



Temporal and Spatial Disturbition of the Organic Carbon Content in Sediments of İkizcetepeler Dam Lake (Balıkesir)

Şakir Fural^{1,a,*}, Serkan Kükrer^{2,b}, İsa Cürebal^{3,c}

¹Department of Geography, Faculty of Arts and Sciences, Kırşehir Ahi Evran University, 40100 Kırşehir, Turkey

²Department of Geography, Faculty of Humanities and Letters, Ardahan University, 75000 Ardahan, Turkey

³Department of Geography, Faculty of Arts and Sciences, Balıkesir University, 10145 Balıkesir, Turkey

*Corresponding author

| ARTICLE INFO | ABSTRACT |
|---|---|
| <p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 16/09/2019 Accepted : 30/10/2019</p> <p>Keywords: Organic carbon Ecological risk İkizcetepeler dam Balıkesir Turkey</p> | <p>This study was carried out to determine the spatial and temporal changes of organic carbon (OC) concentrations in surface sediment and core samples taken from the base of the İkizcetepeler Dam. Although organic carbon (OC) is an important component of natural life, when found in wetlands over a certain amount, it leads to organic pollution and reduces dissolved oxygen in the environment, putting the life of other living things at risk. Therefore, it is extremely important to determine the spatial and temporal distribution of the amount of OC in wetlands. Within the scope of the study, the data acquired from the titration method on surface and core samples collected were converted into extensional distribution maps and vertical distribution graphs using Arc – Map 10.5 Software. Thus, the amount and distribution of OC were determined, resource identification was facilitated, and risky areas at the base of the dam lake were identified. When all the findings were evaluated, it was determined that the amount of OC reached the highest values was at the sample points where Kille Stream, Koca Stream, and Çınarlı stream mouth and old settlements were located. The highest values according to temporal or spatial distribution were found between 5 – 10 cm slices. This indicates that the OC was transported from the watershed by streams other than Bağrsak Stream and discharged into the dam and that the discharge has increased to its maximum level in recent years and is now on a downward trend. According to the field studies carried out around İkizcetepeler Dam and data obtained from available literature and analytical procedures, no OC origin pollution was observed in the dam.</p> |

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi 7(12): 2204-2208, 2019

İkizcetepeler Baraj Gölü (Balıkesir) Çökellerindeki Organik Karbon Miktarının Zamansal ve Mekansal Dağılışı[#]

| MAKALE BİLGİSİ | ÖZ |
|--|---|
| <p>[#]Bu çalışma Şakir Fural tarafından hazırlanan "İkizcetepeler Baraj Gölü (Balıkesir) Çökellerinde Ekolojik Risk Analizi" konulu doktora tezinin bir bölümünden üretilmiştir.</p> <p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 16/09/2019 Kabul : 30/10/2019</p> <p>Anahtar Kelimeler: Organik karbon Ekolojik risk İkizcetepeler baraj gölü Balıkesir Türkiye</p> | <p>Bu çalışma İkizcetepeler Barajı tabanından alınan yüzey çökeli ve karot örneklerinde organik karbon konsantrasyonlarının zamansal ve mekansal değişimlerini saptamak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Organik karbon sulak alanlarda belirli bir miktarın üzerinde bulunduğu kirliliğe yol açmakta ve ortamdaki çözünmüş oksijeni azaltarak diğer canlıların yaşamını risk altına sokmaktadır. Bu nedenle sulak alanlardaki organik karbon miktarının zamansal ve mekansal dağılışının tespit edilmesi son derece önemlidir. Çalışma kapsamında toplanan yüzey ve karot örneklerinde titrasyon yöntemiyle elde edilen veriler Arc – Map 10.5 yazılımı kullanılarak mekansal dağılış haritası ve zamansal dağılış grafiklerine dönüştürülmüştür. Elde edilen tüm bulgular değerlendirildiğinde organik karbon miktarının Kille Çayı, Koca Çay ve Çınarlı Dere ağzı ile eski yerleşim yerlerinin bulunduğu örneklem noktalarında en yüksek değerlere ulaştığı tespit edilmiştir. Zamansal dağılışa göre en yüksek değerler 5 – 10 cm dilimleri arasında tespit edilmiştir. Bu durum organik karbonun Bağrsak Dere dışındaki akarsular tarafından havza içerisinden taşınarak baraja deşarj edildiğini ve deşarjın son yıllarda maksimum düzeye çıkarak günümüzde azalma eğilimine geçtiğini göstermektedir. İkizcetepeler Baraj Gölü çevresinde gerçekleştirilen arazi çalışmaları, mevcut literatür verileri ve analitik prosedürlerden elde edilen verilere göre barajda organik karbon kökenli kirliliğe rastlanmamıştır.</p> |

^a furalsakir@gmail.com

^b <https://orcid.org/0000-0002-1603-2424>

^c kukrerSerkan@gmail.com

^d <https://orcid.org/0000-0001-6924-3199>

^e curebalisa@gmail.com

^f <https://orcid.org/0000-0002-3449-1595>



Giriş

Tatlı su ekosistemleri gün geçtikçe küçülmemekte ve bu ekosistemler üzerinde yaşayan canlılar yok olmaktadır (WWF, 2012). Sulak alanların daralması ve suya olan ihtiyacın her geçen gün artmasına geçici bir çözüm olarak yapay sulak alanlar olan baraj gölleri inşa edilmektedir. Ancak baraj göllerinin var olabilmesi için akarsulardan kesintisiz şekilde beslenmesi gerekmektedir. Dolayısı ile baraj gölleri su sorununun ortadan kalkması için kesin bir çözüm değildir. Bunun yanında baraj gölleri de tıpkı doğal sulak alanlar gibi organik madde kirliliği, metal kirliliği vb. nedenlerle ekolojik riskler ile karşı karşıyadır (Loska ve ark., 1995; Kırmızıgül, 2013; Mutlu ve ark., 2016; Mutlu ve Kurnaz, 2017; Mutlu ve Aydın Uncumusaoğlu, 2018; Hahn ve ark., 2018; Kükrer ve Mutlu, 2019).

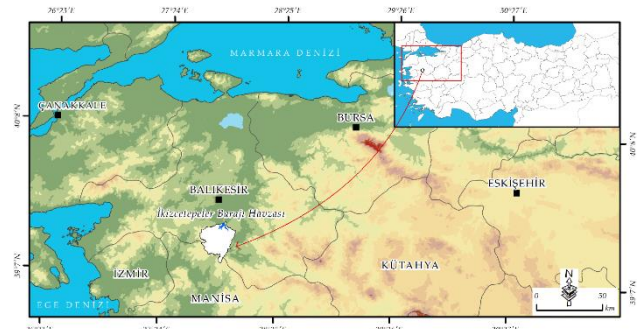
Deniz ve tatlı su ekosistemleri dünyadaki en büyük organik madde depolarıdır ve dünyadaki toplam organik karbonun yaklaşık %20'sini depolamaktadır (Siegenthaler ve Sarmiento, 1993; Sunlu ve Aydın, 2005) Organik karbon doğal yaşam ve karbon döngüsü için son derece önemlidir. Doğal seviyelerdeki karbon miktarı ekosistem için zararlı olmamakla beraber evsel ve endüstriyel kaynaklı antropojenik atıklar sulak alan çökellerinde, tarım topraklarında, şehirseller alanlar ve kıyı bölgelerinde organik kirlenmeye neden olmaktadır (Xue ve ark., 2019).

Baraj gölleri yapay sulak alanlar oldukları için yüzölçümleri genel olarak doğal sulak alanlara göre küçüktür. Bu durum baraj gölü çökellerinde organik karbon birikimini arttırmaktadır. Büyük göller çoğunlukla oligotrofik özelliktedir ve organik karbon konsantrasyonu düşüktür. Çünkü büyük göllerde çökme hızı küçük göllere göre beş kat daha düşüktür (Turç ve ark., 2002). Organik maddeler genellikle otokton ve allokton kaynaklıdır. Otokton kaynaklı organik maddeler sulak alan içerisindeki fitoplanktonlar tarafından üretilirken allokton kaynaklılar havzadaki karasal kökenli bitkiler ve makrofitler tarafından üretilmektedir (Meyers ve Teranes, 2001). Sulak alanların yakınındaki yerleşmelerden gerçekleştirilen atık su deşarjı organik ve inorganik madde zenginleşmesinin önemli kaynaklarından (Kükrer ve ark., 2014). Bunun yanında organik maddeler metal taşınım süreçlerinde etkin rol oynamaktadır. Organik maddelere bağlanan metaller havza içerisinden akarsular tarafından taşınarak sulak alanlara deşarj edilmektedir (Zhang, 2016).

Doğal su kaynaklarında ortaya çıkan organik kirleticiler ekosistemde yaşayan canlılar ile birlikte besin zinciri yoluyla insanları da tehdit etmektedir. Ancak yapay su kaynakları olan barajlarda yaşanması muhtemel ekolojik risk besin zincirinden çok daha hızlı şekilde su şebekesi yoluyla doğrudan insanları etkileyecek düzeydedir. Bu nedenle barajlar ekolojik risklere karşı çok dikkatli şekilde korunmalı ve izlenmelidir. Çalışmada inceleme alanı olarak seçilen İkizcetepeler Baraj Gölü 338.936 kişinin yaşadığı Balıkesir kent merkezinin içme, kullanma ve tarımsal sulama suyu ihtiyacını karşılamaktadır. İkizcetepeler Baraj Gölü Marmara bölgesinin Güney Marmara bölümünde Balıkesir sınırları içerisinde yer almaktadır (Şekil 1). 1991 yılında kentin içme, sulama ve kullanma suyu ihtiyacının karşılanması için kurulan baraj normal su kotunda 7,92 km² alan kaplamaktadır. Barajın inşaatının tamamlanması ve su

tutulmaya başlanmasının ardından Selimiye ve İnkaya köyleri ile köyün çevresindeki tarım arazileri sular altında kalmıştır. Ardından bahsi geçen köyler baraj çevresindeki tepelik alanlara taşınarak yeniden iskân edilmiştir. 478,9 km² yüz ölçümüne sahip olan baraj havzası Kille Çayı, Koca Çay, Çınarlı Dere, Bağırşak Dere olmak üzere dört alt havzadan oluşmaktadır.

Bu çalışmanın amacı İkizcetepeler Baraj Gölü tabanındaki organik karbon içeriklerinin zamansal - mekansal dağılımlarını analitik prosedürler ve Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımları ile analiz etmek ve organik karbonun muhtemel kaynaklarını tespit etmektir. Çalışma İkizcetepeler Baraj Gölü'nün organik kirleticiler kaynaklı ekolojik risk tehlikesine karşı gözlem altında tutulması ve konuyla ilgili mevcut literatüre katkı sağlaması yönünde önemlidir.



Şekil 1 İnceleme alanının lokasyon haritası
Figure 1 Location map of the study area

Materyal ve Yöntem

Organik karbonun İkizcetepeler Baraj Gölü tabanındaki mekansal dağılışımın tespit edilmesi için önceden belirlenen 32 örnekleme noktasından Van Venn Grab kullanılarak yüzey çökeli alınmıştır (Çizelge 1). Organik karbon miktarının baraj gölü tabanındaki zamansal değişiminin tespit edilmesi için 18. örnekleme noktasından Kajak Sediment Örnekleme ile 63 cm uzunluğunda karot örneği alınarak 5'er cm'lik dilimlere ayrılmıştır. Örnekler Ardahan Üniversitesi Coğrafya Bölümü Sedimantoloji ve Hidrobiyoloji Laboratuvarına götürülerek Walkley Black Titrasyon yöntemiyle organik karbon analizi gerçekleştirilmiştir (Walkley ve Black, 1934; Walkley, 1935; Walkley, 1947). Organik karbon analizinden elde edilen bulgular Arc – Map 10.5 yazılımı kullanılarak krikling enterpolasyon yöntemiyle haritalanmıştır.

Bulgular

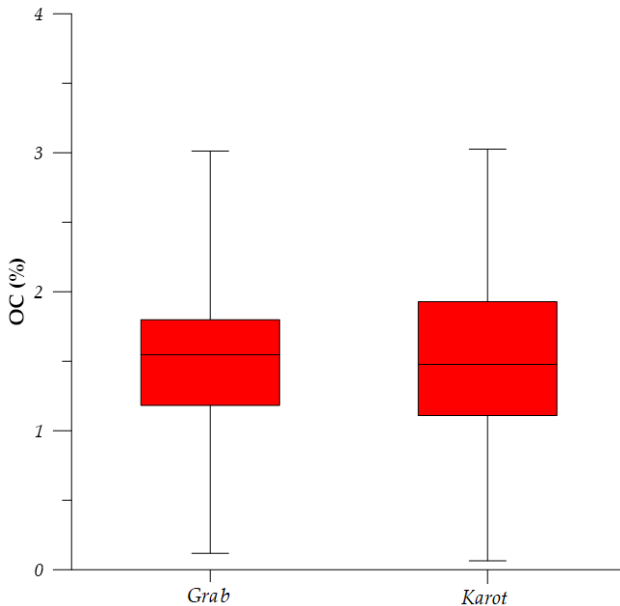
Organik Karbon Miktarı

İkizcetepeler Baraj Gölü tabanından alınan yüzey çökellerinde organik karbon miktarı %0,11-%3 arasında değişmekte olup ortalama değer %1,5 seviyelerindedir. Organik karbon miktarı karot örneklerinde %0,4-%3,2 değerleri arasında değişmekte ve ortalama değer %1,4 seviyelerindedir (Şekil 2).

Çizelge 1 Örneklem noktalarının koordinatları

Table 1 Coordinates of sample points

| Örneklem Noktası | X | Y |
|------------------|--------|---------|
| 1 | 577619 | 4367712 |
| 2 | 578081 | 4368301 |
| 3 | 578459 | 4368779 |
| 4 | 577895 | 4369288 |
| 5 | 578912 | 4368587 |
| 6 | 579111 | 4369003 |
| 7 | 579322 | 4369406 |
| 8 | 579626 | 4369791 |
| 9 | 579874 | 4370145 |
| 10 | 580185 | 4370405 |
| 11 | 580408 | 4370653 |
| 12 | 580762 | 4370734 |
| 13 | 581169 | 4370258 |
| 14 | 580461 | 4369926 |
| 15 | 580461 | 4369934 |
| 16 | 580182 | 4369655 |
| 17 | 579955 | 4369313 |
| 18 | 579725 | 4368990 |
| 19 | 579502 | 4368723 |
| 20 | 579372 | 4368283 |
| 21 | 579005 | 4368004 |
| 22 | 579130 | 4367489 |
| 23 | 581115 | 4371411 |
| 24 | 581252 | 4370809 |
| 25 | 581637 | 4370343 |
| 26 | 581792 | 4369704 |
| 27 | 581829 | 4369003 |
| 28 | 582052 | 4368568 |
| 29 | 582375 | 4368270 |
| 30 | 582779 | 4368035 |
| 31 | 583343 | 4367563 |
| 32 | 584249 | 4366806 |

Şekil 2 Organik Karbon (OC) Box Whisker Diyagramı
Figure 2 Organic Carbon (OC) Box Whisker Diagram

Organik Karbonun Mekansal Dağılışı

Kıyı bölgeleri ve göllerde akarsu ağızlarına yakın yerlerde çökelen organik maddeler depolandıkları alanın kirliliğinin tespit edilmesinde iyi bir göstergedir. Organik

kökenli kirleticiler girdikleri ortamdaki çözünmüş oksijenin tükenmesine sebep olarak diğer canlıların yaşam alanlarını kısıtlamakta ve organik madde kirliliğine neden olmaktadır (Folger, 1974). Bu durum sulak alan ekosistemlerinin, ekosistemde yaşayan canlıların ve besin zinciri yoluyla insanların zarar görmesine yol açmaktadır. Bahsi geçen sorunların ortaya çıkmasını önlemek için özellikle sulak alan ekosistemlerindeki organik karbon miktarını tespit etmek ve kontrol altında tutmak gerekmektedir.

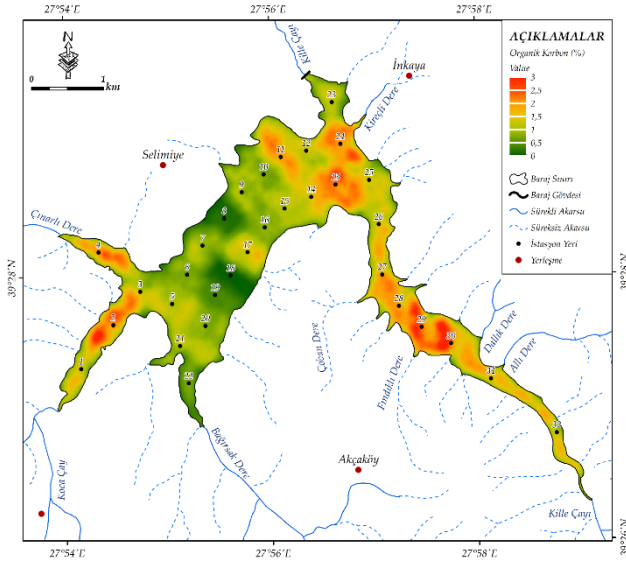
Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde; organik karbon değerlerinin İkizcetepeler Baraj Gölü rezervuarı içerisinde homojen bir dağılım göstermediği tespit edilmiştir. Örneklem noktalarına göre bir değerlendirme yapıldığında en yüksek organik karbon değerleri 2, 4, 11, 13, 24 ve 29. örneklem noktasında tespit edilmiştir. Baraj rezervuarı içerisindeki ortalama organik karbon değeri %1,5 olarak tespit edilmiştir. Bu durumda 2, 4, 9, 11, 12, 13, 14, 17, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 31. örneklem noktalarında tespit edilen organik karbon değeri ortalamanın üzerindedir. Baraj gölü tabanındaki organik karbon miktarının mekânsal analizi gerçekleştirildiğinde 2. örneklem noktası Koca Çay'ın ağız kısmına, 4. örneklem noktası Çınarlı Dere'nin ağız kısmına, 26, 27, 28, 29, 30, 31. örneklem noktaları ise Kille Çayı'nın ağız kısmında yer almaktadır (Şekil 3). Organik karbonun havza içerisindeki karasal peyzajlar ve toprak içeriği ile sulak alan içerisindeki fitoplankton ve makrofitlerin üretimi olmak üzere iki temel kaynağı bulunmaktadır (Sobek ve ark., 2007).

Organik karbon miktarının Bağırsak Dere dışında kalan diğer akarsu ağızlarında maksimum seviyede olması baraj rezervuarında biriken organik karbonunun büyük bir miktarının akarsular tarafından havza içerisinden taşındığını göstermektedir. 11, 13, 14 ve 24. örneklem noktasında çıkan yüksek organik karbon değerleri baraj gölü kurulmadan önce burada Selimiye ve İnkaya köyü yerleşmelerinin olmasına bağlanmaktadır. Bahsi geçen örneklem noktaları Selimiye ve İnkaya köylerinin yerleşim yerleri, mera ve tarım alanı olarak kullandıkları sahalara karşılık gelmektedir. Bu durum 1980 yılına ait 1:25.000 ölçekli topografya haritası paftaları incelenerek teyit edilmiştir.

Organik Karbonun Zamansal Dağılışı

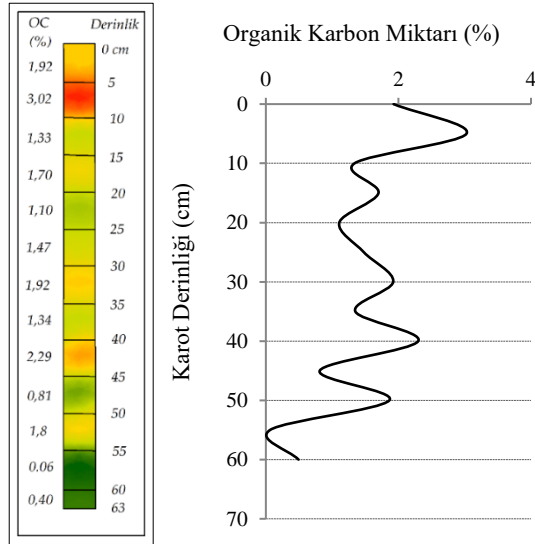
Organik karbon miktarının mekansal dağılışı kadar zamansal dağılışı da önemlidir. Baraj gölü tabanındaki 18. örneklem noktasından alınan 63 cm uzunluğundaki karot içerisinde organik karbon seviyesinin zamansal dağılışı incelendiğinde düzenli bir artış ya da azalma eğilimi tespit edilmemiştir.

Karot içerisinde en yüksek organik karbon seviyesine 5–10 cm diliminde, en düşük organik karbon seviyesine ise 55–60 cm seviyelerinde rastlanmıştır. Bu durum günümüzde yakın bir dönemde akarsular tarafından organik karbon dışarjının bir önceki döneme göre yaklaşık 3 kat arttığını sonrasında tekrar azalma eğilimine geçtiğini göstermektedir. Geçmiş dönemler incelendiğinde benzer hızlı artış ve azalışlar karotun 50–55 cm, 40–45 cm, 30–35 cm, 15–20 cm dilimlerinde gerçekleşmiştir (Şekil 4). Bu durumun sebebi olarak havza içerisindeki antropojenik faaliyetlerin zamansal değişimi ve aşırı yağışlı dönemlerdeki taşınım süreçlerinin hızlanması gösterilebilir.



Şekil 3 Organik karbon'un (OC) baraj rezervuarı tabanındaki horizontal dağılışı

Figure 3 Horizontal distribution of organic carbon (OC) at the reservoir base



Şekil 4 Organik karbon miktarının karotta vertikal dağılışı
Figure 4 Vertical distribution of organic carbon content in core

Çizelge 2 Literatürdeki Bazı Çalışmalarda Tespit Edilen OC Değerleri

Table 2 OC Values Determined in Some Studies in the Literature

| Lokasyon | OC (%) | Referans |
|------------------|-----------|--------------------------|
| Çıldır Gölü | 0,15–2,5 | Kükrecer, 2015 |
| Ayır Gölü | 0,34–13,9 | Kükrecer, 2018 |
| Aktaş Gölü | 0,13–9,8 | Kükrecer, 2017 |
| Tortum Gölü | 0,0–0,5 | Kükrecer, 2017 |
| Uzunçayır Barajı | 4,2–8,3 | Kutlu, 2018 |
| Sarbsko Gölü | 0,3-18,5 | Woszczyk, 2011 |
| Caohia Gölü | 8-25 | Jiang ve ark., 2018 |
| Wujiangdu Gölü | 20-42 | Jiang ve ark., 2018 |
| Honfong Gölü | 15-24 | Jiang ve ark., 2018 |
| Biwa Gölü | 10,2–20 | Ishiwatari ve ark., 2008 |

Tartışma

İkizcetepeler Baraj Gölü'nde organik karbon miktarı yüzey çökeli örneklerinde %0,11- %3, karot örneklerinde %0,4–%3,2 arasında değişmektedir. Mevcut literatürdeki bazı çalışmalardan elde edilen bulgulara göre bir değerlendirme yapıldığında; İkizcetepeler Baraj Gölü grab örneklerinde tespit edilen minimum organik karbon değeri Sarbsko ve Tortum Gölü dışındaki bütün göllerden düşük seviyededir. Maksimum değerlere göre bir karşılaştırma yapıldığında İkizcetepeler Baraj Gölü'nde tespit edilen organik karbon değerleri Çıldır ve Tortum Gölü dışındaki bütün göllerden oldukça düşük seviyededir (Çizelge 2). Organik karbonun zamansal dağılışı incelendiğinde en düşük değerlerin karotun 55–60 cm yani barajın inşa edildiği 1991 yılına yakın bir döneme karşılık geldiği ve sonraki yıllarda dalgalanmalar şeklinde artıp azaldığı tespit edilmiştir. Bu durumun yağış miktarı ve havzada sürdürülen antropojenik faaliyetlerin etkisi ile gerçekleştiği tahmin edilmektedir.

Sonuç

Çalışma kapsamında elde edilen bulgular değerlendirildiğinde; İkizcetepeler Baraj Gölü'nde tespit edilen organik karbonun alloktan kökenli olduğu ve havza içerisinde akarsular tarafından taşınarak baraj gölüne deşarj edildiği belirlenmiştir. Mevcut literatürdeki bazı sulak alanların organik karbon miktarı ile yapılan karşılaştırmada İkizcetepeler Baraj Gölü'nde düşük düzeyde organik karbon birikimi gerçekleştiği tespit edilmiştir. Zamansal dağılışı grafikleri incelendiğinde organik karbonun geçmişten günümüze kadar istikrarlı bir artış ya da azalma eğilimi göstermediği, havzaya düşen yağış miktarı, akarsuların debisi ve taşıma gücü, havzada süren antropojenik faaliyetlerin durumuna göre sürekli değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Arazi çalışması bulguları ve analitik prosedür verilerine göre İkizcetepeler Baraj Gölü'nde aşırı organik karbon birikimine rastlanmamıştır. Ancak son yıllarda artmaya başlayan organik karbon miktarının denetim altında tutulması gerekmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından 2019 – 030 nolu proje kapsamında desteklenmiştir. Çalışmaya yapmış oldukları katkıları için Balıkesir Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne teşekkür ederiz. Çalışmanın proje aşamasındaki destekleri için Prof. Dr. Ahmet Evren Erginal'a, arazi çalışması sırasındaki katkıları için Uzman Furkan İnan'a teşekkür ederiz.

Açıklama

Bu çalışma Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Coğrafya Anabilim Dalı'nda Şakir Fural tarafından hazırlanan "İkizcetepeler Baraj Gölü (Balıkesir) Çökellerinde Ekolojik Risk Analizi" konulu doktora tezinin bir bölümünden üretilmiştir.

Kaynaklar

- Folger D. 1974. Texture and Organic Carbon Content of Bottom Sediments in Some Estuaries of the United States. Environmental Framework of Estuaries, Geol. Sac. America, 391 - 408.
- Hahn J, Christian O, Alevtina E, Micheal G, Nina Z, Gabriela L. 2018. Impacts of dam draining on the mobility of heavy metals and arsenic in water and basin bottom sediments of three studied dams in Germany. Science of the Total Environment (640): 1072 - 1081.
- Ishiwatari R, Negishi K, Yoshikawa H, Yamamoto S. 2009. Glacial–interglacial productivity and environmental changes in Lake Biwa, Japan: A sediment core study of organic carbon, chlorins and biomarkers. Organic Geochemistry, 40: 520 - 530.
- Jiang T, Bravo G, Skjellberg U, Bjorn E, Wang D, Yan H, Green, W. 2018. Influence of dissolved organic matter (DOM) characteristics on dissolved mercury (Hg) species composition in sediment porewater of lakes from southwest China. Water Research (146): 146 - 158.
- Kırmızıgül O. 2013. Gökçekaya Baraj Gölü Dip Sedimentinin Ağır Metal Düzeylerinin Belirlenmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Kutlu B. 2018. Dissemination of heavy-metal contamination in surface sediments of the Uzunçayır Dam Lake, Tunceli, Turkey. Human and Ecological Risk Assessment 24: 2182 - 2194.
- Kükrer S. 2016. Tortum Gölü Yüzeysel Sedimentlerindeki Metal Birikiminin Ekolojik İndeksler Yolu ile Kapsamlı Risk Değerlendirmesi. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 4(12): 1185-1191.
- Kükrer S. 2018. Vertical and Horizontal Distribution, Source Identification, Ecological and Toxic Risk Assessment of Heavy Metals in Sediments of Lake Aygır, Kars, Turkey. Environmental Forensics, 2(19): 122-133.
- Kükrer S, Erginal AE, Şeker S, Karabıykoğlu M. 2015. Distribution and environmental risk evaluation of heavy metal in core sediments from Lake Çıldır (NE Turkey). Environ Monit Assess, 453.
- Kükrer S, Şeker S, Arabacı T, Kutlu B. 2014. Ecological risk assessment of heavy metals in surface sediments of northern littoral zone of Lake Çıldır, Ardahan, Turkey. Environmental Monitoring and Assessment (186): 3847 - 3857.
- Loska K, Jan C, Jacek P, Danuta W, Jerzy K. 1995. Use of EF and CF Together with IGEO İndeks to Evaluate the Content of Cd, Cu, Ni in the Rybnick Water Reservoir in Poland. Water, Air and Soil Pollution(93): 347-365.
- Meyers P, Teranes J. 2001. Sediment Organic Matter. L. W.M, & S. J.P içinde, Tracking Environmental Change Using Lake Sediments (Cilt 2, s. 239 - 269). Kluwer Academic Publisher.
- Siegenthaler U, Sarmiento J. 1993. Atmospheric carbon dioxide and the ocean. Nature (365): 119-125.
- Sobek S, Tranvik L, Prairie Y, Kortelainen P, Cole J. 2007. Patterns and regulation of dissolved organic carbon: an analysis of 7,500 widely distributed lakes. Limnol Oceanografi (52): 1208-1219.
- Sunlu U, Aydın A. 2005. Kuzey Ege Denizi sedimentinde % karbon ve % yanabilen madde miktarının araştırılması. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi (22): 263-268.
- Turç B, Albuquerque A, Corderio R, Sifeddine A, Simões Filho F, Souza A. 2002. Accumulation of Organic Carbon in Five Brazilian Lakes during the Holocene. Sedimentary Geology (148): 319 - 342.
- Walkley A. 1935. Environmental Framework of Estuaries determining organic carbon and nitrogen in soils. Jour. Agr. Sci(25): 598-630.
- Walkley A. 1947. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils-Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. Soil Science (63): 251-264.
- Walkley A, Black I. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science (27): 29-38.
- Woszczyk M, Bechtel A, Grätzer R. 2011. Composition and origin of organic matter in surface sediments of Lake Sarbsko: A highly eutrophic and shallow coastal lake (Northern Poland). Organic Geochemistry (42): 1025 - 1038.
- WWF. 2012. Living Planet Report. Washington, DC: World Wildlife Fund.
- Xue W, Kwon S, Grasby S, Sunderland E, Pan X, Sun R, Yin R. 2019. Anthropogenic influences on mercury in Chinese soil and sediment revealed by relationships with total organic carbon. Environmental Pollution. doi:doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113186>.
- Zhang G, Bai J, Zhao Q, Lu Q, Jia J, Wen X. 2016. Heavy metals in wetland soils along a wetland-forming chronosequence in the Yellow River Delta of China: Levels, sources and toxic risks. Ecol Indic, 69: 331–9.