5	874,12	4,01	14,97
2	5627	35210	74,62	59,08	7997	16,69	152,2	802,41	5,43	14,03
3	5387	35991	72,66	62,99	8756	15,76	152	821,11	5,54	15,83
4	5022	33041	70,05	67,33	7344	15,58	141,4	770,09	4,21	15,73
5	5749	37499	76,57	58,85	7989	16,23	155,1	855,03	4,88	14,19
Ort,	**5527**	**37874**	**74,39**	**62,21**	**8085**	**15,99**	**150,6**	**824,55**	**4,81**	**14,95**


Mn
Cu
Pb
Konsatrasyon (mg/g)
Mayıs
Ağustos
Kasım
Şubat
Böbrek

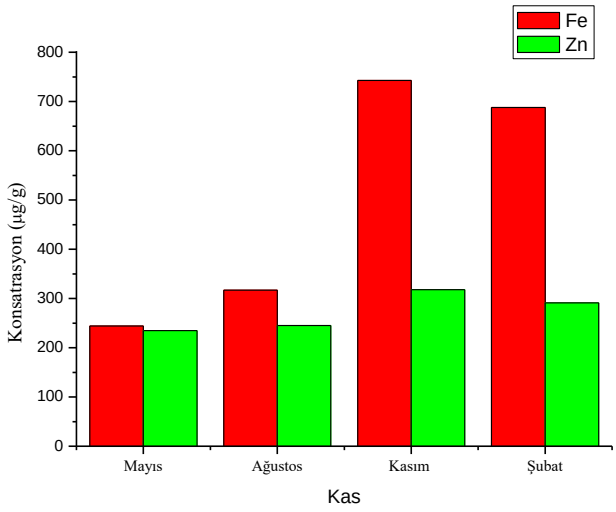

Fe
Zn
Konsatrasyon (µg/g)
Mayıs
Ağustos
Kasım
Şubat
Böbrek

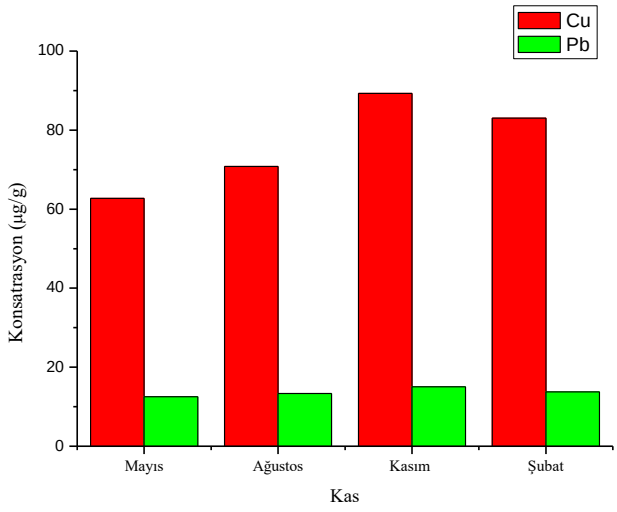
a)


Mn
Pb
Konsatrasyon (µg/g)
Mayıs
Ağustos
Kasım
Şubat
Karaciğer

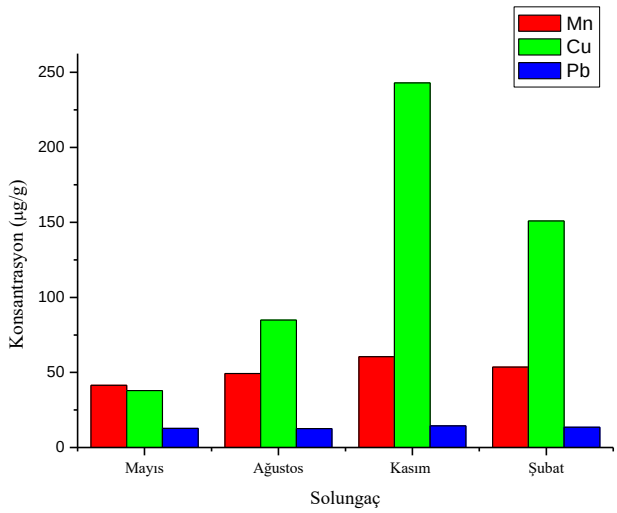

Fe
Cu
Zn
Konsatrasyon (µg/g)
Mayıs
Ağustos
Kasım
Şubat
Karciğer

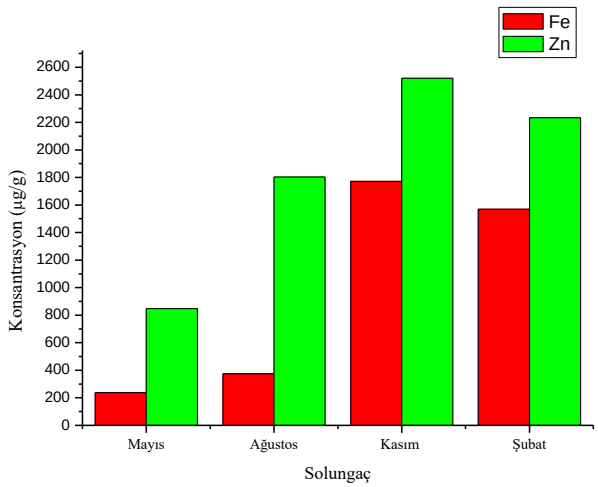
b)





c)





d)

Şekil 41. Balık örneklerindeki bazı elementlerin mevsimsel ortalamasının değişimi a) böbrek, b) Karaciğer, c) Kas, d) Solungaç

Beş farklı kafesten temin edilen balık örneklerinin kas, solungaç, böbrek ve karaciğer kısımları EDXRF sisteminde ölçülerek tüm dönemler için sonuçlar **Tablo 24-27**' de verilmiştir. Mn, Fe, Zn, Cu ve Pb konsantrasyonun mevsimsel ortalaması **Şekil 41'** de görülmektedir. Al, S, Fe, Cu, Zn ve Pb elementleri balık örneklerinin her kısmında ve dönemde birikme görülmüştür. Cr ve As solungaç ve kaslarda birikim göstermezken karaciğer ve böbreklerde tespit edilmiştir. Ni elementi yalnız böbrek örneklerinde tespit edilmiştir. Mn elementi ise kaslarda dedeksiyon limitlerinin altında iken solungaç, karaciğer ve böbreklerde gözlenebilmiştir. Metallerin genel değerlendirmesinde böbrek ve karaciğerlerdeki birikimin solungaç ve kas dokuya göre daha fazla biriktiği gözlenmiştir. Al, S, Cu ve Zn elementlerindeki birikimlere mevsimsel açıdan bakıldığında Ağustos-Kasım dönemlerinin Mayıs-Şubat dönemlerine göre daha yüksek konsantrasyona sahip oldukları görülmektedir. Uluslaraarası organizasyonlarının farklı balık örnekleri için belirledikleri limit değerlerine bakıldığında; Cu elementi için 120 μg/g (US-EPA), 30 mg/kg (FAO 1983), 20 mg/kg (WHO 1996) belirlenmiştir. Çalışmada tüm örneklerin ortalama değerleri dikkate alındığında solungaçlarda 130 μg/g, kaslarda 77 μg/g, karaciğerde 47 μg/g ve böbreklerde 134 μg/g olarak görülmektedir. Pb elementi için; 2 mg/kg (WHO 1996), 0,5 mg/kg (FAO 1983) ve 4,0 μg/g (EPA) değerleri verilmiş iken, çalışmamızda ise solungaçlarda 13 μg/g, kaslarda 14 μg/g, karaciğerde 13 μg/g ve böbreklerde 14 μg/g olduğu görülmektedir. As miktarı üzerine yapılan çalışmada Avustralya ve Yeni Zelanda yiyecek standartlarına göre tavsiye edilen miktar 2 μg/g (ANZFA,2011) ve EPA standartlarına göre ise 1,3 μg/g olarak belirlenmiştir.Bu değerleri referans alarak Waheed, vd., 2013 yılında farklı tür balıklarda As miktarının belirlemek amaçlı yaptıkları çalışmada As konsantrasyonun Karaciğer>Kas>Solungaç şeklinde değiştiğini gözlemişlerdir. Kas ve Karaciğerdeki konsantrasyonların WHO/FAO ve EPA standartlarının üzerinde olduklarını gözlemlemişlerdir. Çalışmamızda As konsantrasyonu karaciğerde (4,96 μg/g) ve böbreklerde (4,92 μg/g) ölçülmüş, kas ve solungaçlarda dedeksiyon limitlerinin altında kalmıştır. Balık örneklerinde Tarım Bakanlığı'nın gıda maddelerinde bulunabilen belirli bulaşanların maksimum miktarlarını belirlemek üzere hazırladığı TGK tebliğine bakıldığında (TGK, 2008); Hg ve Cd elementlerinin dedeksiyon limiti altında kalması sebebiyle tespiti yapılamamıştır. Pb miktarı ise tebliğde belirtilen 0.30 mg/kg miktarının üzerinde yer aldığı görülmüştür.

Tumantozlu, H. 2010 ve Kir, İ., Tumantozlu, H. 2012 Baraj gölünden alınan (*Cyprinus carpio* L., 1758) örneklerinin bazı doku ve organlarında ICP tekniği ile yapılan ağır metal analizleri sonucunda; Fe ve Zn her mevsimde bütün dokularda, Cu sadece ilkbahar-2009'da karaciğerde, Pb sadece ilkbahar-2009'da karaciğer ve solungaçta tespit etmişlerdir. Mn Yaz-2009, Sonbahar-2009 ve Kış-2010'da sadece kasta, Al sadece Sonbahar-2009'da karaciğerde, Sr ise sadece Sonbahar-2009 ve Kış-2010'da karaciğer dokusunda analiz

limitinin altında bulunmuştur. Cr, Cd ve Hg tüm mevsimlerde hiçbir doku ve organda tespit edilemediklerini belirtmişlerdir.

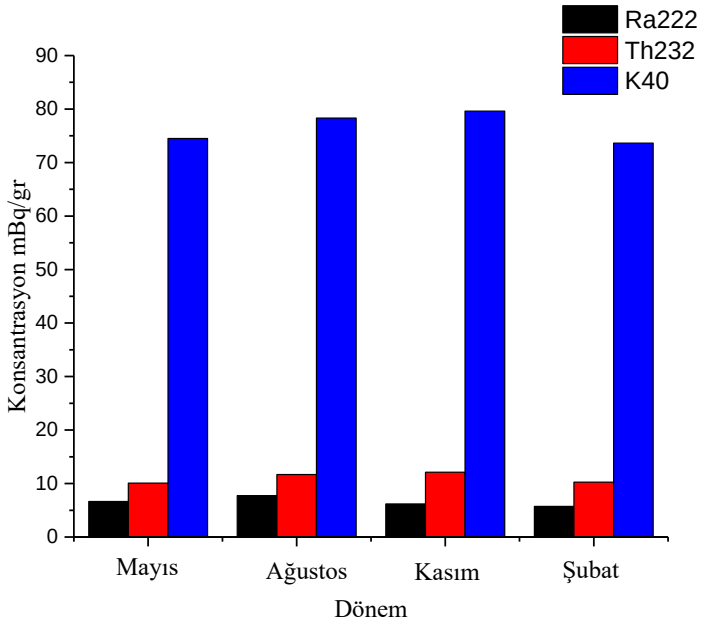
Literatürdeki çalışmalarda göstermektedir ki; metal bikrimi özelikle karaciğer dokularında olmaktadır. Bunun başında karaciğer fonksiyonları ve metabolik olarak katif bir organ olmasıdır. Bu özelliği vücut için toksik etki yapabilecek birçok metali bünyesinde tutabilmesidir. Solungaçlar ise bulunduğu su ve sediment ortamında ilk temas eden organ olması açısından kaynaklanabilmektedir. Kas dokularında daha az tespiti aktif bir organ olarak gösterilmemesi düşünülmektedir.

4.6. Balık Örneklerinde Radyoaktivite Değerleri

Balık örneklerinin radyoaktivite analizlerinde kas, solungaç, böbrek ve karaciğer örnekleri birleştirilerek ölçümler alınmıştır. Bunun temel nedeni özelikle karaciğer, solungaç ve böbrek numunelerinin miktar olarak az olmaları yeterli gama spektrumu görünümünü zorlaştırmasıdır. Literatürde benzer çalışmalarda da örneklerin bir bütün olarak analizleri yapılmıştır (NandhaKumari vd., 2014; Abdellah vd., 2017). ^{226}Ra, ^{232}Th ve ^{40}K radyonüklitlerinin Mayıs 2016, Ağustos 2016, Kasım 2016 ve Şubat 2017 dönemlerine ait radyoaktivite değerleri **Tablo 28**' de görülmektedir. Örneklerin ortalama aktivite değerlerinin mevsimsel değişimi **Şekil 42**' de verilmiştir.

Tablo 28. Balık numunelerinde radyoaktivite değerleri

Dönem	NO	Aktivite (mBq/gr)					
		^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	Ortalama		
					^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
Mayıs 2016	1	5,94	10,10	67,91	6,64	10,08	74,49
	2	8,43	10,65	65,36			
	3	7,23	9,35	61,23			
	4	6,23	10,02	86,65			
	5	5,37	10,29	91,34			
Ağustos 2016	1	5,53	14,95	88,89	7,75	11,67	78,33
	2	7,35	11,25	80,32			
	3	7,53	10,60	70,36			
	4	9,11	9,18	69,96			
	5	9,25	12,37	82,13			
Kasım 2016	1	6,20	12,87	79,20	6,19	12,12	79,61
	2	7,90	10,01	69,01			
	3	5,89	11,87	86,43			
	4	4,09	12,09	78,90			
	5	6,87	13,77	84,52			
Şubat 2017	1	4,14	8,95	74,09	5,73	10,27	73,64
	2	5,09	10,76	77,92			
	3	6,52	11,76	69,98			
	4	7,90	10,01	69,01			
	5	4,98	9,87	77,21			



Şekil 42. Balık Örneklerinde ortalama aktivitelerinin mevsimsel değişimi

Balık örneklerinin ^{226}Ra, ^{232}Th ve ^{40}K radyonüklitlerinin Mayıs 2016, Ağustos 2016, Kasım 2016 ve Şubat 2017 dönemlerine ait radyoaktivite değerleri **Tablo 28** 'te görülmektedir. Örneklerin ortalama aktivite değerlerinin mevsimsel değişimi **Şekil 42**' de verilmiştir. Mevsimsel dağılışı aşağıdaki gibidir (mBq/gr);

^{226}Ra için; Ağustos (7,75) >Mayıs (6,64) > Kasım (6,19) >Şubat (5,73)

^{232}Th için; Kasım (12,12) >Ağustos (11,67) > Şubat (10,27) > Mayıs (10,08)

^{40}K için; Kasım (79,61) > Ağustos (78,33) > Mayıs (74, 49) > Şubat (73,64)

Erentürk, vd., 2014 Van Gölü'nden alınan 12 balık örneğinde yaptıkları radyoaktif analizler sonucunda ^{238}U 0,57 Bq/kg), ^{232}Th (0,022 Bq/kg) ve ^{40}K (319 Bq/kg) ortalama aktivite değerleri elde etmişlerdir. Toplam alfa konsatrasyonu 47 Bq/kg iken toplam beta konsatrasyonu 470 Bq/kg tespit edilmişitir. Atomik radyasyonun etkileri uluslararası bilim komitesi balık örnekleri için ^{226}Ra konsantrasyonu için referans değerini 100 (mBq/kg) olarak belirlemiştir (UNSCEAR, 2000).

4.7. Sediment Jeo Birikim İndeksi (I_{geo}) Değerleri

Sediment örneklerinde metal kirliliğini belirlemek için kullanılacak jeoakümülasyon indeksi değerleri hesaplanarak tüm dönemler için **Tablo 29-32'** de verilmiştir.

Tablo 29. Mayıs 2016 dönemi sediment jeoakümülasyon indeksi değerleri

No	Al	S	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Hg	Pb
1	0,38	-0,96	3,31	-0,86	-1,11	1,07	-0,54	-0,97	-1,5	2,25	-1,09
2	0,35	-1,01	2,60	-0,90	-1,37	0,40	-0,58	-1,36	-1,48		-1,44
3	0,58	-1,36	1,91	-1,16	-1,03	1,12	-0,58	-1,66	-2,26	0,74	-1,58
4	0,37	-0,63	1,97	-0,99	-1,25	0,70	-0,62	-1,34	-1,13	1,07	-1,36
5	0,12	-0,15	2,02	-0,84	-1,52	0,11	-0,66	-1,08	-0,51	1,33	-1,16
6	0,60		1,74	-0,84	-0,95	1,26	-0,76	-0,50	-2,32	1,57	-1,34
7	0,64		2,07	-0,78	-0,84	1,49	-0,67	-0,90	-2,19	1,99	-1,40
8	0,67		2,34	-0,72	-0,73	1,68	-0,59	-1,45	-1,92	2,31	-1,45
9	0,70		2,26	-0,70	-0,75	1,67	-0,46	-1,30	-1,90		-1,15
10	0,65		2,22	-0,56	-0,80	1,42	-0,83	-1,47	-1,46		-1,38
11	0,07	1,50	0,28	-0,38	-2,37		-1,33	-1,86	-2,71		-1,66
12	0,63	-1,47	1,99	-0,60	-0,86	1,40	-0,69	-1,42	-2,41		-1,15

Tablo 30 Ağustos 2016 dönemi sediment jeoakümülasyon indeksi değerleri

No	Al	S	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Hg	Pb
1	0,35	-0,92	2,14	-1,04	-1,12	1,15	-0,82	-1,77	-1,88	0,63	-1,34
2	0,52		2,09	-0,85	-0,85	1,52	0,50	-1,36	-2,38		-1,00
3	0,29	-0,89	2,38	-0,94	-1,0	1,28	-0,57	-1,68	-1,61	0,51	-1,35
4	0,09	0,28	2,15	-0,38	-1,08	1,19	0,21	0,01	-1,08	2,05	-1,15
5	0,36	0,73	2,19	-0,91	-1,03	1,16	-0,48	-1,24	-2,62		-0,85
6	0,51	0,20	2,64	-0,87	-0,92	1,40	-0,50	-1,34	-2,43		-1,03
7	0,65	-0,65	2,98	-0,83	-0,82	1,60	-0,52	-1,45	-2,26		-1,23
8	0,48		2,32	-0,90	-1,03	1,21	-0,84	-1,73	-1,82		-1,32
9	0,27	-1,10	2,84	-0,61	-1,07	1,10	-0,94	-1,74	-1,82		-1,37
10	0,36	0,46	2,58	-0,90	-1,12	1,29	-0,75	-1,18	-2,28		-1,12
11	0,24	0,94	3,08	-0,94	-1,42	0,67	-1,06	-1,44	-1,91		-1,28
12	0,47	0,49	2,33	-0,94	-1,13	1,26	-0,56	-1,14	-2,31		-1,35

Tablo 31 Kasım 2016 dönemi sediment jeoakümülasyon indeksi değerleri

No	Al	S	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Hg	Pb
1	0,52	-0,28	2,24	-0,53	-0,80	1,74	-0,38	-0,87	-1,27		-1,22
2	0,59		2,15	-0,78	-0,77	1,52	-0,56	-1,37	-1,78	1,26	-1,18
3	0,48	-1,18	2,35	-0,93	-1,11	1,05	-0,80	-1,81	-1,77	-0,23	-1,30
4	0,55	-1,20	2,84	-0,69	-0,83	1,27	-0,48	-1,00	-1,11	0,28	-0,77
5	0,33	-0,53	1,83	-0,68	-0,89	1,07	-0,18	-1,28	-0,84	2,41	-0,98
6	0,44	-0,92	1,83	-0,78	-0,96	0,99	-0,39	-1,40	-1,02		-1,27
7	0,58	-0,47	2,19	-0,85	-1,05	1,10	-0,65	-0,92	-1,92		-1,52
8	0,69		1,99	-0,87	-0,88	1,42	-0,68	-1,47	-2,16	1,53	-1,29
9	0,70	-1,21	2,15	-0,84	-0,74	1,58	-0,23	-1,14	-1,82		-0,83
10	0,59		2,27	-0,88	-1,09	1,19	-0,92	-1,69	-2,05		-1,51
11	0,50		2,04	-0,58	-0,90	1,20	-0,87	-1,70	-1,45	0,60	-1,35
12	0,64		2,27	-0,69	-0,68	1,78	-0,33	-1,31	-2,48		-1,09

Tablo 32 Şubat 2017 dönemi sediment jeoakümülasyon indeksi değerleri

No	Al	S	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Hg	Pb
1	0,68	-0,35	1,97	-1,12	-0,99	1,50	-0,65	-1,28	-2,59		-1,19
2	0,71		2,00	-1,00	-0,86	1,42	-0,48	-1,09	-2,06		-1,29
3	0,84		1,83	-1,01	-0,83	1,40	-0,46	-1,30	-1,92	0,87	-1,46
4	0,21		2,76	-0,88	-0,93	1,20	-0,44	-1,37	-1,71		-0,60
5	0,36	0,22	2,23	-0,69	-1,59	0,69	-0,60	-1,95	-0,95		-1,91
6	0,55		2,16	-0,68	-0,65	1,60	-0,53	-1,37	-0,79	1,43	-1,04
7	0,68	-1,13	2,01	-0,81	-0,85	1,40	-0,59	-1,15	-2,05		-1,43
8	0,72	-1,75	1,78	-0,97	-0,77	1,52	-0,33	-1,16	-2,30		-1,39
9	0,65		1,92	-0,90	-0,82	1,47	-0,65	-1,41	-2,04		-1,32
10	0,51		2,51	-0,84	-1,09	1,17	-0,77	-1,58	-2,03		-1,49
11	0,70	-1,20	2,69	-0,24	-0,50	1,72	0,10	1,22	-1,71		-0,63
12	0,11	-1,16	1,83	-2,00	-1,40	0,05	-1,40	-1,70	-2,17		-1,58

Sediment örneklerinin hesaplanan jeobirikim indeksleri **(Tablo 29-32**), **Tablo 6**' da verilen kriterlere göre değerlendirilmesi yapıldığında;

Mayıs dönemi S elementi için 11 nolu koordinatta ortalama kirlenme, Al için kirlenme yok ile ortalama kirlenme arası, Cr elementi için kirlenme yok ile şiddetli kirlenme arası, Ni ve Hg elementleri için kirlenme yok ile ortalama kirlenme var arası durumlar gözlenmektedir.

Ağustos dönemi değerlerinden gözüküyor ki Al ve S kirliliği kirlenme yok ile ortalama kirlenme arasında, Cr kirliliği ortalama-şiddetli arası kirlenme ile şiddetli kirlenme arasında, Ni

kirliliği kirlenme yok ile ortalama kirlenme var arasında, Hg kirliliği ise kirlenme yok ile ortalama-şiddetli arası kirlenme var durumdadır.

Kasım dönemi Al elementi için insan kaynaklı kirlenmenin kirlenme yok ile ortalama kirlenme arasında olduğunu, Cr elementi için ortalama-şiddetli arası kirlenmenin olduğu, Ni için ortalama kirlenmenin ve Hg elementi için kirlenme yok ile ortalama-şiddetli arası kirlenmenin mevcut olduğunu gösteriyor.

Şubat dönemi indeksi değerlerinden 5 nolu koordinata ait S elementi ve Al elementi için kirlenme yok ile ortalama kirlenme arası insan kaynaklı kirliliğin olduğu saptanmıştır. Cr kirliliği ortalama ile ortalama-şiddetli arası düzeyde, 11 nolu koordinat için Zn kirliliği ortalama düzeydedir. Hg ve Ni ise kirlenme yok ile ortalama arası kirlilik ile ortalama kirlilik göstermektedir.

4.8. Sediment Zenginleştirme Faktörü (*EF*) Değerleri

Göl içerisinde insan kaynaklı kirlenme ve kirleticilere bağlı metal kirliliğinin değerlendirilmesinde kullanılacak zenginleştirme faktörü değerleri tüm dönemler için hesaplanarak aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir (**Tablo 33-36)**.

Tablo 33 Mayıs 2016 dönemi sediment örneklemleri için zenginleştirme faktörü değerleri

No	Al	S	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Hg	Pb
1	2,81	0,39	7,58	0,42	0,36	1,61	0,53	0,39	0,27	3,66	0,36
2	3,30	0,39	4,74	0,42	0,30	1,03	0,52	0,30	0,28		0,29
3	3,06	0,26	2,52	0,30	0,33	1,46	0,45	0,21	0,14	1,12	0,22
4	3,08	0,50	3,03	0,39	0,32	1,26	0,50	0,31	0,35	1,62	0,30
5	3,12	0,83	3,72	0,51	0,32	0,99	0,58	0,43	0,65	2,30	0,41
6	2,94		2,19	0,37	0,34	1,57	0,39	0,47	0,13	1,96	0,26
7	2,78		2,69	0,37	0,36	1,80	0,40	0,34	0,15	2,55	0,24
8	2,65		3,17	0,38	0,38	2,01	0,42	0,23	0,17	3,12	0,23
9	2,74		2,96	0,38	0,37	1,96	0,45	0,25	0,16		0,28
10	2,74		2,98	0,43	0,37	1,71	0,36	0,23	0,23		0,25
11	5,42	2,69	1,16	0,73	0,18		0,38	0,26	0,15		0,30
12	2,82	0,23	2,56	0,43	0,35	1,70	0,40	0,24	0,12		0,29

T**ablo 34** Kasım 2016 dönemi sediment örneklemleri için zenginleştirme faktörü değerleri

No	Al	S	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Hg	Pb
1	2,78	0,42	3,45	0,38	0,36	1,75	0,45	0,23	0,21	1,22	0,31
2	2,57		2,97	0,39	0,39	2,01	0,99	0,27	0,13		0,35
3	2,53	0,44	4,25	0,43	0,40	1,99	0,55	0,26	0,27	1,17	0,33
4	2,25	1,14	4,15	0,72	0,44	2,13	1,09	0,94	0,44	3,89	0,42
5	2,61	1,29	3,55	0,42	0,38	1,75	0,56	0,33	0,13		0,43
6	2,70	0,80	4,36	0,38	0,37	1,85	0,50	0,28	0,13		0,34
7	2,77	0,41	5,03	0,36	0,36	1,93	0,45	0,23	0,13		0,27
8	2,86		3,56	0,38	0,35	1,65	0,40	0,22	0,20		0,29
9	2,54	0,39	5,94	0,54	0,39	1,78	0,43	0,25	0,23		0,32
10	2,78	1,08	4,68	0,42	0,36	1,91	0,46	0,35	0,16		0,36
11	3,14	1,63	7,20	0,44	0,32	1,35	0,41	0,31	0,23		0,35
12	3,05	1,01	3,61	0,38	0,33	1,72	0,49	0,33	0,15		0,28

Tablo 35 Şubat 2017 dönemi sediment örneklemleri için zenginleştirme faktörü değerleri

No	Al	S	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Hg	Pb
1	2,50	0,57	3,30	0,48	0,40	2,32	0,54	0,38	0,29		0,30
2	2,56		2,95	0,39	0,39	1,90	0,45	0,26	0,19	1,59	0,29
3	3,00	0,32	3,64	0,38	0,33	1,48	0,41	0,20	0,21	0,61	0,29
4	2,60	0,30	4,90	0,42	0,38	1,65	0,49	0,34	0,32	0,83	0,40
5	2,34	0,55	2,81	0,50	0,43	1,67	0,70	0,33	0,44	4,20	0,40
6	2,64	0,39	2,62	0,43	0,38	1,47	0,56	0,28	0,36		0,31
7	3,11	0,48	3,05	0,37	0,32	1,43	0,43	0,35	0,18		0,23
8	2,96		2,46	0,34	0,34	1,66	0,39	0,22	0,14	1,79	0,25
9	2,71	0,27	2,72	0,34	0,37	1,84	0,52	0,28	0,17		0,35
10	3,20		3,22	0,36	0,31	1,52	0,35	0,21	0,16		0,23
11	2,64		2,91	0,47	0,38	1,62	0,39	0,22	0,26	1,07	0,28
12	2,49		3,09	0,40	0,40	2,21	0,51	0,26	0,12		0,30

Tablo 36 Ağustos 2017 dönemi sediment örneklemleri için zenginleştirme faktörü değerleri

No	Al	S	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Hg	Pb
1	3,18	0,49	2,44	0,29	0,31	1,76	0,40	0,26	0,10		0,27
2	2,98		2,44	0,30	0,34	1,63	0,44	0,29	0,15		0,25
3	3,18		1,98	0,28	0,31	1,47	0,40	0,23	0,15	1,02	0,20
4	2,19		5,88	0,47	0,46	2,00	0,64	0,34	0,26		0,57
5	2,35	1,49	5,99	0,79	0,43	2,06	0,85	0,33	0,66		0,34
6	2,29		3,06	0,43	0,44	2,07	0,47	0,26	0,40	1,85	0,33
7	2,88	0,29	2,51	0,35	0,35	1,64	0,41	0,28	0,15		0,23
8	2,82	0,18	2,08	0,31	0,36	1,74	0,48	0,27	0,12		0,23
9	2,76		2,41	0,34	0,36	1,77	0,41	0,24	0,16		0,26
10	3,02		4,02	0,39	0,33	1,58	0,41	0,24	0,17		0,25
11	2,28	0,27	3,98	0,52	0,44	2,04	0,66	1,44	0,19		0,40
12	2,85	0,41	3,28	0,23	0,35	0,96	0,35	0,28	0,21		0,31

Sediment örneklerinin hesaplanan zenginleştirme faktörü **Tablo 33-36**' da verilmiştir. Zenginleştirme faktörü indeksinin değerlendirilmesi ise **Tablo 7**'de verilen kriterlere göre gerçekleştirilmiştir. Buna göre;

Mayıs dönemi zenginleştirme faktörü değerlerine bakıldığı zaman S (11 nolu koordinat hariç), Mn, Fe, Cu, Zn, As ve Pb elementlerinde insan kaynaklı bir zenginleştirme görülmemektedir. Ancak Al ve Cr elementlerinde küçük ve orta-şiddetli arası zenginleştirmeler mevcuttur. S elementi (sadece 11 nolu koordinat için) ve Ni elementi küçük zenginleştirmeler, Hg elementi ise küçük ve ortalama arası zenginleştirmeler göstermektedir.

Ağustos dönemi Mn, Fe, Cu, Zn, As ve Pb elementlerinde zenginleştirme olmadığı; Al elementi için küçük ve ortalama zenginleştirmeler, S elementi için zenginleştirmenin olmadığı ve küçük zenginleştirmelerin olduğu, Cr elementi için küçük zenginleştirme ile ortalama-şiddetli arası zenginleştirmenin olduğu, Ni elementi için küçük zenginleştirmelerin ve Hg elementi için ise zenginleştirmenin olmadığı ve ortalama zenginleştirmenin olduğu durumlar saptanmıştır.

Kasım dönemi zenginleştirme faktörü değerleri incelendiği zaman S, Mn, Fe, Cu, Zn, As ve Pb elementlerinde zenginleştirme olmadığı gözlenmektedir. Al ve Cr elementlerinde küçük ve orta zenginleştirmeler, Ni elementinde küçük zenginleştirmeler ve Hg elementinde ise zenginleştirmenin olmadığı, küçük ve ortalama zenginleştirmelerin olduğu belirlenmiştir.

Şubat dönemi Mn, Fe, Cu, Zn, As ve Pb elementlerinde zenginleştirme olmadığı, S elementinde ise sadece 5 nolu koordinatta küçük zenginleştirmenin olduğu görülmüştür. Al elementi için küçük ve ortalama zenginleştirmeler, Cr elementi için küçük ve ortalama-şiddetli arası zenginleştirmeler, Ni, Hg ve 11 nolu koordinatta Zn elementi için ise küçük zenginleştirmelerin olduğu belirlenmiştir.

4.9. İstatistiksel Değerlendirme

4.9.1 Su Örneklerinin İstatistiksel Değerlendirmesi

Su örneklerinin konum ve elementeler arası mevsimsel korelasyon katsayıları tabloları aşağıda verilmiştir (**Tablo 37-40**). Tablolar yardımıyla mevsimsel değerlendirmeler yapılmıştır.

Tablo 37 Su örnekleri konum ve elementler arası Mayıs dönemi korelasyon katsayıları

	Konum	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Pb
Konum	1						
Mn	-1,000**	1					
Co	,111	-1,000**	1				
Ni	,310	-1,000**	,226	1			
Cu	,408	1,000**	,293	,556	1		
Zn	,216	1,000**	-,630	,038	-,220	1	
Pb	-,402	1,000**	,494	-,118	,465	-,581	1

Mayıs 2016 döneminde konum Co, Cu, Ni ve Zn ile pozitif ilişkiye sahipken, Pb ile negatif bir ilişkiye sahiptir. Ancak konum, bu elementlerle anlamlı bir ilişkiye sahip değildir. Co elementi Ni, Cu ve Pb elementleri ile pozitif korelasyon gösterirken Zn elementi ile negatif; Ni elementi Co, Cu ve Zn elementleri ile pozitif Pb elementi ile negatif; Cu elementi Co, Ni ve Pb elementleri ile pozitif, Zn elementi ile negatif; Pb elementi ise Co ve Cu elementleri ile pozitif, Ni ve Zn elementleri ile negatif anlamlı olmayan korelasyon göstermektedir.

Tablo 38 Su örnekleri konum ve elementler arası Ağustos dönemi korelasyon katsayıları

	Konum	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Pb
Konum	1						
Mn	-,087	1					
Co	,205	,107	1				
Ni	-,150	,109	-,321	1			
Cu	,140	-,263	,390	,284	1		
Zn	-,181	-,160	-,192	,621	,338	1	
Pb	,398	-,373	,263	,237	,378	,404	1

Ağustos 2016 döneminde konum; Mn, Ni ve Zn elementleri ile negatif, Co, Cu ve Pb elementleri ile pozitif anlamlı olmayan ilişkilere sahiptir. Mn elementi Co ve Ni elementleri ile pozitif, Cu Zn ve Pb elementleri ile pozitif; Co elementi Mn, Cu ve Pb elementleri ile pozitif, Ni ve Zn elementleri ile negatif; Ni elementi Co elementi ile negatif diğer elementlerle pozitif; Cu elementi Mn ile negatif diğer elementlerle poziti; Zn elementi Mn ve Co elementleri ile

negatif, Cu, Zn ve P ile pozitif; Pb elementi ise Mn ile negatif ilişki gösterirken diğer elementlerle pozitif ilişki göstermektedir. Ancak elementler birbirileri ile anlamlı bir ilişki göstermemektedir.

Tablo 39 Su örnekleri konum ve elementler arası Kasım dönemi korelasyon katsayıları

	Konum	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Pb
Konum	1						
Mn	-,647*	1					
Co	,567	-,516	1				
Ni	,169	-,515	,170	1			
Cu	,813**	-,565	,769**	-,134	1		
Zn	-,732**	,456	-,415	,182	-,769**	1	
Pb	-,846**	,739**	-,355	-,342	-,662*	,631*	1

Kasım 2016 döneminde konum; Mn, Zn ve Pb elementleri ile negatif ve anlamlı, Cu elementi ile pozitif ve anlamlı, Co ve Ni elementleri ile ise pozitif ve anlamlı olmayan bir ilişkiye sahiptir. Mn elementi Co, Cu ve Ni elementleri ile negatif ve anlamlı olmayan, Zn elementi ile pozitif ve anlamlı olmayan, Pb elementi ile ise pozitif ve anlamlı ilişkiye sahiptir. Co elementi Zn, pb ve Mn elementleri ile negatif ve anlamsız, Ni elementi ile pozitif ve anlamsız, Cu elementi ile ise pozitif ve anlamlı ilişkiye sahiptir. Ni elementi Mn, Cu ve Pb elementleri ile negatif, Co ve Zn elementleri ile pozitif ve anlamlı olmayan korelasyon göstermektedir. Cu elementi Mn ve Ni ile negatif ve anlamlı olmayan, Zn ve Pb elementleri ile negatif ve anlamlı, Co elementi ile ise pozitif ve anlamlı korelasyona sahiptir. Zn elementi Cu ile negatif ve anlamlı, Co ile negatif ve anlamlı olmayan, Mn, Ni ve Pb ile ise pozitif ve anlamlı olmayan korelasyon göstermektedir. Pb elementi Mn ve Zn ile pozitif ve anlamlı, Co ve Ni ile negatif ve anlamlı olmayan, Cu ile ise negatif ve anlamlı olan korelasyona sahiptir.

Tablo 40 Su örnekleri konum ve elementler arası Şubat dönemi korelasyon katsayıları

	Konum	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Pb
Konum	1						
Mn	,323	1					
Co	-,309	,041	1				
Ni	-,018	,584	,230	1			
Cu	-,178	,642*	,210	,880**	1		
Zn	-,402	-,246	-,058	,267	,324	1	
Pb	,209	,840**	,350	,391	,570	-,390	1

Şubat 2017 döneminde konum; Mn ve Pb elementleri ile pozitif ve anlamlı olmayan, Co, Ni , Cu ve Zn elementleri ile negatif ve anlamlı olmayan korelasyon göstermektedir. Mn elementi Co ve Ni ile pozitif ve anlamlı olmayan, Zn ile negatif ve anlamlı olmayan, Cu ve Pb ile pozitif ve anlamlı olan ilişkiye sahiptir. Co elementi Mn, Ni, Cu ve Pb elementleri ile pozitif ve anlamlı olmayan, Zn elementi ile ise negatif ve anlamlı olmayan ilişki göstermektedir. Ni elementi bütün elementlerle pozitif korelasyon gösterirken bunlardan sadece Cu elementi ile olan ilişki anlamlıdır. Cu elementi diğer elementlerle pozitif ilişkiye sahipken, Mn ve Ni elementi ile olan ilişkisi anlamlıdır. Zn elementi Mn, Co ve Pb elementleri ile negatif ve anlamsız ilişkiye sahipken, Cu ve Ni ile pozitif ve anlamsız ilişkiye sahiptir. Pb elementi Zn ile negatif ve anlamsız ilişki gösterirken kalan diğer elementlerle pozitif ilişki göstermektedir. Bunlardan sadece Mn ile olan ilişkisi anlamlıdır.

4.9.2 Sedimet Örneklerinin İstatistiksel Değerlendirmesi

Su örneklerinin konum ve elementeler arası mevsimsel korelasyon katsayıları tabloları aşağıda verilmiştir (**Tablo 41-44**). Tablolar yardımıyla mevsimsel değerlendirmeler yapılmıştır.

Tablo 41 Sediment örnekleri konum ve elementler arası Mayıs dönemi korelasyon katsayıları

	Konum	Al	S	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Hg	Pb
Konum	1											
Al	-,511	1										
S	,721	-,964*	1									
Cr	-,859	-,002	-,264	1								
Mn	,022	-,871	,709	,493	1							
Fe	-,772	,941	-,997**	,337	-,653	1						
Ni	-,831	,903	-,985*	,429	-,575	,995**	1					
Cu	-,993**	,609	-,798	,792	-,141	,842	,891	1				
Zn	-,236	-,715	,503	,701	,966*	-,436	-,344	,119	1			
As	,683	-,977*	,999**	-,212	,745	-,992**	-,974*	-,765	,548	1		
Hg	-,733	-,211	-,057	,978*	,664	,133	,231	,647	,834	-,004	1	
Pb	-,205	-,737	,530	,678	,974*	-,464	-,373	,088	1,000**	,574	,816	1

Mayıs 2016 dönemi için pearson korelasyon analizi incelendiği zaman Al, Cr, Fe, Ni, Cu Zn, Hg ve Pb konum ile negatif ilişkili iken, S, Mn ve As pozitif ilişkilidir. Ancak bunlardan sadece Cu elementinin konumla olan ilişkisi anlamlıdır ($p<0.05$). Elementlerin birbirileri ile olan ilişkileri incelendiği zaman Al elementi S ve As elementleri ile negatif ve anlamlı bir ilişkiye, S elementi Al ve Fe ile negatif As ile ise pozitif ve anlamlı bir ilşkiye sahiptir. Cr elementi ise sadece Hg ile pozitif ve anlamlı bir ilşkiye sahiptir. Mn elementi Hg ve Pb ile pozitif ve anlamlı bir ilişkiye, Fe elementi S ve As elementleri ile negatif Ni elementi ile ise pozitif ve anlamlı ilişkilere sahiptir.Ni elementi S ve As ile negatif ve anlamlı Fe ile ise pozitif ve anlamlı bir

ilişkiye sahipken, Cu elementi hiç bir elementle anlamlı bir ilişkiye sahip değildir. Zn, Mn ve Pb ile pozitif korelasyona ve anlamlı ilşkiye sahiptir. As elementi Al, Fe ve Ni ile negatif ve anlamlı, S ile ise pozitif ve anlamlı ilişkiye sahiptir. Hg sadece Cr elementi ile pozitif ve anlamlı ilşkiye sahiptir. Pb elementi Mn ve Zn ile pozitif korelasyona ve önemli ilişkiye sahiptir.

Tablo 42 Sediment örnekleri konum ve elementler arası Ağustos dönemi korelasyon katsayıları

	Konum	Al	S	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Hg	Pb
Konum	1											
Al	-,511	1										
S	,721	-,964*	1									
Cr	-,859	-,002	-,264	1								
Mn	,022	-,871	,709	,493	1							
Fe	-,772	,941	-,997**	,337	-,653	1						
Ni	-,831	,903	-,985*	,429	-,575	,995**	1					
Cu	-,993**	,609	-,798	,792	-,141	,842	,891	1				
Zn	-,236	-,715	,503	,701	,966*	-,436	-,344	,119	1			
As	,683	-,977*	,999**	-,212	,745	-,992**	-,974*	-,765	,548	1		
Hg	-,733	-,211	-,057	,978*	,664	,133	,231	,647	,834	-,004	1	
Pb	-,205	-,737	,530	,678	,974*	-,464	-,373	,088	1,000**	,574	,816	1

Ağustos 2016 dönemine bakıldığında konum ve elementler arasındaki korelasyona bakıldığı zaman Al, S, Cr ve Hg ile pozitif korelasyona sahipken, Mn, Fe Ni, Cu, Zn, As ve Pb ile negatif korelasyona sahiptir. Ancak bunlardan sadece Cr elementi ile önemli bir ilişkiye sahiptir ($p<0.05$). Al elementi Fe, Ni, Cu ile pozitif, As ile ise negatif, önemli bir ilişkiye sahiptir. S elementi sadece Hg ile pozitif ve anlamlı korelasyona sahiptir. Cr elementi hiç bir elementle anlamlı bir ilişkiye sahip değildir. Mn elementi Zn ve As ile pozitif ve önemli bir ilişkiye sahiptir. Fe elementi ise Al ve Ni ile pozitif ve anlamlı bir korelasyon göstermektedir. Ni elementi Al ve Fe ile pozitif ve önemli bir ilşki gösterirken, Cu elementi hiçbir elementle önemli bir korelasyon göstermemektedir. Zn, Mn ve As ile pozitif ve anlamlı korelasyon göstermektedir. As elementi Al ile negatif, Mn ve Zn ile pozitif ve anlamlı korelasyona sahiptir. Hg ise S ve Zn ile pozitif ve önemli ilişki göstermektedir. Pb elementi hiçbir elementle önemli korelasyon göstermemektedir ($p<0.05$).

Tablo 43 Sediment örnekleri konum ve elementler arası Kasım dönemi korelasyon katsayıları

	Konum	Al	S	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Hg	Pb
Konum	1											
Al	-,666	1										
S	,855	-,956	1									
Cr	-,426	,959	-,833	1								
Mn	,888	-,249	,521	,038	1							
Fe	,744	,004	,289	,288	,968	1						
Ni	,099	,677	-,432	,858	,545	,739	1					
Cu	,999*	-,700	,878	-,467	,866	,712	,052	1				
Zn	,590	,210	,086	,479	,895	,979	,862	,552	1			
As	,987	-,536	,760	-,273	,951	,842	,259	,978	,713	1		
Hg	,901	-,924	,995	-,776	,601	,380	-,343	,920	,181	,818	1	
Pb	,077	,693	-,451	,869	,527	,724	1,000**	,031	,850	,238	-,364	1

Kasım 2016 dönemi sonuçları incelendiğinde konum ile Al ve Cr elementleri negatif ilişki gösterirken diğerleri pozitif ilişki göstermektedir. Ancak sadece Cu elementi konumla önemli korelasyon göstermektedir. Elementler arası ilşkiler incelendiğinde sadece Cu ve Pb elementi pozitif ve anlamlı bir korelasyon göstermiştir.

Tablo 44 Sediment örnekleri konum ve elementler arası Şubat dönemi korelasyon katsayıları

	Konum	Al	S	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Hg	Pb
Konum	1											
Al	-,160	1										
S	-,612	-,683	1									
Cr	,149	-,276	,115	1								
Mn	,073	,156	,094	,596*	1							
Fe	,034	,759**	-,647	,186	,581*	1						
Ni	-,222	,786**	-,348	,120	,631*	,910**	1					
Cu	-,057	,404	-,191	,466	,850**	,744**	,749**	1				
Zn	,350	,271	-,311	,493	,703*	,612*	,480	,793**	1			
As	-,053	-,472	,718	,235	,430	-,035	-,040	,114	-,022	1		
Hg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Pb	-,016	,179	-,425	,717**	,492	,647*	,510	,629*	,610*	,032	1,000**	1

Şubat 2017 dönemi pearson analizine göre konum ile Al, S, Ni, Cu, As ve Pb negatif ilişki gösterirken, Cr, Mn, Fe, Znve Hg pozitif ilişki göstermektedir. Sadece Hg ile anlamlı bir ilişkiye sahiptir. Al elementi Fe ve Ni elementleri ile pozitif ve anlamlı ilişkiye sahipken, S elementi hiçbir elementle anlamlı bir korelasyona sahip değildir. Cr elementi Mn, Hg ve Pb elementleri ile pozitif ve önemli ilişki göstermektedir. Mn elementi ise Cr, Fe, Ni, Cu, Zn ve Hg ile anlamlı ve pozitif korelasyona sahiptir. Fe elementi Al, Mn, Ni, Cu, Zn, Hg ve Pb ile pozitif ve önemli korelasyon göstermektedir. Ni elementi Al, Mn, Fe, Cu, Hg ile pozitif ve anlamlı ilişki gösterirken, Cu elementi ise Mn, Fe, Ni, Zn, Hg ve Pb ile anlamlı ve pozitif korelasyon göstermektedir. Zn elementi Mn, Fe, Cu, Hg ve Pb ile, As elementi sadece Hg ile

pozitif ve önemli korelasyona sahipken; Hg elementi Al ile negatif diğerleri ile ise pozitif ve anlamlı korelasyona sahiptir. Pb elementi Cr, Fe, Cu ve Hg ile pozitif ve anlamlı ilişkiye sahiptir.

4.9.2 Balık Örneklerinin İstatistiksel Değerlendirmesi

Balık örneklerinin konum ve elementler arası korelasyon katsayıları oluşturulmuştur. Kas, Karciğer, Böbrek ve solungaç kısımlarının mevsimsel olarak istatistiksel değerlendirme sonuçları aşağıdaki gibidir.

Mayıs dönemi:

Böbrek: Konum ile elementlerin pearson analizleri incelendiğinde Al, S, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn ve Pb negatif korelasyona sahipken, Cr ve As pozitif korelasyona sahiptir. Ancak bunların hiçbiri konumla önemli bir korelasyona sahip değildir. Al elementi ile As elementininanlamlı ve negatif bir korelasyona sahip olduğu; S, Fe, Cu ve Zn elementlerinin birbirileri ile anlamlı ve pozitif bir korelasyona sahip olduğu görülmüştür. Cr, Mn, Ni ve Pb elementlerinin önemli bir korelasyona sahip olduğu gözlemlenmemiştir.

Karaciğer: Konum ile elementlerin pearson analizleri neticsinde Al, Cr, Cu, Zn ve Pb pozitif korelasyona sahipken, S, Mn, Fe ve As negatif korelasyona sahiptir. Ancak bunların hiçbiri konumla önemli bir korelasyona sahip değildir. Al elementi Cr elementli ile pozitif As elementi ile ise negatif anlamalı bir ilişkiye sahiptir. Mn elementi As ile, Cu elementi ise Zn ile pozitif anlamlı bir ilişkiye sahipken; S, Fe ve Pb elementlerinin başka elementleri ile anlamlı bir ilişkiye sahip olmadıkları görülmüştür. As elementi ise Al ile negatif, Mn ile pozitif anlamlı bir ilişkiye sahiptir.

Kas: Al, S, Fe, Cu ve Zn konum ile pozitif, Pb ise negatif korelasyona sahiptir. Ancak bunlar anlamlı bir ilişkiye sahip değildir. S, Al, Fe, Cu, Zn elementleri birbirileri ile pozitif ve anlamlı bir ilişkiye sahiptir.

Solungaç: Konum; Al, Mn, Zn ve Pb ile pozitif, S, Fe ve Cu ile negatif bir korelasyona sahipken bunlardan sadece Zn ile anlamsız bir ilişkiye sahiptir. Al elementi S, Fe ve Cu ile negatif, Mn ve Pb ile pozitif anlamlı ilişkiye sahiptir. S elementi ise Al, Mn ve Pb ile negatif, Fe ve Pb ile pozitif önemli bir korelasyona sahiptir. Mn elementi Al ve Pb ile pozitif ve önemli bir ilişki göstermektedir. Cu elementi Al, Mn ve Pb ile negatif S ve Fe ile pozitif veanlamlı korelasyona sahipken; Zn elementi hiçbir elementle önemli bir korelasyon göstermemektedir. Pb elementi Al ve Mn ile pozitif, S, Fe ve Cu ie pozitif ve anlamlı bir ilişkiye sahiptir.

Ağustos dönemi:

Böbrek: Al, Cr, Cu ve As konum ile pozitif ilişkiye sahipken, S, Mn, Fe, Ni, Zn ve Pb negatif bir ilişkiye sahiptir. Ancak bunların hiçbiri konumla anlamlı bir korelasyona sahip değildir. Al ve As elementlerinin diğer elementlerle hiçbir anlamlı ilişkileri mevcut değildir. S elementi Fe ve Zn ile pozitif, Ni ile negatif, önemli korelasyona sahipken; Cr elementi sadece Cu elementi ile pozitif anlamlı bir ilişkiye sahiptir. Mn elementi Cu ve Pb ile, Zn elementi ise S ve Fe ile pozitif anlamlı bir korelasyon göstermektedir. Fe elementi S ve Zn elementleri ile pozitif Ni elementi ile negatif ve önemli korelasyon gösteriyor. Ni, S ve Fe ile negatif, Cu ile pozitif korelasyona sahipken; Cu elementi Cr, Mn ve Ni ile pozitif, anlamlı bir korelasyona sahiptir.

Karaciğer: Konum Al, Cr, Cu ve Pb ile pozitif, S, Mn, Fe, Zn ve As ile negatif korelasyon gösterirken bunların hepsi konumla anlamsız ilişkiye sahiptir. Al, Mn ve As elementleri diğer elementlerle anlamsız korelasyon göstermektedir. S elementi Fe ile pozitif Cu ile negatif anlamlı korelasyona sahipken, Cr ve Pb ile birbirileri ile pozitif anlamlı korelasyona sahiptir. Fe elementi ise Zn ve S ile pozitif v önemli bir ilişki göstermektedir.

Kas: Konum; Al ve Zn ile pozitif, S, Fe, Cu ve Pb ile negatif korelasyona sahiptir. Ne konum elementlerle ne de elementler birbirileri ile anlamlı bir korelasyona sahip değildirler.

Solungaç: Konum Al, S, Mn, Cu ile pozitif korelasyona sahipken Fe, Zn ve Pb ile negatif korelasyona sahiptir. Bunlardan sadece Al ve Fe elementleri ile anlamlı bir korelasyon göstermektedir. Al ve Fe elementleri birbirileri ile negatif ve önemli korelasyona sahiptirler.

Kasım dönemi:

Böbrek: Konum; Al, S, Cr, MN, Fe, Zn ve Pb elementleri ile negatif, Ni, Cu ve As elementleri ile pozitif ilişkiye sahipken bunların hiç biri ile anlamlı bir ilişki göstermemektedir. Al ve Cu elementlerinin hiçbir elementle önemli korelasyon göstermezken; S, Zn ve Pb elementleri birbirileri ile pozitif ve önemli korelasyon göstermektedir. Cr veMn elementleri birbirileri ile pozitif ve önemli korelasyona sahipken, Mn ile As elementleri de birbirileri ile negatif ve önemli korelasyona sahiptir. Ayrıca Fe ve Ni elementleri de birbirileri ile negatif ve anlamlı korelasyon göstermektedir.

*Karaciğer***:** Konum; As ile negatif korelasyon gösterirken dierleri ile pozitif korelasyon göstermektedir. Ancak konum hiçbir elementle önemli korelasyon göstermemektedir. Al elementi S elementi ile; S elementi Al, Fe,NiveZn elementleri ile; Cr elementi Mn, Fe Cu elementleri ile; Mn elementi Cr, Fe, Cu ve Zn elementleri ile; Fe elementi S, Cr, Mn, Cu ve Zn elementleri ile; Ni elementi S ve Zn elementleri ile; Cu elementi Cr, Mn, Fe ve Zn ile; Zn elementi ise S,Mn, Fe, Ni ve Cu elementleri ile pozitif ve önemli korelasyon göstermektedir. Pb ve As elementleri de birbirileri ile negatif ve anlamlı ilşkiye sahiptirler.

Kas: Konum, Mn ve Pb ile negatif ilişki gösterirken, dğier elementlerle de pozitif ilişki göstermektedir. Ancak hiçbir element konum ile anlamlı bir korelasyon göstermemektedir. Al elementi S, Fe ve Znile; S elementi Al, Cr, Fe, Cu ve Zn ile; Cr elementi S, Fe, Cu ve Zn ile; Fe elementi Al, S, Cr ve Zn ile; Ni elementi As ile; Cu elementi S, Cr, ve Zn ile; Zn elementi Al, S, Cr, Fe ve Cu ile pozitif ve anlamlı ilişki göstermektedir. Mn elementi Pb pozitif, As ile negatif ve önemli korelasyona sahipken, As elementi Mn ile negatif Ni ve Pb ile pozitif ve önemli korelasyona sahiptir.

Solungaç: Al, Ni, Cu ve Zn konum ile negatif ilişki gösterirken S, Cr, Mn, Fe, As ve Pb konum ile pozitif ilişki göstermektedir. Bunlardan sadece S elementi konum ile anlamlı bir korelasyona sahiptir. Al ve Cr elementleri birbirileri ile negatif ve önemli korelasyon gösterirken, S ve Mn elementleri hiçbir elementle anlamlı korelasyon göstermemektedir. Fe elementi Ni ile negatif Pb ile pozitif, önemli ilişkiye sahipken, Cu ve Zn elementleri birbirileri ile pozitif, önemli ilişkiye sahiptirler. Ni elementi Fe ve Pb ile negatif As ile pozitif ve anlamlı korelasyon göstermektedir. As sadece Ni ile pozitif korelasyona sahipken, Pb da sadece Ni ile negatif korelasyona sahiptir.

Şubat dönemi:

Böbrek: Konum Al, S, Cr, Fe, Ni, Cu ve Zn ile negatif, Mn, As ve Pb ile pozitif ilişkiye sahiptir. Ancak anlamlı bir ilişki görülmemektedir. Al elementi S, Cr, Cu ve Zn elementleri ile; S elementi Al, Cr, Mn ve Zn elementleri ile; Cr elementi Al, S ve Zn elementleri ile; Cu elementi Al ve S elementleri ile; Zn elementi ise Al, S v e Cr elementleri ile pozitif ve anlamlı korelasyona sahiptirler. Ayrıca Cu ve Mn elementleri birbirileri ile negatif ve anlamlı ilişki gösterirken, Fe, Ni, As ve Pb elementleri hiçbir elementle anlamlı ilişki göstermemektedir.

Karaciğer: Konum Al, S, Zn ve As ile negatif, Cu, Mn, Fe, Cu ve Pb ile pozitif korelasyon göstermektedir. Ancak konum ile elementler arasında hiçbir anlamlı korelasyon görülmemektedir. Al, S, Cr ve Zn elementleri birbirileri ile; Mn, Fe ve Cu elementleri birbirileri ile pozitif ve önemli korelasyona sahipken; As ve Pb elementleri de birbirileri ile negatif ve önemli korelasyona sahiptir.

Kas: Konum; Al, Fe, ve Cu ile pozitif, S, Zn ve Pb ile negatif korelasyona sahipken sadece Fe elementi ile önemli korelasyon göstermektedir. Al, S, Fe ve Pb elementi hiçbir elementle anlamlı korelasyon göstermezken, Zn ve Pb elementleri birbirileri ile pozitif ve önemli korelasyon göstermektedirler.

Solungaç: Konum S,Mn, Fe ile pozitif, Cu, Zn ve Pb ile negatif korelasyona sahiptir. Ancak konum ile elementler arasında hiçbir anlamlı korelasyon görülmemektedir. Mn, S ve Fe elementleri birbirileri ile pozitif ve anlamlı ilişki gösterirken; Cu, Zn ve Pb elementleri hiçbir elementle önemli korelasyona sahip değildir.

5. SONUÇLAR

Karacaören II Baraj Gölünden mevsimsel olarak alınan su, sediment ve balık örneklerinde elementel ve radyoaktif analizler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlardan yola çıkarak değerlendirildinde;

1. Su örneklerin pH değerlerinin "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmeliği (İTASHY)" ve "Dünya Sağlık Örgütü (WHO)" belirlediği aralıklar içinde kalmıştır. Su örneklerinin element analizleri Zn, Cu, Co, Ni, Mn ve Pb elementleri tespit edilmiştir. Ulusal (İTASHY,TSE-226) ve uluslarası (US EPA,WHO) kriterlerine göre bulunan elementlerin konsantrasyonları değerlendirildiğinde Pb elementi haricinde kriterleri sağladığı görülmüştür. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nin su kalite sınıflarının değerlendirmesine göre de Pb elementi hariç tutulduğunda I sınıfta yer aldığı, dikkate alındığında ise az kirletilmiş (II sınıfta) sınıfında olduğu görülmektedir. Örneklerin radyoaktif kirlilik açısından değerlendirmek amacıyla toplam alfa ve beta değerleri tespit edilmiştir. Değerlerin yine ulusal ve uluslarası kriterlere gore değerlendirilme sonucunda insan sağlığı açısında bir tehlike oluşturmadığı gözlenmiştir.

2. Sediment örneklerinin metal analizlerinde Al, S, Cr, Mn, Fe, Ni Cu, Zn, As, Hg ve Pb elementleri tespit edilmiştir. Ülkemizde farklı göllerde ve farklı spektroskopik yöntemlerle yapılan çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Uluslararası "sediment kalite değerlendirmesi" kritelerine göre; Cr ve Hg' nın *yaygın etki seviyesinin* üzerinde, Pb ve Zn' nun *nadir etki seviyesinin* altında, As ve Cu' ın *geçici etki seviyesi* civarlarında, Ni ise *geçici etki seviyesinin* üzerinde olduğu gözlenmiştir. Sedimentler de Jeo birikim indeksi ve zenginleştirme faktörü gibi kirlilik göstergesi hesaplamaları yapılmıştır. Büyük oranda insani kaynaklı zenginleştirmenin olmadığı Al, Cr, Hg, Ni ve Zn elementlerinde küçük ölçekte zenginleştirme olduğu tespit edilmiştir. Kirlenme açısında Cr elementi diğer elementlere göre ortalama-şiddetli arasında bir aralıkta yer almaktadır. Sediment örneklerinde radyoaktivite analizleri sonucunda ^{226}Ra, ^{232}Th ve ^{40}K doğal radyonüklitleri tespit edilmiştir. Birleşmiş Milletler Atom Radyasyonun Etkileri Bilimsel Komitesi'nin (UNSCEAR) dünya üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda sediment örneklerindeki ortalama değerleri göz önüne alındığında ölçülen konsantrasyon değerleri yüksek çıkmıştır.

3. Balık örnekleri kas, solungaç, böbrek ve karaciğer kısımlarına ayrılarak elementel analizleri yapılmıştır. Analiz sonucunda Al, S, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As ve Pb elementlerine rastlanılmıştır. Genel olarak ulusal (TGK) ve uluslararası (WHO,FAO,

EPA) kriterlere göre değerlendirmeye çalışılmış, özelikle kas dokularında limitlerin altında kalırken en fazla metal birikimin karciğer organın olduğu sonuçlardan görülmektedir. Balık örneklerinde organ ayrımı yapmadan bütün halde yapılan radyoaktivite analizleri sonuçlarının uluslararası limit değerlerinin altında olduğu görülmüştür.

Yapılan çalışmalar ışığında projenin amaçlanan sonuçları büyük oranda sağlayabildiği görülmektedir. Özelikle çalışma süreci ve sonrası önemli paydaşımız olan Isparta DSİ 18. Bölge Müdürlüğü'ne yapılan tanıtım toplantısı sürecinde veriler ilgililer ile paylaşılarak görüşlerinin alınması faydalı olmuştur. Bu görüşler doğrultusunda özellikle su örneklerdeki Pb konsantrasyon miktarındaki yüksekliğin sebebleri arasında baraj göl havzasının eski bir yerleşim yeri üzerine kurulması, halen faal olarak devam eden kafes balıkçılığının çevresel etkileri, Isparta-Antalya karayolunun özelikle yaz dönelerindeki yoğunluğunun ve göl üzerindeki eğlence amaçlı faaliyetlerin etkilediği düşünülmektedir. Radyoaktif açıdan bir problem oluşturmayacağı görülmektedir.

Sediment örneklerinde As miktarının yüksek oldğu noktalarda özelikle yerleşim yeri ve tarım arazilerinin oluşturduğu kirlilik kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Cr ve Ni miktarlarının yoğunluğu bölgedeki kayaç yapısı, özelikle madencilik faaliyetleri kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Radyoaktif açıdan değerlendirmede bölgenin doğal radyoaktivite miktarı açısından dünya ortalamasının üzerinde olduğu gözlenmiştir. Bölgenin su ortamı dışındaki farklı noktalardan da örnekler alarak radyoaktivite ölçümlerinin yapılması sağlıklı olacaktır.

Balık örneklerinde özellikle Pb ve As miktarlarının izlenmesi ve farklı tür, yaş, boy vb. özellikler dikkate alınarak çoklu analizler yapılması gerekmektedir. Doğal radyoaktivite açısından göze çarpan bir sonuç görülmemektedir. Özelikle tüketim amaçlı kullanımlarda soğrulan doz hızı, dış tehlike indeksi ve yıllık etkin doz gibi hesaplamalar daha anlamlı olmaktadır.

Çalışma sonucu verileri genel olarak değerlendirildiğinde suyun Antalya ili içme suyu amaçlı kullanımı sürecinde bir önbilgi oluşturduğu düşünülmektedir. Suyun kullanımı öncesinde göl içerisindeki ve çevresindeki faaliyetlerin durumu özelikle dikkate alınmalıdır. Özelikle göle dökülen Isparta Çayı'nın da kirlilik durumu araştırılmalıdır. Suyun kullanımı kararı sonrası özelikle göle yakın yerleşim yerlerindeki halkın başta tarımcılık olmak üzere, evsel atıklarını ve kirliliğe sebebiyet verecek tüm unsurlarını gölden uzak tutmaları için bilinçlendirme çalışmaları yapılmalıdır. Göl içerisinde faaliyet gösteren çiftliklerin durumlarıda yetkili kurumlar tarafından değerlendirmeye alınmalıdır. Suyun farklı spektroskopik yöntemlerle tüm kimyasal analizlerinin yapılması kullanım öncesi sağlıklı olacaktır.

Kaynaklar

Abdellah, W. M., Diab, H. M., Eissab, A. M., Abdel-Aab, R. M. 2017 "Assessment of Major Toxic Elements and Natural Radioactivity Concentrations in Fish of Suez Canal, Egypt" Arab Journal of Nuclear Sciences and Applications, 50 4, 72-78.

Al-haidarey, M. J. S., Hassan, F. M., Al-kubaisey, A. R. A., ve Douabul, A. A. Z., 2010. The geoaccumulation index of some heavy metals in Al-Hawizeh Marsh, Iraq, E. Journal of Chemistry, 7, 157–162.

Akin, K.H., Ünlü, E. 2007. "Heavy Metal Concentrations in Water, Sediment, Fish and Some Benthic Organisms from Tigris River, Turkey", Environ. Monit. Assess., 131, 323-337.

Akin, B.S. ve Kırmızıgül, O. 2017 "Heavy metal contamination in surface sediments of Gökçekaya Dam Lake, Eskişehir, Turkey" Environ Earth Sci. 76: 402.

Akyüz, T., Akyüz, S., Bassari, T. 2001. "Radioisotope excited EDXRF analysis of sediment core samples from the southern part of the Black Sea", Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 250, 129–137.

Akyüz, T., Akyüz, S., Mukhamedshina, N.M., Mirsagatova, A. A. 2003. "Energy Dispersive X-ray Flourescence and Neutron Activation Analyses of Sediments From The Turkısh Coast of The Black Sea", Fresenius Enviromental Bulletin, 12, 1505-1510.

Akyüz, T., Varinlioğlu, A., Köse, A., Akyüz, S. 2010. "Determination of Natural and Artificial Radionuclids in Hot Water Spring Mud of Haymana-Ankara Spa (Turkey)", Asian Journal of Chemistry, 22, 307-310.

Anselimo, O., Makokha, L. R., Mghweno, H. S., Magoha, A. N., John M. W. 2008. "Environmental lead pollution and contamination in food around Lake Victoria, Kisumu, Kenya", African Journal of Environmental Science and Technology, 2, 349-353.

ANZFA, 2011. Australian and New Zealand Food Standards CodeStandard.4.1 Contaminants and Natural Toxicants, Australian.

Atıcıl, T., Obali, O., Altindag, A., Ahiska, S., Aydin, D. 2008. "The accumulation of heavy metals (Cd, Pb, Hg, Cr) and their state in phytoplanktonic algae and zooplanktonic organisms in Beysehir Lake and Mogan Lake, Turkey", African Journal of Biotechnology, 9, 475-487.

Balkıs, N., Topçuoğlu, S., Güven, K. C., Öztürk, B., Topaloğlu, B., Kırbaşoğlu, Ç., Aksu, A. 2007."Heavy Metals in Shallow Sediments from the Black Sea, Marmara Sea and Aegean Sea Regions of Turkey", Journal of Black Sea/Mediterranean Environment, 13, 147-153.

Baranowski, R., Rybak, A., Sobczyski, T. 2001. "X-ray Fluorescence Spectrometry in Speciation Analysis of Bottom Sediments", Polish Journal of Environmental Studies, 10, 297-306.

Benamar M. A., Zerrouki A., Idiri Z., Tobbeche S. 1997. "Natural and artificial radioactivity levels in sediments in Algiers Bay", Technical Note, 48, 1161-1164.

Bounouira, H., Choukri,A., Cherkaoui, R., Gaudry, A., Delmas, R., Mariet, C., Hakam, O.K., Chakiri, S. 2008. “Multielement analytical procedure coupling INAA, ICP-MS and ICP-AES: Application to the determination of major and trace elements in sediment samples of the Bouregreg river (Morocco)”, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 278, 65-79.

Chen, C. W., Kao, C. M., Chen, C. F., ve Dong, C. D., 2007. Distribution and accumulation of heavy metals in the sediments of Kaohsiung Harbor, Taiwan, Chemosphere, 66(8), 1431–1440.

Çalışkan, E., 2005. Asi Nehri’nde Su, Sediment ve Karabalık (Clarias gariepinus Burchell, 1822)’ta Ağır Metal Birikiminin Araştırılması. Mustafa Kemal Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi, Hatay. 75s

Çevik, U., Damla, N., Koz, B. ve Kaya, S., 2008. Radiological characterization around the Afsin-Elbistan coal-fired power plant in Turkey, Energy & Fuels, 22,1, 428-432.

Çevik, F., Göksu, M. Z. L., Derici, O. B., Fındık, Ö. 2009. “An Assessment of metal pollution in surface sediments of Seyhan dam by using enrichment factor, geoaccumulation index and statistical analyses”, Environ. Monit. Assess, 152, 309-317.

Damla, N., Cevik, U., Kobya, A. I., Celik, A., Van Grieken, R. ve Kobya, Y., Radiological Characterization of gas concrete materials used in buildings of Turkey, Journal of Hazardous Materials, 168,2-3 (2009) 681-687.

Doğan N., 2015. Kayseri bölgesi su kaynaklarının radyoaktivite içeriğinin belirlenmesi, DSİ Teknik Bülteni, 118, 16-25.

Erenturk, S., Yusan, S., Alkim Turkozu, D., Camtakan, Z., Kirami Olgen, M., Aslani, M., Aytas, S., Isik, M.A. 2014 “Spatial distribution and risk assessment of radioactivity and heavy metal levels of sediment, surface water and fish samples from Lake Van, Turkey” J. Radioanal. Nucl. Chem.300:919–931.

Eroğlu H, Kabadayi Ö., 2013. Natural radioactivity levels in lake sediment samples. Radiat Prot Dosim 156:331–335

FAO, 1983. Compilation of legal limits for hazardous substances in fish and fishery products. FAO Fish Cire, 464: 5–100.

FAO, 2003. Fisheries Statitics, www.fao.org/wairobcs/tan/x5905e01.htm.

Ghrefat, H., Yusuf, N. 2006. ”Assessing Mn, Fe, Cu, Zn, and Cd pollution in bottom sediments of Wadi Al-Arab Dam, Jordan”, Chemosphere, 65, 2114-2121.

Glasby, G.P., Szefer, P., Geldon, J., Warzocha, J. 2004.”Heavy-metal pollution of sediments from Szcecin Lagoon and the Gdansk Basin, Poland”, Science of the Total Environmental, 330, 249-269.

Hasan, B. A., Kabir, S., Selim, R. A. H. M., Zaman, M. N., Ahsan, A., Rashid, M. 2013. “Enrichment factor and geo-accumulation index of trace metals in sediments of the ship breaking area of Sitakund Upazilla (Bhatiary–Kumira), Chittagong, Bangladesh”, Journal of Geochemical Exploration, 125, 130-137.

Kalyoncu, L., Kalyoncu, H., Arslan, G. 2012."Determination of heavy metals and metals levels in five fish species from Işıklı Dam Lake and Karacaören Dam Lake (Turkey)", Environ. Monit. Assess., 184, 2231–2235.

Karadede, H., Ünlü, E. 2000. "Concentrations of Some Heavy Metals in Water, Sediment and Fish Species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey", Chemosphere, 41, 1371-1376.

Kaya, A., Karabıdak, M.S., Kaya, S. 2016 "Gümüşhane Merkez ve Merkeze Bağlı Bahçecik Köyü Su Kaynaklarının Radyoaktivitesinin Tayini", Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6(1), 13-22.

Khaled, A., Elnemr, A., Elsıkaıly, A. 2006."An assessment of heavy-metal contamination in surface sediments of the Suez Gulf using geoaccumulation indexes and statistical analysis", Chemistry and Ecology, 22, 239–252.

Kir, İ., Tumantozlu, H. 2012. "Investigation of Some Heavy Metal Accumulation in Water, Sediment and Carp (*Cyprinus carpio*) Samples of Karacaoren-II Dam Lake", Ekoloji, 21, 82, 65-70.

Kobya, Y., Taşkın, H., Yeşilkanat, C.M., Varinlioğlu, A., Korçak, S., 2015. Natural and artificial radioactivity assessment of dam lakes sediments in Çoruh River, Turkey, J. Radioanal. Nucl. Chem.303:287–295.

Krauskopf, K.B ve Bird, D.K., 1995. Introduction to Geochemstry, Appendix IV, McGraw-Hill.

Loska, K., Cebula, J., Pelczar, J., Wiechula, D., ve Kwapulinski, J., 1997. Use of enrichment, and contamination factors together with geoaccumulation indexes to evaluate the content of Cd, Cu, and Ni in the Bybnik water reservoir in Poland, Water, Air and Soil Pollution, 93, 347–365.

Mohammed, N.K. and Makundi, I.N. 2002. "Optimization of EDXRF for the study of heavy metal pollution of Lake Victoria", Tanzania Journal of Science, 28(1), 7-24.

NandhaKumari,P., TamilSelvi, A., Sarojini, A., Palavesam, A. 2017 "Analysis of Radioactivity Content in Sediment, Water and Fish Collected From Rajakkamangalam Estury of Kanyakumari District in Tamilnadu, India" IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology 8, 12, 1-3

Obhodas, J., Valkovic, V., Matjacic, L., Nad, K., Sudac, D. 2012."Evaluation of elemental composition of sediments from the Adriatic Sea by using EDXRF technique", Applied Radiation and Isotopes, 70, 1392-1395.

Ogoyi, D.O., Mwita, C.J., Nguu, E.K., Shiundu, P.M. 2011."Determination of Heavy Metal Content in Water, Sediment and Microalgae from Lake Victoria, East Africa",The Open Environmental Engineering Journal, 4, 156-161.

Öztürk, M., Özözen, G., Minareci, O., Minareci, E. 2009 Determınatıon Of Heavy Metals In Fısh, Water And Sedıments Of Avsar Dam Lake In Turkey, Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng., Vol. 6, No. 2, pp. 73-80.

Salomans, W., Rooij, N. M., Kerdijk, H., Bril, J. 1987."Sediments as a Source for Contaminants", Hydrobiologia, 149, 13-30.

Singhal, R. K., Venkatesh, M, Wagh, D. N., Basu, H., Chavan, T., Pimple, M.V., Reddy, A.V.R. 2012."Determination of chronological heavy metal deposition and pollution intensity in the bottom sediments of Mumbai Harbour Bay, India using ^{137}Cs as tracer", J. Radioanal Nucl. Chem., 292, 863-869.

Somogyi, A., Braun, M., Toth, A., Wills, K. J.1998."Speciation of Elements in Lake Sediments Investigated Using X-Ray Fluorescence and Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry", X-Ray Spectrometry, 27, 283-287.

SKKY, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete Tarihi: 31.12.2004, Sayısı: 25687.

TRCA, 2013 Türkiye Çevresel Radyoaktivite Atlası, TAEK, Ankara

TGK, Gıda maddelerindeki bulaşanların maksimum limitleri hakkında tebliğ, , Resmi Gazete Tarihi: 07.05.2008, Sayısı: 26879.

Tumantozlu H.,2010. "Karacaören II baraj gölü'ndeki su, sediment ve sazan (*cyprinus carpio* l., 1758) örneklerinde bazı ağır metal birikiminin incelenmesi", Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji ABD, Yüksek Lisans Tezi, 54s, Isparta

Türkoğlu, M., 2008. ''Van Gölünden Alınan Su, Sediment ve inci Kefali (Chalcalburnus tarichi, Pallas 1811) Örneklerinde Bazı Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması'', Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 59s, Van.

Türkmen, A., Aras, S. 2011."İskenderun Körfezi'nde Deniz Suyu ve Sedimentte Oluşan Ağır Metal Birikiminin İncelenmesi", Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 1, 1-23.

UNSCEAR (2000) Source and effects of ionizing radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. United Nations, ANNEX B: Exposures from natural radiation sources New York

URL-1 Milli Eğitim Bakanlığı."Su Kirliliği". http://yazarlikyazilimi.meb.gov.tr/Materyal/afyon/afyon2/cevrekirliligi/SU%20K%C4%B0RL%C4%B0L%C4%B0%C4%9E%C4%B0.html
Son Erişim Tarihi: 24.03.2014

URL-2 Hakkında Bilgi İnternet Sitesi."Su Kirliliği ve Nedenleri". http://www.hakkinda-bilgi-nedir.com/su-kirliligi-ve-nedenleri-nedir+su-kirliligi-ve-nedenleri-hakkinda-bilgi
Son Erişim Tarihi: 24.03.2014.

URL-3 Özgür, T."Karacaören 2 Barajı Antalya'nın Su Sorunu Çözecek". Haberciniz.biz. http://haberciniz.biz/karacaoren-2-baraji-antalyanin-su-sorunu-cozecek-2656514h.htm
Son Erişim Tarihi : 24.03.2014

URL-4, İnternet gazete, http://www.torosgazete.com/m/TR/Haberler/Ekonomi/YETERLI-SU-VARSA-NEDEN-KIRLI-BARAJDAN-SU-GETIRIYORSUN-----/

Son Erişim Tarihi : 20.05.2016

URL-5, Hürriyet Gazetesi, http://www.hurriyet.com.tr/alabalik-yetistiricileri-karacaoren-de-yasaklarin-askiya-alinmasi-istiyor-37135904

Son Erişim Tarihi : 20.06.2016

URL-6, Antalya Kent Konseyi, http://antalyakentkonseyi.org.tr/tr/genhaber.aspx?kod=2463

Son Erişim Tarihi : 12.07.2016

URL_7 Maden Teknik Arama genel Müdürlüğü http://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/il-maden-haritalari
Son Erişim Tarihi: 26.02.2017

US EPA., 1999. National Recommended Water Quality Criteria Correction Office of Water, EPA 822-Z-99-001.

Uysal, K., Özden, Y., Çiçek, A., Köse, E. 2010 "Bioaccumulation ratios of sediment-bound heavy metals of Porsuk and Enne dam lakes (Kütahya/Turkey) to different tissues of common carp (*cyprinus carpio*)" İstanbul University, Journal of Fisheries & Aquatic Sciences, 25 (2): 1-10.

Varol, S. 2011. "Gross Alpha and Beta Radioactivity in Ground waters", Journal of Engineering Science and Design, 1(3), 101-106.

Waheed,S., Malika, RN., Jahan, N. 2013. "Health risk from As contaminated fishconsumption by population living around RiverChenab", Pakistan, Environmental Toxicology and Pharmacology, 36, 579-587.

WHO, 1998. Guidelines for drinking-water quality. Second edition, Vol. 1, Geneva.

WHO, 2004.Guidelines for Drinking-Water Quality, Third Edition, V1,Sayfa-204, Geneva.

TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Yürütücüsü:	Prof. Dr. GÖKHAN APAYDIN
Proje No:	115Y768
Proje Başlığı:	Karacaören Ii Baraj Gölü Sediment, Balık Ve Su Örneklerinde Metal Kirliliği Ile Radyoaktivite Seviyelerinin Belirlenmesi
Proje Türü:	3001 - Başlangıç AR-GE
Proje Süresi:	24
Araştırmacılar:	ERHAN CENGİZ, EYÜP ÇAKMAK, VOLKAN NUMAN BULUT
Danışmanlar:	HASAN BALTAŞ, ENGİN TIRAŞOĞLU, YENER EYÜBOĞLU
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	KARADENİZ TEKNİK Ü. FEN F. FİZİK B.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	15/03/2016 - 15/03/2018
Onaylanan Bütçe:	103674.0
Harcanan Bütçe:	77382.66
Öz:	Bu çalışmada Karacaören II Baraj gölünün 12 farklı notasından alınan su ve sediment örnekleri ile farklı kafeslerden alınan Gökkuşağı alabalık (Oncorhynchus mykiss) türünün organlarında metal ve radyoaktivite analizleri yapılmıştır. Su örneklerinin metal analizleri Perkin-Elmer AAnalyst 400 model Alevli Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (FAAS) ile toplam alfa ve beta radyoaktivite analizleri Berthold LB770 marka spetrometre yardımıyla gerçekleştirildi. Analiz sonrasında toplam alfa beta aktivitelerinin uluslar arası sağlık örgütünün (WHO) belirlediği sınırlar altında kaldığı görülmüştür. Metal analizleri sonucu tespit edilen Cu, Zn, Co, Ni ve Mn? nın Çevre ve Orman Bakanlığı?nın belirlediği müsaade edilen değelerinin altında olduğu gözlenmiştir. Su kalite kriterleri yönetmeliğinde (SKKY) yer alan parametrelere göre su kalitesi I sınıfta (Pb dikkate alınmadığında) yani yüksek kaliteli su sınıfında yer almaktadır. Sediment ve balık örneklerinin metal konsantrasyonları EDXRF spektrometresi (PANalytical-Epsilon5) ile radyoaktivite konsantrasyonları ise gama spektrometresi ile (Canberra HPGe dedektörü) gerçekleştirilmiştir. Sedimentlerde belirlenen metal konsatrasyonları yardımıyla jeo birikim indeks ve zenginleştirme faktörü ifadeleri hesaplanmıştır. Radyasyon analizi sonucunda ise doğal 226Ra, 232Th ve 40K radyonüklidler belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ulusal ve uluslar arası diğer çalışmalarla karşılaştırılmıştır.
Anahtar Kelimeler:	Karacaören II Baraj gölü, su, sediment, balık, ağır metal, radyoaktivite
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Hayır
Projeden Yapılan Yayınlar:	1- Determination of Natural Radioactivity Level of Karacaören II Dam Lake Water (Isparta,TURKEY) (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Poster Sunum),

TÜBİTAK