



GİRESUN
ÜNİVERSİTESİ



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GELEVERA DERESİ (GİRESUN) SEDİMENT KALİTESİNİN
BELİRLENMESİ**

**Biyoloji Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi
Ali Kemal KALAYCI
162102004**

2019

GİRESUN

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

**GELEVERA DERESİ (GİRESUN) SEDİMENT
KALİTESİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ali Kemal KALAYCI

Enstitü Anabilim Dalı : Biyoloji

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Tamer AKKAN

Temmuz 2019

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

**GELEVERA DERESİ (GİRESUN) SEDİMENT
KALİTESİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ali Kemal KALAYCI

Enstitü Anabilim Dalı : Biyoloji

Bu tez 03/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

**Prof. Dr.
Bülent VEREP
Jüri Başkanı**

**Doç. Dr.
Cengiz MUTLU
Üye**

**Doç. Dr.
Tamer AKKAN
Üye**

**Doç. Dr.
Bahadır KOZ
Enstitü Müdürü**

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Ali Kemal KALAYCI

03/07/2019

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın tüm aşamalarında her türlü bilimsel desteği sağlayan değerli Danışmanım Sayın Doç. Dr. Tamer AKKAN'a teşekkür ederim.

Çalışmalarım esnasında tecrübeleri ile bana destek olan, hiçbir yardımı esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Cengiz MUTLU'ya teşekkür ederim.

Arazi çalışmalarında ve laboratuvar analizlerimde yardımlarını esirgemeyen, her türlü fedakârlığı gösteren değerli çalışma arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca tez çalışmam sırasında maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	I
İÇİNDEKİLER	II
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	IV
ŞEKİLLER LİSTESİ	V
TABLO DİZİNİ	VI
ÖZET.....	VII
SUMMARY	VIII
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
1.1. Sediment.....	2
1.2. Sediment Kaynakları	2
1.2.1. Litojenik (Karasal) kökenli sedimentler	3
1.2.2. Hidrojenik kökenli sedimentler.....	4
1.2.3. Kozmojenik kökenli sedimentler	4
1.3. Sediment Birikim Türleri	4
1.3.1. Baraj göllerinde sediment birikimi.....	4
1.3.2. Neritik sediment birikimi	5
1.3.3. Pelajik sediment birikimi	5
1.4. Sediment Kirleticileri.....	6
BÖLÜM 2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	10
BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	16
3.1. Çalışma Alanı.....	16
3.2. Sediment Örneklerinin Analizi	18
3.2.1. pH ve Elektriksel İletkenlik analizi.....	18
3.2.2. % Organik Madde miktarı analizi	19
3.2.3. % Su içeriği analizi	19
3.2.4. Element analizi.....	19
3.2.5. İstatistiksel hesaplamalar	20

3.2.6. Jeoakümülayon İndeks analizi (I_{geo}).....	20
3.2.7. Zenginleştirme Faktörü (EF) analizi	21
3.2.8. Kirlilik Yük İndeksi (PLI) analizi	21
BÖLÜM 4. ARAşTIRMA BULGULARI.....	22
4.1. Sediment pH Sonuçları	22
4.2. Sediment Elektriksel İletkenlik Değişimi	23
4.3. Sedimentte % Su İçeriği.....	24
4.4. Sedimentte % Organik Madde Miktarı	25
4.5. Sediment Na İçeriği.....	26
4.6. Sediment K İçeriği	27
4.7. Sediment Al İçeriği	28
4.8. Sediment Cr İçeriği	29
4.9. Sediment Mn İçeriği.....	30
4.10. Sediment Fe İçeriği	31
4.11. Sediment Co İçeriği	32
4.12. Sediment Ni İçeriği	33
4.13. Sediment Cu İçeriği	34
4.14. Sediment Zn İçeriği.....	35
4.15. Sediment Cd İçeriği	36
4.16. Sediment Pb İçeriği	37
4.17. Değişkenler Arasındaki İlişkiler	38
4.18. Jeoakümülayon İndeksi Analizi.....	39
4.19. Zenginleştirme Faktörü ve Kirlilik Yük İndeksi.....	41
BÖLÜM 5. TARTIşMA VE SONUÇ	43
ÖNERİLER.....	51
KAYNAKLAR	53
ÖZGEçMİş	61

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Al	: Alüminyum
Cd	: Kadmiyum
Co	: Kobalt
Cu	: Bakır
Cr	: Krom
Fe	: Demir
Mn	: Mangan
Ni	: Nikel
Zn	: Çinko
Pb	: Kurşun
CF	: Kirlilik Faktörü
EC	: Elektriksel İletkenlik
EF	: Zenginleştirme Faktörü
HES	: Hidroelektrik Santrali
I _{geo}	: Jeokümülyasyon İndeksi
PAH	: Poliaromatik Hidrokarbonlar
PCB	: Poliklorlu bifenil

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Çalışma alanı (Google Earth'den düzenlenmiştir).....	17
Şekil 3.2. Örnek toplama noktaları	18



TABLO DİZİNİ

Tablo 3.1. Jeoakümülyasyon indeks tablosu.....	20
Tablo 4.1. Mevsimlere göre ortalama pH değerleri	22
Tablo 4.2. Mevsimlere göre ortalama EC değerleri (mS/cm).....	23
Tablo 4.3. Mevsimlere göre ortalama % su içeriği	24
Tablo 4.4. Mevsimlere göre ortalama % organik madde miktarı	25
Tablo 4.5. Mevsimlere göre ortalama Na değerleri (ppm).....	26
Tablo 4.6. Mevsimlere göre ortalama K değerleri (ppm)	27
Tablo 4.7. Mevsimlere göre ortalama Al değerleri (ppm)	28
Tablo 4.8. Mevsimlere göre ortalama Cr değerleri (ppm)	29
Tablo 4.9. Mevsimlere göre ortalama Mn değerleri (ppm).....	30
Tablo 4.10. Mevsimlere göre ortalama Fe değerleri (ppm)	31
Tablo 4.11. Mevsimlere göre ortalama Co değerleri (ppm).....	32
Tablo 4.12. Mevsimlere göre ortalama Ni değerleri (ppm)	33
Tablo 4.13. Mevsimlere göre ortalama Cu değerleri (ppm).....	34
Tablo 4.14. Mevsimlere göre ortalama Zn değerleri (ppm).....	35
Tablo 4.15. Mevsimlere göre ortalama Cd değerleri (ppm).....	36
Tablo 4.16. Mevsimlere göre ortalama Pb değerleri (ppm)	37
Tablo 4.17. Parametrelerin korelasyon matrisi	38
Tablo 4.18. Elementlerin Jeoakümülyasyon İndeks sonuçları.....	40
Tablo 4.19. Elementlerin Zenginleştirme Faktörü sonuçları	42

GELEVERA DERESİ (GİRESUN) SEDİMENT KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, Gelevera Deresi (Giresun)'nin sediment kalitesinin belirlenmesidir. Bu amaçla, Gelevera Deresi'ndeki dört istasyondan yüzeysel sediment örnekleri Nisan 2018'den Şubat 2019'a kadar aylık olarak toplanmıştır. Sediment örneklerindeki elementlerin seviyeleri (Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, Na ve K) ICP-MS kullanılarak belirlenmiştir. Sediment örneklerinde pH, Elektriksel İletkenlik (EC), Su İçeriği (%) ve Organik Madde Miktarı (%) değişkenleri de izlendi. Ayrıca, sediment örneklerinin Jeoakümülyasyon İndeksi (I_{geo}) ve Zenginleştirme Faktörü (EF) değerleri hesaplanmıştır.

Yüzey sedimenti numunelerinde analiz edilen metallerin konsantrasyon aralıkları ppm düzeyinde: Al: 41,990-217,509, Cr: 0,078-1,056, Mn: 4,244-20,939, Fe: 169,132-523,093, Co: 0,083- 0,193, Ni: 0,085-0,502, Cu: 0,415-2,705, Zn: 0,519-4,519, Cd: 0,010-0,045, Pb: 0,831-2,786, Na: 0,36-10,92, ve K: 1,628-11,543 olarak kayıt edilmiştir. pH, EC, % Su İçeriği ve % Organik Madde değerleri sırasıyla 5-6,4, 70-480 mS/cm, 15,12-48,10 ve 2,20-8,06 aralığında tespit edilmiştir. Sediment numunelerinin Jeoakümülyasyon İndeksi (I_{geo}) ve Zenginleştirme Faktörü (EF) değerleri sırasıyla 3 ila 9 ve 2 ila 59 arasında değişiklik göstermiştir. Ayrıca, sediment numunelerindeki bazı ağır metallerin ölçülen konsantrasyonları arasında çok önemli korelasyonlar gözlenmiştir. Al, Cr, Fe ve Pb'nin mevsimsel ortalama seviyeleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önem arz ettiği tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

Sonuç olarak; Gelevera Deresi yüzey sedimenti örneklerinde yüksek düzeyde antropojenik kökenli ağır metal zenginleşmesi tespit edilmiştir. Gelevera Deresi'nin Karadeniz ekosistemine yakın olması, mevcut kirleticilerin transfer olabilecek durumda ve kirlilik derecesine sahip olması endişe vericidir ve acil müdahale gerektirir.

Anahtar kelimeler: Gelevera Deresi, Sediment, Ağır Metal, Kirlilik

DETERMINATION OF SEDIMENT QUALITY IN GELEVERA CREEK (GİRESUN)

SUMMARY

The aim of this study was to determine the sediment quality of the Gelevera Creek, Giresun. For this purpose, the surface sediment samples from four stations in the Gelevera Creek were collected monthly from September 2018 to August 2019. Elements (Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, Na, K) levels in surface sediment were determined using Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS). Moreover, the sediment samples were also monitored for pH, EC, Water Content (%) and Organic Matter (%) variables. This result was also confirmed by different indices, including Geoaccumulation Index (I_{geo}) and Enrichment Factors (EF).

In surface sediment samples, according to analysis results were obtained for the concentration ranges of the metals (ppm): Al: 41,990-217,509, Cr: 0,078-1,056, Mn: 4,244-20,939, Fe: 169,132-523,093, Co: 0,083-0,193, Ni: 0,085-0,502, Cu: 0,415-2,705, Zn: 0,519-4,519, Cd: 0,010-0,045 and Pb: 0,831-2,786, and pH, EC, Na, K, Water Content (%) and Organic Matter (%) value varied between 5-6,4, 70-480 mS/cm, 0,36-10,92 ppm, 1,628-11,543 ppm, 15,12-48,10, 2,20-8,06, respectively. The Geoaccumulation Index (I_{geo}) and Enrichment Factors (EF) of the heavy metals in sediment calculated to range from 3 to 9 and from 2 to 59, respectively. Moreover, very significant correlations between the measured concentrations of the some heavy metals in the sediment samples were observed. Also, seasonal mean levels of the Al, Cr, Fe, Pb, there were significant differences ($p<0,05$).

As a result of this study showed that the surface sediments were found to have high level enrichment of heavy metals from anthropogenic sources. Close to Gelevera Creek, the situation and the degree of contamination that may be transferred into marine ecosystems is worrisome and requires immediate intervention.

Keywords: Gelevera Creek, Sediment, Heavy Metal, Pollution

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Biyolojik yaşamın vazgeçilmez unsurlarından biri olan su kaynakları özellikle nüfus artışının beraberinde getirdiği kontrolsüz endüstrileşme, plansız kentleşme, gelişmiş güzel tarım ve gıda kaynağı oluşturma çabaları gibi nedenlerle sürekli tehdit altında kalmaktadır. Özellikle doğal döngü içerisinde sisteme dâhil olup parçalanamayan ya da bir diğer ifadeyle birikime uğrayan ağır metal, pestisit gibi kirleticiler ile canlılık için büyük tehlike arz eden radyoaktif kirleticiler de biyolojik döngüdeki önemli hususlardan biridir. Sucul ortamlarda kaynağı her ne olursa olsun meydana gelen olumsuz değişikliklerin sediment yapısında da tahribata neden olabileceğinden göz ardı edilememektedir. Sediment hem yapı hem de işlev olarak sucul ekosistemler için son derece önemli bir kayıt merkezidir. Bulundukları akarsu, göl, deniz gibi su kaynaklarının tarihsel oluşumundan bugününe hatta geleceğine dair bize birçok konuda fikir verebilecek potansiyele sahiptir. Dolayısıyla günümüzde su gibi doğal kaynakların mevcut durumunun ve geleceğe yönelik planlamasının yapılmasında, izlenmesinde sedimentler büyük önem arz etmektedir.

Sucul kütle ile bir bütün olarak değerlendirilip, bulunduğu bölge hakkında önemli bilgi kaynağı sağlayan sediment, sadece yapısal değil aynı zamanda biyolojik canlılar için de işlevsellik, koruyuculuk ve mekânsallık özellikleri taşımaktadır. Sediment, ekosistemde zincirler arasındaki ilişkinin sağlıklı bir şekilde çalışmasına da önemli derecede katkı sağlar. Bu bağlamda canlı yaşamı için son derece önemli bir doğal kaynak olan suyun sürdürülebilirliğinin ve kullanılabilirliğinin korunması ve geleceğe miras bırakılmasında sediment yapısının kalitesi de belirleyici konumdadır.

1.1. Sediment

Yağmur, erozyon ve sel sularının su kütlesiyle taşınmış olan katı maddelerin çökmesiyle oluşan çamur tabakasını sediment olarak adlandırabiliriz. Su yüzeyindeki taşıma ayrışma işlemlerinden sonra kolloid ve eriyik haline gelen materyaller taşıma hızının azalması veya taşıyamaz haline gelmesiyle bulundukları yerlerde depolanır veya çökelirler. Suyun kütlesiyle taşınan sedimanların üst üste birikmesi veya depolanması olayına "çökelme veya sedimantasyon" denilmektedir. Sedimantasyon olayı yer kabuğunda farklı ortamlarda ve farklı şekillerde oluşabilir. Bu oluşumla çeşitli özelliklerde tortu depoları gelişir. Sedimentler; denizlerde olduğu gibi göllerde, nehirlerde, çukur alanlarda ve bunlara benzer daha birçok karasal alanda da oluşabilmektedir (Küçükgil, 1988).

1.2. Sediment Kaynakları

Denizel ortamlarda sediment tabakaları incelendiğinde bunların çeşitli kaynaklardan geldiği görülmüştür. Deniz sedimentlerinin oluşumunda genellikle; akarsu veya rüzgârın etkisiyle karalardan taşınan materyaller, biyogenik veya insan kaynaklı (antropojenik) organik maddeler, sulardan çökelen tuz, volkanların faaliyet göstermesiyle oluşan kül ve buzulların erimesiyle meydana çıkan partiküller etkili olmaktadır.

Sediment genellikle kaya parçacıklarından kopan partiküllerin yağmur suları, erozyon ve sel suları yardımıyla deniz ve göl gibi büyük su kütlelerine taşınmasıyla oluşur. Buzulların erimesi, sularda ortaya çıkan doğa hareketleri ve sıcak-soğuk değişiklikleri, don olayları, sıkışmalar, termal genişlemeler, organik aktiviteler ve benzeri olaylar da sediment oluşumunu sağlayan diğer önemli unsurlardır.

Sediment birikiminde sıcaklık da oldukça önemlidir. Örneğin, düşük rakımlı yerlerde, yüksek ısı varlığında feldispatlar kile dönüşürler. Aşırı yağmur yağışı ve benzer diğer doğal etkenler sonucunda küçük parçalara ayrılan kayalar, daha çözünebilir minerallerine ayrılarak denizel ortamlara taşınır. Denizdeki dalga

hareketi ve gelgit olayı da, karalar üzerindeki kaya parçalarının kıta sahanlığında, kıta eğiminde veya denizin dip kısmında birikmesinde etkili olmaktadır. Bir kısım sediment değişik etkenlerle karalara geri taşınabilir veya yeraltı kaynaklarına katılabilir (Ergül, 2004).

Deniz tabanını kaplayan sediment tabakasının kalınlığı ve yapısı; denizlerde meydana gelen jeolojik, fiziksel, kimyasal ve biyolojik faaliyetlere bağlıdır ve bu olaylar denizlerin dip yapılarının farklı olmasının temel nedenidir (İçhedef, 2006).

Sediment kaynaklarını başlıca üç grupta ele alabiliriz. Bunlar:

- 1-Litojenik Kökenli Sedimentler
- 2-Hidrojenik Kökenli Sedimentler
- 3-Kozmojenik Kökenli Sedimentler

1.2.1. Litojenik (Karasal) kökenli sedimentler

Kayaların parçalanması ile oluşan kalıntılar ve volkanik aktiviteler sonucunda oluşan kül, süngerimsi taş gibi unsunlar tarafından meydana gelen sedimentlere litojenik (karasal) kökenli sediment adı verilir. Karasal kökenli sedimentler; yapısında demirli magnezyum oksit içeren biotit, olivin gibi yaygın kaya minerallerini içermektedir. Ancak, bu sedimentler feldispat ve kuartz içermez. Bu sedimentler nehirlerin, buzulların ve rüzgârın yardımıyla denize taşındıktan sonra, dalgaların ve akıntıların yardımıyla dağılırlar (Ergül, 2004).

Bataklıklarda olduğu gibi organik bakımdan zengin killi, kök parçalı olabileceği gibi; delta başlangıçlarında olduğu gibi ince parçacıklı, kumlu, alüvyonlu, küçük kabuklu ya da plajlarda olduğu gibi tabakalı kum şeklinde olabileceği bilinmektedir. Terrijenik parçalardan oluşan karasal kökenli sedimentler, genelde gri-mavi ya da gri-yeşilden açık zeytin yeşiline değişen renklerde. Renklerdeki bu farklılıkların nedeni, sedimentteki organik maddeler ve indirgenmiş demir bileşikleridir.

1.2.2. Hidrojenik kökenli sedimentler

Hidrojenik kökenli sedimentler sedimentin kökenine veya kimyasal kompozisyonuna göre değişiklik gösterir. Deniz suyundan ve zemin sedimentindeki çatlakların arasına sızan sudan kaynaklanmaktadır. Bunları oluşturan unsurlar; iskelet kökenli olmayan kalsit ve aragonit yapıları karbonatlar, iskelet kökenli olmayan fosforitli kayalar gibi kalsiyum karbonatlar, magnezyum, potasyum ve demir iyonları içeren bir silikat olan glokonit, farklı konsantrasyonlarda magnezyum içeren, su içi buharlaşma, ısı, tuzluluk gibi koşullara bağlı olarak oluşan bir kalsit olan dolomit, atmosfer kaynaklı volkanik materyallerden, hidrotermal kaynaklardan, karalardan gelen çözünmüş demir ve mangan kaynaklarında bulunan mangan nodülleri ve fosforitler ve kara kökenli olmayan kildir (Ergül, 2004).

1.2.3. Kozmojenik kökenli sedimentler

Mikrometeoritlerden oluşan bu sediment türünün, göktaşı, kozmik toz ve meteoritlerin yeryüzüne sürekli bir yağışı olmasına karşın sedimentlerin çok küçük bir kısmını (~%1) oluştururlar. Yapılan incelemelerde, okyanuslara düşen bu tür kozmik materyal çaplarının 1µm-0,5 mm boyutları arasında değiştiği tespit edilmiştir (Gönülalan, 2006).

1.3. Sediment Birikim Türleri

1.3.1. Baraj göllerinde sediment birikimi

Dünyada her geçen yıl 14×10^9 tona yakın süspanse yükün ve 1×10^9 ton yatak yükünün nehirler yardımıyla yüzeysel su birikimlerine taşındığı düşünülmektedir (Annandale, 1987). Sediment yükü su depolarına girince, akış hızı ve türbülanslığı önemli ölçüde azalır ve asılı durumdaki parçalar ile su yatak yükünün büyük bir kısmı çöker. Böylece rezervuarın girişinde delta şeklinde tortu artış göstermeye başlar. Akım içerisindeki sedimenti askıda tutan çalkantının ve akış hızının azalması; daha ince malzemelerin deltanın mansap kısımlarında ve baraj gövdesine yakın

bölgelerinde artış göstermesiyle sonuçlanır. Askıda kalan malzeme yığılmayı veya bulanıklık akımlarının aşındırma etkisini hızlandırabilir. Böylece bulanıklık akımı baraj gövdesine ulaştığı zaman bazı bölgelerde çamur gölcükleri oluşturacak şekilde çökelirler. Sediment göl alanında birikmesi sonucu barajların kullanılabilirlik kapasitesi giderek azalmış olur. Baraj haznelerinin ekonomik ömrü boyunca sediment ile dolması beklenen hacmine ölü hacim denir. Su depolama yapıları inşaatının büyük harcama gerektirmesi ve akarsu güzergâhında depolama yerlerinin kısıtlı bulunması, sediment birikimi için ayrılacak olan ölü hacmin güvenilir olarak belirlenmesini zorunlu kılmaktadır.

1.3.2. Neritik sediment birikimi

Neritik birikimde, genel olarak kıta sahanlığından ve biyogenik kaynaklardan gelen sedimentler kıta eğimi yüzeyinde karışırlar. Bu sediment türlerinin oluşumunda büyük alanlarda meydana gelen çökmeler, depremler, erozyonlar ve yüzey akıntıları etkilidir. Buzullardan kaynaklanan taneciklerin de neritik sediment oluşumunda etkisi vardır. Buzul kaynaklı sediment birikiminin sınıflandırılması zordur ve farklı büyüklüklerde oluşan bu tanecikler, bölgelerin kıta sınırlarında bulunurlar. Sonuç olarak çeşitli unsurlarla karışıp sürüklenen sedimentler yerçekimiyle deniz tabanına yerleşir. Ayrıca hızlı akıntılarla gelen kum taşları paralel tabakalaşmış kumtaşları ve çok ince taneli kumtaşları neritik sedimentin unsurlarıdır. Tabakalaşmış çamur, sediment tabakasının yüzeyine flora ve fauna ile yerleşir (Ergül, 2004).

1.3.3. Pelajik sediment birikimi

Pelajik sediment oluşumunda birçok farklı unsur tarafından meydana gelen; kil, balçık, kıta düzlüğü killeri, kuvarslı kayalar gibi farklı kimyasal yapıya ve bileşime sahip taneciklerin katkısı vardır. Pelajik kökenli killeri, genelde ince tanecikli litojenik ya da volkanik yapıları tortulardan meydana gelmişlerdir. Balçığın yapısında; planktonik foraminifer kabukları, radiolaryalar, kokolitoforidler ve diatom kabukları gibi biyogenik materyaller de vardır. Bundan dolayı eğer sediment %30'dan daha

fazla iskelet maddede içeriyorsa balçık olarak adlandırılır. Balçığın içinde bulunan organizma ürünü olan kabuklar deniz akıntılarıyla pasif olarak sürüklenbildikleri gibi bazen de sürüklenmeler yukarı veya aşağı doğru olabilir ve farklı derinliklerde farklı akıntıların etkisi altında kalabilir. Derin denizlerde kuvarslı kayalar ise opal hareketlerden ve çökelmeler sonucunda meydana gelmiştir. Sediment oluşumu süresi boyunca, opal iskeletler çözünmüştür. Bu sırada volkanik materyal silikayı serbest bırakır ve silika yönünden zengin çözeltiler yatak ya da yarıklar arasında hareket sağlayarak sedimentin yapısına katılır (Ergül, 2004).

1.4. Sediment Kirleticileri

Yapısı ve konumu itibarıyla sucul ekosistemlerde kirlilikten en çok etkilenen yapı olan sediment; sınıflandırmasına göre farklılık arz eden çok çeşitli kirleticiler ile kirlenme olgusuna maruz kalabilmektedir. Özellikle sanayi devrimi, hızlı nüfuz artışı ve beraberinde gıda kaynaklarının azalması, plansız kentleşme gibi temel sorunların türevleri kirlilik kaynaklarının kökeni konumundadır. Sebebi her ne olursa olsun kirlenmiş bir sediment yapısı canlı yaşamı için büyük bir tehlikedir. Bu nedenle sediment kirleticileri iyi bilinmeli ve doğrudan kirlilik kaynağı unsurlar ile mücadele edilmelidir. Genel olarak sedimentte kirlenme olayına sebebiyet veren kirleticilerinden bazıları; kanalizasyon atıklarını da içeren kentsel atıklar, tarım ilaçları (pestisitler), temizleyici özellikteki kimyevi maddeler (deterjanlar), metalli bileşikler (ağır metaller), poliaromatik hidrokarbonlar (PAH) ve radyoaktif maddelerdir.

Son yıllarda dünya nüfusu hızlanın artması beraberinde gıda kaynağı talebinde de artışa neden olmuştur. Yiyecek ihtiyacının artmasıyla birlikte tarım arazilerinden daha fazla verim almak gerekmektedir. Fakat tarım arazilerini etkileyen atıksu kullanımı toprağın yapısını bozmaktadır ve ilaveten toprakta pest denilen doğal zararlılar da yaşamaktadır. Bu doğal zararlılar toprağın veriminden besin ihtiyaçlarını karşılamaktadırlar. Yani insanların besin ihtiyaçlarına ortak olmaktadır. Bu durumun önlenmesi, insanların ve hayvanların çeşitli hastalıklardan zarar görmemeleri için pestisit denilen kimyasal maddeler tarım arazilerinde kullanılmaya

başlanmıştır. Tarım arazilerinde kullanılan pestisit ve çeşitli endüstriyel faaliyetlerde kullanılan bu kimyasalların sucul ortamlarda parçalanması oldukça zordur. Bu tür bileşenlerin bazıları canlı bünyesinde birikime ve hatta mutajenik ve kanserojenik etkilere neden olmaktadır. Ayrıca fazla miktarda kullanılan pestisitler toksik etki yapmakla birlikte, toksisitenin seviyesi canlı türüne ve pestisit grubuna göre değişmektedir (Kanemitsu ve ark., 1980; Yano ve Nishi, 1980).

Kırsal kesimdeki yaşamdan, kentsel yaşama ve sanayi tesislerine kadar en çok kullanılan ve atık olarak çevreye bırakılan kimyasalların başında gelen deterjanların; sucul ortamlara deşarjı ciddi derecede kirlenmeye neden olmaktadır. Son dönemlerde gözlenen "kırmızı su (Red-tide)" olaylarında aşırı plankton üremesinin yanında diğer sentetik deterjanların da önemli ölçüde etkisi bulunmaktadır. Deterjanların ötrofikasyon yaratan bu özellikleri oldukça geniş alanlarda kırmızı renk şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Bu sularda mikroskobik incelenme bile bu renk kirliliğinin sebebini ortaya çıkarmaya yetmektedir. Mikroorganizmaların aşırı çoğalmasıyla, denizin doğal dengesi bozulmaktadır. Mikroorganizmalar, sudaki çözünmüş oksijeni tüketerek suyun oksijence daha fakir bir hal almasını sağlar. Burada planktonun aşırı çoğalarak red-tide olayını oluşturmalarının tek nedeninin denizin besinle aşırı yüklenmesi olmadığı; sıcaklık, gece ve gündüz uzunluğu ve diğer mevsim şartlarının da olayı etkilediğini kabul etmemiz gerekir. Suyun bulanıklığı gerek planktondaki artış gerekse bunların oluşturduğu organik maddelerdeki artış nedeniyle artmaktadır. Sedimentasyon hızla artış göstermekte ve su kütlesinin oranı da azalmaktadır (göl ve barajlarda).

Ağır metaller, atom ağırlığı 63,5 ile 200,6 arasında olan ve özgül ağırlığı 5,0 g/cm³'den büyük olan elementlerdir. Metal kaplama tesisleri, madencilik işlemleri, gübre endüstrileri, tabakhaneler, piller, kâğıt endüstriler ve böcek ilaçları gibi sektörlerin hızla gelişmesiyle birlikte, özellikle gelişmekte olan ülkelerde ağır metal atıksuları doğrudan veya dolaylı olarak çevreye deşarj edilmektedir. Organik kirleticilerden farklı olarak, ağır metaller biyolojik olarak parçalanamaz ve canlı organizmalarda birikme eğilimindedir ve yine birçok ağır metal iyonunun toksik veya kanserojen olduğu bilinmektedir. Endüstriyel atıksuların arıtımında özellikle

endişe verici toksik ağır metaller bakır, nikel, cıva, kadmiyum, kurşun ve kromdur (Srivastava ve Majumder, 2008).

Gittikçe daha sıkı düzenlemelerle karşı karşıya kalan günümüzde ağır metaller öncelikli çevresel kirleticilerdir ve en ciddi çevresel sorunlardan biri haline gelmiştir. Bu yüzden insanları ve çevreyi korumak için bu zehirli ağır metaller bulunduğu ortamdan uzaklaştırılmalıdır. Ağır metal iyonlarını uzaklaştırmak için kullanılan birçok yöntem arasında kimyasal çöktürme, iyon değişimi, adsorpsiyon, membran filtrasyonu, elektrokimyasal arıtma teknolojileri vb. gibi yöntemler kullanılmaktadır. Sedimentte biriken ağır metallerin konsantrasyonu dipte bulunan sediment parçacıklarının oranına, parçacıkların boyutuna ve sedimentte organik maddelerin bulunup bulunmamasına göre değişiklik gösterir. Sedimentin yardımıyla sucul ortamların ağır metal kirlilik seviyesini belirlemek mümkündür. Çünkü ağır metaller sedimentin yapısında birikim gösterirler (Salomons ve ark., 1987).

Ormanların tahrip edilmesi, düzensiz kentleşme, erozyon, yeşil arazilerin azalması sanayide kullanılan kimyasal maddelerin canlılar üzerinde olumsuz etkileri, termik santraller, ağır metallere ek olarak poliklorlu bifenil (PCB) ve türevleri ile polisiklikaromatik hidrokarbon (PAH)'lar ekolojik olarak olumsuz etkilere neden olmaktadır. Petrol ve türevlerinden köken alan PAH'lar, kullanım sırasındaki hataların ve ihmallerin sonucunda kaynaklanan, petrol dökülmeleri ve fosil yakıtların tamamen yanmaması neticesinde çevreye atılan atıkların sucul ve karasal ekosistemlerde uzun zaman etkisini yitirmemesinden dolayı çevresel bileşenler arasındadır. Ayrıca, PAH'ların toksik, mutajenik ve kanserojenik özelliklerinin de olduğu bilinmektedir. Farklı kaynaklardan doğaya salınan okyanus ve denizlere ulaşmış olan PAH'ların bir kısmı zamanla doğadan kaybolur. Fakat bu kirliliğin bittiğini göstermez. Hidrofobik özelliklere sahip olan PAH'lar sularda çözünmezler ve süspansiyon olmuş partikülleri suyu sarar. Sucul ortamlarda çökmelerin sonucunda göllerde, nehirlerde, nehir ağızlarında ve okyanuslarda PAH sedimentlerini oluştururlar. Deniz sedimentlerindeki PAH konsantrasyonları 100 ng/g'dan 100000 ng/g'a kadar değişiklik gösterebilir. Deniz yüzeyindeki PAH'ların yaklaşık %25'i gün içerisinde yoğunlaşır. Geriye kalan %75'lik kısmı emülsiyon haline dönüşerek

küçük partiküller halinde suya karışabilir. Bu partiküller haline gelmiş olan PAH'lar dibe çökelerek sedimentin yapısına karışır. PAH'ların biyolojik olarak parçalanması, biyokimyasal ve genetik olarak gerçekleşmektedir (Feriello ve ark., 1976, Kanemitsu ve ark., 1980; Yano ve Nişhi, 1980). Bu yollar için ekstrakromozomal gen lokasyonları mevcuttur. Deniz, tatlısu ve toprak ekosistemlerindeki petrol ve hidrokarbonların biyolojik olarak parçalanma yollarını aydınlatmaya yönelik çeşitli çalışmalar vardır. Şu ana kadar naftalen (Davies ve ark., 1964), fenantren (Jerina ve ark., 1976; Kiyohara ve ark., 1976) ve antrasen (Cerniglia, 1984) gibi çeşitli PAH'ların bakteriler tarafından parçalanmaları çalışılmıştır.

Sediment yapısındaki radyoaktif bir diğer ifadeyle nükleer kirlenme; kaynakları ve etkileri açısından küresel özelliktir. Karasal ortamdaki kayalarda ve denizel ortamdaki sedimentlerde radyoaktif maddeler bulunduğu gibi, atmosferde de kozmik ışınların etkisiyle radyoaktivite oluşur. Ayrıca insanlar tarafından üretilen yapay radyoaktif maddeler de kara, hava ve su gibi yaşam alanlarında çok ciddi etkilere neden olabilmektedir. Radyoaktif kirliliğin kısa vadedeki yıkıcı etkilerine uzun vadedeki kalıtsal etkileri de eklenince insanlık açısından çok ciddi sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Özellikle radyoaktivite özelliği gösteren bazı izotopların besin zinciri yoluyla canlıdan canlıya geçmesi de olayın ciddiyetini pekiştirmektedir (Kocataş, 2012).

Farklı nitelikteki kirleticiler ele alındığında sucul ekosistemlerin en önemli kısımlarından biri olan sediment yapısındaki kirlenmenin kısa vadede çözümünün zaman gerektirdiği, uzun vadede ise çoğu zaman çok ciddi maddi kayıplara yol açtığı bazen de imkânsız olduğu bilinmektedir. Bu nedenle tatlısu kaynaklarının sürdürülebilir kullanımının sağlanabilmesi için sucul kütle ile birlikte sediment yapısı da sürekli izlenerek kontrol edilmelidir. Aksi halde zamanla sediment yapısının kalitesinin bozulması ortamdaki kirliliğe kümülatif bir katkı sağlayabilir. Bu nedenle bu çalışmada; Giresun ili için önemli bir tatlısu kaynağı olan Gelevera Havzası derelerinden Gelevera Deresi'nin sediment kalitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

BÖLÜM 2. LİTERATÜR ÖZETİ

Akbaba (2010), Kars Çayı'nın 2009 yılında Mayıs-Eylül ayları arasında su, sediment ve karabalıklardan alınan örneklerde Fe, Cr, Mn, Pb, Ni, Zn, Cu, Cd gibi ağır metallerin birikim düzeylerine bakmıştır. Araştırmacı konsantrasyon sıralamasını sediment>su>kemik>solungaç>kas olarak rapor etmiştir.

Shazilli ve ark. (2011), Malezya'daki tropikal Terengganu Su Havzası'ndan alınan sediment ve yüzeysel su numunelerinde Pb, As, Cd, Sn ve Hg düzeylerini tespit ederek, ağır metal kirlilik sıralamasını Pb>Sn>As>Cd>Hg şeklinde tespit etmişlerdir.

Taşkın ve ark. (2011), Marmara Denizi ve İstanbul kıyılarından topladıkları sediment örneklerinin Al, Fe, Mn ve Cu konsantrasyonlarını araştırmış, Fe ve Mn'in zenginleşme faktörlerini hesaplamışlardır.

Sönmez ve ark. (2012), Karasu Nehri'nde belirlenmiş olan istasyonlardan alınan sediment örneklerinin Cu, Zn, Mn, Pb, Ni, Cd ve Fe konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Araştırmacılar, örneklerin kirlilik derecesinin oldukça yüksek olduğunu ve bunun devam etmesi durumunda ekolojik dengeye zarar verebileceğini ifade etmişlerdir.

Kır ve Tumantozlu (2012), Karacaören-II Barajı'ndaki kirlilik nedenlerini belirlemek için Nisan 2009-Mart 2010 tarihleri arasında su, sediment ve sazan balıklarındaki Fe, Cu, Zn, Mn, Al, Sr, Cr, Pb, Cd ve Hg düzeylerini tespit etmişlerdir.

Yılğör (2012), Bafa Gölü'ndeki Kirlilik Derecesini (CF) araştırmak için farklı istasyonlardan sediment örnekleri toplamış ve bu numunelerden Fe, Cr, Mn, Pb, Ni, Zn, Cu ve Hg gibi metallerin derişimlerine bakmıştır. Araştırmacı aynı zamanda

sediment örneklerinde radyometrik yöntemler, sediment numunelerinin tane boyu, organik karbon, karbonat analizi, göl suyuna ait akıntı ölçümleri ve bazı fizikokimyasal parametreleri de izlediğini rapor etmiştir.

Sarı ve ark. (2013), Ambarlı Limanı etrafından almış oldukları sediment örneklerinde Al, As, Cu, La, Mo, Pb, Se ve Zn konsantrasyonlarının toksik etkilerini incelemiştir.

Özbay ve ark. (2013), Mersin ili sınırları içerisinde bulunan Berdan Çayı'ndan mevsimsel olarak sediment numuneleri toplamış ve bu numunelerden Cd, Cr, Mn, Ni, Zn, Cu, Pb, Fe, Al'nin derişimlerini $Fe > Al > Mn > Ni > Cr > Zn > Cu > Pb > Cd$ olarak rapor etmişlerdir.

Hallı ve ark. (2014), Ergene Nehri'nden toplamış oldukları sediment örneklerinde antropojenik köken kaynakların tespiti için Zenginleşme Faktörü (EF), Kirlilik Faktörü (CF) ve Kirlilik Yük İndeksi (PLI)'nden faydalanmışlardır.

Naji ve ark. (2014), Klang Nehri boyunca toplamış oldukları sediment örneklerinde ağır metal kirliliği, pH, toplam organik karbon (TOC) ve tane boyutu ile Zenginleşme Faktörü (EF) ve Jeokümülyasyon İndeksi (I_{geo}) gibi kalite göstergesi değişkenlerini tespit etmişlerdir.

Tang ve ark. (2014), Doğu Çin'deki limnetik bölgelerden almış oldukları sediment örneklerinde Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn gibi elementlerin konsantrasyonlarını araştırmışlardır.

Suzer ve ark. (2015), Gediz Deltası'nda yer alan Kırdeniz, Homa ve Çilazmak Dalyanları ile Çamaltı Tuzlası kıyılarından almış oldukları sediment örneklerinde Pb, Cr, Ni ve Hg'nin konsantrasyonlarını rapor etmişlerdir.

Bassey ve ark. (2015), Ona Nehri yüzey sedimentlerinde iz elementleri araştırmış, Kirlilik Yük İndeksi (PLI) ve Jeokümülyasyon İndeksi (I_{geo}) hesaplamışlardır.

Bastami ve ark. (2015), Güney Hazar Denizi yüzey sedimentlerinde majör element ve ağır metal konsantrasyonunu belirlemek için Al, Zn, Cu, Ni, Pb, Cd ve Hg'nin derişimlerini tespit ederek Kirlilik Yük İndeksi (PLI)'ni hesaplamışlardır.

Saiful ve ark. (2015), Bangladeş'teki bir kentsel nehrin (Korotoa) yüzey suyu ve sedimentinde Cr, Ni, Cu, As, Cd ve Pb konsantrasyonlarını araştırmış, Kirlilik Faktörü (CF) ve Jeokümülyasyon İndeksi (I_{geo}) ile Kirlilik Yük İndeksi (PLI)'ini hesaplamışlardır.

Veerasingam ve ark. (2015), Hindistan'ın batı kıyılarında bulunan Mandovi Haliç'inde Fe, Mn, Cu, Cr, Co, Pb ve Zn derişimlerini tespit ederek, Jeokümülyasyon indeksi (I_{geo}) değerlerini analiz etmişlerdir.

Zhao ve ark. (2015), Çin'de Hainan Adasındaki nehirlerde gerçekleştirdikleri çalışmada Zenginleşme Faktörü (EF), Kirlilik Faktörü (CF) ve Jeokümülyasyon İndeksi (I_{geo})'ını kullanmışlardır.

Sallam ve ark. (2015), Riyad (Suudi Arabistan)'da gerçekleştirdikleri çalışmada Zenginleşme Faktörü (EF) ve Kirlilik Faktörü (CF)'nden faydalanmışlardır.

Rezaei ve ark. (2015), İran'da Kerman Bölgesinde bakır madeni civarında gerçekleştirdikleri araştırmada Zenginleşme Faktörü (EF), Kirlilik Faktörü (CF) ve Jeokümülyasyon İndeksi (I_{geo}) değerlerini tespit etmişlerdir.

Shamilishvili ve ark. (2015), St. Petersburg'da Krasnogvardeisky Bölgesi'ndeki sedimentlerde kirliliğin kaynağını öğrenmek amacıyla Kirlilik Faktörü (CF) ve Jeokümülyasyon İndeksi (I_{geo}) ve Kirlilik İndeksi (PI) değerlerine hesaplayarak değerlendirme yapmışlardır.

Islam ve ark. (2015), Bangladeş'te gerçekleştirdikleri çalışmada sediment numunelerinde faydalananak Zenginleşme Faktörü (EF), Kirlilik Faktörü (CF) ve Kirlilik Yük İndeksi (PLI)'ni analiz etmişler ve sediment bünyesindeki kirlenmenin kaynağı hakkında bilgi sahibi olmuşlardır.

Aydi (2015), Tunus'un Bizerte Bölgesi'nde toplamış olduğu sediment örnekleriyle yaptığı çalışmada Kirlilik Faktörü (CF), Kirlilik Yük İndeksi (PLI) ve Jeokümülayon İndeksi (I_{geo}) yöntemlerini kullanmıştır.

Kumar ve Maiti (2015), Chaibasa (Hindistan)'da gerçekleştirdikleri çalışmada Kirlilik Faktörü (CF) ve Jeokümülayon İndeksi (I_{geo}) yöntemlerinden faydalananak terk edilmiş bir madenin su, sediment, tarım alanı gibi ortamlardaki metal zenginleşmesine olası katkılarını tespit etmeye çalışmışlardır.

Guo ve ark. (2015), Çin'de 5 farklı bölgedeki göllerden toplamış oldukları sediment numunelerinin metal içeriklerini tespit edip, Kirlilik Yük İndeksi (PLI), Zenginleşme Faktörü (EF) ve Jeokümülayon İndeksi (I_{geo}) değerlerini hesaplamışlardır.

Wang ve ark. (2015), Çin'in Anhui Bölgesi'ndeki bazı nehirlerde gerçekleştirdikleri çalışmada Zenginleşme Faktörü (EF), Jeokümülayon İndeksi (I_{geo}) ve modifiye edilmiş jeokümülayon yöntemlerini kullanılmışlardır.

Odjer-Bio ve ark. (2015), Gana'da Butuah Lagün'ünde toplamış oldukları sediment numunelerinin Kontaminasyon Derecesi (Cd), Kirlilik Yük İndeksi (PLI), Kirlilik Faktörü (CF), Zenginleşme Faktörü (EF) ve Jeokümülayon İndeksi (I_{geo}) değerlerini tespit ederek, olası kirliliğinin nedenlerini araştırmışlardır.

Nemr ve ark. (2016), Mısır Kızıldeniz'den aldıkları yüzey sedimentlerinde Al, Zn, Cu, Ni, V, Pb, Cd ve Hg elementlerinin kirlilik boyutunu ve menşeyini tespit etmek için Jeokümülayon İndeksi (I_{geo}), Sediman Zenginleşme Faktörü (SEF) ve Potansiyel Ekolojik Risk İndeksi (PERI) analizlerini kullanmışlardır.

Wang ve ark. (2016), Güney Çin Bölgesi'nde yer alan Zhelin Körfezi'nde As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb ve Zn elementlerinin konsantrasyonlarını araştırmış, Pb, As, Cu ve Zn elementlerinin Zenginleşme Faktörlerini (EF) ve Jeokümülyasyon İndeksi (I_{geo}) değerlerini hesaplamışlardır.

Almur ve ark. (2017), Suudi Arabistan'ın batısında yer alan Cidde şehrinin kıyısından almış oldukları sediment örneklerinden ICP-MS yöntemi ile Cr, Mn, Fe, Cu, Zn ve Pb gibi metallerin konsantrasyon değerlerini araştırmış, Zenginleştirme Faktörü (EF) ve Kirlilik Yük İndeksi (PLI) değerlerini hesaplamışlardır.

Nethaji ve ark. (2017), Vellar ve Coleroon Haliçlerinden sediment örnekleri toplamış ve sedimentteki sediment dokusu, kalsiyum karbonat, organik madde ve ağır metal düzeyleri ile Kirlilik Yük İndeksi (PLI), Kirlilik Faktörü (CF), Zenginleşme Faktörü (EF) ve Jeokümülyasyon İndeksi (I_{geo}) değerlerini hesaplamışlardır.

Ali ve ark. (2018), Sidney Havzası'ndaki kömür madenciliği faaliyetlerindeki artışın etkilerini, Kontaminasyon Derecesi (Cd), Jeokümülyasyon İndeksi (I_{geo}), Zenginleştirme Faktörü (EF), Kirlilik Yük Endeksi (PLI) ve Sediment Çevresel Toksisite Katsayılarının göre rapor etmişlerdir.

Dahri ve ark. (2018), Güneydoğu Tunus'ta bulunan Gabes Catchment içindeki akıntılı sedimanlarda yedi ağır metalin (Cd, Zn, Cu, Pb, Ni, Cr ve As) Zenginleştirme faktörü (EF), Sediment Kirliliği Endeksi (SPI), Kirlilik Yükü İndeksi (PLI), Coğrafi Birikim Endeksini rapor etmişlerdir.

Godson ve ark. (2018), Tamil Nadu (Hindistan)'nın güneybatı kıyılarında bazal elementel konsantrasyonun kökeninin belgelenmesi için 42 yüzey sediment örneği toplayarak Zenginleştirme Faktörü (EF), Kirlilik Faktörü ve Jeokümülyasyon İndeksi (I_{geo})'nden faydalanmışlardır.

He ve ark. (2019), Ağır metallerin potansiyel kaynaklarını ve çevresel risklerini amaçlayan çalışmalarında Yangtze Nehri Haliç Bölgesi'nden topladıkları yüzey

sediment örneklerinin Jeoakümülayon İndeksi (I_{geo}) ve Kirlilik Faktörü (CF) değerklerini hesaplamışlardır.

Pandey ve ark. (2019), dört Kore nehrinin (Nakdong, Yeongsan, Geum ve Han) sediment seviyelerindeki metallerin mevcut kalite durumlarını Zenginleştirme Faktörü (EF), Jeoakümülayon İndeksi (I_{geo}), Kontaminasyon Faktörü (CF), Kontaminasyon Derecesi (Cd), Değıştirilmiş Kontaminasyon Derecesi (mCd) ve Kirlilik Yık Endeksi (PLI)'nden faydalanarak tespit etmişlerdir.

Zhang ve ark. (2019), Çin'de gerçekleştirdikleri çalışmada sediment numunelerinin mekansal dağılım özelliklerini, kaynaklarını ve potansiyel ekolojik kirlilik risklerini göstermek amacıyla Ni, Zn, Cr, Cu, As, Pb, Cd ve Hg konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Araştırmacılar Coğrafi Birikim Endeksi, Potansiyel Ekolojik Risk Endeksi (PERI), Kirlilik Yık Endeksi (PLI), Toksik Risk İndeksi (TRI) ve Kirlilik Şiddeti Endeksi (CSI) sonuçlarına göre, Cd ve Hg kirlilik seviyelerinin ılımlı olduğunu ifade etmişlerdir.

BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı ve Örneklerin Toplanması

Gelevera Deresi'nin diğer adı Özlüce Deresi olup Gümüşhane ili sınırındaki Balaban Dağları'ndan doğan, Karadona, Karaovacık ve Çukur Derelerinden beslendiği gibi küçük akıntıya sahip dere ve ırmaklardan da beslenmektedir. Gelevera Deresi yüz ölçümü tahmini olarak 351 km² dir. 80 km'lik uzunluğuna sahip olan Gelevera Havzası doğuda Tirebolu, Güce ve Doğankent ilçeleri, batıda Yağlıdere Havzası, kuzeyde Karadeniz ve güneyde ise Kürtün ile çevrili; Sapmaz, Ericek ve Direkbükü Köylerinden geçerek Giresun ili Espiye ilçesinin doğusundan denize dökülmektedir. Ayrıca dere yatağının eğimi fazla olduğundan suyun akış hızının da hızlı olduğu bilinmektedir (Yıldız, 2013).

Gelevera Deresi ana hattı ve bu hatta katkı sağlayan yan koldan toplanan sediment örnekleri, Nisan 2018 ile Şubat 2019 tarihleri arasında aylık olarak her bir istasyonda 3 farklı noktadan olmak üzere Ekman tipi (15x15x15 cm) sediment kepçesiyle alınmıştır. Buz korumalı kaplarda, soğuk zincir altında laboratuvara getirilen örneklerin analiz işlemlerine 4 saat içerisinde başlanılmıştır. Örnek toplama istasyonları Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de gösterilmektedir.



Şekil 3. 1. Çalışma alanı (Google Earth'den düzenlenmiştir)



Şekil 3. 2. Örnek toplama noktaları

3.2. Sediment Örneklerinin Analizi

3.2.1. pH ve Elektriksel İletkenlik analizi

Sediment örneklerinin pH analizi için, yaş olarak tartılan numuneler 1:2,5 oranında saf su ile muamele edilmiş, iyice karıştırılan örneklerin çökelmesini takiben üstte kalan sıvı kısmın pH ve elektriksel iletkenlik değerleri ölçülmüştür (Anonim, 1995).

3.2.2. % Organik Madde miktarı analizi

Sediment örneklerinden organik madde miktarı belirlenmesi amacıyla 60 °C’de kurutularak 2 gr toz haline getirilmiş sediment örneği, sabit tartıma getirilen porselen krozelere koyulmuş ve 550 °C’ye ayarlanmış kül fırınında 2 saat bekletilmiştir. Süre sonunda desikatörde oda sıcaklığına getirilen numuneler tekrar tartılmış ve Egemen (2000)’de belirtilen denklemden faydalanılarak % organik madde miktarı saptanmıştır.

3.2.3. % Su içeriği analizi

Sedimentteki % su içeriğini belirlemek için sabit ağırlıktaki numuneler örnek kabına koyulmuş ve 105 °C’de kurutularak desikatörde soğutulmuştur. Ağırlık farklarından faydalanılarak su miktarı yüzdesi hesaplanmıştır (Anonim, 1995).

3.2.4. Element analizi

Al, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb gibi elementlerin sedimentteki seviyelerini belirlemek için her istasyonun dip kısmından 0-10 cm’lik tabakadan toplanan sediment numuneleri 0,5 µm’lik elek kullanılarak elenmiştir. Elenen numuneler daha sonra 102-105 °C’de sabit ağırlığa gelene kadar kurutulmaya bırakılmıştır. Kurutulan numunelerden 1 gr alınarak üzerlerine 3 mL HCl ve 1 mL HNO₃ ilave edilmiş ve oda sıcaklığında 24 saat bekletilmiştir. Daha sonra örnekler ısı tablası üzerine alınarak 120 °C’de berraklaşana kadar muamale edilmiştir. Hazır hale getirilen örnekler 50 mL’ye deiyonize su ile seyreltilmiş ve mavi bant süzme kâğıtlarından süzülerek okunmaya hazır hale getirilmiştir (Anonim, 1984; Dural ve Göksu, 2006). Na ve K analizi için alev fotometresinde standart metot basamakları kullanılmıştır.

3.2.5. İstatistiksel hesaplamalar

Mevsimler arasındaki farklılıklarda; çalışma süresince elde edilen verilerin normallik dağılımları Kolmogorov-Smirnov Testi ile test edilmiş olup normal dağılım gösterenlere sırasıyla Tek Yönlü ANOVA, Tukey çoklu karşılaştırma testi, normal dağılım göstermeyenlere ise Kruskal-Wallis Testi uygulanmıştır.

3.2.6. Jeoakümülayson İndeks analizi (I_{geo})

Müller (1969, 1979) tarafından önerilen Jeoakümülayson indeksi günümüzdeki metal içeriğinin endüstrileşme öncesi değerler ile karşılaştırarak artan kirliliğin belirlenmesinde kullanılmaktadır. İndeks aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Müller, 1969, 1979);

$$I_{geo} = \log_2 \frac{C_n}{B_n}$$

Elde edilen değere göre kirlenme sınıflarının ifadesi Tablo 3.1. şeklindedir (Vertacnik ve ark., 1995; Marvin ve ark., 2004).

Tablo 3. 1. Jeoakümülayson indeks tablosu

SINIF	DEĞER	TANIM
Sınıf 0	$I_{geo} < 0$	Kirlenmemiş
Sınıf 1	$0 < I_{geo} < 1$	Kirlenmemiş-Orta Derecede Kirli
Sınıf 2	$1 < I_{geo} < 2$	Orta Derecede Kirli
Sınıf 3	$2 < I_{geo} < 3$	Orta - Kuvvetli Derecede Kirli
Sınıf 4	$3 < I_{geo} < 4$	Aşırı Derecede Kirli
Sınıf 5	$4 < I_{geo} < 5$	Aşırı – Çok Aşırı Derecede Kirli
Sınıf 6	$I_{geo} > 5$	Çok Aşırı Derecede Kirli

3.2.7. Zenginleştirme Faktörü (EF) analizi

Yüzey sediment örneklerinden elde edilen metal konsantrasyonları kullanılarak Metal Zenginleştirme Faktörü aşağıdaki formülleri göre hesaplanmış ve skalalara göre değerlendirme yapılarak metal zenginleşmesinin doğal veya antropojenik kaynaklı olup olmadığı belirlenmiştir.

$$EF_{\text{metal}} = \frac{(M_x/AI_x)_{\text{örnek}}}{(M_c/AI_c)_{\text{yer kabuğu}}}$$

Elde edilen değer aşağıdaki skalaya göre değerlendirmiştir (Salomons ve Förstner, 1984).

EF<1	Zenginleşme Yok
EF<3	Düşük Düzeyde Zenginleşme
EF=3-5	Değiştirilebilir Düzeyde Zenginleşme
EF=5-10	Değiştirilebilir Ancak Yüksek Düzeyde Zenginleşme
EF=10-25	Yüksek Düzeyde Zenginleşme
EF=25-50	Çok Yüksek Düzeyde Zenginleşme
EF>50	Aşırı Yüksek Düzeyde Zenginleşme

3.2.8. Kirlilik Yük İndeksi (PLI) analizi

Yüzey sedimenti örneklerinin Kirlilik Yük İndeksi analizi metal gözetmeksizin aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$PLI = (CF_1 \times CF_1 \times CF_1 \times \dots \times CF_n)^{1/n}$$

$$CF_{\text{metal}} = C_{\text{metal}} / C_{\text{yer kabuğu}}$$

n: Örnek Sayısı

Chakravarty ve ark., (2009)'a göre;

PLI değeri >1 ise kirlilik var,

PLI değeri < 1 ise kirlilik yoktur.

BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Sediment pH Sonuçları

Gelevera Deresi sedimentinde pH değerleri 5,0 ile 6,4 aralığında değişiklik gösterip, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 6,0 ($\pm 0,045$), sonbaharda 5,9 ($\pm 0,031$), kış mevsiminde 5,8 ($\pm 0,056$) ve ilkbaharda 6,1 ($\pm 0,115$) olarak belirlenmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak sedimentlerdeki pH değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı saptanmıştır (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Mevsimlere göre ortalama pH değerleri

İSTASYON						
		1	2	3	4	Ortalama
Yaz	Ortalama Değer Std. Hata (±) En Küçük Değer En Yüksek Değer	5,9	6,0	6,0	5,9	6,0
		0,058	0,145	0,100	0,058	0,045
		5,8	5,8	5,9	5,8	5,8
		6,0	6,3	6,2	6,0	6,3
Sonbahar		5,9	6,0	6,0	5,9	5,9
		0,058	0,058	0,058	0,067	0,031
		5,8	5,9	5,9	5,8	5,8
		6,0	6,1	6,1	6,0	6,1
Kış		5,8	5,9	6,0	5,7	5,8
		0,167	0,088	0,033	0,088	0,056
		5,5	5,7	5,9	5,5	5,5
		6,0	6,0	6,0	5,8	6,0
İlkbahar		6,3	5,8	6,1	6,0	6,1
		0,133	0,426	0,115	0,173	0,115
		6,0	5,0	5,9	5,7	5,0
		6,4	6,4	6,3	6,3	6,4

4.2. Sediment Elektriksel İletkenlik Değişimi

Yüzey sediment örneklerindeki elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 70 ile 480 mS/cm aralığında değişiklik gösterip, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 160 ($\pm 13,596$) mS/cm, sonbahar mevsiminde 253 ($\pm 24,319$) mS/cm, kış mevsiminde 311 ($\pm 24,478$) mS/cm ve ilkbahar mevsiminde 218 ($\pm 23,543$) mS/cm olarak belirlenmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak sedimentlerdeki EC değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli düzeyde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.2).

Tablo 4.2. Mevsimlere göre ortalama EC değerleri (mS/cm)

İSTASYON						
		1	2	3	4	Ortalama
Yaz	Ortalama Değer Std. Hata (±) En Küçük Değer En Yüksek Değer	153	137	200	150	160 ^a
		26,034	37,565	26,458	11,547	13,596
		110	70	150	130	70
		200	200	240	170	240
Sonbahar		283	207	297	227	253 ^{bc}
		40,961	75,130	44,845	29,059	24,319
		220	80	210	180	80
		360	340	360	280	360
Kış		287	303	323	330	311 ^c
		44,845	21,858	61,734	79,373	24,478
		200	260	230	210	200
		350	330	440	480	480
İlkbahar		237	293	140	203	218 ^{ab}
		40,552	56,075	26,458	23,333	23,543
		170	210	90	180	90
		310	400	180	250	400

Aynı sütundaki farklı harfler arasındaki benzerlik istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$).

4.3. Sedimentte % Su İçeriği

Gelevera Deresi sedimentinin % su içeriği değerleri 15,12 ile 48,10 aralığında değişiklik gösterip, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 33,89 ($\pm 1,861$), sonbahar mevsiminde 33,58 ($\pm 1,980$), kış mevsiminde 32,36 ($\pm 2,134$) ve ilkbahar mevsiminde 32,13 ($\pm 2,115$) olarak belirlenmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak sedimentlerdeki % su içeriği değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı tespit edilmiştir (Tablo 4.3).

Tablo 4.3. Mevsimlere göre ortalama % su içeriği

		İSTASYON				
		1	2	3	4	Ortalama
Yaz	Ortalama Değer Std. Hata (±) En Küçük Değer En Yüksek Değer	39,09	29,68	30,55	36,25	33,89
		1,165	1,969	1,481	6,163	1,861
		37,29	26,59	27,64	27,38	26,59
		41,27	33,34	32,47	48,10	48,10
Sonbahar		35,19	30,48	31,23	37,43	33,58
		5,277	2,920	0,324	5,792	1,980
		25,55	25,60	30,61	27,08	25,55
		43,73	35,70	31,70	47,11	47,11
Kış		31,74	36,47	34,99	26,25	32,36
		3,875	4,383	1,894	5,621	2,134
		26,42	28,66	31,33	15,12	15,12
		39,28	43,82	37,66	33,19	43,82
İlkbahar		29,41	39,50	28,47	31,13	32,13
		2,994	5,986	3,004	2,553	2,115
		24,42	27,53	22,70	27,39	22,70
		34,77	45,80	32,81	36,01	45,80

4.4. Sedimentte % Organik Madde Miktarı

Numunelerinin % organik madde değerleri 2,20 ile 8,06 aralığında seyredip, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz %4,49 ($\pm 0,298$), sonbahar %4,20 ($\pm 0,401$), kış %4,49 ($\pm 0,495$) ve ilkbahar %4,75 ($\pm 0,307$) olarak belirlenmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak sedimentlerdeki organik madde değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Mevsimlere göre ortalama % organik madde miktarı

		İSTASYON				
		1	2	3	4	Ortalama
Yaz	Ortalama Değer Std. Hata (±) En Küçük Değer En Yüksek Değer	5,66	4,08	3,71	4,52	4,49
		0,508	0,619	0,214	0,450	0,298
		5,09	2,86	3,34	3,86	2,86
		6,67	4,86	4,08	5,38	6,67
Sonbahar		5,01	4,04	3,52	4,24	4,20
		1,056	0,435	0,332	1,244	0,401
		3,35	3,20	2,87	2,77	2,77
		6,97	4,66	3,95	6,71	6,97
Kış		3,38	6,56	4,25	3,75	4,49
		0,626	1,160	0,519	0,556	0,495
		2,20	4,28	3,30	2,93	2,20
		4,33	8,06	5,09	4,81	8,06
İlkbahar		4,65	5,29	5,12	3,94	4,75
		0,130	1,115	0,216	0,463	0,307
		4,39	3,41	4,80	3,39	3,39
		4,78	7,27	5,53	4,86	7,27

4.5. Sediment Na İçeriği

Gelevera Deresi sedimentinde Na içeriği değerleri 0,360 ile 10,920 aralığında değişiklik gösterip, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz 1,216 ($\pm 0,070$) ppm, sonbaharda 0,934 ($\pm 0,079$) ppm, kış 2,981 ($\pm 1,057$) ppm ve ilkbahar 1,627 ($\pm 0,150$) ppm olarak belirlenmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak sedimentlerdeki Na değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı kanaatine varılmıştır (Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Mevsimlere göre ortalama Na değerleri (ppm)

		İSTASYON				
		1	2	3	4	Ortalama
Yaz	Ortalama Değer Std. Hata (±) En Küçük Değer En Yüksek Değer	1,173	0,936	1,353	1,402	1,216
		0,058	0,049	0,161	0,103	0,070
		1,085	0,839	1,044	1,232	0,839
		1,282	0,990	1,584	1,588	1,588
Sonbahar		0,787	0,790	1,098	1,060	0,934 ^a
		0,176	0,037	0,164	0,192	0,079
		0,489	0,724	0,865	0,744	0,489
		1,099	0,852	1,414	1,407	1,414
Kış		1,058	1,704	7,343	1,817	2,981 ^b
		0,299	0,162	3,271	0,951	1,057
		0,460	1,426	0,811	0,360	0,360
		1,386	1,987	10,920	3,603	10,920
İlkbahar		1,213	1,471	2,025	1,797	1,627 ^b
		0,158	0,198	0,485	0,063	0,150
		0,900	1,102	1,529	1,689	0,900
		1,411	1,781	2,995	1,907	2,995

Aynı sütundaki farklı harfler arasındaki benzerlik istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$).

4.6. Sediment K İçeriği

Yüzeysel sediment örneklerindeki K içeriği derişimi 1,628 ile 11,543 aralığında seyredip, mevsimlere göre ortalama değerler ppm olarak sırasıyla; yaz 4,436 ($\pm 0,210$), sonbahar 3,414 ($\pm 0,260$), kış 5,276 ($\pm 0,845$) ve ilkbahar 6,008 ($\pm 0,219$) olarak belirlenmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak sedimentlerdeki K içeriği değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli düzeyde olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. Mevsimlere göre ortalama K değerleri (ppm)

		İSTASYON				
		1	2	3	4	Ortalama
Yaz	Ortalama Değer Std. Hata (±) En Küçük Değer En Yüksek Değer	4,910	3,976	3,980	4,879	4,436 ^{ab}
		0,197	0,261	0,530	0,406	0,210
		4,619	3,638	2,971	4,104	2,971
		5,286	4,489	4,766	5,475	5,475
Sonbahar		3,452	3,247	3,780	3,176	3,414 ^a
		0,762	0,081	0,643	0,614	0,260
		2,037	3,157	2,837	2,152	2,037
		4,648	3,409	5,008	4,274	5,008
Kış		3,964	6,755	6,058	4,327	5,276 ^b
		1,089	2,565	1,797	1,411	0,845
		1,788	2,764	2,502	1,628	1,628
		5,137	11,543	8,282	6,389	11,543
İlkbahar		5,495	6,684	6,256	5,597	6,008 ^b
		0,106	0,585	0,474	0,056	0,219
		5,285	6,014	5,350	5,524	5,285
		5,623	7,849	6,952	5,706	7,849

Aynı sütundaki farklı harfler arasındaki benzerlik istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$).

4.7. Sediment Al İçeriği

Sediment numunelerinin Al konsantrasyonu 1,990 ile 217,509 ppm aralığında değişiklik gösterip, mevsimlere göre ortalama değerler ppm olarak sırasıyla; yaz mevsiminde 106,411 ($\pm 4,791$), sonbahar mevsiminde 85,811 ($\pm 7,061$), kış mevsiminde 125,038 ($\pm 16,537$) ve ilkbahar mevsiminde 143,248 ($\pm 7,177$) olarak kayıt edilmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak sedimentlerdeki Al içeriği değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli düzeyde olduğu saptanmıştır (Tablo 4.7).

Tablo 4.7. Mevsimlere göre ortalama Al değerleri (ppm)

İSTASYON						
		1	2	3	4	Ortalama
Yaz	Ortalama Değer Std. Hata (±) En Küçük Değer En Yüksek Değer	124,722	105,284	95,460	100,179	106,411 ^{ab}
		7,046	9,346	10,144	4,174	4,791
		117,082	89,325	79,742	94,890	79,742
		138,796	121,690	114,427	108,417	138,796
Sonbahar		99,491	93,315	78,166	72,273	85,811 ^a
		21,822	2,303	11,786	15,297	7,061
		56,565	89,646	54,611	41,990	41,990
		127,779	97,561	90,718	91,179	127,779
Kış		110,139	147,557	129,486	112,969	125,038 ^b
		31,841	45,355	38,802	31,511	16,537
		46,781	62,568	52,225	50,201	46,781
		147,373	217,509	174,436	149,238	217,509
İlkbahar		135,145	173,516	130,817	133,513	143,248 ^b
		11,518	11,923	15,264	3,122	7,177
		114,579	159,948	102,330	127,467	102,330
		154,415	197,283	154,566	137,886	197,283

Aynı sütundaki farklı harfler arasındaki benzerlik istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$).

4.8. Sediment Cr İçeriği

Sediment örneklerinin Cr konsantrasyonu değerleri 0,078 ile 1,056 ppm aralığında değişiklik gösterip, mevsimlere göre ortalama değerler ppm olarak sırasıyla; yaz mevsiminde 0,190 ($\pm 0,036$), sonbahar mevsiminde 0,152 ($\pm 0,025$), kış mevsiminde 0,134 ($\pm 0,009$) ve ilkbahar mevsiminde 0,297 ($\pm 0,078$) olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, örneklerdeki Cr içeriği değerleri arasındaki farkın mevsimsel olarak önemli düzeyde olduğu kaydedilmiştir (Tablo 4.8).

Tablo 4.8. Mevsimlere göre ortalama Cr değerleri (ppm)

		İSTASYON				
		1	2	3	4	Ortalama
Yaz	Ortalama Değer Std. Hata (±) En Küçük Değer En Yüksek Değer	0,184	0,342	0,137	0,098	0,190
		0,035	0,093	0,029	0,015	0,036
		0,140	0,192	0,095	0,082	0,082
		0,252	0,512	0,192	0,128	0,512
Sonbahar		0,119	0,101	0,193	0,197	0,152 ^b
		0,013	0,006	0,097	0,024	0,025
		0,098	0,094	0,078	0,160	0,078
		0,142	0,113	0,386	0,243	0,386
Kış		0,129	0,139	0,143	0,125	0,134 ^c
		0,004	0,032	0,017	0,014	0,009
		0,121	0,079	0,112	0,105	0,079
		0,133	0,189	0,172	0,151	0,189
İlkbahar		0,455	0,209	0,329	0,195	0,297 ^a
		0,301	0,011	0,139	0,043	0,078
		0,112	0,195	0,184	0,119	0,112
		1,056	0,231	0,608	0,267	1,056

Aynı sütundaki farklı harfler arasındaki benzerlik istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$).

4.9. Sediment Mn İçeriği

Gelevera Deresi sedimentinde Mn içeriği değerleri 4,244 ile 20,939 ppm aralığında değişiklik gösterip, mevsimlere göre ortalama değerleri sırasıyla; yaz mevsiminde 9,013 ($\pm 0,485$) ppm, sonbahar mevsiminde 8,074 ($\pm 0,671$) ppm, kış mevsiminde 9,761 ($\pm 1,341$) ppm ve ilkbaharda 10,324 ($\pm 0,464$) ppm olarak kaydedilmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak numunelerdeki Mn içeriği değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı saptanmıştır (Tablo 4.9).

Tablo 4.9. Mevsimlere göre ortalama Mn değerleri (ppm)

		İSTASYON				
		1	2	3	4	Ortalama
Yaz	Ortalama Değer Std. Hata (±) En Küçük Değer En Yüksek Değer	10,649	8,612	8,151	8,641	9,013
		0,827	0,873	1,115	0,796	0,485
		9,725	7,513	6,474	7,058	6,474
		12,299	10,337	10,262	9,582	12,299
Sonbahar		8,811	9,776	7,352	6,357	8,074
		2,217	0,652	0,654	0,832	0,671
		4,379	8,589	6,059	4,773	4,379
		11,121	10,837	8,165	7,591	11,121
Kış		7,668	14,246	8,864	8,265	9,761
		1,549	4,045	2,311	1,293	1,341
		4,816	6,965	4,244	6,060	4,244
		10,141	20,939	11,305	10,536	20,939
İlkbahar		11,260	11,168	9,674	9,192	10,324
		0,862	0,721	0,959	0,955	0,464
		9,537	9,802	7,824	7,283	7,283
		12,143	12,251	11,037	10,219	12,251

4.10. Sediment Fe İçeriği

Yüzeysel sediment örneklerinin Fe içeriği değerleri 169,132 ile 523,093 ppm aralığında değişiklik gösterip, mevsimlere göre ortalama değerleri ppm olarak sırasıyla; yaz mevsiminde 293,088 ($\pm 11,707$), sonbahar mevsiminde 253,771 ($\pm 14,100$), kış mevsiminde 331,293 ($\pm 32,269$) ve ilkbahar mevsiminde 380,079 ($\pm 10,584$)'dır. Ayrıca, mevsimsel olarak sediment örneklerindeki Fe içeriği değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli düzeyde olduğu sonucu ortaya çıkmıştır (Tablo 4.10).

Tablo 4.10. Mevsimlere göre ortalama Fe değerleri (ppm)

İSTASYON						
		1	2	3	4	Ortalama
Yaz	Ortalama Değer Std. Hata (±) En Küçük Değer En Yüksek Değer	338,491	281,855	264,323	287,682	293,088 ^{ab}
		20,945	15,556	22,832	17,056	11,707
		311,800	258,186	228,653	267,399	228,653
		379,796	311,177	306,848	321,576	379,796
Sonbahar		261,333	266,420	245,920	241,410	253,771 ^a
		48,363	4,075	29,426	30,608	14,100
		169,132	259,635	188,504	180,273	169,132
		332,752	273,722	285,818	274,650	332,752
Kış		313,951	390,767	323,124	297,331	331,293 ^{bc}
		68,498	83,075	68,989	63,453	32,269
		183,638	237,588	192,953	172,841	172,841
		415,709	523,093	427,832	380,922	523,093
İlkbahar		390,507	413,157	350,638	366,013	380,079 ^c
		12,967	17,703	27,836	8,611	10,584
		365,957	379,282	299,567	349,642	299,567
		410,022	439,012	395,367	378,828	439,012

Aynı sütundaki farklı harfler arasındaki benzerlik istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$).

4.11. Sediment Co İçeriği

Gelevera Deresi sedimentinde Co konsantrasyon değerleri 0,083 ile 0,193 ppm aralığında değişiklik gösterip, mevsimlere göre ortalama değerler sırasıyla; yaz mevsiminde 0,119 ($\pm 0,006$) ppm, sonbahar mevsiminde 0,113 ($\pm 0,004$) ppm, kış mevsiminde 0,135 ($\pm 0,010$) ppm ve ilkbahar mevsiminde 0,135 ($\pm 0,006$) ppm olarak belirlenmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak örneklerdeki Co içeriği değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı kaydedilmiştir (Tablo 4.11).

Tablo 4.11. Mevsimlere göre ortalama Co değerleri (ppm)

		İSTASYON				
		1	2	3	4	Ortalama
Yaz	Ortalama Değer Std. Hata (±) En Küçük Değer En Yüksek Değer	0,145	0,118	0,104	0,110	0,119
		0,008	0,007	0,011	0,007	0,006
		0,135	0,106	0,087	0,099	0,087
		0,160	0,129	0,125	0,124	0,160
Sonbahar		0,124	0,110	0,107	0,113	0,113
		0,017	0,001	0,001	0,005	0,004
		0,091	0,108	0,105	0,106	0,091
		0,150	0,113	0,108	0,122	0,150
Kış		0,145	0,149	0,125	0,119	0,135
		0,018	0,032	0,018	0,018	0,010
		0,114	0,087	0,090	0,083	0,083
		0,176	0,193	0,149	0,138	0,193
İlkbahar		0,141	0,154	0,120	0,124	0,135
		0,011	0,006	0,012	0,003	0,006
		0,124	0,148	0,097	0,117	0,097
		0,162	0,167	0,134	0,127	0,167

4.12. Sediment Ni İçeriği

Gelevera Deresi sedimentinde Ni derişimi 0,085 ile 0,502 ppm aralığında değişiklik gösterip, mevsimlere göre ortalama değerleri sırasıyla; yaz 0,230 ($\pm 0,027$) ppm, sonbahar 0,170 ($\pm 0,020$) ppm, kış 0,195 ($\pm 0,027$) ppm ve ilkbahar 0,226 ($\pm 0,016$) ppm olarak belirlenmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak sedimentlerdeki Ni içeriği değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı tespit edilmiştir (Tablo 4.12).

Tablo 4.12. Mevsimlere göre ortalama Ni değerleri (ppm)

İSTASYON						
		1	2	3	4	Ortalama
Yaz	Ortalama Değer Std. Hata (±) En Küçük Değer En Yüksek Değer	0,315	0,228	0,211	0,167	0,230
		0,093	0,014	0,031	0,017	0,027
		0,221	0,204	0,168	0,133	0,133
		0,502	0,252	0,271	0,184	0,502
Sonbahar		0,199	0,146	0,177	0,157	0,170
		0,067	0,010	0,057	0,015	0,020
		0,088	0,127	0,097	0,129	0,088
		0,318	0,161	0,288	0,178	0,318
Kış		0,209	0,193	0,221	0,156	0,195
		0,087	0,038	0,065	0,036	0,027
		0,088	0,119	0,092	0,085	0,085
		0,378	0,245	0,302	0,202	0,378
İlkbahar		0,242	0,231	0,221	0,209	0,226
		0,061	0,024	0,020	0,020	0,016
		0,166	0,183	0,191	0,171	0,166
		0,363	0,255	0,258	0,235	0,363

4.13. Sediment Cu İçeriği

Gelevera Deresi sedimentinde Cu içeriği değerleri 0,415 ile 2,705 ppm aralığında değişiklik gösterip, mevsimlere göre ortalama değerleri ppm olarak sırasıyla; yaz 1,074 ($\pm 0,078$), sonbahar 0,985 ($\pm 0,108$), kış 1,365 ($\pm 0,168$) ve ilkbahar 1,296 ($\pm 0,179$)'dır. Ayrıca, mevsimsel olarak sedimentlerdeki Cu içeriği değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı saptanmıştır (Tablo 4.13).

Tablo 4.13. Mevsimlere göre ortalama Cu değerleri (ppm)

İSTASYON						
		1	2	3	4	Ortalama
Yaz	Ortalama Değer Std. Hata (±) En Küçük Değer En Yüksek Değer	1,250	1,093	0,855	1,097	1,074
		0,106	0,247	0,118	0,086	0,078
		1,058	0,650	0,712	0,925	0,650
		1,422	1,502	1,090	1,184	1,502
Sonbahar		0,978	0,819	1,089	1,053	0,985
		0,381	0,202	0,202	0,086	0,108
		0,548	0,415	0,813	0,900	0,415
		1,738	1,042	1,482	1,197	1,738
Kış		1,136	1,878	1,488	0,958	1,365
		0,260	0,423	0,226	0,267	0,168
		0,624	1,307	1,040	0,448	0,448
		1,470	2,705	1,759	1,351	2,705
İlkbahar		1,091	1,967	1,156	0,969	1,296
		0,146	0,574	0,211	0,005	0,179
		0,811	0,824	0,735	0,959	0,735
		1,304	2,626	1,394	0,975	2,626

4.14. Sediment Zn İçeriği

Gelevera Deresi sedimentinde Zn içeriği değerleri 0,519 ile 4,519 ppm aralığında değişiklik gösterip, mevsimlere göre ortalama değerleri ppm olarak sırasıyla; yaz 2,601 ($\pm 0,175$), sonbahar 2,044 ($\pm 0,210$), kış 2,486 ($\pm 0,354$) ve ilkbahar 2,836 ($\pm 0,201$)’dır. Ayrıca, mevsimsel olarak sedimentlerdeki Zn içeriği değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli derecede olmadığı görülmüştür (Tablo 4.14).

Tablo 4.14. Mevsimlere göre ortalama Zn değerleri (ppm)

İSTASYON						
		1	2	3	4	Ortalama
Yaz	Ortalama Değer Std. Hata (±) En Küçük Değer En Yüksek Değer	3,247	2,282	1,928	2,845	2,601
		0,277	0,095	0,377	0,253	0,175
		2,706	2,103	1,207	2,353	1,540
		3,622	2,428	2,477	3,194	3,622
Sonbahar		2,382	1,829	1,089	2,036	2,044
		0,703	0,334	0,202	0,376	0,210
		1,021	1,177	0,813	1,426	1,021
		3,364	2,277	1,482	2,721	3,364
Kış		2,896	3,013	2,364	1,670	2,486
		1,060	0,764	0,381	0,589	0,354
		0,904	1,560	1,613	0,519	0,519
		4,519	4,151	2,848	2,460	4,519
İlkbahar		2,792	3,432	2,510	2,611	2,836
		0,284	0,516	0,388	0,365	0,201
		2,231	2,436	1,773	2,229	1,773
		3,148	4,165	3,090	3,342	4,165

4.15. Sediment Cd İçeriği

Sediment örneklerinin Cd konsantrasyonları 0,010 ile 0,045 ppm aralığında değişiklik gösterip, mevsimlere göre ortalama değerleri sırasıyla; yaz mevsiminde 0,024 ($\pm 0,002$) ppm, sonbahar mevsiminde 0,021 ($\pm 0,002$) ppm, kış mevsiminde 0,025 ($\pm 0,003$) ppm ve ilkbahar mevsiminde 0,026 ($\pm 0,003$) ppm olarak belirlenmiştir. Ayrıca, mevsimsel olarak sedimentlerdeki Cd değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli düzeyde olmadığı kanaatine varılmıştır (Tablo 4.15).

Tablo 4.15. Mevsimlere göre ortalama Cd değerleri (ppm)

		İSTASYON				
		1	2	3	4	Ortalama
Yaz	Ortalama Değer Std. Hata (±) En Küçük Değer En Yüksek Değer	0,031	0,024	0,019	0,021	0,024
		0,001	0,004	0,003	0,002	0,002
		0,029	0,017	0,016	0,017	0,016
		0,033	0,030	0,026	0,023	0,033
Sonbahar		0,027	0,022	0,019	0,018	0,021
		0,007	0,006	0,002	0,002	0,002
		0,015	0,010	0,015	0,014	0,010
		0,039	0,028	0,023	0,022	0,039
Kış		0,025	0,034	0,022	0,019	0,025
		0,005	0,007	0,003	0,003	0,003
		0,015	0,022	0,016	0,014	0,014
		0,032	0,045	0,025	0,022	0,045
İlkbahar		0,028	0,036	0,022	0,019	0,026
		0,003	0,006	0,005	0,002	0,003
		0,024	0,025	0,014	0,017	0,014
		0,034	0,045	0,030	0,023	0,045

4.16. Sediment Pb İçeriği

Gelevera Deresi sedimentinde Pb derişimi 0,831 ile 2,786 ppm aralığında değışiklik gösterip, mevsimlere göre ortalama değeri sırasıyla; yaz 1,334 ($\pm 0,095$) ppm, sonbahar 1,176 ($\pm 0,078$) ppm, kış 1,462 ($\pm 0,144$) ppm ve ilkbahar 1,720 ($\pm 0,142$) ppm'dir. Ayrıca, mevsimsel olarak sedimentlerdeki Pb değeri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli seviyede olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.16).

Tablo 4.16. Mevsimlere göre ortalama Pb değeri (ppm)

		İSTASYON				
		1	2	3	4	Ortalama
Yaz	Ortalama Değer Std. Hata (±) En Küçük Değer En Yüksek Değer	1,720	1,410	1,046	1,159	1,334 ^{ab}
		0,056	0,204	0,120	0,082	0,095
		1,629	1,032	0,909	0,996	0,909
		1,822	1,734	1,285	1,259	1,822
Sonbahar		1,175	1,395	1,154	0,980	1,176 ^a
		0,205	0,174	0,133	0,047	0,078
		0,878	1,092	0,975	0,888	0,878
		1,568	1,693	1,413	1,044	1,693
Kış		1,369	2,070	1,258	1,152	1,462 ^{ab}
		0,105	0,358	0,187	0,163	0,144
		1,170	1,482	0,902	0,831	0,831
		1,528	2,718	1,536	1,360	2,718
İlkbahar		1,873	2,282	1,397	1,327	1,720 ^b
		0,089	0,322	0,082	0,150	0,142
		1,781	1,682	1,237	1,028	1,028
		2,052	2,786	1,512	1,504	2,786

Aynı sütundaki farklı harfler arasındaki benzerlik istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$).

4.17. Değişkenler Arasındaki İlişkiler

Çalışma süresince analizi gerçekleştirilen sediment numunelerindeki değişkenler arasındaki ilişkiler Tablo 4.17'deki gibidir. Sediment örneklerindeki Al konsantrasyonu, Mn, Fe, Co, Zn, K ve Pb ile, Mn konsantrasyonu Fe ile, Fe konsantrasyonu Co, Zn, K ve Pb ile, Cu konsantrasyonunun ise Pb ile pozitif yönde çok güçlü düzeyde ilişkili olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$).

Tablo 4.17. Parametrelerin pearson korelasyon matrisi

	Al	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Na	K	Pb	pH	EC	% Organik Madde	% Su İçeriği
Al	1														
Cr	0,162	1													
Mn	0,773**	0,158	1												
Fe	0,962**	0,237	0,754**	1											
Co	0,873**	0,113	0,742**	0,865**	1										
Ni	0,551**	0,392**	0,470**	0,543**	0,497**	1									
Cu	0,709**	-0,039	0,502**	0,705**	0,686**	0,385**	1								
Zn	0,769**	0,114	0,650**	0,770**	0,758**	0,691**	0,698**	1							
Na	0,428**	-0,014	0,232	0,347*	0,242	0,278	0,309*	0,161	1						
K	0,901**	0,227	0,661**	0,874**	0,728**	0,511**	0,694**	0,686**	0,508**	1					
Pb	0,755**	0,190	0,676**	0,788**	0,762**	0,442**	0,799**	0,684**	0,065	0,654**	1				
pH	-0,052	0,368*	0,164	-0,061	-0,100	0,043	-0,309*	-0,087	0,007	0,018	-0,103	1			
EC	-0,140	-0,180	-0,194	-0,111	-0,018	-0,332*	0,187	-0,272	-0,009	-0,144	0,087	-0,335*	1		
% Organik Madde	0,502**	0,100	0,647**	0,497**	0,526**	0,239	0,514**	0,544**	-0,039	0,488**	0,538**	-0,018	-0,034	1	
% Su İçeriği	0,240	-0,202	0,301*	0,203	0,362*	0,236	0,525**	0,497**	0,044	0,247	0,351*	-0,217	0,044	0,535**	1

** $p<0,01$ * $p<0,05$

Çok Güçlü Korelasyon ($r>0,8$); Güçlü Korelasyon ($0,6<r<0,8$); İyi Korelasyon ($0,4<r<0,6$); Zayıf Korelasyon ($r<0,4$)

4.18. Jeoakümülyasyon İndeksi Analizi

Akarsular sürekli alıcı ortam özelliği taşıdığından kirlenmelere son derece açık olan doğal kaynaklardır. Akarsularda meydana gelen kirlenme suyun akış yönüyle farklı ortamlara taşınmaktadır. Özellikle toksik kökenli olan kirleticilerin ekosistemde birikim eğiliminin olması canlı yaşamı için son derece tehlikeli bir durum oluşturabilmektedir. Dolayısıyla suyun içerisindeki kirleticilerin kaynağını belirlemek oldukça önemlidir. Sedimentteki metal birikimi kaynağının antropojenik aktivitelerden kaynaklandığını doğrulayabilmek için Jeoakümülyasyon İndeksi gibi bazı kalite indekslerinden yararlanılmaktadır. Yapmış olduğumuz çalışma boyunca toplanan 48 sediment numunesinin 10 element için hesaplanan Jeoakümülyasyon indeks değeri Tablo 4.18'deki gibidir.

Gelevera Deresi sediment örneklerinden hesaplanan ortalama I_{geo} değeri aralığı; kış mevsiminde Al ve Cr tüm istasyonlarda 9, Ni tüm istasyonlarda 8, Mn: 5-6, Fe: 6-7, Co: 6-7, Cu: 4-5, Zn: 5-6, Cd tüm istasyonlarda 3 ve Pb: 3-4 olarak kayıt edilmiştir. ilkbahar mevsiminde Al: 8-9, Cr ve Ni tüm istasyonlarda 8, Co: 6-7, Mn ve Fe tüm istasyonlarda 6, Cu ve Zn tüm istasyonlarda 4-5, Cd ve Pb tüm istasyonlarda 3 olarak kayıt edilmiştir. Yaz mevsiminde Al: 9, Cr: 8-9, Mn: 6, Fe: 7, Co: 6-7, Ni: 7-8, Cu: 5, Zn: 4-5, Cd: 3 ve Pb: 3-4 olarak tespit edilmiştir. Sonbahar mevsiminde Al: 9-10, Cr: 8-9, Ni: 8, Mn: 6-7, Fe ve Co tüm istasyonlarda 7, Cu ve Zn tüm istasyonlarda 5, Cd ve Pb 3-4 olarak kayıt edilmiştir.

Tablo 4.18. Elementlerin Jeoakümülayon İndeks sonuçları

	Kış				İlkbahar				Yaz				Sonbahar			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Al	9	9	9	9	9	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9	10
Cr	9	9	9	9	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	8
Mn	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7
Fe	7	6	7	7	6	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7
Co	6	6	7	7	6	6	7	7	6	7	7	7	7	7	7	7
Ni	8	8	8	8	8	8	8	8	7	8	8	8	8	8	8	8
Cu	5	4	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Zn	5	5	5	6	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5
Cd	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4
Pb	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	4	4	4	3	4	4

4.19. Zenginleştirme Faktörü ve Kirlilik Yük İndeksi

Gelevera Deresi sediment numunelerindeki ağır metal derişimlerine göre hesaplanan zenginleştirme faktörü (EF) değeri kış mevsiminde Cr tüm istasyonlarda 1, Mn:7-10, Fe tüm istasyonlarda 5, Co:5-7, Ni tüm istasyonlarda 2, Cu:15-26, Zn:12-21, Cd:51-69, Pb:46-65 olarak belirlenmiştir. İlkbahar mevsiminde Cr:1-3, Mn:6-8, Fe:4-5, Co tüm istasyonlarda 4, Ni tüm istasyonlarda 2, Cu:13-20, Zn:16-17, Cd:38-54, Pb:40-56 olarak belirlenmiştir. Yaz mevsiminde Cr:1-3, Mn tüm istasyonlarda 8, Fe tüm istasyonlarda 5, Co tüm istasyonlarda 5, Ni:2-3, Cu:16-19, Zn:18-24, Cd:53-66, Pb:44-56 olarak belirlenmiştir. Sonbahar mevsiminde Cr:1-3, Mn:8-10, Fe:5-6, Co:5-7, Ni:2-3, Cu:16-28, Zn:17-24, Cd:63-72, Pb:50-61 olarak belirlenmiştir. Ayrıca yüzey sedimenti örneklerinde metal ayırt edilmeksizin istasyonlara göre Kirlilik Yük İndeksi (PLI) değerinin 1'in altında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.19).

Tablo 4.19. Elementlerin Zenginleştirme Faktörü sonuçları

	Kış				İlkbahar				Yaz				Sonbahar			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Cr	1	1	1	1	3	1	3	1	1	3	1	1	1	1	2	3
Mn	7	10	7	8	8	6	7	6	8	8	8	8	8	10	9	9
Fe	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	6
Co	7	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	6	5	6	7
Ni	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	3	3
Cu	20	26	24	15	15	20	15	13	18	18	16	19	17	16	25	28
Zn	21	18	18	12	17	17	16	16	22	19	18	24	19	17	20	24
Cd	66	69	54	51	54	54	43	38	66	61	53	55	72	63	67	70
Pb	61	65	46	46	56	53	43	40	56	53	44	46	50	60	61	60

BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapısı itibarı ile kirleticiler için en uygun depolama görevi gören sediment, sucul ekosistemlerdeki metallerin de doğal olarak birikim gösterdiği yerlerdir. Doğal süreçlerde sediment yapısındaki metal birikimi bazen kirliliğe yol açtığı gibi günümüzde insan kaynaklı kirlenme de göz ardı edilemeyecek duruma gelmiştir. Metallerin tespitinin yanı sıra sedimentteki organik madde miktarı, pH, elektriksel iletkenlik, su içeriği ve su tutma kapasitesi gibi değişkenlerin izlenmesi de sediment kalitesinin tespitinde büyük rol oynamaktadır (Leong ve ark., 1999).

İlimiz sınırları dâhilinde sediment kalitesi belirlemeye yönelik gerçekleştirilen diğer bir çalışmada Espiye ilçesinden Karadeniz'e deşarj olan Yağlıdere Çayı'nın 5 farklı istasyonundan toplanan sediment örneklerinden gerçekleştirilmiştir. Araştırmacı, sediment örneklerindeki pH değerlerinin 6,20 ile 8,50 arasında değişmekte olduğunu, en düşük değer ilkbahar mevsiminde 2. istasyonda, en yüksek değer ise sonbahar mevsiminde 1. istasyonda kayıt edildiğini ifade etmiştir. Yine aynı çalışmada sedimentte yanabilir organik madde miktarının %0,25- %7,6 arasında seyrettiği, en düşük ve en yüksek değerlerin ilkbahar mevsiminde tespit edildiği rapor edilmiştir. Yağlıdere Çayı sediment örneklerindeki % su içeriği değerlerinin ise 12,422 ile 41,293 arasında seyrettiği, en yüksek ve en düşük değerlerin sonbahar mevsiminde kayıt edildiği bildirilmiştir. Sediment numuneleri için önemli bir fizikokimyasal değişken olan elektriksel iletkenlik değerlerinin ise Yağlıdere Çayı'nda 12 ay boyunca toplanan numunelerde 60 ile 710 mS/cm aralığında seyrettiği tespit edilmiştir (Kayış, 2016). Çalışma alanımız ile aynı olan ve 2012-2013 yılları arasında gerçekleştirilen diğer bir çalışmada; Gelevera Deresi'nin farklı noktalarında 12 ay boyunca 3 farklı noktadan toplanan sediment örneklerindeki ortalama pH değeri 7,4, ortalama sediment su yüzdesi %21,15 ve sedimentte ortalama yüzde yanabilir organik madde miktarı %4,56 olarak kayıt edilmiştir (Yıldız, 2013). 2012 yılında Giresun Aksu Deresi'nde gerçekleştirilen diğer bir çalışmada ise ortalama sediment

pH'sı 7,7 ve ortalama sedimentte yüzde yanabilir organik madde miktarı ise %3,92 olarak rapor edilmiştir (Şengül, 2013).

Gelevera Deresi'nde 4 farklı istasyonda 12 ay boyunca toplanılan sediment numunelerindeki pH değişiminin 5,0 ile 6,4 arasında seyrettiği, en düşük değer ilkbahar 2. istasyonda, en yüksek değerler ise ilkbahar mevsiminde 1. ve 2. istasyonda kayıt edilmiştir. Literatür ile mevcut çalışma sonuçlarımız karşılaştırıldığında Yıldız (2013) tarafından ortalama 7,4 olarak ifade edilen pH değerinin bizim çalışmamızda ortalama 5,95 olarak tespit edilmesi, Gelevera Deresi yatağının antropojenik faaliyetler ile tahrip edildiğini göstermektedir. Çalışma boyunca özellikle örnekleme sahasındaki HES faaliyeti amacıyla akarsu yatağının sıkça değişime uğraması, akarsu hattı boyunca erozyonun gözlemlenmesi de bu süreci doğrulamaktadır.

Akarsu yataklarındaki sediment bünyesinde bulunması muhtemel metallerin derişimleri; onların partiküller yapısı, jeokimyasal özellikler, organik maddenin muhteviyatı, tane boyutu ve katyon transfer kapasitesi gibi nitelikleri doğrultusunda değişiklik gösterebilmektedir (Vertacnik ve ark., 1995). Metaller yapısı itibariyle biyolojik yaşam için önem arz etmekle birlikte, belli dozların üzerinde ortamda yer almaları istenmeyen bir durum olup kalite değerlendirme çalışmalarında izlenmesi süreklilik arz etmektedir. Kırşehir'de yapılan bir çalışmada Kılıçözü Deresi'nden toplanan sediment numunelerinin metal içeriği; ilkbahar mevsiminde: Pb 11, Cr 41,4, Cu 42,5, Ni 37,7, Zn 53,1 ve Cd 2,8 ppb, yaz mevsiminde: Pb 13,3, Cr 55,7, Cu 29,6, Ni: 42, Zn 71,9 ve Cd 3,8 ppb, sonbahar mevsiminde: Pb 14,4, Cr 43,8, Cu 29,4, Ni 43, Zn 50,9 ve Cd 6,2 ppb, ve kış mevsiminde: Pb 12,3, Cr 46,3, Cu 33,2, Ni 40, Zn 51,8 ve Cd 3,3 ppb olarak kayıt edilmiştir (Ürey, 2014). Tokat'ta yapılan bir diğer çalışmada Yeşilırmak Nehri'nden toplanan sediment numunelerindeki ağır metal içeriği µg/g cinsinden: Fe: en düşük 1097 en yüksek 3566, Zn: en düşük 26,5 en yüksek 45,5, Cu: en düşük 28,6 en yüksek 38,7, Pb: en düşük 5,2 en yüksek 17,3, Mn: en düşük 294 en yüksek 446, Ni: en düşük 70,3 en yüksek 7,2, Cd: en düşük limit altı en yüksek 0,55 olarak tespit edilmiştir (Ünal, 2010).

Dünya genelinde sediment yapılarındaki metal kirliliğinin tespitine yönelik gerçekleştirilen araştırmalardan; Çin’de bulunan Jiehe Nehri’nde yapılmış olan bir çalışmada; Cr: 12,5-78,8 ppm, As: 8,7-1674 ppm, Cd: 0,1-394 ppm, Hg: 5,2-51 ppm, Pb: 18,3-426 ppm, Cu: 8,1-1257 ppm, Zn: 53,6-1251 ppm olarak tespit edilmiştir (Song ve ark., 2019). Ekvator’da bulunan Villa Nehri’nde yapılmış olan çalışmada; Cr: 34-80 ppm, As: 180-482 ppm, Hg: 1-3 ppm, Cu: 367-821 ppm olarak tespit edilmiştir (Sierra ve ark., 2017). Zhaosu Nehri’nde (Çin) yapılan araştırmada As: 22,7-232 ppm, Hg: 0,05-0,256 ppm, Pb: 15,3-110 ppm, Cu: 20-27,9 ppm, Zn: 60,2-120 ppm olarak tespit edilmiştir (Gao, 2018). Jialu Nehri’nde (Çin) yapılan çalışmada; Cr: 40-96,4 ppm, As: 2,39-14,57 ppm, Cd: 2,1-3,6 ppm, Hg: 0,046-0,19 ppm, Pb: 14,8-51,2 ppm, Cu: 8,8-107,6 ppm, Zn: 42,4-210 ppm olarak tespit edilmiştir (Fu ve ark., 2014). Yellow Nehri’nde (Çin) yapılan araştırmada; Cr: 61,3-139,5 ppm, Cd: 0,1-0,3 ppm, Pb: 15,5-24,6 ppm, Cu: 14,1-30,3 ppm, Zn: 39,9-351,2 ppm olarak tespit edilmiştir (Ma ve ark., 2016). Çin’deki Hai Nehri’nin tipik bir kolu olan Yuanjia Nehri’nden toplanan sediment metal içeriği; Pb: 28,13-51,10 ppm, Zn: 109,73-256,56 ppm, Ni: 58,75-97,12 ppm, Cu: 53,22-116,45 ppm, Mo: 9,15-17,23 ppm ve Fe: 72,656-84,782 ppm olarak ifade edilmiştir (Kang ve ark., 2019). Yine Çin’in doğusunda hızla artan nüfus ile birlikte ekonomik gelişmenin de hızla seyrettiği limnetik ekosistemlerden toplanan yüzey sedimentlerinde; Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn’nin ortalama konsantrasyon seviyeleri 0,92560, 142647, 54,7629, 60,5621, 61,9636 ve 1926120 mg/kg olarak rapor edilmiştir. Araştırmacılar Güneydoğu Kıyı (SCRB) Havzalarında ve Zhu Nehri’nde (ZRB) metal konsantrasyon değerlerinin yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Yüzey sedimentlerindeki Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn gibi ağır metallerin antropojenik kökenli olduğu ve çalışma alanının güney kesiminin Cd ile kirlenmiş olduğu ifade edilmiştir (Tang ve ark., 2014). Lot Nehri (Fransa)’nden alınan sediment örneklerindeki metal derişimleri ppb düzeyinde; Cu için 97,7-26,9, Zn için 134-4430, Cd için 0,81-125, Pb için 43,6-523 (Audry ve ark., 2004), Bask Ülkesi’nde yer alan Bilbao Nehri (İspanya)’nden toplanan sediment numunelerindeki ağır metal düzeyleri ppb düzeyinde; Cd: 1,2-381,4, Cr: 51-1650, Cu: 53-1290, Fe: 14190-86560, Mn: 123-1011, Ni: 29-1270, Pb: 60-4570 ve Zn: 320-11570 aralığında (Londaja ve ark., 2004), Grote Beek ve Grote Laak Nehirleri’ndeki sediment yapılarının ağır metal içerikleri ppb düzeyinde; Zn: 282-

574, Ni: 14-29, Cd: 8-17, Cu: 42-97 ve Fe: 6,3-21 (Coppuyns ve Swennen, 2005) ve Gomti Nehri (Hindistan)'ndeki ağır metal düzeyi yine ppb olarak; Cd: 0,34-8,38; Cr: 2,22-19,13; Cu: 0-35,03; Fe: 1606-3142; Mn: 82,6-263,1; Ni: 6,5-29,8; Pb: 6,3-75,3 ve Zn: 3,1-101,7 (Singh ve ark., 2005) aralığında kayıt edilmiştir. Güney Kore'deki büyük nehir yataklarında yapılan bir çalışmada sediment numunelerinin ağır metal konsantrasyonları; Zn: 1200-1400 ppm, Cu: 45-110 ppm, Ni: 8-55 ppm, Pb: 12-22 ppm, Hg: 0-1,5 ppm, As: 0-2 ppm, Cr: 0-2 ppm ve Cd: 0-0,70 ppm aralığında tespit edilmiştir (Pandey ve ark., 2019).

Ülkemizde ise sediment kalitesine yönelik Dicle Nehri'nde yapılmış olan bir çalışmada; Cr: 28,4-163,4 ppm, As: 2-18 ppm, Cd: 0,7-4,9 ppm, Pb: 62,3-566,7 ppm, Cu: 11,2-5076 ppm, Zn: 60,1-2396 ppm olarak tespit edilmiştir (Varol, 2011). Eskişehir'de yapılan bir diğer çalışmada Gürleyik Çayı kaynağındaki ağır metallerin birikim düzeyleri mg/kg olarak: Zn: 49,60, Cr: 2,22, Cu: 1,18, Ni: 2,20, Pb: 7,83, Mn: 3,76, Se: 1,93, Al: 41,27, Fe: 86,07 Cr ve Ag limit seviyesinden düşük (Köse ve ark., 2013), Niğde'de yapılan çalışmada ise Gümüşler Çayı'ndan alınan örneklerin ağır metal seviyesi; Cd: 4,4, As: 268,6, Ag: 4,4, Na: 2627,6 ve K: 15584 ppm şeklinde tespit edilmiştir (Yalçın ve ark., 2007).

Gelevera Havzası'ndaki Gelevera Deresi ve kolundan 12 ay boyunca yapmış olduğumuz araştırmada 4 farklı istasyondan toplamış olduğumuz 48 sediment örneklerinin element analizleri; Al: 41,990-217,509 ppm, Cr: 0,078-1,056 ppm, Mn: 4,244-20,939 ppm, Fe: 169,132-523,093 ppm, Co: 0,083-0,193 ppm, Ni: 0,085-0,502 ppm, Cu: 0,415-2,705 ppm, Zn: 0,519- 4,519 ppm, Cd: 0,010-0,045 ppm, Pb: 0,831-2,786 ppm olarak belirlenmiştir. En düşük ve en yüksek sonuçlar sırasıyla; Al için sonbahar mevsiminde 4. istasyon ile kış mevsiminde 2. istasyon, Cr için sonbahar mevsiminde 3. istasyon ile ilkbahar mevsiminde 1. istasyon, Mn için kış mevsiminde 3. ile 2. istasyon, Fe için sonbahar mevsiminde 1. istasyon ile kış mevsiminde 2. istasyon, Co için kış mevsiminde sırasıyla 4. ile 2. istasyon, Ni için kış mevsiminde 4. istasyon ile yaz mevsiminde 1. istasyon, Cu için sonbahar mevsiminde 2. istasyon ile kış mevsiminde 2. istasyon, Zn için kış mevsiminde sırasıyla 4. ile 1. istasyon, Cd için sonbahar mevsiminde 2. istasyon ile kış ve ilkbahar mevsiminde 2. istasyon, Pb

için kış mevsiminde 4. istasyon ile ilkbahar mevsiminde 2. istasyon oldukları tespit edilmiştir. Ayrıca, Na, K, Al, Cr, Fe ve Pb'nin yüzey sedimenti örneklerindeki metal konsantrasyonunun mevsimsel değişiminin istatistiksel olarak önem arz ettiği de tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

Jeoakümülayon indeks değerlerine yönelik yapılan çalışmalarda sonuçlar; Brahmani Nehri (Hindistan)'nde; Fe, Mn, Cu, Ni ve Zn için Sınıf 0, Pb için Sınıf 0 ile 1, Cd için Sınıf 3 ile 4, Co için Sınıf 1 ile 2, Cr için Sınıf 1 (Asa ve Rath, 2014), Mamut Nehri (Malezya)'nde; Co: Sınıf 5 ile 6, Cu: Sınıf 6, Ni: Sınıf 6, Pb: Sınıf 0 ile 6, Zn: Sınıf 6 (Ali ve ark., 2015), Day Nehri (Morocco)'nde; Cd: Sınıf 3, Cr: Sınıf 1, Cu: Sınıf 0, Pb: Sınıf 2, Zn ve Fe: Sınıf 0 (Barakat ve ark., 2012), Lich Nehri (Vietnam)'nde; Mn, Fe, Ni ve Cr bakımından Sınıf 0, Cu için Sınıf 1, Pb ve Zn için Sınıf 2, As için Sınıf 3 ve Cd için Sınıf 4 olarak (Thuong ve ark., 2013), Kor Nehri (İran)'nde; Cd için Sınıf 0, Cr, Pb, Ni, Zn, Cu ve Mo için 1 ve 7 nolu istasyonlarda Sınıf 0, diğer istasyonlarda Sınıf 3, Cr, Pb ve Ni diğer istasyonlarda Sınıf 2 ve 3 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, aynı çalışmada Hg değeri için 4 ve 8 nolu istasyonların “çok yüksek düzeyde kirli”, 9 nolu istasyonun ise “yüksek düzeyde kirli” olduğu tespit edilmiştir (Sheykhi ve Moore, 2012). Bernam Nehri (Malezya)'nde; Cd: Sınıf 0 ile 2, Ni, Cr ve Fe: Sınıf 0, Sn: Sınıf 1 ile 4 (Kadhum ve ark., 2015), Cauvery Nehri (Hindistan)'nde; Fe, Ni, Mn ve Co: Sınıf 0, Pb, Zn, Cr ve Cu: Sınıf 0 ile 1, Cd: Sınıf 0 ile 3 (Venkatesha Raju ve ark., 2012), Ebro Nehri (İspanya)'nde: Cd, Ni: Sınıf 0, Cu: Sınıf 0 ile 4, Pb: Sınıf 0 ile 3, Zn: Sınıf 0 ile 6, Hg: Sınıf 0 ile 5, As: Sınıf 0 ile 3 ve Cr: Sınıf 0 ile 3 aralığında olduğu tespit edilmiştir (Veses, 2014). Ona Nehri (Nijerya)'nin yüzey sedimenti örneklerindeki metallerin konsantrasyon değerlerine göre hesaplanan I_{geo} sonuçları; 5. istasyonda Sınıf 0, 4. istasyonda Sınıf 3 olarak kayıt edilmiş, araştırmacılar sonuç olarak; sediment kalitesine etki eden antropojenik faaliyetlerin aynı zamanda nehir kalitesine de etki ettiğini beyan etmişlerdir (Bassey ve ark., 2015). Giresun ilinin en önemli tatlısu kaynaklarından biri olan Harşit Çayı sediment örneklerinde gerçekleştirilen çalışmada I_{geo} değerleri; Al: Sınıf 2 ile 4, Cr: Sınıf 2 ile 5, Mn: Sınıf 1 ile 2, Fe: Sınıf 0 ile 3, Co: Sınıf 1 ile 2, Ni: Sınıf 3 ile 5, Cu: Sınıf 0 ile 2, Zn: Sınıf 0 ile 1, Cd: Sınıf 0 ile 1 ve Pb: Sınıf 0 ile 1 arasında rapor edilmiştir (Eraslan-Akkan, 2017).

Gelevera Deresi'nden toplanan sediment örneklerinin mevsimsel I_{geo} değerleri aralığına bakıldığında: Kış mevsiminde Al, Cr, Mn, Fe, Co, Zn, ve Ni bakımından kirlilik dereceleri 6. Sınıf olduğu için “çok aşırı derecede kirli”, Pb bakımından kirlilik derecesi 4. Sınıf olduğu için “aşırı derecede kirli”, Cd bakımından 3. Sınıf olduğu için “orta-kuvvetli derecede kirli” ve Cu bakımından 5. Sınıf olduğu için “aşırı-çok aşırı derecede kirli” şeklinde tespit edilmiştir. İlkbahar mevsiminde Al, Cr, Mn, Fe, Co ve Ni bakımından kirlilik dereceleri 6. Sınıf olduğu için “çok aşırı derecede kirli”, Pb ile Cd bakımından 3. Sınıf olduğu için “orta-kuvvetli derecede kirli” ve Cu ile Zn bakımından 5. Sınıf olduğu için “aşırı-çok aşırı derecede kirli” şeklinde belirlenmiştir. Yaz ve sonbahar mevsiminde Al, Cr, Mn, Fe, Co ve Ni bakımından 6. Sınıf olduğu için “çok aşırı derecede kirli”, yaz mevsiminde Cd bakımından 3. Sınıf olduğu için “orta-kuvvetli derecede kirli”, Pb bakımından 4. Sınıf olduğu için “aşırı derecede kirli”, yaz ve sonbahar mevsiminde Cu ile Zn bakımından 5. Sınıf olduğu için “aşırı-çok aşırı derecede kirli” ve sonbahar mevsiminde Cd ve Pb bakımından 4. Sınıf olduğu için “aşırı derecede kirli” olarak kayıt edilmiştir. Literatür bulguları ile benzer şekilde, Karadeniz’e deşarj olan Gelevera Deresi sediment yapısının antropojenik kökenli kirleticilerin sebep olduğu kirlenmeye maruz kaldığı söylenebilmektedir.

Ülkemizde sucul ekosistemlerin sediment yapısındaki metallerin mevcut zenginleşme düzeylerinin tespiti amacıyla yapılmış çalışmalarda EF değerleri; Saroz Körfezi'ndeki Kavak Deltası'nda; Ba: 0,08 ile 0,95, Cd: 2,13 ile 7,16, Cr: 0,21 ile 1,61, Cu: 0,35 ile 2,24, Li: 0,42 ile 4,46, Ni: 0,48 ile 2,98, Pb: 0,22 ile 6,90, Se: 0,12 ile 18,70, Sr: 0,19 ile 3,32 ve Zn: 0,33 ile 1,62 aralığında (Sungur ve Özcan, 2015), Geli Çayı'nda; As: 50,2, Cu: 44,7, Pb: 11,4, Zn: 10,5, Ni: 19,3, Co: 19,2 ve Cr: 348 (Kalender ve Çiçek-Uçar, 2013), Giresun il sınırları içerisinde Karadeniz'e deşarj olan Harşit Çayı'nda (Eraslan-Akkan, 2017) ise Cr: 0,35 ile 1,63, Mn: 1,03 ile 7,73, Co: 0,32 ile 4,27, Ni: 0,28 ile 1,04, Cu: 1,45 ile 9,39, Zn: 2,26 ile 13,81, Cd: 2,05 ile 30,89 ve Pb: 3,89 ile 43,04 aralığında rapor edilmiştir. Marmara Denizi ve İstanbul kıyıları yüzey sediment numunelerinden hesaplanan Fe ve Mn'nin zenginleşme faktörleri (EF) 1,5 ve 1'den düşük çıkmıştır. (Taşkın ve ark., 2011). Küresel ölçekte gerçekleştirilen çalışmalardan Malezya (Mamut Nehri)'da en yüksek EF değerleri;

Co 4,39, Cu 15,22, Ni 26,64, Pb 0,22 ve Zn 0,33 olarak kayıt edilmiştir (Ali ve ark., 2015). Aynı şekilde Malezya (Bernam Nehri)'da yapılan bir başka çalışmada ortalama EF değerleri; Cd: 3,30, Ni: 0,11, Cr: 0,24 ve Sn: 15,07 olarak rapor edilmiştir. (Kadhum ve ark., 2015).

Gelevera Deresi'nde elde edilen verilere göre EF değerleri kış mevsiminde Cr, Ni bakımından tüm istasyonlarda "Düşük düzeyde zenginleşme", Mn bakımından tüm mevsimlerde "Değiştirilebilir ancak yüksek düzeyde zenginleşme", Fe bakımından tüm mevsimlerde "Değiştirilebilir düzeyde zenginleşme", Co bakımından 1. istasyonda "Değiştirilebilir ancak yüksek düzeyde zenginleşme" diğer istasyonlarda "Değiştirilebilir düzeyde zenginleşme", Cu bakımından 2. istasyonda "Çok yüksek düzeyde zenginleşme" diğer istasyonlarda "Yüksek düzeyde zenginleşme", Zn bakımından "Yüksek düzeyde zenginleşme", Cd bakımından tüm istasyonlarda "Aşırı yüksek düzeyde zenginleşme" ve Pb bakımından ise 2. ve 3. istasyonlarda "Çok yüksek düzeyde zenginleşme" 1. ve 2. istasyonlarda "Aşırı yüksek düzeyde zenginleşme" olduğu tespit edilmiştir. İlkbahar mevsiminde Cr bakımından 1. ve 3. istasyonda "Değiştirilebilir düzeyde zenginleşme", diğer istasyonlarda "Düşük düzeyde zenginleşme", Mn bakımından tüm istasyonlarda "Değiştirilebilir ancak yüksek düzeyde zenginleşme", Fe ve Co bakımından tüm istasyonlarda "Değiştirilebilir düzeyde zenginleşme", Ni bakımından tüm istasyonlarda "Düşük düzeyde zenginleşme", Cu ve Zn bakımından tüm istasyonlarda "Yüksek düzeyde zenginleşme", Cd ve Pb bakımından 1. ve 2. istasyonlarda "Aşırı yüksek düzeyde zenginleşme" 3. ve 4. İstasyonlarda "Çok yüksek düzeyde zenginleşme" olduğu tespit edilmiştir. Yaz mevsiminde Cr bakımından 2. istasyonda "Değiştirilebilir düzeyde zenginleşme" diğer istasyonlarda ise "Düşük düzeyde zenginleşme", Mn, Fe, Co bakımından tüm istasyonlarda "Değiştirilebilir ancak yüksek düzeyde zenginleşme", Ni bakımından tüm istasyonlarda "Değiştirilebilir düzeyde zenginleşme", Cu ve Zn bakımından tüm istasyonlarda "Yüksek düzeyde zenginleşme", Cd bakımından tüm istasyonlarda "Aşırı yüksek düzeyde zenginleşme" ve Pb bakımından 1. ve 2. istasyonlarda "Aşırı yüksek düzeyde zenginleşme", 3. ve 4. istasyonlarda "Çok yüksek düzeyde zenginleşme" olduğu tespit edilmiştir. Sonbahar mevsiminde Cr bakımından 4. istasyonda "Değiştirilebilir

düzeyde zenginleşme” diğer istasyonlarda ise “Düşük düzeyde zenginleşme”, Mn, Fe, Co bakımından tüm istasyonlarda “Değiştirilebilir ancak yüksek düzeyde zenginleşme”, Ni bakımından 3. ve 4. istasyonda “Değiştirilebilir düzeyde zenginleşme” diğer istasyonlarda ise “Düşük düzeyde zenginleşme”, Cu bakımından 4. istasyonda “Çok yüksek düzeyde zenginleşme” diğer istasyonlarda “Yüksek düzeyde zenginleşme”, Cd ve Pb bakımından tüm istasyonlarda “Aşırı yüksek düzeyde zenginleşme” olduğu kayıt edilmiştir. Literatürdeki benzer çalışmalar ile sonuçlarımız karşılaştırıldığında, birçok çalışmada olduğu gibi bizim çalışmamızda da Zenginleştirme Faktörü sonuçlarına göre; Gelevera Deresi sediment yapısında doğal olmayan zenginleşmenin tespit edildiği söylenebilmektedir.

Hindistan’ın Vaigai Nehri’nde yapılmış olan diğer sediment kalite indeks değerlendirilmesinde PLI değerlerinin 1,08 ile 8,46 arasında farklılık gösterdiği ve ortalama 2,59 olduğu tespit edilmiştir (Paramasivam ve ark., 2015). Sedimentteki diğer PLI çalışmalarında ortalama değerler; Dicle Nehri’nde 1,88 (Varol, 2011), Palaru Nehri’nde 2,81 (Chaparro ve ark., 2008), Vellar Nehri’nde 2,05 (Chaparro ve ark., 2011), Subarnarekha Nehri’nde 1,01 (Giri ve ark., 2013) ve Ponnaiyar Nehri’nde 3,91 (Suresh ve ark., 2011) olarak rapor edilmiştir. Literatür ile mukayese edildiğinde Gelevera Deresi yüzey sedimentlerinin metal ayrımı gözetmeksizin istasyonlara göre hesaplanan PLI değerinin 1’in altında olması ortamda metal kirliliğinin olmadığı sonucu ortaya çıkmaktadır.

ÖNERİLER

Yer aldığı su kaynaklarının adeta hafızası görevini üstlenen sediment; antropojenik etki olmadığı sürece yer aldığı sucul kütlenin tarihsel izlenimi açısından da iyi bir kaynaktır. Ancak Doğu Karadeniz Bölgesi gibi özellikle plansız HES'leşme ve heyelan gibi doğa olaylarının sıkça rastlanıldığı bölgelerde sediment hafızasının sürekli değişim gösterdiğini söylemek mümkündür. Bu sebeple bu bölgelerde sediment kalitesine yönelik çalışmaların uzun periyotlara yayılması büyük önem arz etmektedir. Bu sayede hem havza bazında sediment hafızası hem de sonlandığı Karadeniz ile ilgili değişimlere iyi bir kaynak edinilmiş olacaktır.

Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yüzey suyu hacmi bakımında ilk sıralarda yer alan Giresun; tatlısu kaynaklarındaki antropojenik etkilerden oldukça ileri düzeyde etkilenmektedir. Bu bağlamda Giresun'un önemli tatlısu kaynaklarından biri olan Gelevera Deresi'ndeki değişim yıllar içerisinde oldukça hızlı seyretmiş olup, bu durum beraberinde sediment hafızasında da değişime yol açmıştır. Mevcut bilgiler ışığında literatür çalışmaları ile mukayese edildiğinde özellikle sediment pH'sındaki hafif asidik eğilimin nedeni olarak akarsu yatağının adeta yeniden düzenlendiği gösterilebilir. Bu durum sediment ve sucul kütle ile birlikte söz konusu ekosistem için de büyük önem arz eden biyolojik canlılarda yaşam döngüsü için sınırlayıcı niteliktedir. Dolayısıyla, habitatı sediment olan canlı gruplarının bu değişimden doğrudan etkilendiğini söylemek mümkündür. Bir bütün olarak düşünüldüğünde sediment kökenli ve sediment yüzey suyundaki nütrientlerin dönüşüm ve dağılımında büyük rol oynayan canlı gruplarındaki değişimin sırasıyla sucul kütledeki nütrient döngüsünü değiştirebileceği ve bunun da hem sucul ekosistemde hem de deşarj olduğu denizel ekosistemleri olumsuz etkileyebileceği göz ardı edilmemelidir. Aksi halde zincirleme ilerleyen bu tür biyolojik bozulmalar insanlığın karşısına büyük felaket olarak çıkabilir.

Akarsu yataklarının derin ve dik yamaçlı vadilerden seyrettiği Karadeniz Bölgesi'nde kıyısal erozyon, heyelan gibi olaylar sıkça sucul ortama girdi sağlamaktadır. Özellikle ani yağışlar ve karlı geçen sezon sonlarında karların erimesiyle seyreden periyotlarda sucul kütledeki ani hızlanma beraberinde sediment taşınımı ve değişimini de getirmektedir. Kısa vadede bu değişimin etkileri çok sık anlaşılmasada uzun vadedeki etkiyi göz ardı etmek mümkün değildir. Akarsuların membaya yakın noktalarındaki arazinin topografik ve morfolojik yapısının ani azalan eğimle birleşmesi özellikle dar bölgelerde çok kuvvetli ve hızla akan bir sucul kütle oluşturmaktadır. Bu da yine beraberinde hızlı bir değişimi getirmektedir. Akarsuların doğal döngüleri içerisindeki bu hızlı değişime insan faktörü de eklenince karşılaşılan sorunların boyutu çok daha büyümekte hatta istenmeyen düzeylere erişmektedir. Bu bağlamda tatlısu kaynakları gibi doğal kaynakların antropojenik baskılardan olumsuz yönde etkilenmesini önlemek ve/veya en düşük düzeyde tutmak gerekmektedir. Aksi halde meydana gelen bozulmaların geri dönüşü kısa vadede çok zor olduğu gibi uzun vadede de ciddi zaman, maddi ve manevi kaybı da beraberinde getirecektir. Ülke olarak maddi ve gelecek nesillere aktarımı manevi kâr gözetildiğinde büyük önem arz eden sucul kaynakları korumanın en iyi yolu doğal döngüsüne müdahale edilmemesi ve yasal düzenlemelerin çok yönlü olarak ele alınmasıdır. Aksi halde insanoğlu tarafından zarar gören doğal kaynakların bize geri dönüşü ya hiç olmayacak ya da kısa vadedeki kazanımından daha çok kayıplar meydana gelecektir.

KAYNAKLAR

- Akbaba, G.B. 2010. Kars ayının Suyunda, sedimentinde ve buradan avlanan karabalıklarda (*Capoeta capoeta capoeta* Guldenstaedt, 1772) bazı ağır metallerin derişim düzeylerinin incelenmesi. Kafkas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi .
- Ali A., Strezov V., Davies J.P., Wright I. 2018. River sediment quality assessment using sediment quality indices for the Sydney basin, Australia affected by coal and coal seam gas mining. *Science of the Total Environment*, 616–617, 695–702.
- Ali, B.N.M., Lin, C.Y., Cleophas, F., Abdullah, M.H., Musta, B. 2015. Assessment of heavy metals contamination in Mamut river sediments using sediment quality guidelines and geochemical indices. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187:4190-4200.
- Almur, B. A., Quicksall, A. N., Al-Ansari, A. M., 2017. Spatial and temporal distribution of heavy metals in coastal core sediments from the Red Sea, Saudi Arabia, *Oceanologia*, 1-9.
- Annandale, G.W. 1987. *Developments in Water Science: Reservoir Sedimentation*. Elsevier.
- Anonim, 1984. Determination of Total Cadmium, Zinc, Lead and Copper in Selected Marine Organisms by Flameless Atomic Absorption Spectrophotometry United Nations Environment Programme. Reference Methods for Marine Pollution Studies No 11, Revision 1, Geneva.
- Anonim, 1995. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 19th Ed. APHA, AWWA, WPCF, Washington.
- Asa, S.C., Rath, P. 2014. Sediment Quality Assessment Through Geoaccumulation Index of Brahmani River-Estuarine System, Odisha, India. *International Journal of Energy, Sustainability and Environmental Engineering*, 1(1):13-15.
- Audry, S., Schafer, J., Blanc, G., Jouanneau, J.M. 2004. Fifty-Year Sedimentary Record of Heavy Metal Pollution (Cd, Zn, Cu, Pb) in the Lot River Reservoirs (France). *Environmental Pollution*, 132: 413-426.
- Aydi, A. 2015. Assessment of heavy metal contamination risk in soils of landfill of Bizerte (Tunisia) with a focus on application of pollution indicators. *Environmental Earth Sciences*, 74:3019-3027.
- Barakat, A., Baghdadi, M.E., Rais, J., Nadem, S. 2012. Assessment of Heavy Metal in Surface Sediments of Day River at Beni-Mellal Region, Morocco. *Research Journal of Environmental and Earth Sciences*, 4(8):797-806.

- Bassey, A.A., Kali, A., Ene, E., Adiaha, A., 2015. Evaluation And Characterization Of Trace Metals Contamination In The Surface Sediment Using Pollution Load Index (PLI) And Geo-Accumulation Index (Igeo) Of Ona River, Western Nigeria, *International Journal of Scientific & Technology Research*, 4(01):29-34.
- Bastami, K.D., Neyestani, M.R., Shemirani, F., Soltani, F., Haghparast, S., Akbari, A. 2015. Heavy metal pollution assessment in relation to sediment properties in the coastal sediments of the southern Caspian Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 92(1-2):237-243.
- Cappuyns, V., Swennen, R. 2005. Kinetics of element release during combined oxidation and pH leaching of anoxic river sediments. *Applied Geochemistry*, 20(6):1169-1179.
- Cerniglia, C.E. 1984. Microbial transformation of aromatic hydrocarbons. In: Atlas, R. M. (ed.), *Petroleum Microbiology*. Macmillan Publishing Co., New York, pp: 99-128.
- Chakravarty, I. M., Patgiri, A. D. 2009. Metal Pollution Assessment in Sediments of the Dikrong River, N.E. India. *Journal of Human Ecology*, 27(1):63-67.
- Chaparro, MAE., Chaparro, MAE., Rajkumar, P., Ramasamy, V., Sinito, AM. 2011. Magnetic Parameters, Trace Elements, and Multivariate Statistical Studies of River Sediments from Southeastern India: A Case Study from the Vellar River. *Environmental Earth Science*, 63(2):297-310.
- Chaparro, M.A.E., Sinito, A.M., Ramasamy, V., Marinelli, C., Chaparro, M.A.E., Mullainathan, S., Murugesan, S. 2008. Magnetic Measurements and Pollutants of Sediments from Cauvery and Palaru River, India. *Environmental Geology*, 56:425-437.
- Dahri, N., Atoui, A., Ellouze, M., Abida, H. 2018. Assessment of streambed sediment contamination by heavy metals: the case of the gabes catchment, south-eastern Tunisia. *Journal of African Earth Sciences*, 140, 29-41.
- Davies, J.I., Evans, W.C. 1964. Oxidation metabolism of naphthalene by soil pseudomonad: The ring-fission mechanism. *Biochemical Journal*, 91: 251-261.
- Dural M., Göksu M.Z.L. 2006. Çamlık Lagünü (Karataş, Adana), Seston, Bentoz ve Sedimentinde Mevsimsel Ağır Metal Değişimi, *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 23(1):65-69.
- Egemen, Ö. 2000. Çevre ve Su Kirliliği. E. Ü. Su Ürünleri Fak., Yayın No 42, 116, Bornova, İzmir.
- Eraslan-Akkan, B. 2017. Harşit Çayı (Giresun)'nın su kalitesi ve su kirliliği seviyesinin belirlenmesi üzerine bir araştırma, Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Ergül, H.A. 2004. Karadeniz'in Trabzon yöresinde oksik zon'da sedimentasyon yapan materyalin bazı ağır metal, radyonüklid, organik karbon ve klorofil-a düzeylerinin araştırılması, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.

- Feriello, D.A., Mylroie, J.R., Gibson, D.T., Rogers, J.E., Chakrabarty, A.M. 1976. XYL a nonconjugative xylenedegradative plasmid in *Pseudomonas Pxy*. *Journal of Bacteriology*, 127:1217-1224.
- Fu, J., Zhao, C.P., Luo, Y.P., Liu, C.S., Kyzas, G.Z., Luo, Y., Zhao, D.Y., An, S.Q., Zhu, H.L. 2014. Heavy metals in surface sediments of the Jialu River, China: their relations to environmental factors. *Journal of Hazardous Materials*. 270(3):102-109.
- Gao, Z.X. 2018. Evaluation of heavy metal pollution and its ecological risk in one river reach of a gold mine in Inner Mongolia, Northern China. *International Biodeterioration*, 128, 94-99.
- Giri, S., Singh, A.K., Tewary, B.K. 2013. Source and distribution of metals in bed sediments of Subarnarekha River, India. *Environmental Earth Sciences*, 70:3381-3392.
- Godson, S.P., Magesh, N.S., Peter, T.S., Chandrasekar, N., Krishnakumar, S., Vincent, S.G.T. 2018. A baseline study on the concentration of trace elements in the surface sediments off southwest coast of Tamil Nadu, India. *Marine Pollution Bulletin*, 126, 381-388.
- Gönülalan, F. 2006. Ege Denizi kıyı sedimentlerinde denge üstü radyoaktif kurşun birikiminin alfa ve gama spektroskopisi ile incelenmesi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Guo, W., Huo, S.L., Xi, B.D., Zhang, J.T., Wu, F.C. 2015. Heavy metal contamination in sediments from typical lakes in the five geographic regions of China: Distribution, bioavailability, and risk. *Ecol. Eng.* 81, 243-255.
- Hallı, M., Sarı, E., Kurt, M.A. 2014. Assessment of Arsenic and Heavy Metal Pollution in Surface Sediments of the Ergene River, Turkey, *Polish Journal of Environmental Studies*, 23(5): 1581-1590.
- He, Z., Li, F., Dominech, S., Wen, X., Yang, S. 2019. Heavy metals of surface sediments in the Changjiang (Yangtze River) Estuary: Distribution, speciation and environmental risks. *Journal of Geochemical Exploration*, 198:18-28.
- Islam, S., Ahmed, K., Habibullah Al, M., Masunaga, S. 2015. Potential ecological risk of hazardous elements in different land-use urban soils of Bangladesh. *Science of the Total Environment*, 512-513: 94-102.
- İçhedef, M. 2006. İzmir Körfezi'nde sedimentasyon hızının radyometrik yöntemlerle tayini, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Jerina, D.M., Selander, H., Yagi, H., Wells, M.C., Davey, J.F., Mahadevan, V., Gibson, D.T. 1976. Dihydrodiols from anthracene and phenanthrene. *Journal of the American Chemical Society*, 98:5988-5996.
- Kadhum, S.A., Ishak, M.Y., Zulkifli, S.Z., Hashim, R.B. 2015. Evaluation of the status and distributions of heavy metal pollution in surface sediments of the Langat River Basin in Selangor Malaysia. *Marine Pollution Bulletin*, 101(1):391-396.

- Kalender, L., Çiçek-Uçar, S. 2013. Assessment of metal contamination in sediments in the tributaries of the euphrates river, using pollution indices and the determination of the pollution source, Turkey. *Journal of Geochemical Exploration*, 134:73-84.
- Kanemitsu, H., Fukuda, M., Yano, K. 1980. Plasmid-borne biodegradation of toluene and ethylbenzene in a pseudomonad. *Journal of Fermentation Technology*, 58:175-181,
- Kang, M., Tian, Y., Peng, S., Wang, M. 2019. Effect of dissolved oxygen and nutrient levels on heavy metal contents and fractions in river surface sediments. *Science of the Total Environment*, 15(648):861-870.
- Kayış, İ. 2016. Yağıldere Çayı (Giresun) sediment kalitesinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Giresun.
- Kır, İ., Tumantozlu, H. 2012. Karacaören-II Baraj Gölündeki su, sediment ve sazan (*Cyprinus carpio*) örneklerindeki bazı ağır metal birikiminin incelenmesi. *Ekoloji Dergisi*, 21(82): 65-70.
- Kiyohara, H., Nagao, K., Nomi, R. 1976. Degradation of phenanthrene through o-phthalate by an Aeromonas sp.. *Agricultural and Biological Chemistry*, 40:1075-1081.
- Kocataş, A. 2012. Ekoloji-Çevre Biyolojisi, Dora Yayıncılık, Bursa.
- Köse, E., Tokatlı, C., Çiçek, A. 2013. Antropojenik baskıdan uzak gürleyik çayı kaynağından (Eskişehir) bazı makro ve mikro element konsantrasyonları. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 6(1):40-43.
- Kumar, A., Maiti, S. K. 2015. Assessment of potentially toxic heavy metal contamination in agricultural fields, sediment, and water from an abandoned chromite-asbestos mine waste of Roro hill, Chaibasa, India. *Environmental Earth Sciences*, 74: 2617-2633.
- Küçükgil, O. 1988. İzmir Körfezi dip sedimentlerinde kirlilik dağılımı. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Landajo, A., Arana G., Diego, A.D., Etxebarria N., Zuloaga, O., Amouroux, D. 2004. Analysis of heavy metal distribution in superficial estuarine sediments (Estuary of Bilbao, Basque Country) by open-focused microwave-assisted extraction and ICP-OES. *Chemosphere*, 56:1033-1041.
- Leong, L.S., Tanner, P.A. 1999. Comparision of methods for determination of organic carbon in marine sediment. *Marine Pollution Bulletin*, 38(10):875-879.
- Ma, X.L., Zuo, H., Tian, M.J., Zhang, L.Y., Meng, J., Zhou, X.N., Min, N., Chang, X.Y., Liu, Y. 2015. Assessment of heavy metals contamination in sediments from three adjacent regions of the Yellow River using metal chemical fractions and multivariate analysis techniques. *Chemosphere*, 144(3),264-272.
- Marvin, C., Grapentine, L., Painter, S. 2004. Application of a sediment quality index to the lower Laurentian Great Lakes. *Environmental Monitoring and Assessment*, 91,1-16.

- Müller, G. 1969. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. *GeoJournal*, 2:108-118.
- Müller, G. 1979. Schwermetalle in den Sedimenten des Rheins - Veränderungen seit 1971, *Umschau*, 79(24):778–783.
- Naji, A., Ismail, A. 2014. Assessment of metals contamination in Klang River surface sediments by using different indexes. *Environment Asia*, 4(1):30-38.
- Nemr, A., El-Said, G.F., Khaled, A., Ragab, S. 2016. Distribution and ecological risk assessment of some heavy metals in coastal surface sediments along the Red Sea, Egypt, *International Journal of Sediment Research*, 31(2):164-172.
- Nethaji, S., Kalaivanan, R., Arya, V., Jayaprakash, M. 2017. Geochemical assessment of heavy metals pollution in surface sediments of Vellar and Coleroon Estuaries, southeast coast of India. *Marine Pollution Bulletin*, 115(1-2):469-479.
- Odjer-Bio, N.T., Belford, E.J.D., Ansong, M. 2015. What is happening to our Lagoons? The example of Butuah Lagoon in Ghana. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 6:183-193.
- Özbay, Ö., Göksu, Z., Alp, M., Sungur, M. 2013. Bardan Çay'ı (Tarsus-Mersin) sedimentinde ağır metal düzeylerinin araştırılması. *Ekoloji Dergisi*, 22(86):68-74.
- Pandey, K.L., Park, J., Son, H.D., Kim, W., Islam, S. Md., Choi, S., Lee, H., Han, T. 2019. Assessment of metal contamination in water and sediments from major rivers in South Korea from 2008 to 2015. *Science of the Total Environment*, 651, 323-333.
- Paramasivam, K., Ramasamy, V., Suresh, G. 2015. Impact of sediment characteristics on the heavy metal concentration and their ecological risk level of surface sediments of Vaigairiver, Tamilnadu, India. *Spectrochim. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 137, 397-407.
- Rezaei, A., Shayestehfar, M., Hassani, H., Mohammadi, M. R. T. 2015. Assessment of the metals contamination and their grading by SAW method: a case study in Sarcheshmeh copper complex, Kerman, Iran. *Environmental Earth Sciences*, 74(4):3191-3205.
- Saiful, M.S., Ahmed, M.K., Raknuzzaman, M., Habibullah-Al-Mamun, Md Islam, M.K. 2015. Heavy metal pollution in surface water and sediment: a preliminary assessment of an urban river in a developing country. *Ecological Indicators*, 48, 282-291.
- Sallam, A.S., Usman, A.R.A., Al-Makrami, H.A., Al-Wabel, M.I., Al-Omran, A. 2015. Environmental assessment of tannery wastes in relation to dumpsite soil: a case study from Riyadh, Saudi Arabia. *Arabian Journal of Geosciences*, 8(12):11019-11029.
- Salomons, W., Förstner, U. 1984. *Metals in the hydrocycle*. Springer, Berlin Heidelberg Tokyo.

- Salomons, W., Rooij, N.M., Kerdijk, H., Bril, J. 1987. Sediments as a Source for Contaminants. *Hydrobiologia*, 149,13-30.
- Sarı, E., Ünlü, S., Balcı, N., Apak, R., Kurt, M.A., Koldemir, B. 2013. Evaluation of contamination by selected elements in a Turkish port. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22(3):841-847.
- Shamilishvili, G.A., Abakumov, E.V., Ryumin, A.G. 2015. Assessment of the mobile forms of zinc and copper content in soil samples from areas of different land use on example of the Krasnogvardeisky District of the St. Petersburg. *Environmental Earth Sciences*, 74: 3417-3431.
- Shazili, N.A., Sultan, K., Peiffer, S. 2011. Distribution of Pb, As, Cd, Sn and Hg in soil, sediment and surface water of the tropical river watershed, Terengganu (Malaysia). *Journal of Hydro-Environment Research*, 5(3),169-176.
- Sheykhi, V., Moore, F. 2012. Evaluation of potentially toxic metals pollution in the sediments of the Kor River, southwest Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185,3219-3232.
- Sierra, C., Ruiz-Barzola, O., Menendez, M., Demey, J. R., Vicente-Villardón, J.L. 2017. Geochemical interactions study in surface river sediments at an Artisanal Mining area by means of canonical (MANOVA)-Biplot. *Journal of Geochemical Exploration*, 175, 72-81.
- Singh, K.P., Malik, A., Sinha, S. 2005. Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Gomti River (India) using multivariate statistical techniques a case study. *Analytica Chimica Acta*, 538(1-2):355-374.
- Song, J., Liu, Q., Sheng, Y. 2019. Distribution and risk assessment of trace metals in riverine surface sediments in gold mining area. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191, 191.
- Sönmez, A., Hisar, O., Yanık, T. 2012. Karasu Irmağında ağır metal kirliliğinin tespiti ve su kalitesine göre sınıflandırılması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 43(1):69-77.
- Srivastava, N.K., Majumder, C.B. 2008. Novel biofiltration methods for the treatment of heavy metals from industrial wastewater. *Journal Of Hazardous Materials*, 151(1):1-8.
- Sungur, A., Özcan, H.J. 2015. Chemometric and Geochemical Study of the Heavy Metal Accumulation in the Soils of a Salt Marsh Area (Kavak Delta, NW Turkey), *Soils Sediments*, 15:323-331.
- Suresh, G., Ramasamy, V., Meenakshisundaram, V., Venkatachalapathy, R., Ponnusamy, V. 2011. Influence of mineralogical and heavy metal composition on natural radionuclide concentrations in the river sediments. *Applied Radiation and Isotopes*, 69, 1466-1474.
- Suzer, E.U., Konaş, A., Yılmaz, E.C. 2015. Gediz Deltası dalyan alanlarının (İzmir Körfezi) yüzey sedimentlerinde ağır metal kirliliğinin değerlendirilmesi. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 32(2):79-87.
- Şengün, E. 2013. Aksu Deresi Su Kalitesi ve Kirlilik Düzeyinin Belirlenmesi. *Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*.

- Tang, W., Shan, B., Zhang, H., Zhang, W., Zhao, Y., Ding, Y., Rong, N., Zhu, X. 2014. Heavy metal contamination in the surface sediments of representative limnetic ecosystems in eastern China, Scientific reports, 4, 7152.
- Taşkın, Ö.S., Aksu, A., Balkıs, N. 2011. Metal (Al, Fe, Mn and Cu) distributions and origins of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the surface sediments of the Marmara Sea and the coast of Istanbul, Turkey. Marine Pollution Bulletin, 62(11):2568-2570.
- Thuong, N.T., Yoneda, M., Ikegami, M., Takakuro, M. 2013. Source discrimination of heavy metals in sediment and water of To Lich River in Hanoi City using multivariate statistical approaches. Environmental Monitoring and Assessment, 185:8065-8075.
- Ünal, Ö.F. 2010. Yeşilırmak Nehri'nden toplanan balık ve sediment örneklerinde eser element tayini. Gazi Osman Paşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Ürey, E. 2014. Kılıçözü Deresi (Kırşehir) su, sediment ve *Typha angustifolia* örneklerinde ağır metal konsantrasyonlarının mevsimsel olarak incelenmesi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Varol, M. 2011. Assessment of heavy metal contamination in sediments of the Tigris River (Turkey) using pollution indices and multivariate statistical techniques. Journal of Hazardous Materials, 195, 355-364.
- Veerasingam, S., Vethamony, P., Mani Murali, R., Fernandes, B. 2015. Depositional record of trace metals and degree of contamination in core sediments from the Mandovi Estuarine Mangrove Ecosystem, west coast of India. Marine Pollution Bulletin, 91(1):362-367.
- Venkatesha Raju, K., Somashekar, R.K., Prakash, K.L. 2012. Heavy metal status of sediment in River Cauvery, Karnataka. Environmental Monitoring and Assessment, 184, 361-373.
- Vertacnik, A., Prohic, E., Kozar, S., Juracic, M. 1995. Behavior of some trace elements in alluvial sediments, Zagreb Water-Well Field Area, Croatia. Water Research, 29, 237-46.
- Veses, O., Mosteo, R., Ormad, M.P., Ovelheiro, J.L. 2014. Sediment quality evolution (2001-2011) in the Ebro River Basin (Spain). Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 92(3):334-340.
- Wang, J., Liu, G., Lu, L., Zhang, J., Liu, H. 2015. Geochemical normalization and assessment of heavy metals (Cu, Pb, Zn, Ni) in sediments from the Huaihe River, Anhui, China. Catena, 129, 30-38.
- Wang, Y., Wei, Y., Guo, P., Pan, J., Wu, Q., Liu, N. 2016. Distribution variation of heavy metals in maricultural sediments and their enrichment, ecological risk and possible source-A case study from Zhelin Bay in Southern China. Marine Pollution Bulletin, 113(1-2):240-246.
- Yalçın, M.G., Narin, İ., Soylak, M. 2007. Multivariate analysis of heavy metal contents of sediments from Gumusler Creek, Niğde, Turkey. Environmental Geology, 54, 1155-1163.

- Yano, K., Nishi, T. 1980. pKJ1 a naturally occurring conjugative plasmid coding for toluene degradation and resistance to streptomycin and sulfonate. *Journal of Bacteriology*, 145, 552-560.
- Yıldız, İ. 2013. Gelevera Deresi su kalitesi ve kirlilik düzeyinin belirlenmesi. Giresun Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Yılğör, S. 2012. Bafa Gölü sedimanlarındaki ağır metal kirliliğinin araştırılması. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Zhang, M., He, P., Qiao, G., Huang, J., Yuan, X., Li, Q. 2019. Heavy metal contamination assessment of surface sediments of the Subei Shoal, China: spatial distribution, source apportionment and ecological risk. *Chemosphere*, 223, 211-222.
- Zhao, D., Wan, S., Yu, Z., Huang, J. 2015. Distribution, enrichment and sources of heavy metals in surface sediments of Hainan Island Rivers, China. *Environmental Earth Sciences*, 74(6):5097-5110.

ÖZGEÇMİŞ

Ali Kemal KALAYCI 1993 yılında Trabzon ili Sürmene ilçesinde doğdu. İlk ve ortaokulu Araklı Yeşilyurt İlköğretim Okulu'nda okudu. Liseyi Araklı Saffet Çebi Lisesi'nde tamamladı. 2012 yılında başladığı Giresun Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'nü 2016 yılında bitirdi. 2016 yılında Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı ve halen devam etmektedir.