

**Köprüören, Çobanköy ve Köreken (Kütahya)
Arasındaki Bölgede Metalik Maden Yataklarına Bağlı Ağır
Metal Kirliliği**

*Heavy Metal Contamination Depending On Metallic Ore
deposits of the Area Among the Köreken-Çobanköy-Köreken (Kütahya)*

Fetullah ARIK*, **Tahsin YALDIZ****, **M.Tahir
NALBANTÇILAR*****, **Şükrü ARSLAN******

**Selçuk Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Selçuklu, Konya,
e-mail: farik@selcuk.edu.tr;*

*** Konya Numune Hastanesi, Hastane Cad., Selçuklu, Konya;*

**** Batman Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Batman,*

***** J.M.O. Konya Şubesi, Selçuklu, KONYA*

ÖZ: Bu çalışma Kütahya batısında, doğuda Köprüören ve Gümüşköy, batıda Çobanköy ve Şahmelek ile güneyde Köreken köyleri ile sınırlanan yaklaşık 150 km²'lik alanı kapsamaktadır. Yörede Permiyen'den günümüze kadar oluşan düşük dereceli metamorfik, volkanik ve sedimanter kayalar yüzeylenmektedir. Sahanın güneydoğusundaki Gümüşköy ve Şahin köyleri arasında gümüş, çinko, kurşun, antimuan yatakları ve bunlarla ilişkili olarak As, Cd, Tl, Cu, Mn, Ba ve Sr ile temsil edilen polimetalik cevherleşmeler bulunmaktadır.

İnceleme alanındaki ağır metal kirliliğinin ve dağılımının belirlenmesi amacıyla söz konusu maden yatakları ve yakın çevresinden başlanarak farklı nitelikteki, kayaç, toprak, su ve bitkilerden örnekler derlenerek analizleri yapılmıştır.

Yöredeki maden yataklarında ortalama Pb, Zn, Sb, As, Ag ve Cd içerikleri sırasıyla 38344, 38381, 4865, 41484, 508 ve 603 ppm'dir. Yan kayaçların ortalama Pb, Zn, Sb, As, Ag ve Cd içerikleri ise sırasıyla 1030, 978, 186, 3911, 9,4 ve 11,6'dır. Toprakların Pb, Zn, Sb, As, Ag ve Cd içerikleri ise sırasıyla 83, 165, 8.5, 203.3, 0.7 ve 1.5'tir. Bitkilerde ise 0.14 ppm Ag, 2.49 ppm Pb, 52.34, ppm Zn ve 1.05 ppm Sb ile birlikte As, Cd, Tl, Cu, Mn, Ba ve Sr sırasıyla 4.41, 0.64, 0.19, 6.54, 119,80, 39.46 ve 41.21 ppm'dir. Su örneklerinde Pb, Zn, Sb, As, Ag ve Cd değerleri sırasıyla 0.7, 67, 6.8, 185, 0.19 ve 0.19 ppb'dir.

Yankayaçlar, topraklar ve sulara element konsantrasyonları mevcut Ag-Pb-Zn-Sb yataklarına olan uzaklıklarına bağlı olarak değişmektedir. Bitkilerde ise dağılım bitki türlerine göre değişmektedir. Özellikle yapraklarda ve otsu bitkilerde ağır metal konsantrasyonları yükselmektedir. Sonuç olarak yöredeki kayaçlar, sular, bitki ve topraklardan yararlanan insanlar ve hayvanlar maden yataklarına uzaklıklarına göre yaşamsal riske sahiptirler.

Anahtar Kelimeler: Polimetalik cevherleşme, jeokimya, bitki, toprak, su kirliliği halk sağlığı, Kütahya

ABSTRACT: *This study comprises an area about 150 square km. and limited by Köprüören and Gümüşköy to the east, Çobanköy and Şahmelek to the west and Köreken to the south. The units cropping out in the study area comprise of metamorphic, volcanic and sedimentary rocks ranging from Upper Paleozoic to present-day. There are some polymetallic ore deposits represented by silver, zinc, lead and antimony deposits and some enrichments related to them such as As, Cd, Tl, Cu, Mn, Ba and Sr around the Aktepe between the Gümüşköy and Şahin Villages at the southeast of the study area. In order to the investigate the heavy metal contamination and dispersion in the study area different ore, wall-rock, water and vegetation samples were collected from the ore deposits and nearenavirons and subjected to geochemical analysis.*

Pb, Zn, Sb, As, Ag and Cd contents of the average ore samples 38344, 38381, 4865, 41484, 508 and 603 ppm respectively. In the wall rocks mean Pb, Zn, Sb, As, Ag and Cd values are 1030, 978, 186, 3911, 9,4 and 11.6 ppm, while same elements present in the soils as 83, 165, 8,5, 203.3, 0.7 and 1.5 respectively. Vegetation samples have 0.14 ppm Ag, 2.49 ppm Pb, 52.34, ppm Zn and 1.05 ppm Sb besides, As, Cd, Tl, Cu, Mn and Ba contents are 4.41, 0.64, 0.19, 6.54, 119.80 and 39.46 ppm respectively. Pb, Zn, Sb, As, Ag and Cd concentrations of the combined water samples are 0.7, 67, 6.8, 185, 0.19 and 0.19 ppb respectively.

Element distribuitons of the ore, wall-rock, soil and waters depend on to the distance from the present Ag-Pb-Zn-Sb deposits. Element concentrations of plants differ depending on not only plant type like tree and herbaceous plants but also the types of samples such as leaves, branches or fruits of trees. Especially leaves of trees and herbaceous plants have relatively higher element concentrations. Therefore people and animals who live in this area and benefit from these soil and plants have vital risks.

Key words: *Polymetallic mineralization, geochemistry, silver deposit, contamination, vegetation, soil pollution, public health, Kütahya.*

Giriş

Bu çalışma Kütahya'nın batısında ve Tavşanlı'nın doğusunda 1/25000 ölçekli Kütahya - I23 - c4, Kütahya - I23 - d3, Kütahya - J23 - b1 ve Kütahya - J23 - a2 paftalarının içinde batıda Çobanköy ve Şahmelek, doğuda Köprüören, Gümüşköy ve Şahin güneyde ise Köreken yerleşim birimleri ile sınırlanan yaklaşık 150 km²'lik bir alanı kapsar (Şekil 1).

Maden yataklarının jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal özelliklerine bağlı olarak içerisinde bulunan mineral ve elementler rüzgâr, sular vb mekanik etkenlerle çevreye dağılmaktadır. Bu madenlerin işletilmesi ve metallerin üretilmesi esnasında kullanılan fiziksel yöntemler veya metalurjik işlemlerde kullanılan kimyasallar nedeniyle çevresindeki kayalar, sular, topraklar, ve bitkilerde ağır metal kirlilikleri ortaya çıkmaktadır (Ellis, 1940; Ernst, 1988; Horowitz ve diğ., 1988; Johnson ve diğ., 1990; Bender, 1991; Prusty ve diğ., 1994; Sahu ve diğ., 1994; Lottermoser ve diğ., 1997; Zar, 1999; Grosbois ve diğ., 2001; Krüger ve Gröngröft, 2003; Yokel ve Delistraty, 2003; Camm ve diğ., 2004; Komatina, 2004; Patinha ve diğ., 2004; Selinus ve diğ., 2004; Smedley ve Knibburgh, 2004; Romero ve diğ., 2007).

Sahanın güneyindeki Şahin Köyü ve Gümüşköy arasında Aktepe, Sığıreğreği, Gözeçukuru ve Taşlitepe mevkiğinde Ag, Pb, Zn ve Sb yatakları bulunmakta olup yatakların ağır metal içerikleri daha önceden araştırılmıştır (Arık ve Nalbantçılar, 2004; Arık ve Nalbantçılar, 2005a; Arık ve Nalbantçılar, 2005b; Yıldız, 2007; Arslan, 2007). Bu çalışmada daha önceden ayrı ayrı sunulan cevher, yankayaç, sular, bitki ve topraklardaki ağır metal zenginleşmeleri ve dağılımları belirlenerek kayaç, bitki, toprak ve sulardaki ağır metal kirliliklerinin maden yatakları ile ilişkileri açıklanmaya çalışılacaktır.

Yöre İç Batı Anadolu'ya özgü karasal iklim özelliklerine sahiptir. Yıllık yağış ortalama 548.5 mm ve sıcaklık 28.3 (Ağustos) ile -3.1 (Ocak) oC arasında değişmektedir. Güney kesimindeki dağlık alanlar dışında sahada çok engebeli olmayan bir morfoloji izlenmektedir. Başlıca akarsular Şahin Dere, Eğin Dere Değirmendere ve Kepez Dere ve Kocasu Nehri'dir. İnceleme alanındaki Şahin, Dulkadir, Aliköy, Şahmelek, Vakıf, Ören ve Köprüören yerleşim alanları maden yataklarının içinden veya çok yakınından geçen akarsuların kıyısında kurulmuş olup yörede yaşayan

insanlar bu sulardan çeşitli amaçlarla yararlanmaktadırlar.

Akarsuların çevresinde canlı yaşamı oldukça yoğun olup akarsular boyunca meyvecilik yapılan alanlar vardır. Sahada yaygın bir alüvyon örtüsü bulunmakta olup toprakların önemli bir bölümü üzerinde yer aldıkları jeolojik birimleri yansıtmaktadırlar. Bitki örtüsü genellikle çam, meşe, çınar gibi orman bitkileri, kavak ve söğüt gibi sucul bitkiler, elma, armut, kiraz, erik, erik ve ceviz gibi meyve ağaçları ile çayır, otlak ve dikenli otsu bitkilerden oluşmaktadır. Ayrıca tarım alanlarında buğday, arpa, yulaf, nohut ve yaş sebze üretimi yapılmaktadır.

Genel Jeoloji

Çalışma alanının da Karbonifer'den günümüze kadar oluşmuş metamorfik, magmatik ve sedimanter kayalar yüzeylenmektedir. Sahanın temelini Karbonifer – Permien yaşlı metakumtaşı, metakonglomera, kuvarsit, kuvarşist, mikaşist, kalkşist, talkşist, kloritşist ve kloritoyidşistler gibi düşük dereceli metamorfik kayalarla temsil edilen Şahin formasyonunun üzerinde Permien - Triyas yaşlı mermerlerden oluşan edilen Karaağaç formasyonu uyumlu olarak bulunmaktadır. Bu birimlerin üzerinde başlıca gabro, diyabaz/dolerit, radyolarit, çört ve derin deniz sedimanları ve değişik yaş ve boyutta karbonatlı kayaç bloklarından oluşan ve yerleşim yaşı Üst Kretase olan Enne melanji tektonik sınırla durmaktadır. Senozoyik öncesi temel üzerine çok az taban konglomerası ile başlayıp, riyolitik ve riyodasitik bileşimli tüf, tüfit ve aglomeralarla temsil edilen Miyosen yaşlı Tavşanlı volkanitleri uyumsuz olarak gelmektedir. Alt Pliyosen yaşlı karbonat ve killi kayalar, kumtaşı, konglomera ve tüflerin ardalanmalarından oluşan Çökköy formasyonu ile yanal düşey geçişli olan Üst Pliyosen yaşlı killi kireçtaşı, kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşlarından oluşan Emet formasyonu diğer birimleri uyumsuz olarak örtmektedir. Geç Pliyosen - Kuvaterner yaşlı bazaltik kayalardan oluşan Taşlıtepe volkanitleri daha yaşlı birimleri keserek yüzeylenmektedir. Az tutturulmuş kırıntılı kayalardan oluşan Bozyer formasyonu ve oluşumu devam eden alüvyonlar bütün birimleri uyumsuz olarak örtmektedirler (Şekil 1; Arık, 2002).

Maden Yatakları ve Madencilik Çalışmaları

Şahin ve Gümüşköy arasındaki Aktepe, Sığıreğreği Tepe ve Gözeçukuru Mevkii ile Taşlıtepe civarında epitermal Ag, Pb, Zn ve Sb yatakları bulunmaktadır. Yörede madencilik faaliyetleri M.Ö. 4000

yıllarında başlamış olup Aktepe yatağında 1970’li yıllarda MTA ve ETİBANK tarafından detaylı araştırmalar yürütülmüş ve 1980’lerde gümüş üretim tesisleri kurulmuştur (Vıçıl 1982; Yiğitgüden, 1984; Arık, 2002; Yıldız, 2007). Aktepe yatağındaki bazı örneklerde 5000 ppm’e kadar Ag, % 30’a kadar Pb ve Zn, % 5’e kadar Sb bulunmaktadır. Yer yer önemli oranda barit ile birlikte, As, Tl, Sr, Cu, Ni, Cd, Co, Mn, Mg, Fe ve Al zenginleşmeleri vardır. Aktepe’nin güneyindeki Gözeçukuru yatağında tarihsel çalışmalara ek olarak 1960’lı yıllarda Sb ve Tl üretimi yapılmıştır.

Elementlerin yataklardaki dağılımı yan kayaç, cevherleşme türü ve yeraltısuyu özelliklerine bağlı olarak yanal ve düşey yönde oldukça değişkendir. Maden yataklarında arjantit, frayberjit, nabit Ag, galenit, sfalerit, antimonit, seruzit, simitsonit, realgar, orpiment, barit gibi Ag, Pb, Zn, Sb ve As mineralleri yaygın olarak gözlenmektedir. Birincil minerallerin yüzey şartlarında oksidasyonu ile sahada yaygın bir ikincil zenginleşme gelişmiş olup, Aktepe yatağının üst kesimlerinde kalın bir demir şapka oluşumu vardır (Arık, 2002).

Aktepe yatağında kurulan gümüş fabrikasında kırma, eleme, öğütme, NaCN liçi, katı-sıvı ayrımı, ergitme ve külçe metal üretimi yöntemleri kullanılmaktadır. Gümüş üretimi esnasında kullanılan siyanürlü ve ağır metaller bakımından zenginleşmiş atıklar ise sahanın kuzeyindeki atık barajında biriktirilmektedir. Fabrika ve çevresindeki bitki örtüsü sahanın diğer alanlarında olduğu gibi oldukça yoğundur.

Polimetallik cevherleşmeye ait izler özellikle Aktepe yatağı ve Aktepe’nin güneyindeki Gözeçukuru yatağının çevresinde olmak üzere yatakların kuzeybatısına doğru yaklaşık 20 km boyunca gözlenmektedir. En çok kirlilik belirlenen alan Gözeçukuru yatağı ve çevresi olup en çok etkilenen yerleşim alanı ise Dulkadir Köyü’dür. Gözeçukuru yatağında bitki örtüsü sahanın diğer bölümlerine göre daha az olmasına rağmen hemen sahanın güneyindeki sırtlarda ve Sığıreğreği çevresinde meşe ve çamlardan oluşan ormanlık alanlar ve Gözeçukuru yatağının hemen güneyindeki Değirmendere vadisi boyunca sebze ve meyve ağaçları bulunmaktadır. Yatakta 1960’lı yıllarda yapılan antimuan üretimi esnasında sahanın güney ve güneydoğu kesiminde önemli miktarda As, Tl ve Sb içeren pasa biriktirilmiştir. Bu pasa halen mevsimsel yağışlar ve iklim özelliklerine bağlı olarak ayrışmakta aşınmakta ve pasaya ait parçalar Değirmendere yoluyla sahanın kuzeybatısına doğru taşınmaktadır.

Materyal ve Yöntem

Kayaç, su, bitki ve toprak kirliliğinin araştırılması için maden yatakları ve çevresinden başlanarak cevher, yankayaç, su, torak ve bitki örnekleme yapılmıştır. Maden yataklarını temsilen Aktepe yatağından 13, Gözeçukuru yatağından 10 ve Sığıreğreği yatağından 5 olmak üzere toplam 28 adet cevher örneği alınmıştır. Yan kayaçlardaki kirliliğin araştırılması için Şahin formasyonundan 6, Enne Melanjından 3, Tavşanlı volkanitlerinden 6, Çokköy formasyonundan 5, Emet formasyonundan 7 ve Taşlıtepe bazaltlarından 2 adet olmak üzere toplam 29 adet yankayaç numunesi derlenmiştir.

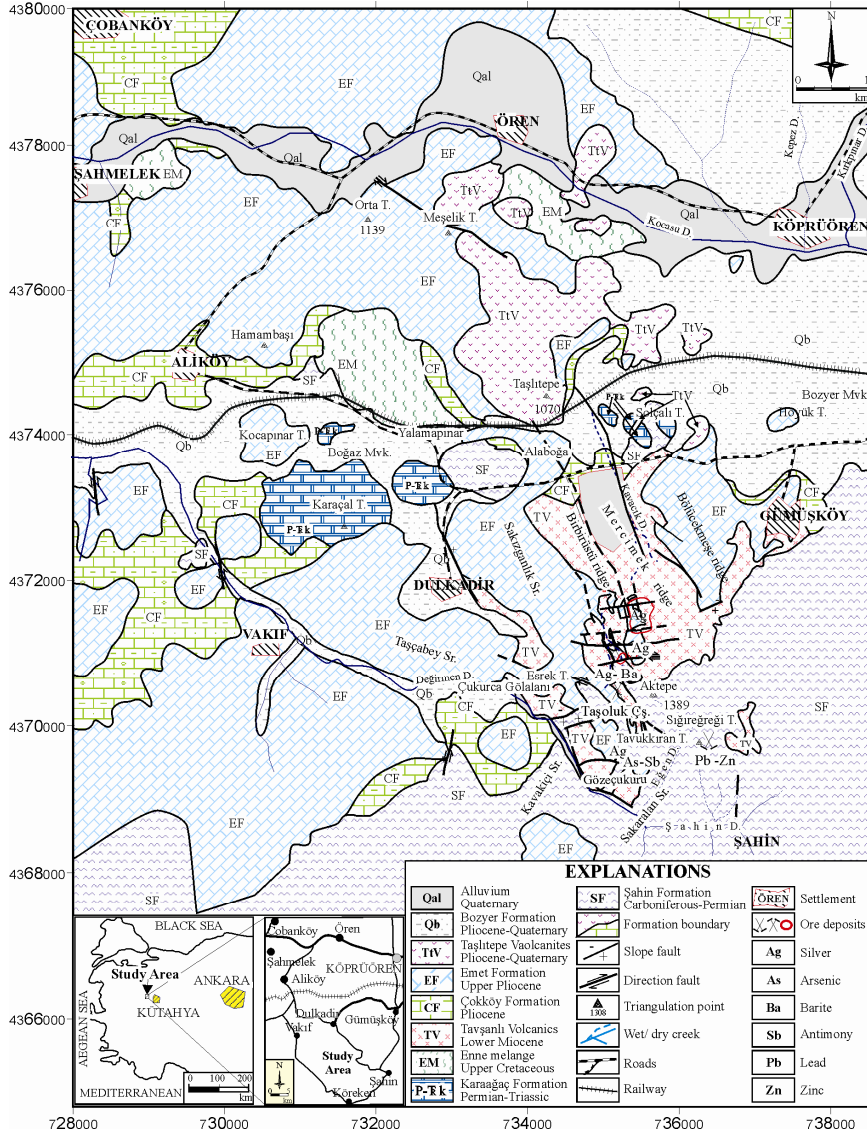
Su kirliliğinin araştırılması için sahada özellikle halkın ortak yararlandığı kaynak ve çeşme suları (20 adet) ve kuyu sularından (10 adet) örnekler derlenmiştir. Sularda mevsimsel değişimlerin etkisini araştırılması için aynı noktalardan kurak dönem sonu (Eylül) ve yağışlı dönem sonu (Haziran) olmak üzere 32 noktadan 2 defa su örnekleme yapılmıştır.

Yerleşim alanlarına yakın akarsu kıyıları, tarımsal ve ormanlık alanlarda bulunan bitki ve topraklardan numune alınmıştır (Şekil 2). Bu amaçla 2007 yılı Temmuz ayı içinde toplam 17 noktadan bitki örneği ve 14 noktadan toprak örneği derlenmiştir.

Yörede yetişen bitkilerden 8 adet söğüt: (*Salix sp.*), 9 adet meşe (*Quercus sp.*), 6 adet çam (*Pinus sp.*), 4 adet elma (*Malus communis*), 2 adet ceviz (*Juglans regia*), 2 adet kavak (*Populus sp.*), 2 adet çınar (*Platanus orientalis*), 2 adet armut (*Pyrus communis*) ve 2 adet iğde (*Elaeagnus angustifolia*) olmak üzere toplam 37 numunenin kimyasal analizleri yapılmıştır. Ayrıca iki adet çayır ve 3 adet diken olmak üzere toplam 5 adet otsu bitkinin de kimyasal analizleri yapılmıştır (Şekil 2, Tablo 1).

Toprak örneklemesinde ise bitki örnekleme yapılan noktalar veya bu noktaların yakınlarından örnek derlenmesine özen gösterilmiştir. Bu amaçla 17 farklı noktadan en üst kesiminde yaprak ve otlarla kaplı ilk 1 cm'lik bölümü temizlenerek hemen bu zonun altından 1 kg'lık toprak örnekleri derlenerek kimyasal analizleri yapılmıştır (Tablo 1).

Alınan bütün kayaç ve toprak numuneleri 60 oC sıcaklıkta etüv içinde 24 saat bekletilerek kurutulmuştur. Daha sonra plastik tokmakla ezilen örnekler öğütülerek -80 mesh boyutuna düşürülmüş ve 200'er gr'lık numune alınmış ve kalan kısmı şahit numune olarak saklanmıştır.



Şekil 1. İnceleme alanının genel jeolojisi ve yerbuldurular haritası

Tartılan örnekler ACME Analitik Laboratuvarında (Vancouver-KANADA)

gönderilerek ICP – MS ve ICP –ES cihazlarında kimyasal analizleri yapılmıştır. Ana oksitlerin (CaO, MgO, Na₂O, K₂O, MnO, TiO₂ ve P₂O₅) deteksiyon limiti % 0.1 olarak alınırken Si, Al, Fe, Cr ve LOI için % 0.04, 0.03, 0.04, 0.001 ve 0.1 deteksiyon limiti alınmıştır. İz elementler ve diğer metallerin analizi için numune çözeltileri ICP-MS (Perkin-Elmer Elan 6000) cihazında 0.05 ppm deteksiyon limiti ile analiz edilmiştir.

Su örnekleri üzerinde kaynak başında pH, EC ve sıcaklık parametreleri ölçülmüştür. Alınan su örneklerinde major katyon ve anyonlar Konya İl özel İdaresi laboratuvarlarında, iz elementler ve ağır metaller ise Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü ve ACME laboratuvarlarında ICP-MS ile analiz edilmiştir.

Bitki örnekleri ise önce oda sıcaklığında kurutulmuş ve daha sonra 60 oC'lık etüvde 24 saat bekletilerek tamamen kurumaları sağlanmış ve 475 oC'lık fırında yakılmıştır. Oluşan külden 0.2 gr alınarak 100 ml kral suyu (HCl-HNO₃-H₂O) ile seyreltilerek ICP-MS (Perkin-Elmer Elan 6000) ile analiz edilmiştir.

Kimyasal analizlerde elde edilen ana bileşen sonuçları topraklarda oksit cinsinden bitkilerde ise ana element konsantrasyonları halinde verildiğinden, yapılan yorumların daha anlaşılır olması için oksit cinsinden verilen sonuçlar element konsantrasyonlarına dönüştürülmüştür. Analiz sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve örnekler için ortalama, standart sapma, standart hata, Student t testi ve bu örneklerin ait oldukları ana kitlenin ortalamaları ile ilgili tahminler yapılmıştır. Ayrıca elementlerin birbirleri ile ilişkileri korelasyon analizleri ile belirlenmiş yüksek korelasyona sahip olan bileşenler için regresyon ve regresyona uyum testleri yapılarak korelasyon katsayılarının anlamlılığı belirlenmiştir. Elementlerin birbirleri ile korelasyonları kullanılarak cluster analizleri yapılmış akrabalık ilişkileri belirlenmiştir. Yüksek korelasyona sahip olan element çiftleri için faktör analizleri yapılmıştır.

Analiz Sonuçları

İnceleme alanından derlenen cevher, yan kayaç, toprak, bitki ve su örneklerinde ana oksitler, iz elementler ve nadir toprak elementlerinin tamamı analiz edilmiştir. Ancak bu çalışmada Ülkemiz topraklarında ve artılmış çamurlarında belirli sınır değerlerini aşınca tehlikeli olarak kabul edilen (ÇOB, 2003) ve ABD'de toprakların incelenmesi (USEPA, 2003) sırasında incelenen elementler dikkate alınmıştır. Buna göre Çevre ve Orman Bakanlığı standartlarında yer alan As, Ba, Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Ni,

Zn, Hg, Mo, Sn, Tl ve U ile EPA standartlarında bu elementlere ek olarak kullanılan Al, Sb, Be, Fe, Mn, Se, Ag ve V analizleri kullanılmıştır. Her iki standartta da verilmeyen Sr ise nispeten yüksek değerlere sahip olduğu için bu çalışmada değerlendirmeye alınmıştır (Tablo 1).

Maden yatakları

Aktepe Ag, Pb, Zn, Sb yatağından alınan 13, Gözeçukuru As, Sb yatağından 10 ve Sığıreğreği Pb, Zn yatağından alınan 5 örnekte yukarıda sayılan bileşenlerin ortalama değerleri hesaplanmıştır. Ülkemizin tek gümüş üretimi yapılan Aktepe yatağından alınan örneklerde Pb, Zn, Sb, As, Ag ve Cd sırasıyla 57976, 10098, 8110, 6656, 1012 ve 605 ppm oranında bulunmaktadır. Aktepe yatağında ayrıca 81168 ppm Ba, 41124 ppm Fe, 8144 ppm Al ve 7436 ppm Mn dikkati çekmektedir (Tablo 1).

Geçmişte antimuan üretimi yapılan Gözeçukuru yatağından alınan örneklerde Pb, Zn, Sb, As, Ag ve Cd içerikleri sırasıyla 1149, 5076, 2849,107062, 15 ve 38 ppm'dir. Yatakta ayrıca % 11. 1 Ba, 1.4 Al ve 363 ppm Tl önemli görülmektedir. Sığıreğreği kurşun çinko yatağına ait örneklerin Pb, Zn, Sb, As, Ag ve Cd miktarları sırasıyla 61690, 178531, 461, 882, 185 ve 1730 ppm'dir. Yatakta ayrıca % 10 civarında Fe, 80 ppm Tl vardır.

Bu üç maden yatağının aynı oluşum süreçlerine bağlı olarak oluştukları ve birbirilerine yakınlıkları göz önüne alındığında yöredeki maden yataklarında ortalama Pb, Zn, Sb, As, Ag ve Cd içerikleri sırasıyla 38344, 38381, 4865, 41484, 508 ve 603 ppm'dir. Maden yataklarında ortalama % 7.8 Ba, % 1.5 Al, % 3.96 Fe, 177 ppm Tl ve 504 ppm Cu bulunmaktadır (Tablo 1).

Yankayaçlar

İnceleme alanının temelini teşkil eden Şahin formasyonundan alına örneklerde Pb, Zn, Sb, As, Ag ve Cd sırasıyla 591, 1609, 17, 196 ve 2.5 ppm, aynı bileşenler Enne melanjında ise sırasıyla 68, 117, 4, 65 ve 1.6 ppm oranında bulunmaktadır. Volkanosedimanter istife ait olan Tavşanlı volkanitlerine ait örnekler ise bu elementleri daha yüksek oranda bulundurmaktadır. Tavşanlı volkanitlerinin Pb, Zn, Sb, As, Ag ve Cd içeriği sırasıyla 1867, 396, 707, 16694 ve 19.9 ppm'dir. Maden yatakları ve yakın çevresinde yaygın olarak gözlenen Emet formasyonuna ait karbonatlı kayaçlar ise 2023 ppm Pb, 2039 ppm Zn, 123 ppm Sb, 1478

ppm As ve 28 ppm Cd içermektedir. Yöredeki kayaların ortalama Pb, Zn, Sb, As, Ag ve Cd içerikleri ise sırasıyla 1030, 978, 186, 3911, 9,4 ve 11.6'dır. Yankayaçalarda ayrıca % 4.2 Al, % 1.03 Ba, % 2.88 Fe, 211 ppm Cr ve 1205 ppm Mn bulunmaktadır. Yankayaçalarda bileşenlerin dağılımı genellikle maden yataklarına bağlı olup maden yataklarına yakın bölgelerde element konsantrasyonları yükselmektedir. Cr, Co ve Fe gibi bileşenlerse Enne melanjına ait bazik ve ultrabazik kayalara bağlı olarak zenginleşmiştir.

Topraklar

İnceleme alanındaki kayaların üzerinde gelişen ve Bozyer formasyonu ve alüvyonlardan derlenen 14 adet toprak örneği ortalama % 6.5 Al % 3.9 Fe ve % 0.11 Mn içermektedir. Toprakların Pb, Zn, Sb, As, Ag ve Cd içerikleri ise sırasıyla 83, 165, 8.5, 203.3, 0.7 ve 1.5'tir. Ba, Cr, Cu, Co, U, Tl, Mo ve Hg ise yaygınlık sıralamasına göre 718.4, 202.6, 32.6, 15.9, 3.0, 1.7, 0.4 ve 0.2 ppm'dir (Tablo 1). Topraklarda da elementlerin yayılımı genellikle maden yataklarına bağlıdır.

Bitkiler

İnceleme alanından derlenen bitkilerde ortalama Pb, Zn, Sb, As, Ag ve Cd içerikleri sırasıyla 2.5, 52, 1.1, 4.4, 0.14 ve 0.64 ppm'dir. Bitkilerde ayrıca 179 ppm Al, 298 ppm Fe, 120 ppm Mn vardır. Bitkilerde de topraklarda olduğu gibi Pb, Zn, Sb, Ag, As ve Cd benzer davranışlara sahiptir. Bitkiler otsu bitkiler ve ağaçlar olarak ayrıldığında otsu bitkiler ağaçlardan daha yüksek element konsantrasyonlarına sahiptir. Otlarda 800 ppm Al ve 1650 ppm Fe yanısıra 21 ppm As, 41 ppm Ba, 3.9 ppm Cr, 0.30 ppm Cd, 5.2 ppm Ni, 3.4 ppm Pb ve 28 ppm Zn bulunmakta olup yöredeki hayvanlar bu bitkilerle beslenmektedir. Dikenlerde ise sadece Cu ve Sb çayırlardan daha fazladır. Ağaçlarda ortalama 138 ppm Al, 195 ppm Fe ve 0.11 ppm Ag bulunurken çamlarda rastlanan 250 ppm Al, 300 ppm Fe ve 0.33 ppm Ag ve ortalama 80 ppm Mn'a karşı meşelerdeki 297 ppm Mn önemli görülmektedir. As ise 6.1 ppm'le en yüksek söğütlerde bulunurken bunu 3.6 ppm'le çamlar ve 3.4 ppm'le meşeler izlemektedir. Yine söğütlerde ve kavaklarda Ba, Cd, Co, Cu, Ni, Sr, Tl, U ve Zn oldukça yüksektir. Meyve ağaçları ile diğer ağaçlar ayrı ayrı değerlendirildiğinde yöredeki en yaygın ağaç türü olan çam ve meşelerle akarsuların çevresinde yaygın olan söğüt ve kavaklarda ağır element konsantrasyonları daha fazladır.

Tablo 1. İnceleme alanından derlenen cevher, yan kayaç, toprak, bitki (ppm) ve sularda (ppb) analiz edilen elementlere ait ortalama değerler (n: örnek sayısı)

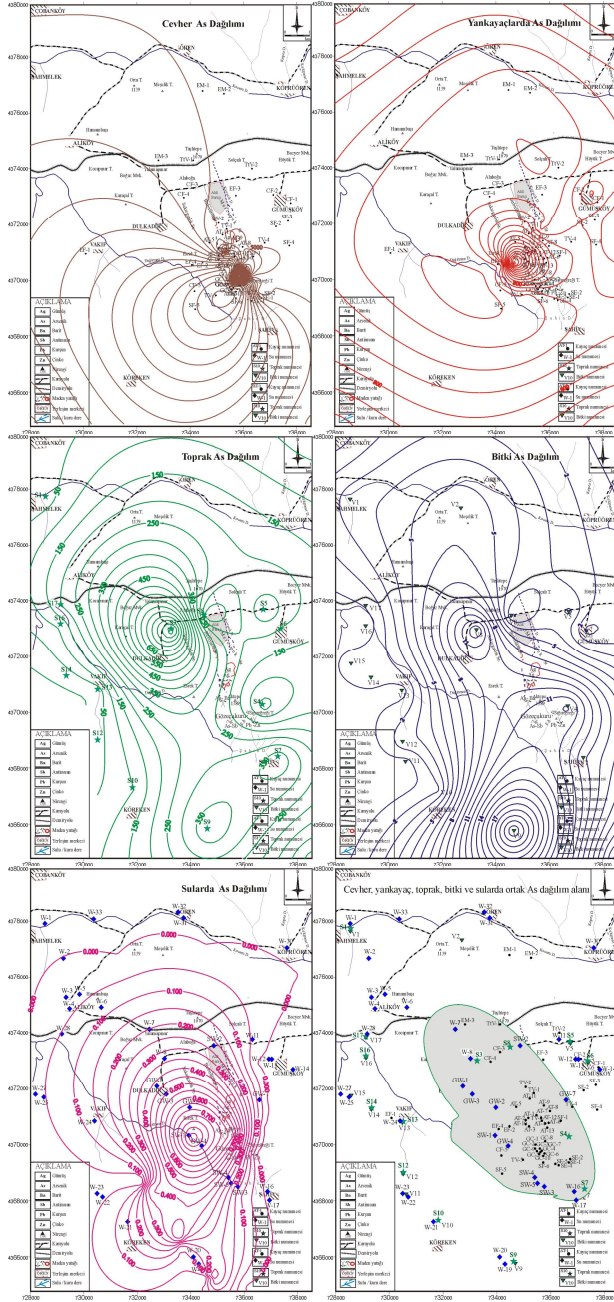
Tür	Element	n	Ag	Al	As	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Mo	Pb	Sb	Se	Tl	U	Zn
Cevher (ppm)	Aktepe	13	1012	8144	6656	81168	605	15	51	80341124	597436	2.6	579768110	3	71	22	10098			
	Gözcükuru	10	1514230	107062	111457	38	18	61	49	8154	25	387	5.8	11492849	1	363	2	5076		
	Sığircineği	5	18533049	882	5631730	8	67	63798510	95608	0.2	61690	461	1	80	2178531					
	Ortalama	28	50814765	41484	77592	603	15	57	50439597	384592	3.3383444865	2	177	11	38381					
Yan Kayaçlar (ppm)	Sahin Fm.	6	2,563146	196	1025	8	17	108	2338159	0.51252	2.0	591	17	0.5	11	2.3	1609			
	Enne me lanı	3	1,652620	65	2022	2	47	780	4474709	0.21136	0.5	68	4	0.6	1	0.2	117			
	Tayşanlı Volk	6	19,951862	16694	3229	8	11	127	3517949	3.8	491	2.5	1867	707	0.6	18	6.8	396		
	Cökköy fm	5	1,636072	291	2259	7	13	145	3020853	0.7	744	0.4	126	33	0.5	6	1.9	293		
	Emet fm	7	17,94677	1478	36351	28	3	110	22	7218	2.92058	0.8	2023	123	0.5	27	1.8	2039		
	Taşlıtepe Volk	2	0,473478	41	1136	1	38	441	4659301	0.21472	1.2	64	6	0.6	1	2.3	117			
	Ortalama	29	9,441654	3911	10331	11.6	16.3	21130.228764	1.71205	1.3	1030	186	0.513.9	2.8	978					
Toprak (ppm)	14	0.765000	203.3	718.4	1.5	15.9	202.632.6390000.22	1100	0.4	82.6	8.5	0.5	1.7	3.0	165					
Bitki (ppm)	Otlar	Çayır	2	0.05	800	21.0	41	0.30	1.14	3.9	5.6	16500.01	1500.57	3.4	0.90	200	170.07	28		
		Diken	3	0.05	133	3.8	34	0.23	0.18	1.5	10.0	3000.01	420.23	2.8	2.90	100	330.02	31		
		Ortalama	5	0.05	467	12.4	38	0.26	0.66	2.7	7.8	9750.01	960.40	3.1	1.90	150	250.05	29		
	Ağaçlar	Armut	2	0.03	100	1.7	47	0.11	0.11	1.2	7.1	2000.02	170.07	1.5	0.40	100	680.01	23		
		Çam	6	0.33	250	3.6	17	0.27	0.35	1.6	4.1	3000.04	1380.05	5.0	1.50	100	130.02	28		
		Ceviz	2	0.06	100	1.4	25	0.11	0.10	1.1	2.4	1000.02	270.07	1.2	0.50	150	350.01	26		
		Çınar	2	0.10	150	2.6	19	0.08	0.10	1.1	6.3	2000.01	610.04	2.1	0.90	150	090.03	15		
		Elma	4	0.12	125	2.5	44	0.11	0.10	1.2	6.2	1500.02	260.10	2.5	1.20	160	080.02	16		
		İğde	2	0.04	150	2.1	39	0.03	0.14	1.5	8.5	2000.01	440.34	0.8	0.40	200	070.06	18		
		Kavak	2	0.04	100	2.9	31	0.24	1.38	1.3	3.0	1000.02	300.12	0.5	0.20	150	050.01	87		
		Meşe	9	0.22	133	3.4	56	0.86	0.16	1.3	7.5	2670.03	2970.07	2.9	1.30	120	170.02	47		
Söğüt	8	0.06	138	6.1	46	1.82	0.42	2.1	7.7	2380.02	800.12	1.4	0.50	140	190.03	133				
Ortalama	37	0.11	138	2.9	36	0.4	0.32	1.4	5.9	1950.02	800.11	2.0	0.70	140	200.02	44				
Bitki ortalama	42	0.14	179	4.4	40	0.64	0.33	1.6	6.5	2980.02	1200.13	2.5	1.10	130	190.02	52				
Su (ppb)	Kaynak	Eylül	12	0.46	24	311	189	0.39	26.52	2.6	2.1	1030.15	50	2.6	1.1	10.0	2.50	321.56	36	
		Haziran	12	0.39	33	508	169	0.23	23.05	6.2	2.7	470.29	329	4.9	0.9	13.1	3.40	491.38	18	
		Ortalama	12	0.41	27	389	178	0.30	23.83	4.3	2.3	740.21	175	3.6	1.0	11.1	2.90	391.51	27	
	Genel	Eylül	20	0.06	14	70	83	0.11	0.02	2.2	2.1	170.10	2	0.2	1.1	4.5	0.50	122.16	93	
		Haziran	20	0.05	4	74	138	0.14	0.11	5.7	1.6	200.13	4	0.5	0.2	4.6	0.50	131.84	101	
		Ortalama	20	0.05	9	69	122	0.12	0.08	3.9	2.0	200.11	3	0.4	0.6	4.4	0.50	122.13	94	
		Eylül	32	0.23	18	173	129	0.23	1.38	2.4	2.1	540.12	22	1.2	1.1	6.8	1.40	211.90	68	
Haziran	32	0.17	14	222	155	0.17	8.00	5.8	2.1	310.18	115	2.1	0.4	7.5	1.60	251.82	70			
Ortalama	32	0.19	16	185	150	0.19	8.89	4.0	2.2	420.15	66	1.6	0.7	6.8	1.40	222.02	67			

Sular: İnceleme alanından derlenen su örnekleri kuyu suları ve kaynak suları şeklinde 2 grupta ele alınmıştır. Mevsimsel değişimlerin izlenmesi için Haziran ve Eylül aylarında aynı noktalardan iki farklı örnekleme yapılmıştır. Eylül 2006'da derlenen örneklerin ortalama pH değeri 7.4 – 8.73 (ort. 7.7), EC değeri 393-1410 (ort 596 $\mu\text{s/cm}$) arasında değişirken, haziran 2007'de alınan örneklerin pH'ı 6.93-8.79 (Ort. 7.5) ve EC değeri 429-1306 (ort 615 $\mu\text{s/cm}$) aralığında değişmektedir. Suların sıcaklığı 12.1 -32.1 oC olup mevsimsel olarak büyük değişiklik izlenmemiştir.

Elementlerin dağılımında mevsimsel değişimlerin çok etkili olmadığı ancak özellikle kuyu sularında Pb, Zn, Sb, As, Ag ve Cd'un kurak dönem sonunda daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Kaynak suları ise genel olarak kuyu sularına göre daha düşük miktarlarda ağır element içerirken elementler yağışlı dönem sonunda daha fazla zenginleşmektedirler (Tablo 1). Sular birlikte değerlendirildiğinde Pb, Zn, Sb, As, Ag ve Cd değerleri sırasıyla 0.7, 67, 6.8, 185, 0.19 ve 0.19 ppb'dır. Sularda element dağılımı maden yataklarına olan yakınlığa göre değişmektedir. Genel olarak maden yataklarına yakın bölgelerde daha yüksektir.

Sonuç ve Öneriler

Cevher, yan kayaç, toprak, bitki ve su örneklerinin derlendikleri noktalar baz alınarak hazırlanan Ag, As, Cd, Zn, Pb, Sb, Hg ve Tl eş konsantrasyon haritalarında hemen hemen bütün örnek gruplarında en yüksek değerler maden yataklarının buldukları bölgede ortaya çıkmakta olup yataktan uzaklaştıkça azalmaktadır. Cevher, kayaç, toprak, su ve bitkilerde As dağılımı Şekil 2' de verilmiştir. Sadece bitki örneklerinde Zn inceleme alanının kuzey kesiminden alınan söğüt numunesindeki yüksek konsantrasyondan dolayı topraklardan farklı çıkmaktadır. Ag, As, Cd, Pb, Sb, Hg, Tl ve Ba konsantrasyonları maden yataklarından uzaklaştıkça azalmaktadır. Toprak ve sularda Fe, Mn, Co, Cu, Cr ve Ni inceleme alanının orta batısında Aliköy'ün güneyinde yoğunlaşmaktadır. Bitkilerde Fe, Mn ve Co Sığıreğreği tepe civarında, Cu, Cr ve Ni ise inceleme alanının güneyinde Şahin ve Köreken köyleri arasında zenginleşmektedir. Topraklarda Cr, As, Ba, Cd, Pb, Tl ve Zn ortalamaları Türkiye'de Çevre orman Bakanlığı'nın pH 5-6 aralığındaki ve arıtılmış topraklardaki sınır değerlerini (ÇOB, 2003) aşmaktadır. Ayrıca Al, Fe, Mn, Cr, Ag, As, Ba, Cd, Co, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sr, Tl, U, V ve Zn dünyada seçilen toprakların (Kabata- Pendias, 2001) ortalama değerlerinden yüksektir. Özellikle zehirli metaller olarak kabul edilen As, Cd, Pb, Zn ve Tl her iki listedeki sınır değerlerini aşması önlem alınması gereken bir problemdir.



Şekil 2. Cevher, yan kayaç, toprak, bitki ve sularda As dağılım alanları ve ortak zenginleşme alanı

Bitki örneklerinin Mn, Cr, As, Cd, Co, Mo, Ni, Sb, Se, Sr ve Zn ortalama değerleri standart değerlerin (Kabata-Pendias, 2001) üzerindedir. Bitkiler türlerine göre ayrıldığında otsu bitkiler ağaçlardan daha yüksek iz element konsantrasyonlarına sahiptirler. Bitkiler alınan numune türüne yaprak, dal ve meyve olarak ayrıldığında yapraklar en fazla ağır elemente sahiptirler. Meyvelerde ağır element konsantrasyonlarının diğer türlere göre daha düşük olması yörede yaşayan insanlar ve otlatılan hayvanlar için olumlu olmasına rağmen yapraklardaki ve otlardaki yüksek ağır element içerikleri hayvanlar için önlem alınması gereken bir durumdur.

Yörede sıkça rastlanan deri ve akciğer kanseri vakalarının toprak ve bitkilerdeki yüksek ağır element konsantrasyonlarına da bağlı olduğu düşünülmektedir.

Yörede özellikle maden yatakları ve çevresinde bulunan yerleşim alanlarındaki insanların bu konuda bilinçlendirilmesi ve kademeli olarak yerleşim alanlarının daha güvenli bölgelere kaydırılması uygun olacaktır.

Toprak ve bitkilerdeki element konsantrasyonlarının araştırılması amacıyla yapılan bu çalışmada ciddi ön sonuçlar ve riskler belirlenmiştir. Yöre ve yakın çevresinde yeterli sayıda ve nitelikte kayaç, toprak, bitki ve su örnekleme yapılarak sonuçların açık bir şekilde ortaya çıkarılması gerekmektedir.

KATKI BELİRTME

Bu çalışmada Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'nün desteklemiş olduğu 2003/115, 07201033 ve 07201034 nolu projelerde elde edilen bazı sonuçlardan yararlanılmış olup yazarlar bu araştırmaya destek sağlayan Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne teşekkür ederler.

YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Arık, F., 2002, *Gümüşköy (Kütahya) gümüş yatağının jeokimyasal modellenmesi*, Selçuk Üniv. Fen. Bilimleri Enst. Doktora Tezi, 318 s.
- Arık, F., 2008, *Sığireğreği (Şahin – Kütahya) Zn-Pb yatağının jeolojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri, Türkiye kurşun-çinko yataklarının jeolojisi, madenciligi ve mevcut sorunları sempozyumu 14-16 ocak 2008, İstanbul Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği*

Bölümü ve Maden Mühendisliği Bölümü, Avcılar Kampüsü-İstanbul

- Arık, F. ve Nalbantçılar, M. T., 2004, Köprüören (Kütahya) havzasındaki metalik maden yataklarının sulara etkisi, TMMOB, Jeoloji Mühendisleri Odası, 57. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Genişletilmiş Bildiri Özleri Kitabı, 08-12 Mart 2004, 261-262.
- Arık, F. ve Nalbantçılar, M. T., 2005a, Kütahya Batısındaki Maden Yataklarının Yüzey ve Yeraltı Sularına Olumsuz Etkisi, TMMOB, Jeoloji Mühendisleri Odası, 58. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Genişletilmiş Bildiri Özleri Kitabı, 11-17 2005, 259-260
- Arık, F. ve Nalbantçılar, M. T., 2005b, Maden İşletmeciliğinin Çevre ve Halk Sağlığına Etkisi, Gümüşköy-Kütahya,, 1. Tıbbi Jeoloji Sempozyumu, 1-3 Aralık 2005, MTA Gen. Müd. Kültür Sitesi, Ankara, Bildiri Özleri, 63-64.
- Arık, F., and Nalbantçılar, M.T., 2007, *The Effects of Mineralizations on Water Contamination in the Köprüören (Kütahya-W Turkey) Basin: The International Conference on Geo-Resources in The Middle East and North Africa (GRMENA - II)*, pp. 86-87, Egypt.
- Arslan, Ş., 2007, Şahin, Aliköy ve Köreken Köyleri (Kütahya) Arasında Bulunan Suların Halk Sağlığı Açısından Değerlendirilmesi, Selçuk Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 104 s.
- Bender S. 1991. *Investigation of the chemical composition and distribution of mining wastes in Killarney Lake, Coeur d'Alene Area, northern Idaho. Unpublished MS thesis, University of Idaho, Moscow, Idaho, 98 pp.*
- Camm, G.S., Glass, H.J., Bryce, D.W., Butcher, A.R., 2004, *Characterisation of a mining-related arsenic-contaminated site, Cornwall, UK, Journal of Geochemical Exploration 82 (2004) 1 – 15*
- ÇOB, 2003, *Toprak kirliliği ve Kontrolü yönetmeliği*, .cevreorman.gov.tr/yasa/y/25831.doc
- Ellis M. 1940. *Pollution of the Coeur d'Alene River and adjacent waters by mine wastes. Special Scientific Report No. 1, U.S. Bureau of Fisheries, Washington, DC, 61 pp.*
- Ernst WHO (1988) *Response to plants and vegetation to mine tailings and dredged materials. In: Salomons W, Forstner U (eds), Chemistry and biology of solid waste. Springer Verlag, Heidelberg Berlin New York, pp 54–69*

- Grosbois, C.A., Horowitz, A.J., Smith, J. J., Elrick, K.A., 2001, *The effect of mining and related activities on the sediment–trace element geochemistry of LakeCoeur d’Alene, Idaho, USA. Part III. Downstream effects: the Spokane, River Basin Hydrol. Process.* 15, 855–875 (2001)
- Horowitz AJ, Elrick KA. 1988. *Interpretation of bed sediment trace metal data: methods for dealing with the grain size effect.* In *Proceedings of the EPA Symposium on Chemical and Biological Characterization of Municipal Sludges, Dredge Spoils and Drilling Muds, Cincinnati, Ohio*, Lichtenberg J, Winter J, Weber C, Fradkin L (eds). *STP 976, American Society for Testing and Materials: Philadelphia, PA*; 114–128.
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H., 2001, *Trace Elements in Soils and Plants*, 3.th. edition, CRC press LLC, 413 p.
- Komatina, M.M., 2004, *Medical Geology – Effects of Geological Environments on Human Health, developments in earthEnvironmental Sciences*, Elsevier Academic Press, 488 p.
- Krüger, F. And Gröngroft, A., 2003, *The Difficult Assessment of Heavy Metal Contamination of Soils and Plants in Elbe River Floodplains* *Acta hydrochim. hydrobiol.* 31 (2003) 4–5, 436–443
- Lottermoser, B.G., Ashley, P.M., Muller, M., Whistler, B.D., 1997, *Metal contamination due to mining activities at the Halls Peak massive sulphide deposits, New South Wales.* In: Ashley PM, Flood PG (eds) *Tectonics and metallogenesis of the New England Orogen.* *Geol Soc Australia Spec Publ* 19, pp 290–299
- Patinha C.E., Silva, F.D. Fonseca, E.C., 2004, *Mobilisation of arsenic at the Talhadas old mining area—Central Portugal* , *Journal of Geochemical Exploration* 84 (2004) 167–180
- Prusty, B.G., Sahu, K.C., Godgul, G., 1994, *Metal contamination due to mining and milling activities at the Zawar zinc mine, Rajasthan, India.* *Chem Geol* 112 : 275–291
- Romero, F.M., Armienta, M.A., Herna’ndez, G.G., 2007, *Solid-phase control on the mobility of potentially toxic elements in an abandoned lead/zinc mine tailings impoundment, Taxco, Mexico,* *Applied Geochemistry* 22 (2007) 109–127
- Sahu K. C., Prusty B. G., Godgul, G., 1994, *Metal contamination due to mining and milling activities at the Zawar zinc mine, Rajasthan, India.* *Chem Geol* 112 : 293–307

- Selinus, O., Alloway, B., Centeno, J.A., Finkelman, R.B., Fuge, R., Lindh, U., Smedly, P., 2004, Essentials of Medical Geology, Impacts of the Natural Environment on Public Health, Elsevier Academic Press, 812 p.*
- Smedley P.L., Kinniburgh, D.G., 2002. A review of the source, behavior and distribution of arsenic in natural waters. Appl Geochem 17:517–568.*
- US Environmental Protection Agency (USEPA):National primary drinking water regulations. Arsenic and clarifications to compliance and new source contaminants monitoring. Final Rule. Fed. Reg., 66:14: 6976 (Jan. 22, 2001).*
- USEPA, 2003 Ecological Soil Screening Level for elements, OSWER Directive 9285.7-60*
- Vıçıl, M., 1982, Gümüşköy (Kütahya) Aktepe Pb – Zn – Sb – Ag cevherleşmesi; Ege Üniv. Yerb. Fak. Dok. Tezi, 258 s.*
- Yaldız, T., 2007, Aliköy, Vakıf ve Köreken (Tavşanlı-KÜTAHYA) Köyleri Arasındaki Mineral zenginleşmesi ve Halk Sağlığına Etkileri: S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Jeo. Müh. Bölümü Anabilimdalı Yüksek Lisans Tezi 114 s.*
- Yiğitgüden, H. Y., 1984, Batı Anadolu – Türkiye Kütahya civarındaki gümüş maden yatağı; Rainland Westfalen Tek. Yük. Ok. Maden. Ve Met. Fak. (Aachen) Dok. Tezi, 192 s.*
- Yokel, J. and Delistraty, D.A., 2003, Arsenic, Lead, and Other Trace Elements in Soils Contaminated with Pesticide Residues at the Hanford Site (USA), Environ Toxicol 18: 104–114, 2003.*
- Zar J. H., 1999. Biostatistical analysis, 4th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. Axtmann E, Luoma SN. 1991. Large-scale distribution of metal contamination in the fine-grained sediments of the Clark Fork River, Montana, USA. Applied Geochemistry 6: 75–88.*