

Fusun CANPOLAT, M. Zeki ÇAMUR ve Hasan YAZICIGİL
Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara

Gölbaşı atık sahası yeraltısularının hidrojeokimyası: tik bulgular

Mogan ve Eymir Gölleri Özel Çevre Koruma Alanı'nda yer alan Gölbaşı atık sahasındaki yeraltısularının hidrojeokimyasal araştırması yapılmış, akım yönünün Mogan Gölü'nden atık sahasına ve oradan da Eymir Gölü'ne doğru olduğu belirlenerek atık sahasına göre memba ve mansap tarafları ortaya koyulmuştur, Seçilen inorganik Ca, K> Cl, SO₄, Fe, Cu, Cd, Pb, Mn, NO ve NN, iyon konsantrasyonlarının Gölbaşı atık sahasından kaynaklanan yeraltısularının tanımladığı gösterilmiştir. Atık sahası yeraltısuyu ve atık sahasından etkilenmemiş yeraltısularının iyon konsantrasyonları kullanılarak oluşturulan denklemler aracılığı ile Eymir Gölü'ne doğru akan yeraltısularına yaklaşık yüzde 25-30 atık sahası suyu karıştığı belirlenmiştir.

Giriş

Belediye katı-atık sahalarında oluşan atık sular yeraltısuyu kirlenmesine potansiyel kaynaklar oluşturmaktadır. Atık-suyu içerisinde yüksek miktarlarda bulunan, inorganik ve organik bileşikler yeraltısuyunun kalitesini düşürmekte ve tekrar kazanım için dana yüksek maliyete veya su kaynağı kuyularının terki ne neden olmaktadır* Bu nedenle- atık sahası suyu kirleniminin, miktar ve yersel dağılımının değerlendirimi çok önemlidir.

Gölbaşı katı-atık sahası Ankara'nın 17 km güneyinde, Mogan ve Eymir Gölleri özel Çevre Koruma Alanı içerisinde ve göllerim arasında bulunan bataklık bir alanda, yer almaktadır. Atık sahasının tabanı civarındaki formasyonlardan gelen çakıl, kum, sil ve kil parçacıklarının oluşturduğu Kuvaterner yaşlı alüvyonu üzerindedir. Alüvyon gevşek çakıl, kumtaşı, mari ve kireçtaşınm. oluşturduğu Pfiosen yaşlı gölsel Gölbaşı Formasyonu üzerinde uyumsuz olarak bulunmaktadır. Atık sahası daha çok evsel ve belediye atıklarının depolanmasında kullanılmıştır.

Bu makale devam etmekte olan araştırmanın Kasım 1996 tarihinde alman, ilk yeraltı suları, örneklerinden belirlenmiş

inorganik bileşiklerin konsantrasyonlarını esas alarak, Gölbaşı (Ankara) atık sahası yeraltısularının çevre yeraltısularına karışım miktarları ve su kalitesine olan hidrojeokimyasal etkilerini açıklamaktadır.

Yöntem

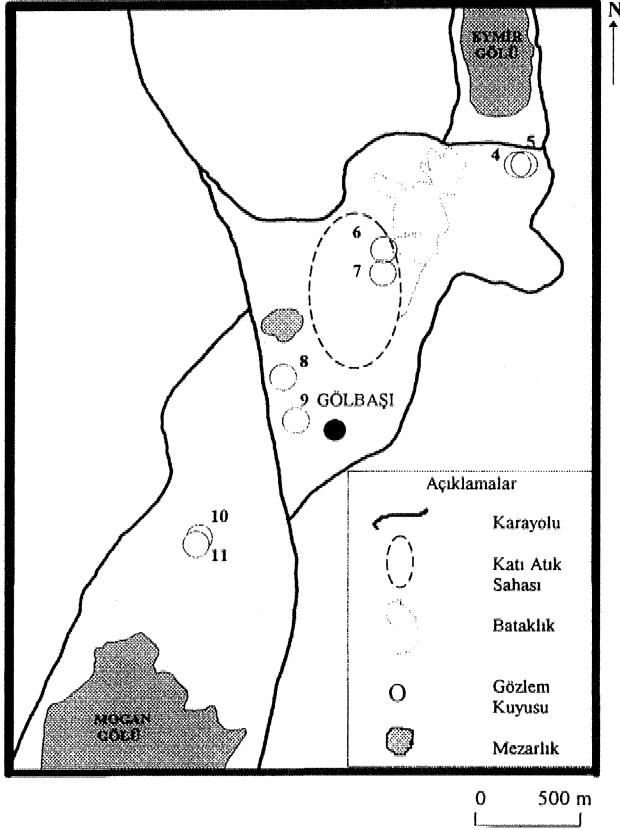
Atık sahası ve civarında Q.DX.Ü.-A.Ş.K.I., projesi (Ö.D.T.Ü., 1995) kapsamında aynı derinlikte (~ 10m) açılmış gözlem kuyuları. (#4, #6 ve #9) çalışma sahasının hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla veri toplama çalışmaları (Şekil 1). Sahadaki yeraltısularının seviyesi, elektronik aletlerle ölçümleri ile belirlenmiş ve birimlerin hidrolik iletkenliği her bir kuyuda. Bouwer-Rice yöntemi kullanılarak, yapılan yükselim testleri ile ölçülmüştür (Bouwer ve Rice, 1976).

Kuyulardan su örnekleri iki set olarak toplanmıştır. Filtreden süzölmüş olan birinci set (1 lt) alkalinite, Na, K, Ca, Mg, Cl, SO₄, F, SiO₂, NO₃, NO₂, NH₃ ve P analizleri için, filtrelenmiş ve asitlenmiş (pH<3) ikinci set (1.5 lt) ise Ba, B, Al, Cd, Ni ve Pb analizleri için kullanılmıştır. Sıcaklık, iletkenlik, pH ve toplam çözönmüş katı madde (TÇK) miktarları arazide ölçülmüştür.

Ö.D.T.Ü. Jeoloji Müh. bölümü laboratuvarlarında U.S.G.S. (1989) da rapor edilen standart metodlar kullanılarak analizi yapılmaya kadar (en fazla dört gün) örnekler buzdolabında saklanmıştır, iyon konsantrasyonları titrimetrik, kalorimetrik ve atomik, absorpsiyon spektrofotometrik yöntemler kullanılarak belirlenmiştir. Her bir kuyu soyuna ilişkin ölçülen değerler Tablo 1'de listelenmiştir.

Hidrokimyasal özellikler

Yeraltısuyu seviye ölçümleri bölgede genel yönünün Mogan Gölü'nden Eymir Gölü'ne doğru olduğunu ve atık sahası sularının yeraltısından Eymir Gölü'ne karıştığını göstermektedir (Şekil 2). Alüvyon oitamlama kalmağı 40 m alındığında (Kalkan ve diğ., 1992) dört, altı ve dokuz numaralı kuyularda sırasıyla 0.185, 1.0 ve 0.477 m/gün ortalama hidrolik iletkenlik değerleri belirlenmiştir. Değerlerin belirlenmesinde kalandan



Şekil 1. Gölbaşı atık sahası ve civarı yerleşim haritası,

her bir kuyuya ilişkin en iyi uyumluluk doğrulan Şekil 3'de gösterilmektedir.

Yeraltısını akım yönünün belirlenmesi atık sahasından akım yönünde ilerleyen suyun jeokimyasal özelliklerinin değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Bölgedeki atık sahasından etkilenmemiş yeraltısını temsil eden memba tarafı (upgradient) kuyusundan (#9) ve aúk sahasından etkilenmiş mansap tarafı (downgradient) kuyusundan (#4) toplanan örnekler kimyasal bakımdan kuyular arasındaki farklılıkları ortaya koymaktadır (Tablo 2), Tabloda ikinci kolon (Kuyu 4) memba tarafı ölçümlerinin mansap tarafı ölçümlerine oranını göstermektedir. Dolayısıyla» birden büyük değerler atık sahası girdi katsayılarını temsil etmektedir.

Bu karşılaştırmaya göre aúk sahası yeraltısını yüksek miktarlarda toplam serüik, TÇK, elektrik iletkenliği* Ca, K, Cl, SQ₄, Cu, Fe, NÖ₃, Cd ve Pb içermektedir. Ca, d, SO₄, Cu, Fe, Mn ve NH₃ anomalileri Eymir gölüne karışan mansap tarafı yeraltısını da gözlenmiştir (ŞekÜ 4), Aúk sahası konsantrasyonlarına göre daha düşük değerler içeren iyonlar (örneğin, Mg, Mn, SiO₂ alkalinite, Na), bir sonraki başk altında açıklanacağı üzere» reaksiyonlara bağlı olarak çökelim ve adsorpsiyona uğramışlardır.

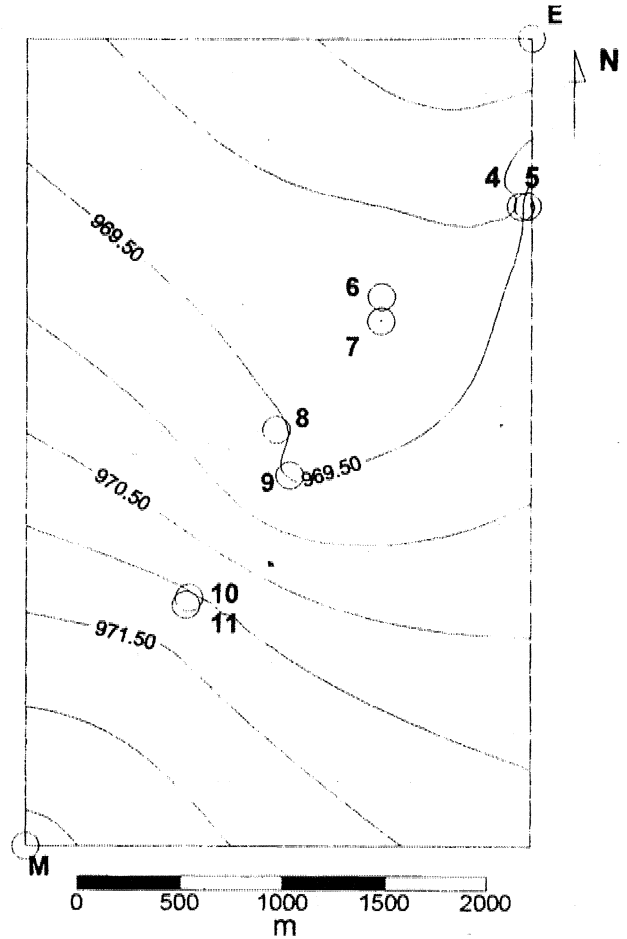
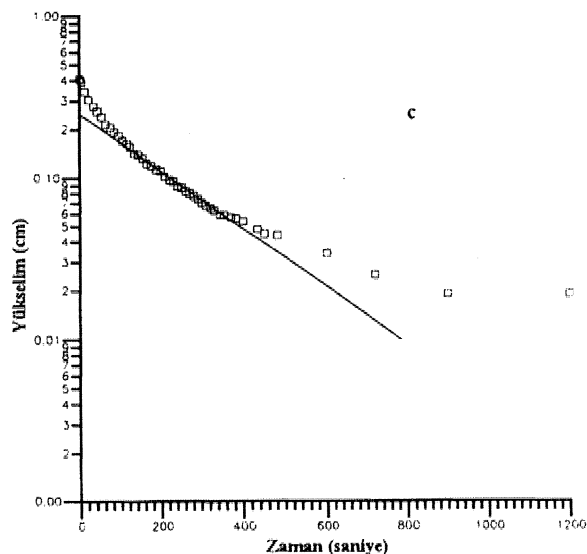
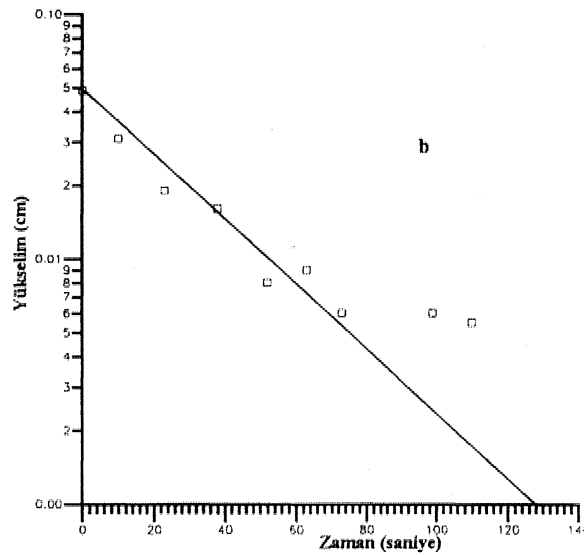
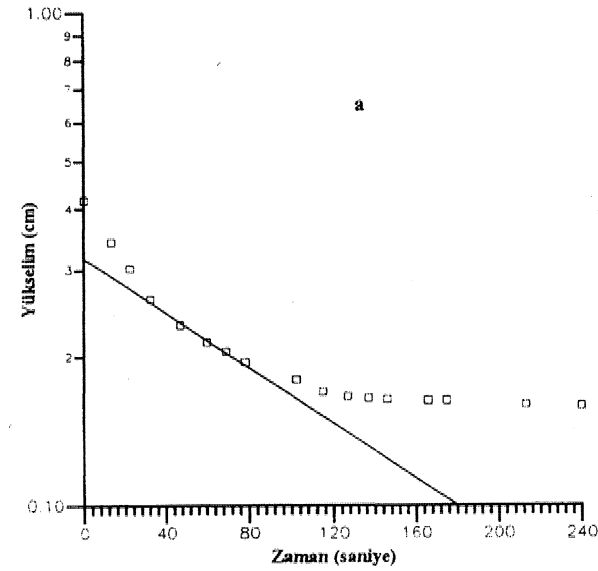
Tablo Ü Gölbaşı atık sahası ve civarı yeraltısının Kasım, 96 tar* ikinde inorganik kimyasal özellikleri,

	Kuyu 4	Kuyu 6	Kuyu 9
T(°C)	13.8	14.5	14.0
pH	7.25	7.55	7.73
Alkalinite (mg/l)	466	350	732
Sertlik (mg/i, CaCO ₃)	460	760	480
TÇK(mg/i)	603	841	661
Elektrik İletkenliği(mS/cm)	1.21	168	1.30
Mg(mg/l)	21.87	58.32	80.92
Ca(mg/l)	148	208	58.8
Na(mg/l)	161.37	138.34	232.43
K(mg/l)	1.6	3.2	1.6
HCO ₃ (mg/l)	466	350	732
Cl (mg/l)	72	122	52
SO ₄ (mg/l)	90	340	2
SiO ₂ (mg/l)	26.90	15.20	28.20
Cu(mg/l)	150	2.59	0.01
F (mg/l)	0.29	0.71	0.74
Fa (mg/l)	1.35	0.12	0.01
Mn (mg/l)	0.81	0.0	0.41
NO ₃ (mg/l)	0.442	7.072	0.442
NO ₂ (mg/l)	0.003	0.007	0.086
NH ₃ (mg/lj)	0.537	0.024	0.244
P(mg/l)	1.78	114	2.90
Ba(mg/l)	0	0	0
Al (mg/l)	0	0	0
B(mg/l)	0	0	0
Cd(ng/l)	5.08	.11.16	8.12
Ni (mg/l)	< 0.01	< 0.01	< 0.01
Pb(ng/l)	1217	78.77	37.41

Jeokimyasal değerlendirme

Eymir Gölü'nü yeraltısından besleyen ve dört numaralı kuyu suyu ile temsil edilen yeraltısınıyunun, altı numaralı kuyu suyu ile temsil edilen atık sahası yeraltısını tarafından günümüzde ne kadar kirletildiğini bulmak ve gelecekte sadece klor konsantrasyonları ölçümü ile kirletim oranlarını hesaplayabilmek için, bu tür ortamlarda tepkimeye girmeyen (mineral fazı olarak çökelmeyen veya yaygın olarak kil yüzeylerine adsorbe edilmeyen), klor konsantrasyonları kullanıldı. Bu hesaplamalarda önce atık sahası yeraltısını Mor konsantrasyonu ile atık sahası suyundan etkilenmemiş memba yeraltısını klor konsantrasyonu değişik oranlarda karıştırılarak karışım sular için hipotetik klor konsantrasyonları belirlendi. Daha sonra, karışımındaki klor miktarları ile atık yeraltısını karışım yüzdesi arasındaki doğrusal ilişki en küçük kareler yöntemi kullanılarak denMemleştirildi. Oluşturulan denklem ve denklemleri oluşturulmada kullanılan veriler (karışımındaki klor miktarları ve aúk sahası yeraltısını karışım yüzdesi) Şekil 5'de gösterilmektedir.

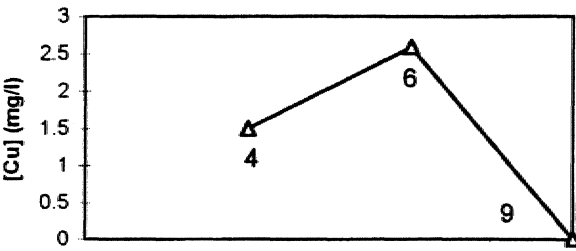
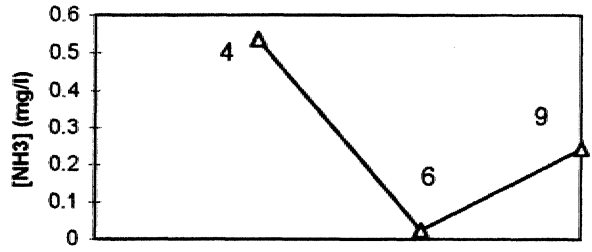
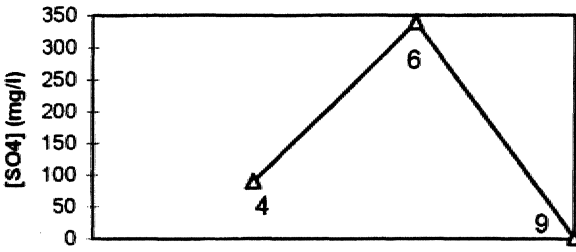
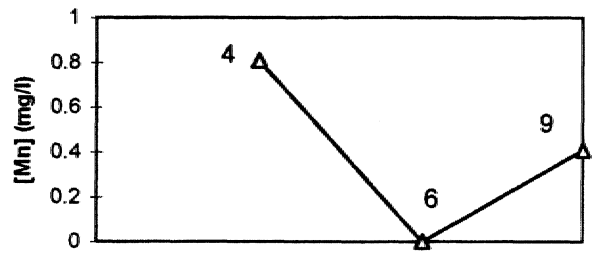
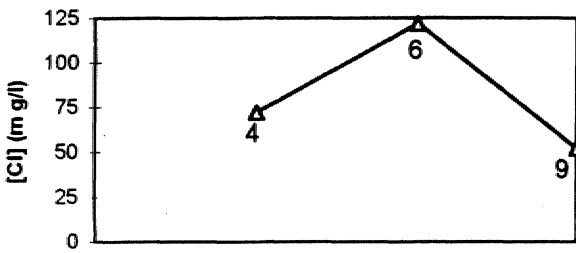
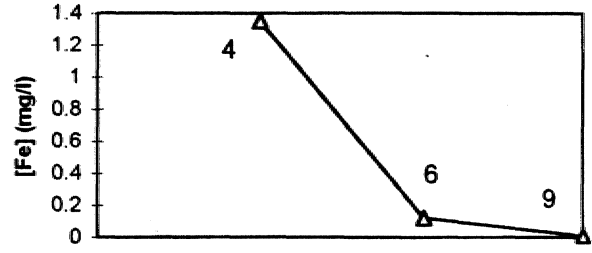
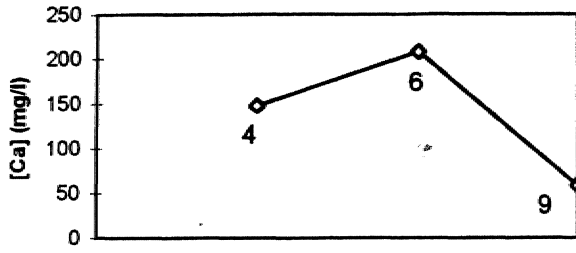
Yukarıda anlatılan hesaplamalara benzer değerlendirmeler Cu, Pb, Cd ve Ca için de yapılmış ve en iyi uyumluluk doğrulan eğimlerinin klordan farklı oldukları gözlenmiştir. Bu sonuç, söz konusu iyonların aúk sahasından uzaklaştıkça reaksiyona girdiğini (tam olarak konservatif olmadığı) göstermektedir. WATEQF program kodu (Plummer ve diğ., 1976) kullanılarak yapılan doygunluk hesaplamaları ile hangi iyonların çö-



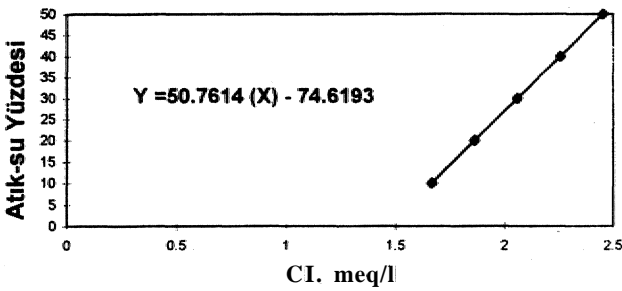
Şekil 2. Gölbashi katı atık sahası ve civarı Kasım, 96 tarihindeki yeraltısuyu dağılım haritası. Haritada E, Eymir gölü ve M, Mogan gölü sınırlarını göstermektedir.

kelim-çözünüm reaksiyonlarından etkilendikleri ayrıca belirlenmiştir. Aragonit, kalsit, dolomit, götüt, hematit, manyetit, kuvars, nodokrozit ve siderit minerallerinin doygunluk ve doygunluk-üstü değerleri, bu minerallerde mevcut Ca, Mg, Mn, Fe, SiO₂ kationlarının karışım sularında çökelebileceğine işaret etmektedir. Diğer mineraller için hesaplanan negatif doygunluk değerleri, hesaplanan bütün karışım suların bu minerallere göre doygunluk-altı değerlerde olduğunu göstermektedir. Klorit tuzlarının da bu karışım ve düşük iyonik güçlü sularında çökelmediği belirlenmiştir. Bunlara ek olarak yapılan kation değişim (Mg/Na) reaksiyon hesapları, kation değişen malzemelerin (muhtemelen killen) ortamdaki Na aldıklarına işaret etmektedir. Atok sahasından uzaklaştıkça seyrelen sular, daha düşük sülfat konsantrasyonlarının da gösterdiği üzere, daha indirgeyicidir. Nitekim, SO₄ konsantrasyonlarının değerlendirilmesi ile oluşturulan en iyi uyumluluk doğrusunun eğimi klor ile oluşturulan yakındır.

Şekil 3. Hidrolik iletkenlik değerlerinin belirlenmesinde kullanılan her bir kuyuya ilişkin (a. Kuyu 4, b. Kuyu 6 ve c. Kuyu 9) en iyi uyumluluk doğruları.



Şekil 4. Gölbaşı atık sahası ve civarı yeraltısularında Kasım, 96'da ölçülen inorganik iyon anomalileri.



Şekil 5. Karışım yeraltı sularındaki klor miktarları ve atık sahası yeraltısuyu karışım yüzdesini gösteren en iyi uyumluluk doğrusu ve bu doğrusu temsil eden denklem.

Tablo 2» Gölbaşı atık sahası ve civarı yeraltı sularında Kasım, 96'da ölçülen inorganik parametrelerin atık sahasından etkilenmeyen kuyu 9'a göre oranları

	Kuyu 4	Kuyu 6
T (°C)	0.98	1.04
pH	0.94	0.98
Alkalinite (mg/l)	0.64	0.48
Sertlik (mg/l, CaCO ₃)	0.96	1.58
TÇK (mg/l)	0.91	1.27
Elektrik İletkenliği (mS/cm)	0.93	1.29
Mg (mg/l)	0.27	0.72
Ca (mg/l)	2.5	3.54
Na (mg/l)	0.694	0.586
K (mg/l)	1	2
HCO ₃ (mg/l)	0.64	0.48
Cl (mg/l)	1.38	2.34
SO ₄ (mg/l)	45	170
SiO ₂ (mg/l)	0.95	0.54
Cu (mg/l)	150	259
F (mg/l)	0.39	0.96
Fe (mg/l)	135	12
Mn (mg/l)	1.97	0
NO ₃ (mg/l)	1	15.99
NO ₂ (mg/l)	0.05	0.11
NH ₃ (mg/l)	2.20	0.09
P (mg/l)	0.61	0.39
Cd (µg/l)	0.63	1.37
Pb (µg/l)	0.33	2.11

Atık sahası yeraltısularının Eymir'e giden yeraltısularındaki kaliteye olan etkilerini belirlemek, için kirlenmiş su içinde mevcut Mör ve sülfat konsantrasyonları oluşturulan, denklemlerde yerine konarak hesaplamalar yapıldı» Hesaplama, sonuçlamda Eymir'e akan yeraltısuyundaki atık sahası suyu yüzdesi 25-30 olarak belirlenmiştir... Atık sahası ve civarındaki yeraltı ve yerüstü suların yıllık ortalama konsantrasyonlarını birlikte değerlendiren Çamur ve diğ. (1997) Eymir bataklık tarafından yüzde 41-92 arasında, değişen bir girdi, belirlenmiştir.

Sonuçlar

Mogan ve Eymir Gölleri özel Çevre Koruma Alanı'nda yer alan Gölbaşı atık sahasında yeraltısularının Mogan Gölü'nden atık sahasına ve oradan da Eymir Gölü'ne doğru olduğu belirlenerek atık sahasına göre mamba ve mansap tarafları ortaya konulmuştur.

Seçilen inorganik Ca, K, Cl, SO₄, Fe, Co, Cd, Pb, Mg, Wö₃ ve NH₃ iyon konsantrasyonlarının Gölbaşı atık sahasından kaynaklanan yeraltısularını tanımladığı gösterilmiş ve atık sahasından etkilenmemiş sularla karşılaştırıldığında» atık sahası sonrası suların konsantrasyonlarının bir hayli yüksek olduğu belirlenmiştir.

Atık sahası yeraltısuyu ve atık sahasından etkilenmemiş yeraltısularının iyon konsantrasyonları kullanılarak oluşturulan, denklemler aracılığı ile Eymir Gölü'ne giden yeraltısularına yüzde kaç atık sahası suyu karıştığı belirlenmiştir. Kullanılan doğal iyon izleyicileri arasında özellikle klorun konservative olarak davrandığı tesbit edilmiş ve klor kullanımı ile atık suyu bileşenin yaklaşık yüzde 30 olduğu, hesaplanmıştır.

Bu çalışma sonucunda, elde edilen veriler» Eymir Gölü sularının atık sahası yeraltısularından tarafından kirlendiğini göstermektedir. Söz konusu kirlenmenin mevsimsel, portresini ortaya koyacak ve karışım öncesi, karışım durumu ve karışım sonrası reaksiyonları ve ilgili kütle transferlerini irdelenecek çalışmalar devam etmektedir.

Katkı Belirtme

Bu çalışma OD.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından desteklenen ARP 96-07-02-00-06 kodlu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Değerlenen Belgeler

- Bouwer, H. ve Rice, R.C., 1976, A slug test for determining hydraulic conductivity of unconfined aquifers, with completely or partially penetrating wells: Water Resources Research, 12,423-428.
- Çamur, M.Z., Yazıcıoğlu, H. ve Albanoğlu, D.H., 1997, Hydrogeochemical modeling of waters in Mogan and Eymir lakes special environmental protection area, Arakam, Turkey: Water Environment Research, baskıda.
- Kalkan, T., Şaroğlu, F., Özmutf, M., Atiker, M., Yıldırım, N., Süzük, H. ve Tanıl, A., 1992» Eymir ve Mogan Göllerinin (Ankara-Gölbaşı) kotunmasma yönelik jeoloji-hidrojeoloji. inceleme: MTA Raporu. No: 9477,535 s.
- OJXT.Ü., 1995, Gölbaşı Mogan-Eymir Gölleri için su kaynakları ve çevre yönetim projesi: Final Raporu, 680 s.
- Plummer, L. N., Jones, B.F. ve Thuesdell, A. H., 1976, WATEQ-A-FORTRAN IV version of WATEQ'a computer program for calculating chemical equilibria, of natural waters; U.S.G.S., Water-resources investigations report, 76-13,61 p.
- U.S.G.S., 1989,, Methods for determination of inorganic substances in water and fluvial sediments; In Techniques of water-resources investigations of the U.S.G.S., (eds. M.J. Friedman and L.C., Friedman), Book 5, Chapter A1, 545 s.