

Afyon  
Kocatepe  
Üniversitesi

# FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

journal of science



ISSN: 1302-3187 CİLT: IX SAYI: 01 Kasım 2009

<http://www.fenbil.aku.edu.tr>



**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ**  
**DERGİSİ**

Afyon Kocatepe University  
Journal of Science

Cilt/Volume 9

Sayı/Number 1

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ DERGİSİ**

*Afyon Kocatepe University  
Journal of Science*

**SAHİBİ/PUBLISHER**

Prof.Dr. Ali ALTUNTAŞ (*Afyon Kocatepe Üniversitesi Rektörü*)

**EDİTÖR/EDITOR**

Doç. Dr. Rıdvan ÜNAL

Prof. Dr. Eyüp SABAH

**YARDIMCI EDİTÖRLER/ASSISTANT EDITORS**

Doç. Dr. Hasan TOĞRUL

Doç. Dr. İbrahim EROL

Doç. Dr. Hüseyin BAYRAKÇEKEN

Yrd. Doç. Dr. Ahmet YILDIZ

**YAYIN KURULU/EDITORIAL BOARD**

Doç.Dr.Rıdvan ÜNAL, TR

Prof.Dr.Eyüp SABAH, TR

Prof.Dr.Ö.Faruk EMRULLAHOĞLU, TR

Prof.Dr.Muhsin KONUK, TR

Prof.Dr.Abdullah ÇAĞLAR

Prof.Dr.Hasan ÇİMEN, TR

Prof.Dr.Mevlüt DOĞAN, TR

Prof..Dr.Emine S. SEYRANTEPE, TR

Doç.Dr.Yılmaz YALÇIN, TR

Doç.Dr.Hüseyin AKBULUT, TR

Doç.Dr.Kubilay ASLANTAŞ, TR

Doç.Dr.Hasan TOĞRUL, TR

Doç.Dr.Sabri ÇEVİK, TR

Yrd.Doç.Dr.Tamer BAYBURA, TR

Yrd.Doç.Dr.Süleyman DÜNDAR, TR

Yrd.Doç.Dr.Ömer DEPERLİOĞLU, TR

Yrd.Doç. Dr.Ahmet YILDIZ, TR

Yrd.Doç. Dr.İjlal OCAK, TR

**BASKI ELEMANLARI/PUBLISHING STUFF**

Arş. Gör. Gür Emre GÜRAKSIN

Arş. Gör. Sümeyra AKKAYA

**WEB SORUMLUSU/WEB ADMIN**

Arş. Gör. Gür Emre GÜRAKSIN

**ADRES/ADDRESS:**

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,

Ahmet Necdet Sezer Kampusu, 03200, AFYONKARAHİSAR

Tel.: 0 272 228 12 55-1360

Faks: 0 272 228 12 55-1403

E-posta: fbd@aku.edu.tr

## BU SAYININ HAKEMLERİ

**Prof. Dr. Muazzez ÇELİK KARAKAYA**  
Selçuk Üniversitesi

**Prof. Dr. Ahmet TUNCAN**  
Anadolu Üniversitesi

**Prof. Dr. Mustafa ERGÜN**  
Afyon Kocatepe Üniversitesi

**Prof. Dr. Ali GÜLER**  
Abant İzzet Baysal Üniversitesi

**Prof. Dr. Eyüp SABAH**  
Afyon Kocatepe Üniversitesi

**Prof. Dr. İsmail H. TAVMAN**  
Dokuz Eylül Üniversitesi

**Prof. Dr. Tuncay YILMAZ**  
Çukurova Üniversitesi

**Prof. Dr. Vasif V. NABİYEV**  
Karadeniz Teknik Üniversitesi

**Prof. Dr. Adnan YAZICI**  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi

**Prof. Dr. Ahmet TUNCAN**  
Anadolu Üniversitesi

**Prof. Dr. Y.Ziya ERDİL**  
Muğla Üniversitesi

**Prof. Dr. Turgay ONARGAN**  
Dokuz Eylül Üniversitesi

**Prof. Dr. Osman KILIÇ**  
Marmara Üniversitesi

**Prof. Dr. H. Özkan SİVRİTEPE**  
Uludağ Üniversitesi

**Prof. Dr. Resul GERÇEKÇİOĞLU**  
Gaziosmanpaşa Üniversitesi

**Prof. Dr. Kemal SOLAK**  
Gazi Üniversitesi

**Doç. Dr. A. Ekrem YÜCE**  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Doç. Dr. Musa ATAR**  
Gazi Üniversitesi

**Doç. Dr. Osman GÖKTAŞ**  
Muğla Üniversitesi

**Doç. Dr. M. Ali AKÇAYOL**  
Gazi Üniversitesi

**Doç. Dr. Hakan IŐIK**  
Selçuk Üniversitesi

**Doç. Dr. Suat ÖZKORUCUKLU**  
Süleyman Demirel Üniversitesi

**Doç. Dr. Şeref OKUDUCU**  
Gazi Üniversitesi

**Yrd. Doç. Dr. Mehmet Ali SÖZEN**  
Afyon Kocatepe Üniversitesi

**Yrd. Doç. Dr. Tuncay YİĞİT**  
Süleyman Demirel Üniversitesi

## İÇİNDEKİLER / CONTENTS

<b>Harran Kili Şişme Özelliklerinin Değerlendirmesi ve Dolaylı Tahmini</b> <i>Indirect Estimation and Evaluation of The Swelling Characteristics of Harran Clay</i> Murat Türköz , Hasan Tosun	1 - 10
<b>Üniversite Öğrencilerinde Mükemmeliyetçilik: Anadolu Üniversitesi Örneği</b> <i>Perfectionism Among University Students: An Example From Anadolu University</i> Fikret Er, Harun Sönmez	11 - 16
<b>İnce ve Çok İnce Öğütme için Alternatif Değirmen Tiplerinin Tanıtılması</b> <i>Introduction of Alternative Mills for Fine and Ultra Fine Grinding</i> Hasan Hacıfazlıoğlu	17 - 30
<b>Solving Large Multiple Query Optimization Problems</b> <i>Büyük Çoklu Sorgu Eniyileme Problemlerinin Çözülmesi</i> Ahmet Coşar	31 - 40
<b>Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi Mermer Artıkları Depolama Sahasının Özellikleri</b> <i>The Properties of the Marble Waste Storage Field of Afyonkarahisar Organized Industrial Zone</i> Mustafa Y. Çelik, Şükrü Tur	41 - 50
<b>Vakumlu Membran Preste Üretilmiş Ahşap Lamine Elemanların Yapışma Performanslarının Belirlenmesi</b> <i>Determination of Bonding Performance of Laminated Veneer Elements Produced in Vacuum Membrane Press</i> Mustafa Altınok, Cevdet Söğütü, Necmi Kahraman	51 - 60
<b>Mesleki Eğitimin Uzaktan Eğitim ile Desteklenmesi ve Örnek Uygulama</b> <i>Support the Professional Training with Distance Learning and an Example for the Implementation</i> Ömer Deperlioğlu, Ramazan Yıldırım	61 - 70
<b>Buhar Kazanı Otomasyon Sistemi için Uzakta Görüntüleme Sistemi Tasarımı</b> <i>The Design of Telemonitoring System for Steam Boiler Automation System</i> T. Burak Aktürk, Uğur Fidan	71 - 78
<b>Gözenekli Malzemelerde Isı İletim Katsayısının ve Kritik Yarıçapının Değişimi</b> <i>Change of Thermal Conductivity and Critical Radius In Porous Media</i> Özge Altun, İlker Gürkan	79 - 86
<b>Nar ( <i>Punica granatum L.</i>) Tohumlarının Çimlenmesine Katlama Süresi ve Ekim Zamanının Etkisi</b> <i>The Effect of Stratification Period and Sowing Time on Germination of Pomegranate (<i>Punica granatum L.</i>) Seeds</i> Cengiz Yücedağ, Hazin Cemal Gültekin	87 - 90
<b>Scattering Of 10 MeV <sup>238</sup>U Heavy Ions With Silver Target Using Cr-39 .</b> <i>Cr-39 Kullanılarak 10 MeV <sup>238</sup>U Ağır İyonların Gümüş Hedeften Saçılması</i> M.R. Baig	91 - 96
<b>Cypermethrinin <i>Drosophila melanogaster</i>'in Üçüncü İnstar Larvalarının Tükürük Bezi Politen Kromozonları Üzerine Etkisi</b> <i>The Effects of Cypermethrin on the Polytene Chromosomes of Third Instar Larvae of <i>Drosophila melanogaster</i></i> Ayla Karataş, Zafer Bahçeci	97 - 106



# Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi Mermer Artıkları Depolama Sahasının Özellikleri

Mustafa Yavuz Çelik<sup>a</sup> ve Şükrü Tur<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Meslek Yüksek Okulu, Ali Çetinkaya Kampüsü, 03100, Afyonkarahisar

<sup>b</sup> İl Özel İdaresi, 03200, Afyonkarahisar  
e-posta: mycelik@aku.edu.tr

## Özet

Mermercilik sektöründe görülen gelişmelere bağlı olarak mermer artığı miktarında da büyük artışlar meydana gelmiştir. Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesinde bulunan 40 adet mermer işleme tesisinden yıllık 60.000 ton katı, 120.000 ton sulu mermer artığı açığa çıkmaktadır. Bu artıkların çimento üretiminde değerlendirilmesi amacıyla bir depolama tesisi kurulmuştur. Tesis, 54.000 m<sup>2</sup> depolama alanına sahip iki adet ana depolama bölmesinden oluşmaktadır. Zeminin “orta plastisiteli”, “kil ve silt” olması nedeniyle, geçirimsizlik sağlamak amacıyla zeminin üzerine 60 cm kalınlığında bir kil tabakası, sıkıştırma yapılarak geçirimsizlik sağlanmıştır. Bu zemin üzerine 30-40 mm kırma taştan 30 cm’lik çakıl drenaj tabakası oluşturulmuştur.

*Anahtar Kelimeler:* Mermer, Mermer atıkları, Atık depolama sahası, Afyonkarahisar

## The Properties of the Marble Waste Storage Field of Afyonkarahisar Organized Industrial Zone

### Abstract

There has been a considerable increase in the amount of marble wastes as a result of development in the marble industry. It is estimated that 60,000 tons solid and 120,000 tons slurry marble wastes are produced annually by the 40 processing plants in the Afyonkarahisar Organized Industrial Zone. The marble waste storage field was established for the usage of cement production from this waste. Plants are divided into two main deposition areas which have 54,000 m<sup>2</sup> capacities. Impermeability has been provided by compacting 60 cm thick clay layer due to the clay and silt mixtures which has medium plasticity. Drainage layer is formed by using 30 cm thick gravel layer thick has 30 to 40 mm in diameter on this layer.

*Key Words:* Marble, Marble waste, Waste storage field, Afyonkarahisar

### 1. Giriş

Mermercilik sektöründe son yıllarda görülen gelişme sonucunda mermer ocağı ve tesisi sayısındaki artışa paralel olarak mermer artığı miktarı da her geçen gün artmaktadır. Mermercilik faaliyetleri devam ettiği sürece bu artıkların çoğalması ve çevre açısından olumsuz görüntü kirliliği oluşturması da kaçınılmaz bir gerçektir. Bu artıkların yerleşim alanlarından uzaklaştırılması ve çevreye zarar vermeyecek şekilde depolanması gerekmektedir.

Ülkemizde düzenli bir atık depolanmasını sağlamak amacıyla “Katı atıkların kontrol yönetmeliği” yayınlanmış olmasına rağmen, diğer katı atık depolamada olduğu gibi mermer artıklarının depolanmasında da vahşi depolama olayı sürmektedir.

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 [1].

Afyonkarahisar’da mermer sektörü üç bölgede yoğunlaşmıştır; İsehisar 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 [1].

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.

Mermer artık depolama alanının Organize Sanayi Bölgesi içinde olması ile bu artıklardan bir bölümünün düzenli ve kontrollü bir şekilde çevreyi kirletmeden ve kısa mesafede depolanması, endüstride hammadde olarak kullanılarak geri dönüşümünün sağlanması mümkün olmaktadır. Mermer işleme tesislerinin çökeltme havuzlarından çıkan mermer artığı, çimento üretiminde hammadde olarak kullanılan kireç taşı ile benzer özellikleri taşıması nedeniyle hammadde olarak fiilen üretimde kullanılmaktadır. Ayrıca, bu artıkların taşınması ve depolanmasında oluşan zaman ve maddi kayıplar en asgariye indirilmektedir.

Bu çalışmada, Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi mermer artıkları depolama tesisinin özellikleri incelenmiştir.

## 2. İnceleme Alanının Konumu

İnceleme alanına en yakın yerleşim alanı güneyde 4 km mesafede Afyonkarahisar ilidir. Doğuda Susuz ve kuzeyde Erenler köyleri yer almaktadır. İnceleme alanının batısından Afyon-Eskişehir karayolu geçmektedir. İnceleme alanı 1/25000 ölçekli topografik haritada K25a4 paftasında bulunmaktadır (Şekil 1).

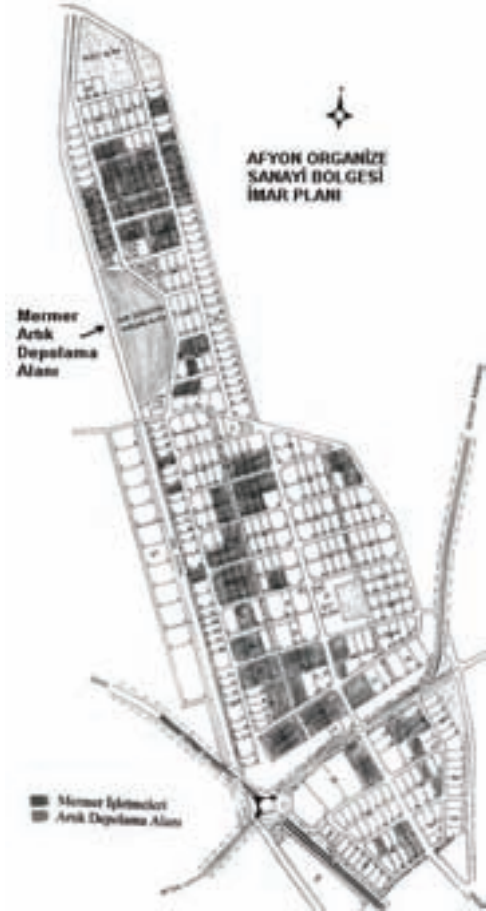


Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

Organize Sanayi Bölgesi, Afyonkarahisar Belediyesi Mücavir Alanı içerisinde yer almaktadır. 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 tesisi olup bu tesisler Şekil 2’de verilmiştir. Depolama alanının rakımı yaklaşık 1010 metredir [1].

## 3. Mermer Artık Depolama Sahasının Özellikleri

Depolama sahasının bulunduğu alan; tarım dışı alanlardan Çevre Düzeni Planı onanmış Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi içerisinde kalmaktadır. Maliki de Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi yönetimindedir. Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesinin içerisinde erozyon, taşkın önleme konusunda altyapı tesisleri mevcuttur. Bugün itibariyle altyapısı tamamlanmış vaziyettedir.



Şekil 2. Organize Sanayi Bölgesinde bulunan mermer işleme tesisleri [1].

Depolama tesisi ve çevresi orman sınırları içerisinde yer almamaktadır. Bu alan peyzaj değeri yüksek yerler ve rekreasyon alanlarından değildir. Faaliyet alanı ve yakın çevresinde göl, baraj, gölet vb. tesisler bulunmamaktadır. Yörede alüvyal düzlük ve killi tınlı toprak yapısı hakim olup, ağırlıklı olarak buğday, arpa ve şekerpancarı tarımı yapılmaktadır.

### 3.1. Bölgenin Jeolojik Özellikleri

Afyonkarahisar civarında Paleozoyik yaşlı Afyon metamorfitelemi temeli oluşturur. Alt Triyas yaşlı Olucak Kırıntıları Formasyonu ve Üst Jura yaşlı Çiçeklikaya Formasyonu, metamorfitelem 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 [2]. Afyon ve civarına ait jeoloji haritası Şekil 3'de verilmiştir.

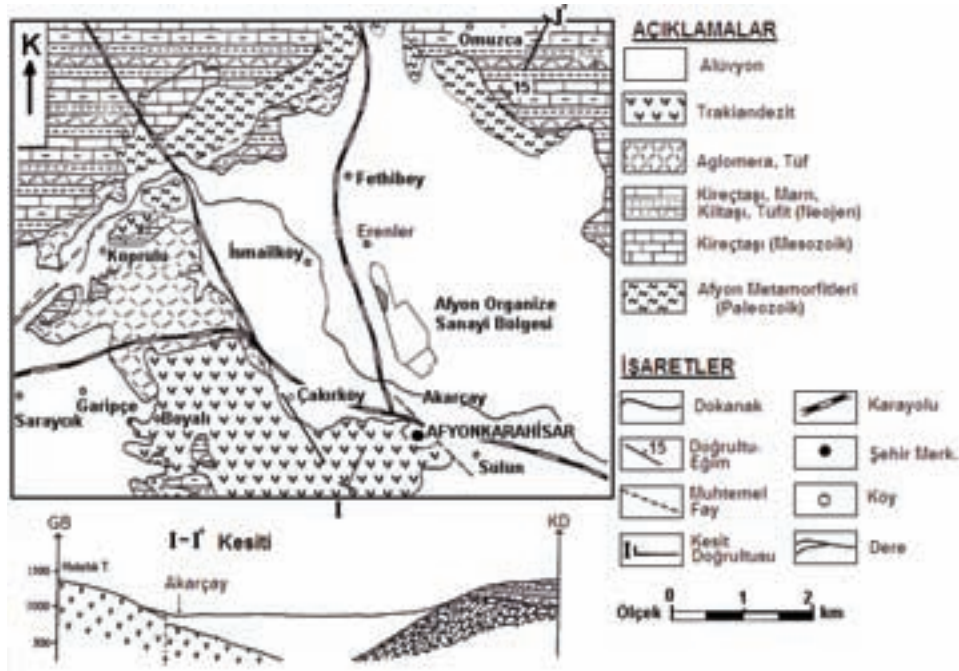
Afyon Metamorfitelemi: Bölgede mermer ve şist ardalanması şeklinde yüzeyler şist ve Paşadağ mermerleri alt üyesidir. Bu birimler birbirleriyle

geçişlidir. Kalkışistler içerisinde, kuvarsitler yer yer demir içermektedir. Kalkışist, killişist ve muskovit şistler içerisinde pirit gözlenir [2].

Gebeciler Formasyonu: Bu birim konglomera, kumtaşı, aglomera, tuf, tüfit, marn, killi kireçtaşı, silisifiye kireçtaşıdan oluşmuştur. İçerdikleri marn ve kil seviyelerinden dolayı, jeotermal sahanın örtü kayacını oluştururlar. Bu Formasyonun, Özbekun konglomera üyesi, Seydiler Volkanik Tüfü, Kocatape Trakiti, Akpınar Kireçtaşı Üyesi alt birimlerini oluşturur [2].

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, akıntısokulum yapısı ve tablamsı görünümündedir [2].

Kuvaterner: Yamaç molozu, traverten, alüvyon ile temsil olunur. Yamaç molozları ile beraber bazı fay zonlarında birikinti konileri gelişmiştir. Traverten oluşumu, sıcak su bölgelerinde halen devam etmektedir. Metamorfik temelin, Neojen yaşlı çökellerin ve volkanik kayaç malzemelelerinin parçalanmasından oluşan alüvyon örtünün kalınlığı 50-150 m arasında değişmektedir [2].



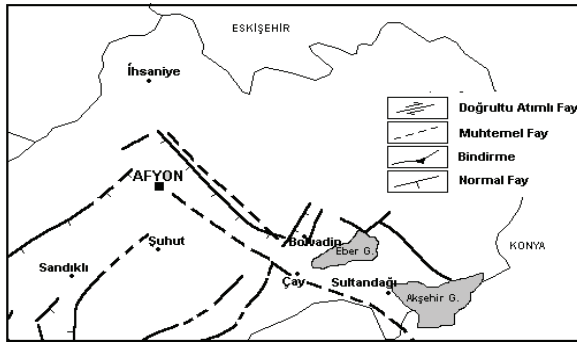
Şekil 3. Afyonkarahisar civarının jeoloji haritası [3].

### 3.2. Depolama Sahasının Zemin Özellikleri

Afyon ve civarında, Neojen'den beri aktivitesini sürdüren tektonik olaylar dizisi bölgeyi etkilemiştir. Ana tektonik yapılarda, KB-GD yönlü bir horst-graben sistemi ile KD-GB yönlü büyük bir fay gözlenmektedir (Şekil 4). Horst-graben sisteminin bu fayla kesişim noktalarında Ömer-Gecek ve Gazlıgöl kaplıcaları oluşmuştur. Ayrıca bu faylara bağlı olarak tali faylar, tüy çatlakları ve açılma çatlakları gözlenir. Bölgedeki kırıkların doğrultularının bir kısmı KD-GB ve D-B yönlüdür [2].

Katı artık depolama alanlarının teknik, güvenlik ve ekonomik olarak işletilebilmeleri açısından uygun jeolojik alanlarda yapılması büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla doğal geçirimsiz ortamların bulunması veya ortamın geçirimsiz hale getirilmesi gerekmektedir.

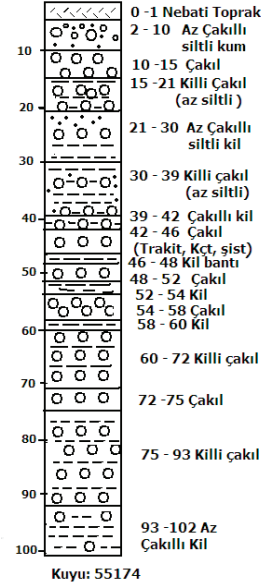
Organize Sanayi Bölgesinde kurulan düzenli depolama sisteminin yer aldığı arazi genellikle kil, kum, çakıldan meydana gelmiş olup başlıca elemanları çevre kayaların parçalanma ürünüdür. Nitekim yapılan incelemeler sonucunda zeminin az kumlu kil özelliği taşıdığı tespit edilmiş ve tam bir geçirimsizlik sağlanması amacıyla zemin iyileştirilmesi yapılmıştır.



Şekil 4. Afyonkarahisar civarının aktif fay haritası[2].

Havzada oldukça büyük alanlar kaplayan ve Akarçay'ın çevresinde yayılım gösteren alüvyonun üst seviyeleri, çok ince taneli malzemelerden dolayı kısmen geçirimsizdir. Alüvyon içinde derinlerde özellikle kumtaşı, çakıltaşı seviyeleri yer almaktadır. Çökeltme ortamının enerji düzeyindeki değişime bağlı olarak alüvyonu oluşturan malzemenin tane boyutunda yanal ve düşey yönde farklılık gözlenmektedir. Alüvyonun ka-

lınlığı Organize Sanayi Bölgesi genelinde 70-100 m.'dir. DSİ tarafından Erenler köyünde yapılmış olan 55174 nolu kuyunun sondaj logu Şekil 5'de, kuyunun yeri ise Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 5. Erenler köyü, 55174 nolu kuyunun sondaj logu [4].

### 3.3. İncelenen Zeminin Mühendislik Ve İndeks Özellikleri

Mermer artık depolama alanı içerisinde, mimari proje ve statik hesaplara temel olacak şekilde zemin parametrelerinin tespiti amacıyla, 10 m Standart Penetrasyon deneyleri yapılmıştır. Ayrıca 3 m derinliğindeki araştırma çukurundan örselenmiş numune alınarak bu numune üzerinde elek analizi, Atterbeg limitleri deneyleri yapılmış ve sonuçlar Çizelge 1'de verilmiştir. Mermer artık depolama alanında açılan 3 m derinliğindeki araştırma çukurunun yeri ve gözlenen birimler Şekil 6'da verilmiştir.

Çizelge 1. Atterbeg limitleri ve elek analizi değerleri.

Atterbeg limitleri			Bileşim		
LL	PL	PI	Çakıl (%)	Kum (%)	Kil (%)
31,9	17	15	1	40	59

(LL: Likit Limit, PL: Plastik Limit, PI: Plastisite İndisi)

İnce taneli zeminlerde, plastisite indeksine göre Burmister (1951) [5]. ve Leonards (1962) [6]. tarafından önerilen sınıflamalar Çizelge 2

ve Çizelge 3’de verilmiştir. Plastisite İndeksi değerleri %15 olup buna göre, incelenen zeminlerin Burmister (1951) sınıflamasına göre “orta plastisiteli”, tanımı ise “kil ve silt”tir. Leonards (1962) sınıflamasına göre ise plastisite derecesi “az plastik”tir.

Zemin özelliklerini iyileştirmek amacıyla zeminin üzerine 60 cm kalınlığında bir kil tabakası döşenmiş ve silindirle sıkıştırma yapılarak zeminin geçirimsizlik katsayısı (permeabilite) iyileştirilmiştir [1].

Geçirimsizlik, kayma direnci, oturma ve benzeri özelliklerden dolayı kullanım amacına uygun olmayan zeminlerin ortaya çıkardığı problemlerin çözümünde zemin içerisine çimento, kireç, mermer tozu, uçucu kül gibi çeşitli kimyasal mad-

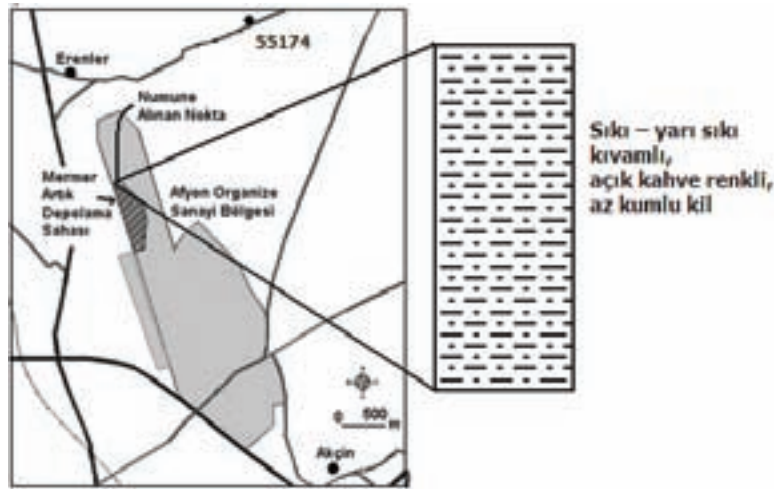
deler katılarak zemin özelliklerinin iyileştirilmesidir. Kimyasal stabilizasyonda kullanılan kireç orta, ince ve çok ince daneli zeminlerle reaksiyona girerek plastisitenin düşmesine, işlenebilirliğin ve mukavemetin artmasına, şişmenin azalmasına neden olmaktadır. Silt, kil içeren ince gradasyonlu zeminlerin kireç ile stabilize edilerek ıslah edilmeleri mümkündür. Dolayısı ile kireç stabilizasyonu killi zeminlere uygulanan bir metottur ve amacı zeminin deformasyona olan direncini arttırmaktır. Mermer tozunun killi zeminlerde kirece benzer bir iyileştirme yaptığı bilinmektedir [7]. Netice itibarıyla bu saha, “Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği”ne göre, depolama sahası olarak kullanılmaya uygundur.

**Çizelge 2.** İnce taneli zeminlerde, plastisite indeksine göre Burmister (1951) sınıflaması

Plastisite İndeksi (PI %)	Plastisite Derecesi	Tanım
0	Plastik değil	Silt
1-5	Önemsiz Derecede Plastik	Killi silt
5-10	Düşük plastisiteli	Silt ve kil
10-20	Orta plastisiteli	Kil ve silt
20-40	Yüksek plastisiteli	Siltli kil
>40	Çok yüksek .plastisiteli	Kil

**Çizelge.3.** İnce taneli zeminlerde, plastisite indeksine göre Leonards (1962) sınıflaması

Plastisite İndeksi	Plastisite derecesi
0-5	Plastik değil
5-15	Az plastik
15-40	Plastik
>40	Çok plastik



**Şekil 6.** Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi Mermer artıkları depolama tesisi araştırma çukurunun ve 55174 nolu kuyunun yeri

### 3.4. Depolama Sahasının Yapısal Özellikleri

Söz konusu depolama alanı meyilli olmadığından, çevresi drenaj kanallarıyla çevrili bulunduğu ve Organize Sanayi Bölgesinin kanalizasyon ve yağmur kanalı sisteminin bulunduğu sahada kurulduğundan taşkın riskine maruz kalmamaktadır. Depolama sahasında ayrıca yağmur suyu kanalları mevcuttur (Şekil 7).

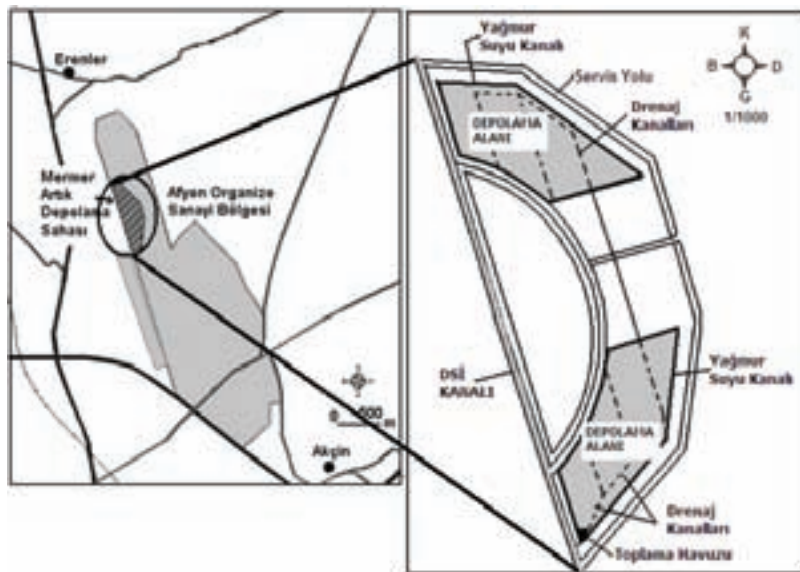
Düzenli depo tesisinin depo tabanı geçirimsiz hale getirilmiştir. Bu amaçla depo tabanının, geçirimsizlik katsayısının sahanın her yerinde 1.10<sup>-8</sup> m/sn olması sağlanacak şekilde yol altyapı tekniğine uygun olarak silindire sıkıştırılması yapılmıştır. Depo tabanı zemininde sıkıştırma işlemi; depo sahası zemininde bulunan ve yüksek geçirimsizlik ve yüksek sıkışma özelliklerine sahip olduğu tespit edilen (CH; Plastisitesi yüksek inorganik kil) kille yapılmıştır [8].

Sıkıştırılmış zemin üzerine 30 - 40 mm kırma taştan 30 cm'lik çakıl drenaj tabakası oluşturulmuştur (54.000 m<sup>2</sup> x 0,30 m =16.200 m<sup>3</sup>). Söz konusu malzeme OSB içerisinde yer alan kum çakıl yıkama eleme tesislerinden sağlanmıştır. Mermer artıklarının toprakla temasını kesen bu işlemlerden sonra, Çakıl drenaj tabakası içerisinde mermer artıklarından gelecek sızıntı sularını drene etmek amacıyla %1 eğimde, 100 mm çaplı delikli HDPE drenaj boruları yerleştirilme işlemi yapılmıştır. Drenlerle toplanan sızıntı suyu 100 mm

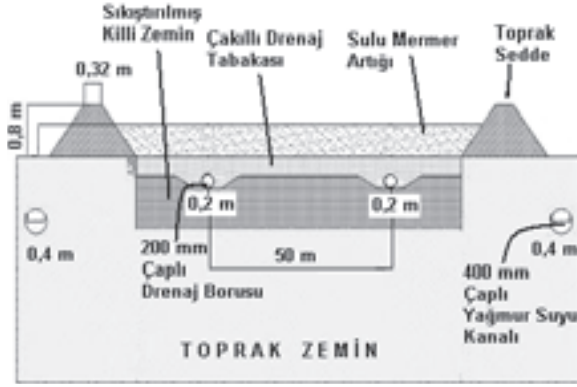
çaplı deliksiz HDPE drenaj borusu ile dinlendirme havuzuna iletilmektedir. Günlük miktarı 13,2 m<sup>3</sup> olarak hesaplanan sızıntı suyu, milleşmenin olma ihtimali göz önüne alınarak toplama havuzunda dinlendirildikten sonra Organize Sanayi Bölgesi kanalizasyon şebekesine bağlanarak deşarj edilecektir (Organize Sanayi Bölgesinin halihazırda ortak arıtma tesisi yoktur. Çevre Orman Bakanlığına sunmuş olduğu iş temin planına göre inşa edilecektir.). Şu an için bu sular D.S.İ.'nin Yağmur Suyu Kanalına verilmektedir [8].

Malzeme depolama ana bölümlerini çevreleyecek biçimde yağmur sularını drene etmek için 4 ayrı hattan toplam 1.600 m uzunluğunda, % 1 eğimde, 400 mm çaplı beton drenaj borusu zemin 1 m kazılarak yerleştirilmiştir. Kanal çıkışları batı sınırından geçen mevcut DSİ Drenaj kanalına bağlanmıştır. Bu nedenle, ayrıca kafa hendeği projelendirilmesine gerek duyulmamıştır [8].

Mermer artıklarının depolama alanında zemin traşlanması ile ortaya çıkan toprak ile planlanan depolama bölümlerinin çevrelerinde 1,60 m genişliğinde ve 0,80 m yüksekliğinde toplam uzunluğu yaklaşık 1.900 m olan seddeler oluşturulmuştur. Depolama bölmelerinde, seddelerin üst seviyesinden 0,20 m boşluk kalacak şekilde 0,50 m derinliğinde malzeme yığılması yapılmaktadır [8]. Şekil 8'de depolama sahasının kesiti verilmiştir.



Şekil 7. Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesi Mermer artıkları depolama tesisi yapısal özellikleri.



Şekil 8. Sulu mermer artığı depolama tesisi dikey kesiti

Günde ortalama 6 kamyon mermer artığı gelmekte olup; yine günde ortalama 3 kamyon %14 - 15 nemli mermer tozu işletmeden sevk edilmektedir. Buna göre, fiili olarak günde ortalama 9 kamyon işletme içerisine teker teker giriş ve çıkış yapmaktadır.

Tesise getirilen ve sevk edilen malzemenin nemli olması nedeniyle malzeme yüklenmesi ve boşaltılması faaliyetlerinden dolayı toz emisyonu oluşmamaktadır. Yine de doldurma ve boşaltma sırasında savurma yapılmamaktadır. İşletme sahası içerisinde servis yollarında nakliye sırasında bir miktar toz emisyonu oluşmaktadır. Tesis yolları paladyenle kaplandığından toz emisyonu oluşumu azaltılmıştır. Yaz aylarında toz emisyonunu azaltmak amacıyla servis yolları spreyleme ile sık sık sulanmaktadır. Tesis içine giren ve tesis dışına çıkan araçların tekerleri yıkanmak suretiyle özellikle sıcak havalarda ortaya çıkacak tozlanma engellenmiş olup, toz emisyonu miktarı daha da azaltılmıştır.

### 3.5. Depolama Sahasının Kapasitesi

Mermer artıkları depolama sahası; Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesinde 2. İlave Alanda 22K-3a,3d pafta, 1 ada, 2012 parsel no ile 22K-1b,1c,4b pafta, 1 ada, 2061 parsel no'ya kayıtlı toplam 156.888,76 m<sup>2</sup> yüzölçümünde düz arazinin 250 m yarıçaplı WOR İstasyonu mania alanının araziye isabet eden 60.625 m<sup>2</sup> lik kısmı haricinde, WOR İstasyonu ilk 250 m yarıçaplı mania alanı sınırının dışından itibaren 400 - 600 m yarıçaplı mania alanı içerisinde kalan 96.263

m<sup>2</sup> büyüklüğündeki alanda kurulmuştur.

96.263 m<sup>2</sup> lik proje alanı, toplam 54.000 m<sup>2</sup> depolama alanına sahip iki adet ana depolama bölmesinden oluşmaktadır. Kalan 42.263 m<sup>2</sup> lik kısmı sınırlardan 10 m mesafe, 10 m genişliğinde servis yolları, idari bina yeri (prefabrik), manevra ve boşluk alanı olarak değerlendirilmiştir. Depolama bölmeleri 1,60 m taban genişliğinde ve yüzeyden 0,80 m yüksekliğinde seddeleme ile sınırlandırılarak, malzemenin sedde üst seviyesinden 0,20 m boşluk kalacak şekilde depolanması amacıyla 0,50 m depolama derinliği kazandırılmıştır [8].

Depolama hacmi 27.000 m<sup>3</sup> olarak projelendirilmiştir (54.000 m<sup>2</sup> x 0,50 m). Tesis kapasitesi yıllık yaklaşık 35.100 ton (27.000 m<sup>3</sup> x 1,3 ton/m<sup>3</sup>) olarak hesaplanmıştır. Günlük 96 ton malzeme alma kapasitesine sahiptir. Ancak; tesisin depolanması kalıcı doldurma şeklinde olmayıp; günlük alımlar ve kuruyan malzemenin sevki olarak sirkülasyon içinde olduğundan, uygulamada 6 adet kamyon/gün x 15 ton/adet = 90 ton/gün alım yapılmaktadır [8].

Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesin içerisinde yer alan mermer işleme tesislerinden anlaşmalı olanlara ait aylık 2.700 ton civarında ortaya çıkan mermer artıklarından yaklaşık 1/3'ü şlam tabir edilen artık, 2/3 kadarı da filtre prestren çıkan daha kuru yapıdaki kek tabir edilen mermer artığıdır. Şlam; çöktürme havuzlarından toplanan mermer artıkları olup, bunlar kamyonların kasalarına özel olarak monte edilmiş tanklara işleme tesisinde doldurularak depo sahasına getirilmektedir. Filtre pres ünitesine sahip mermer işleme tesislerinden çıkan artıklar ise, su içeriği az olduğundan daha katı halde bulunmakta olup, normal kamyonlarla depolama sahasına getirilmektedir. Her iki malzeme 0,50 m derinlik kazanmış depolama bölmelerine ayrı ayrı boşaltılmaktadır.

Geliş sırasına göre düzenli ve sıralı olarak boşaltılan malzeme, depolama tesisindeki taşeron işletmeci vasıtasıyla ekskavatör ile yayılıp depolanmakta ve sonra ilk dökülen kuruyan bölümden başlanarak %14-15 nem oranına gelinceye kadar doğal yolla kuruyan malzeme yükleyiciler vasıtasıyla kamyonlara yüklenerek çimento hammadde olarak üretimde kullanılmak üzere Afyon Çimento Fabrikasına nakledilmektedir. Çimento

fabrikasında mermer artığı %14-15 nem içeriğinde hammadde olarak kullanılmakta olup, her parti proseste kullanılmadan önce fiziksel ve kimyasal analizlere tabi tutulmaktadır. Bu nedenle depolama sahasından fabrikaya gelen her partide, alımdan önce malzemenin alınan numunelerle yapılan analizlerde nem oranı tespit edilmektedir.

Tesise getirilen malzemenin kurumması hava şartlarına bağlı olduğundan yaz aylarında bu süreç hızlı olmakta ve tesiste hemen hemen malzeme birikimi oluşmamaktadır. Ancak kış aylarında gelen malzemenin kuruma süreci daha uzun zaman aldığından tesiste bir miktar malzeme birikimi olmaktadır. Bu miktar, gelen malzemenin 3 aylık periyotlar halinde ayrı ayrı bölmelere doldurulup kurumaya bırakıldığı ve dolmuş için yeni bölmeye geçildiği göz önüne alındığında, yaklaşık 8.100 ton civarında olmaktadır.

Depolama tesisinde, depolama alanlarının tamamen dolarak tesisin depolama ömrünün tamamlanması gibi bir durum söz konusu olmayacaktır. Tesis ara depolama bir nevi transfer istasyonu niteliğindedir. Bu nedenle depolama ömrü belirtilmemektedir.

### 3.6. Depolama Sahasının Sağladığı Faydalar

Afyonkarahisar'da sayıları 400'ü aşan mermer işletmesi bulunmaktadır. Bu işletmelerden yılda yaklaşık 400.000 ton sulu, 200.000 ton ise katı artık açığa çıkmaktadır. Mermer işleme tesislerinden açığa çıkan artık mermer parçaları ile mermer tozu diye adlandırılan sulu mermer artıkları çevreye büyük ölçüde zarar vermektedir. Ayrıca, bu artıkların taşınmasında ve depolanmasında büyük zaman ve maddi kayıplar oluşmaktadır. Fabrikaların bu artıkları geçici olarak uygunsuz yerlerde depolamaları ise sorunu ötelemekten başka bir işe yaramamaktadır. En önemli kayıp ise, kullanılmayan bu artıkların ülkemiz ekonomisine bir fayda sağlamamasıdır.

Mermer artıkları meydana getirdiği görüntü kirliliği yanında, atık alanlarında bitki büyümesine izin vermemekte ve tarım alanlarında verim düşmelerine neden olmaktadır. Sulu mermer artıkları yeraltı su yollarını bloke ederek yeraltı su seviyesini düşürmekte ayrıca yeraltına karışan ince çamur malzemesi yeraltı su kalitesini düşür-

mektedir. Sulu mermer artıkları kuruduktan sonra havada uçarak insanların solunum yollarına zarar vermektedir.

Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesinde bulunan 40 adet mermer işleme tesisinden yıllık 60.000 ton katı, 120.000 ton sulu mermer artığı açığa çıkmaktadır. Düzenli depolama alanlarının varlığıyla; bu artıkların etrafa yayılıp geniş bir alanı kirleterek görüntü ve çevre kirliliğine, rüzgarın da etkisiyle oluşan toz bulutlarının hava kirliliğine neden olması önlenerek, aynı zamanda artıklar hammadde olarak kullanılarak üretime geri dönüşümü sağlanmaktadır. Dolayısıyla ekonomiye de olumlu katkısı olmaktadır. Afyon Çimento fabrikasında kullanılan mermer artık miktarları Çizelge 7'de verilmiştir.

**Çizelge 7.** Afyon Çimento fabrikasında kullanılan mermer artık miktarları [9].

YIL	Mermer (toz) (ton)	Mermer (parça) (ton)
2005	11.000	1.826
2006	97.495	45.536
2007	81.140	52.581
2008	18.219	31.381

## 4. Sonuç ve Öneriler

Afyonkarahisar ili, ülkemizde mermer sektörünün önde gelen illerinden birisidir. Afyonkarahisar'da mermer artıklarının çevreye olumsuz etkilerini azaltmak için mermer sektörünün yoğun olduğu üç bölgede mermer artıkları depolama sahası oluşturulmuştur. Susuz ve İscehisar Bölgesindeki mermer artık sahaları düzensiz bir yapıda olmasına karşın, Organize Sanayi Bölgesinde bulunan mermer artık depolama sahası düzenli bir depolama sahasıdır. Bu tesis, 54.000 m<sup>2</sup> depolama alanına sahip iki adet ana depolama bölmesinden oluşmaktadır.

Afyonkarahisar Organize Sanayi Bölgesinde bulunan 40 adet mermer işleme tesisinden yıllık 60.000 ton katı, 120.000 ton sulu mermer artığı açığa çıkmaktadır. Bu artıkların büyük bir kısmı Afyon Çimento T.A.Ş. tarafından kullanılmaktadır.

Depolama sahasında yeraltı su seviyesi 13-17 metrededir. Ayrıca zeminin özelliklerini tespit

için çeşitli deneyler yapılmış, bu alandaki zeminin Plastisite indeksi değerleri %15 olup buna göre, incelenen zeminlerin Burmister (1951) sınıflamasına göre “orta plastisiteli”, tanımı ise “kil ve silt”tir.. Bu haliyle depolama için uygun olmayacağından zeminin üzerine 60 cm kalınlığında bir kil tabakası döşenmiş ve silindire sıkıştırma yapılarak zeminin geçirimsizliği sağlanmıştır.

Sıkıştırılmış zemin üzerine 30-40 mm kırma taştan 30 cm’lik çakıl drenaj tabakası oluşturmuştur. Mermer artıklarının toprakla temasını kesen bu işlemlerden sonra, çakıl drenaj tabakası içerisinde mermer artıklarından gelecek sızıntı sularını drene etmek amacıyla %1 eğimde, 100 mm çaplı delikli HDPE drenaj boruları yerleştirilmiştir.

Malzeme depolama ana bölümlerini çevreleyecek biçimde yağmur sularını drene etmek için 4 ayrı hattan toplam 1.600 m uzunluğunda, %1 eğimde, 400 mm çaplı beton drenaj borusu zemin 1 m kazılarak yerleştirilmiştir. Kanal çıkışları batı sınırından geçen mevcut DSİ drenaj kanalına bağlanmıştır.

Organize Sanayi Bölgesinde kurulan artık depolama alanı ile düzenli depolama sistemine geçilmesi, bölgede bulunan diğer artık depolama alanlarının da düzenli hale getirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Depolama alanının uzun ömürlü olması için biriktirilen artıkların çimento üretiminde kullanılmasında kesintinin olmaması gereklidir. Ancak bu konudaki en önemli sorun toz boyutlu artıkların rutubet içeriğinden kaynaklanmaktadır. Artıkların içerdiği maksimum rutubet değerinden

daha fazla rutubet içeren mermer tozları çimento üretiminde sorun yaratmaktadır. Bunun için serilen mermer tozlarının daha az kalınlıkta olması rutubetin istenilen orana düşmesini sağlayabilir.

## Kaynaklar

1. Tur, Ş., 2007; “Afyonkarahisar’da Mermer Artıklarının Depolanması”, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, 122 s., Afyonkarahisar.
2. M.T.A., 2007; “Afyon İli Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynakları”, Maden Tetkik Arama Orta Anadolu II. Bölge Müdürlüğü, Konya. Yayımlanmamış.
3. Metin, S., Genç, ve Ş., Bulut, V., 1987; “Afyon ve Dolayının Jeolojisi”. MTA Rapor No: 8103, Ankara. Yayımlanmamış.
4. DSİ, 2000; “Su Sondaj Kuyu Logu”, Kuyu no:55174, Afyonkarahisar.
5. Burmister, D.M., 1951; “Identification and Classification of Soil an Appraisal and Statement of Principles”, ASTM STP 113, Amer. Soc. for Test and Mat. Philadelpia.
6. Leonards, G.A. (Editor), 1962; “Foundation Engineering”, Mc. Graw Hill Book Comp. 1136 s.
7. Zorluer, İ. ve Usta, M., 2003; “Zeminlerin Atık Mermer Tozu İle İyileştirilmesi”, Maden Mühendisleri Odası, Mersem 2003, Afyonkarahisar.
8. Afyonkarahisar OSB, 2005; Mermer Çamuru Döküm Alanı Proje Tanıtım Dosyası (Yayımlanmamış)
9. Çekirge, M., 2009; Kişisel Görüşme, Afyon Çimento T.A.Ş., Afyonkarahisar.