Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 9(1): 249-257, 2021
DOI: https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i1.249-257.4040

Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology

Available online, ISSN: 2148-127X | www.agrifoodscience.com | Turkish Science and Technology Publishing (TURSTEP)

Data Analysis of Heavy Metals in Akkaya Lake Reservoir Soils Using Multivariate Statistical Analysis

Füsun Yalçın[1,a,*]

[1]*Department of Mathematics, Akdeniz University Faculty of Science 07058 Antalya, Turkey*
[*]*Corresponding author*

ARTICLE INFO

Research Article

Received : 05/11/2020
Accepted : 27/12/2020

Keywords:
Data Analysis
Multivariate Statistical Analysis
Soil
Akkaya Lake
Niğde

ABSTRACT

Data analysis is important in determining the origin of heavy metals accumulated in reservoir areas of lakes built for irrigation and understanding their toxic effects around agricultural areas. The aim of the study is to determine the behaviors of the heavy metals detected, the relationships among them, and to explain the possible origin of these metals by using multivariate statistical analyzes in the chemical contents of the soils in the Akkaya Lake reservoir area. The abundance of chemical analysis contents is listed as Mg> Al> Fe> S> Ti> Zn> V> As> Cu> Ni> Pb> Co> Mo> Sn> Cd> Hg. There is a high positive correlation between Fe and Mg, Si, K, Co, V, Cu, As, Ni, Zn and Pb. According to factor analysis, the total variance is 72.080 (% cumulative), divided into 3 (tree) factors. There were 3 groups according to the hierarchical cluster analysis and 4 groups according to the cluster analysis of the elements. It is understood that these groups offer similar characteristics among themselves. Multivariate statistical analysis was successful for this study.

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 9(1): 249-257, 2021

Çok Değişkenli İstatistiksel Analizler ile Akkaya Gölü Rezervuar Topraklarındaki Ağır Metallerin Veri Analizi

MAKALE BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Geliş : 05/11/2020
Kabul : 27/12/2020

Anahtar Kelimeler:
Data Analizi
Çok Değişkenli İstatistiksel Analiz
Toprak
Akkaya Gölü
Niğde

ÖZ

Tarım sahalarının çevresinde, sulama amaçlı yapılan göllerin rezervuar alanlarında biriken ağır metallerin kökeninin belirlenmesi ve toksik etkisinin anlaşılmasında, veri analizinin yapılması önemlidir. Çalışmanın amacı, Akkaya Gölü rezervuar sahasındaki toprakların kimyasal içeriklerinde çok değişkenli istatistik analizler kullanılarak Akkaya Gölü rezervuar sahasında tespit edilen ağır metallerin kendi arasındaki davranışlarını bunlar arasındaki ilişkilerinin belirlenmesi ve bu metallerin olası kökeninin açıklanması şeklindedir. Kimyasal analiz içeriklerinin bollukları Mg > Al > Fe > S > Ti > Zn > V > As > Cu > Ni > Pb > Co > Mo > Sn > Cd > Hg olarak sıralanmıştır. Fe ile Mg, Si, K, Co, V, Cu, As, Ni, Zn ve Pb arasında yüksek pozitif korelasyon bulunur. Faktör analizine göre toplam varyans 72.080 (% kümülatif) olup, 3 (üç) faktöre ayrılmıştır. Hiyerarşik kümeleme analizine göre 3 grup ve elementlerin kümeleme analizine göre 4 grup oluşmuştur. Bu grupların kendi aralarında benzer özellik sundukları anlaşılmıştır. Çok değişkenli istatistik analizleri bu çalışma için başarılı olmuştur.

[a] *fusunyalcin@akdeniz.edu.tr* *http://orcid.org/0000-0002-2669-1044*

This work is licensed under Creative Commons Attribution 4.0 International License

Giriş

Yaşadığımız doğal ortamda, canlıları etkileyen pozitif ve negatif faktörler vardır. Bu faktörler, farklı disiplinlerde çalışan bilim insanları tarafından merak konusu olmuştur. Önceleri, bu faktörlerin sadece tespit edilmesi önemli iken, daha sonraları bu faktörlerin sayısal olarak incelenmesi, özetlenmesi ve yorumlanması önem kazanmıştır. Doğal ortamlardaki kayaç, toprak, bitki ve sularda bulunan elementler ve/veya ağır metaller, doğal ve antropojenik olarak bulunmakta ve çevreyi etkileyen önemli faktörler arasında yer almaktadır. Bu konuya ilişkin birçok çalışma bulunmaktadır. Guanting Rezervuarı (Pekin, Çin) topraklarına ait metallerin çok değişkenli ve jeoistatistiksel analizleri yapılmıştır (Luo ve ark., 2007). Karasu deresi (Niğde) su kalitesi ve ağır metal içerikleri ile ilgili çalışmalarda anomali gösteren metaller belirlenmiştir (Yalcin ve ark., 2008). Giresun bölgesi sahilinde su ve sedimanlarda ağır metal çalışmaları yapılmış ve bunların kaynakları belirlenmiştir (Türkmen ve Akbulut 2015). Tortum baseninde ağır metal anomalileri ve bunların riskleri açıklanmıştır (Kürker 2016). Poliketler ve bunların yaşadığı sedimanlardaki ağır metal seviyeleri belirlenmiştir (Taş ve ark., 2018). Dongting göl (Çin) topraklarındaki ağır metaller, anomalileri ve riskler araştırılmıştır (Zhang ve ark., 2018). Danjiangkou rezervuarın çevresindeki toprakların fosfor içerikleri mekânsal dağılımları ile bunların risk değerlendirmesi yapılmıştır (Li ve ark., 2020). Ağır metallere ait verilerin oluşturulması, bu verilere ait istatistiksel analiz sonuçlarının yorumlanması ve ağır metallerin çevreye olan etkilerinin belirlenmesi her geçen gün önemini artırmaktadır. Bu analiz yöntemlerinin kullanılması ile ilgili bir çok örnek verilebilir: Çok değişkenli istatistiksel teknikler kullanılarak sığ bir gölde zamansal hidrokimyasal veriler ve içerikleri ile ilgili yapılan çalışmada risk oluşturabilecek ağır metaller açıklanmıştır (Papatheodorou ve ark., 2006). Pazarsuyu deresi (Giresun, Türkiye) sediman kalitesinin belirlenmesinde, çok değişkenli istatistiksel analiz sonuçları yararlı olmuştur (Ustaoğlu ve Tepe 2018) Namak gölü yüzey çökellerindeki ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde istatistiksel yöntemler kullanılmıştır (Nodefarahani ve ark., 2020). İkizcetepeler Baraj Gölü sedimanlarında metal birikiminin coğrafi bilgi sistemlerine dayalı ekolojik risk analizleri yapılmıştır (Fural ve ark., 2020). İskenderun Körfezi kıyı çökellerinde gözlenen ağır metallerin ekolojik risk ve istatistiksel değerlendirmesi yapılmıştır (Yalcin ve ark., 2019). Düden ve Göksu Dere (Antalya, Türkiye) sedimanlarında ağır metal kirliliği hakkında bir araştırma yapılmış ve çok değişkenli istatistik ve mekânsal analiz teknikleri kullanılmıştır (Leventeli ve ark., 2019). Özet olarak, bu çalışmalardan da anlaşılacağı gibi, literatürde ağır metaller ile ilgili yer alan bu çalışmaların sayısı oldukça yüksektir. Çalışma amaçlarına göre, ağır metallere ait verilerin değerlendirilmesinde çok değişkenli istatiksel analizlerin kullanılması oldukça yaygındır.

Gerek doğal erozyon yoluyla taşınan ve gerekse antropojenik atıkların içinde etkin olan elementler, bazı doğal ortamlarda birikerek ağır metallerce zengin ve zararlı ortamları oluştururlar. Birikimin olduğu bu ortamlardan biriside, yapay veya doğal göl tabanlarıdır. Göl tabanlarında, rezervuar çökellerinde yapılan ağır metal çalışmaları ve bunlarla ilişkin istatiksel analiz çalışmaları başarılı olmuştur. İnceleme alanı ve yakın civarında benzeri çalışmalar bulunmaktadır (Divrikli ve ark., 2003; Kara ve ark., 2004; Tumuklu ve ark., 2007; Yalcin ve ark., 2010; Battaloğlu ve ark., 2013; Lermi 2016).

Karasu deresi sedimanlarında yapılan bilimsel çalışmada, kobalt (Co), bakır (Cu), arsenik (As), kalay (Sn), nikel (Ni), çinko (Zn), kadmiyum (Cd), kurşun (Pb), alüminyum (Al), demir (Fe), titan (Ti), krom (Cr) ve mangan (Mn) içeriklerinin sınır değerlerini aştığı, bunların kaynağının maden ocaklarından çıkan deşarjlardan, endüstriyel ve evsel atıklardan olduğu açıklanmıştır (Yalcin ve ark., 2007). Akkaya gölüne akan Karasu deresi sularında yapılan çalışmada, su kalitesinin düşük olduğu, suyun ağır metallerce zehirlendiği ve Akkaya gölüne kadarki alanda ötrofikasyon geliştiği belirtilmiştir. Suyun kirlilik kaynağı endüstriyel ve evsel atıklar olarak belirtilmiştir (Yalcin ve ark., 2008). Ayrıca, Akkaya Gölü, su sütunundaki yüzey sedimanların da yapılan bilimsel çalışmada ağır metallerin dağılımlarının fiziksel ve kimyasal yöntemlerle belirlenmesi ve olası kirlilik etkileri belirlenmeye çalışılmıştır (Keskin, 2012). Akkaya barajının güçlü ve zayıf yönlerini, tehditlerini ve fırsatlarını belirlemek amacıyla bilimsel bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada, inceleme alanının rekreasyon açısından hedef ve stratejileri belirlemek amacıyla yapılan SWOT analizi çalışmaları yapılmıştır. Baraj suyunda çevresel atıklardan dolayı kirliliğin meydana geldiği, bu kirlilik sonucunda zararlı canlıların çoğaldığı ve kötü kokuların oluştuğu tespit edilmiştir (Soydan, 2020a). Akkaya Rezervuar alanındaki suyun zamansal değişim analizinin yapıldığı çalışmada uzaktan algılama yöntemi kullanılarak 1999, 2009 ve 2019 yılları arasındaki değişim incelenmiştir (Soydan, 2020b). Niğde sanayisinin içinden geçerek Niğde deresinin aktığı ve çevre erozyonun etkin olduğu, Akkaya Gölünün rezervuarında bulunan, kısmen Keskin'in (2012) çalışması dışında taban toprakları ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ayrıca, aynı çalışma alanında kimyasal analiz verileri içinde yer alan ağır metallerin davranışlarını açıklamak üzere kullanılmış çok değişkenli istatiksel analiz yöntemlerini içeren bir bilimsel esere rastlanmamıştır. Göle ait rezervuar sahasında taban topraklarının dış etkilerden yoğun olarak etkileneceği ve antropojenik etkiye bağlı ağır metal birikimlerini barındıracağı ve ağır metallerin yüksek anomaliler göstereceği düşünülmüştür. Bu nedenle, bu alanda yapılacak çalışma önem kazanmıştır. Gölet içindeki suların bu ağır metallerden etkilenebileceği düşünülmüştür. Bu suların, mansap bölgesinde yer alan tarım alanlarında kullanıldığı düşünülürse, çalışmanın önemi daha da ön plana çıkmaktadır.

Bu kapsamda, çalışmanın amacı Akkaya Gölünün tabanındaki yüzey topraklarında ağır metal içeriklerinin belirlenmesi ve elde edilen verilerin çok değişkenli istatiksel analiz yöntemleri kullanarak ağır metallerin davranışları, birlikte hareket eden ağır metallerin belirlenmesi ve olası kaynaklarının açıklanması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda kullanılacak çok değişkenli istatiksel analizler, ağır metal anomalilerinin dağılımını, bunların birlikte oluşturacakları kümelenmelerini ve olası kaynaklarının açıklanmasına

yardımcı olacaktır. Bu çalışma ile anomali gösterecek ve olası toksik etki yapabilecek ağır metaller ile bunların kökenleri belirlenmiş olacak ve çalışma alanı daha sonra yapılabilecek olası koruma alanı projelerine dahil edilebilecektir.

Materyal Yöntem

İnceleme Alanı ve Örnekleme

Akkaya Gölü (Akkaya baraj gölü), yapay olup Niğde Üniversitesi Yerleşkesinin doğusunda bulunur. Özellikle, Bor bölgesindeki tarım alanlarını (bağ, bahçe ve tarla) sulamak, erozyon ve taşkınları önlemek amacıyla yapılmıştır. Göl, Niğde sanayisinin içinden geçen Niğde deresinin suyunun aktığı, Niğde ili arıtma tesislerinin suyunun aktığı, arıtılmış organize sanayi atık sularının deşarj edildiği ve göçmen kuşların uğradığı bir göl olması bakımından önem kazanmıştır

İnceleme alanından alınan örnekler, gölün rezervuar sahasından (göl tabanından) yaklaşık 10 cm derinliğe kadar ki alandan sistematik olarak 31 adet toprak örneği alınmış ve standart kimyasal XRF analizleri yapılarak veriler oluşturulmuştur. Örnek alımında ve kimyasal analiz işleminde, uluslararası dergilerde kabul görmüş olan metotlar uygulanmıştır (Yalcin ve ark., 2016; Yalcin 2020). Örnekler, agat havanda homojenize edilmiş, 32 mm çapında çift taraflı pellet olarak hazırlanmış ve daha sonra Spectro Xepos Bechtop X-Ray Fluorescence Spectrometer (XRF) ile elektronik kontrol sisteminde element içeriklerine bakılmıştır.

İstatiksel Yöntem

Kimyasal analiz sonucunda elde edilen verilere, çok değişkenli istatiksel analizler uygulanmıştır. Bu analizlerin uygulanmasında, "SPSS 23 Paket Programı" kullanılmıştır.

Çok değişkenli istatiksel analizler birden fazla değişkenin incelenmesi söz konusu olduğunda sıkça kullanılan yöntemlerdir. Bu çalışmada bu analizlerden korelasyon analizi, faktör analizi ve kümeleme analizi kullanılarak veriler incelenmiştir. Faktör analizinin yapılma amacı, birbirleri ile korelasyonlu olan ağır metalleri bir kategoriye toplamak, daha az sayıya sahip faktör oluşturmak ve elde edilen bu faktörleri yorumlama kolaylığı sağlamaktır. Veri seti ile ilgili tanımlayıcı istatistikler ve çok değişkenli istatistiksel yöntemin sonuçları birlikte yorumlanmıştır.

Verilerin normallik testleri için, Shapiro-Wilk ve Kolmogorov-Smirnov testleri uygulanmıştır. Spearman'in sıra farkları korelasyon katsayısının formülü (1) ve faktör analizi modeli (2) aşağıdaki gibidir:

$$\rho = 1 - \frac{6\sum d_i^2}{n(n^2-1)} \quad (1)$$

Burada,

ρ; Spearman'in sıra farkları korelasyon katsayısını,
d_i; Değişkenlerin sıraları arasındaki fark
n ; Gözlemlerin sayısıdır.

$$\left.\begin{aligned} x_1 &= \mu_1 + l_{11}F_1 + l_{12}F_2 + \cdots + l_{1m}F_m + e_1 \\ x_2 &= \mu_2 + l_{21}F_1 + l_{22}F_2 + \cdots + l_{2m}F_m + e_2 \\ &\vdots \\ x_k &= \mu_k + l_{k1}F_1 + l_{k2}F_2 + \cdots + l_{km}F_m + e_k \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

Burada,

x; kdeğişkenli n birimli rastgele bir veri matrisidir.
μ; x'in ortalama vektörü
l_{ij}; katsayısı,i'inci değişkenin j'inci faktör üzerindeki faktör yükünü gösterir
($i = 1, \dots, k;\ j = 1, \dots, m;\ m < k$).F_j; gözlenen tüm faktörleri etkilediğinden, ortak faktör olarak isimlendirilir.

Bulgular ve Tartışma

Konsantrasyon ve Tanımlayıcı İstatistik

Toplam 31 örneğe ait kimyasal içeriklerinde yapılan istatiksel analizlerde, örneklerin farklı özellikler sunduğu gözlenmiştir. Element içeriklerine ait verilerin ortalama bollukları, en yüksekten en küçüğe doğru Si> Ca > Mg > Al > Fe > Na > S > K > Ti > Zn > V > As > Cu > Ni > Pb > Co > Mo > Sn > Cd > Hg şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 1).

Basıklık (kurtosis) = 3 ise mezokortikal eğri gözlenir; basıklık> 3 ise leptokurtik bir eğri görülür; basıklık <3 ise platikurtik eğri oluşur (Chen ve ark., 2008; Luo ve ark., 2010; Yalcin ve ark., 2016; Yalcin ,2020; Li ve ark., 2020).

Mezokortikal eğride basıklık yoktur ve simetrik bir dağılım vardır. Leptokurtik (Mg, Na, Sn, Zn) eğride, eğriler asimetrik şeklindedir ve aşırı değerlerin olasılığının yüksek olduğu anlamına gelir. Platikurtik (Si, Al, Fe, Ca, S, K, Ti, Mo, Co, V, Cu, As, Hg, Ni, Cd, Pb) eğride, eğri asimetriktir, verilerin normal dağılıma göre daha düz, "daha az tepe noktası" olduğu ve daha geniş bir alana yayıldığı anlamına gelir. Bu kapsamda, elementlerde mezokortikal eğri olmadığı anlaşılmıştır. Mg, Na, Sn, Zn elementleri leptokurtik eğri ve Si, Al, Fe, Ca, S, K, Ti, Mo, Co, V, Cu, As, Hg, Ni, Cd, Pb elementleri plakurtik eğri göstermektedir. Elementler, genel anlamda plakurtik dağılıma sahip olup asimetrik eğri gösterir (Çizelge 1).

Çarpıklık (skewness) = 0 ise, seri simetrik olarak dağıtılır. Çarpıklık> 0 olduğunda sağa pozitif eğiktir. Çarpıklık <0 olduğunda seri sola negatif eğiktir. Sağ ve sola eğiklikte, verilerin simetrik olmadığı anlamına gelir (Yalcin ve ark., 2016; Yalcin 2020). Elementlerin tamamı (Si, Al, Fe, Ca, Mg, S, Na, K, Ti, Mo, Co, V, Cu, As, Sn, Hg, Ni, Zn, Cd, Pb) sağa pozitif eğiktir. Bu nedenle, genel olarak aritmetik ortalamanın mod ve medyan değerlerinden daha büyük olacağı belirtilebilir (Çizelge 1).

Çok değişkenli istatiksel analizlerin birçoğunda verilerin normal dağılmaları istenen varsayımlardan biridir. Eğer veri seti normal dağılım sergilemiyorsa parametrik olmayan yöntemler, robust yöntemler ve dönüşümler dikkate alınır. Normallik testleri sonucunda elde edilen, Z istatistiğinin anlamlılık değeri olan P değeri incelenir. P>0,05 ise H_0 hipotezleri kabul edilir ve dağılım normal dağılımlı olarak kabul edilir. P<0,05 ise H_1 hipotezleri kabul edilir ve dağılımın normal olmadığı kabul edilir (Sabino ve ark., 2014; Winter ve ark., 2016; Yalcin ve ark., 2016; Yalcin 2020; de Souza Fraga ve ark., 2020).

Çizelge 1. Kimyasal verilerin istatiksel analizi
Table 1. Statistical analysis of chemical data

	Ortalama	Medyan	Mod	Std. Sapma	Varyans	Çarpıklık	Basıklık	Aralık	Minimum	Maksimum	Toplam
Si	158695,2	157600,0	29790,00	93275,5	8700310252,5	0,564	-0,211	349410,0	29790,0	379200,0	4919550,0
Al	17837,6	152000	000 2303,00	11188,5	125182322,2	0,625	-0,260	43597,0	2303,0	45900,0	552966,0
Fe	11455,1	101500	000 2209,00	6632,4	43989193,8	0,592	-0,663	23431,0	2209,0	25640,0	355109,0
Ca	207389,4	178600	000	15100,00	98849,0	9771117432,9	0,096	-1248	337900,0	15100,0	353000,0	6429070,0
Mg	9352,3	74100000	8470,00	8647,7	74783004,7	4267	21046	48860,0	3230,0	52090,0	289920,0	
S	4419,8	33410000	816,60	3017,2	9103271,5	1124	0,481	10983,4	816,6	11800,0	137013,6	
Na	2345,5	16090909	1600,00	2473,5	6118398,9	3772	14113	11610,0	1500,0	13110,0	72710,0	
K	4809,3	36090000	1196,00	2738,5	7499373,9	0,542	-0,761	9674,0	1196,0	10870,0	149088,0	
Ti	1902,3	18820000	346,40	1160,8	1347496,0	0,372	-1028	3837,6	346,4	4184,0	58970,5	
Mo	43945	242000	25,00	43984	44018	0,350	-0,786	9,0	20,0	29,0	757,0	
Co	43848	173250	21,00	43925	43909	0,596	0,234	44030	11,0	44041	560,2	
V	77,4	710000	67,00	41,9	1752,0	0,626	0,414	183,0	0,0	183,0	2398,3	
Cu	43880	121000	18384	43880	367,4	1913	2893	73,3	44076	76,2	595,6	
As	46,6	415000	29495	44012	934,4	1163	1107	126,2	44053	137,0	1443,3	
Sn	43837	66400	43983	43923	44017	5057	27091	43844	43956	44001	221,5	
Hg	2,0	20333	43862	0,6	0,4	0,612	0,581	43953	1,0	43954	62,2	
Ni	43908	153000	17,20	43841	123,7	1360	1947	48,9	43834	53,0	566,7	
Zn	111,5	507000	36,20	148,0	21918,4	2096	3327	527,9	43906	544,2	3456,4	
Cd	44015	37556	32933	0,3	0,1	0,046	-0,311	43831	43864	43894	115,6	
Pb	43845	118000	22098	9,0	81,3	1416	1434	33,3	6,0	39,3	469,5	

Çizelge 2. "Kolmogorov-Smirnov" ve "Shapiro-Wilk" normallik testi
Table 2. "Kolmogorov-Smirnov" and "Shapiro-Wilk" normality test

	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
	İstatistik	P	İstatistik	P
Si	0,137	0,142*	0,941	0,089
Al	0,111	0,200*	0,948	0,136
Fe	0,155	0,057*	0,931	0,045
Ca	0,179	0,012	0,921	0,025
Mg	0,254	0,000	0,529	0,000
S	0,180	0,012	0,879	0,002
Na	0,458	0,000	0,368	0,000
K	0,186	0,008	0,93	0,044
Ti	0,125	0,200*	0,932	0,049
Mo	0,153	0,061*	0,940	0,080
Co	0,104	0,200*	0,966	0,422
V	0,099	0,200*	0,966	0,413
Cu	0,254	0,000	0,723	0,000
As	0,190	0,006	0,893	0,005
Sn	0,343	0,000	0,384	0,000
Hg	0,180	0,012	0,944	0,110
Ni	0,152	0,066*	0,883	0,003
Zn	0,346	0,000	0,625	0,000
Cd	0,117	0,200*	0,964	0,378
Pb	0,176	0,015	0,835	0,000

*P<0,05

Bu kapsamda, çok değişkenli istatiksel analizler yapılmadan önce, ilk olarak verilerin normal dağılıp dağılmadıkları incelenmiştir. Bu nedenle, verilere "Kolmogorov-Smirnov" ve "Shapiro-Wilk" normallik testleri yapılmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2 den görüleceği gibi (Sig.)>0.05 olarak belirlenen Si, Al, Fe, Ti, Mo, Co, V, Ni ve Cd'nin normal dağılım gösterdiği ancak Ca, Mg, S, Na, K, Cu, As, Hg, Sn, Zn ve Pb verilerinin ise normal dağılıma uymadığı görülmüştür. Normallik testleri sonucu verilerin çoğunluğunun normal dağılıma uymadığından dolayı Spearman'ın sıra farkları korelasyon katsayısı kullanılmıştır.

Korelasyon analizi

Kimyasal analiz sonuçlarına korelasyon analizi yapılmıştır (Çizelge 3). Korelasyon katsayısında normallik hesaplamalarına uygun olarak Spearman'ın sıra farkları korelasyon katsayısı uygulanmıştır. Elementler arasındaki anlamlılık düzeyleri iki farklı şekilde belirlenmiştir. Bunlar arasındaki ilişki düzeyleri, pozitif ve negatif olarak çıkarılmıştır.

Çizelge 3a. Elementlerin spearman sıra korelasyon katsayısı ile korelasyon analizi
Table 3a. Correlation analysis of elements with Spearman rank correlation coefficient

	Si	Al	Fe	Ca	Mg	S	Na	K	Ti	Mo
Si	1									
Al	0,266	1								
Fe	0,345	0,954**	1							
Ca	-0,885**	-0,530**	-0,593**	1						
Mg	0,341	0,640**	0,674**	-0,477**	1					
S	0,06	0,445*	0,518**	-0,159	0,105	1				
Na	0,717**	0,266	0,3	-0,539**	0,396*	0,157	1			
K	0,687**	0,844**	0,875**	-0,848**	0,689**	0,298	0,517**	1		
Ti	0,861**	0,325	0,451*	-0,818**	0,326	0,115	0,577**	0,696**	1	
Mo	-0,808**	-0,317	-0,419*	0,845**	-0,411*	-0,064	-0,487**	-0,699**	-0,743**	1
Co	0,271	0,763**	0,853**	-0,382*	0,574**	0,589**	0,34	0,691**	0,426*	-0,25
V	0,518**	0,638**	0,730**	-0,689**	0,429*	0,541**	0,294	0,721**	0,701**	-0,517**
Cu	0,177	0,811**	0,821**	-0,422*	0,465**	0,678**	0,146	0,618**	0,323	-0,175
As	0,591**	0,575**	0,668**	-0,679**	0,529**	0,653**	0,533**	0,665**	0,594**	-0,566**
Sn	0,055	-0,148	-0,152	0,091	-0,277	-0,08	0,17	-0,09	-0,016	0,3
Hg	-0,606**	0,094	0,01	0,453*	-0,049	0,128	-0,267	-0,29	-0,457**	0,445*
Ni	0,318	0,944**	0,974**	-0,583**	0,670**	0,495**	0,286	0,857**	0,399*	-0,410*
Zn	-0,181	0,594**	0,612**	-0,06	0,181	0,773**	-0,082	0,267	-0,019	0,067
Cd	-0,017	0,158	0,136	0,071	0,078	0,16	0,281	0,094	-0,084	0,199
Pb	0,593**	0,802**	0,861**	-0,719**	0,513**	0,596**	0,467**	0,845**	0,697**	-0,572**

Çizelge 3b. Elementlerin spearman sıra korelasyon katsayısı ile korelasyon analizi
Table 3b. Correlation analysis of elements with Spearman rank correlation coefficient

	Co	V	Cu	As	Sn	Hg	Ni	Zn	Cd	Pb
Si										
Al										
Fe										
Ca										
Mg										
S										
Na										
K										
Ti										
Mo										
Co	1									
V	0.612**	1								
Cu	0.725**	0.754**	1							
As	0.641**	0.752**	0.744**	1						
Sn	-0.049	-0.209	-0.246	-0.251	1					
Hg	-0.009	-0.114	0.192	-0.056	-0.248	1				
Ni	0.804**	0.687**	0.815**	0.652**	-0.11	0.02	1			
Zn	0.581**	0.477**	0.793**	0.561**	-0.193	0.364*	0.596**	1		
Cd	0.137	-0.021	0.113	0.005	0.314	-0.096	0.238	0.057	1	
Pb	0.778**	0.872**	0.820**	0.835**	-0.187	-0.096	0.824**	0.559**	0.016	1

*P<0,05; **P<0,01

Korelasyon arasındaki anlamlılık düzeyleri 0.01 ve 0.05 seviyelerinde yapılmıştır. Al ile Cr arasındaki yüksek korelasyon ilişkisinin, benzer kaynaklardan gelmesi ile ilişkilendirmiştir (Nodefarahani ve ark., 2020). Spearman'in sıra farkları korelasyon katsayısı ilişkisine göre Si ile Na, K, Ti, V, As ve Pb arasında; Al ile Fe, Mg, K, Co, V, Cu, As, Ni, Zn ve Pb arasında; Fe ile Mg, Si, K, Co, V, Cu, As, Ni, Zn ve Pb arasında; Ca ile Mo arasında; Mg ile K, Co, Cu, As, Ni ve Pb arasında; S ile Co, V, Cu, As, Ni, Zn ve Pb arasında; Na ile K, Ti, As ve Pb arasında; Ti ile As ve Pb arasında; Co ile V, Cu, As, Ni, Zn ve Pb arasında; V ile Cu, As, Ni, Zn ve Pb arasında; Cu ile As, Ni, Zn ile Pb arasında; As ile Ni, Zn ve Pb arasında; Ni ile Zn ve Pb arasında; Cd ile Pb arasında yüksek düzeyde pozitif korelasyon belirlenmiştir.

Si ile Ca, Mo ve Hg arasında; Al ile Ca arasında; Fe ile Ca arasında; Ca ile Mg, Na, K, Ti, V, As ve Pb arasında; Na ile Mo arasında; Ti ile Mo ve Hg arasında; Mo ile V, As ve Pb arasında yüksek düzeyde negatif korelasyon belirlenmiştir.

Ağır metaller arasındaki yüksek korelasyon ilişkisinin sebebini bu metallerin ortak davranışı ile açıklanabileceği ve kökenleri aynı olabileceği ile ilgili sonuçlar bulunmuştur (Leventeli ve ark., 2019; Yalcin ve ark., 2019; Nodefarahani ve ark., 2020)

Çizelge 4. Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) ve Bartlett'in Küresellik Testi

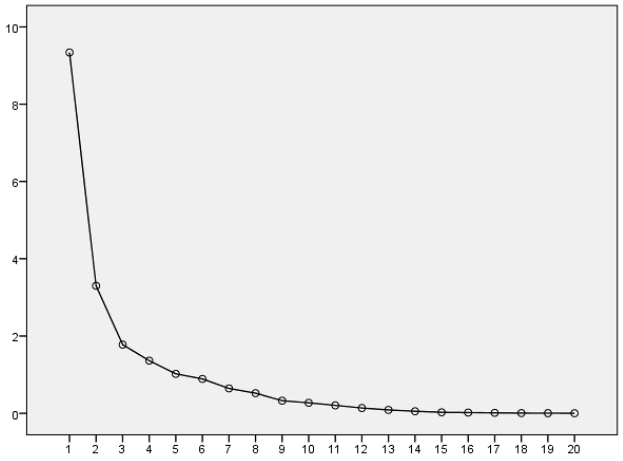
Table 4. Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) and Bartlett's Test of Sphericity

Kaiser-Meyer-Olkin Örnekleme Yeterlilik Ölçüsü.		0,666
Bartlett'in Küresellik Testi	Ki-Kare	852,573
	df	190
	P	<0,001

Çizelge 5. Değişim Oranları

Table 5. Change Rates

	Başlangıç değer	Ekstraksiyon
Si	1,000	0,873
Al	1,000	0,841
Fe	1,000	0,907
Ca	1,000	0,944
Mg	1,000	0,139
S	1,000	0,654
Na	1,000	0,374
K	1,000	0,848
Ti	1,000	0,802
Mo	1,000	0,795
Co	1,000	0,561
V	1,000	0,826
Cu	1,000	0,938
As	1,000	0,830
Sn	1,000	0,132
Hg	1,000	0,668
Ni	1,000	0,784
Zn	1,000	0,890
Cd	1,000	0,637
Pb	1,000	0,971



Şekil 1. "Scree Plot" Çizgi grafiği

Figure 1. "Scree Plot" Line chart

Yüksek pozitif korelasyon ilişkisi gösteren elementlerin, özellikle ağır metallerin (Al ile Fe, Mg, K, Co, V, Cu, As, Ni, Zn ve Pb arasındaki ilişki; Fe ile Mg, Si, K, Co, V, Cu, As, Ni, Zn ve Pb arasındaki ilişki) benzer davranışlar sergiledikleri ve aynı ortamlardan kaynaklandığı söylenebilir. Yüksek düzeyde negatif korelasyon ilişkisi gösteren elementlerin, birbirlerinden farklı davranışlar gösterdiği ve farklı ortamlardan kaynaklandığı söylenebilir. Bunlar arasında en dikkat çekici olanı, Ca elementi ile ağır metallerden Al, Fe, Mg, Ti, V, As ve Pb arasındaki yüksek negatif korelasyon ilişkisidir. Ca, doğal ortam koşullarını yansıtırken, ağır metallerin bu ortam koşullarından gelmediği ifade edilebilir.

Faktör Analizi

Verilerin faktör analizi için uygunluğu, Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) katsayısı ile kontrol edilmiştir. Test istatistiği 0.666 değeri 1 e yakın olduğu için veri seti faktör analizi için uygun olduğu belirlenmiştir. Bartlett Küresellik Test istatistiği sonucu 852.573 ve (sig.) değeri <0,001 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda veri setinin Bartlett testine göre faktör analizi için uygun olduğunu göstermiştir (Çizelge 4).

Ortak varyans (ortak yük değerleri) incelendiğinde, çok yüksek değerler sunduğu yeterli olduğu anlaşılmıştır. Ancak en düşük değerler, Mg (0,139) ve Sn (0,132) için belirlenmiştir. Bileşenler arasındaki korelasyon gücünü gösteren elementlerin, güçlü bir korelasyon gösterdiği düşünülmüştür. Analiz yapılan verilerin orantılı bileşimleri hesaplanmış ve başlangıç değerlerinden çok fazla uzaklaşmadıkları belirlenmiştir (Çizelge 5).

Toplam varyans düzeyleri incelendiğinde, 3 (üç) faktörün (alt boyutun) olduğu belirlenmiştir. Birinci faktör 46.695 (% kümülatif) ile en yüksek açıklama gücüne sahiptir. 3 (üç) faktör toplam varyansın %72.080'ini açıklamaktadır. (Çizelge 6).

Özdeğer (eigenvalue), faktör yük değerlerinin (Temel Bileşen Analizi) alt boyutlarını (faktör sayısını) belirlemede önemlidir. Verilerin "Scree Plot" grafiğine bakıldığında, üçüncü plot üzerinde kırılma başlamış ve çizgisel grafik düzleşmeye başlamıştır (Şekil 1).

Örnekler arasındaki farklılıkların belirlenmesi için, verilerin faktör yük değerleri veya Temel Bileşen Analizi incelenmiştir. Buna göre, 3 (üç) alt boyutun (faktörün) veya bileşenlerin oluştuğu gözlenmiştir. Bu kapsamda, alt boyut içinde pozitif ve negative yük düzeyleri açıklanmıştır. Birinci (Si, Al, Fe, S, K, Ti, Co, V, Cu, As, Ni, Zn, Pb), ikinci (Ca, Mo, Hg) ve üçüncü (Na, Cd) alt boyutlar içinde yer alan elementlerin etkin olduğu açıkca görülmektedir. Pozitif yüklü olan ağır metallerin birlikte hareket ettiği ve çalışma alanına aynı kaynaktan geldiği belirtilebilir. Korelasyon analizinde, Al ve Fe ile yüksek korelasyon ilişkisi olan elementlerin, faktör analizinde yer alan 1. Faktör ile uyumlu olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca, Ca'un negatif yüksek korelasyon gösteren ağır metalleri, birinci faktör içinde kümelenmiştir. Korelasyon analizi ile faktör analizi uyumlu çıkmıştır.

İncelenen alanda 31 farklı istasyondan alınan örneklerin kimyasal analiz sonuçlarına göre Öklid uzaklık katsayısı dikkate alınarak, Hiyerarşik Kümeleme Analizi ile dendogram çizilmiştir. Birbirleri ile benzer davranış gösteren lokasyonlar belirgin olarak 3 (üç) grup oluşmuştur. Birinci grup: 10, 30, 24, 8, 28, 11, 25, 7, 21 ve 20 olan gruba 5 numaralı lokasyon dışarıdan bağlanmıştır (Şekil 2).

İkinci grup: 22 ve 27 numaralı lokasyondur. Üçüncü grup: kendi içerisinde 4 alt gruptan oluşur. Birinci alt grup, 3, 14, 19 ve 31; ikinci alt grup 1, 6, 4 ve 13; üçüncü alt grup, 15, 17 ve 29; dördüncü alt grup 9, 16, 2, 12, 26, 23 ve 18 şeklinde sıralanmış ve birbirlerine dışarıdan bağlanmıştır. Benzer özellik taşıyan lokasyonlar kendi aralarında, benzer oranlarda element içerebilir (Şekil 2).

Çizelge 6. Varyans Açıklama Oranları
Table 6. Variance Description Ratios

Bileşen	İlk Özdeğerler			Karesel Yüklerin Dönme Toplamları		
	Toplam	Varyans Yüzdesi (%)	Kümülatif (%)	Toplam	Varyans Yüzdesi (%)	Kümülatif (%)
1	9.339	46,695	46,695	9.339	46,695	46,695
2	3.300	16,498	63,193	3.300	16,498	63,193
3	1.777	8,886	72,080	1.777	8,886	72,080

Çizelge 7. Faktör Yük Değerleri
Table 7. Factor Load Values

	Temel Bileşen Analizi		
	1	2	3
Si	0,459	-0,810	-0,082
Al	0,857	0,114	0,304
Fe	0,930	0,081	0,188
Ca	-0,734	0,632	0,081
S	0,710	0,385	-0,042
Na	0,317	0,148	0,502
K	0,839	-0,301	0,231
Ti	0,548	-0,694	-0,139
Mo	-0,578	0,645	0,212
Co	0,662	0,081	0,340
V	0,870	0,075	-0,252
Cu	0,854	0,398	-0,224
As	0,885	0,160	-0,146
Sn	-0,247	-0,029	-0,264
Hg	0,163	0,779	-0,186
Ni	0,858	0,093	0,200
Zn	0,771	0,463	-0,287
Cd	-0,016	0,017	0,798
Pb	0,951	0,192	-0,173

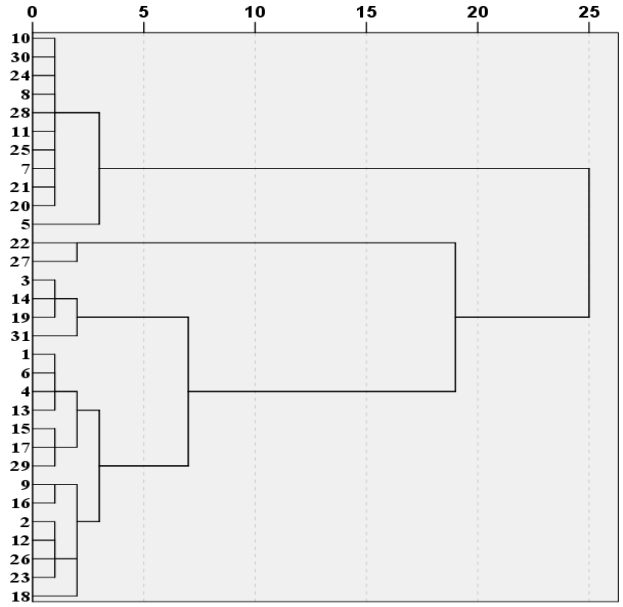


(a) (b)

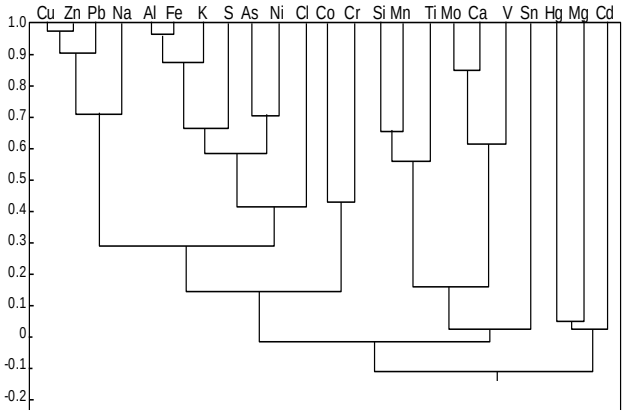
Şekil 2 İncelenen bölgenin genel (a) ve yakın görünümü (b)
Figure 2. General (a) and close-up view of the area studied (b)

Elementlere ait kümelemelerinin oluşturulmasında, iki boyutlu "heat map" ile yapılan güncel çalışmalar bulunmaktadır (Zang ve ark., 2018). Bu yöntem, elementler arasındaki kümelenmenin ayırt edilmesinde kolaylık sağlamaktadır. Çünkü, her bir elementin oluşturduğu kümelenmenin dağılımında oluşturduğu ilgili renk dağılımı/skalası ve bunlarla ilgili kümelenmelerin tanımlanmasını açığa çıkarmaktadır. Bu yöntemin daha genel olarak kullanılan dendogramları da sıkça kullanılmaktadır (Yalcin ve ark., 2019; Nodefarahani ve ark., 2020).

Elementlere ait kümeleme dendogramında Cu ile Zn belirgin bir grup oluşturmakta ve Pb ve Na gruba dahil olmaktadır (Şekil 3). Bu gruba Al, Fe, K, S, As, Ni, Cl grubu ile Co ve Cr dahil olmaktadır. Si, Mn ve Ti grubu ile Mo, Ca ve V grubu Sn ile dışarıdan bağlanmaktadır. Hg, Mg ve Cd önceki tüm gruplara en dışarıdan bağlanmaktadır. Elementlere göre hazırlanan dendogram verileri, elementlerin korelasyon ilişkilerini destekler niteliktedir. Dendogram, faktör analizi sonuçları ile karşılaştırıldığında Ca ve Mo birlikteliği benzer özellik göstermiş, ancak Hg'nın bu birliktelikte olmadığı görülmüştür.



Şekil 3. Hiyerarşik Kümeleme Analizi
Figure 3. Hierarchical Clustering Analysis



Şekil 4. Elementlerin kümeleme dendogramı
Figure 4. Clustering dendogram of the elements

Sonuçlar

Çalışma alanına ait tüm örneklerde yapılan kimyasal analiz sonuçlarının ortalama ağır metal içerikleri Mg> Al> Fe> Ti> Zn> V> As> Cu> Ni> Pb> Co> Mo> Sn> Cd> Hg olarak sıralanmıştır. En yüksek metaller Mg, Al ve Fe olarak açıklanabilir.

Al, Fe, Ti, Mo, Co, V, Cu, As, Hg, Ni, Cd, Pb ağır metalleri (plakurtik) incelenen alanın tamamına yayılmıştır. Ancak Mg, Sn, Zn gibi ağır metaller (leptokurtik) aşırı yüksek değerler göstermekte ve örneklerin tamamında aynı davranışı göstermez.

Sperman Korelasyon analizine göre ağır metallerden Fe ile Mg, Co, V, Cu, As, Ni, Zn ve Pb arasında yüksek dereceden pozitif korelasyon ilişkisi bulunduğu, aynı şekilde davrandıkları ve geldikleri kaynakların aynı olabileceği belirlenmiştir.

Kaiser-Meyer-Olkin (KMO: 0.666); Bartlett Küresellik Testi (852.573); anlamlılık (sig.) değeri P<0,001 olarak hesaplanmış ve veri setinin faktör analizi (çok değişkenli istatistiksel analiz) için yeterli olduğu anlaşılmıştır. "Scree plot" üzerinde kırılma noktası açıkça görülebilen, 3 (üç) faktöre ayrılan toplam varyans 72.080 (% kümülatif) hesaplanmış ve yüksek dereceden açıklayıcı değerine sahip olmuştur. Faktör yük değerlerine göre birinci faktör (Si, Al, Fe, S, K, Ti, Co, V, Cu, As, Ni, Zn, Pb), ikinci faktör (Ca, Mo, Hg) ve üçüncü faktör (Na, Cd) belirlenmiştir. Faktörleri oluşturan elementlerin antropojenik (faktör 1), doğal (faktör 2) ve geçiş/ara (faktör 3) kaynaklardan geldiği düşünülmüştür. Elementlerin oluşturduğu kümelemeler, faktör analizi ile uyumludur.

İnceleme alanında yapılan çalışmadan elde edilen bulgular, Akkaya Gölü Rezervuar sahasında (menba) ağır metal çeşitliliğinin ve dağılımının yoğun olduğunu göstermiştir. Bu ağır metallerin, aynı kökenden geldiği ve antropojenik olduğu anlaşılmıştır. Akkaya Göl suyunun aynı ağır metallerden olumsuz etkilenebileceği ve barajın suyunu akıttığı alanlarda (mansap) aynı olumsuz etkiyi bırakabileceği söylenebilir. Rezervuar sahası doğal yapısının korunması için, olası kirleticilerin önlenmesi önemlidir.

Teşekkür

Çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen Daniel G Nyamsarı'ya teşekkürlerimi sunarım.

Kaynaklar

Battaloglu R, Candar S, Yalcin MG, Yalcin F. 2013. Component Analysis and Determination of Heavy Metal Accumulation in Euphorbia macroclada Boiss (Nigde, Turkey). Asian Journal of Chemistry, 25(15): 8545. https://doi.org/10.14233/ajchem.2013.14832

Chen T, Liu X, Zhu M, Zhao K, Wu J, Xu J, Huang P. 2008. Identification of trace element sources and associated risk assessment in vegetable soils of the urban–rural transitional area of Hangzhou, China. Environmental Pollution,151(1): 67-78. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.03.004

De Souza Fraga M, Reis GB, da Silva DD, Guedes HAS, Elesbon AAA. 2020. Use of multivariate statistical methods to analyze the monitoring of surface water quality in the Doce River basin, Minas Gerais, Brazil. Environmental Science and Pollution Research, 27(28): 35303-35318. https://doi.org/10.1007/ s11356-020-09783-0

Divrikli U, Soylak M, Elci L, Dogan M. 2003. The investigation of trace heavy metal concentrations in the street dust samples collected from Kayseri, Turkey. Journal of Trace and Microprobe Techniques, 21(4): 713-720. https://doi.org/10.1081/ TMA-120025821

Fural Ş, Kükrer S, Cürebal İ. 2020. Geographical information systems based ecological risk analysis of metal accumulation in sediments of İkizcetepeler Dam Lake (Turkey). Ecological Indicators, 119: 106784. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106784

Kara EE, Pirlak U, Özdılek HG. 2004. Evaluation of Heavy Metals'(Cd, Cu, Ni, Ph, and Zn) Distribution in Sowing Regions of Potato Fields in the Province of Niğde, Turkey.Water, Air, and Soil Pollution, 153(1-4): 173-186. DOI:10.1023/B:WATE.0000019942.37633.31

Keskin Ş. 2012. Distribution and accumulation of heavy metals in the sediments of Akkaya Dam, Nigde, Turkey. Environmental monitoring and assessment, 184(1): 449-460. DOI:10.1007/s10661-011-1979-9

Kürker S. 2016. Comprehensive risk assessment of heavy metal accumulation in surface sediment of Lake Tortum based on ecological indices. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 4(12): 1185-1191. https://doi.org/10.24925/turjaf.v4i12.1185-1191.969

Lermi A. 2016. Pollution evaluation of heavy metals in sediments from the Çakit Stream, Ulukişla (Niğde), Turkey. International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM, 1: 491-497. DOI:10.5593/SGEM2016/B11/S01.062

Leventeli Y, Yalcin F, Kilic M. 2019. An investigation about heavy metal pollution of Duden and Goksu Streams (Antalya, Turkey). Applied Ecology and Environmental Research, 17(2): 2423-2436. http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1702_242 32436

Li Z, Zhang R, Liu C, Zhang R, Chen F, Liu Y. 2020. Phosphorus spatial distribution and pollution risk assessment in agricultural soil around the Danjiangkou reservoir, China. Science of the Total Environment, 699: 134417. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134417

Luo W, Lu Y, Zhang Y, Fu W, Wang B, Jiao W, Giesy J P. 2010. Watershed-scale assessment of arsenic and metal contamination in the surface soils surrounding Miyun Reservoir, Beijing, China. Journal of Environmental Management, 91(12): 2599-2607. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.07.023

Luo W, Wang T, Lu Y, Giesy JP, Shi Y, Zheng Y, Wu G. 2007. Landscape ecology of the Guanting Reservoir, Beijing, China: multivariate and geostatistical analyses of metals in soils. Environmental Pollution, 146(2): 567-576. doi:10.1016/j.envpol.2006.08.001

Nodefarahani M, Aradpour S, Noori R, Tang Q, Partani S, Klöve B. 2020. Metal pollution assessment in surface sediments of Namak Lake, Iran. Environmental Science and Pollution Research, 1-11. https://doi.org/10.1007/s11356-020-10298-x

Papatheodorou G, Demopoulou G, Lambrakis N. 2006. A long-term study of temporal hydrochemical data in a shallow lake using multivariate statistical techniques. Ecological Modelling, 193(3-4): 759-776. doi:10.1016/j.ecolmodel. 2005.09.004

Sabino CVS, Lage LV, Almeida KC de B. 2014. Uso de métodos estatísticos robustos na análise ambiental. Eng Sanit e Ambient, 19: 87–94. https://doi.org/10.1590/S1413-41522014019010000588

Soydan O. 2020a. Swot Analysis for Recreational Uses: Niğde Akkaya Dam. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 8(sp1): 26-32. https://doi.org/10.24925/turjaf.v8isp1.26-32.3907

Soydan O. 2020b. Determination of Water Surface and Vegetation Change in Akkaya Reservoir Basin Using Remote Sensing Method. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 8(5): 1174-1180. https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i5.1174-1180.3345

Taş EÇ, Ergen Z, Sunlu U. 2018. An Investigation on Cd, Cu, Zn, Pb, Cr, Fe Levels in Diopatra neapolitana (Delle Chiaje, 1841) and Sediments That Inhabit. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 6(10): 1493-1500. https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i10.1493-1500.2140

Tumuklu A, Yalcin MG, Sonmez M. 2007. Detection of Heavy Metal Concentrations in Soil Caused by Nigde City Garbage Dump. Polish Journal of Environmental Studies, 16(4). Accession Number: WOS:000248746200020

Türkmen A, Akbulut S. 2015. Heavy metal pollution in water and sediment from disembogue points of some creeks along Giresun Coast. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 3(9): 707-714. https://doi.org/10.24925/turjaf.v3i9.707-714.383

Ustaoğlu F, Tepe Y. 2018. Determination of the sediment quality of Pazarsuyu stream (Giresun, Turkey) by multivariate statistical methods. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 6(3): 304-312. https://doi.org/10.24925/turjaf.v6i3.304-312.1696

Winter JCF, Gosling SD, Potter J. 2016. Comparing the Pearson and spearman correlation coefficients across distributions and sample sizes: a tutorial using simulations and empirical data. Psychol Methods 21: 273–290. https://doi.org/10.1037/met0000079.supp

Yalcin F. 2020. Data Analysis of Beach Sands' Chemical Analysis Using Multivariate Statistical Methods and Heavy Metal Distribution Maps: The Case of Moonlight Beach Sands, Kemer, Antalya, Turkey. Symmetry, 12(9): 1538. doi:10.3390/sym12091538

Yalcin F, Nyamsari DG, Paksu E, Yalcin MG. 2016. Statistical assessment of heavy metal distribution and contamination of beach sands of Antalya-Turkey: an approach to the multivariate analysis techniques. Filomat, 30(4): 945-952. doi:10.2298/FIL1604945Y

Yalcin MG, Aydin O, Elhatip H. 2008. Heavy metal contents and the water quality of Karasu Creek in Nigde, Turkey. Environmental monitoring and assessment, 137(1-3): 169. doi:10.1007/s10661-007-9737-8

Yalcin MG, Coskun B, Nyamsari DG, Yalcin F. 2019. Geomedical, ecological risk, and statistical assessment of hazardous elements in shore sediments of the Iskenderun Gulf, Eastern Mediterranean, Turkey. Environmental Earth Sciences, 78(15): 438. https://doi.org/10.1007/s12665-019-8435-5

Yalcin MG, Narin I, Soylak M. 2007. Heavy metal contents of the Karasu creek sediments, Nigde, Turkey. Environmental monitoring and assessment, 128(1-3): 351-357. doi:10.1007/s10661-006-9318-2

Yalcin MG, Narin I, Soylak M. 2008. Multivariate analysis of heavy metal contents of sediments from Gumusler creek, Nigde, Turkey. Environmental Geology, 54(6): 1155-1163. doi:10.1007/s00254-007-0884-6

Yalcin MG, Tumuklu A, Sonmez M, Erdag DS. 2010. Application of multivariate statistical approach to identify heavy metal sources in bottom soil of the Seyhan River (Adana), Turkey. Environmental Monitoring and Assessment, 164(1-4): 311-322. doi:10.1007/s10661-009-0894-9

Zhang Y, Tian Y, Shen M, Zeng G. 2018. Heavy metals in soils and sediments from Dongting Lake in China: occurrence, sources, and spatial distribution by multivariate statistical analysis. Environmental Science and Pollution Research, 25(14): 13687-13696. doi:10.1007/s11356-018-1590-5

KTB, 2020. Niğde İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü. Şuradan ulaşılabilir: https://nigde.ktb.gov.tr/TR-223196/akkaya-baraji. html [Erişim tarihi: 5 Kasım 2020]