

Bu makale, 2008. Uluslararası Katılımlı Tıbbi Jeoloji Sempozyumu Kitabı (Editör: Dr. Eşref Atabey), ISBN: 978-975-7946-33-5, Sayfa: 133-145 yayımlanmıştır.

Batı Anadolu'daki eski civa yataklarının çevre jeolojisi açısından değerlendirilmesi

Evaluation of old quicksilver deposits in East Anatolia to the environmental geology

Ünsal GEMİCİ

*Dokuz Eylül Ü. Müh. Fak. Jeoloji Müh. Böl.
Tınaztepe Yerleşkesi-İzmir*

Öz

Bu çalışma hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal çalışmalar ışığında su, toprak ve maden atıklarının incelenerek Batı Anadolu'da yer alan eski civa madenlerinin neden olabileceği çevresel etkilerin saptanmasını kapsamaktadır. Ege Bölgesinde Karaburun, Bayındır, Tire, Ödemiş, Alaşehir, Ulubey, and Banaz bölgelerinde olmak üzere çok sayıda eski civa madeni işletmesi yer almaktadır. Madenlerden yaklaşık 5500 ton civa elde edilmiştir. Civa fiyatlarının ve talebin düşmesi ve artan çevresel duyarlılık sonucunda civa madenleri 1990'lı yıllara kadar faaliyetlerini durdurmuşlardır. Asit karakterli sular ve atıklar çevrede yer alan yüzey ve yeraltı sularıyla topraktaki Hg, As, Sb, Pb, Zn, Al, Fe, Mn, Cu gibi ağır metallerin miktarlarının artmasına neden olmaktadır. Maden işletmelerinden kaynaklanan asit maden suları ve kontrolsüz maden atıkları çevre için zararlı olabilmektedir. Bu madenler ve çevresinde iyileştirme çalışmaları yapılmamıştır ve günümüzde hala çevre açısından zarar teşkil etmektedirler.

Abstract

This study covers the hydrogeological and hydrogeochemical investigations on water, mine wastes and stream sediments to evaluate the environmental effects of the some abandoned Hg mines located in western Anatolia. Aegean Region of Turkey consists of several Hg deposits in Karaburun, Bayındır, Tire, Ödemiş, Alaşehir, Ulubey, and Banaz districts from which approximately 5500 t of mercury have been produced. Due to the low prices, low demand and increasing environmental concerns of mercury, the mines were abandoned gradually until early 1990's. Mercury contaminated stream sediments and waters from the mercury mines are potentially hazardous to environment. Drainage from these mines may cause to increase the concentrations of some metals (such as Hg, As, Sb, Pb, Zn, Al, Fe, Mn, Cu) in water and soils. The acid drainage and the mine wastes create potential environmental problems around these mines. No detailed environmental recreation studies have been done since their abandonment is still dangerous for the environment.

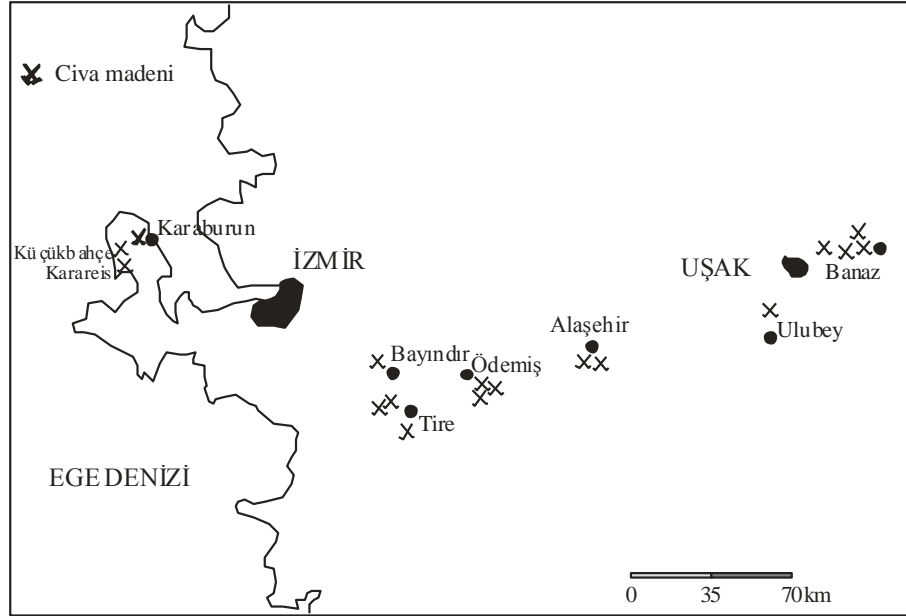
Giriş

Yerkabuğunun bileşiminde % 0.00001 oranında bulunan cıva, M.Ö. 400-300 yıllarından beri bilinmekte ve kullanılmaktadır. Cıva normal sıcaklık derecesinde sıvı halde olan tek metaldir. Ancak -40°C de katı hale geçerek heksagonal (romboedrik) kristaller meydana getirir. Cıvanın özgül ağırlığı 13.6 gr/cm³, rengi kalay beyazı veya çinko beyazıdır (MTA 1977). Cıva doğada daha çok bileşimi HgS olan zinober minerali halinde pirit, markasit, az miktarda da arsenik ve antimon sülfitlerle birlikte bulunur. Bileşiminde % 86.2 Hg ve % 13.8 S vardır. Diğer cıva mineralleri ise metazinober ve livingstonittir. Gang minerallerini ise, genellikle, kalsit, kuvars, barit ve hidrokarbonlar oluşturur (Bircan ve Aydoğanlı,1969). Bütün büyük cıva yatakları epitermal olup, sıcak suların (50-200°C) yükselmesiyle 1-600 m arasında değişen derinliklerde meydana gelmişlerdir. Cevher damarlar halinde veya kumtaşları ve şistler içine saçınmış biçimde bulunur (Türkiye cıva envanteri, 1969). Ülkemizde

XIX. yüzyıl sonlarından beri çeşitli zamanlarda ova yataklarının etüt ve aramaları yapılmış, bulunan bazı civa yatakları işletilmiştir. Bunlardan Kastamonu Şeyhşaban civa yatağı XX. yüzyılın başlarında bir süre için Fransızlar tarafından, Konya-Sızma, Lâdik, Kurşunlu köylerindeki civa yatakları ile Manisa, Alaşehir-Kozluca civa yatağı son yüzyılın başlarında İngilizler tarafından işletilmiştir. İzmir-Karaburun civa yatağı da Birinci Dünya Savaşından önceki ve sonraki yıllarda zaman zaman işletilmiştir (MTA,1977; Yıldız,1978).

1960-1990 yılları arasında Batı Anadolu'da çeşitli bölgelerde (Karaburun, Karareis, Halıköy, Tire-İzmir, Alaşehir-Manisa, Baltalı-Murat Dağı-Uşak) civa işletmeleri faaliyet göstermiştir. Civanın düşük fiyatlı olması, az talep edilmesi ve artan çevresel endişelerden dolayı 1990 yılının başına kadar kademeli olarak madenler terkedilmiştir (Yıldız,1978; Gemici ve Oyman, 2003). Ancak günümüzde faaliyetleri durdurulmuş olan bu maden ocakları kontrolsüz olarak terkedilmişlerdir. Kullanılmıyor olmalarına karşın terkedilmiş olan bu madenlerdeki asidik suların drenajı ve maden atıkları, madenlerin çevresinde potansiyel çevre problemleri oluşturmaktadır. Maden işletmelerinden kaynaklanan asit karakterli sular ve atıklar çevrede yer alan yüzey ve yeraltı sularıyla topraktaki Hg, As, Sb, Pb, Zn, Al, Fe, Mn, Cu gibi ağır metallerin miktarlarının artmasına neden olabilmektedir (Gemici vd. 2006).

Bu çalışma kapsamında hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal çalışmalar ışığında su, toprak ve maden atıklarının incelenerek Batı Anadolu'da yer alan bazı eski civa madenlerinin neden olabileceği çevresel etkilerin saptanması amaçlanmıştır.



Şekil 1. Batı Anadolu'daki eski civa madenlerinin dağılımları

Değerlendirme

Halıköy civa madeni

Halıköy Civa Madeni, Beydağ (İzmir) Kasabasının 5 km batısında yer alır (Şekil 1). Batı Anadolu'nun en büyük Hg maden yataklarından birisidir. Halıköy Civa Madeni, 1958–1986 yılları arasında işletilmiş, toplam 2045 ton civa elde edilmiştir (Tokcan, 1987). Yüzey ve yeraltı suları için potansiyel tehlike oluşturan asit maden drenajı Halıköy Civa Madeni'eki galerilerinden yayılmakta olup madenin terk edilmesinden bu yana çevresel düzenleme çalışması yapılmamıştır (Şekil-2). İçme ve tarımsal sulama amaçlı kullanılan sığ yeraltı suyu kuyularından bazıları günümüzde bu amaçlar için artık uygun değildir (Gemici, 2004).

Maden alanı civarındaki maden suyu, yüzey ve yeraltı suyu örnekleri baskın olarak Mg ve Ca kanyonları ve SO₄ anyonu içeriği bakımından karakterizedir. Maden bölgesindeki suların pH' ı 3.0-5.2 arasındadır. Maden alanının daha alt kesimlerinde yer alan yeraltı suyu örneklerinin pH' ı 3.7 - 6.1

arasındaki değerlere sahiptir (Çizelge-1). Asitliğin sebebi, başlıca pirit ve daha az miktardaki kalkopirit olmak üzere demir sülfat fazından ileri gelmektedir. Çalışma alanındaki kirleticilerin başında maden atıklarını drene eden sular ve maden ocağındaki boşalım gelir. Maden atıklarındaki ile galerilerdeki sülfürlü minerallerin oksidasyonu ve asit maden drenajı pH' in düşmesine ve Fe, Al, SO₄ ve iz metallerin çözünmesinde bir artışa neden olmaktadır.

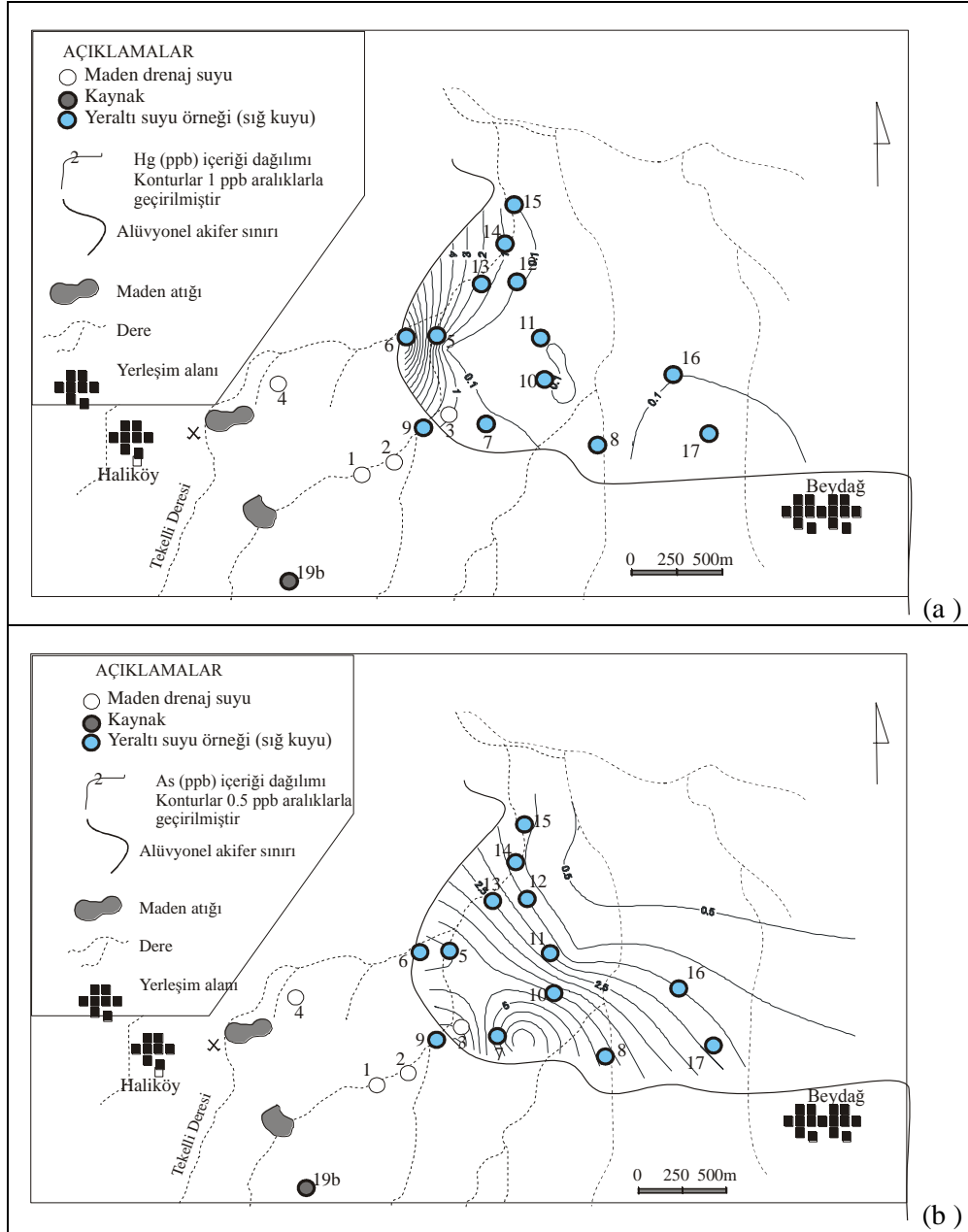
Çizelge-1 Halıköy civa madeni ve çevresindeki su örneklerinin bazı ağır metal içerikleri (µg/L)(Gemici 2004)

	pH	Al	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
1	5.06	903	181.6	<0.05	25.11	<0.5	5.8	344978	0.04	68.9	4.5	208.4
2	2.87	12385	14.9	0.18	56.34	6.8	29.5	130384	0.18	90.4	8.7	287
3	2.82	14868	2.2	0.08	96.47	4.4	12.7	82803	0.14	146	3.2	420.2
4	6.4	1894	135.6	<0.05	6.74	0.8	2.8	1708	1.18	12.4	20.7	46
5	6.02	152	4.1	<0.05	4.29	<0.5	5.6	1198	0.07	28.6	2.5	43.5
6	3.69	106885	4.8	6.02	345.1	3.1	106.8	520	14.76	569	7.1	1549.1
7	7.5	1924	7.1	0.06	4.05	2.5	5.4	5040	0.39	5.6	2.1	14.7
8	6.66	39	0.8	<0.05	0.19	<0.5	1.9	190	0.03	<0.2	0.7	23.7
9	6.18	601	2.3	0.08	0.54	1.3	6.7	1100	0.47	2.8	1.5	12.7
10	6.78	105	3.6	<0.05	0.26	0.7	7.5	338	0.13	<0.2	1.1	43.6
11	6.53	79	1.1	<0.05	0.13	<0.5	2	487	0.16	0.5	0.7	7.9
12	6.4	46	0.8	<0.05	0.08	<0.5	2.7	74	0.03	<0.2	0.8	10.3
13	6.36	98	1.2	<0.05	0.11	<0.5	1.5	503	0.12	1.4	0.4	2.7
14	6.36	588	0.7	2.18	0.72	0.8	3.2	18	0.89	31.8	0.7	59.1
15	5.52	200	0.9	0.53	0.18	0.7	2.6	107	0.11	16.4	0.8	307.7
16	5.98	342	1.3	<0.05	0.28	1.4	13.8	524	0.14	1.1	1.8	9.9
17	6.12	647	1.5	<0.05	0.5	1.8	12.7	1022	0.24	1.9	2.6	20.5
18	6.6	520	1	0.07	0.38	<.5	1.9	150	<.1	1.8	1.8	1.4



Şekil-2 a) Halıköy civa madeni tesisleri ve maden atıkları b) galerilerden çıkan asit maden suları

Alüminosilikatların çözünmesine ilaveten maden alanı ve civarında yaygın olarak bulunan kaolinleşme, çalışma alanında alınan su örneklerindeki yüksek Al ve Si konsantrasyonlarının başlıca sebeplerinden birisidir. Maden ve yüzey suyu örneklerinin ağır metal içerikleri, dikkat çekecek derecede içme suyu standartlarının üzerindedir. Maden deresinin yakınındaki bazı yeraltı suyu örnekleri özellikle Al, As, Fe, Mn, Ni ve SO₄ bakımından içme suyu standartlarının üzerinde değerlere sahiptir. Tüm maden drenaj suları SO₄ için 250 mg/L (TS, 1997) olan içme suyu standardını aşmaktadır. Bölgedeki su örneklerinde yüksek değerlere metallere biri de Fe dir. Fe değerleri tüm maden drenaj sularında içme suyu standardının (0.2 mg/L) üzerindedir. Çalışma alanındaki en önemli kirleticilerden biriside arseniktir. Maden drenaj sularında As değerleri kurak dönemde 2-182 µg/L (ortalama 80 µg/L) olup arsenik içerikleri 10 mikrogram/L olan (TSE 1997 ve WHO 1993) içme suyu standardını aşmaktadır. Yeraltı sularının As dağılımları Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil -3 Haliköy civa madeni çevresindeki yeraltısularında a) Hg ve b) As dağılımı.

Yeraltı suları akış yönünde As değerlerinde düzenli bir azalma gözlenmiştir. Yeraltı sularının ve özellikle de maden drenaj sularının ağır metal içeriklerinin yüksek olmasına rağmen suların Hg değerleri düşüktür. Maden atıklarını drene eden suların Hg içerikleri 0.04 ve 1.18 mikrogram/L' dir. Doğrudan galeriden çıkan 2 nolu örnekte Hg değeri 1.18 mikrogram /L' dir. Yeraltı sularındaki Hg dağılımı Şekil 3'de verilmiştir. Yeraltı suyu örneklerinden madeni drene eden dere yakınında yer alan 6 nolu örnek (Hg=14.76 mikrogram /L) dışındaki örneklerde Hg değerleri 0.01 ile 0.9 mikrogram /L arasındadır ve içme suyu standardı (WHO 1993 ve TS 1997) olan 1 mikrogram/L' nin altındadır. Yeraltı suyu örneklerindeki düşük Hg içeriği, sudaki çözünürlüğe, kimyasal ve fiziksel aşınmaya karşı zinoberin aşırı dayanıklı olmasından kaynaklanmaktadır (Gray vd., 2000). Ayrıca zinoberin diğer sülfidlerden daha yavaş oksitlenmektedir (Plouffe, 1997).

Yağışlı dönemde ise As değerlerinde de azalma gözlenmiştir. Yeraltı suyu örneklerin tümü sınır değer olan 10 µg/L' den daha düşük As konsantrasyonuna sahiptir. Dere suyu örneklerinde yüzey akış yönünde As değerlerinde azalma gözlenir.

Çizelge-2 Alaşehir civa madeni ve çevresindeki su örneklerinin bazı ağır metal içerikleri (µg/L)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
pH	8.2	2.55	8.3	7.17	7.44	7.02	8.26	2.7	7.87	8.3	8.05	7.22
Al	235	89470	421	341	283	108	27	65563	103	2105	3686	2389
As	1.4	3177.6	7.5	2.5	1.1	3.1	1.7	2583.8	4.5	104.4	186	168.1
Cd	0.06	4.49	0.32	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	2.54	0.07	<0.05	<0.05	<0.05
Co	0.18	5960.58	169.95	0.25	0.19	2.72	0.08	4520.39	70.32	92.55	111.71	77.31
Cr	2.9	12569.6	20.4	5.4	2	9.7	0.8	9764.6	5.3	227.6	396.2	278.8
Cu	2.8	161	5.5	2.1	12.4	2.6	2.4	162.1	2.4	1.4	1.8	1.2
Fe	184	670950	1496	129	234	328	<10	649273	742	13896	21891	15133
Hg	0.025	0.12	0.03	<0.1	<0.1	0.035	0.039	0.173	0.038	0.116	0.21	0.274
Ni	4.4	105887	3242.8	21.3	2.4	76.3	1.7	93869.4	1740.5	2455.7	2838.2	2114
Pb	2.5	2.5	3.7	2.4	2.7	1	1	3.5	1.3	0.07	0.8	0.6
Zn	16.4	1675.4	650.7	523.8	282.5	16.7	3.4	1285.6	12.8	18.2	25.5	19.5

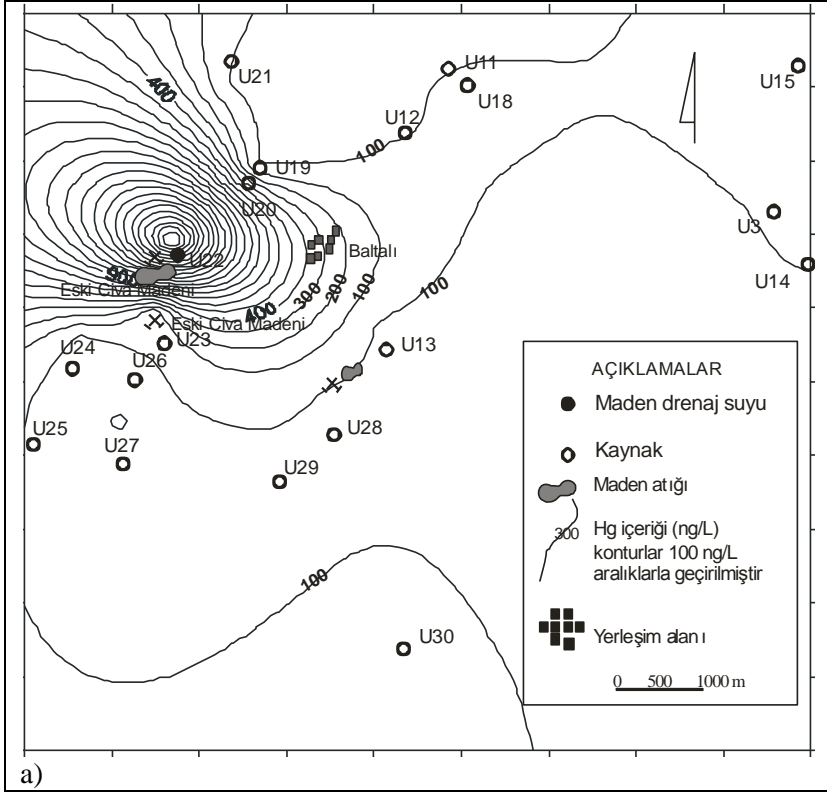
Maden atıklarındaki metal içerikleri ile bu atıkların üzerinde veya yakınında oldukları derelerdeki tortulların metal içerikleri benzer olup oldukça yüksek değerlerdedir. Maden atıklarında As değerleri 1164 ppm seviyesine kadar çıkmaktadır. Dere tortullarında bu değerler daha düşük olup taşınmaya bağlı olarak alt kotlara doğru azalmaktadırlar. Hg değerleri atıklarda 100 ppm değerini aşarken madeni drene eden derelerin tortullarında Hg değerleri 74 ppm değerine ulaşmaktadır. 61 nolu dere tortulu örneği madene en uzakta yer alan örnektir. Bu örnekte As değeri 130,7 ppm, Hg değeri ise 8,1 ppm değerine düşmektedir. Dere tortullarındaki metallerin başlıca kaynağı maden atıkları olarak gözlenmektedir Maden atıklarının bulunduğu alanlarda metal içerikleri en yüksek değerlerindedir. Buradaki metaller maden alanının alt kotlarında, düşük eğimli bölgelere ve atıkları drene eden dereler boyunca havzanın alt kesimlerine yayılmaktadırlar.

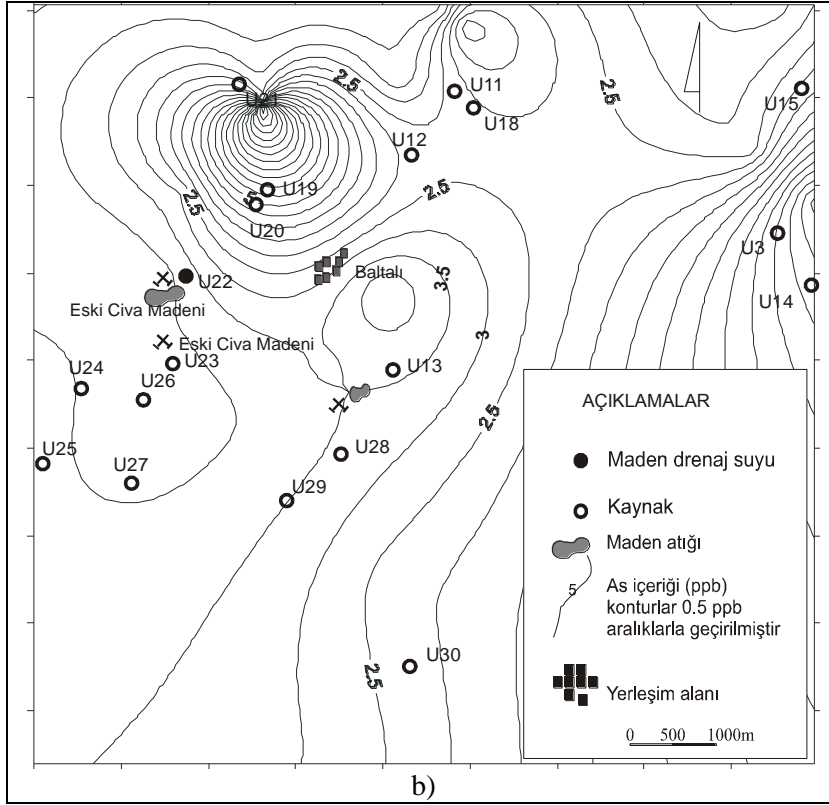
Baltalı civa madeni

Baltalı civa yatakları Murat Dağı bölgesinde yer alan eski civa yataklarındandır. Murat Dağı Bölgesi Uşak ilinin kuzeyinde 250 km² lik bir alan kaplar (Şekil-1). 1965 yılından sonra M.T.A. Enstitüsü tarafından bölgede çalışmalara başlanmış ve Baltalı civa sahasında bazı sondajlar yapılmıştır. 1968 yılında Etibank Baltalı sahasını alarak yeraltı çalışmaları yapmıştır. 1969 yılından sonra Murat dağı bölgesindeki önemli zuhurların Türk Cıva Şirketine geçmesi ve 1973 yılında Banaz yakınında kurulan döner fırın üretime başlamıştır. 1975 yılında üretim durmuş ve şirket Etibank'a devredilmiştir. Bölgedeki toplam üretim 2000 şişeden fazla olmuştur (Yıldız 1978, Yıldız ve Bailey 1978). Alandan alınan yeraltısuyu örneklerinin bazı ağır metal içerikleri Çizelge-3'te sunulmuştur. Alandaki madenlere bağlı olarak gelişen en önemli kirletici kaynak U22 nolu örneğin alındığı Çakıraz tepe eski civa yatağından geçen asit drenajı suyudur.

Çizelge-3 Çakırztepe civa madeni ve çevresindeki su örneklerinin bazı ağır metal içerikleri (µg/L)

	U14	U15	U18	U19	U20	U21	U22	U23	U25	U26	U27	U28	U30	U31
pH	7.15	7.64	7.6	7.45	7.85	7.47	2.7	6.45	6.81	7.37	7.14	7.42	7.23	6.89
Al	35	19	36	13	79	14	86223	19	64	140	63	21	20	64
As	8.2	1.3	4.4	11.8	2.1	0.7	<5	0.8	1.4	0.9	0.6	1.6	2.8	2.1
Cd	<.05	<.05	<.05	<.05	<.05	<.05	0.52	<.05	<.05	<.05	<.05	<.05	<.05	<.05
Ce	0.08	0.03	0.12	0.04	0.23	0.05	245.4	0.07	0.17	0.34	0.13	0.11	0.04	0.39
Co	0.41	0.13	0.39	0.67	2	0.19	728.1	0.19	0.2	0.33	0.19	0.15	0.13	0.29
Cr	2.3	21	1.6	0.9	3	1	463.5	6.2	0.9	2.4	1.3	3.6	4.4	1.5
Cu	2.3	0.6	1.6	1.2	1.6	1.8	13.2	0.7	2.3	1.4	1.2	1	0.9	1.2
Fe	413	244	329	202	475	269	327270	199	281	418	441	240	932	189
Hg	0.006	0.017	0.019	0.01	0.021	0.009	2.41	0.029	0.008	0.016	0.007	0.008	0.013	0.024
Ni	18.3	3.7	7.8	24.9	33.5	11.8	14815	670.4	0.2	4	2.3	29.6	4.1	1.2
Pb	0.5	0.2	0.5	0.4	0.6	0.3	6.5	0.5	0.4	0.8	0.5	0.4	0.2	0.2
Zn	2.3	1.2	2.3	1.6	2.1	2.9	535.9	4.2	3.8	11.5	2.3	2.3	2	1.3





Şekil-5 Baltalı ve çevresindeki yeraltı sularında a) Hg (ng/L) ve b)As (mg/L) dağılımları.

Diğer örnekler kaynaklardan alınmış olan yeraltısuyu örnekleridir. Yüksek asitlik ve elektriksel iletkenlik değerlerine sahip su örneğinde birçok metalin yüksek oranlarda yer aldıkları ve içme suyu standartlarının aşıldığı (TSE, 266, 1997) gözlenmiştir. Bu örneğin pH ve elektriksel iletkenlik değerleri içme suyu standartlarına uygun değildir (TSE 266, 1997; Çizelge 3). U22 nolu örnekteki ağır metal içindeki en önemli artış cıvada gözlenmiştir. 2450 ng/L olarak ölçülen Hg değeri içme suyu standartlarının üzerindedir (Hg: 1ppb). U22 nolu su örneği SO₄, Al, Cr, Fe, Mn, Ni açısından TS (1997) standardının üzerinde değerler sunmaktadır. Yeraltı sularındaki Al, Cr, Cu, Pb, Zn ve SO₄ dağılımları elementlerin hepsinin Çakıraz Tepe eski civa madeni çevresinde yoğunlaşmış olduğu gözlenmektedir. Bölgedeki yeraltısularındaki hg ve As dağılımları Şekil 5'te sunulmuştur. Madenden uzak alanlarda belirtilen ağır metaller Baltalı bölgesi yeraltı sularında içme suyu standartlarının altında değerler vermektedirler. Çakıraz Tepe Mevkii'nde yer alan eski maden atıkları bölgede kirletici kaynak konumundadır. Ancak asit drenaj suyunun düşük debili olması kirleticilerin geniş alanlara yüksek konsantrasyonlarda yayılmasını engellemektedir. Günümüzde Baltalı ve çevresindeki yeraltı suları içme ve kullanmaya uygun olan sular konumundadır.

Türkönü civa madeni

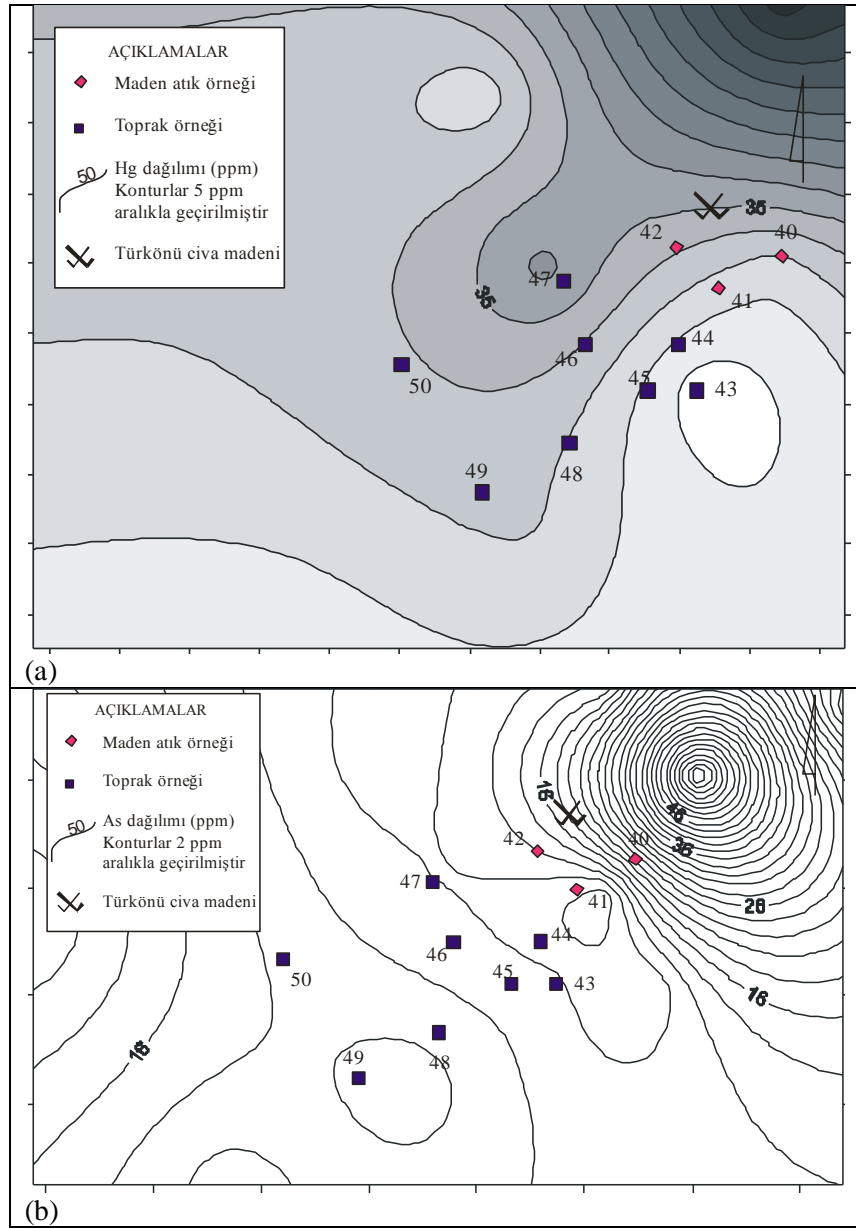
Maden alanı İzmir İli, Ödemiş İlçesi Kaymakçı Bucağı, Türkönü (Ayaslog) Köyü'nün 700-800m kuzeyindeki 230-250 m rakımlı Dikilitaş Tepe yamaçlarındadır. Daha önceki dönemlerde madende kazılar yapılmış ve az oranlarda üretim yapılmıştır. Ancak kayıtları tutulmamıştır. 1968 ve 1970 yıllarında özel bir şirket tarafından iki adet döner fırın inşa edilmiştir. Çevredeki diğer madenlerden de gelen cevherler burada işlenmiştir. 1975 yılına kadar yaklaşık 7000 şişe civa üretimi yapılmıştır (Yıldız,1978).

Maden alanı ve yakın çevresinde devamlı akışlı yüzey suları ile kaynak veya kuyu yer almamaktadır. Bu nedenle maden ocağı çevresinde yeterince yeraltı suyu örneği elde edilememiştir. Alandan sadece 3 adet su örneği alınmıştır (Çizelge-4). Alınan örneklerden 1 nolu örnek galeriden diğerleri ise atıklar üzerinde birikmiş suların alınmıştır. Sular Ca, Na ve SO₄ iyonlarınca baskın olup elektriksel iletkenlik değerleri 171-1175 µS/cm civarındadır. Metal içerikleri açısından özellikle

atıklar üzerinde birikmiş olan su örneği oldukça zenginleşmiştir. Arsenik değeri 53 mg/l gibi çok yüksek bir değere ulaşmıştır. Bu değer WHO (1993) (10 µg/l) standardının 53000 katıdır. 44 nolu örnekte diğer maddelerde de belirgin zenginleşme gözlenmektedir. Hg değeri 9,5 µg/l olup 1 µg/l olan WHO 1993 standardının üzerindedir.

Çizelge-4 Türkönü civa madeni ve çevresindeki su örneklerinin bazı ağır metal içerikleri (µg/L)
(Gemici ve Tarcan 2007)

	pH	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Ni	Pb	Zn
1	6.93	77	<.05	0.85	0.7	5.8	1.01	<.1	2.1	0.9	8
2	8.75	329.2	<.05	0.56	1.1	3.7	0.86	0.6	2.8	1.6	5
3	9.4	53293.5	0.06	1.35	2.1	15.5	1.86	9.5	4.4	1.9	12.7



Şekil-6 Türkönü madeni çevresindeki tarım toprağında a) Hg (ppm) ve b) As (ppm) dağılımı

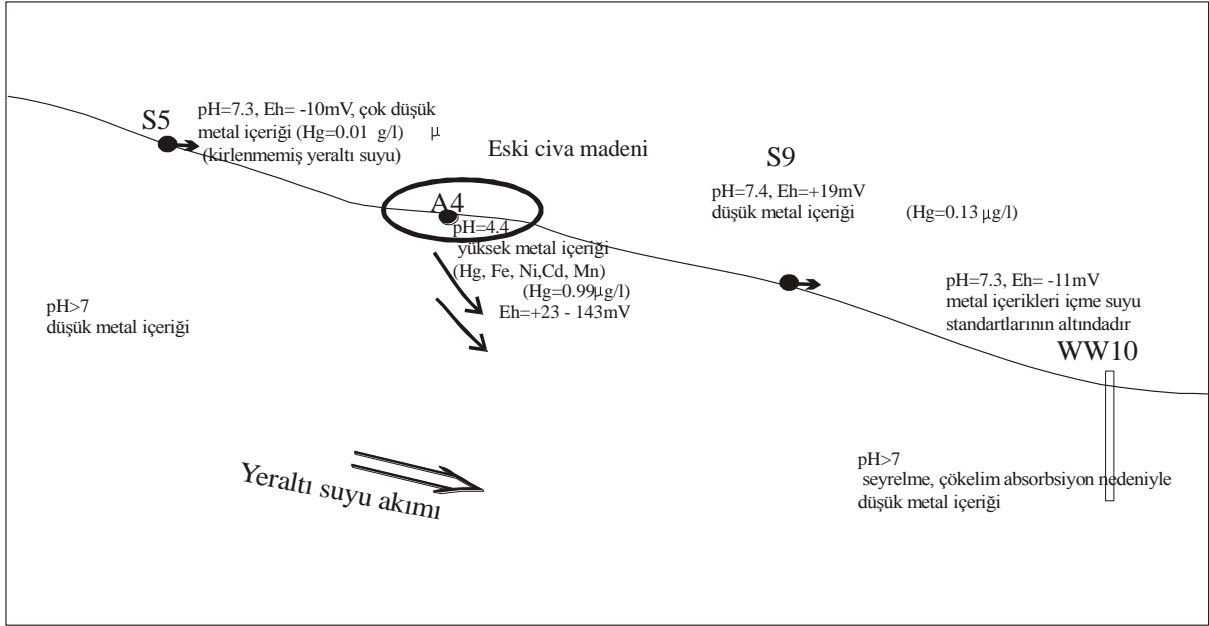
arasında değişmektedir. 4.4 pH'a sahip A4 örneği 0.99 µg/l ile en yüksek Hg içeriğine sahiptir ve Cd, Co, Cu, Mn, Ni and Zn derişimleri de yükselmiştir. Arsenik sadece MW1 örneğinde 310 µg/l değeriyle gözlenmiştir. Diğer örneklerde düşük seviyelerdedir.

Çizelge-5 Kalecik madeni çevresinden alınan suların kimyasal özellikleri (□ g/L) (Gemici ve Oyman, 2003)

	MW 1	A2	A3	A4	S5	A6	A7	S8	S9	WW1 0
pH	8.4	7.6	7.4	4.4	7.3	6.7	5.8	7.5	7.4	7.3
As	310	< 30	<	< 30	< 30	<	< 30	< 30	< 30	< 30
Cd	< 2	< 2	< 2	13	< 2	< 2	4	< 2	< 2	< 2
Co	< 5	< 5	< 5	532	< 5	< 5	21	< 5	< 5	< 5
Cr	< 20	< 20	<	35	< 20	<	< 20	< 20	< 20	< 20
Cu	6	55	8	153	6	17	33	< 2	3	4
Fe	0.02	0.6	0.1	0.4	0.1	1.2	0.1	0.1	0.5	< .01
Hg	0.04	0.01	<	0.99	0.01	0.0	2	0.02	0.08	0.13
Ni	35	50	<	480	< 5	8	160	< 5	< 5	< 5
Pb	< 10	< 10	<	0	< 10	<	< 10	< 10	< 10	< 10
Zn	982	45	746	278	30	52	67	34	40	38

Kalecik maden alanından (Mw1, A2, A3, A4, A6, A7) alınan su örneklerinin iz element derişimleri değişik değerler sunarlar. A4 örneğinde Cd, Co ve Cr Türk İçme Suyu Standartlarını (TSE, 1997) aşmaktadır. İçilebilir su standartlarının altında olan Cu derişimleri 6 ile 150 µg/l arasında değişmektedir. Bu grup su için Mn derişimleri 0.02 ile 4.9 mg/l arasındadır. Sadece A4 örneğinde Mn değeri sınırları aşmaktadır. Ni, madendeki bütün sularda (MW1, A2, A3, A4, A6, A7) zenginleşmiştir ve içme suyu için olan güvenilir seviyeyi (20 µg/l) geçmiştir. A4 örneğinin Ni içeriği 4800 µg/l'ye ulaşmıştır. Buna ilaveten, madendeki sulardaki SO₄ 650 mg/l'ye ulaşmıştır ve de içme suyu standardını (250 mg/l) geçmiştir. Maden alanındaki sülfatın ve ağır metalin kaynağı sülfat mineral oksidasyonudur.

S5 örneği Hg yataklarının olmadığı bir alandaki bir kaynaktan alınmıştır ve 0.10 µg/l gibi düşük bir Hg derişimine sahiptir. Diğer yeraltı su örneklerinin (S8, S9 ve WW10) Hg derişimleri S5 örneğinden (0.01 µg/l) yüksektir ve 0.04 ile 0.13 µg/l arasında değişmektedir. Bu çalışmada alınan bütün örneklerde Hg Türk içme suyu standartlarındaki 1.0 µg/l'den ve WHO (1993)'de tavsiye edilenden düşüktür. Kimyasal analizler yüzey ve yeraltı suyunun birkaç elementçe az veya çok zenginleştiğini gösterir. Fakat yeraltı su örneklerinin ağır metal derişimleri düşüktür. WW10'un bulunduğu akiferdeki kireçtaşındaki karbonat mineralleri, maden alanından Al ve Fe bileşiklerinin birlikte çökmesiyle sonuçlanan asidik özellikteki suyu nötralize eder. Bu da yeraltı suundaki ağır metallerin azalmasına neden olur. Buna ilaveten, kirlenmemiş yeraltı suyunun bu çeşit bir seyrelme işlemi yeraltı suyunun akım yönü boyunca kirlenmelerin azalmasını sağlayacaktır (Şekil-8). Karaburun'da hala içme suyu olarak kullanılan yeraltı suyu örneklerinin Hg içerikleri Türk içme suyu standardını geçmemektedir. Bu nedenle, Karaburun'daki maden sahasının etrafındaki yeraltı sularında düşük oranlarda kirlilik söz konusudur.



Şekil-8 Kalecik (Karaburun) madeni çevresindeki yeraltı sularının akım yönü boyunca bazı kimyasal özelliklerindeki değişim

Sonuçlar ve öneriler

Tüm alanlar genel olarak değerlendirildiğinde çevre açısından iki tür kirlenici etken öne çıkmaktadır. Bunlardan birincisi eski galerilerden yer altı sularının kontrolsüzce boşalması sonucu oluşan asidik maden drenajlarıdır. Tüm alanlarda yüksek debili yer altı suyu çıkışları gözlenmemiştir. Özellikle Halıköy sahasında ve kısmen de Alaşehir sahasında galerilerden çıkan asidik drenaj suları yüzey ve yeraltı sularının kirlenmesi açısından çevre sorunu yaratmaktadırlar. Diğer alanlardaki galerilerden zaman zaman çıkan drenaj suları düşük debileri nedeniyle belirgin kirlilik kaynağı değillerdir. İkinci kirlenici kaynak ise maden atıklarıdır. Maden atıkları proje kapsamında incelenen tüm alanlarda çevre kirliliği sorunu yaratmaktadır. Özellikle yağışlı dönemlerde yağış sularının atıkları yıkaması sonucunda yüzey ve yeraltı sularına ağır metaller karışmaktadır. Yüzey sularının erozyona uğrattığı atık malzemelerin daha düşük kotlara taşınması ve yayılması sonucunda toprak ve dere tortullarında belirgin kirlilik ortaya çıkmıştır.

Madenlerin kapanmasından günümüze yıllar geçmiş olmasına rağmen sulfit oksidasyonu ve buna bağlı olarak ortamın asitleşmesi hala etkin olarak devam etmektedir. Kirliliğin devam etmesinin önlenmesi amacıyla atıkların kontrol altına alınması; bu kapsamda atıkların özellikle dere yatakları üzerinden kaldırılması ve yüzey drenajından daha az etkilenecek şekilde depolanması sağlanmalıdır. Atıkları yıkayan yağmur sularının atık kanallarında nötralize edilmeleri ve ağır metallerin çöktürülmesi sağlanmalıdır. Bu durum özellikle Halıköy sahasında bir an önce uygulanmalıdır. Bu sahayı drene eden yan dereler Küçük Menderes nehrine bağlanmaktadır. Aksi takdirde alandaki sulfit oksidasyonu ve suların asitleşmesi daha uzun yıllar devam edecek ve yeraltı ve yüzey sularını etkileyecektir. Alkali özellikteki malzemelerin galerilerden enjekte edilmesi veya atık havuzlarına eklenmesiyle sülfidlerin oksidasyonu ve suların asitleşmesi azaltılabilir. Ancak unutulmamalıdır ki sülfidlerin oksidasyonu hem yüzeyde hem de yeraltında olduğundan asidik maden drenajının bölgede tamamen ortadan kaldırılması oldukça zordur.

Asidik suların piritin çözünmesini hızlandırması ve eklenen alkali malzemenin etkisinin zamanla azalması alkali madde ekleyerek asidik maden drenajının etkisini azaltacaktır. Özellikle asitleşme oluştuktan sonra alkali malzemelerin eklenmesi nötrleştirme işlevinin etkisini azaltacaktır. Alkali malzemelerin maden alanındaki atık malzeme içerisine karıştırılması asidik sulara eklenmesinden daha etkili olabilecektir. Böylece su kayaç ilişkisi sonucunda pirit türü minerallerin oksidasyonunun azaltılması sağlanabilir.

Kaynaklar

- Bircan, A. ve Aydoğanlı E., 1969. Türkiye Civa Envanteri, Maden Tetkik ve Arama yayınları, No. 143. Ankara
- Gemici, Ü. ve Oyman T. 2003. The Influence of the Abandoned Kalecik Hg Mine on Waters and Stream Sediments, (Karaburun, İzmir, Turkey), The Science of the Total Environment, 312: 155-166,
- Gemici, Ü. 2004. "Impact of Acid Mine Drainage from the Abandoned Halıköy Mercury Mine (western Turkey) on Surface and Groundwaters", Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 72/3, 482-489
- Gemici, Ü, Tarcan G. 2007. Assessment of the Pollutants in Farming Soils and Waters Around Untreated Abandoned Türkönü Mercury Mine (Turkey). Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 79: 20-24
- Gemici, Ü, Tarcan G, Ayata S. 2006. Batı Anadolu'da yer alan eski civa yatakları ve çevresinin hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal incelenmesi. Maden drenaj sularının yüzey ve yeraltı suları ile toprak ve dere çökelleri üzerine etkileri, TÜBİTAK Projesi, YDABAG- 103Y115.
- Gray, J.E. 2000. Theodorakos P.M., Bailey E.A., Turner R.A., Distribution, speciation and transport of mercury in stream-sediment, stream-water and fish collected near abandoned mercury mines in southwestern Alaska, USA, The Science of the Total Environment, 260:21-33,
- Langmuir, D. 1971. Geochemistry of some carbonate ground waters in Central Pennsylvania, Geochim. Osmochim. Acta. 35,
- Lehnert, K.T. 1969. Kalecik sianbr zuhurları ve Karaburun Yarımadasının kuzeydoğu kesiminde jeolojik ve maden yatakları üzerine incelemeler, MTA Enstitüsü Dergisi, 72:82-109
- Nar, T. 1974. İzmir-Karaburun Yarımadası'nda (Türk Civa Müracaat Sahalarında) yapılan civa araştırmasına ait rapor, MTA Raporu,,No: 5443, pp23.
- Plouffe, A., 1997. Physical partitioning of mercury in till: an example from central British Columbia, Canada. Journal of Geochemical Exploration, 59: 219-232
- Tokcan G., 1987. Halıköy Maden İşletmeleri Müessesesi hakkında bilgiler. Etibank Bülteni, 100-101, 19-39
- TSE (Turkish drinking water standards), 1997. Sular-İçme ve kullanma suları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- WHO (World Health Organization), 1993. WHO guidelines for drinking water quality, vol 2. Health criteria and other supporting information, WHO, Geneva
- Yıldız, M., 1978. Türkiye'de bazı civa yataklarının oluşum ve mukayesesi. Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Yayınlarından, No. 173, Ankara
- Yıldız, M., Bailey E.H., 1978, Mercury deposits in Turkey. United States Geological Survey Bulletin.