

Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi Mermer Artıkları Depolama Sahasının Yer altı Suyuna Olan Etkisinin İncelenmesi

Mustafa Yavuz Çelik¹, Şükrü Tur²

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Meslek Yüksek Okulu, Doğal Yapıtaşları Teknolojisi Programı, Afyonkarahisar.

²İl Özel İdaresi, Afyonkarahisar.

e-posta: mycelik@aku.edu.tr

Geliş Tarihi: 21 Aralık 2012; Kabul Tarihi: 04 Mart 2013

Özet

Afyonkarahisar bölgesinde 400 civarında mermer işleme tesisinde yılda yaklaşık 300.000 ton sulu, 200.000 ton katı mermer artığı oluşmaktadır. Bu artıklar 3 bölgede (İscehisar, Susuz Boğazı ve Organize Sanayi) bulunan atık depolama sahalarında toplanmaktadır. Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesinde bulunan 40 adet mermer işleme tesisinden yıllık 60.000 ton katı, 120.000 ton sulu mermer artığı oluşmaktadır. Bu artıkların 45.500 ton katı ve 97.500 ton sulu artık Afyon Çimento T.A.Ş. tarafından çimento üretiminde kullanılmıştır. Bu makalede Organize Sanayi Bölgesinde bulunan mermer artıklarının yer altı suyuna etkisini incelemek amacıyla civarda bulunan su kuyularından örnekler alınarak kimyasal analiz yapılmıştır. Yeraltı suyunda mermer artıklarından kaynaklanabilecek su kirliliğinin tipik göstergesi Ca ve Mg iyonlarının konsantrasyonundaki değişimdir. 2000-2007 yılları arasında Ca Mg iyonlarındaki artış oranı sırasıyla; %1.22, %2.94, %0.72 ve %0.17 olarak belirlenmiştir. Ca ve Mg iyonlarında son 7 yıl içerisinde kayda değer bir artış gözlenmemiştir. Bu verilere göre mermer artık depolama sahasının yeraltı suyuna herhangi bir olumsuz etkisinin olmadığı söylenebilir.

Anahtar kelimeler

Mermer artıkları;
çevresel etki; yer altı
suyu; Organize Sanayi
Bölgesi ve
Afyonkarahisar

Investigation of the Impact to Underground Water of the Marble Waste Storage Field of Afyonkarahisar Organized Industrial Zone

Abstract

Almost 400 marble cutting and processing plant in the region of Afyonkarahisar create 300.000 tones slurry and 200.000 tones solid marble waste. These wastes gather around in the waste storage fields of 3 areas (İscehisar, Susuz Boğazı and Organized Industrial Zone) in Afyonkarahisar. 40 marble cutting and processing plant which are located in the Organized Industrial Zone of Afyonkarahisar create 60.000 tones solid and 120.000 slurry marble wastes. 45.500 solid and 97.500 slurry wastes of them are used in cement production by Afyon Cement Factory. In this paper, in order to investigate the effect of underground water to marble wastes around the Organized Industrial Zone some samples were taken from water wells around that area and chemical analysis is performed to them. The reason of the contaminant in the underground water is marbles wastes which highly contain Ca and Mg ions. The rate of increase in Ca and Mg ions between 2000 and 2007 is determined respectively %1.22, %2.94, %0.72 and %0.17. In the last 7 years, there has not been seen such an important increase in Ca and Mg ions. According to these data, it can be said that underground water is not adversely affected by the marble waste storage field

Key words

Marble waste;
environmental impact;
underground water;
Organized Industrial
Zone and
Afyonkarahisar

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

İscehisar (Afyonkarahisar) bölgesi çok uzun yıllardan beri Anadolu'nun en önemli ve dünyaca tanınan mermer üretim bölgesi olmuştur. Antik Dokimeion (bu günkü İscehisar) kentinin kuruluşuyla birlikte işletilmeye başlanan İscehisar mermerleri, yaklaşık 2300 yıldır tanınmaktadır.

Bugün olduğu gibi antik dönemde de tüm dünyaya İscehisar'dan yayılan bu mermerler Roma'da "Synnada (bu günkü Şuhut) mermerleri", Anadolu'da ise "Dokimeion mermerleri" olarak bilinmektedir (Sodini, 2002). İscehisar (Afyonkarahisar) bölgesi günümüzde de

Anadolu'nun en önemli ve dünyaca tanınan mermer üretim bölgelerinden biridir.

Mermer artığı terimi, çeşitli boyutlardaki mermer parçaları ve tozlarını kapsamaktadır. Blokların veya kesilebilir boyuttaki molozların ocaktan çıkarılması esnasında ocaklarda oluşan irili ufaklı parçaların yanı sıra, mermer işleme tesislerinde de kesme işlemi ve ebatlama işlemi sırasında çeşitli boyutlarda mermer artıkları oluşmaktadır.

Mermer sektörünün en önemli sorunlarından birisi mermerin kesilmesi sırasında açığa çıkan çok küçük boyuttaki toz artıklarıdır. Toz artıklarının boyutu genellikle 2 mm'nin altındadır. Kesme işlemi sırasında oluşan bu toz artıklar su ile ortamdan uzaklaştırılır. 1 m³ bloğun 2 cm kalınlığında kesilmesi durumunda yaklaşık % 30'u toz artık olurken bu oran 1 cm kalınlığında artarken 3 cm kalınlıkta ise azalmaktadır. Kesme işlemi suyla yapılması nedeniyle bu artıklar direk olarak suya karışır ve şlam halinde çöktürme havuzlarından kek olarak da arıtma tesislerinden alınır.

Afyonkarahisar'da sayısı 400'ü bulan mermer işleme tesisinden yılda yaklaşık 300.000 ton sulu mermer artığı, 200.000 ton mermer kırığı artık olarak çevreye bırakılmaktadır. Yine ildeki mermer ocaklarından yılda 270.000 ton parça mermer artığı çıkmaktadır. Ocaklardaki artıklar şu an için görsel problem dışında bir sorun teşkil etmezken tesislerde oluşan artıkların yer işgal etmesinden dolayı tesisten bir an önce uzaklaştırılması gerekmektedir (Tur, 2007).

Afyonkarahisar'da mermer sektörü üç bölgede yoğunlaşmıştır; İscehisar Bölgesi, Susuz Bölgesi ve Afyonkarahisar Merkez Organize Sanayi Bölgesi. Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi içerisinde 40 adet mermer işleme tesisi mevcuttur. Mermer işleme tesislerinde oluşan sulu mermer artığı miktarı aylık 10.000 ton – 12.000 ton civarında olup; bu miktarın yaklaşık 4.000 ton – 4.500 ton'u şlam, 7.000 ton – 7.500 ton'u filtre presten çıkan ve kek tabir edilen artıklardır (Tur, 2007).

Organize Sanayi Bölgesi içerisinde yer alan mermer işleme tesislerinde proses gereği ortaya çıkan sulu mermer artıklarının rast gele doğaya bırakılmasının önlenmesi, düzenli depolanması, kurutulması ve çimento üretim malzemesi olarak kullanılmak üzere geri dönüşümünün sağlanması amacıyla bir depolama tesisi kurulmuştur.

Hem ocak işletmeciliği hem de mermer işleme tesisi kurmak ve işletmek çok yüksek yatırım gerektirdiği düşünüldüğü zaman bu artıklar ekonomik kayıp olarak gündeme gelmektedir. Bu artıklar endüstrinin herhangi bir kolunda değerlendirilmesini araştırılması değişik üretim yöntemlerinde hammadde veya katkı maddesi olarak kullanılabilirliğinin etüt edilmesi mermer sektörü açısından yararlı olacaktır.

Organize Sanayi Bölgesi içindeki tesisler de mermer artıklarının depolanması yer sıkıntısından dolayı büyük problem yaratmaktadır. Gittikçe artan miktarda açığa çıkan mermer artıklarının depolanması için Organize Sanayi Bölgesinde mermer artığı depolama sahası oluşturmak gündeme gelmiştir.

Düzenli depolama alanlarının varlığıyla; toz boyutundaki sulu mermer artıklarının etrafa rast gele yayılıp geniş bir alanı kirleterek görüntü ve çevre kirliliğine yol açmasının yanı sıra rüzgarın da etkisiyle oluşan toz bulutlarının hava kirliliğine neden olması önlenmektedir.

Bu çalışmada, Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesinde kurulan düzenli depolama sisteminde depolanan mermer artıklarının özellikleri incelenmiştir.

2. İnceleme Alanının Jeolojisi

2.1. İnceleme Alanının Konumu

İnceleme alanı olan Organize Sanayi Bölgesi, Afyonkarahisar ilinin 4 km kuzeyinde, K25-a4 paftasında bulunmaktadır. Doğuda Susuz ve kuzeyde Erenler köyleri yer almaktadır. Afyon-

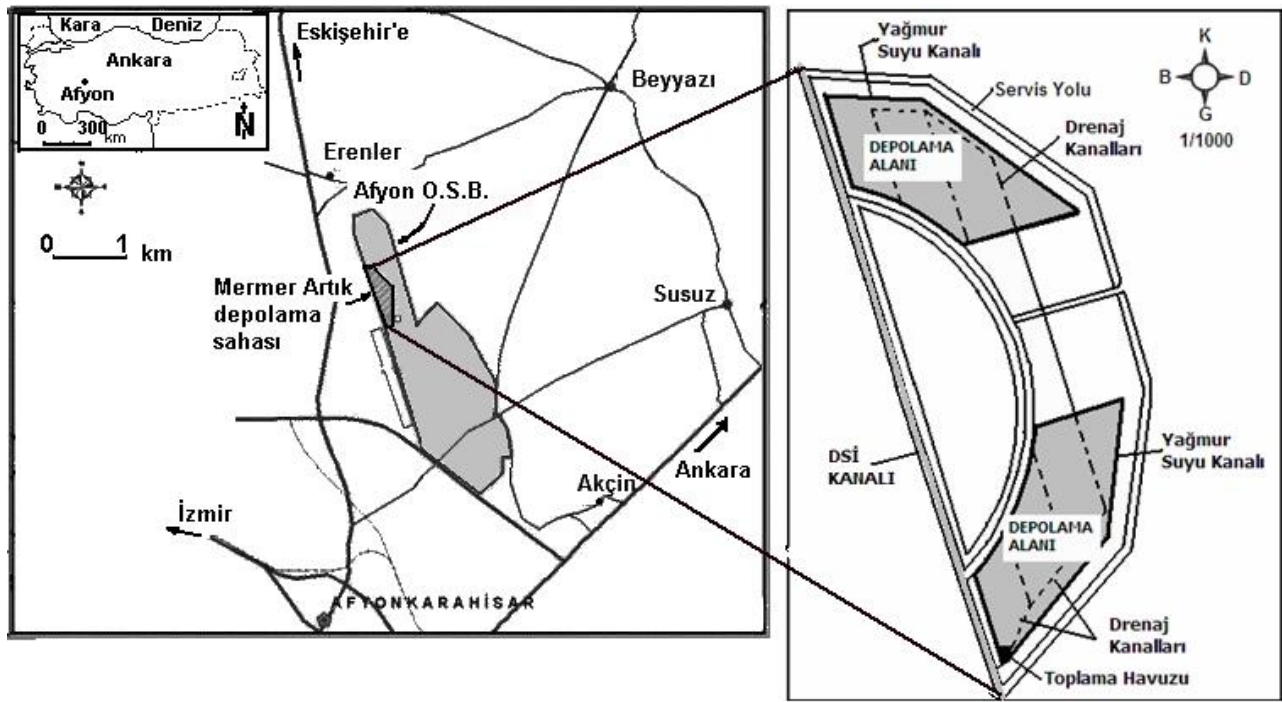
Eskişehir Karayolu inceleme alanının batısından geçmektedir (Şekil 1). Organize Sanayi Bölgesi, Afyonkarahisar Belediyesi Mücavir Alanı içerisinde. Bölgenin tamamı 490 hektardır, 230 hektarlık Mevcut Bölgenin altyapı çalışmalarına 1987 yılında başlanarak 1993 yılı itibariyle tamamlanmıştır. Sanayi parseli sayısı 431 adettir. Bunun 40 tanesi mermer işleme tesisidir (Tur, 2007).

2.2. İnceleme alanının jeolojik özellikleri

Afyonkarahisar civarında Paleozoyik yaşlı Afyon metamorfite temeli oluşturur. Alt Triyas yaşlı Olucak Kırıntıları Formasyonu ve Üst Jura yaşlı

Çiçeklikaya Formasyonu, metamorfite üzerine uyumsuz olarak gelir. Bu birimlerin üzerine uyumsuz olarak Gebeciler Formasyonu gelmektedir. Tüm bu formasyonları Karakaya Bazaltı keser. En üstte ise Kuvaterner yaşlı yamaç molozu, alüvyon ve travertenler yer almaktadır (Metin vd., 1987, M.T.A., 2007). Afyon ve civarına ait jeoloji haritası Şekil 2'de verilmiştir.

Afyon Metamorfite: Bölgede mermer ve şist ardalması şeklinde yüzeyler şist ve Paşadağ mermerleri alt üyesidir. Bu birimler birbirleriyle geçişlidir. Kalkıştiller içerisinde, kuvarsitler yer yer demir içermektedir (Metin vd., 1987, M.T.A., 2007).



Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası ve atık depolama sahası konumu.

Afyon Metamorfite'lerine ait Paleozoyik kayalar ileri derecede metamorfizma geçirmişlerdir. Bu nedenle bölgede yapılan araştırmalarda yaş verebilecek herhangi bir fosile rastlanmamıştır. Bu birimin üzerine stratigrafik olarak gelen en yaşlı birim olan ve detritik bir seviye ile başlayıp ve kalın bir karbonat istifi ile devam eden formasyonunun yaşı Triyas'tır. Bu nedenle Afyon Metamorfite'lerinin yaşı "Triyas öncesi" ya da Paleozoyik olarak ifade edilmektedir (Tezcan vd.,

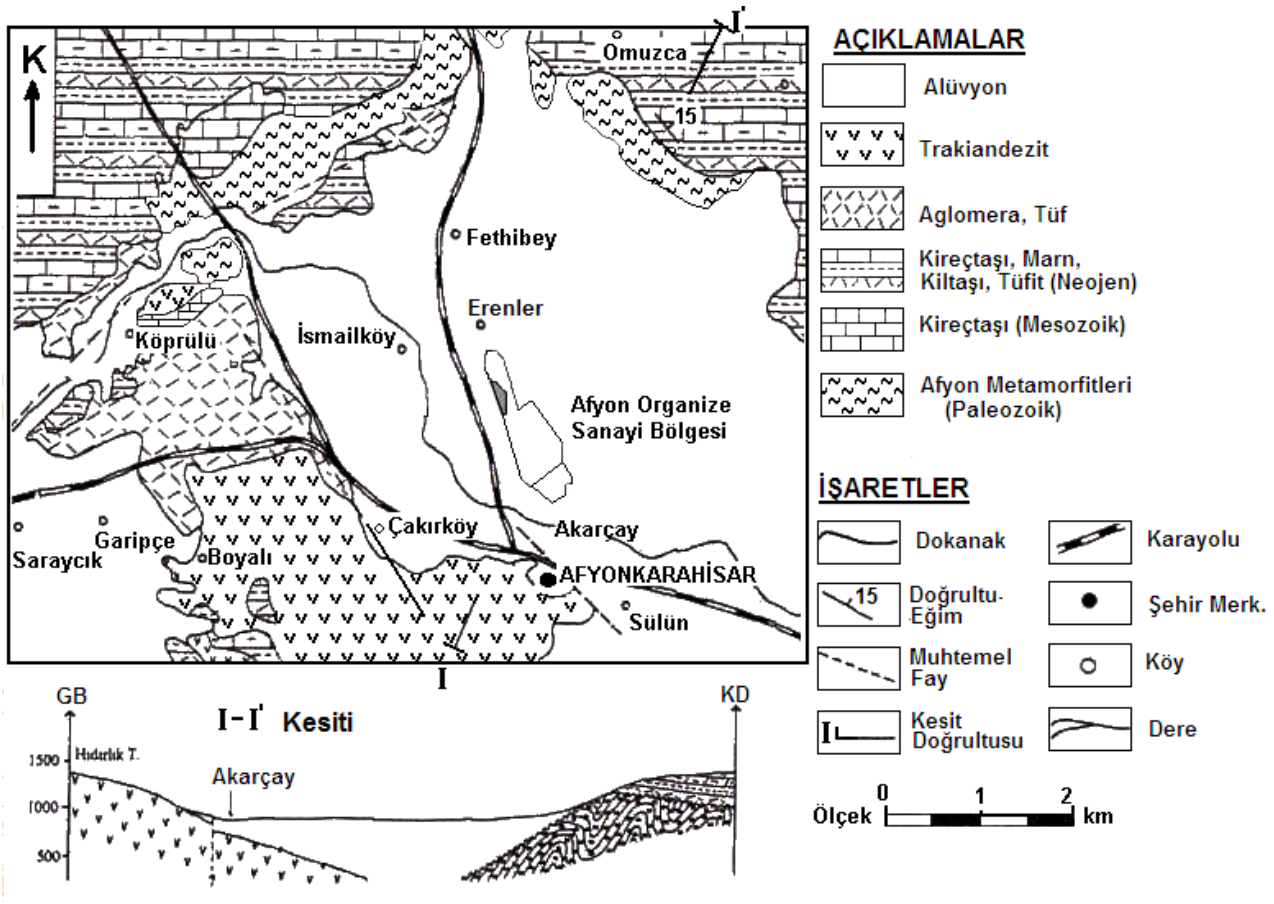
2002).

Gebeciler Formasyonu: Bu birim konglomera, kumtaşı, aglomera, tüf, tüfit, marn, killi kireçtaşı, silisifiye kireçtaşından oluşmuştur. İçerdikleri marn ve kil seviyelerinden dolayı, jeotermal sahanın örtü kayacını oluştururlar. Bu Formasyonun, Özburun konglomera üyesi, Seydiler Volkanik Tüfü, Kocatape Trakiti, Akpınar Kireçtaşı Üyesi alt birimlerini oluşturur (Metin vd., 1987, M.T.A., 2007).

Afyon Volkanitleri: Orta Miyosen-Geç Miyosen sonlarına kadar şiddetli bir karasal volkanizma etkin olmuş ve birçok üyeden oluşan Afyon Volkanitlerini meydana getirmiştir. Karakaya Bazaltları, Afyon Volkanitlerinin üyesi olup, akıntı-sokulum yapısı ve tablamsı görünümündedir (Metin vd., 1987, M.T.A., 2007). Besang vd. (1977) Afyon çevresinde volkanik kayalar üzerinde yaptığı radyometrik yaş tayini sonucu volkanizmanın 8.5-14.5 My (Orta-Üst Miyosen)

arasında gerçekleştiğini belirlemiştir (Tezcan vd., 2002).

Kuvaterner: Yamaç molozu, traverten, alüvyon ile temsil olunur. Yamaç molozları ile beraber bazı fay zonlarında birikinti konileri gelişmiştir. Metamorfik temelin, Neojen yaşlı çökellerin ve volkanik kayalar malzemelerinin parçalanmasından oluşan alüvyon örtünün kalınlığı 50-150 m arasında değişmektedir (Metin vd., 1987, M.T.A., 2007).



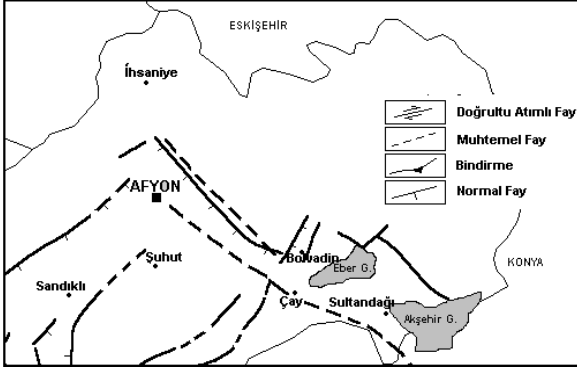
Şekil 2. Afyonkarahisar civarının jeoloji haritası (Metin vd., 1987'den düzenlenmiştir).

2.3. İnceleme alanının depremsellik özelliği

Afyon şehir merkezi 2. derece deprem bölgesindedir. Bölge, etkin bir deprem merkezi olup, ayrıca civarındaki etkin deprem bölgelerinin de tesiri altındadır. Bölgede meydana gelebilecek olası bir depremde yeraltı suyunun yüksekte bulunduğu ova kısmının diğer bölgelere nazaran şiddet artırıcı bir rol oynayacaktır (M.T.A., 2007).

Afyonkarahisar'a ait aktif fay haritası Şekil 3'de verilmiştir. Depolama alanı, bulunduğu yerin 2. derecede deprem bölgesi olması ve zeminin yumuşak kil, kum ve çakıl aralanmalarından meydana gelmesi nedeniyle risk taşımaktadır. Olası bir depremde depolama alanında bulunan sulu artıklar meydana gelen hareketler ve çatlaklar sonucunda yeraltına hareket edebilir. Ancak depolama yapılan alanda sulu toz artıkların üst üste serilmesi ve bu seviyelerin zaman

içerisinde sıkışarak kat kat yükselmesi nedeniyle zeminde sızdırmazlığı olan bir yüzey ortaya çıkmaktadır.



Şekil 3. Afyonkarahisar civarının aktif fay haritası (M.T.A., 2007).

2.4. İnceleme alanının hidrojeolojik özellikleri

İnceleme alanındaki en önemli akarsu, havzayı baştan sona kat eden Akarçay'dır. Uzunluğu 115 km'yi bulur. Esas kolları Sincanlı batısından çıkarak inceleme alanı dışındaki Balmahmut ve Köprülü kuzeyinden geçen Nacak ve havzanın kuzeyinden gelerek Çayırbağ'dan geçen Gazlıgöl dereleridir (Şekil 4). Bunun dışında Selevir ve Seyitler dereleri de Akarçay'a karışırlar. Akarçay, Afyonkarahisar - Akşehir arasında kalan havzayı baştan sona geçtiğinden yeraltı suyunu drene eden dere durumundadır (D.S.İ., 1977).

İnceleme alanının içinde bulunduğu Akarçay Havzasında yeraltı suyu bakımından önemli olan formasyonlar; alüvyonlar, pliyokuvaterner çökelleri, neojen kireçtaşları, aglomera ve tüflerdir. (D.S.İ., 1977).

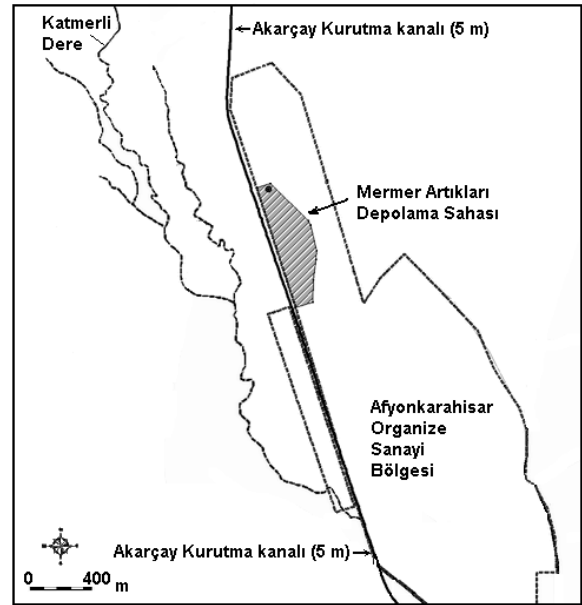
Genellikle ovanın taban seviyelerinde görülen çökeller kil, kum, çakıldan meydana gelmiş olup başlıca elemanları çevre kayaların parçalanma ürünüdür. Çakıllı zonlar çoğunlukla kil bantları ile kesilmiş olduğundan basınçlı akifer durumundadır. Kot itibarıyla düşük sahalarda açılan kuyular ise artezyen meydan getirirler. Ova tabanında geniş yayılımları görülen bu çökellerin kalınlıkları Afyonkarahisar Ovası kuzeyinde Susuz - Beyyazı köyleri çevresinde 70 - 140 m

arasındadır (D.S.İ., 1977).

Artık depolama alanı olarak seçilecek alanın içme ve kullanım suyu toplama havzaları dışında olması gerekmektedir. Bölgenin jeolojik yapısının kumlu-killi birimlerden oluşması nedeniyle sulu artıkları sızdırma ihtimali olduğundan geçirimsizlik sağlanması gerekmektedir. İnceleme alanında ve yakın çevresinde baraj, gölet vb. tesisler bulunmamaktadır. Tesise en yakın göl 50 km mesafedeki Eber Gölü'dür. İnceleme alanı içme suyu havzası koruma alanı içerisinde değildir. Depolama tesisi yanında D.S.İ.'ye ait taşkın kanalı bulunmaktadır (Şekil 5).

2.5. İnceleme alanının yeraltı su seviyesi

DSİ Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı Su Sondaj Kuyu Loglarına ait bilgilerden mermer artıkları depolama sahasında ve civarında Yeraltı suyu seviyesinin 13-17 m derinlikte olduğu belirlenmiştir (D.S.İ. 2007).



Şekil 4. İnceleme alanının hidrojeoloji haritası

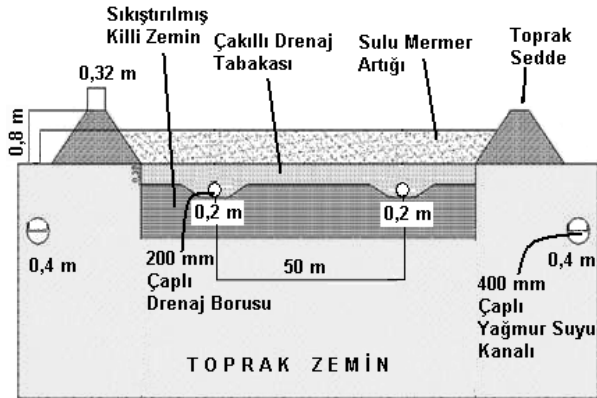
Yeraltı su seviyesinin 13-17 m olması mermer artık depolama alanı açısından bir olumsuz durumdur. Bu yakın mesafeye sızıntı sularının ulaşmasının engellenmesi gerekir. Ayrıca zeminin özellikleri de ayrı bir önem taşır. Buradaki zemin az kumlu kildir. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinin 26. maddesinde depo tabanlarının

teşkilinde uyulması gereken kural, “Düzenli depo tesisinden, depo tabanına sızan sızıntı sularının yeraltı sularına karışmasını önlemek için depo tabanı geçirimsiz hale getirilir. Depo tabanında oluşturulan bir drenaj sistemi ile sızıntı suları toplanır. Bu amaçla;

1-Depo tabanı, tabii yeraltı suyunun maksimum seviyesinden 1 metre yüksekte olur.

2-Depo tabanına; sıkıştırılmış kalınlığı en az 60 cm olan kil veya aynı geçirimsizliği sağlayan doğal ya da yapay malzeme serilir. Bu malzemelerin geçirimsizlik katsayısı (permeabilite) 1.10^{-8} m/sn’den büyük olamaz” şeklinde tanımlanmaktadır (Anon (a), 1991, Anon (b), 1998, Anon (c), 1999).

Yönetmelikte belirtilmiş olan kıstaslara uyularak mermer artıkları depolama sahasının zemininde 60 cm kalınlığında bir kil tabakası serilerek silindirle sıkıştırma yapılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Sulu mermer artığı depolama tesisi kesiti (Tur, 2007).

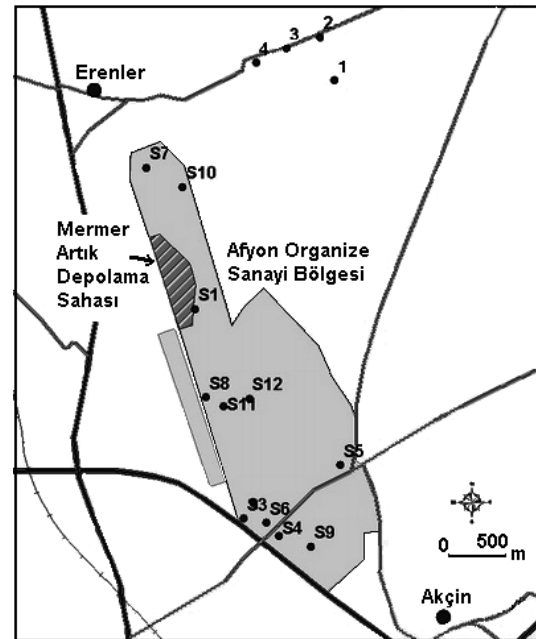
3. Materyal ve Metot

Depolama sahasının bulunduğu alanda depolanan sulu mermer artıklarının yeraltı suyuna olan etkisinin araştırılması amacıyla bu kuyuların depolama alanına yakın olanların 2000 yılındaki analiz sonuçları D.S.İ’den temin edilmiştir. 2000 yılından günümüze kadar geçen sürede herhangi bir kirlilik olup olmadığının tespiti için aynı kuyulardan “Erenler Köyü Sulama Birliği”nin izniyle, su örnekleri alınmıştır.

Kuyu açıldıktan sonra suyun birkaç dakika akıtılması sağlanıp sonra suyun durulduğu gözlemlendikten sonra 1,5 litrelik pet şişelere doldurularak ağzı sıkıca kapatılmış ve bekletilmeden analiz yapılacak laboratuvara gönderilmiştir.

Kuyulardan alınan su örneklerinin analizleri İzmit’te Arıtsan Çevre Ölçüm ve Analiz Laboratuvarında “Standart Methods For The Examination Of Water and Wastewater Analysis” (APHA, AWWA, WPCF, 1999) esaslarına göre yapılmıştır.

İnceleme alanı ve çevresinde yer alan yerleşim birimlerinin ve Organize Sanayi Bölgesindeki işletmelerin, kullanım ve içme suyu ihtiyacını karşılamak üzere çok sayıda su kuyusu açılmıştır. Bu işletmelere ait kuyularının listesi Çizelge 1’te verilmiştir. Kuyu yerlerini gösterir harita ise Şekil 6’da verilmiştir. D.S.İ. 183. Sondaj Şube Şefliği tarafından açılmış Erenler Su Kuyuları 1 (55175), 2 (55174), 3 (55173), 4 (55172) rakamları ile OSB Su kuyuları ise S1-S12 işaretleriyle gösterilmiştir.



Şekil 6. İnceleme alanındaki su kuyularının yerleri.

4. Bulgular

İnceleme alanındaki su örnekleri alındığı, D.S.İ. 183. Sondaj Şube Şefliği tarafından açılmış olan 4 adet kuyunun kimyasal analiz sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir.

Herhangi bir kirliliğin varlığını tespit etmek amacıyla kimyasal analizler sonucunda elde edilen verileri, sızıntı suların kirlenici özelliğini yansıtan ve Uluslararası Sağlık Örgütü tarafından kabul edilen sınır değerler ile karşılaştırmak gerekmektedir. Bu veriler Çizelge 3’de, “Su Kirliliği

Kontrol Yönetmeliğine” göre Kıtaçi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri de Çizelge 4’de verilmiştir.

2000 ile 2007 yıllarına ait su örneklerinin kimyasal analizleri karşılaştırıldığında, pH değerlerinde bir artış olduğu görülmektedir. Ancak pH değerleri 6.5-7.8 değerleri arasında olup Çizelge 3’de verilen “Sızıntı suyun kirlenici özellikleri” standart verileri aralığı (5,3-8,5) içerisinde kalmaktadır. Yine Çizelge 4’e göre temiz sular sınıfına girmektedir.

Çizelge 1. Organize Sanayi Bölgesinde yer alan işletmelerin sondaj kuyusu yerleri ve numune numaraları

Numune No	Kuyu Yeri
1	İhtisas Mermer San. Ltd. Şti.
2	Alimoğlu Madencilik Mermer Sanayi Ticaret A.Ş.
3	Portakoloğlu Et Gıda Sanayi Ticaret A.Ş.
4	Malaklar İnş.Taah.Gıda Mad.San.ve Tic.Ltd.Şti.
5	Genhan Nakliyat Ticaret A.Ş.
6	Orpet Turizm Petrol A.Ş.
7	Nur Mozaik
8	Bayburtlular Mermer San.Tic.Ltd.Şti.
9	AFES A.Ş. Et Entegre Tesisi
10	Sesemar Mermer Mad.İnş.Nak.San.ve Tic.Ltd.Şti
11	Alemdar Mermer San.Tic.Ltd.Şti.
12	Çiftçiler Yağ San.ve Tic.Ltd.Şti.

Çizelge 2. Su kuyularından alınan numunelerin kimyasal analiz sonuçlarının 2000 yılı sonuçları ile karşılaştırılması.

Kuyu no	55175		55174		55173		55172	
	2000	2007	2000	2007	2000	2007	2000	2007
pH	7.2	7.28	7.8	7.55	6.5	7.69	7.2	7.43
ECx10 ⁶ (µm/cm)	624	852	390	905	1042	1209	580	977
Katyonlar (mg/l)								
Na ⁺	2.25	2.80	0.92	1.50	5.60	6.50	0.50	0.95
K ⁺	0.10	0.23	0.47	0.75	0.34	0.53	0.06	0.12
Ca ⁺⁺⁺ Mg ⁺⁺	4.90	4.96	2.72	2.80	6.90	6.95	5.92	5.93
Anyonlar (mg/l)								
HCO ₃ ⁻	5.80	6.20	3.64	3.95	11.42	11.75	4.84	5.75
Cl ⁻	0.68	0.75	0.28	1.15	1.28	1.45	0.57	0.61
SO ₄ ⁻²	0.77	1.97	0.21	0.42	0.14	0.25	1.07	1.15

Ortamda katyon ve anyonların artışına bağlı olarak elektriksel iletkenlik (EC) de artmış olup, bu değişimin mevsim şartlarından kaynaklandığı

söylenbilir. Yağışlı mevsimlerde daha yüksek değerler veren Elektriksel iletkenlik değerindeki artışın büyük oranda Akarçay’a beslenen Afjet

deşarj suyundan kaynaklandığı, Doğdu ve Bayarı (2002) tarafından belirtilmiştir.

Ortamda katyon ve anyonların artışına bağlı olarak elektriksel iletkenlik (EC) de artmış olup, bu değişimin mevsim şartlarından kaynaklandığı söylenebilir. Yağışlı mevsimlerde daha yüksek değerler veren Elektriksel iletkenlik değerindeki artışın büyük oranda Akarçay'a beslenen Afjetdeşarj suyundan kaynaklandığı, Doğdu ve Bayarı (2002) tarafından belirtilmiştir.

Çizelge 3. Sızıntı suyun kirletici özellikleri (Gönüllü vd., 1988)

Parametre	Birim	Genel Aralık	Tipik Değer
Ca ⁺⁺	mg/l	200-3.000	1.000
Mg ⁺⁺	mg/l	50-1.500	250
Cl ⁻	mg/l	100-3.000	500
pH	mg/l	5.3-8.5	6.0

Yeraltı suyunda mermer artıklarından kaynaklanabilecek su kirliliğinin tipik göstergesi Ca⁺⁺ ve Mg⁺⁺ iyonlarının konsantrasyonundaki değişimdir. 2000-2007 yılları arasında Ca⁺⁺Mg⁺⁺ katyonlarındaki artış oranı sırasıyla; %1.22, %2.94, %0.72 ve %0.17 olarak belirlenmiştir. Ca⁺⁺ ve Mg⁺⁺ katyonlarında son 7 yıl içerisinde kayda değer bir artış gözlenmemektedir. 2007 verilerine göre Ca⁺⁺ ve Mg⁺⁺ katyonlarının değerleri maksimum 6,95 olup, Çizelge 3'de verilen sınır değerlerin çok altında kaldığı görülmektedir.

Kuyulardan alınan su örneklerinin Na⁺ ve K⁺ konsantrasyonlarında marjinal bir değişim görülmemektedir. Doğdu ve Bayarı (2002),

Jeotermal ısıtma sisteminin (Afjet) faaliyete geçmesinden sonra bölgedeki sulara bulunan Na⁺ ve K⁺ katyonlarının 3 kat arttığını bildirmektedir. Ancak, Akarçay yatağından sondajlara olan mesafenin 2 km'den fazla olması, olası artışın etkisinin fazla olmadığı sonucunu desteklemektedir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre de temiz sular sınıfına girmektedir.

Kuyulardaki anyonların değişim oranları incelendiğinde HCO₃⁻, Cl⁻ ve SO₄⁻² konsantrasyonlarındaki artışın çok düşük olduğu ve bu değerlerin Çizelge 3'de verilen sınır değerler arasında kaldığı görülmektedir. Doğdu ve Bayarı (2002), özellikle Afjetdeşarj suyunun beslendiği alanlarda HCO₃⁻ ve Cl⁻ anyonlarının diğer bölgelere göre 3 kat fazla olduğunu işaret etmektedir.

Kuyulardan alınan sulara ait veriler, Organize Sanayi Bölgesi Mermer Artıkları Depolama Sahasının yeraltı suyunun kalitesine olumsuz bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Bunun en önemli nedenlerinden birisi, mermer artıklarının sürekli depolanması yerine, değerlendirilmek üzere Afyon Çimento T.A.Ş.'ye gönderilmesi, yani mermer artıklarının uzun süre bekletilmeden kullanılması ve depolanan artık miktarında sürekli olarak bir artışın olmamasıdır. Bundan hareketle mermer artık depolama alanındaki sızıntı sularının yeraltı sularına karışmamış olduğu ve buna dayalı bir kirlenmenin söz konusu olmadığını söylenebilir.

Çizelge 4. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri (Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinden sadeleştirilmiştir).

Su Kalite Parametreleri	I (Temiz)	II (Az kirli)	III (Kirli)	IV (Çok kirli)
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.0-9.0	6.0-9.0 (dışında)
Klorür iyonu (mg Cl ⁻ /l)	25	200	400	> 400
Sülfat iyonu (mg SO ₄ ⁻ /l)	200	200	400	> 400
Sodyum (mg Na ⁺ /l)	125	125	250	> 250

4.1. Organize sanayi bölgesindeki bazı tesislerin yeraltı suyuna etkisi

Bu konunun son derece önemli olması ve bu etkinin açıkça ortaya konulması için yukarıda bahsedilen DSİ sulama kuyularının dışında Organize

Sanayi Bölgesinde faaliyet gösteren 12 işletmenin kullanım amaçlı açmış olduğu su kuyularından da örnekler alınarak kimyasal analize tabii tutulmuştur. Bu işletmelere ait kuyulardan alınan suların analiz sonuçları ise Çizelge 5'te verilmiştir. Söz konusu su kuyularından alınan su numunelerin analizi, İzmit'te Temsat Teknik Mühendislik Su Artıma ve İnşaat Ltd. Şti.'ne ait analiz laboratuvarlarında "Standart Methods For The Examination Of Water and Wastewater Analysis" (APHA, AWWA, WPCF, 1999) esasına göre yapılmıştır.

Çizelge 5 incelendiğinde pH değerinin; 6.04 ile 7.85 değerleri arasında değiştiği görülmektedir. En düşük pH değerine sahip yer 4 nolu kuyunun bulunduğu yer (Malaklar İnş. Taah. Gıda Mad. San. ve Tic. Ltd. Şti.) ve en yüksek pH değerinin ölçüldüğü yer ise 12 nolu kuyunun bulunduğu (Çiftçiler Yağ San. ve Tic. Ltd. Şti.) yeridir.

Elektriksel iletkenlik değeri ise 836 ile 1054 değerleri arasında değişmektedir. Na⁺ katyonu değerinin en düşük 2.15 en yüksek 8.80 olduğu görülmektedir. En düşük değerini okunduğu kuyu 11. kuyu (Alemdar Mermer San.Tic.Ltd.Şti), en yüksek değerini okunduğu kuyu ise 12 nolu kuyudur (Çiftçiler Yağ San.ve Tic.Ltd.Şti.). Na⁺ katyonunun Çiftçiler Yağ San. ve Tic.Ltd.Şti.'ne ait kuyuda yüksek çıkmasının nedeni yağları yıkamak için kostik (NaOH) kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca Na⁺ ve K⁺ katyonu değerlerinin jeotermal kaynakların etkisiyle yükseldiği bilinmektedir. İnceleme alanı

kuzeyinden gelen dereler Gazlıgöl Termal atıklarını taşımaktadır.

K⁺ katyonu için en düşük değer 0.15 en yüksek değer ise 1.10 olarak ölçülmüş olup, Ca⁺⁺⁺Mg⁺⁺ katyonları için en düşük değer 3.65 ve en yüksek değer 8.90 dır. HCO₃⁻ anyonu en düşük 4.25 en yüksek ise 10.50 olarak ölçülmüştür. Cl⁻ anyonu en düşük 0.45 en yüksek 1.70 olarak ölçülmüş olup, SO₄⁻² anyonu içinse en düşük 0.28 değeri, en yüksek 1.79 değeri ölçülmüştür. Ölçülen bütün değerler hem Çizelge 2, hem de Çizelge 3'deki öngörülen sınır değerler içerisinde kalmakta ve söz konusu bölgedeki yer altı suları I. Kategorideki "temiz sular" sınıfında yer almaktadır.

Çizelge 2'deki DSİ kuyularının ve Çizelge 5'teki OSB tesislerindeki su kuyularının analiz sonuçları birbirine paralel değerler vermekte olup, bütün bu değerler Çizelge 3 ve 4'de belirtilen limit değerlerin altında kalmaktadır. Bu sonuçlar, mermer artık depolama alanındaki sızıntı sularının yeraltı sularına karışmadığını ve buna bağlı bir yeraltı suyu kirlenmesinden bahsedilemeyeceğini ortaya koymaktadır.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde Maden Sanayisi (Çimento, Taş Kırma, Karo, Plaka İmalatı, Mermer İşleme, Toprak Sanayi ve Benzerleri) için sızıntı suyunda aranan parametre sadece pH'dır ve sızıntı suyunun pH değerinin 6 ile 9 arasında olması gerekmektedir. Yapılan analiz sonuçlarının Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine göre de uygun olduğu görülmektedir (Anon (d), 2004).

Çizelge 5. O.S.B.'deki işletmelerin su numunelerinin kimyasal analizleri (Mayıs 2007)

Kuyu No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
pH	7.82	7.41	7.10	6.04	7.20	7.00	6.80	7.08	6.84	7.11	7.20	7.85
ECx10 ⁶ (µm/cm)	1024	856	942	836	956	875	1032	947	938	853	998	1054
Katyonlar (mg/l)												
Na ⁺	3.70	2.50	6.80	4.50	3.80	6.20	4.70	5.70	4.50	3.40	2.15	8.80
K ⁺	0.45	0.56	0.35	0.35	0.43	0.65	0.55	0.83	0.15	0.60	1.10	0.75
Ca ⁺⁺⁺ Mg ⁺⁺	3.65	4.25	7.15	5.66	3.72	5.85	6.05	8.90	5.60	6.75	7.50	6.45
Anyonlar (mg/l)												
HCO ₃ ⁻	4.45	6.35	8.55	8.40	4.75	10.5	6.65	4.25	5.56	9.85	7.45	10.4
Cl ⁻	0.87	1.35	1.45	0.45	1.70	1.35	0.80	0.65	1.55	1.45	0.80	1.56
SO ₄ ⁻²	1.79	0.28	0.44	0.45	1.48	0.55	1.15	0.60	1.52	1.35	0.45	1.28

4.2. Meteorolojik ve klimatolojik özellikler

Afyonkarahisar Ege bölgesinde olmasına rağmen Ege iklimiyle bağdaşmaz. Yükselti ve denizden uzaklık sebebiyle Afyonkarahisar'ın iklim şartlarında İç Anadolu iklimine benzerlik görülür. Daha çok kışları soğuk ve kar yağışlı, yazları sıcak ve kurak bir step iklimi görülür. İlkbahar ve sonbaharda yağışlar yağmur şeklindedir (D.M.İ.G.M., 2007).

Afyonkarahisar'da yıllık ve günlük sıcaklık farkları yüksektir. 31 yıllık uzun dönem verilerine göre En sıcak ay ortalaması 22.1 derece, en soğuk ay ortalaması 0.3 derecedir. 2006 yılında ise en soğuk ay (Ocak) sıcaklığı -2.1 ve en yüksek ay (Ağustos) sıcaklığı 25.9 °C olarak ölçülmüştür. Afyonkarahisar'da günümüze kadar rastlanan en düşük sıcaklık - 27.2 °C (30.12.1948), en yüksek sıcaklık ise 39.8 °C'dir (29.07.2000), (D.M.İ.G.M. 2007). 31 yıllık uzun dönem verilerine göre Afyonkarahisar'da sıcaklığın sıfır dereceye düştüğü günlerin, yani don olayı görülen günlerin sayısı 94'tür (D.M.İ.G.M., 2007).

Mermer artıkları depolama sahasında oluşacak olan sızıntı su miktarının ve çevredeki yüzey suyu miktarının belirlenmesi mermer artık depolama sahasının drenaj yapılarının projelendirilmesinde büyük önem taşımaktadır. Buna göre çevredeki maksimum yağış miktarı baz alınmalıdır.

31 yıllık verilere göre Afyonkarahisar'da yıllık yağış miktarı 455 mm'dir. 2006 yılında ise bu değer 475 mm'dir. Yağışın en az olduğu aydaki (Ağustos) yağış miktarı 0.2 mm, en çok olduğu aydaki (Eylül) yağış miktarı ise 93.3 mm'dir (D.M.İ.G.M. 2007). Yağışlı mevsimlerde mikron boyutlu mermer partiküllerinin sızıntı suyla yeraltı sızmasının önlenmesi amacıyla zemin iyileştirilmeleri yapılmıştır. Ayrıca sızıntı suyun drene edilmesi amacıyla depolama alanı altına drenaj boruları döşenerek Akarçay'a bağlanmıştır.

Depolama alanı yer seçiminde hakim rüzgar yönü

de dikkate alınmalıdır. Çevrede bulunan yerleşim yerlerinin yazın sıcak havalarda tozda etkilenmemesi için rüzgar yönünde yerleşim alanı bulunmamalıdır. Bölgede hakim rüzgar yönü Kuzey-Kuzeybatı'dır. 59 yıllık verilere göre ortalama rüzgar hızı 2.7 m/s'dir. 2006 yılında ise ortalama rüzgar hızı 1.8 m/sn'dir (D.M.İ.G.M. 2007).

Mermer artık depolama sahasında rüzgar esme yönü kuzey batı yönünde ve ortalama rüzgar hızı 2.7 m/sn olduğundan mermer partiküllerinin atmosfere dağılması kaçınılmazdır. Bu olumsuz etkiyi azaltmak için depolama, rüzgarın esme yönüne paralel olarak yapılmıştır. Bu sebeple olası bir rüzgarlı havada mermer artık depolama sahasında toz oluşumu, minimuma indirilmiştir. Oluşan tozlanma ise bitki sağlığı ve insan sağlığı açısından önemli bir sorun teşkil etmemektedir. Hakim rüzgar yönü olan Kuzey-Kuzeybatı yönünde herhangi bir yerleşim alanı bulunmamaktadır. Organize Sanayi Bölgesinde herhangi bir bitki örtüsünün olmaması nedeniyle bitki örtüsü zararından bahsetmek söz konusu değildir. Aksine mermer artık depolama sahasının etrafına ağaç dikilerek tozlanmanın dışarı taşması da engellenecektir. İğde, ıhlamur, akçaağaç, çınar gibi yapraklı ya da sedir karaçam gibi ibrelili (iğne yapraklı) ağaçlar bölgede yetişmeye uygundur (İÇOM, 2007). İnsan sağlığı açısından tozla bulaşan hastalıkların riski bulunmakta ise de bölgenin sanayi bölgesi olması, herhangi bir yerleşimin olmaması ve çalışanların rüzgarlı havalarda toz maskesi ile çalışması ile bu riskin önüne geçilebilir.

Serbest su yüzeyinden oluşan buharlaşma, yükseklik, sıcaklık, hava akımları ile doğru; havanın nemlilik derecesi, atmosfer basıncı, erimiş tuzların miktarı ile ters orantılı olarak değişmektedir. Zeminlerden buharlaşma ise zeminin su miktarı, bitki sıklığı, buz ve karla kaplı olma ve zeminin güneşlenme miktarı gibi etkenlere bağlı olarak gerçekleşmektedir.

İklimin mermer artık depolama alanında kışın soğuk ve kar yağışlı geçmesi, kar tabakasının toprak üzerinde 40 gün kalması, yağmur yağış miktarının maksimum 33.7 mm olması ve yıllık yağışın 455 mm olması sulu mermer artıklarının yeraltı suyuna karışmasını kolaylaştıracaktır. Ancak bu yağışların ve kar tabakasının sulu mermer artıklarından yeraltı suyuna bir kirliliğin önüne geçilmesi için yüzeysel su toplama kanalları yapılmıştır ve bu su toplama kanalları D.S.İ.'nin yağmur suyu kanalına bağlanmıştır. Ayrıca mermer artık depolama sahasına gelen artıklar çeşitli alanlarda (mozaik, paladyen vs) değerlendirildiğinden, uzun süre sahada durmamaktadır. Bu sebeple yağışların olumsuz bir etkisi bulunmamaktadır.

Mermer artıklarındaki suyun azaltılmasında; günlük ortalama 6 saat 23 dakika güneşlenme süresi, buharlaşmanın Nisan ayından Ekim ayına kadar olması ve rüzgar hızının ortalama 2.7 m/s olması meteorolojik değerlerin olumlu etkisi olarak görülmektedir.

5. Tartışma ve Sonuç

Mermer artıklarının çevreye olan başlıca etkileri görüntü kirliliği, arazinin kullanılamaz hale gelmesi, yer üstü su kirliliği ve yeraltı su kirliliği olarak sıralanabilir.

Mermer üretimi sırasında ocaklarda açığa çıkan ve görüntü kirliliği yaratan moloz ve mermer işleme tesislerinde açığa çıkan toz, paladyen ve kapak şeklindeki artıklar yeniden değerlendirilebilir özelliklerdedir. Genel olarak mermer artıkları ekosistemi bozmayan, hava kirliliğine neden olmayan, iklim değişikliklerini etkilemeyen, radyoaktif olmayan ve su kirliliği oluşturmayan değerlendirilebilir bir yan üründür.

Toz artıklar, uygun şekilde depolanmadığı sürece diğerlerine göre daha fazla çevre kirliliğine yol açan etkenlerdir. Çünkü çok küçük boyutlu olmaları nedeniyle rutubetini kaybettikten sonra rüzgar, yağmur gibi atmosfer etkileri altında buldukları yerden savrularak çevreye

dağılmaktadırlar. Genellikle CaCO₃ bileşimli olan bu tozlar beyaz renginden dolayı depolandıkları ve dağıldıkları ortamda hemen göze çarpılmaktadır. Her ne kadar bunların kalıcı zararlı etkileri kanıtlanmamış olsa da görsel açıdan çevre kirliliği yaratmaktadırlar.

Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesinde oluşturulan mermer artık depolama sahası, mermer artıklarının hem düzgün bir şekilde depolanması hem de çimento üretiminde kullanılarak, ekonomiye kazandırılması açısından önem taşımaktadır.

Mermer artık depolama sahası ve civarındaki yeraltı sularından alınan örneklerin kimyasal analizleri şimdilik herhangi bir kirliliğin meydana gelmediğini ancak küçük oranlarda da olsa kirlilik yaratabilecek unsurlar açısından artışlar meydana getirdiğini göstermiştir. Bu nedenle bundan sonraki dönemlerde de bu kontrollerin sürekli olarak yapılması çevre ve yeraltı suları açısından önem taşımaktadır.

Kaynaklar

- Anon (a), 1991. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete, 14.03.1991, Sayı:20814.
- Anon (b), 1998. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılması Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete, 15.09.1998, Sayı:23464.
- Anon (c), 1999. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılması Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete, 18.08.1999, Sayı:23790.
- Anon (d), 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete, 31.12.2004, Sayı:25687.
- APHA, AWWA, WPCF, 1999. Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater Analysis, 20th Edition, Washington DC, USA.
- Besang, C.; Eckhardt, F.J.; Harre, W.; Kreuzer, H. and Muller, P., 1977. Radiometricshe altersbes timmungen an Neo-genen eruptivgesteinen der Turkei: *Geol. Jb.*, B 25, 3-36.
- D.M.İ.G.M., 2007. Rasat Bilgisi, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Doğdu, M.S., ve Bayarı, C.S., 2002. Akarçay Havzası'nda Jeotermal Kirlenme: Akarçay Nehrinde Su ve Sediman Kirliliği, *Hacettepe Üniv. Uygulama Ve*

- Araştırma Merkezi Bülteni, Yer Bilimleri* 25 (2002),21-32, Ankara.
- D.S.İ., 1977. Akarçay Havzası Hidrojeolojik Etüt Raporu, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- D.S.İ., 2000. 183. Sondaj Kuyuları Verileri, Sondaj Şube Şefliği, Afyonkarahisar.
- D.S.İ., 2007. Su Sondaj Kuyu Logları, Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı Suları Dairesi Başkanlığı, Ankara. Yayımlanmamış.
- Gönüllü, M.T., Samsunlu, A., Baştürk, A., 1998. Açık Katı Atık Depolama Yerlerinde Oluşan Sızıntı Suların Yer Altı Sularını Kirletmesi, I. Hidrojeoloji Sempozyumu, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara
- İÇOM, 2007. İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Kişisel Görüşme, Afyonkarahisar.
- Metin, S., Genç, ve Ş., Bulut, V., 1987. Afyon ve Dolayının Jeolojisi. MTA Rapor No: 8103, Ankara. Yayımlanmamış.
- M.T.A., 2007. Afyon İli Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynakları, Maden Tetkik Arama Orta Anadolu II. Bölge Müdürlüğü, Konya. Yayımlanmamış.
- Sodini, J.P., 2002. Marble and Stoneworking in Byzantium Seventh-fifteenth Centuries. The Economic History Of Byzantium From the Seventh Through the Fifteenth Century, Angeliki E. Laiou, Editor-in-Chief, pp129-146 Dumbarton Oaks Research Library and Collection Washington, D.C.
- Tezcan, L., Meriç,, B.T., Doğdu,, N,, Akan, JB., Atilla, A. Ö., Kurttaş, T., 2002, "Akarçay havzası hidrojeolojisi ve yeraltısuyu akım modeli", Hacettepe Üniversitesi- Uluslar arası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi (UKAM), Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü, Final Raporu, 339 s (yayımlanmamış).
- Tur, Ş., 2007. Afyonkarahisar'da Mermer Artıklarının Depolanması, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, 122.