

Türkiye'de asit maden göllerine Çan (Çanakkale) Havzası'ndan Güncel birkaç örnek

Madencilik faaliyetinin su kirliliğine neden olan birincil kaynağı asit maden drenajı/gölleridir. Peki, bu önemli çevresel sorun Çan havzasında nasıl oluşmaktadır?

Dr. Deniz ŞANLIYÜKSEL YÜCEL

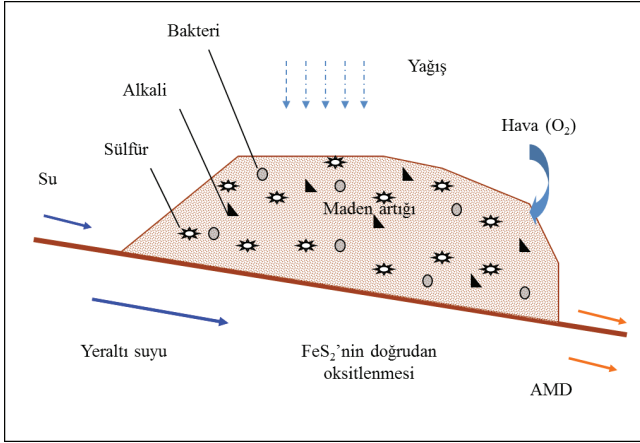
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,
Mühendislik Fakültesi,
Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Prof. Dr. Alper BABA
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü,
Mühendislik Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü
alperbaba@iyte.edu.tr

ASİT MADEN DRENAJİ NEDİR?

Asit maden drenajı/asit kaya drenajı (AMD/AKD), yaygın olarak bulunan demir sülfür minerallerinin (pirit, pirotin vb.) atmosferik oksidasyonu (su, oksijen ve karbondioksit vb.), katalizör görevindeki bakterilerin (Acidithiobacillus ferrooxidans, Acidophilic bacterium vb.) varlığı ve sonradan diğer metallerin (Fe, Zn vb.) sürece katılımıyla gelişen tepkimeler sonucunda oluşmaktadır (1-6). (7), bir maden alanında pirit, pirotin ve markazit gibi demir minerallerinin nemli ortamda oksitlenmeye maruz kalmasıyla gelişen tepkimeler sonucu sulu ortama proton (H^+ iyonu) vermesi ve çözeltinin asidik niteliğe dönüşmesi olayını AMD olarak tanımlamıştır.

AMD'nin, üç temel bileşeninden biri olan demir sülfürlerin doğada en yaygın rastlanan minerali pirittir. Pirit, magmatik, volkanik, sedimanter kayalarda ve kontak metamorfik ve hidrotermal yataklarda bulunan bir mineraldir (7, 8). Maden alanında (açık ya da kapalı ocaklar, cevher stok sahaları vb.) yer alan kayaç yığınları veya pasalar AMD'nin oluşumuna neden olabilmektedir. Bu kaynaklardan doğan sızıntılar ile asidik drenaj gelişebilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. AMD oluşumunun şematik gösterilimi (9, 8).

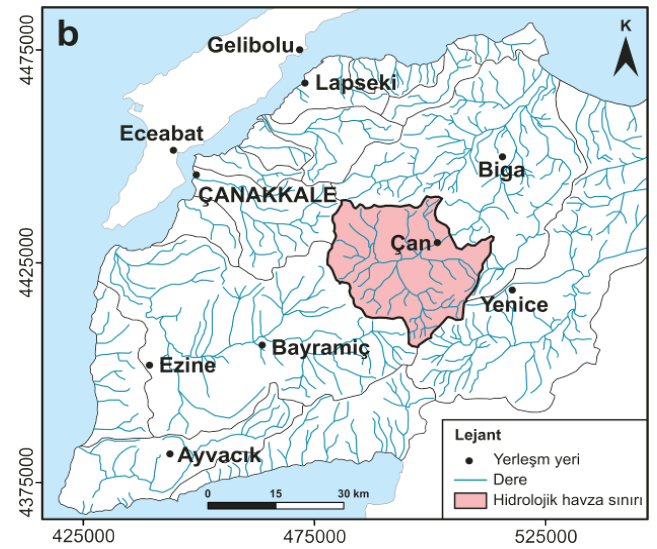
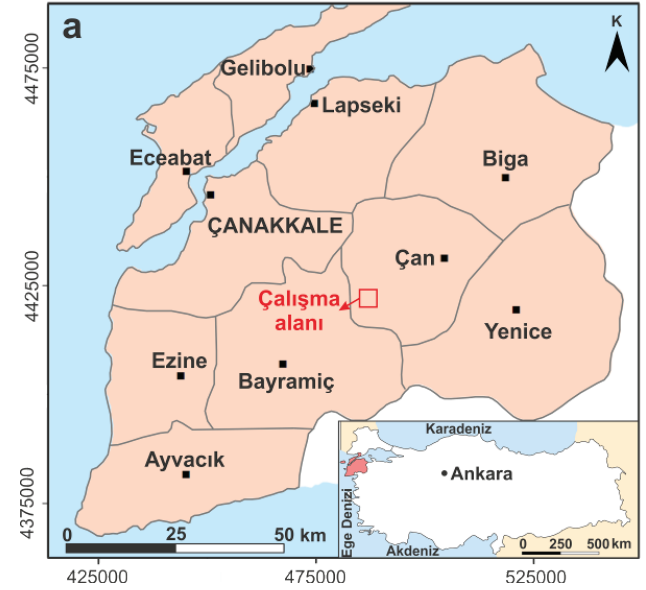
Asit maden gölleri (AMG), AMD ve doğal yüzey ve yeraltı sularının açık maden işletmesinin neden olduğu bir çöküntü içerisinde birikmesi sonucu oluşurlar (10, 11). AMG'ler büyük hacimli su kütlelerini içermesi nedeniyle AMD'na nazaran çevresel açıdan daha büyük risk taşımaktadır.

AMD ve AKD kaynaklı çevresel sorunlar uzun yıllardır bilinmektedir. Buna rağmen asidik drenaj oluşum mekanizmalarının anlaşılmasına yönelik araştırmalar ve kestirim için yeni yaklaşımlar geliştirilmesine dönük çalışmalar halen sürmektedir. Birbirinden farklı oluşum koşullarının yarattığı maden yataklarının farklılığı, jeolojik, coğrafik ve meteorolojik etmenler her bir maden yatağını kendine özgü kılmaktadır. Ülkemizde AMD/AKD ile ilgili yapılmış çalışmalar son derece az olup (12-21), Biga Yarımadası'ndaki Çan havzası AMD ve AMG'lerinin en iyi gözlemlendiği sahalardandır.

ÜLKEMİZDE ASİT MADEN GÖLLERİNE BİR ÖRNEK: ÇAN HAVZASI

Çan ilçesi, Çanakkale iline 75 km mesafede olup, Kocabaş çayı üzerinde kurulmuş, tarihi milattan öncesine dayanan eski bir yerleşim yeridir. AMG'leri Çan'ın 17 km GB'sında (Şekil

2a), Keçiğılı ve Hacıkasım köyleri arasında yer almaktadır. Çan havzası, Biga Yarımadası'ndaki ikinci büyük akarsu olan Kocabaş çayı hidrolojik havzasının alt havzası olup, toplam alanı 761.2 km²'dir (Şekil 2b). Uzunluğu 80 km olan Kocabaş çayı, Kazdağı bölgesindeki Ağı dağı (989 m) ve Katran dağı (1111 m) eteklerindeki derelerin birleşmesinden sonra çay, kuzeydoğuya yönelir, önce Çan ve sonra Biga ilçelerinden geçerek Marmara Denizi'ne dökülür.

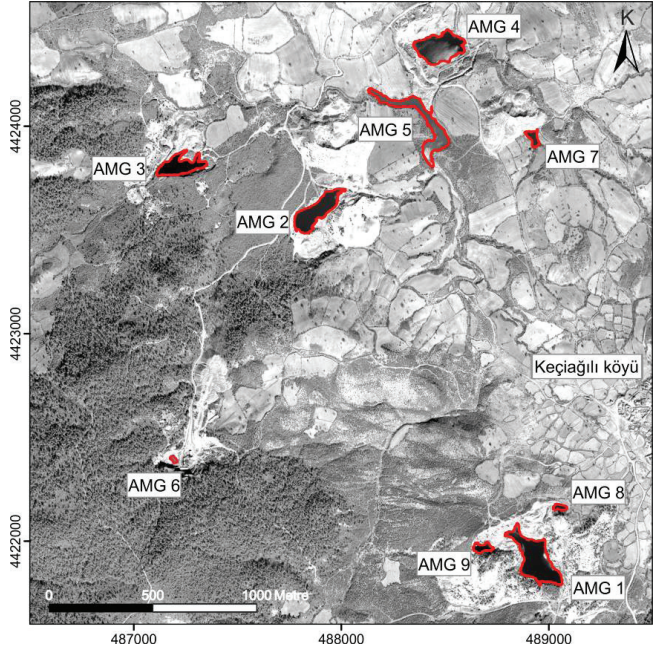


Şekil 2. a) Çalışma alanının konumu ve b) Çan hidrolojik havzası.

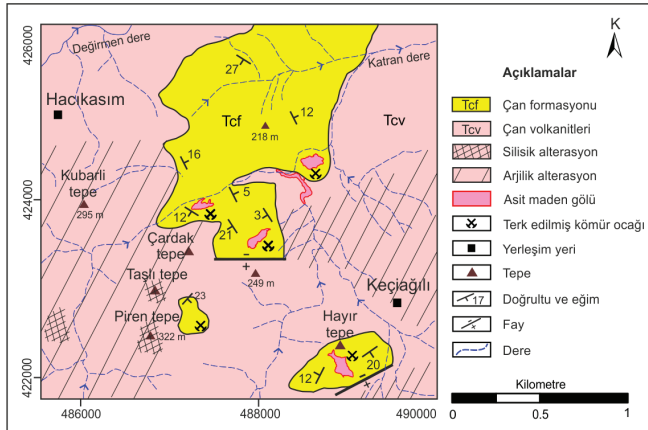
Çalışma alanının temelini kendisinden yaşlı birimleri keserek yüzeye ulaşmış olan Oligosen yaşlı Çan volkanitleri (22) oluşturur. İçerisinde linyit bulunduran kırıntılı ve gölsel çökellerden oluşan Erken-Orta Miyosen yaşlı Çan formasyonu (23) Çan volkanitleri üzerine uyumsuzlukla gelir (Şekil

3). Çan volkanitleri genellikle andezit, andezitik tüf, trakiandezitik, dasitik bileşimli lavlar, andezit, dasitik bileşimli aglomeralar ve riolitik bileşimli tüflerden oluşmaktadır. Ayrıca çalışma alanında bu volkaniklerin hidrotermal alterasyonu sonucu oluşmuş silisifiye olmuş (sileks) bölgeler de bulunmaktadır. Sileksler, silis bakımından zengin hidrotermal sıvıların volkanik kayalar üzerindeki silisik alterasyonu ile ilişkilidir. Silisleşmiş volkanitlerin altında yer alan altere olmuş ve geçirimsiz özellikler gösteren andezitlerde killeşme-arjilik alterasyon gözlenmektedir. Çan formasyonu ise kumtaşı, kiltası, linyit, organikli kiltası, aglomera, tüf, tüfit gibi heterojen litolojilerden oluşmaktadır. Çan formasyonundaki linyit seviyesinin ortalama kalınlığı 17 m.'dir (24). Kömürler düşük kaliteli (1500-4500 kcal/kg; ortalama 2000 kcal/kg), yüksek sülfür (% 3-8; ortalama % 6), nem (% 14.7-28.4; ortalama % 23) ve kül (% 3.5-29.8; ortalama % 24) içeriklidir (25). Kömür içerisinde en yaygın olarak gözlenen sülfür minerali pirittir.

(26), AMD'nın oluşum reaksiyonları sırasında bir kısım Fe^{3+} 'ün hidrolize uğrayarak oluşan demir hidroksitin sarı, kırmızı, turuncu ve kahverengi renkler vererek çökeldiğini ifade etmiştir.



Şekil 4. Asit maden göllerinin konumu.



Şekil 3. Asit maden gölleri ve çevresinin jeoloji haritası (6)

Çan formasyonunda yer alan yüksek sülfür içerikli linyit kömürünün üretilmesi sırasında oluşan çukurlar hiçbir iyileştirme (rehabilitasyon) işlemi gerçekleştirilmeden terk edilmiştir. Çukurlar, yüzeysel drenaj ile dolmuş ve göller oluşmuştur. Zaman içerisinde AMD için uygun koşulların bir araya gelmesi ile (pirit+nem+hava) göller, asidik özellik kazanmış ve AMG'leri oluşmuştur. Çan havzasında 9 AMG saptanmıştır (Şekil 4). Bu göller kırmızımsı sarı ve sarımsı kahve renkleri ile karakteristiktir (Şekil 5a ve b). AMD'nın rengi, jeokimyasal oluşum ortamındaki çözülmüş metal iyonlarına bağlı olarak oluşan mineral çökeli ile değişmektedir.



Şekil 5. a) AMG 2 ve b) AMG 3'ün görünümü.



Şekil 6. Asit maden göllerinin çevresindeki derelere deşarjı.

AMG'lerin fizikokimyasal parametreleri incelendiğinde dünyadaki benzerleri ile oldukça yakın su kalitesi özellikleri gösterdiği görülmüştür. Özellikle bu tip göllerin en belirgin özelliği olan yüksek asidite ve düşük pH seviyeleri tüm göllerde gözlenmiştir. Ölçülen en düşük pH seviyesi 2.53 ile AMG 2'de saptanmıştır. En yüksek pH seviyesi ise 3.05 ile AMG 4'dedir. Benzer şekilde göllerin elektriksel iletkenlik değerleri de dünyadaki benzerleri gibi yüksek seviyelerdedir. Özellikle yüksek asiditeye bağlı olarak suda fazla iyon çözünmesi neticesinde suyun elektriksel iletkenlik değeri artmaktadır. Bu çalışmaya konu olan göllerde elektriksel iletkenlik değerleri 2890 ile 6750 $\mu\text{S}/\text{cm}$ değeri arasında değişmektedir. Gerek yağış ve gerekse de sızma miktarlarındaki artış/azalış sonucu az da olsa bazı mevsimsel değişiklikler olabilmektedir.

Temel anyon ve katyon sonuçları incelendiğinde göllerdeki en baskın iyonun sülfat olduğu görülmüştür. Göllerde ölçülmüş olan en yüksek sülfat iyonu konsantrasyonu AMG 2'de ölçülmüş olup,

5370 mg/L'dir. Göllerin iyon dizilimi $\text{SO}_4 > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{Cl} > \text{K}$ şeklindedir. Göllerde elde edilen toplam metal sonuçları incelendiğinde çok yüksek demir ve alüminyum değerlerinin ölçüldüğü saptanmıştır. Özellikle demir konsantrasyonları açısından 7142 ile 329770 $\mu\text{g}/\text{L}$ arasında değişen değerler tespit edilmiştir. Bu değerler tipik AMG'lerinde gözlenen değerlere benzerlikler göstermektedir. Temel oluşum mekanizmasının sülfür içerikli demir mineralinin oksidasyonu olan asidik göllerde bu tip yüksek demir sonuçları normal değerlerdir. Buna karşılık 16884 ile 360675 $\mu\text{g}/\text{L}$ değerleri arasında değişen alüminyum değerleri oldukça yüksektir. Alüminyum değerlerinin bu denli yüksek olmasının temel nedeni, linyitli tabakaların içerisinde bulunan killi kaya birimlerinin düşük pH seviyelerinde içeriğindeki alüminyum suya vermesidir. Yaz aylarında artan buharlaşma etkisi ile birlikte AMG'lerinde pH değerleri azalmakta, asidite ve metal konsantrasyonlarında artış gözlenmektedir.

Kömür işletmelerinin bazılarının sahaları tama-

men terk ettikleri, bazılarının ise rezervin ekonomik olarak çıkartılmasının mümkün olmadığı durumlarda işletme faaliyetlerine ara verdikleri tespit edilmiştir. Bu nedenle göllerin kontrolsüz olarak boşaltılmak suretiyle yeniden işletmeye açılma riski bulunmaktadır. Havzada yer alan AMG'lerinin yüzey sularına karışımı/deşarjı sonucunda balık ölümleri gerçekleşmiş ve yerel basında uzun süre tartışılmıştır (18) (Şekil 6). AMD özellikle nehir ve göllerin ekosistemleri üzerinde etkilidir. pH'ın düşmesi yaşamlarını sularda sürdüren canlılar için başlı başına bir problemdir.

SONUÇLAR

Günümüzde çevrenin korunması gerekliliği de artık tartışma götürmez bir gerçektir. Ancak bu hiçbir zaman doğal kaynaklardan vazgeçileceği anlamına gelmemelidir. Bu aşamada, çevresel planlama çalışmalarıyla madencilik faaliyetlerinin oluşturabileceği olumsuz etkilerin önceden tespit edilmesi, bu etkilerin en aza indirilmesi veya giderilmesi mümkündür. AMD sadece su kirliliğine neden olan tek yönlü bir kirletici olarak düşünülmemelidir. Hem doğrudan, hem de dolaylı olarak sayısız çevre sorunlarına yol açar ve ekonomik sonuçları şaşırtıcı derecede büyüktür. Başlangıç aşamasından, ocağın kapatılmasından sonraki döneme kadar yapılacak tüm işlemler önceden planlanmalıdır. Artan çevre bilinci ile birlikte yaptırımlarla uygulanması gereken kanunlar ve standartlar çerçevesinde yürütülmesi gereken madencilik faaliyetleri ile AMG'leri çevresel sorun olmaktan çıkarılmalıdır. Düşük pH, yüksek asidite ve yüksek konsantrasyondaki metalleri içeren göllerin rehabilitasyonu, insan ve çevre sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Bölgedeki su kaynakları, tarım alanları ve göllerin çevresinde yaşayan halkın sağlığı olumsuz olarak etkilenmektedir.

KAYNAKLAR

- (1) Mills, C., 1995. An AMD/ARD Dedicated Blog Based on The Text of a Presentation Given Mills to British Columbia High School Science Teachers. Seminar; Acid Rock Drainage at the Cordilleran Roundup, Hotel Vancouver, Vancouver, BC.
- (2) EPA- United States Environmental Protection

Agency, 1994a. Innovative Methods of Managing Environmental Releases at Mine Sites. USEPA, Office of Solid Waste, Special Wastes Branch (Washington DC), April, OSW Doc. 530-R-94-012.

- (3) EPA- United States Environmental Protection Agency, 1994b. Acid Mine Drainage Prediction. USEPA, Office of Solid Waste, Special Wastes Branch (Washington DC), December, EPA 530-R-94-036.
- (4) Akçıl, A., Koldaş, S., 2006. Acid Mine Drainage (AMD): Causes, Treatment and Case Studies. Journal of Cleaner Production. 1139-1145.
- (5) Özçelik, G.A., 2007. Prediction Techniques of Acid Mine Drainage: A Case Study of a New Poly- Metallic Mine Development in Erzincan-Iliç, Turkey. Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- (6) Şanlıyüksel Yücel, D., 2013. Asidik Su Kaynaklarının Karakteristikleri, Oluşumunu Sağlayan Faktörler ve Hidrojeokimyasal Özellikleri (Çan-Bayramiç; Biga Yarımadası Örneği). Doktora Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale, Türkiye.
- (7) Karadeniz, M., 2008. Asit Maden Drenajı ve Çözümü. TMMOB Maden Mühendisleri Odası Yayını, Oda Yayın No:146, 231.
- (8) Lottermoser, B.G., 2010. Mine Wastes: Characterization, Treatment, and Environmental Impacts. 3rd Edition, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- (9) BCAMDTF (British Columbia Acid Mine Drainage Task Force), 1989. Draft Acid Rock Drainage Technical Guide - Volume 1. Prepared by Steffen Robertson and Kirsten (SRK), Vancouver, BC.
- (10) Geller, W., Klapper, H., Schultze, M., 1998. Natural and Anthropogenic Sulfuric Acidification of Lakes. In: Geller, W., Klapper, H. ve Salomons, W. Eds. Acidic Mining Lakes: Acid Mine Drainage, Limnology and Reclamation. Springer, Berlin. 3-14.

- (11) Gündüz, O., Okumuşoğlu, D., Baba, A., 2007. Acidic Mining Lakes and Their Influence on Water Quality: A Case Study From Çan (Canakkale), Turkey. Securing Groundwater Quality In Urban and Industrial Environments, 6th International Groundwater Quality Conference Held In Fremantle, Western Australia. 1-8.
- (12) Şanlıyüksel Yücel, D., Baba, A., 2013. Geochemical Characterization of Acid Mine Lakes and their Effect on the Environment, NW of Turkey. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 64 (3): 357-376.
- (13) Şanlıyüksel Yücel, D., Yücel, M.A., Baba, A., 2014. Change Detection and Visualization of Acid Mine Lakes Using Time Series Satellite Image Data in Geographic Information Systems (GIS): Çan (Canakkale) County, NW Turkey. Environmental Earth Sciences. DOI 10.1007/s12665-014-3330-6
- (14) Şanlıyüksel Yücel, D., Baba, A., 2013. Effects of Acid Mine Lakes on Water Resources in Biga Peninsula, Turkey. The second International Conference on Water, Energy and the Environment (ICWEE'2013). 21-24 September, Kuşadası, Turkey, Paper number 277, p. 59.
- (15) Şanlıyüksel Yücel, D., Çelik Balcı, N., Baba A., 2014. Çan İlçesinde (Çanakkale) Terk Edilmiş Kömür Ocaklarında Oluşan Asit Maden Göllerinin Hidrojeokimyası. 6. Jeokimya Sempozyumu, Mersin Üniversitesi, Mersin. 205-207.
- (16) Yücel, M.A., Şanlıyüksel Yücel, D., Turan, R.Y., 2014. İnsansız Hava Aracı Kullanarak Çan (Çanakkale) İlçesinde Bulunan Asit Maden Göllerinin Alansal Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında İncelenmesi, 67. Türkiye Jeoloji Kurultayı, MTA, Ankara. 144-145.
- (17) Yücel, M.A., Şanlıyüksel Yücel, D., Baba, A., 2012. Çan (Çanakkale) İlçesindeki Kömür Madencilik Faaliyetlerinin Alansal Bazda Değişiminin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Ortamında Uydu Görüntüleri İle Belirlenmesi. 65. Türkiye Jeoloji Kurultayı, MTA, Ankara. 146-147.
- (18) Şanlıyüksel D., Baba, A., 2011. Çan Havzasında Terk Edilmiş Maden Sahalarından Kaynaklanan Atıkların Su Kaynaklarına Etkisi. 64. Türkiye Jeoloji Kurultayı, MTA, Ankara. 47-48.
- (19) Şanlıyüksel Yücel, D., Baba, A., Şengün, F., Yücel, M.A., 2013. Drainage waters affected by pyrite oxidation in an open pit coal mine in Çan Region, NW Turkey IAH 2013 Congress, September 15-20 Perth, Australia, Paper number: 32, p 65.
- (20) Yücel, M.A., Şanlıyüksel Yücel, D., Baba, A., 2013. Determining and Monitoring of Acid Mine Lakes Using Satellite Images and Geographic Information System (GIS) in Çan County, NW Turkey. IAH 2013 Congress, September 15-20 Perth, Australia, Paper number 106, p 195.
- (21) Okumuşoğlu, D., Gündüz, O., 2013. Hydrochemical Status of an Acidic Mining Lake in Çan-Çanakkale, Turkey. Water Environment Research. 85 (7): 604-620.
- (22) Ercan, T., Satır, M., Steinitz, G., Dora, A., Sarıfakioğlu, E., Adis, C., Walter, H.J., Yıldırım, T., 1995. Biga Yarımadası ile Gökçeada, Bozcaada ve Tavşanlı Adalarındaki (KB Anadolu) Tersiyer Volkanizmasının Özellikleri. MTA Dergisi. 117: 55-86.
- (23) Hezarfen, C., 1976. Çanakkale-Çan Kömür Yatağı Fizibilite Araştırması. Jeoloji. Cilt 1, M.T.A.
- (24) Bozcu, M., Akgün, F., Gürdal, G., Bozcu, A., Kapan Yeşilyurt, S., Karaca, Ö., 2008. Çan-Yenice-Bayramiç (Çanakkale) Linyit Havzasının Sedimentolojik, Petrolojik, Jeokimyasal Ve Palinolojik İncelenmesi. TÜBİTAK - Proje No: 105Y114. 259.
- (25) Gündüz, O., Baba, A., 2009. Asidik Maden Gölleri ve Çevresel Etkileri. 3. Madencilik ve Çevre Sempozyumu, Bildiriler Kitabı. 95-105.
- (26) Karadeniz, M., 2011. Balıkesir-Balya-Kurşun-Çinko Madeni Flotasyon Artıklarının Asit Maden Drenajı Oluşum Potansiyelinin Derinlikle Değişiminin Araştırılması. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye.