



Toksik Risk İndeksi (TRI) Kullanılarak Nevşehir İli Kızılırmak Nehri Sedimentlerinde Cr, Zn, Pb, Cu, As Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması

Ömer Bilhan^{1*}, Fatih İlalan²

^{1*} Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Nevşehir, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-8661-6097), omerbilhan@nevsehir.edu.tr

² Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Nevşehir, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-6331-4638), fatihilalan@gmail.com

(International Conference on Design, Research and Development (RDCONF) 2021 – 15-18 December 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1039940)

ATIF/REFERENCE: Bilhan, O. & İlalan, F. (2021). Toksik Risk İndeksi (TRI) Kullanılarak Nevşehir İli Kızılırmak Nehri Sedimentlerinde Cr, Zn, Pb, Cu, As Ağır Metal Düzeylerinin Araştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (32), 438-444.

Öz

Sanayi devrimi ile birlikte artan antropojenik faaliyetler günümüzde, sanayi ve teknoloji alanında gerçekleşen ilerlemeler, yanlış tarım politikaları ve diğer antropojenik etkilere bağlı olarak doğal ortam üzerinde olumsuz etkilerin artmasına neden olmaktadır. Bu olumsuz etkilerin bir sonucu olarak ortaya çıkan, akarsularda ve göllerde ağır metal kaynaklı kirlilik araştırmaları; farklı bilim dallarında araştırmalar yürüten birçok bilim insanının ilgi odağı haline gelmiştir. Saha ve laboratuvar çalışmalarını içeren bu çalışma, Türkiye'nin en önemli akarsularından biri olan Kızılırmak Nehri'nin Gülşehir İlçesi, Nevşehir İli, Avanos İlçesi ve Ürgüp İlçesi'ne bağlı Sarıhidir Köyü hattı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Kızılırmak Nehri üzerinde belirlenen yedi örnekleme noktasından elde edilen bozulmamış sediment karot örneklerinde, Cr (Krom), Zn (Çinko), Pb (Kurşun), Cu (Bakır), As (Arsenik) ağır metal düzeyleri, elementlerin toksik etkilerinin belirlenmesi için kullanılan TRI (Toksik Risk İndeksi) esas alınarak değerlendirilmiştir. Tüm lokasyonlarda Cr (Krom) ağır metalinin toksik etki risk yüzdesi, en üst seviyede olduğu belirlenmiştir. As (Arsenik) ağır metali ise toksik risk etki yüzdesi bakımından ikinci sırada yer almaktadır. As (Arsenik) ağır metali toksik risk etki yüzdesi bakımından, en yüksek değerlerini 2. Lokasyondan elde edilen analiz sonuçlarında aldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toksik Risk İndeksi, Kızılırmak, Sediment, Ağır Metal, , Kirlilik.

Investigation of Heavy Metal Levels of Cr, Zn, Pb, Cu, As in the Nevşehir Province Kızılırmak River Sediments Using Toxic Risk Index (TRI)

Abstract

Increasing anthropogenic activities with the industrial revolution cause the negative effects on the natural environment to increase due to advances in industry and technology, wrong agricultural policies and other anthropogenic effects. Investigations of heavy metal-related pollution in rivers and lakes as a result of these negative effects; It has become the focus of attention of many scientists who conduct research in different branches of science. This study, which includes field and laboratory studies, was carried out on the line of Kızılırmak River, one of the most important rivers of Turkey, in the Gülşehir District, Nevşehir Province, Avanos District and Sarıhidir Village of Ürgüp District. Cr (Chromium), Zn (Zinc), Pb (Lead), Cu (Copper), As (Arsenic), heavy metal levels in the indisurbed sediment core samples obtained from seven sampling points determined on the Kızılırmak River were evaluated based on the TRI (Toxic Risk Index) used to determine the toxic effects of the elements. It was determined that the percentage of toxic effect risk of Cr (Chromium) heavy metal was at the highest level in all locations. As (Arsenic) heavy metal ranks second in terms of toxic risk effect percentage. As (Arsenic) heavy metal has the highest values in the analysis results obtained from the 2nd location in terms of toxic risk effect percentage.

Keywords: Toxic Risk Index, Kızılırmak, Sediment, Heavy Metal, Pollution.

*Sorumlu Yazar: omerbilhan@nevsehir.edu.tr

1. Giriş

Yüzeysel su ortamlarında ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde detaylı sediment analizi en önemli yöntemlerden biridir. Çünkü atık sular ile birlikte sucul ortamlara deşarj edilen ağır metallerin düşük bir oranı suda çözünürken, geri kalan büyük kısmı tabanda bulunan sediment üzerinde birikme eğilimindedir (Dereli vd., 2017).

Ekolojik açıdan ağır metal kavramı, kirlenme ve toksisite açısından değerlendirilirse, bir yan anlam olarak kullanılmakta ve çoğunlukla atom numarası >20 olan ağır metaller bu kapsamda değerlendirilmektedir. Ekolojik bakımdan önemli 20 element bu anlamda dikkat çekmektedir. Bakır, Demir Krom, Kobalt, Mangan, Nikel, Uranyum, Vanadyum, Çinko Molibden, metalleri hayvan ve bitkilerin yaşamları için gerekli oldukları gibi, diğer taraftan toksik maddelerdir. Toksisitenin etkisi, metalden metale değişebildiği gibi, organizmaların türüne görede değişebilmektedir. Bu olumlu-olumsuz (toksik) etkiler yalnızca elementin tipi ve konsantrasyonu ile ilişkili olmayıp, değişik türlerin genetik esaslı fizyolojik davranışları ile de yakından ilgilidir (Haktanır & Arcak 1998).

Ağır metaller organik ve inorganik maddelerle kimyasal bileşikler ve çeşitli karmaşık sistemler şeklinde sediment bünyesinde birikebilmekte ve yıllar boyunca burada mevcudiyetini korumaktadır (Shrivastava vd., 2003). Sediment tabakası içerisinde biriken ağır metaller, bir süre sonra bünyesindeki iyonları tekrar suya bırakma durumuna geçer ve böylece sediment, sucul ortam açısından potansiyel kirlenici kaynağı haline dönüşebilmektedir (Şener Ş. & Şener 2015).

Türkiye'nin ortasında konumlanan Kızılırmak havzası; kuzeydoğusunda Yeşilirmak havzası, güneybatı ve güneyden Konya kapalı havzası, kuzeybatısında Yenice Batı Karadeniz akarsuları havzaları, doğusunda Fırat havzası, güneydoğusunda Seyhan havzası, batıda ise Sakarya Nehri havzası ile komşudur. Sivas'ın İmranlı ilçesi Kuz köyünden kaynağını alan Kızılırmak Nehri akışını 9 ilin sınırlarından geçerek, Samsun'un Bafra ilçesinde Karadeniz'e deşarj olmaktadır. Nehir üzerinde işletmede olan çok sayıda baraj, HES (Hidroelektrik santral) ve çeşitli amaçlar için inşa edilmiş su yapıları bulunmaktadır. Şekil 1'de Nevşehir ili Avanos İlçe'sinden geçen Kızılırmak Nehri'ne ait bir görüntü sunulmuştur.

Kızılırmak 1.355 km uzunluğu ile Türkiye sınırları içerisinde ki en uzun nehir olma özelliği taşımaktadır. Nevşehir ili'nide içerisine alan Orta Kızılırmak Havzasında karasal iklim etkin olmaktadır. Kızılırmak Nehri'ni diğer birçok nehirden ayıran en önemli özelliği nehrin suyunun tuzlu olmasıdır. Kızılırmak Nehri'nin suyu kaynağında yumuşak ve içilebilir olmasına rağmen, Zira ilçesinden sonra, nehrin su yatağının jipsli ve tuzlu araziye girmesi, niteliği uygun olmayan güney kollarının da karışmasıyla bileşimi büyük ölçüde değişmektedir (Kırıkkale İl Çevre Durum Raporu, 2007). Nevşehir İli, Türkiye topraklarının tam ortasında konumlanan İç Anadolu Bölgesinin Orta Kızılırmak Havzası içerisinde yer alır. Nevşehir İli, 38° 12' ve 39° 20' kuzey enlemleriyle 34° 11' ve 35° 06' doğu boylamları arasında yer alır. Doğusunda Kayseri İli, kuzey ve kuzeybatısında Kırşehir İli, güneyinde Niğde İli, batısında Aksaray İli, kuzeydoğusunda ise Yozgat İli ile komşudur. Nevşehir ili sınırları içerisinde Avanos, Ürgüp ve Gülşehir ilçeleri toparaklarından da geçen Kızılırmak Nehri, Özellikle, bölgede turizm kaynaklı ziyaretlerin yoğun olması ve yıllar içerisinde giderek artış göstermesi, gelecek

yıllarda antropojenik kaynaklı kirlenmenin etkisinin artması tehlikesini gündeme getirecektir.



Şekil 1. Kızılırmak Nehri (Nevşehir İli Avanos İlçesi).

Ağır metallerle bağlı kirlenmenin boyutlarının artması, bölgede nehir ekosisteminde de çeşitli zararlara neden olabilecektir. Ayrıca son yıllarda Kızılırmak Nehri boyunca, barajlar ve hidroelektrik santraller gibi su yapılarının sayılarının artması, bu regülasyon yapılarının nehrin sediment bütçesini olumsuz etkilemesi, iklim değişimi ve sonuçları, tüm bunların nehrin ekosistemi üzerindeki etkileri, nehir tabanında ve suda biriken ağır metal düzeylerinin bölgesel ve periyodik olarak gözlemlenmesi ve değerlendirilmesi ihtiyacını ortaya koymaktadır (İlalan, 2021). Nevşehir İli sınırlarından geçem Kızılırmak Nehri üzerine inşa edilmiş önemli su yapılarını değerlendirdiğimizde, Bayramhacılı Barajı ve HES, Tuzköy HES, Avanos Regülatörü ve Cemel HES ve Sarıhıdır HES ön plana çıkmaktadır. Bayramhacılı Barajı ve Hidroelektrik Santrali, Nevşehir'in Avanos ilçesi sınırlarında Kızılırmak Nehri üzerine inşa edilmiştir. Baraj, Yıldırım Enerji firması tarafından işletilmekte olup, 47 MWe'a sahip kurulu gücü ile Türkiye'nin 279. Nevşehir'in ise en büyük enerji santrali ünvanına sahiptir. Gülşehir İlçesi'nde yer alan Tuzköy Hidroelektrik Santrali ise Tuzköy mevkiinde, Kızılırmak üzerinde inşa edilmiştir. Türkiye'nin 899. Nevşehir'in ise 4. büyük enerji santralidir. Avanos Regülatörü ve Cemel Hidroelektrik Santrali Nevşehir'in Avanos İlçesi Gülşehir İlçesi arasında, Kızılırmak Nehri üzerinde inşa edilmiştir. İşletmesi Zeynep Enerji firması tarafından yürütülen santral, 20,40 MWe Kurulu gücü ile Türkiye'nin 529. Nevşehir'in ise 2. büyük enerji santralidir. Ürgüp ilçesi Sarıhıdır Köyü sınırları içerisinde yer alan, Sarıhıdır HES, Molu Enerji firması tarafından işletilmekte olup, santral 6 MWe Kurulu gücü ile Türkiye'nin 1056. Nevşehir'in ise 5. büyük enerji santralidir.

Reid ve Dunne; çalışmalarında nehirlerin, suyun akışının doğası gereği sediment içerdiğini ifade etmektedirler. Sedimentler; bitkiler, hayvanlar, gübreleme, akarsu yatağının doğal şekli ve genel nehir morfolojisi için yaşamsal önem taşımaktadır. Akarsular ile taşınan kumlar, taşlar, topraklar ve diğer sürüntü malzemeleri, akarsu tabanında birikme eğilimi gösterirler. Diğer taraftan suyun akışı, bu sediment malzemesini erozyona uğratar. Doğal nehirlerde, sedimentasyon ve erozyon birbirlerini dengelerler. Böylece sürekli olarak akarsular kendi

doğal yapılarını korurlar. Sediment, nehir yatağının erozyon nedeniyle derinleşmesinin önüne geçer (Reid & Dunne, 1996).

Akarsularda ağır metal birikmesine dair yapılan araştırmalar göstermektedir ki, sedimentlerde farklı çevresel faktörlerle biriken ve taşınan ağır metallerin belirli oranların üzerine çıkması çevreye ciddi zararlar vermesinin yanında, canlı hayatı üzerinde de olumsuz etkileri mevcuttur.

Tessier ve Campbell; ağır metallerin sedimentlerde sürekli olarak sabit olmadığını, fakat bu ağır metallerin sedimentten su kolonuna fiziksel ve biyolojik proseslerle geri dönebilmekte olduğunu ifade etmişlerdir (Tessier & Campbell, 1987).

Kankılıç (2019), araştırmalarında, Mayıs 2013-Şubat 2014 tarihleri arasında Kırıkkale il sınırları içerisinde geçen Kızılırmak Nehri'nden belirlenen altı istasyondan aldıkları sediment numunelerinde ağır metal kirlilik düzeyleri değerlendirmiştir. Araştırmacı, Al, Fe, As, Cr, Ni, Pb, Zn, Cd, Hg elementlerinin konsantrasyonlarını ICP-OES cihazı kullanarak belirlemiştir.

Üçüncü (2016), çalışmasında, Beyşehir Gölü üzerindeki istasyonlarda su ve sedimentteki ağır metal kirliliğinin belirlenmesi ve sedimentteki antropojenik etkinin oluşturduğu kirliliği değerlendirmiştir.

Sönmez vd., (2013), Karasu Nehri'nde gerçekleştirmiş olduğu araştırmalarında, belirledikleri 5 örnekleme noktasından aldıkları su numunelerinde, Cu, Zn, Mn, Pb, Ni, Cd ve Fe ağır metal düzeylerini incelemiştir. Araştırmacılar, elde edilen araştırma sonuçları doğrultusunda, Karasu Nehri'nin yoğun kirlilik unsurları ile karşı karşıya olduğunu ve bu kirlilik düzeyinin devamı halinde ekolojik dengenin olumsuz yönde etkileneceğini ifade etmişlerdir.

Wang vd., (2020), Kızılırmak Nehir tabanından elde ettiği bozulmamış sediment çekirdeği için Cu, Pb, Zn, Ag, Ni, Co, Mn, As, Cd, Sb, V, Cr, Hg ve Se ağır metallerinin zamansal değişimlerini radyonüklit analiz gerçekleştirerek incelemiştir.

Bilhan & İlan (2021), Nevşehir ili sınırlarından geçen Kızılırmak Nehrinin Gülşehir, Avanos ve Sarıhıdır hattında, nehri tehdit eden kirlenmelerden Arsenik (As) ağır metalinin, multisampler (bozulmamış sediment örnekleme) cihazı yardımıyla belirlenen 7 lokasyondan alınan sediment örneklerindeki mevcudiyetini incelemiştir.

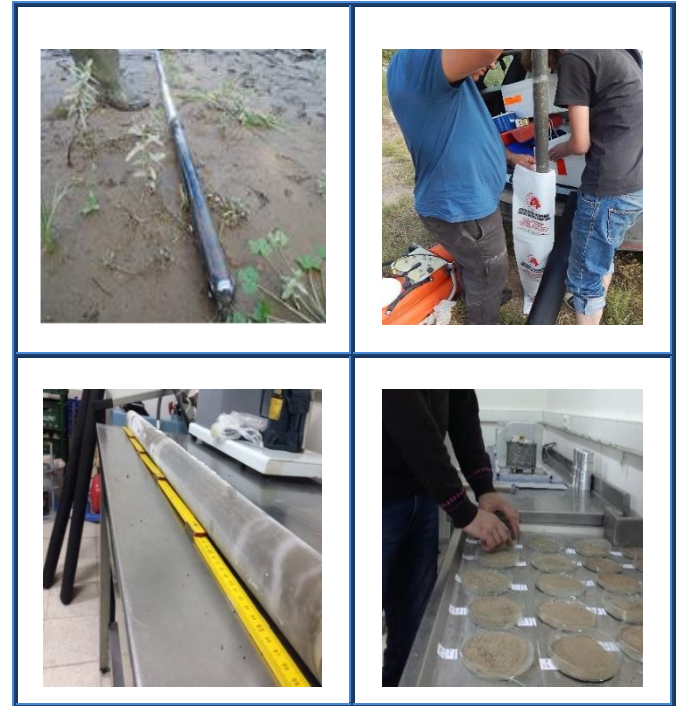
2. Materyal ve Metot

2.1. Kızılırmak Nehri Saha Çalışmaları

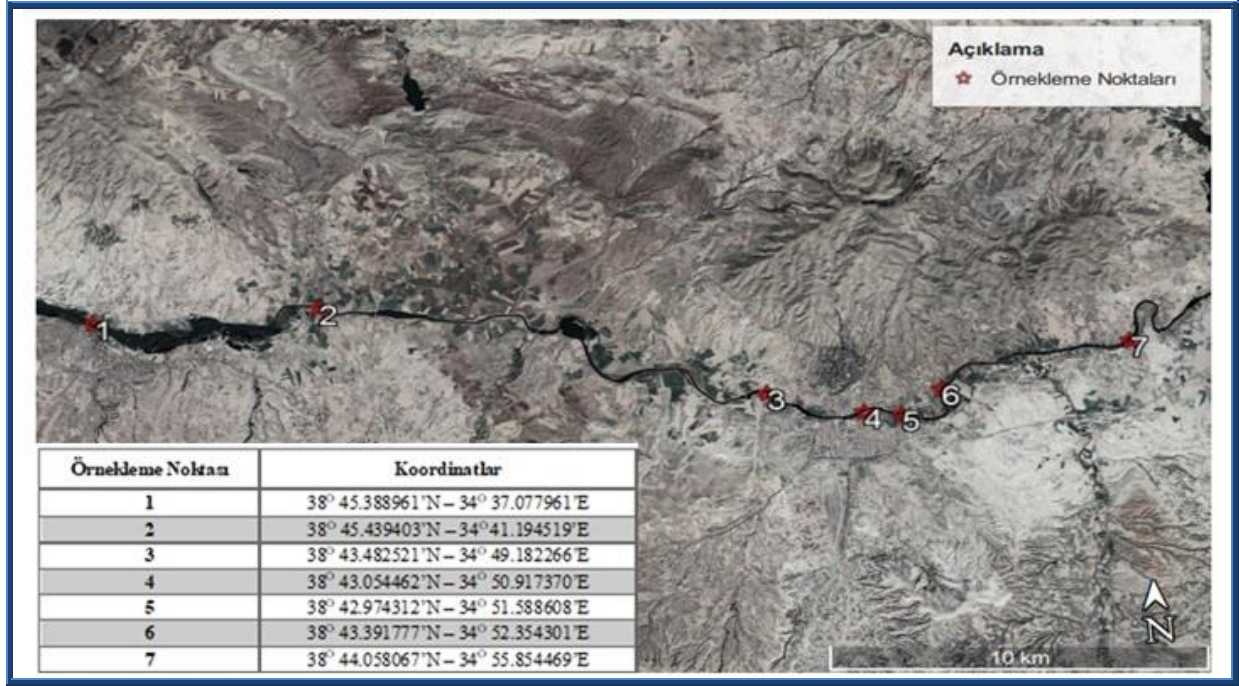
Bu çalışma, Kızılırmak Nehri'nde Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi NEUBAP14F4 numaralı bilimsel araştırma projesi (Bilhan, 2017) kapsamında, 2014 yılı Haziran ayı içerisinde arazi yapısı, sediment örneklerinin toplanabilirliği göz önünde bulundurularak tamamlanan saha çalışmalarından elde edilen veriler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Nevşehir ili Gülşehir

İlçesi ile Sarıhıdır Köyü arasındaki hat boyunca belirlenen 7 ayrı örnekleme noktasından Eijkelkamp Multisampler Bozulmamış Sediment Örnekleme cihazı (Şekil 2) kullanılarak elde edilen 14 adet sediment karot numunesinin Cr, Zn, Pb, Cu, As ağır metalleri için TRI (Toksik Risk İndeksi) kullanılarak değerlendirilmesi yapılmıştır. 7 ayrı örnekleme noktasının koordinatları Şekil 3'de gösterilmiştir.

Laboratuvarda -80° 'de dondurucuda muhafaza edilen sediment numuneleri ağır metal analizleri için seviyelendirme yapılarak, dondurulmuş halde laboratuvarında kesilerek dilimlere ayrılmıştır (Şekil 2). Dilimlere ayrılan sediment numuneleri etüvde 85°C kurutulmuş ardından büyük taş parçaları veya numune bünyesinde yer alan diğer büyük sayılabilecek cisimler analizlerin sağlıklı sonuçlar vermesi amacıyla temizlenmiştir. Elmas uçlu kesici ile seviyeler dikkate alınarak kesilen her bir numune isimlendirilip numaralandırılarak kayıt altına alınmıştır. 7 lokasyona ait her bir numune için top, middle ve bottom (tepe, orta ve dip) olarak belirlenen seviyelerden 2 şer numune alınıp ziplocked numune poşetlerinde muhafaza edilmiştir. Hazırlanan sediment numuneleri, ICP-OES (Inductively coupled plasma optical emission spectrometry) tekniği ile ağır metal analizlerinin gerçekleştirilmesi amacıyla Kanada merkezli Acme Analitik Laboratuvar Hizmetleri Limited Şirketi'ne gönderilmiştir.



Şekil 2. Sediment Örnekleme Cihazı Kullanılarak Kızılırmak Nehri'nden Sediment Karot Örneklerinin Alınması ve Dilimlere Ayrılarak Analizlere Hazır Hale Getirilmesi.



Şekil 3. Kızılırmak Nehri Üzerinde Tamamlanan Saha Çalışmalarının Koordinatları ve Harita Üzerinde Gösterimi.

2.1.1. Ağır Metal Analiz Sonuçlarının Toksik Risk İndeksi (TRI)'ne Göre Değerlendirilmesi

Bu çalışma kapsamında Cr, Zn, Pb, Cu ve As ağır metallerine ait analiz sonuçları, elementlerin toksik etkilerinin belirlenmesi için kullanılan TRI (Toksik Risk İndeksi) esas alınarak değerlendirilmiştir (Zhang vd., 2016). Bu çalışmada, her bir ağır metalin toksik risk katsayısını (TRİ_i) tespit etmek için aşağıdaki Eş. 1 kullanılmıştır.

$$TRI_i = \sqrt{\frac{\left(\left(\frac{C_i}{TEL}\right)^2 + \left(\frac{C_i}{PEL}\right)^2\right)}{2}} \quad (1)$$

Bu eşitlikte; C_i element konsantrasyonunu, TEL (threshold effect level) “eşik etki seviyesini”, PEL (probably effect level) “olası etki seviyesi”ni ifade etmektedir. TEL ve PEL (Long & MacDonald 1998) elementlerin çeşitli deneysel canlı türleri ve sedimentte ortaya çıkardığı toksik etkinin sınırları dikkate alınarak belirlenmeye çalışılmıştır. Elementlerin bütünleşmiş yani toplam TRI (TEC) değerleri ise aşağıda Eş. 2 ile hesaplanmaktadır;

$$TRI(TEC) = \sum_{i=1}^n TRI_i \quad (2)$$

Bu eşitlikte (Eş. 2) ise; TRI_i tek bir elementin toksik risk katsayısını, i element konsantrasyonunu, n analizde kullanılan element sayısını, TRI (TEC) toplam toksik risk değerini ifade etmektedir. Hesaplanan TRI (TEC) değerleri, toksik riskin boyutunu belirlemek için kullanılır. TRI ≤ 5 toksik risk yok, 5 < TRI ≤ 10 düşük toksik risk, 10 < TRI ≤ 15 orta seviyede risk, 15 < TRI ≤ 20 önemli seviyede toksik risk, TRI > 20 çok önemli seviyede toksik risk olarak değerlendirilmektedir (Fural & Kükrer, 2021).

3. Araştırma Sonuçları ve Bulgular

Bu çalışma kapsamında, Kızılırmak nehri üzerinde belirlenen 7 örnekleme noktasından alınan bozulmamış sediment karot e-ISSN: 2148-2683

örneklerinde, elde edilen Cr, Zn, Pb, Cu ve As ağır metallerine ait konsantrasyonlarına göre, toksik risk indeksleri hesaplanarak Tablo 1-7’de sunulmuştur.

Tablo 1. 1. Lokasyonda Cr, Zn, Pb, Cu, As Ağır Metal Konsantrasyonları göre Hesaplanan TRI (TEC) Değerleri

1. lokasyon TRI (TEC) Değerleri						
DERİNLİK	Cr (TRİ _i)	Zn (TRİ _i)	Pb (TRİ _i)	Cu (TRİ _i)	As (TRİ _i)	TRI (TEC)
0-2	7,37	0,31	0,39	0,55	1,40	10,01
6-8	9,01	0,64	0,39	0,72	1,90	12,66
20-22	6,69	0,39	0,48	0,70	2,54	10,79
45-47	6,61	0,55	0,50	0,88	2,79	11,33
73-75	7,18	0,32	0,30	0,88	2,28	10,97
82-84	15,04	0,33	0,37	0,70	1,78	18,21

Tablo 2. 2. Lokasyonda Cr, Zn, Pb, Cu, As Ağır Metal Konsantrasyonları göre Hesaplanan TRI (TEC) Değerleri

2. lokasyon TRI (TEC) Değerleri						
DERİNLİK	Cr (TRİ _i)	Zn (TRİ _i)	Pb (TRİ _i)	Cu (TRİ _i)	As (TRİ _i)	TRI (TEC)
0-2	5,11	0,33	0,37	0,62	2,41	8,83
6-8	7,08	0,30	0,43	0,45	2,41	10,67
27-29	4,56	0,37	0,45	0,74	2,92	9,04
44-46	5,87	0,40	0,45	0,68	3,17	10,57
83-85	4,25	0,53	0,45	0,70	3,68	9,61
90-92	2,28	0,61	0,61	0,80	3,17	7,47

Tablo 3. 3. Lokasyonda Cr, Zn, Pb, Cu, As Ağır Metal Konsantrasyonları göre Hesaplanan TRI (TEC) Değerleri

3. lokasyon TRI (TEC) Değerleri						
DERİNLİK	Cr (TRI _i)	Zn (TRI _i)	Pb (TRI _i)	Cu (TRI _i)	As (TRI _i)	TRI (TEC)
0-2	4,95	0,43	0,28	0,49	3,04	9,20
8-10	5,50	0,85	0,30	0,51	3,04	10,21
26-28	5,70	0,38	0,32	0,66	2,66	9,73
41-43	7,26	0,36	0,39	0,66	1,65	10,32
55-57	7,06	0,35	0,35	0,57	2,41	10,74
63-65	4,47	0,54	0,43	0,62	3,55	9,62

Tablo 4. 4. Lokasyonda Cr, Zn, Pb, Cu, As Ağır Metal Konsantrasyonları göre Hesaplanan TRI (TEC) Değerleri

4. lokasyon TRI (TEC) Değerleri						
DERİNLİK	Cr (TRI _i)	Zn (TRI _i)	Pb (TRI _i)	Cu (TRI _i)	As (TRI _i)	TRI (TEC)
0-2	4,82	0,45	0,30	0,60	2,79	8,96
8-10	4,90	0,37	0,39	0,53	2,28	8,48
26-28	4,86	0,44	0,35	0,68	4,19	10,51
41-43	4,99	0,40	0,43	0,64	2,79	9,25
55-57	4,06	0,45	0,48	0,57	3,55	9,12
63-65	8,91	0,31	0,43	0,66	1,52	11,83

Tablo 5. 5. Lokasyonda Cr, Zn, Pb, Cu, As Ağır Metal Konsantrasyonları göre Hesaplanan TRI (TEC) Değerleri

5. lokasyon TRI (TEC) Değerleri						
DERİNLİK	Cr (TRI _i)	Zn (TRI _i)	Pb (TRI _i)	Cu (TRI _i)	As (TRI _i)	TRI (TEC)
1-3	3,73	0,46	0,41	0,53	3,43	8,57
7-9	5,79	0,39	0,45	0,66	2,54	9,83
24-26	5,42	0,44	0,26	0,72	2,16	8,99
33-35	4,41	0,78	0,45	0,98	3,04	9,68
48-50	5,64	0,75	0,45	1,07	2,41	10,32
54-56	5,27	0,43	0,41	1,05	2,28	9,44

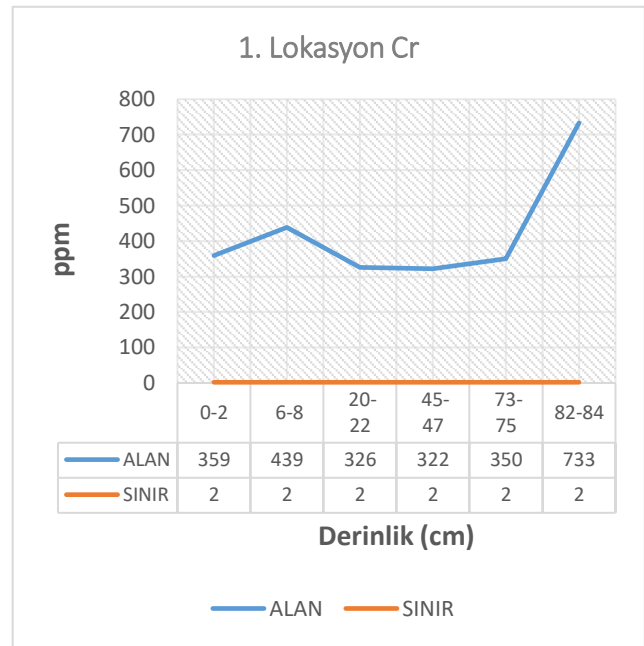
Tablo 6. 6. Lokasyonda Cr, Zn, Pb, Cu, As Ağır Metal Konsantrasyonları göre Hesaplanan TRI (TEC) Değerleri

6. lokasyon TRI (TEC) Değerleri						
DERİNLİK	Cr (TRI _i)	Zn (TRI _i)	Pb (TRI _i)	Cu (TRI _i)	As (TRI _i)	TRI (TEC)
0-2	11,35	0,59	0,41	0,74	3,04	16,13
4-6	6,28	0,44	0,35	0,68	1,65	9,40
11-13	9,91	0,39	0,30	0,62	1,78	13,00
22-24	6,28	0,63	0,48	0,96	1,90	10,25
38-40	4,25	0,36	0,41	0,66	1,78	7,45
45-47	5,42	0,33	0,28	0,62	1,78	8,42

Tablo 7. 7. Lokasyonda Cr, Zn, Pb, Cu, As Ağır Metal Konsantrasyonları göre Hesaplanan TRI (TEC) Değerleri

7. lokasyon TRI (TEC) Değerleri						
DERİNLİK	Cr (TRI _i)	Zn (TRI _i)	Pb (TRI _i)	Cu (TRI _i)	As (TRI _i)	TRI (TEC)
0-2	7,08	0,41	0,19	0,64	2,54	10,86
7-9	9,07	0,38	0,28	0,64	3,93	14,30
21-23	5,93	0,56	0,37	1,01	2,03	9,89
46-48	5,52	1,07	0,54	1,03	4,19	12,34
72-74	5,31	0,53	0,41	0,66	2,28	9,20
78-80	7,37	0,56	0,43	0,72	2,16	11,24

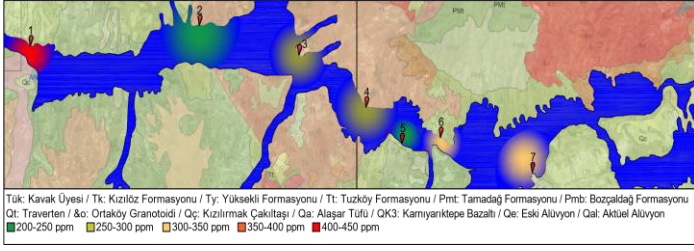
Tablo 1-7’de sunulan TRI (TEC) değerlerini elde etmek için, aynı derinlikte Cr, Zn, Pb, Cu ve As ağır metalleri için hesaplanan TRI_i değerleri dikkate alınmıştır. TRI (TEC) toksik risk indeksi değerleri, her derinlik için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Tablo 1-7’ de hesaplanan TRI (TEC) değerleri incelenirse, bütün derinliklerde ve lokasyonlarda en yüksek oranda toksik risk oluşturan ağır metalin Cr ağır metali olduğu sonucuna varılabilir. Zn, Pb ve Cu ağır metallerinin tüm lokasyonlarda toksik risk etki yüzdeleri, Cr ve As ağır metallerine göre düşük seviyelerde olduğu görülmektedir.



Şekil 4. Krom (Cr) Ağır Metalinin 1. Lokasyondan Alınan Bozulmamış Sediment Örneğindeki Yoğunluk Dağılımı.

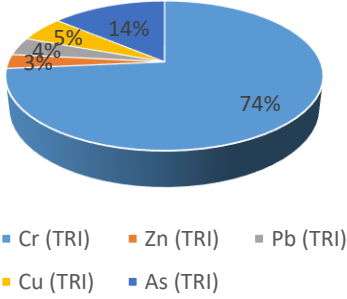
Cr ağır metalinin toksit etki risk yüzdesi bakımından en yüksek değerleri aldığı 1. Lokasyondan alınan bozulmamış sediment karot örneğinde, Cr ağır metali yoğunluk dağılımı Şekil 4.’te gösterilmiştir. Özellikle sediment karot örneğinin dip kısımlarında Cr ağır metal yoğunluğunun artış eğiliminde olduğu görülmektedir.

Bu çalışma kapsamında, Kızılırmak Nehri üzerinde gerçekleştirilen saha çalışmaları sonucunda, örnekleme noktalarından elde edilen sediment karot örneklerinde, Krom (Cr) Ağır Metal Konsantrasyonlarına ait yoğunluk dağılımı haritası Şekil 5'te sunulmuştur.



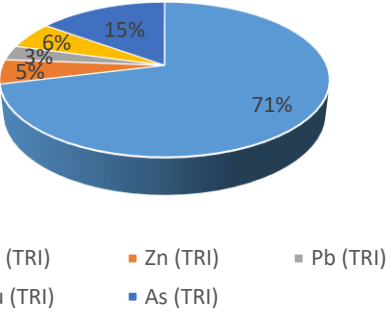
Şekil 5. Kızılırmak Nehri Üzerinde Örnekleme Noktalarından Alınan Sediment Numunelerinde Krom (Cr) Ağır Metal Konsantrasyonlarına Ait Yoğunluk Dağılımı Haritası

1. Lokasyon 0- 2 cm TRI (TEC)



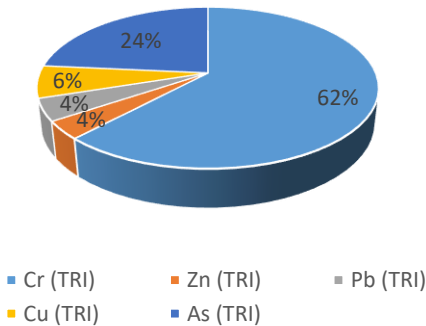
(a)

1. Lokasyon 6-8 cm TRI (TEC)



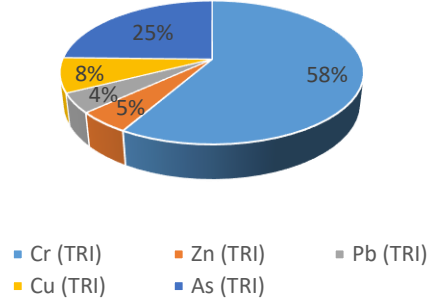
(b)

1. Lokasyon 20-22 cm TRI (TEC)



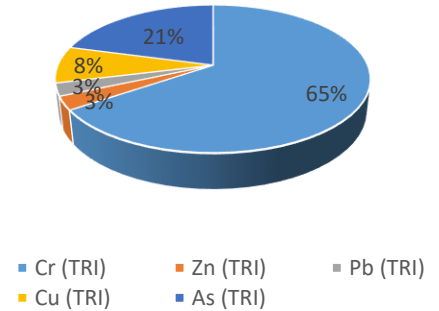
(c)

1. Lokasyon 45-47 cm TRI (TEC)



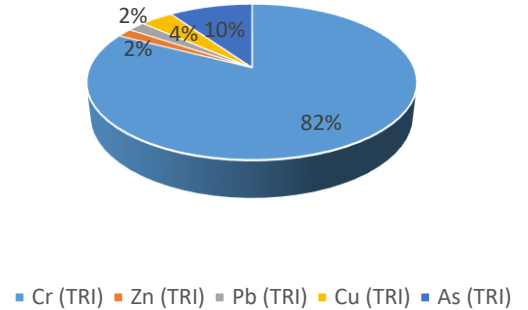
(d)

1. Lokasyon 73-75 cm TRI (TEC)



(e)

1. Lokasyon 82-84 cm TRI (TEC)



(f)

Şekil 6. (a-f) 1. Lokasyona Ait Sediment Karot Örneğinde Cr, Zn, Pb, Cu ve As Ağır Metallerinin TRI (TEC) Yüzdeleri

Tablo 1-7'de hesaplanan TRI (TEC) değerleri ve Şekil 6 (a-f)'da Cr, Zn, Pb, Cu ve As ağır metallerinin toksik risk etki yüzdeleri birlikte incelendiğinde Cr ağır metalinin toksik etki risk yüzdesinin en büyük paya sahip olduğu görülmektedir. As ağır metaline ise toksik etki yüzdesi bakımından ikinci sırada yer almaktadır. Cr ağır metalinin toksik etki risk yüzdesi bakımından en yüksek değerleri aldığı 1. Lokasyona ait veriler Şekil 6 (a-f)'da örnek olarak sunulmuştur. 2. Lokasyona ait veriler incelenirse, As ağır metaline özellikle sediment örneklerinin dip kısımlarında toksik etki risk yüzdesi bakımından Cr ağır metalinin üzerine çıktığı belirlenmiştir. 2. Lokasyonda, sediment karot örneğinin 90-92 cm seviyesinde, As ağır metaline %42 Cr ağır metaline ise, %31'lik toksik etki risk yüzdesine sahiptir.

4. Sonuç

Bu çalışma kapsamında Cr, Zn, Pb, Cu, As ağır metal analiz sonuçları, elementlerin toksik etkilerinin belirlenmesi için kullanılan TRI (Toksik Risk İndeksi) (Zhang vd. 2016) esas alınarak değerlendirilmiştir. Cr ağır metalinin hesaplanan TRI (TEC) değerlerine göre, bütün lokasyonlarda en yüksek oranda toksik risk oluşturan ağır metal olarak ön plana çıktığı görülmüştür. Analiz edilen sediment karot örneklerinde, 6. Lokasyonun 0-2 cm derinliğinde ve 1. Lokasyonun 82-84 cm derinliğinde, Toksik Risk İndeksi'ne göre önemli seviyede toksik risk tespit edilmiştir. As ağır metali toksik risk etki yüzdesi bakımından, en yüksek değerlerini 2. Lokasyondan elde edilen veriler üzerinden aldığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, bölgede Kızılırmak nehri tabanından alınan sediment örneklerindeki, birikim miktarları tespit edilen her bir ağır metal türünün neden olabilecek olumsuzluklar için havza yönetiminden sorumlu olan kurum, kuruluşlar, yerel idarelerin gerekli tedbirleri alması ve eylem planlarının hazırlanması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Özellikle, bölgede turizm kaynaklı ziyaretlerin yoğun olması ve yıllar içerisinde giderek artış göstermesinin öngörülmesi, gelecek yıllarda antropojenik kaynaklı kirlenmenin etkisinin artması sorununu gündeme taşıyacağı tahmin edilmektedir. Ağır metallere bağlı kirlenmenin boyutlarının artması, bölgede nehir ekosisteminde de çeşitli zararlara neden olabilecektir. Ayrıca son yıllarda Kızılırmak Nehri boyunca, inşa edilen su yapılarının sayılarının artması, bu regülasyon yapılarının nehrin sediment bütçesini olumsuz etkilemesi, iklim değişimi ve sonuçları, nehir tabanında ve suda biriken ağır metal düzeylerinin bölgesel ve periyodik olarak gözlemlenmesi ve değerlendirilmesi ihtiyacını ortaya koymaktadır.

5. Teşekkür

Bu çalışma, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından NEUBAP14F4 nolu proje ile desteklenmiştir.

Kaynakça

- Metin Dereli E., Ertürk A., Çakmakçı M. (2017). Yüzeysel Sularda Ağır Metallerin Etkileri ve Ötrofikasyon ile İlişkisi. İstanbul Üniversitesi Su Bilimleri Fakültesi, s.215-230, Kocaeli.
- Haktanır, K. & Arcak, S. (1998). Çevre Kirliliği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Ankara, 323s.
- Shrivastava P., Saxena A, Swarup A, (2003). Heavy metal pollution in a sewage-fed lake of Bhopal. Lakes & Reservoirs: Research and Management, 8:1-4.
- Şener Ş. & Şener E, (2015). Kovada Gölü (Isparta) Dip Sedimanlarında Ağır Metal Dağılımı ve Kirliliğinin Değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 19 (2): 86-96.
- Kırıkkale İl Çevre ve Orman Müdürlüğü. Kırıkkale İl Çevre Durum Raporu (2007). İl Çevre ve Orman Md.Kırıkkale, 2-3-21-35.
- İlalan, F. (2021). Nevşehir İli Kızılırmak Nehri'nden Alınan Bozulmamış Sediment Karot Örneklerinde Ağır Metal Düzeylerinin İncelenmesi. Nevşehir H.B.V. Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 122 Sayfa. Nevşehir, Türkiye.

- Reid, Leslie M.: Rapid evaluation of sediment budgets / Leslie M. Reid & Thomas Dunne. - Reiskirchen: Catena Verl. (1996) (GeoEcology paperback) ISBN 3-923881-39-5.
- Tessier A. & Campbell P.G.C. (1987). Partitioning of trace metals in sediments: Relationships with bioavailability. In: Thomas R.L., Evans R., Hamilton A.L., Munawar M., Reynoldson T.B., Sadar M.H. (eds) Ecological Effects of In Situ Sediment Contaminants. Developments in Hydrobiology, vol 39. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-009-4053-6_5/.
- Kankılıç G. B (2019). Kapulukaya Barajı Aşağı Havza'sı Sediment Örneklerinde Ağır Metal Kirlilik Düzeylerinin Değerlendirilmesi (Kızılırmak, Kırıkkale). Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 8(3), 903 - 913.
- Üçüncü T, E., (2016). Beyşehir Gölü'nde Su ve Sedimentte Ağır Metal Birikimi ve Sedimentte Antropojenik Kontaminasyon Değerlendirmesi, Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6 (2), s. 205-219.
- Sönmez, A., Hisar, O. & Yanık, T. (2013). Karasu Irmağında Ağır Metal Kirliliğinin Tespiti ve Su Kalitesine Göre Sınıflandırılması. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 43 (1), 69-77.
- Wang, J. Baskaran, M. Kumar, A. et al. (2020). Reconstruction of Temporal Variations of Metal Concentrations Using Radiochronology (239+240Pu and 137Cs) in Sediments from Kızılırmak River, Turkey. Journal of Paleolimnology 65, s.137-149.
- Bilhan, Ö. & İlalan, F. (2021). Bozulmamış Sediment Örnekleyci Kullanılarak Kızılırmak (Nevşehir-Türkiye) Nehri Sedimentlerinde Arsenik Ağır Metalinin Değerlendirilmesi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Ejosat Özel Sayı, 2021 (ARACONF), 302-308. DOI: 10.31590/ejosat.900690.
- Bilhan Ö., (2017). Saha Çalışmaları ve Nümerik Modeller Kullanılarak Kızılırmak Havzasında Sediment Taşınımı ve Birikiminin Analizi. NEÜBAP14F4 numaralı BAP, (Nevşehir Hacı Bektaş T.C. Veli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi) Projesi, s. 56, Nevşehir, Türkiye.
- Zhang, G., Bai, J., Zhao, Q., (2016). Heavy Metals in Wetland Soils along a Wetland-Forming Chronosequence in the Yellow River Delta of China: Levels, Sources and Toxic Risks. Ecological Indicators. 69, 331-339.
- Long, E.R. & MacDonald, D.D., (1998). Recommended uses of empirically derived, sediment quality guidelines for marine and estuarine ecosystems. Hum. Ecol.Risk Assess. 4 (5), 1019-1039.
- Fural Ş. & Kükrer, S., (2021). Sulak Alanlarda Potansiyel Toksik Element (PTE) Kaynaklı Bölgesel Ekolojik Risk Araştırmalarında Kullanılan Analitik Metotlar. Türk Coğrafya Dergisi, Sayı 77, 211-222.