



MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ

TÜRK MİLLİ KOMİTESİ

BÜLTENİ

2719
YIL
HAZİRAN
2003

İçindekiler

Bülten'in 19. Sayısı ve Uluslararası Sempozyumun Heyecanı

Türkiye'de Agrega Olanakları

(O. Gürpinar ve Ö. Ündül)

1

Türkiye'nin Su Kaynakları

(B. Çongar)

9

Kıl; Özellikleri ve İnsan Yaşamına Etkileri

(M. Yeniyol)

16

Malatya-Yazihan Kuzeyindeki Tüfítlerin Jeoteknik İncelenmesi

(Z. Gürocak)

29

Gümüşhane-Hasköy Çevresinin Karst Hidrojeolojisi

(H. Ersoy ve A. F. Ersoy)

39

Rize-İkizdere Ilicaköy Sicak Su Kaynaklarının Hidrojeolojisi

(A. F. Ersoy, H. Ersoy ve R. Dilek) 47

ANKARA

Yönetim Kurulu

Başkan: Prof. Dr. Erdogan YÜZER (İTÜ Maden Fak. - İstanbul)
Genel Sekreter: Prof. Dr. Okay EROSKAY (JKÜ Müh.- Mim. Fak. - İstanbul)
Genel Sekreter Yrd.: Doç. Dr. Atiye TUĞRUL (İÜ Müh. Fak. - İstanbul)
Sayman: Doç. Dr. Tamer TOPAL (ODTÜ Müh. Fak. - Ankara)
Üye: Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ (SDÜ Müh. Fak. - Isparta)
Üye: Prof. Dr. Reşat ULUSAY (HÜ Müh. Fak. - Ankara)
Üye: Prof. Dr. Remzi KARAGÜZEL (SDÜ Müh. Fak. - Isparta)

Yayın Danışma Kurulu

Prof. Dr. Remzi DİLEK (KTÜ)
Prof. Dr. Vedat DOYURAN (ODTÜ)
Prof. Dr. Okay EROSKAY (JKÜ)
Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ (SDÜ)
Prof. Dr. Okay GÜRPINAR (İÜ)
Prof. Dr. Remzi KARAGÜZEL (SDÜ)
Prof. Dr. K. Erçin KASAPOĞLU (HÜ)
Prof. Dr. Şakir ŞİMŞEK (HÜ)
Doç. Dr. Atiye TUĞRUL (İÜ)
Prof. Dr. Necdet TÜRK (9 Eylül Üniv.)
Prof. Dr. Mahir VARDAR (İTÜ)
Prof. Dr. Erdogan YÜZER (İTÜ)

Editörler Kurulu

Prof. Dr. Reşat ULUSAY (HÜ)
Prof. Dr. Recep KILIÇ (AÜ)
Doç. Dr. Tamer TOPAL (ODTÜ)

Bu sayının baskısı TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası tarafından gerçekleştirılmıştır.

Yazışma Adresi

<p>Prof. Dr. Reşat ULUSAY Hacettepe Üniv. Müh. Fak. Jeoloji Müh. Bölümü 06532 Beytepe- Ankara e-mail: resat@hacettepe.edu.tr Tel: 0312-2977767 / Fax: 0312-2992034</p>	<p>Prof. Dr. Recep KILIÇ Ankara Üniv. Müh. Fak. Jeoloji Müh. Bölümü, Tandoğan, 06100 Ankara e-mail: rkilic@eng.ankara.edu.tr Tel: 0312-2126720 / Telefax: 0312- 2212660</p>
--	---

Doç. Dr. Tamer TOPAL
ODTÜ Müh. Fak.
Jeoloji Müh. Bölümü 06531 Ankara
e-mail: topal@metu.edu.tr
Tel: 0312-2102690 / Telefax: 0312- 2101263

İçindekiler

Bülten'in 19. Sayısı ve Uluslararası Sempozyumun Heyecanı

Türkiye'de Agrega Olanakları

(O. Gürpinar ve Ö. Ündül) 1

Türkiye'nin Su Kaynakları

(B. Çongar) 9

Kıl; Özellikleri ve İnsan Yaşamına Etkileri

(M. Yeniyol) 16

Malatya-Yazılıhan Kuzeyindeki Tüftülerin Jeoteknik İncelenmesi

(Z. Gürocak) 29

Gümüşhane-Hasköy Çevresinin Karst Hidrojeolojisi

(H. Ersoy ve A. F. Ersoy) 39

Rize-İkizdere İlçaköy Sıcak Su Kaynaklarının Hidrojeolojisi

(A. F. Ersoy, H. Ersoy ve R. Dilek) 47

BÜLTEN'İN 19. SAYISI
VE
ULUSLARARASI SEMPOZYUMUN HEYECANI

Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi (UMJTMK), ülkemizde gerçekleştirilen mühendislik jeolojisile ilgili çalışmaları ulusal ve uluslararası düzeyde duyurarak bilimsel ve teknik iletişim katkı sağlamak ve uygulama alanlarını geliştirmek için 5 Kasım 1976'da merhum hocamız Prof.Dr.Kemal Erguvanlı'nın önderliği ve çabalarının yanı sıra, konuya gönül vermiş meslektaşlarımızın katkılarıyla kurulmuştur. Kuruluşundan bu yana geçen 27 yıl boyunca Milli Komite Bülteni yayınının aksamadan devam ettirilmesine çalışılmıştır. Ekonomik nedenlerle zaman zaman bazı gecikmeler olmuş ise de, üyelerimizin bunu anlayışla karşılayarak Bülten'e sahip çıkmaları, bugüne dekin yönetimde görev alanların en büyük tesellisidir.

Bülten'in bu sayısını sizlere yeni düzeniyle sunmaktan, bilimsel niteliğini, dolayısıyla saygınlığını artırmayı amaçlayan çalışmalar içine girmekten mutluluk duyuyoruz. Bu amacın gerçekleşmesi için, üniversitelerimizde, kamuda ve özel kuruluşlardaki araştırma ve uygulamacıların özgün çalışmalarını Bülten'e göndererek katkılarını esirgemeyeceklerine inanıyoruz. Bülten'in yeniden düzenlenen yazım kurallarını da siz değerli okurlarımıza sunuyor ve makallerinizi editörlerimizin adreslerine göndermenizi bekliyoruz. Bu çerçevede, Bülten'in aksamadan çıkarılmasında basım işlerini üstelenen Jeoloji Mühendisleri Odası yöneticilerine değerli katkılarından dolayı içten teşekkürlerimizi sunuyoruz.

Kıvancını ve heyecanını sizlerle paylaşmak istediğimiz diğer önemli bir etkinliğimiz de, Milli Komitemizin 22 yıl aradan sonra uluslararası bir sempozyuma ikinci kez ev sahipliği yapacak olmasıdır. Milli Komitemizce düzenlenen ve daha önce de duyurulduğu gibi, IAEG tarafından da desteklenen "*Industrial Minerals and Building Stones, IMBS'2003*" konulu uluslararası sempozyum 15-18 Eylül 2003 tarihleri arasında İstanbul'da yapılacaktır. İTÜ Süleyman Demirel Kültür Sitesi'nde gerçekleştirilecek olan bu sempozyuma çok sayıda yerli ve yabancı uzman katılacak olup, yüzü aşıkın bildirinin sunulacak olması, kıvancımızı daha da artırmaktadır. Yapı taşları, agregalar, dolgu malzemeleri, taş endüstrisinde yeni eğilimler, kıymetli mineraller, yapı taşlarının bozunması ve tarihi yapıların korunması ile seramik, cam, kireç ve alçı endüstrileri gibi değişik konularda sunulacak çok sayıda bildirinin yanı sıra, yurt dışından ve Türkiye'den konularında uluslararası düzeyde tanınan uzmanlar da çağrılmış konuştacı olarak sempozyuma katkı sağlayacaklardır. Sunulacak tüm bildirilerin yer aldığı *Bildiriler Kitabı*, basılarak sempozyum sırasında katılımcılara dağıtılacaktır.

Sempozyumun beklenen başarıya ulaşmasında siz değerli üyelerimizin katılım ve katkılarının önemi açıktır. Bu bilimsel etkinlik nedeni ile duyacağımız heyecanı sizlerle paylaşmak istiyoruz.

Sempozyumdaki gelişmelerle mühendislik jeolojisinin, ulusal ve uluslararası düzeyde giderek artan bir yoğunlukta temsil edileceği inancıyla, hepинize saygımızı sunar, başarılar dileriz.

Uluslararası Mühendislik Jeolojisi
Türk Milli Komitesi
Yönetim Kurulu

TÜRKİYE'DE AGREGA OLANAKLARI

Aggregate Possibilities in Turkey

Okay GÜRPINAR ve Ömer ÜNDÜL,

İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Avcılar, İstanbul.

ÖZ

Anorganik katı daneli malzeme topluluğu olarak tanımlanan agregaların pekçok mühendislik uygulamasında ve ülkemiz sınırları içerisinde, bazı küçük istisnalar olmakla birlikte birbirlerinden pek farklı olmayan litolojilerden elde edildiği bilinmektedir. Bunun önemli sebeplerinden biri aggrega tanımının çoğunlukla "beton agregası" olarak algılanmasından ileri gelmektedir. Ancak pekçok uygulama alanında da "agrega"lar beton agregasından farklı özellikleri ile kullanılmaktadır. Bu çalışmada, mevcut verilerden yaralanılarak, Türkiye'nin farklı bölgelerindeki agregaların, beton üretimi dışında da, farklı amaçlar için kullanılabileceği ve herhangi bir mühendislik uygulamasında yeterli özelliklere sahip olmayan daneli malzemenin, başka mühendislik uygulamalarında uygun özellikler gösterdiği vurgulanmıştır. Bu bağlamda, Türkiye'nin farklı alanlarında, farklı amaçlarla elde edilen veriler, değerlendirilerek, agregaların kullanılabilirlikleri tartışılmıştır.

ABSTRACT

Aggregates defined as inorganic solid grain material are obtained, with some exceptions, from not so different lithologies in many engineering application in our country. An important reason for this is that the definition of aggregate is accepted as "aggregate for concrete". However, in practice "aggregates" are used for their different properties than those of the aggregate for concrete. In this study, using data available for aggregates in different areas of Turkey, it is emphasized that aggregates for concrete and those aggregates that do not have suitable properties for an engineering application could be suitable for other application. In this context, suitability of aggregates is discussed evaluating data obtained for different proposes.

GİRİŞ

Anorganik katı daneli malzeme topluluğu olarak tanımlanan agregaların, beton üretiminde kullanımının dışında; asfalt, dolgu, filtre, stabilize malzemeler gibi farklı amaçlar için, uygun olabilmekte ve uygulamada kullanılabilmektedir. Kaynaklarına göre; doğal, yapay ve özel agregalar adı altında sınıflanan bu daneli mazlemeler, farklı alanlarda farklı amaçlar için kullanılmaktadır.

Doğal agregalar; nehir yatakları, teraslar, deniz ve göl kenarları, taş ocakları gibi doğadaki yataklarından alınarak, gerektiğinde konkasörlerde kırılma, elenerek değişik boylarda sınıflara ayrılma ve yıkama işlemleri dışında, doğadaki yapısında değişiklik yaratacak hiçbir işlem uygulamadan kullanılan agregalardır. Kum, çakıl ve kirmataş en tipik ve en çok kullanılan doğal agregalardır.

Yapay agregalar; bir endüstri kolunda yan ürün olarak ortaya çıkan malzemelerden üretilen veya bir mazlemeye ıslık işlem uygulanarak, beton yapımı için, uygun duruma getirilen agregalardır. Yüksek sırı cürüsu, uçucu kül, genleştirmiş perlit ve genleştirmiş killer tipik yapay agregalardır.

Batılı ülkelerde bu yüzyılın başlarında, ülkemizde ise 1980'li yılların sonlarında, hazır beton teknolojisinin başlamasıyla Türkiye'de kırılabilir doğal agrega tüketimi artmıştır (Koca, 1996). Bir agrega cenneti olan ülkemizde, farklı bölgelerde yapılmış çalışmalardan alınan veriler değerlendirilerek, kum-çakıl ocaklarıyla, işletilmekte olan ve işletilmeleri durdurulmuş kırmataş ocaklarından elde edilen malzemelerinin kullanılabilirliği tartışılacaktır.

İSTANBUL METROPOLÜNÜN AGREGA OLANAKLARI

İstanbul hızla gelişen ve büyüyen bir yerleşim, sanayi ve ticaret merkezi olarak Türkiye ve Dünya'da yeniden yapılanma açısından ön sıralarda yer almaktadır. Bu büyümeye ve gelişmenin getirdiği yapılaşma olayı, yapı gereçlerine talebi artırmaktadır. İstanbul'un bu hızlı gelişiminin sonucu; hızlı ve modern yapılanmanın gereği, ihtiyaç duyulan agregalar konusunda gelecekte büyük sorunlarla karşılaşacağı bir gerçektir.

İstanbul ve civarında çeşitli uzaklıklarda bulunan taş ocakları bugün, şehir içinde kalmış ve çoğu bu nedenle terk edilmiştir. Diğer yönden, İstanbul çevresinde en yakın uzaklıklarda agrega oluşturabilecek litolojiler de sınırlıdır. Bu nedenle İstanbul'un agrega ihtiyacının karşılanabilmesi için; Trakya ve Kocaeli yarımadasındaki agrega kaynakları araştırılmaya başlanmıştır.

İstanbul metropolü için Agrega olanakları, Boğazın batı ve doğu yakasında kümelenmişlerdir. (Şekil 1). Bu alanlardaki ocaklardan bir kısmı, gerek malzeme rezervlerinin tükenmesi ve gerekse şehirleşmenin baskısı ile faaliyetlerini durdurmuş veya durdurma aşamasına gelmişlerdir.



Şekil 1. İstanbul Boğazının batı ve doğu yakasındaki agrega ocakları (Cilason vd., 1989'dan değiştirilerek)

İstanbul boğazı'nın batı yakasındaki agrega olanakları

İstanbul'un batı yakasında bulunan ve faaliyetlerini durdurmuş oacaklar arasında; İstinye, Alibeyköy, Çebeçiköy, Mahmutbey ve İkitelli oackları yer almaktadır. Bu alanlarda, Karbonifer yaşı Trakya formasyonunun kireçtaşı ve kumtaşları mostra vermektedir. İstinye ve Çebeçiköy taş oacakları, Paleozoyik kireçtaşlarında, Alibeyköy, Mahmutbey ve İkitelli oackları ise, Paleozoyik kumtaşlarında açılmışlardır. Bu oacaklar, gerek rezervleri ve gerekse yerleşim alanlarını tehdit etmeleri açısından nihai sınırlarına gelmiştir.

İstanbul'un batı yakasında bulunan ve halihazırda üretimini sürdürden oacklar arasında; Uskumru-Gümüşdere, Pirinçköy (Eyüp), Cendere (Kemerburgaz- Ayazağa), Silivri -Sinekli ve Trakya'daki oacklar yer almaktadır.

Uskumru-Gümüşdere dolaylarındaki oacklarda iyi kaliteli, kireçtaşları kırmataş olarak üretilmektedir.

Pirinçköy (Eyüp-İstanbul) oackları Paleozoyik yaşı Trakya formasyonunun gri-koyu renkli masif kumtaşlarında açılmışlardır. Kumtaşları; kırmataş oluşturmada, saha, makro ve mikro özellikleri açısından çok uygun bir malzemedir. Kimyasal yönden bol kuvarslı olup SiO_2 oranı %66'dan fazladır. Alkali-Agrega reaksiyonu yönünden "Zararsız aggrega" sınıfı içerisinde kalan malzeme, çözünmüş silis değeriyle de "uygun sınırlar" altında kalmaktadır. Mekanik özellikler yönünden de malzemenin kırmataş üretimi için, çok uygun sınırlar içerisinde, orta dayanıklı, kompakt, masif bir malzeme olduğu saptanmıştır (Uzal ve Uz, 1999).

Cendere oackları Cendere havzası, Kemerburgaz-Ayazağa arasında, Cendere vadisi boyunca uzanmakta, uzunluğu yaklaşık 10 km genişliği, ise 0.5-3 km'lik bir alanla sınırlıdır. Havza içerisinde yer alan 4 kırmataş oacı ve tesisleri, 5 beton santrali ve 2 adet de asfalt plantiti mevcuttur (Kaynarkan vd., 1999).

Petrografik açıdan mikalı kumtaşı olarak tanımlanan birim; $2,7-2,8 \text{ gr/cm}^3$ özgül ağırlığı, 6-7 Mohs sertliğine, $1300-1500 \text{ kg/cm}^2$ lik basınç dayanımına %0,8 poroziteye sahip olup, aşınma oranı oldukça düşüktür (Kaynarkan vd., 1999).

Bu veriler Cendere vadisinden üretilen kumtaşı aggregalarının, stabilize malzeme, beton ve asfalt yapımı için uygun olduğunu göstermektedir.

Silivri - Sinekli dolaylarında oacklar Silivri'nin kuzeyinde yaygın olarak Üst Miyosen yaşı bentonit ara seviyeli, çapraz tabakalı kum-çakıl istifinden oluşan Ergene formasyonu görülür. İstifin %70-80'i kum, geriye kalan %20-30'unu çakıl boyutlu elemanlar oluşturur. Çakıl boyutlu elemanlar; temele ait granit, granodiorit, dolerit, bazalt, serpentinit, karbonatlı kumtaşları, kiltaşı vb.den, kum boyutlu elemanlar ise; kuvars, feldspat, kalsedon ve mika gibi manyetik kayaç minerallerinden türemiştirlerdir (Erdoğan vd., 1999). Formasyonun aggrega potansiyeli yüksektir.

Ocaklardan alınan kum ve çakıl örnekleri üzerinde yapılan deneylerden malzemenin yıkınmadan kullanılmasının sakıncalı olduğu, yıkanan kumun inşaat sektöründe kullanılabileceği, çakılların doğal özellikleri itibariyle nitelikli beton üretimine uygun olmadığı, kullanılabilmesi için mutlaka kırıcılarından geçirilmesi gerekeceği, ayrıca aktif silis grubu mineralleri (sileks ve opal) oranının bazı lokasyonlarda artmasından dolayı, alkali silis reaksiyonu yönünden çakılların incelenmesi yararlı olacaktır (Erdoğan vd..1999). Bazı lokasyonlarda ise sarı kırmızı renkleri veren demir oksit için beton agregası olarak kullanılmasının sakıncalı olacağını saptanmıştır.

Silivri-Sinekli dolaylarında yaygın olan bu malzeme aynı zamanda stabilize malzeme olarak kullanılacak niteliktir.

Çatalca dolayındaki ocaklar İstanbul'un batı yakasında, büyük rezervlere sahip alanlardan biri de Çatalca, Muratbey, AhmedİYE, Celaliye dolaylarında mostralalar veren Eosen yaşlı kireçtaşlardır. İstif, tabanda resifal özellikte Kırklareli kireçtaşıyla başlar üstte doğru killi kireçtaşı, şeyl ardalanmasından oluşan Sazlıdere formasyonuna geçer.

İstifin tabanını oluşturan Kırklareli kireçtaşı, aggrega standartlarına uygunluk gösterdiginden, beton agregası ile stabilize malzemesi olarak kullanılabilir (Tok, 2000). AhmedİYE dolaylarında mostra veren Granit, bazı mühendislik yapılarında beton agregası olarak kullanılmıştır.

İstanbul metropolünün aggrega talebini karşılamak üzere, kentin uzağındaki potansiyel alanlar değerlendirilmeye başlanmıştır. Bu bağlamda, Kırklareli masifinin GD eteğinde ve Safaalanı (Saray-Tekirdağ) yakınlarında açığa çıkan Paleozoyik yaşlı Koruköy formasyonu içindeki amfibolit şistler üzerinde yapılan araştırmalardan bunların aggrega üretimine uygun olduğu saptanmıştır (Erdoğan, 1999). Ayrıca Tekirdağ dolaylarında Miyosen-Pliyosen yaşlı "Sivritepe ve Karakaya tepe" bazaltlarının, demirce zengin (% 9,5-10), yüksek potasyumlu kalkalkalen özellikte, tipik bir "Olivinli bazalt" niteliğinde olduğu ortaya konmuştur. Yapılan mekanik ve fiziksel özellik deneyleri sonucunda olivinli bazaltların betonda kullanımının çok uygun olduğu görülmüştür (Uz, 1999). Sivritepe bazaltlarının, yaklaşık 20 milyon tonluk görünür rezervle İstanbul metropolü için de önemli bir kaynak olduğu anlaşılmaktadır.

İstanbul için bir başka kaynak alanı da Alpullu dolaylarındaki dere yataklarıdır. Bu yataklardaki, ocaklardan alınan alüvyon malzemesinin yıkamış elenmesinden elde edilen kumlu malzeme, beton agregası olarak kullanılabilir niteliktir.

İstanbul boğazının doğu yakasındaki aggrega olanakları

İstanbul Boğazı'nın doğu yakasında şehirleşme ile faaliyetlerini durdurmuş Göksu ve Kandilli ocaklarından, Devoniyen yaşlı kireçtaşları işletilerek, stabilize ve beton malzemesi olarak kullanılmıştır. Halihazırda, başlıca üretim alanı olarak, Ömerli su havzası ve çevresi bulunmaktadır. Bunlar da münferit ocaklar halinde faaliyet göstermektedir. Bu ocakların faaliyetleri; şehirleşme ve

su havzalarının korunması amacıyla, yakın bir gelecekte durdurulabilir. Burada üretim kireçtaşı ve dolomitik kireçtaşlarından yapılmaktadır.

Kartal - Çimento fabrikasının hammade ocağı olarak kullanılan Kartal taşocası halen beton agregası üretimi için işletilmektedir. Bu kireçtaşı ocağının, yerleşim alanı içerisinde kalmasından dolayı yakın bir gelecekte üretimi durdurulacaktır.

Şile ve Riva dolaylarında Triyas yaşı kireçtaşlarında açılan ocaklardan agreya üretimi yapılmaktadır. Bu agregalar çeşitli mühendislik işlerinde kullanılmaktadır.

Gebze, Tavşanlı, Taşkaldıran dolaylarında geniş alanlar kaplayan Hereke formasyonu'nun Gebze kireçtaşı çeşitli kuruluşlarca işletilmektedir. Yapılan kimyasal ve petrografik bulgular; birimin kireçtaşı, dolomitik kireçtaşı ve dolominin içe bulunduğunu ve bazı alanlarda dolomit oranının yüksek olduğunu göstermiştir (Halili ve Gözübol, 1999 ve Halili, 2000). Elde edilen bulgulara göre beton üretiminde ve stabilize malzeme olarak kullanılan bu birimin, özellikle dolomit oranının yüksek olduğu seviyelerin Dedolomitizasyon reaksiyonu göstereceğini ve beton için zararlı olabileceğini de gözardı etmemek gereklidir.

İstanbul metropolü için Gebze Organize Taş Ocakları Bölgesi sahip olduğu özellikleri ve yaklaşık 80 milyon m^3 'luk bir görünür rezerviyle hali hazırda ve gelecekte önemli bir agreya üretim alanı olabilecektir (Eren, 1996).

Gebze Organize Taşocakları Bölgesinin dışında İstanbul'a kaynak oluşturabilecek alan, Sakarya vadisiidir. Bu vadi boyunca işletilen kum-çakıl ocakları beton agregası olarak uygun niteliktedir.

ANADOLU'DA AGREGA OLANAKLARI

İstanbul metropolüne agreya sağlayacak, Trakya bölgesindeki ve Kocaeli yarımadasındaki çalışmakta olan kaynaklara yukarıda değinilmiştir. Anadolunun diğer yerleşim alanlarında çeşitli mühendislik uygulamalarında agreya olarak kullanılabilen kaynaklardan bir kısmı aşağıda tanımlanacaktır.

İstanbul - Yalova - Gemlik - Bursa gibi bir endüstriyel çizgi üzerinde yer alan Orhangazi mermerleri; kullanım alanları dikkate alındığında çeşitli endüstri dallarında hammade ve yarı mamul üretim yapan önemli bir taş üretim merkezi görünümündedir. Paleozoyik yaşı Orhangazi mermerlerinde açılan ocaklardaki üretim; bloktaş, micir, kireç, mozayik ve mikronize toz üretimine yöneliktedir.

Ankara ili sınırları içerisinde kayıtlı agreya ocaklarına ait veriler değerlendirildiğinde; Gölbaşı - Elmadağ - Kalecik dolaylarında kumlu kireçtaşı ve rekristalize kireçtaşları ile Çeltikçi, Yiğitli, Kazan, Bitik dolaylarındaki, kum ve çakıl ocakları, beton ve stabilize malzemesi olarak kullanılmaktadır.

İzmir il sınırları içerisinde, Torbalı – Tulumköy dolaylarında rekristalize dolomitik kireçtaşları ile kireçtaşları, Bornova – Naldöken köyü dolaylarında kireçtaşları, farklı amaçlar için agrega olarak kullanılmaktadır.

Uşak ve Sandıklı dolaylarında yayılım gösteren ve halk dilinde Küfeki taşı olarak adlandırılan, inşaat sektöründe yapı taşı ve Tras olarak kullanılan Uşak Aglomeralleri ve Sandıklı tüslerinin agrega olabilirlikleri araştırılmış ve taşıyıcı sistemler dışında kullanılmak koşulu ile yarıtmış hafif betonların üretilmesinin ve bunların inşaat sektöründe kullanılmasının, ülke ekonomisi için önemli olduğu düşünülmektedir. Ayrıca Aglomera ve tüslerin daha ince kırılmaları halinde sıvalık kum olarak kullanılabilecek özellikleri saptanmıştır (Özpınar vd., 1999).

Isparta ili sınırları içerisinde yer alan; Diyadin, Senirce, Büyükhacılar köyleri dolaylarında açılan ocaklılardaki masif ve altere kireçtaşları ile Gelincik ve Karakaya köyleri dolaylarındaki pomzaların, çakıl ve kum boyutuna indirgenen malzemeler, farklı mühendislik amaçlarına uygun agregalar olarak kullanılabileceklerdir.

Bolu dolaylarında, Prekambriyen yaşı, Amfibolit, Metagranit, Metakuvarsitlerden oluşan Yedigöller formasyonu ile Devoniyen yaşı İkizoluk formasyonun Çatak kireçtaşı üyesinin yapılan incelemeler sonucunda beton agregası olarak kullanılmasının uygun olmadığı, dolgu, filtre, granüler temel malzemesi ve çimentolu temel malzemesi olarak kullanılabileceği saptanmıştır. (Dalgıç, vd., 1996).

Sivas ili dolaylarında beton üretimi için, büyük ölçüde Kızılırmak, Yıldız Irmağı, Koçderesi (Hafik), Çobanlı deresi (Suşehri), Çaltı deresi (Divriği) ve İncesu Irmağı (Ulaş)ndan elde edilen kum-çakıldan yararlanıldığı kırma agreganın ise karayolları ve TCDD tarafından kullanıldığı saptanmıştır. Halbuki bu kaynaklardaki, 11 kum-çakıl ocağından sağlanan agregalar üzerinde yapılan deneyler sonucu bulunan değerler, standartlardaki limit değerlerle karşılaştırıldığında, bunların beton agregası olarak kullanılmasının uygun olmadığı saptanmıştır. Buna mukabil yörende görülen bazalt, kristalize kireçtaşı, traverten vb. kayaçlarda karayolları tarafından açılan ocaklıdan (20 adet) alınan örneklerde yapılan deney sonuçlarının, standartlarda istenen sınırlar içinde kaldığı görülmüştür. Bu nedenle kırma agreganın beton üretiminde kullanılmasının yaygınlaştırılması gereklidir (Erdem vd., 1996).

Niğde ili dolaylarında, başlıca agrega kaynakları olarak Niğde metamorfik kompleksi içerisindeki rekristalize kireçtaşları, başta mozayik olarak, yaygın kullanımına sahiptir. Beyaz renkli dolomitik rekristalize özellikli olan birimde, çok sayıda işletilen taş ocağı bulunmaktadır. Bu ocaklılardan üretilen agregalar, mikronize kalsit olarak, doğu Avrupa ülkelerine de ihraç edilmektedir. Bölgedeki dolomitik kireçtaşlarının, çimento ile istenmeyen Dedolomitizasyon reaksiyonuna girmelerinden dolayı beton agregası olması yönünde tercih edilmemelidir. Bölge için, diğer bir agrega kaynağı Nevşehir ilinden geçen Kızılırmak yatağından alınan kum ve çakillardır. Bu malzemenin alkali-silis reaksiyonu açısından sakıncalı olduğu da bilinmektedir. Gerek dolomitik kireçtaşları ve

gerekse kum ve çakılların kullanılması sakıncalı olmasına rağmen halkın yeterince bilinçli olmaması ve biraz da ucuz olması nedeniyle geniş bir kullanımına sahiptir. Bölgede bu malzemeler beton agregası ve sıva kumu olarak kullanılmaktadır. Ayrıca bölgedeki Melendizdağı bazaltik kayalarından kirmataş üretimi yapılmakta olup beton agregası ve otoyol üst yapı malzemesi olarak. Üst Paleosen-Lütesiyen yaşı Mavraş kireçtaşları ise yol üst yapı malzemesi ve alt yapı betonu olarak kullanılmaktadır. Bu birimlerin ayrıntılı olarak araştırılması gerekmektedir (Korkanç, 2003). Diyarbakır dolaylarında, Dicle nehri kum ve çakılları ile Karadağ Bazaltları, hem beton üretiminde ve hem de stabilize malzemesi olarak kullanılmaktadır.

SONUÇ

Elde edilen bulgularla, ülkemizin doğal zenginliklerinden biri olan agregaların, farklı amaçlar için farklı mühendislik uygulamalarında (beton, dolgu, asfalt, stabilité, filtre, vb.) kullanılabileceği görülmüştür. Beton üretiminde kullanılan agregaların standartlara uygun, olanlarının bilinçli olarak kullanılması, özellikle alkali – aggrega ve Dedolomitizasyon reaksiyonlarının gözardı edilmemesi gerekmektedir. Ülkemizde, bilinçli ve modern bir ocak işletmeciliğinde farklı amaçlar için istenilen özellikle aggrega üretimi yapılması ve aggrega üretimi yapamayan ülkelere ihracatının üzerinde durulması, ülkemiz ekonomisine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Cilason, N., Tanka, S. ve Gürdal, G., 1989, İstanbul ve Çevresi Taş-Doğal Agrega Ocakları, STFA İnşaat AŞ, Kalite kontrol Müdürlüğü STFA Yayın No:24.
- Dalgıç, S., Gözübol, A. ve Hasdemir, S., 1996, Otoyol İnşaasında Kirmataş Ocağı Seçimi, I. Ulusal Kirmataş Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 333-346, 7-8 Ekim, İstanbul.
- Erdem, F., Yener, A.B., Özgören, Z., Turabük, A., 1996, Sivas ve Dolayındaki Doğal ve Kirmataş Ocaklarından Elde Edilen Agregaların Yapı Gereci Olarak Kullanılabilirliği, I. Ulusal Kirmataş Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 325-332, 7-8 Ekim, İstanbul.
- Erdoğan, M., 1999, Safaalanı Yöresi Amfibolit Şistinin Agrega Özellikleri ve Kiriç Türünün Malzeme Özelliklerine Etkisi, II. Ulusal Kirmataş Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 81-88, 3-4 Haziran, İstanbul.
- Erdoğan, M., Eren, R.H. ve Oktay, F.Y., 1999, Silivri Çevresindeki Ergene Formasyonunu Agrega Potansiyeli ve Özellikleri, II. Ulusal Kirmataş Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 113-128, 3-4 Haziran, İstanbul.
- Eren, H., Nasuf, E., Ökten, G., Energen, T., 1996, Kocaeli – Gebze İlçesi, Tavşanlı Köyü Civarındaki Kireçtaşlı Sahalarının Jeolojisi, Rezerv Analizi ve İstanbul Metropolü Yönünden Önemi, I. Ulusal Kirmataş Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 53-68, 7-8 Ekim, İstanbul.
- Halili, A., 2000, Delme ve Patlatma Amacıyla Hereke Formasyonunun Araştırılması, 4. Delme – Patlatma Sempozyumu, Bildiriler Kitabı 73-81, Ankara.

Halili, A. ve Gözübol, A. M., 1999, Hereke Formasyonu (Gebze kreçtaşının) Kır mataş Özelliği ve Kırmacı – Eleme Tesislerindeki Davranışı, II. Ulusal Kır mataş Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 89-98, 3-4 Haziran, İstanbul.

Kaynarkan, S., Uz, B. ve Dural, C., 1999, Cendere Kır mataş – Beton ve Asfalt Üretim Havzasında Etüd ve Değerlendirme, II. Ulusal Kır mataş Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 55-68, 3-4 Haziran, İstanbul.

Koca, C., 1996, Hazır Beton Sektörü Açısından Agrega Sektörüne Bakış, I. Ulusal Kır mataş Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 197-200, 7-8 Ekim, İstanbul.

Korkanç, M., 2003, Niğde Yöresi Bazaltlarının Alternatif Agrega Olarak Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Devam Etmekte, İ.Ü.F.B.E., İstanbul

Özpinar, Y., Bozkurt, R., Çobanoğlu, İ. ve Küçük, B., 1999, Uşak ve Sandıklı Civarındaki “Küfeki Taşlarının (Aglomera ve Tüp) Petrografik ve Petrokimyasal İncelemesi, Bunların Yapıtaş – Agrega Olarak Değerlendirilmesi, II. Ulusal Kır mataş Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 99-112, İstanbul.

Tok, C., 2000, Çatalca Celaliye arasının jeolojisini ve Kırklareli Kireçtaşının Kır mataş Olarak Değerlendirilmesi, Bitirme Projesi, İ.Ü.M.F., Yayınlanmamış, İstanbul.

Uz, B., 1999, Bazaltların Kır mataş Yönünden Değerlendirilmesi “Trakya – Tekirdağ Bölgesi Bazaltları Örneği” II. Ulusal Kır mataş Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 1-12, 3-4 Haziran, İstanbul.

Uzal, M. ve Uz, B., 1999, Kır mataş Ocak Oluşturma önerisi Petrografik Analiz ve Önemi, II. Ulusal Kır mataş Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 13-30, 3-4 Haziran, İstanbul.

TÜRKİYE'NİN SU KAYNAKLARI

Water Resources in Turkey

Behiç ÇONGAR, SİAL, Ankara

ÖZ

Yeryüzeyinde en geniş alanları kaplayan, bu nedenle dünyamıza "Mavi Küre" adının verilmesine neden olan su, yer yüzeyinde en çok bulunan varlıktır. İnsanoğlu, gereksinim duyduğu oranda bu varlıktan yararlanabiliyor mu? İstediği nitelikte yeterli suya sahip mi? Sahip olduğu suyu doğru kullanabiliyor ve onu koruyabiliyor mu? Ülkemizdeki durum ne? Ne kadar su kullanıyoruz, gereksinimimiz ne kadar? Bu konudaki bazı somut verileri sunmakta yarar görüyorum.

ABSTRACT

The most abundant thing in the earth is water which covers large land area and that is the reason why the world is called as "Blue Sphere". The question is whether human beings can benefit from water efficiently, do they have enough water that has required quality, do they use it correctly and maintain it, what is the situation in our country, how often we use water and what is our water necessity.

DÜNYADAKİ SU VARLIĞI

Yeryüzündeki suların % 97'si okyanusları, yani bütün denizleri oluşturur. Tüm tatlı suların oranı % 3'tür.

Tatlı Sular:

% 79'u buzullar	(tüm suların %2.39)
% 20'si yeraltısuları	(tüm suların %0.6)
% 1'i ulaşılabilir sular	(tüm suların %0.03)

Ulaşılabilir Sular:

% 52'si göller	(tüm suların %0,015)
% 38'i yeryüzündeki nem	(tüm suların %0,010)
% 8'i atmosferdeki su buharı	(tüm suların %0,002)
% 1'i canlıların organizmalarındaki sular	(tüm suların %0,0003)
% 1'i nehirler ve kaynaklar	(tüm suların %0,0003)

Kullanılabilecek kaynaklar da, bu miktarın bir bölümünü oluşturur. Kullanılabilecek su kaynaklarının, yeryüzünde dağılımı gözlendiğinde, dengesiz bir tablo ile karşı karşıya kalıyoruz.

Çizelge 1. Su kaynaklarının yeryüzünde dağılımı

Kitalar	Nüfus (%)	Su kaynağı (%)
Kuzey Amerika	8	15
Güney Amerika	6	26
Avrupa	13	8
Afrika	13	11
Asya	60	36
Avustralya ve Adalar	1	5

Bu su kaynakları yönünden zengin görülen bölgelerde de kirlenme hızla ilerliyor. Kullanılabilecek su potansiyeli azalıyor. Suyun maliyeti artıyor, nüfus arttıkça da kişi başına düşen su miktarı azalıyor. 2000 yılı Stockholm Su Sempozyumu'nda dünyadaki su sorunu üzerine yapılan saptamalarda, aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

Bugün 26 ülkede yaklaşık 350 milyon insan susuzluk çekiyor. Yeterli su kaynağına sahip olmayanların sayısı da 1.2 milyar dolayında. Bunlara bir de yeterli arıtma tesisi olmayanları eklersek, bu sayı 2.2 milyara çıkarıyor. Yani dünya nüfusunun $1/3$ 'ü su sorunu ile yüz yüze bulunmaktadır. Her yıl çoğu çocuk, 5 milyon kişi, su yetersizliğinden ve kirli sulardan hastalık kaparak hayatını yitiriyor.

Dünya nüfusu 2025 yılında 8.5 milyara ulaşacaktır. Hesaplara göre, 2025 te su sorunu ile yüz yüze kalacak ülke sayısı 52, nüfus da 3 milyarın üzerinde olacaktır.

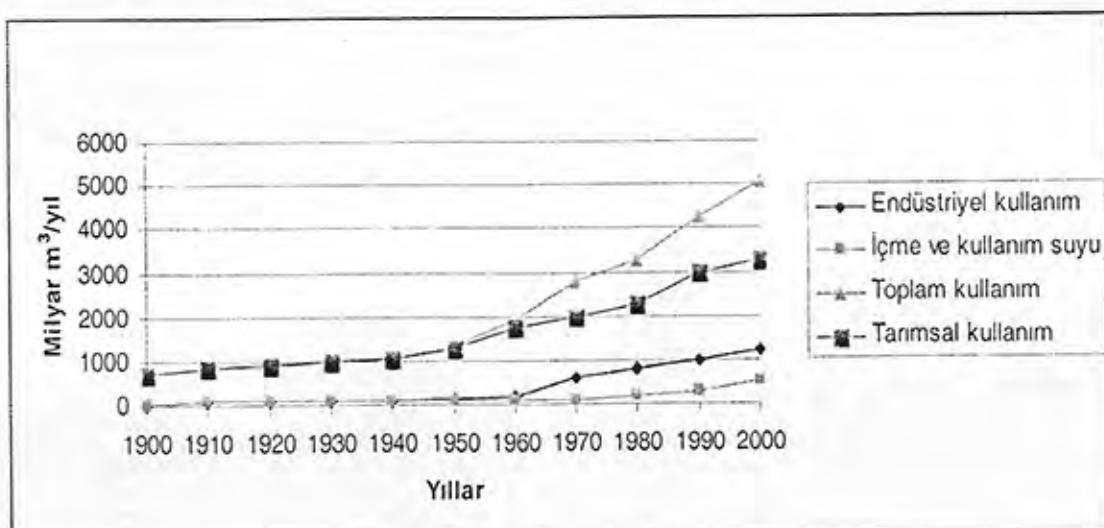
Son olarak, 16-23 Mart tarihleri arasında Kyoto'da yapılacak olan, 3. Dünya Su Forumu öncesinde, BM kuruluşlarından olan, Dünya Su Değerlendirme Programı'nın başkanı Gordon Young tarafından hazırlanan Dünya Su Gelişme Raporu'nda da benzer değerlendirmeler yer almıştır.

Gordon Young raporunda, içmesuyu olarak kullanılan, kirlenmiş akarsular ve yeraltısalarının, hergün onbinlerce insanın yaşamını tehdit ettiğini bildirmekte ve her yıl 200 milyon insan kirli suya bağlı hastalıklara yakalandığını ve bunların 2.2 milyonunun da hayatlarını kaybettiklerini belirtmektedir. Bugün, 6 milyarlık dünya nüfusunun yaklaşık % 20'sinin güvenli su kaynaklarından yoksun olduğunu söylemektedir. Ayrıca bu raporda, dünya nüfusunun 9.3 milyara ulaşması beklenen 2050 yılına gelindiğinde, iklim değişiklikleri nedeniyle, 60 ülkedeki 7 milyar insanın su kıtlığı ile karşı karşıya geleceği belirtilmektedir.

Yeryüzündeki su kaynakları; bilinçsiz tarım, düzensiz yerleşme, çarpık sanayileşme ve altyapı yetersizliği nedeniyle, yalnız bizde değil, dünyanın birçok bölgesinde, etkili bir şekilde kirletiliyor, tahrip ediliyor ve tüketiliyor. Dünyanın en büyük tatlısu depolarından biri, Aral Gölü tamamen kurudu. Şimdi Kazakistan Devleti, Sovyetler Birliği'nden miras kalan bu çevre felaketini, bir nebze de olsa düzeltmeyi için, Aral Gölünün küçük bir körfezini seddeliyerek, hiç olmazsa bu kesimde küçük bir göl oluşturabilmek için, büyük projeler üretiyor.

Bütün Orta Avrupa Tuna'yı kirletiyor. Kıyı akiferleri, başta Kuzey Afrika olmak üzere, dünyanın pek çok bölgesinde tuzlandı. Bundan böyle dünyamızda içme ve kullanma suyunun, çok daha pahalı projelerle sağlanması söz konusu. Havzalar arası su aktarılması, buz dağlarının taşınması, deniz suyunun arıtılması bu pahalı projelerin birkaçı. Bu sorumlara neden olan başlıca etkenlerin başında, nüfus artışının devam etmesi gelmektedir.

1950 yılında, 2.7 milyar olan Dünya nüfusunun, iki misli artarak, 1990 yılında 5.29 milyara ulaştığı, 2050 yılında da 9.3 milyara ulaşacağı hesaplanmaktadır. Artan nüfus, çeşitli sektörlerde su kullanımını da artırmaktadır. Örnek olarak, 20. yüzyılı incelediğimizde, çağın başı ile sonu arasında su kullanımında, on misli bir artış görülmektedir.



Şekil 1. 1900-2000 yılları arasında küresel su kullanımı

Şekil 1'de görüldüğü gibi, büyük artış tarımsal su kullanımında olmuştur. Asya ülkelerinde sulama suyu, toplam tüketimin %82'si, ABD'de %41 ve Avrupa'da da %31'ini oluşturur.

Çevre Sorunları

Büyük sulama projeleri her zaman iyi sonuç vermemiştir. Pakistan'da 15 milyon ha alanın %40'ında, Hindistan'da 40 milyon ha alanın % 20'sine yakın bölümünde tuzlanma olmuş ve tarımsal üretim azalmıştır.

Endüstriyel faaliyetlerinin doğurduğu çok çeşitli katı ve sıvı atıklar, gerek yüzeysel suları, gerekse yeraltısularını büyük ölçüde nitelik yönünden, olumsuz etkilemektedir. Özellikle kentsel yerleşim alanları çevresindeki su kaynakları, sürekli tehdit altında bulunmaktadır.

Kirlenmenin çok büyük boyutlarda geliştiği bilinmekle birlikte, bu konuda gelişmiş ülkelerde bile, kapsamlı bir çalışma henüz yürürlülüğe konamamıştır. En kısa zamanda etkin önlemler alınmadığı takdirde, 21. yüzyılda, bazı nehir sularından faydalananma olanağı tamamen kaybolacak veya çok pahalı arıtma projelerinin devreye sokulması zorunlu olacaktır.

Bütün projelerde gerçek ÇED raporlarının hazırlanması zorunludur. Projelerin uzun vadede çevreye etkileri araştırılmalı, gerçek fizibilite raporları sonucunda uygulamaya geçilmelidir.

Dünyadaki bu tablo Ülkemiz için de yabancı değil. Daha küçük çapta olmasına rağmen Anadolu'nun bazı bölgeleri ile Trakya'da benzer sorunlarla karşı karşıya kalıyoruz.

ÜLKEMİZDEKİ SU VARLIĞI

DSİ 'nin verilerine göre ülkemizdeki su varlığı aşağıdaki gibidir.

Türkiye yıllık yağış ortalaması (aritmetik).....	642,6 mm	Türkiye'ye düşen yıllık ortalama yağış miktarı.....	501,0 km ³
--	----------	---	-----------------------

Yerüstü Suları:

Yıllık akış (ortalama).....	186,05 km ³
-----------------------------	------------------------

Yıllık akış/yağış oranı.....	0,37
------------------------------	------

Tüketilecek yıllık su miktarı (ortalama).....	95,00 km ³
---	-----------------------

Fili yıllık tüketim (2001 yılı).....	33,30 km ³
--------------------------------------	-----------------------

Yeraltı Suları :

Çekilebilir yıllık su potansiyeli	13,66 km ³
---	-----------------------

Tahsis edilen miktar (2002 yılı).....	10,39 km ³
---------------------------------------	-----------------------

Fili yıllık tüketim (2002 yılı).....	6,23 km ³
--------------------------------------	----------------------

Fırat nehri anakol yıllık akışı 30,25 km³ ve Dicle nehri anakol akışı ise 16,24 km³ tür. Bu değerler havzaların en mansabındaki baz istasyon akışlarından elde edilmiştir

Türkiye, 26 adet hidrolojik havzaya bölünmüştür. Belirlenen 26 havza, 15 adedi nehir havzası, 7 adedi irili ufaklı akarsulardan oluşan müteferrik havza, 4 adedi ise, denize boşalımı olmayan kapalı havzalarдан meydana gelir. Bugünkü değerlendirme ile, eksik suyu ve fazla suyu olan havzaları aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

Karadeniz ve Akdeniz Havzaları ile, Fırat ve Dicle Havzalarında fazla suyumuza bulunmaktadır. Diğer akarsu havzalarında eksik suyumuza vardır. Burada tüketilecek su miktarı ve yeraltısu kullanımı potansiyelleri, ekonomik değerlendirmelerle değişimle rakamlardır. Bu değeri özellikle ülke enerji maliyeti belirler.

Enerji maliyeti düşükçe, sulama amaçlı daha yüksek pompajlar, havzalar arası su aktarımı ekonomik çıkabilir. Derin yeraltısu akiferleri işletilebilir. Daha geniş alanlar sulanabilir, daha çok su tüketilebilir. Bugün bile ekonomi sınırları zorlanarak, sınırlı sayıda da olsa, derin

akiferlere inilmekte, havzalar arası su aktarımı yapılmaktadır. Örnek olarak, yeraltı suyunda, 400-800 m'lik derinlikteki, İstanbul Koç Üniversitesi, Ankara Başkent Üniversitesi, İzmir Kokakola kuyuları verilebilir. Tekirdağ İçmesuyu Projesi kaynağı, Ergene havzasındaki yeraltı suyudur. Su pompajla kıyı havzasına aktarılmaktadır.

Çizelge 2. Akarsu havzalarına göre yıllık ortalama su potansiyeli

Havza adı	Ortalama yıllık akış (km^3)	Potansiyel iştirak oranı (%)	Ortalama yıllık verim (l/s/km^2)
Fırat Havzası	31,61	17,0	8,3
Dicle Havzası	21,33	11,5	13,1
Doğu Karadeniz Havzası	14,90	8,0	19,5
Doğu Akdeniz Havzası	11,07	6,0	15,6
Antalya Havzası	11,06	5,9	24,2
Batı Karadeniz Havzası	9,93	5,3	10,6
Batı Akdeniz Havzası	8,93	4,8	12,4
Marmara Havzası	8,33	4,5	11,0
Seyhan Havzası	8,01	4,3	12,3
Ceyhan Havzası	7,18	3,9	10,7
Kızılırmak Havzası	6,48	3,5	2,6
Sakarya Havzası	6,40	3,4	3,6
Çoruh Havzası	6,30	3,4	10,1
Yeşilırmak Havzası	5,80	3,1	5,1
Susurluk Havzası	5,43	2,9	7,2
Aras Havzası	4,63	2,5	5,3
Konya Kapalı Havzası	4,52	2,4	2,5
Büyük Menderes Havzası	3,03	1,6	3,9
Van Gölü Havzası	2,39	1,3	5,0
Kuzey Ege Havzası	2,09	1,1	7,4
Gediz Havzası	1,95	1,1	3,6
Meriç-Ergene Havzası	1,33	0,7	2,9
Küçük Menderes Havzası	1,19	0,6	5,3
Ası Havzası	1,17	0,6	3,4
Burdur Göller Havzası	0,50	0,3	1,8
Akarçay Havzası	0,49	0,3	1,9
Toplam	186,05	100	

İstanbul içmesuyu Projesi, Trakya'da Karadeniz kıyı Havzasındaki akarsulardan, Anadolu yakasında, Darlık, Yeşilçay ve Melen Havzalarındaki akarsuların havza aktarılmasıyla beslenmektedir. İzmir içmesuyu Projesi, Gediz Havzasından, yeraltısu olarak, Tahtalı

Havzasından yüzey suyu olarak beslenmektedir. Ankara İcmesuyu Projesinde, Sakarya Havzası artık yetersiz kalmıştır. Filyos Havzasında Gerede Işıklar Projesi ve önumüzdeki yıllar için Kızılırmak Havzasında Kapulukaya Projesi Fizibilite çalışmaları tamamlanmıştır. Dalaman Havzasından, Bodrum ve Didim gibi turistik merkezlere su aktarma projeleri üzerinde çalışılmaktadır. Yukarı Seyhan Havzasından, Kızılırmak Havzasına (Develi Ovası) su aktarma projesi inşa halindedir. Ceyhan Nehri Havzasından, Cevdetiye Regülatörü ile İskenderun kıyı Havzasına su aktarılmaktadır.

Tabii en büyük aktarma projesi, Fırat Havzasından, Habur Havzasına, Atatürk Barajı, 28 km lik iki tünel ile (Urfa Tünelleri) Harran-Ceylanpınar Ovaları sulama projesidir. Proje tamamlandığında yaklaşık $4.5 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{yıl}$ mertebelerinde su aktarımı olacaktır.

Bu değerlendirmede önumüzdeki yıllarda, "suyu akıllica" kullanmaktan başka care kalmadığını göstermektedir. Dünyada birçok bölgede tüketici suyu rasyonel olarak kullanmak zorunda kalacak. Önumüzdeki yıllarda su pahali tüketim maddeleri arasında yer alacağından, su kullanım alışkanlıklarında zorunlu değişiklikler olacaktır. Günde birkaç kez duş yapmak, elimizi yüzümüzü yıkarken, dışımızı fırçalarken, musluğun sürekli açık kalması bize pahaliya mal olacaktır.

ÜLKEMİZDE SU TÜKETİMİ

Yukarda verilen değerlerden de görüldüğü gibi, bugünkü enerji fiyatları ile, yıllık tüketilebilecek su miktarı yaklaşık 110 milyar m^3 kabul edildiğinde, 65 milyon nüfusa göre, kişi başına yaklaşık yılda 1700 m^3 su düşmektedir. Nüfusumuzu 70 milyon alırsak, bu değer $1570 \text{ m}^3/\text{yıl}$ düşer. Nüfusumuz arttıkına göre, önumüzdeki yıllarda bu rakkamın daha da küçüleceğini kabul etmek durumundayız. Ülkemizdeki tüketilebilecek su miktarını artırmak, ancak enerji maliyetinin düşmesiyle olasıdır.

Dünyadaki su zengini ülkelerde bu değer $10\,000 \text{ m}^3/\text{yıl}$ 'ın üzerindedir. Kanada'da $94\,000 \text{ m}^3/\text{yıl}$ ve Yeni Zelanda'da $86\,000 \text{ m}^3/\text{yıl}$ gibi değerlere ulaşmaktadır. Buna karşın, Kuveyt'te $10 \text{ m}^3/\text{yıl}$, Arap Emirlikleri'nde $58 \text{ m}^3/\text{yıl}$, Libya'da $113 \text{ m}^3/\text{yıl}$, Suudi Arabistan'da $118 \text{ m}^3/\text{yıl}$ ve Singapur'da $149 \text{ m}^3/\text{yıl}$ gibi çok düşük değerler görülmektedir.

Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (UNESCO)'nun hazırladığı Dünya Su Gelişme Raporu'nda, tatlısu kaynakları değerlendirilmesinde, Türkiye dünyada 45. sırada yer almaktadır.

Dünyanın bir çok bölgesinde olduğu gibi, bugün ülkemizde de en fazla su, tarımsal sulamalarda kullanılmaktadır. Bu nedenle, öncelikle Türkiye'nin toprak kaynaklarını kısaca gözden geçirmekte yarar vardır.

TOPRAK KAYNAKLARI

Türkiye yüzölçümü (izdüşüm alanı)	77.95 milyon ha
Tarım arazileri	28.05 milyon ha
Sulanabilir arazi	25.85 milyon ha
Ekonomin olarak sulanabilecek alan	8.50 milyon ha

Yukarıda açıkça görüldüğü gibi, 25.85 milyon ha olarak belirlenen sulanabilir özellikteki tarım alanlarımızın, ancak 8,50 milyon ha lik kesiminin ekonomik olarak sulanabilmesi için yeterli su kaynağına sahibiz. Bugünkü fiili sulama alanı 2.50 milyon ha (DSİ), 2.00 milyon ha (halk) toplam 4.50 milyon ha civarındadır.

Ülkemizde bugün, 2002 yılı DSİ verilerine göre, yıllık 33.90 milyar m^3 yerüstü suyu ve 6.23 milyar m^3 yeraltısu olmak üzere, toplam su kullanımının 40 milyar m^3 /yıl mertebelerinde olduğu görülmektedir. Bu da, ekonomik olarak kullanılabilir su potansiyelimizin (yaklaşık 110 milyar m^3 /yıl), yarısından az bir kesimin kullanıldığını göstermektedir.

KİL; ÖZELLİKLERİ VE İNSAN YAŞAMINA ETKİLERİ

Clay; Properties and Their Effects On The Human Life

Mefail YENİYOL, İstanbul Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Avcılar, İstanbul.

ÖZ

Hayatın başlangıcı ile ilgili fikirlerden biri kil'in basit molekülleri aminoasitlere dönüştürerek rol aldığıdır. Bunun yanında kil, insannın ortaya çıkışından bu yana en çok yararlandığı doğal malzemelerden biridir. Killер, kendisini oluşturan kil mineralerinin bileşimleri, yapıları ve morfolojilerinden kaynaklanan özgün fiziko-kimyasal özellikler gösterirler. Kil ve killер mineralerinin ayrıntılı olarak tanımmasıyla milyonlarca ton kil ve özellikle spesifik kil türleri çeşitli endüstriyel uygulamalar için kullanılır olmuştur. Günümüzde kil, çeşitli proses endüstri dallarında, çeşitli jeoteknik sorunların çözümünde, tarımda ve çevre kirlenmesi alanlarında uygulama bulmaktadır. Bugünkü kullanımları gelecekte de devam edecektir. Bunun yanında killерden üretilen çeşitli nanomateryaller ve yastıklı killер de spesifik amaçlar için yeni gelişen uygulama alanlarında kullanılacaklardır.

ABSTRACT

An idea relevant to the origin of the life is that clay probably could act as catalysis for conversion of simple molecules into aminoacids. In addition, clay is one of the natural materials that have been extensively utilized by ever since the advent of early man. Due to the clay mineral composition and particularly to the structure and the morphology of these minerals, clays have unique physico-chemical properties. Depending to increasing the knowledge about them, millions of tons clays and particularly special clay varieties have been utilized for various industrial applications. Present applications include process industries, geotechnics, agriculture, and environmental protection. The present applications of the clays will continue in the future. In addition, new growth areas will involve special processed clays such as ultra fine modified clay minerals in the nanocomposites and pillared clays for specific applications.

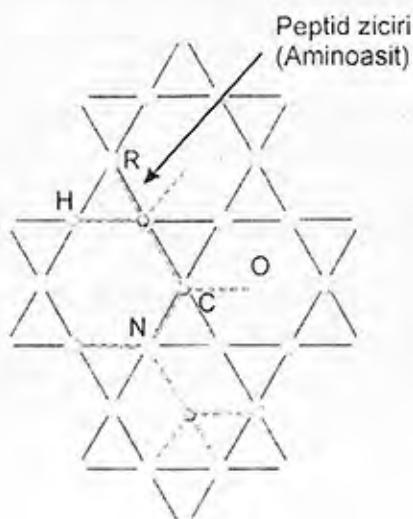
GİRİŞ

Hayatın başlangıcı ile ilgili fikirlerden biri, kil mineralerinden kaynaklandığıdır. Aminoasit zincirlerinin altigen yapıları ve boyutları killer mineralerini yüzeylerindeki altigen yapıları ile şaşılacak derecede uyum göstermektedirler (Şekil 1). Killер basit molekülleri, aminoasit gibi biyolojik bakımdan aktif moleküllere dönüştürerek katalizör rolü oynamışlardır.

İnsanoğlu var olduğundan bu yana killi malzemeyi kullanmıştır ve bu malzemeden yararlanmıştır. Besin ihtiyacını genellikle killer'in önemli bir bileşen olduğu topraktan beslenen bitkilerden ve bunlarla beslenen canlılardan sağlamıştır. Killi malzemeden, besinlerini sakladığı ve taşımakta kullandığı kap-kacak, daha sonra ev ve yapılarda kullandığı kerpiç, tuğla kiremit ve künk yapımında yararlanmıştır. Bir kaç bin yıldan bu yana da sırlı seramik, porselen ve diğer seramik ürünlerini yapımında yararlanmıştır. Bunların yanında absorbsiyon özellikli olanlar şarap ve yağları

süzmek için kullanılmışlardır. Ayrıca yakın bir geçmişe kadar absorbent killerden yılanma, çamaşır ve kap-kacak temizliği amaçları için yararlanmıştır.

Son bir yüzyılda killerin ayrıntılı olarak tanınması ve kimyasal ve fiziksel özelliklerinin ortaya konmasına paralel olarak killer çok çeşitli endüstriyel amaçlar için büyük miktarlarda kullanılır olmuş, jeoloji, tarım, jeoteknik ve çevre koruma amaçları için uygulamalar bulmuştur.



Şekil 1. Kil mineralinin yüzeyinde taban oksijenlerinin düzenlenmesi ve peptid zincirinin uyumu.

KİLLERİN ÖZELLİKLERİ

Killer ve Bileşimleri

Su katıldığında plastikli kazanan ve şekil verilebilen, başlıca Al ve Mg yapraklı sulu silikat minerallerinden oluşan, 2μ 'dan küçük taneli doğal toprağımsı malzemeye *kil* denir. Doğal durumlarında killerin bileşimi; başlıca kil mineralleri ve diğer yapraklı silikatlar, mineral ve kayaç kırıntıları, organik malzeme, su ve hava'dan meydana gelir. Bileşimleri ile ilgili olarak değişik fiziksel, fizikokimyasal ve reolojik özellikler gösterirler. Bu özellikleri, bileşimlerinde yer alan başlıca kaolinit, smektit, sepiolit-paligorskít olmak üzere, mika ve klorit gibi yapraklı silikat minerallerinden kaynaklanır.

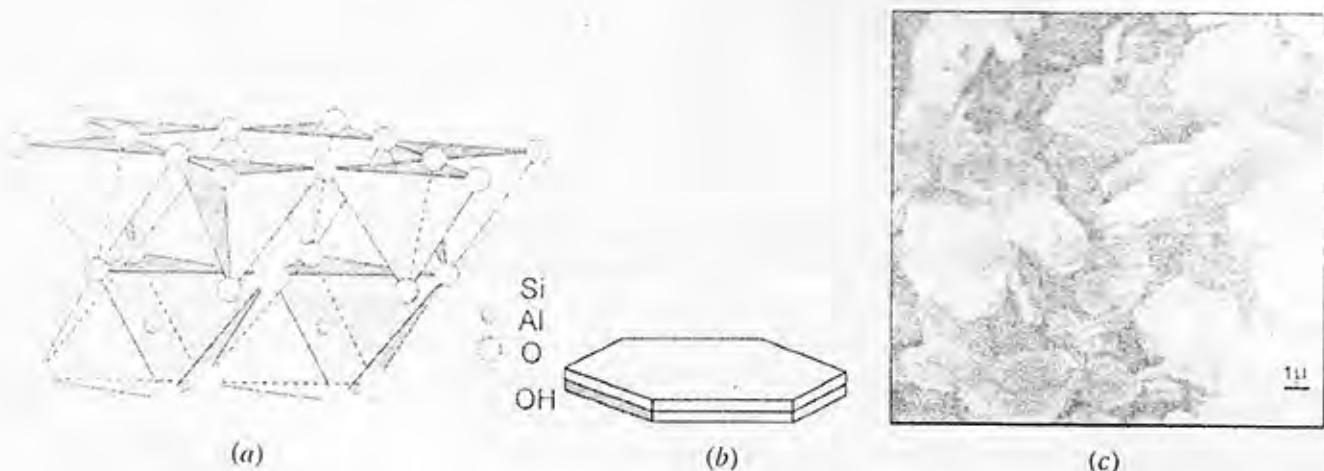
Killerin bazı türleri; birbirlerinden farklı bileşimleri, yapıları ve fizikokimyasal özellikleri kullanımları bakımından özel önem taşırlar. Önemli oranda *kaolinit*, *smektit* veya *sepiolit-paligorskít* gibi kil minerallerini içeren veya tümüyle bu minerallerden meydana gelen killer en önemli endüstri hammaddeeleridir ve insan yaşantısına hizmet eden çok çeşitli endüstri dallarında kullanılır.

Kaolinit

Kaolinit $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ bileşimli bir mineraldir. Yapısı, bir tetraedral ve bir oktaedral katlardan meydana gelir (Grim 1968). Tetraedral kat; Si tetraederlerinin taban oksijenlerini ortak kullanmaları, oktaedral kat ise Al oktaederlerinin kenarlarını ortak kullanmaları ve iki boyutta sonsuza kadar

eklenmeleri ile meydana gelir. Tetraedral kat ile oktaedral kat birbirine bağlanarak bir katman yapısı meydana getirirler (Şekil 2a,b). Böylece büyümeye, iki boyutta sonsuz, üçüncü boyutta sınırlı olup bu yönde katmanlar istiflenirler. Oktaedral katta çok az Fe, Al yerine; tetraedral katta da Al, Si yerine geçebilir. Bunun sonucu olarak meydana gelebilecek birim yapıdaki yük açığı minimum düzeydedir. Kristalleri yaklaşık 2μ boyutunda altigen sınırlı levhalar halindedir (Şekil 2c). Levhaların yüzeylerinde su moleküllerinin iki boyutlu altigen biçimli düzenlenmesinden meydana gelen bir kaç katman "sıvı olmayan su" yer alır.

Yapısı ve bileşiminden kaynaklanmak üzere: kaolinit'in *spesifik yüzey alanı* düşüktür. Kopuk bağlarının sadece kristal kenarlarda olması nedeniyle düşük *absorbsiyon* gösterir. *İyon değişim kapasitesi* düşüktür. Su ile *plastiklik* ve *viskozite* kazanır. Beyaz renklidir, yüksek sıcaklıkta *refrakter* özellik gösterir. *İnert* ve *hidrofilliktir*. Başlıca kaolinit mineralinden meydana gelen doğal malzemeye kaolen denir.



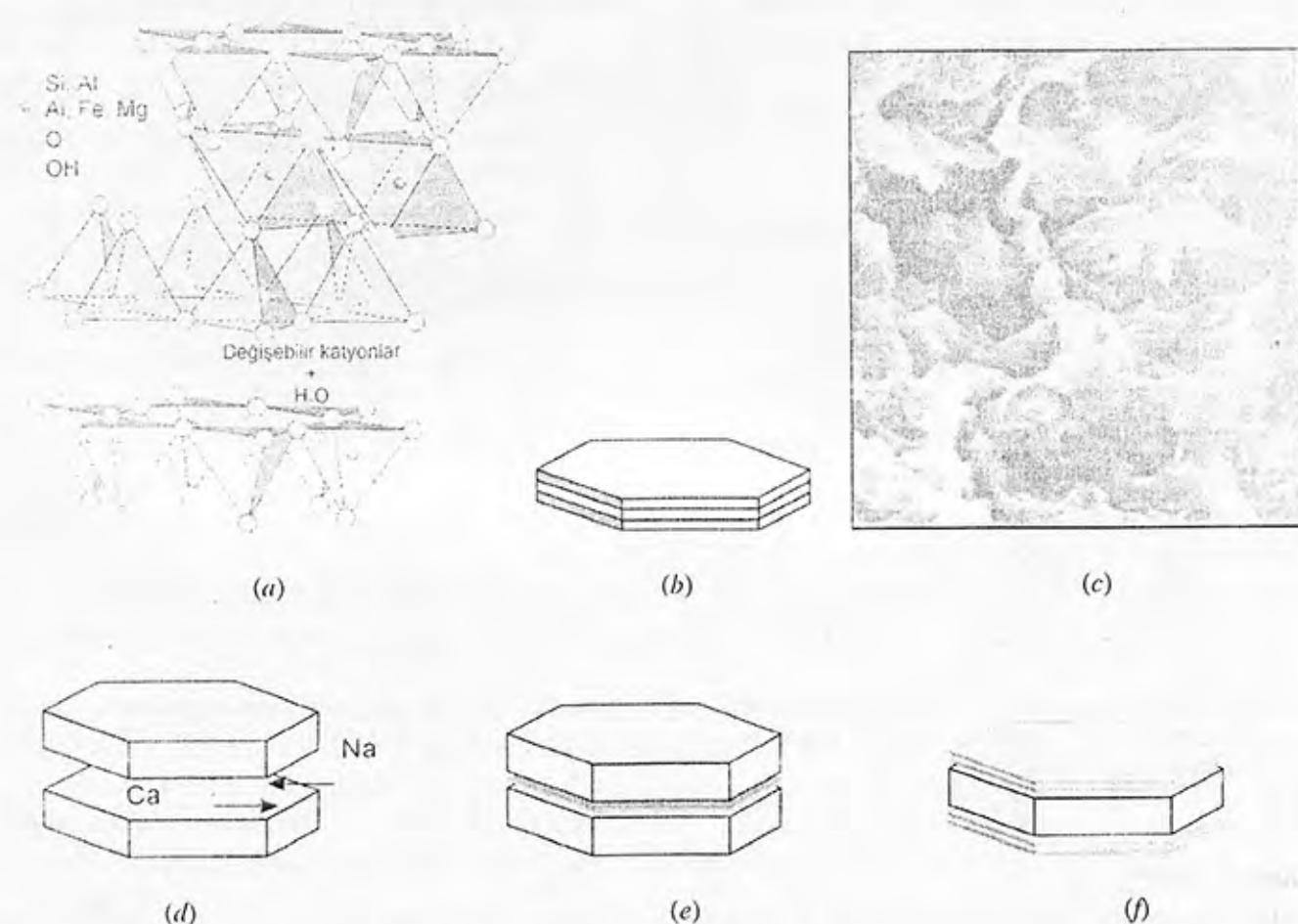
Şekil 2. Kaolinit mineralinin (a) yapısı, (b) bir tetraedral ve bir oktaedral katlardan meydana gelen katman morfolojisi ve (c) taramalı elektron mikrofotoğrafı.

Smektit

Smektit mineralinin bileşimi kabaca $\text{Al}_4\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ile $\text{Mg}_6\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ arasında değişir. Bileşiminde Fe, Zn, Ni ve Li gibi elementler de yer alabilir. Yapısı, iki tetraedral, bir oktaedral kat'tan meydana gelir (Grim, 1968). Üst üste istiflenen katmanlar zayıf olan van der Waals bağları ile bağlıdır (Şekil 3). Kristalleri $0.5\mu <$ ince düzensiz pulcuqlar halindedirler (Şekil 3b,c). Tetraedral ve oktaedral katlarında iyonik yer almalar vardır. Bunun sonucunda meydana gelen yük açığı, katman arasında Na, Ca, Mg ve Li gibi *değişebilir iyonların* yer alması ile nötralize olur. Bu katyonlardan Na, Ca ve Mg, katman arasında su bağlayacak tarzda bulunurlar. Bunlardan en sık rastlananları Ca veya Na olup katman arası katyonun türüne bağlı olarak bu smektitler Na-smektit veya Ca-smektit olarak adlandırılırlar. Katman arası katyonlar; etilen glikol, 4'lü aminler, polialkol ve diğer organiklerle yer değiştirebilirler. Levhaların yüzeylerinde, altigen düzenlenmeli bir kaç düzlem halinde "sıvı olmayan su" yer alır (Şekil 3d,e,f). Bu su Ca-smektitte daha ince Na-smektitte ise daha kalındır. Smektit'in türüne bağlı olarak katmanlarına değişik miktarlarda su girebilir ve bunun sonucu olarak şişme meydana gelir. Bileşiminde %70'ten fazla smektit minerali içeren doğal

malzemeye bentonit denir. Ca-smektitli bentonitlere *Ca-bentonit*, Na'lu olanlara ise *Na-bentonit* denir.

Smektit'lerin *spesifik yüzey alanı* büyük, *absorbsiyonları* yüksektir. Kopuk bağlar başlıca yüzeyde olup, kenarlarda az miktaradır. Yüzeyindeki aktif merkezler hem *absorbsiyon* hem de *katalizör* özellikler kazandırır. Smektitlerin *ion değişim kapasitesi* yüksektir. Su ile *plastiklik*, *jel* ve *tiksotropi* gibi reolojik nitelikler kazanırlar. Renkleri sarımsı-kahve, yeşil, beyaz olabilir. *Hidrofilik* karakter gösterirler.



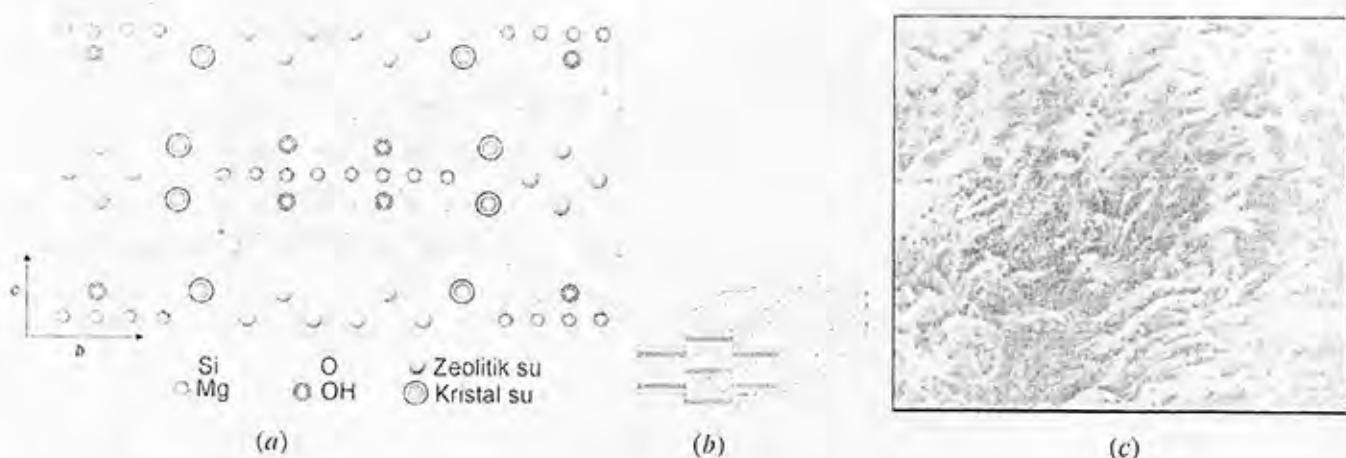
Şekil 3. Smektit mineralinin (a) yapısı, (b) iki tetraedral ve bir oktaedral katlardan meydana gelen katman yapısı, (c) tarama elektron mikrofotoğrafı, (d) iyon değişim mekanizmasıyla katman arasına Ca-Na katyonları veya (e) polar organiklerin yerleşmesi, (f) katman yüzeyinde sıvı olmayan su katmanlarının yer alması.

Sepiolit-Paligorskít

Sepiolit $Mg_8Si_{12}O_{30}(OH)_4(OH_2).8H_2O$, paligorskít $Mg_5Si_8O_{20}(OH)_2(OH_2)4.4H_2O$ bileşimli minerallerdir. Bu iki mineral oldukça benzer yapılıdır. Birim yapı sürekli fakat terslenen iki tetraedral kat ile bir oktaedral kattan meydana gelir (Brindley ve Brown, 1980). Oktaedral kat iki yönde süreksiz olup bir yönde süreklilik gösterir (Şekil 4a). Bu tarzdaki yapısal düzenlenme

nedeniyle yapısı tek yönde devamlı olup diğer iki yönde kesiklidir ve sonuçta lif biçimli morfoloji gösterirler. Yapılarında lif eksenine paralel $3.6 \times 10.6\text{\AA}$ boyutlarında dikdörtgen kesitli kanallar bulunur. Yapısal kanallarda "zeolitik su", mineralin yüzey ve kenarlarda "absorbsiyon suyu" yer alır (Şekil 4a,b). Sepiolit'ten farklı olarak paligorskitin b-parametresi daha kısa olup bileşiminde daha fazla Al içerir. Bu mineralle ait doğal malzeme $0.2-2\mu$ uzunluklarda liflerden oluşan düzensiz ağı ve demetlerden meydana gelirler (Şekil 4c). Hem minerale hem de bundan oluşan doğal malzemeye sepiolit denir. Paligorskitten meydana gelen doğal malzemeye ise attapuljit adı verilir.

Sepiolit ve attapuljit'in *spesifik yüzey alanları* yüksektir (yaklaşık olarak $400\text{m}^2/\text{g}$). *Absorbsiyon yetenekleri* yüksek, *iyon değişim kapasiteleri* ise düşüktür ($15-45\text{meq}/100\text{g}$). Büyük miktarlarda su absorbe ederler ve *plastiklik, jel* ve *tiksotropi* gibi reolojik özellikler gösterirler. Yüzeylerindeki "aktif merkezler" hem absorbsiyon hem de *katalitik* nitelik kazandırır. Yüksek oranda *kimyasal inertlik* gösterirler. Süspansiyonları elektrolitlerden, yapısı asitlerden kolayca etkilenmez. Renkleri açık kahve, bej gibi renklerdedir.

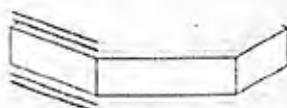


Şekil 4. Sepiolit mineralinin (a) 100 yüzeyine göre yapısı, (b) iki tetraedral kat ve yanal yönde sürekli olan bir oktaedral kattan meydana gelen ve içinde su dolu dikdörtgen kesitli kanallar bulunan lif yapısı, (c) taramalı elektron mikrofotoğrafı.

Kullanım Tarzları

Kaolinit, bentonit ve sepiolit-attapuljit, çeşitli endüstriyel alanlarda doğal durumlarında veya proseslendirilerek kullanılırlar. Kaolende yapılan proseslendirme işlemleri; boyutlandırma, delaminasyon (katmanlarına ayırma) ve yüksek sıcaklıklarda ısıtmadır. Bentonitlerde bu işlemler; delaminasyon ve asit veya ısı ile aktivasyonu, sepiolit-attapuljit malzemelerinde ise liflerine ayırma ve ısı aktivasyonudur.

Bunların dışında bu kil türlerinin tümü hidrofilliktirler. Organik ortamda kullanılabilmeleri için 4'lü amonyum tuzları ile kaplanırlar (Şekil 5). Böylece organik ortamlara uygunluk ve organofillik karakter kazanırlar. Bu killere organo-killer denir.



Şekil 5. 4'lü amonyum tuzları ile kaplanmış kil partikülü.

KİLLERİN KULLANIM ALANLARI

Günümüzdeki Kullanım Alanları

Gelişen teknoloji ve malzemeyi tanıtmaya yönelik bilgi arttıkça doğal killer, spesifik kil türleri ve bunlardan elde edilen ürünler, insan yaşamını ilgilendiren çok çeşitli alanlarda kullanılmaktır ve insan yaşam kalitesine katkı sağlamaktadır (Grim, 1962; Grim ve Güven, 1978; Singer ve Galan, 1984). Bunun yanında gelişen bilgi birikimiyle çeşitli çevre ve yapı sorunlarına teknik çözümler üretebilmektedir.

Proses endüstrisi dalları

Kağıt endüstrisi: Bu endüstri dahinda kullanılan kil türü *kaolen'dir*. Kristal morfolojisi ve dar aralıktaki değişim gösteren ince tane boyutu ve düşük spesifik yüzey alanından kaynaklanan dispersiyon ve akıcılık gibi reolojik özellikleri; düşük sertliği ve fiziksel dayanımından dolayı dolgu ve kaplama amaçları için kullanılır. 2μ veya biraz daha küçük, düz, iki boyutlu biçimli levhalar halinde kaplama yüzeyinde yönlenirler. Parlaklık, beyazlık, örtme ve düz yüzey yapma yeteneği, mürekkebi alma ve mükemmel baskı kalitesi sağlar.

Seramik: *Kaolen* ve *kaolinitik bağlama killeri*, kuars ve feldspat ile birlikte seramikte kullanılan üç temel hammaddeden biridir. Porselen, sağlık gereçleri, refrakter malzeme, refrakter harç ve izolatör yapımında kullanılırlar. Seramik ürünleri yapımında plastiklik ve şekil verilebilirlik, yaş ve kuru dayanım, pişmiş üründe cam ve iskelet fazı meydana getirirler, beyazlık ve pişme dayanımı sağlarlar. Ayrıca seramik formülasyonuna plastiklik kazandırmak için az miktarda smektitli kil de katılabilmektedir.

Çimento: En yaygın kullanılan çimento türlerinden olan portland çimentosunu temel hammaddeleri kireçtaşısı ve Al'lu killer veya bunların uygun karışımı halinde olan marnlardır. Ayrıca özel bir portland çimentosu türü için *kaolen* de kullanılmaktadır. Portland çimentosunda segregasyonu azaltmak permeabiliteyi artırmak ve iyi yayılmasını sağlamak için *bentonit* de katılabilmektedir.

Sentetik zeolit yapımı: *Kaolen* (ve bunun sulu bir formu olan *halloysit*) Na, Ca, Mg ve K hidroksitlerle muamele edilir ve 100°C 'de ısıtılrsa değişik gözenek boyutlu zeolitlere dönüşür. Bu sentetik zeolitler gaz buharlarından suyun çıkartılması için petrol endüstrisinde kullanılırlar.

Boya: *Kaolen* doğal veya organiklerle kaplanmış olarak su veya yağ esası boyalarda dolgu olarak kullanılır. *Bentonit* ve *sepiolit-attapuljıt*, su ve yağ esası boyalarda süspansiyon yapıcı ve kalınlaştırıcı, her ikisinde emülsiyon yapıcı olarak kullanılır. *Organo-bentonitler* süspansiyon, tiksotropi ve viskozite kontrolü sağlar, fırça ile sürme ve spreyleme yeteneğini artırır.

Plastik ve lastik: *Kaolen*, yüzey kimyasalları ile muamele edildiğinde hidrofobik veya organofilik karakter kazanır, dispersiyon sağlar ve fonksiyonel dolgu meydana getirir. *Bentonit*, kalınlaştırıcı ve stabilizatör, *sepiolit-attapuljıt* ise inorganik mineral dolgusu olarak kullanılır, Güçlendirici yırtılma ve aşınma direnci sağlar.

Plastisol: Organiklerle kaplanmış *sepiolit-attapuljıt*, kararlı, homojen ve tiksotropik plastisol (PVC) elde etmek için kullanılabilir.

Döküm kumu bağlayıcısı: *Na-bentonit* ve *Ca-bentonit* kullanılır. Döküm kumları, yüksek oranda silis kumu ve bentonit içerir. Sağladıkları önemli döküm özellikleri; yaş mukavemet, kuru mukavemet, akieilik, geçirgenlik ve kaheçiliktir.

Katalizör: Bu amaçlar için aktifleştirilmiş *bentonit*, *sepiolit-attapuljıt*, *kaolen*, *halloysit* kullanılabilmektedir. Petrol rafinasyonunda kraking yönteminde çeşitli metal iyonlarını tutarlar. Ayrıca bu katalizörlerin buhar halindeki ağır yağırla 425-500°C'de temas etmesiyle çeşitli reaksiyonlar meydana gelir.

Renk giderici: Aktifleştirilmiş *bentonit* çeşitli mineral, bitki ve hayvansal yağların ağartılmasında kullanılır. Ağartma etkisi yanında, yağılardan koku ile suyu absorbe eder ve yağıları nötürlestirir. *Sepiolit-attapuljıt*, parafin, gres, mineral ve bitkisel yağlarını ağartma, tutma, absorbsiyon ve katalizör etkisi gösterir.

Absorbent granül: *Bentonit*, *sepiolit-attapuljıt*, doğal veya ısı ile aktive edilmiş olarak; su, yağ ve gaz absorbsiyonunda kullanılmaktadır. Özellikle evcil hayvanların altlarına serilen absorbent granül (pet litter) olarak tüketimi yüz binlerce tona ulaşmaktadır. *Sepiolit-attapuljıt*'nı absorbsiyon yeteneği diğer tüm killerden daha fazladır. Mekanik direncinin de yüksek olması nedeniyle doğal veya aktive edilmiş olarak yağ, su ve koku absorbe eden 10-30 meş boyutlarında granüllerin yapımında kullanılır.

Filtrasyon: *Bentonit*, *sepiolit-attapuljıt*, yağ, şarap, bira ve şurupların süzülmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca glikoz üretiminde absorbsiyon, renk ağartma ve süzme amaçları için de kullanılabilir.

Sondaj çamuru: Sondajlarda kullanılmak üzere sondaj çamuru yapımı için, uygun oranda karıştırılan mikronize barit ve bentonit karışımı kullanılır. Bu amaçlar için kullanılan sondaj çamurunda *Na-bentonit* kullanılır. Su katıldığında süspansiyon ve jelleşme meydana getirir. Fakat bentonit'li sondaj çamuru tuzlu formasyonlarda yapılan sondajlarda flokülasyon (pihtlaşma) gösterir ve nitelikleri bozulur. Bu formasyonlarda yapılacak sondajlarda, *Na-bentonit* gibi elektrolitlerden etkilenmeyen *sepiolit-attapuljıt* içeren sondaj çamuru elde etmek için kullanılır.

Sabun ve deterjan: *Ca-bentonit*, sabun ve temizleme malzemelerinde deterjan etkisini artırır, dispersiyon sağlar ve suyu yumusatır. Ayrıca sıvı sabunlarda jel özelliği sağlamak için *organo-*

bentonitler kullanılır. *Sepiolit-attapuljit*, temizleme kalitesini arttırmır, kirleri, bakteri ve mantarları absorbe eder ve süspansiyonda tutar.

Pelletleme: *Bentonit*, işletme esnasında tozlaşma gösteren sedimenter kökenli demir cevherlerinin pelletlenmesinde kullanılır. Yaklaşık 2.5cm çaplı olarak elde edilen pelletler aynı zamanda mükemmel fırın beslenmesi de sağlarlar. Bentonit yüksek bağlama dayanımı nedeniyle demir cevherine %0.5 oranında katılır.

Ecza: *Bentonit*'e emdirilen bazı antibiyotiklerin stabilitesi artar. Radyoloji'de BaSO_4 'ın süspansiyonda tutulmasını sağlar. Ayrıca vitamin saflaştırmada ve konsantrasyonunda etkinlik kazandırır. Büyük spesifik alana sahip olmaları nedeniyle *sepiolit-attapuljit*, aktif ecza maddelerinin zamanla bozusmadan tutulması'ni sağlarlar.

Tarım ilaçı: *Bentonit*, zehirli maddeleri üniform olarak disperse eder, ve bu maddelerin bitki tarafından tutulmasını ve korunmasını sağlar. Granül halindeki *sepiolit-attapuljit*, haşarat ilaçlarını taşıyıcısı, ayrıca sulandırıcı ve seyreltici olarak da kullanılır. Sepiolit, toprağı işlerken ve tohumlarken kullanılır. Sepiolit ile kaplanan ve ilaç emdirilen tohumlar serbestçe akarlar, taşıdıkları ilaçları yavaş ve uzun sürede bitkiye verirler.

Hayvan yemi: *Bentonit*, hayvan yemini pelletlemek için %1-5 oranlarında kullanılır. *Sepiolit-attapuljit*, absorbsiyon, nemin tutulması ve serbest akma sağlamak yanında kimyasal inertlik göstergelerinden ötürü granüler olarak hayvan beslenmesinde kullanılırlar. Gelişmeyi destekleyici, amid konsantre katkılarının bileşeni, katkı taşıyıcı ve besin bağlayıcı nitelikler gösterirler.

Kozmetik: *Bentonit* ve *sepiolit-attapuljit* kozmetik amaçlar için kullanılabilirler. Bunlar macun ve krem gibi ürünlere kalınlaştırıcı ve tiksotropi etkisi ile viskozite kazandırırlar. Ayrıca absorbsiyon özelliği ile ilgili olarak: sıvı emülsyonlar, kozmetik amaçlı maskeler, diş macunu, kremler, kuru şampuanlar yapımında kullanılabilirler.

Yapıştırıcı: *Bentonit*, *sepiolit-attapuljit*, yüksek dispersiyon ve süspansiyon özelliklerini nedeniyle nişasta, kazein, Na-silikat, lateks ve asfaltik malzemeden yapılan yapıştırıcılarında kullanılırlar. Bazı ürünlerde organikle kaplanmış olanlar kullanılırlar.

Gres: *Organo-bentonitler* ve *sepiolit-attapuljit*, greslere yüksek viskozite ve yağlayıcı etki kazandırırlar.

Mürekkep: *Bentonit*, mürekkeplerde süspansiyon meydana getirir. *Sepiolit-attapuljit* ise "karbon gerektirmeyen kağıt" yapımında kullanılır.

Suların temizlenmesi: *Bentonit* veya *sepiolit-attapuljit*, suda disperse olurlar, istenmeyen katkıları absorbe ederler. Sonra Alümina eklenerek floküsyon, çökme ve ortamdan uzaklaştırma sağlanır.

Asfalt kaplaması: Organik kaplı *sepiolit-attapuljit* asfalt kaplamada kanserojen olan asbestin yerine kullanılır. Asfalta dayanım kazandırır, kalınlaştırıcı ve tiksotropi yapıcı katkı sağlar.

Mühendislik ve Jeoteknik

Şevler ve yapılar: Kil ve killi malzemeden meydana gelen doğal ve yapay şevler, kritik koşullarda bazen mal ve can kaybına neden olan heyelanlanlar meydana getirirler. Ayrıca temel malzemesi olarak bu nitelikteki zeminler, serbest basınç dayanımı düşük, şişme, oturma ve göçme meydana getirebilen sorunlu zeminlerdir. İnşaat ve jeoteknikte önemli stabilité problemlerine neden olurlar.

Kil içinde yapılacak mühendislik kazılarında ve bunların üzerinde inşa edilecek yapılarda jeoteknik sorunların kontrol edilmesi ve giderilmesi için kilin; plastiklik, aktivite, su emme, serbest basınç dayanımı, makaslama dayanımı, hassaslık, permeabilite, donma etkisi, sıkışabilme ve konsolidasyon gibi özelliklerinin tanımlanması ve hesaba katılması gereklidir.

Zemin stabilizasyonu: Disperse olmayan katı kütle elde etmek yanında, yük dayanımı ve bozunmaya direnç kazandırmak için toprak partiküllerinin birbirine bağlanması gereklidir. Sorunlu ve plastik zeminlere kireç katılır ve oluşan kil-kireç reaksiyonları sonucunda Ca-Si hidratlar ve Ca-Al hidratlar meydana gelir ve *stabilité* kazanır. Bentonitli zeminlerde (özellikle Na-bentonitlerde) iyon değişim kapasitesini düşürmek için daha fazla kireç katkısı gereklidir. Gerekli kireç katkısı bentonitlerde %8, kaolinitlerde %4 kadardır.

Geçirimsiz perdeler: Geçirimsiz perdeler meydana getirmek için *Na-bentonit* kullanılır. Bentonit ile kaplama, kaya ve toprak dolgulu barajlarda, göletlerde ve sulama kanallarında *geçirimsizlik* sağlar. Ayrıca, bina temellerinin zemin sularından korunması için jeomembranlar ile birlikte *sızdırmaz perdeler* yapında bentonit'ten yararlanılır.

Tarım

Kil mineralleri, bitki beslenmesi ve gelişmesinde önemli rol oynarlar. Bitki besinleri toprakta genellikle değişimle iyonlar halinde tutulurlar. Toprağın tava, su tutması, katkıları tutması ve bunları sabitleştirmemesi, gübre tutma yeteneği, organik madde kapasitesi, K, Mg ve Ca gibi iyonların varlığı, toprakta bulunan kil minerallerin türüne bağlıdır. Toprakta aşırı miktarda Na'un varlığı toprağı tarım için elverişsiz yapar. Başlıca Ca olmak üzere, Na'un bir başka katyonla değiştirilmesi toprağı *tarıma elverişli* hale getirir.

Çevre kirlenmesi

Afrika'da yaklaşık 2 milyon yıl önce ortaya çıkan ilk insanlar zamanla öğrenme yetenekleri artmış, alet yapmaya, toprağı işlemeye, uygarlıklar kurmaya ve yeryüzünü değiştirmeye başlamışlardır. Günümüzde 6.2 milyara ulaşan dünya nüfusu doğal afetlerle kıyaslanabilecek etkiler yapmaktadır. Nüfus yanında tüketim ve teknoloji, gezegenimize verilen hasarları arturan etkilerdir. Küresel ısınma, havanın, toprağın, akarsuların, göllerin ve denizlerin kirlenmesi buna örnek olarak verilebilir.

Ceşitli yüzey ve katman arası reaksiyonlarla modifiye edilmiş absorbent killer, çevre problemlerinde zehirli bileşenleri absorbe etmek, çözeltiler ve dispersiyonlardan istenmeyen maddeleri çıkartmak için kullanılırlar. Doğal veya aktive edilmiş *Ca-bentonit* ve *sepiolit-paligorskít* türlerindeki absorbent

killer suların temizlenmesinde kullanılabilirler, evsel ve endüstriyel sıvı atıklardan *ağır metalleri absorbe* edebilmektedirler.

Kil katmanları, jeomembranlar, jeosentetik kil astarları ve asfalt gibi malzemeler, dünyada multibariyer sistemlerin bileşenleri olarak kullanılmaktadır. *Bentonit*, multibariyer sistemlerde jeomembranlar ile kombine edilerek evsel ve diğer zararlı atıkların toplandığı çöp depo alanlarında kullanılmaktadır. Burada killerin görevi, genellikle zehirli olan kimyasallar veya ağır metaller gibi zararlı atıkları *absorbe* etmek, bunların yeraltı suyunu ve depolama alanı dışına sızmasını önleyen *geçirimsiz perde* oluşturmaktır.

Gelecekteki Kullanım Alanları

Nükleer atıkların depolanması

1945 yılında patlatılan atom bombasından sonra nükleer savaş başlığı üretimi ve 1974 yıllarındaki petrol krizi sonrasında enerji üretimi için nükleer santraller artmış ve yaygınlaşmıştır. Nükleer enerji üretimi Kuzey Amerika, Avrupa, Rusya ve bazı Asya ülkeleri tarafından yapılmaktadır. Nükleer santrallerin faaliyeti sonunda; yüksek aktiviteli atıklar, kullanılmış nükleer atık, plutonium kazanımından arta kalan sıvı atık ve solventler, fakirleştirilmiş uranyum, kirlenmiş araç-gereç, uranyum madenlerinde arta kalan cevher, kirlenmiş toprak ve yeraltı suları gibi nükleer atıklar tehlikeli radyoaktif kirlenmeler meydana gelmektedir. Normal reaktör faaliyetinden kaynaklanan düşük ve orta radyoaktiviteli atıklar uzun ömürlü değildir. Etkileri yaklaşık 500-1000 yıl kadar sürer. Oysa yüksek radyoaktiviteli nükleer yakıt atıkları uranyumda daha uzun ömürlü ve etkileri 1000000 yıl üzerindedir.

Ortaya çıkan nükleer atıkların yer altında bakır veya nikel konteynerlerde depolanması tasarlanmaktadır. Konteyner ile yan kayaç arasında sıkıştırılmış *Na-bentonit* yerleştirilmesi tasarlanmaktadır. Bentonit'in sağlanması beklenen katkı: düşük iletkenlik ve diffüzivite, radyonükleitleri yüksek absorbsiyonu ve tutma, atık konteynerleri desteklemeye yeterli *mekanik özellikler*, atık paketi ile yan kayaç arasını dolduracak ve çatlakları kapatmaya yeterli *şişme özelliği*, radyonükleitlerden oluşacak ısıyı dağıtmaya ve gidermeye yeterli *ısı kondüktivitesi* ve uzun süreli *kararlılık*tır.

Nanomateryaller

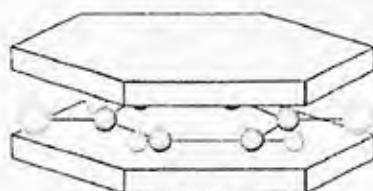
20yy. sonuna biyolojik bilimlerde bilgi patlaması ile birlikte moleküller biyoloji alanında çalışmalarında önemli gelişmeler sağlanmasından başka nanomateryallerin araştırılması ve geliştirilmesi çalışmaları da artmıştır.

Kil mineralleri 1 mikrometreden daha küçük ve yaklaşık 1 nm (nanometre) kalınlığındaki levhacıklardan meydana gelirler. Levha biçiminde olmaları nedeniyle ince bir film halinde kolayca düzenlenebilirler. Bu nedenle bu mineraller aynı zamanda nanomateryal'dırler.

Kil mineralleri düzlemsel olan katmanları arasındaki yüzeylerinde organik moleküllerı absorbe edebilmektedirler. Bu durumda iki katman arasında sınırlanmış moleküller, iki boyutta düzenlenerek *iki boyutlu supramoleküller* (molekül üstü) bir sistem meydana getirirler (Şekil 6). Katman arasına supramoleküller olarak düzenlenmiş uygun olarak seçilmiş moleküllerle, istenen optik, elektro kimyasal, kimyasal ve fiziksel özellikler elde edilebilir.

Uygun moleküllerin iki boyutlu moleküller sisteme uygun düzenlenme durumunda, optik non-linearite gibi yeni fiziksel ve kimyasal özellikler meydana gelebilmektedir. Bu özelliklerin kazandırılmasıyla, örneğin, sensörler, kil-modifiye elektrotlar ve optik malzeme gibi amaçlar için kullanılabilirler.

Benzer tarzda canlı hücre gibi biyolojik sistemler, tipik olarak supramoleküler sistemler halinde organizasyon gösterirler. Böylece killerin katman arasında biyolojik moleküllerin iki boyutlu bir düzeni de sentezlenebilir ve bunun fiziksel ile kimyasal özellikleri incelenebilir.



Şekil 6. Organik moleküllerin iki kil katmanı arasında düzlemsel olarak düzenlenmesi.

Nanokompozitler

Delamine edilen *Na-montmorillonitin* çok ince yaprakçıkları organiklerle muamele edilir. Elde edilen ürün plastik polimerlerle disperse edilerek çok *sağlam* ve *ısıya dayanıklı* malzemeler elde edilebilir. Elde edilen ürünler gelişmiş mekanik özellikler, termal stabilité, gaz bariyer özellikleri ve yanmayı geciktirici özellikler kazanırlar. Bu ürünler otomotiv sanayinde bazı plastik parçaların yapımında kullanılmaktadır. Ayrıca bunların günümüzün polimerik malzemelerinde kullanılması da beklenmektedir.

Nanokompozitlerin eczacılıkta kullanılma çalışmaları önemli bulgular ortaya koymaktadır. Örneğin katyon değişim yöntemiyle katman arasına Ag konarak sentezlenen nanokompozitler kuvvetli *antibakteriyel* ve *antimikrobiyel* aktivite göstermektedirler.

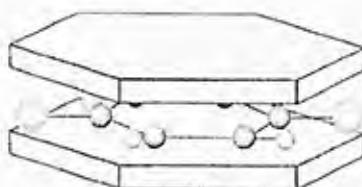
Yastıklı killer

Yastıklı kiler elde etmek için araştırmalar smektitlerde odaklanmaktadır. Bunun için smektitlerin katman arasına iyon değişim mekanizmasıyla Cr_2O_3 , Fe_2O_3 , TiO_2 , ZrO_2 tarzlarında “geçiş metal katyonları” yerleştirilir (Şekil 7). Isıtmadan sonra katyon yastıkları, kil katmanlarını kalıcı olarak açar. Böylece moleküller boyutta katman arası boşluklar ve iyi gelişmiş bir gözenek sistemi meydana gelir. Zeolitlere benzeyen bu iki boyutlu malzemelere yastıklı kil denir. Yastıklı killer; *termal*

Kil mineralleri düzlemsel olan katmanları arasındaki yüzeylerinde organik moleküllerı absorbe edebilmektedirler. Bu durumda iki katman arasında sınırlanmış moleküller, iki boyutta düzenlenerek *iki boyutlu supramoleküller* (molekül üstü) bir sistem meydana getirirler (Şekil 6). Katman arasına supramoleküller olarak düzenlenmiş uygun olarak seçilmiş molekülerle, istenen optik, elektro kimyasal, kimyasal ve fiziksel özellikler elde edilebilir.

Uygun moleküllerin iki boyutlu moleküller sisteme uygun düzenlenme durumunda, optik non-linearite gibi yeni fiziksel ve kimyasal özellikler meydana gelebilmektedir. Bu özelliklerin kazandırılmasıyla, örneğin, sensörler, kil-modifiye elektrotlar ve optik malzeme gibi amaçlar için kullanılabilirler.

Benzer tarzda canlı hücre gibi biyolojik sistemler, tipik olarak supramoleküller sistemler halinde organizasyon gösterirler. Böylece killerin katman arasında biyolojik moleküllerin iki boyutlu bir düzeni de sentezlenebilir ve bunun fiziksel ile kimyasal özellikleri incelenebilir.



Şekil 6. Organik moleküllerin iki kil katmanı arasında düzlemsel olarak düzenlenmesi.

Nanokompozitler

Delamine edilen *Na-montmorillonitin* çok ince yaprakçıkları organiklerle muamele edilir. Elde edilen ürün plastik polimerlerle disperse edilerek çok *sağlam* ve *isiya dayanıklı* malzemeler elde edilebilir. Elde edilen ürünler gelişmiş mekanik özellikler, termal stabilité, gaz bariyer özellikleri ve yanmayı geciktirici özellikler kazanırlar. Bu ürünler otomotiv sanayinde bazı plastik parçaların yapımında kullanılmaktadır. Ayrıca bunların günümüzün polimerik malzemelerinde kullanılması da beklenmektedir.

Nanokompozitlerin eczacılıkta kullanılma çalışmaları önemli bulgular ortaya koymaktadır. Örneğin katyon değişim yöntemiyle katman arasına Ag konarak sentezlenen nanokompozitler kuvvetli *antibakteriyel* ve *antimikrobiyel* aktivite göstermektedirler.

Yastıklı killer

Yastıklı kiler elde etmek için araştırmalar smektitlerde odaklanmaktadır. Bunun için smektitlerin katman arasına iyon değişim mekanizmasıyla Cr₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂, ZrO₂ tarzlarında “geçiş metal katyonları” yerleştirilir (Şekil 7). Isıtmadan sonra katyon yastıkları, kil katmanlarını kalıcı olarak açar. Böylece moleküller boyutta katman arası boşluklar ve iyi gelişmiş bir gözenek sistemi meydana gelir. Zeolitlere benzeyen bu iki boyutlu malzemelere yastıklı kil denir. Yastıklı killer; *termal*

stabilite, mezo gözenek'ler (bir kaç nm), *yüksek gözenek hacmi, 50m²/g< spesifik yüzey alanı ve yüksek absorbsiyon* özellikleri kazanırlar.

Yastıklı killer, fotoelektronik ve elektromagnetik kullanımlar için Si- ve Al-silikat malzemeye göre daha avantajlıdırlar. Üstün performans sergileyen bu yastıklı killer, çok özel *katalizör* ve *absorbent* amaçları için kullanılabilecektir.



Şekil 7. Geçiş elementlerin katman arasına yerleştirilmesiyle meydana gelen yastıklı kil.

SONUÇ

Muhtemelen ilk canlıının sentezini sağlayan kil, insanoğlunun var oluşundan bu yana ilişki içinde olduğu ve çeşitli amaçlar için kullandığı bir malzemedir. Özelliklerini tanıdıkça gerek miktar gereksiz kullanım alanları çeşitlenmiştir. Günümüzde spesifik kil türleri onlarca farklı endüstriyel alanlarda insanlığın hizmetinde kullanılmakta, bunun yanında jeoteknik, tarım ve çevre kirlenmesi alanlarında da uygulamalar bulmaktadır.

Killerin bu günde kullanım alanları gelecekte de devam edecektir. Bunun yanında kil partikülleri mühendisliği gelecekte çeşitli yeni uygulama alanları da bulabilecektir. Geniş bir çeşitlilikte ve değişik kullanım alanlarına mikroseramikler, kaplama ve membranlar için kil filmleri geleceğin malzemeleri geleceğin teknoloji ürünleri olarak kullanılabilecektir. Böylece kil minerallerinin yeteneklerinin daha büyük ölçüde kullanılması, değişik endüstriyel ve ticari alanlarda önemli etki yapacak ve insanlığa hizmet edecektir.

KAYNAKLAR

- Brindley, G. W. and Brown, G., 1980. Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-ray Idendification. Mineralogical Society, London. 495 p.
- Grim, R. E., 1962. Applied Clay Mineralogy. McGraw-Hill. New York. 422 p.
- Grim, R. E., 1968. Clay Mineralogy. McGraw-Hill, New York., 596 p.
- Grim, R. E., and Güven, N. 1978. Bentonites; Geology, Mineralogy, Properties and Uses. Elsevier. Amsterdam, 256 p.
- Singer, A., and Galan, E. 1984. Palygorskite-Sepiolite; Occurrences, Genesis and Uses. Elsevier. Amsterdam, 350 p.

stabilite, mezo gözenek'ler (bir kaç nm), *yüksek gözenek hacmi*, $50\text{m}^2/\text{g}$ spesifik yüzey alanı ve *yüksek absorbsiyon* özellikleri kazanırlar.

Yastıklı killer, fotoelektronik ve elektromagnetik kullanıcılar için Si- ve Al-silikat malzemeye göre daha avantajlıdır. Üstün performans sergileyen bu yastıklı killar, çok özel katalizör ve absorbent amaçları için kullanılabilir.



Şekil 7. Geçiş elementlerin katman arasına yerleştirilmesiyle meydana gelen yastıklı kil.

SONUÇ

Muhtemelen ilk canının sentezini sağlayan kil, insanoğlunun var oluşundan bu yana ilişkili içinde olduğu ve çeşitli amaçlar için kullandığı bir malzemedir. Özelliklerini tamidikça gerek miktar gerekse kullanım alanları çeşitlenmiştir. Günümüzde spesifik kil türleri onlarca farklı endüstriyel alanlarda insanlığın hizmetinde kullanılmaktadır, bunun yanında jeoteknik, tarım ve çevre kirlenmesi alanlarda da uygulamalar bulunmaktadır.

Killerin bu günde kullanım alanları gelecekte de devam edecektir. Bunun yanında kil partikülleri mühendisliği gelecekte çeşitli yeni uygulama alanları da bulabilecektir. Geniş bir çeşitlilikte ve değişik kullanım alanlarına mikroseramikler, kaplama ve membranlar için kil filmleri geleceğin malzemeleri geleceğin teknoloji ürünlerini olarak kullanılabilecektir. Böylece kil minerallerinin yeteneklerinin daha büyük ölçüde kullanılması, değişik endüstriyel ve ticari alanlarda önemli etki yapacak ve insanlığa hizmet edecektir.

KAYNAKLAR

- Brindley, G. W. and Brown, G., 1980. Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-ray Idendification. Mineralogical Society, London. 495 p.
- Grim, R. E., 1962. Applied Clay Mineralogy. McGraw-Hill. New York. 422 p.
- Grim, R. E., 1968. Clay Mineralogy. McGraw-Hill, New York., 596 p.
- Grim, R. E., and Güven, N. 1978. Bentonites; Geology, Mineralogy, Properties and Uses. Elsevier, Amsterdam, 256 p.
- Singer, A., and Galan, E. 1984. Palygorskite-Sepiolite; Occurrences, Genesis and Uses. Elsevier, Amsterdam, 350 p.

MALATYA-YAZİHAN KUZEYİNDEKİ TÜFİTLERİN JEOTEKNİK İNCELEMESİ

The Geotechnical Investigation of the Tuffites in North of Yazihan - Malatya

Zülfü GÜROCAK, Fırat Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Elazığ

ÖZ

Bu çalışmada, Boztepe baraj yerindeki tüfitlerin jeoteknik özellikleri incelenmiştir. Boztepe Barajı Yazihan'ın yaklaşık 10 km kuzeyinde, Yağca Çayı üzerinde inşa edilmektedir. Toprak dolgu tipindedir. Baraj yerinde, temel kaya, Orta-Geç Miyosen yaşı, tüfit ve bazalt düzeylerinden oluşur. Arazi çalışmalarında, tüfitlerin içerdığı süreksızlıkların yönelimi, aralığı, açıklığı, pürüzlülüğü, ayrışması ve dolgusu incelenmiştir. Tüfitlerin tek ve üç eksenli sıkışma dayanımı, endirekt çekme dayanımı, elastisite modülü, birim hacim ağırlığı ve porozitesi ise laboratuarda belirlenmiştir. Tüfitlerin taşıma kapasitesi ise, Hoek-Brown yenilme kriteri esas alınarak hesaplanmıştır.

ABSTRACT

In this study, the geotechnical properties of tuffites at the Boztepe Dam site were investigated. The Boztepe Dam was constructed on the Yağca Stream in about 10 km east of Yazihan (Malatya/Turkey) and it's earthfill dam. The foundation rocks are tuffite and basalt, which are Upper Jurasic – Lower Crateous age, at the dam site. The dominant orientation, spacing, persistance, aperture, ruoghness, weathering and filling of the discontinuity surfaces in the tuffite were investigated in field studies. The uniaxial compressive, triaxial and indirect tensile strength, modulus of elasticity, Poisson's ratio, unit weight and porosity of the tuffite were determined in the laboratory. The bearing capacity of the tuffite at the dam site was calculated using the Hoek-Brown empirical failure criterion.

GİRİŞ

Boztepe Barajı, Malatya ili Yazihan ilçesinin yaklaşık 10 km kuzeyinde, Yağca Çayı üzerinde inşa edilmektedir (Şekil 1). Zonlu toprak dolgu tipinde inşa edilmekte olan baraj, sulama amaçlıdır ve temelden 70 m yüksekliğe, 901 m kret uzunluğuna sahiptir.

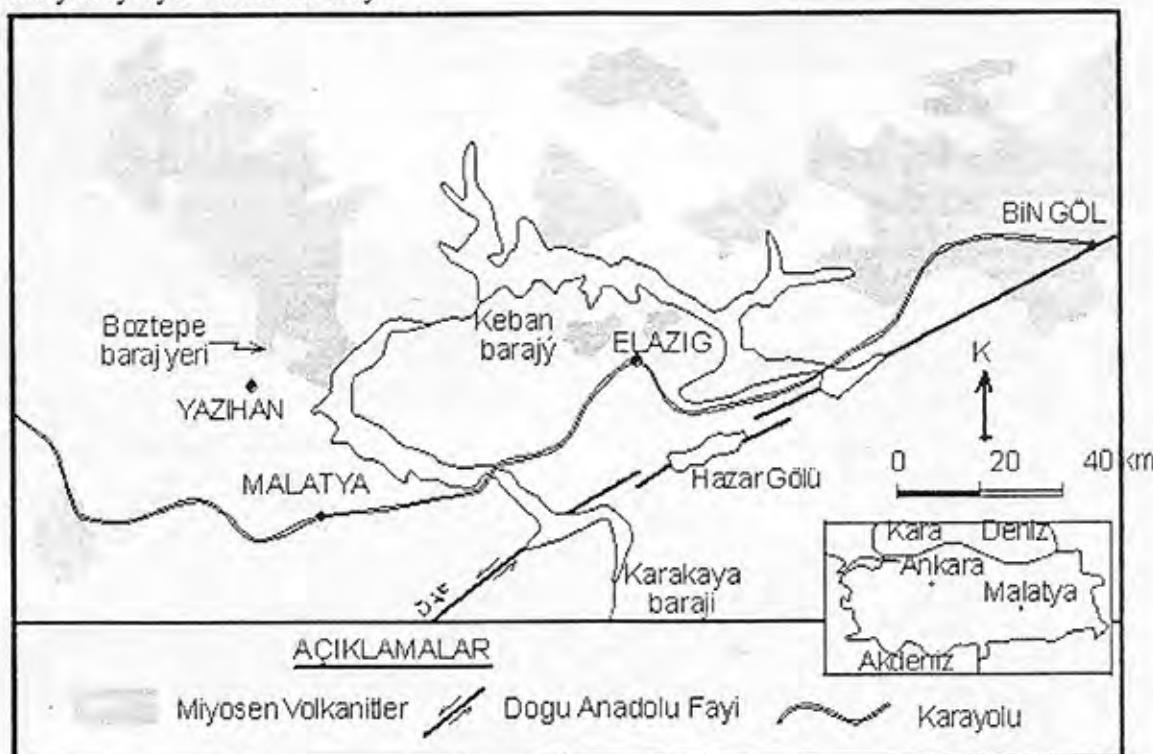
Bu çalışmada, baraj yeri sağ yamaç ve talwegde temel kayayı oluşturan tüfitlerin jeoteknik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, DSİ IX. Bölge Müdürlüğü tarafından baraj yerinde yapılmış olan temel araştırma sondajı karotları incelenmiş ve karot örnekler alınarak, tüfitlerin jeomekanik özelliklerinin belirlenmek amacıyla deneyler yapılmıştır. Arazi çalışmaları ile baraj yerinin mühendislik jeolojisi haritası yapılmış, tüfitlerin içerdiği süreksızlıkların aralık, açıklık, devamlılık, dolgu, pürüzlülük ve ayrışma gibi özellikleri incelenmiştir. Yapılan arazi ve laboratuar

çalışmaları ile elde edilen veriler yardımıyla, Hoek-Brown yenilme kriteri esas alınarak tüfitlerin taşıma gücü hesaplanmıştır.

BARAJ YERİNİN JEOLOJİSİ

Boztepe baraj yerinde temel kayayı, sağ yamaç ve talvegde tüfitler, sol yamaçta ise bazaltlar oluşturmaktadır (Şekil 2). Bu birimler, Doğu Anadolu Bölgesi'nde geniş bir yayılım sunan Miyosen yaşlı volkanizmanın ürünleridir. Bölgede yapılan çalışmalarda (Akkuş, 1971; Bozkaya ve Yalçın, 1991; Ercan ve Asutay, 1993; Karaman vd., 1993; Gürocak, 1999) bu volkanitler Yamadağ Volkanitleri olarak adlandırılmış ve üyelere ayrılarak haritalanmıştır.

Baraj yerinde en alta yüzeylenen tüfitler, kirli beyaz-açık gri renklidir. İyi tabakalanma sunarlar. Tabaka kalınlıkları alt seviyelerde 30-60 cm arasında, üst seviyelerde ise 5-20 cm arasında değişmektedir. Seyrek olarak gelişmiş eklem setleri de içeren tüfitlerde, eklem yüzeyleri oldukça ayırmış, genellikle kil, daha az olarak da 4-5 cm kalınlığa ulaşabilecek kalsit dolguludur. Tüfitlerin üzerinde yüzeyleyen bazaltlar koyu



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası

yeşil-gri renkli ve sütunlu bazalt özelliğindedir. Çok iyi gelişmiş eklem takımları ile birlikte soğuma çatlakları da içermektedir. Eklemler, üst seviyelerde 0.2-1.5 cm kalınlığında kil, alt seviyelerde ise 0.1-0.5 cm kalınlığında kalsit dolguludur. Soğuma çatlakları gelişigüzel doğrultularda ve dike yakın eğim açılarına sahiptir. Bazaltların üzerinde yer alan aglomeralar, koyu bordo renkli ve masif bir yapıya sahiptir. Tane destekli olan birime ait elemanların tane çapı 60-70 cm'ye kadar

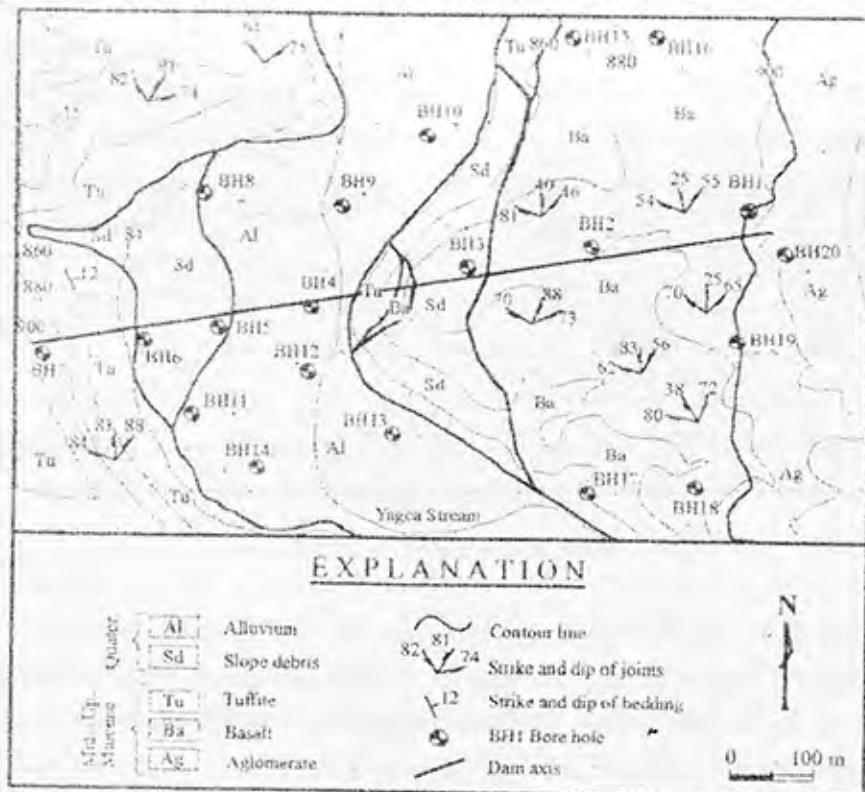
ulaşabilmektedir. Birim ara katmanlar halinde bazalt ve tüfit seviyeleri içermektedir. Baraj yerindeki yamaç molozu, üst kotlardaki kayaçlardan türemiş, farklı boyutlardaki, köşeli ve tutturulmamış elemanlardan oluşmaktadır. Temel sondajlarında en fazla 10 m kalınlığa sahip olduğu belirlenmiştir. İnceleme alanında alüvyonu, Yağca Çayı yatağında biriken, gri renkli gevşek, blok, çakıl, kum, silt ve kıl oluşturmaktadır. Birim, temel sondajı verilerine göre en fazla 6 m kalınlığa sahiptir.

JEOTEKNİK İNCELEMELER

Tüfitlerde yapılan jeoteknik incelemeler arazi ve laboratuar çalışmaları olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmaları ile baraj yeri sağ yamaç ve talvegde temel kayayı oluşturan tüfitlerin içerdiği süreksizliklerin mühendislik özellikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Laboratuar çalışmaları ile tüfitlerin tek ve üç eksenli sıkışma dayanımları, endirekt çekme dayanımı, elastisite modülü, içsel sürtünme açısı, kohezyonu, birim hacim ağırlığı ve porozitesi belirlenmiştir.

Temel sondajları

Boztepe baraj yerinde, birimlerin özelliklerinin belirlenmesi amacıyla DSİ (1997) tarafından, toplam 1195 m derinliğinde 20 adet temel araştırma sondajı yapılmıştır. Sondaj karotları incelenerek laboratuar deneylerinde kullanılmak üzere örnekler alınmıştır. Tüfitlerin RQD ve eklem sıklığı sınıflamaları yapılmıştır (Çizelge 1 ve 2). Baraj yerindeki tüfitler, RQD değerlerine göre orta kaya kalitesinde, eklem sıklığına göre de çok iyi - iyi kaya kalitesindedir.



Şekil 2. Boztepe baraj yerinin mühendislik jeolojisi haritası.

Çizelge 1. Baraj yerindeki tüfitlerin Deere (1964)'in RQD sınıflamasına göre % dağılımı.

RQD sınır değerleri	Kaya kalitesi	Tüfitlerin RQD değerlerinin dağılımı (%)
0 – 25	Çok düşük	16
25 – 50	Düşük	21
50 – 75	Orta	48
75 – 90	İyi	11
90 – 100	Çok iyi	4

Çizelge 2. Baraj yerindeki tüfitlerin Franklin vd. (1971)'nin eklem sıklığı sınıflamasına göre % dağılımı.

Eklem sıklığı sınır değerleri	Kaya kalitesi	Tüfitlerin eklem sıklığı değerlerinin dağılımı (%)
< 1	Çok iyi	36
1 – 4	İyi	28
5 – 10	Orta	21
11 – 50	Düşük	11
> 50	Çok düşük	4

Süreksizliklerin Mühendislik Özellikleri

Baraj yerindeki tüfitler tabakalanma ve eklem olmak üzere iki tip süreksizlik yüzeyi içermektedir. Yapılan arazi çalışmalarında, bu süreksizlik yüzeylerinin yönelik, aralık, açıklık, devamlılık, pürüzlülük ve dolgu özellikleri ISRM (1981) tanımlama ölçütlerine göre, hat etüdü yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Süreksizliklerin bozunma derecesi ise Gökçeoğlu (1997), Ulusay ve Sönmez (2002) tarafından önerilen ve

$$W_c = \frac{R_f}{R_w} \quad (1)$$

eşitliği ile belirlenen ayırtma indeksine göre tanımlanmıştır. Burada;

R_f : Bozunmamış yüzeyin Schmidt çekici geri sıçrama sertlik değeri

R_w : Bozunma sınıflaması yapılan eklem yüzeyinin Schmidt çekici geri sıçrama sertlik değeridir.

Süreksizlik yüzeylerinden alınan yönelik ölçüleri DIPS 3.01 (Diederichs and Hoek, 1989) bilgisayar programı kullanılarak değerlendirilmiş, süreksizlik yüzeylerinin kontur diyagramları çizilerek, ana doğrultu ve eğimleri belirlenmiştir (Şekil 3). Yapılan analiz sonucunda tüfitlerdeki tabakalanma yüzeylerinin ana doğrultu eğimleri;

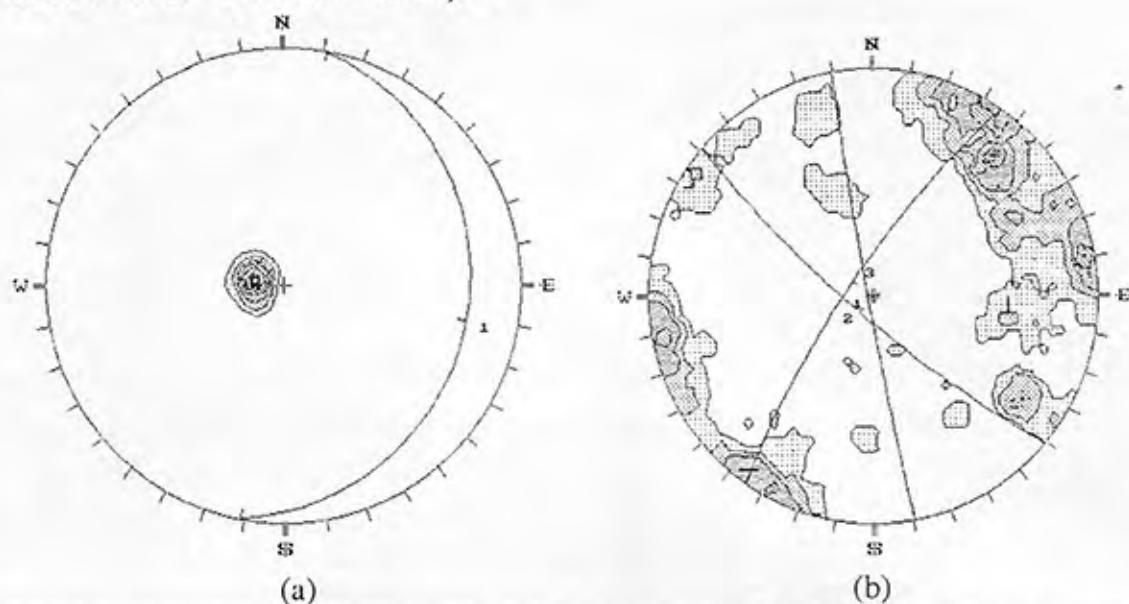
K10D / 14GD

eklemlerin ana doğrultu ve eğimleri ise,

K50B / 80GB

K11B / 87GB

K35D / 77KB olarak belirlenmiştir.



Şekil 3. İnceleme alanındaki tüfitlerin içeriği tabakalanma (a) ve eklemelere (b) ait kontur diyagramları.

Çizelge 3. Boztepe baraj yerideki tüfitlerin içeriği tabakalanma yüzeylerinin mühendislik özellikleri ve dağılımı.

Özellik	Sınır değerleri	Tanımlama	Dağılım (%)
Tabakalanma aralığı (mm)*	20-60 60-200 200-600 600-2000	Dar aralıklı Yakın aralıklı Orta derecede aralıklı Geniş aralıklı	4 16 63 7
Tabakalanma devamlılığı (m)*	3-10 10-20 > 20	Orta derecede devamlılık Yüksek devamlılık Çok yüksek devamlılık	6 28 66
Tabakalanma açıklığı (mm)*	< 0.1 0.1-0.25	Çok sıkı Sıkı	96 4
Tabakalanma pürüzlülüğü *	IV VII	Dalgılı pürüzlü Düzlemsel pürüzlü	84 16
Tabakalanma ayrışma durumu (W_c)**	1.5-2.0 >2.0	Orta derecede bozunmuş Tamamen bozunmuş	10 90

* ISRM (1981)'e göre
** Gökçeoğlu (1997)'ye göre

Tabakalanma ve eklem yüzeylerinin aralık, açıklık, devamlılık, pürüzlülük, bozunma ve dolgu özellikleri ise Çizelge 3 ve Çizelge 4'de verilmiştir.

İnceleme alanındaki tüfitlerin içeriği tabakalanma düzlemleri dolgu içermezken, eklemeler yüzeyde ve yüzeye yakın seviyelerde bazen 4-5 cm'ye ulaşabilen kil, daha alt seviyelerde ise 0.2-1 cm arasında değişen kalsit dolguludur.

Çizelge 4. Boztepe baraj yerindeki tütítlerin içerdigi eklemelerin mühendislik özelliklileri ve dağılımı.

Özellik	Sınır değerleri	Tanımlama	Dağılım (%)
Eklem aralığı (mm)*	20-60	Dar aralıklı	5
	60-200	Yakın aralıklı	12
	200-600	Orta derecede aralıklı	76
	600-2000	Geniş aralıklı	7
Eklem devamlılığı (m)*	< 1	Çok düşük devamlılık	17
	1 - 3	Düşük devamlılık	64
	3 - 10	Orta devamlılık	19
Eklem açıklığı (mm)*	0.5 – 2.5	Açık	28
	2.5 – 10	Orta derecede geniş	57
	> 10	Geniş	15
Eklem pürüzlülüğü *	IV	Dalgalı pürüzlü	55
	V	Dalgalı düz	13
	VII	Düzlemsel pürüzlü	32
Eklem yüzeyi ayrışma durumu (W _c)**	>2.0	Tamamen bozunmuş	100

* ISRM (1981)'e göre
** Gökçeoğlu (1997)'ye göre

Laboratuvar Çalışmaları

Boztepe baraj yerindeki tütítlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla alınan karot örnekleri üzerinde ISRM (1981) standartlarına göre laboratuvar deneyleri yapılarak, tütítlerin tek eksenli sıkışma dayanımı, endirekt çekme dayanımı, kohezyon ve içsel sürtünme açısı, elastisite modülü, birim hacim ağırlığı ve porozitesi belirlenmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Tütítlerde yapılan laboratuvar deneylerine ait istatistiksel sonuçlar.

	En yüksek	En küçük	Ortal.	Stand. sapma
Tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c , MPa)	21.20	1.97	8.21	5.726
Endirekt çekme dayanımı (σ_t , MPa)	0.42	0.11	0.278	0.114
Elastisite modülü (E_s , GPa)	10.500	0.600	2.23	16.945
Birim hacim ağırlık (γ_n , kN/m ³)	22.10	12.00	16.50	0.260
Porozite (n, %)	42.20	15.67	29.34	6.51
Kohezyon (c, MPa)			1.80	
İçsel sürtünme açısı (ϕ^0)			33°	

Tüfitlerin Dayanımı ve Taşıma Gücü

Boztepe Baraj yerindeki tüfitlerin dayanımı, Hoek vd. (1995) tarafından önerilen ve

$$\sigma_1' = \sigma_3' + \sigma_c \left[m_b \left(\frac{\sigma_3'}{\sigma_c} \right) + s \right]^a$$

(2)

eşitliği ile ifade edilen, Hoek-Brown ampirik yenilme kriterine göre belirlenmiştir. Eşitlikte:

σ_1' : En büyük etkin asal normal gerilim

σ_3' : En küçük etkin asal normal gerilim

σ_c : Kayaç malzemesinin tek eksenli sıkışma dayanımı

m_b, s : Hoek-Brown kaya kütlesi sabitleri

a : Kaya kütle sabiti olup 0.5 alınmıştır

m_b, s ve a sabitleri, GSI > 25 koşulu için;

$$\frac{m_b}{m_i} = \exp \left[\frac{(GSI - 100)}{28} \right]$$

(3)

$$s = \exp \left[\frac{(GSI - 100)}{9} \right]$$

(4)

eşitliklerine göre hesaplanmıştır. Eşitlikte;

m_i : Hoek-Brown kayaç malzemesi sabiti

GSI : Jeolojik dayanım indeksidir.

Kaya kütle malzeme sabitlerinin hesaplanmasıında kullanılan m_i sabiti, Hoek vd. (1995) de verilen tablodan, jeolojik dayanım indeksi (GSI) ise Sönmez ve Ulusay (1999) tarafından önerilen yöntem kullanılarak belirlenmiştir.

Sönmez ve Ulusay (1999)'a göre GSI parametresi belirlenirken gerekli olan süreksizlik yüzey koşulu (SCR) ve hacimsel eklem sayısı (J_v)

$$SCR = R_r + R_w + R_f$$

(5)

$$J_v = \left(\frac{N}{L} \right)^3$$

(6)

eşitlikleri ile hesaplanmıştır. Bu eşitliklerde;

R_r : Süreksizlik yüzeyinin pürüzlülük puanı

R_w : Süreksizlik yüzeyinin bozunma puanı

R_f : Süreksizlik yüzeyinin dolgu puanı

N : Eklem sayısı

L : Ölçüm hattının uzunluğuudur.

Yapısal özellik puanı (SR), hacimsel eklem sayısı (J_v) yardımıyla, GSI değeri ise SR ve SCR puanları kullanılarak Ulusay ve Sönmez (2002) de verilen şekilde belirlenmiştir. Baraj yerindeki tüfitlerin yerinde elastisite modülü (E_m) ise Hoek ve Brown (1997) tarafından önerilen,

$$E_m = \sqrt{\frac{\sigma_c}{100}} 10^{\frac{(GSI-10)}{40}}$$

(7)

eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler Çizelge 6 'da verilmiştir.

Çizelge 6. Boztepe baraj yerindeki tüfitlerin kaya kütle parametreleri, tek eksenli sıkışma dayanımı ve yerinde elastisite modülü değerleri

Parametreler	Değerler
Kayaç malzemesinin tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_c , MPa)	8.21
Süreksizlik yüzeyinin pürüzlülük puanı (R_r)	6
Süreksizlik yüzeyinin bozunma puanı (R_w)	1
Süreksizlik yüzeyinin dolgu puanı (R_f)	4
Süreksizlik yüzey koşulu (SCR)	11
Hacimsel eklem sayısı (J_v , eklem/m ³)	4
Yapısal özellik puanı (SR)	70
Jeolojik dayanım indeksi (GSI)	53
Hoek-Brown kayaç malzeme sabiti (m_t)	15
Hoek-Brown kaya kütesi sabiti (m_b)	2.80
Hoek-Brown kaya kütesi sabiti (s)	0.00539
Kaya kütesi sabiti (a)	0.5
Kaya kütesinin tek eksenli sıkışma dayanımı (σ_{ckk} , MPa)	0.6
Kaya kütesinin yerinde elastisite modülü (E_m , GPa)	3.41

Boztepe baraj yerindeki tüfitlerin izin verilebilir taşıma gücü, temel altındaki kayaç kamasının ağırlığının ihmal edildiği ve temelin yüzeyde bulunduğu varsayılarak, Wyllie (1992) tarafından önerilen;

$$q_a = \frac{C_{f1} c_i N_c}{F} \quad (8)$$

eşitliği kullanılarak belirlenmiştir. Eşitlikte;

C_{f1} : Taşıma gücü faktörü faktörü

c_i : Anlık etkin kohezyon (MPa)

N_c : Taşıma gücü faktörü

F : Güvenlik katsayısı (3 olarak alınmıştır)

Eşitlik (9) kullanılarak yapılan hesaplama sonucunda, tüfitlerin izin verilebilir taşıma gücü (q_a) 4.21 MPa olarak bulunmuştur.

SONUÇLAR

Boztepe baraj yerinde temel kayayı, sağ yamaç ve talvegde tüfitler, sol yamaçta ise bazaltlar oluşturmaktadır. Tüfitler, tabakalanma ve eklem olmak üzere iki tip süreksizlik yüzeyi içermektedir. Tabakalanma yüzeyleri orta derecede aralıklı, çok yüksek devamlılıkta, çok sıkı, genelde dalgalı pürüzlü ve tamamen ayrılmış, eklemler ise orta derecede aralıklı, düşük devamlılıkta, orta derecede genişlikte, dalgalı pürüzlü – düzlemsel pürüzlü ve tamamen ayrılmış özelliktedir. Eklemler üst seviyelerde, 4-5 cm'ye ulaşabilen kil, alt seviyelerde ise 0.2-1 cm kalınlıkta kalsit dolguludur. RQD sınıflamasına göre orta-düşük kaya kalitesindeki tüfitler, eklem sıklığı sınıflamasına göre çok iyi-iyi kaya kalitesindedir.

Laboratuar çalışmaları sonucunda tüfitlerin ortalama tek eksenli sıkışma dayanımı 8.21 MPa, endirekt çekme dayanımı 0.28 MPa, elastisite modülü 2.23 GPa, kohezyonu 1.80 MPa, içsel sürtünme açısı 33°, birim hacim ağırlığı 16.50 kN/m³ ve porozitesi ise % 29.34 olarak bulunmuştur.

Hoek-Brown yenilme kriterinin baraj yerindeki tüfitlere uygulanması sonucunda, tüfitlerin GSI değeri 53, m_b kaya kütle sabiti 2.80, s kaya kütle sabiti 0.00539, tüfit kütlesinin tek eksenli sıkışma dayanımı 0.6 MPa ve tüfit kütlesinin yerinde elastisite modülü ise 3.41 GPa olarak belirlenmiştir. Tüfitlerin izin verilebilir taşıma gücü ise 4.21 MPa'dır. Baraj gövdesinin temel kayaya uygulayacağı gerilmenin ortalama 2.0 MPa olacağı dikkate alındığında, tüfitlerin taşıma gücü açısından güvenli oldukları görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akkuş, M.F., 1971. Darende-Balaban havzasının (Malatya ESE Anadolu) jeolojik ve Stratigrafik incelenmesi, MTA Dergisi, 76, 1-60.
- Bozkaya, O., ve Yalçın, H., 1991. Hekimhan doğu ve güney kesimindeki Kretase-Tersiyer yaşlı sedimenter yaşlı birimlerin mineralojisi ve jeokimyası, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, 6, 234-252.
- Deere, D.U., 1964. Technical description of rock cores for engineering purposes, Rock Mechanics and Rock Engineering, 1, 17-22.
- Diedrics, M.S. and Hoek, 1989. DIPS 2.2. Advanced version computer programme, Rock Engineering Group, Department of Civil Engineering, University of Toronto.
- DSİ. 1997. Malatya - Kuruçay projesi Boztepe Barajı mühendislik jeolojisi kesin raporu. DSİ IX. Bölge Müd., 72 s.
- Ercan, T. ve Asutay, H.J.. 1993. Malatya-Elazığ-Tunceli-Bingöl-Diyarbakır dolaylarındaki Neojen-Kuvaterner yaşlı volkanitlerin petrolojisi, Suat Erk Sempozyumu, 291-303.
- Franklin, J.L., Broch, E., and Walton, G., 1971. Logging the mechanical character of rock. Transaction of the Institution of Mining and Metallurgy, 81, Mining Section, 1 A-9.
- Gürocak, Z., 1999. Boztepe (Malatya) Barajı eksen yerindeki kayaçların jeomekanik

özellikleri ve ayışma derecelerinin incelenmesi. F.Ü. Fen Bilimleri Enst., Doktora Tezi, 106 s. (yayınlanmamış).

Hoek, E., Kaiser, P.K., and Bawden, W.F., 1995. Support of ground excavation in hard rock. Balkema, Rotherdam, Brookfield, 213 pp.

Hoek, E., and Brown, E.T., 1997. Practical estimates of rock mass strength. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 34 (8), 1165-1186.

ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1981. Rock characterization, testing and monitoring - ISRM suggested methods, E.T. Brown.(ed.), Permagon Press, 211 pp.

Karaman, T., Poyraz, N., Bakırhan, B., Alan, İ., Kadınkız, G., Yılmaz, H. ve Kılınç, F., 1993.

Malatya-Doğanşehir-Çelikhan dolayının jeolojisi. MTA Derleme No:9587 (yayınlanmamış). Sönmez, H., and Ulusay, R., 1999. Modification to the geological strength index (GSI) and their applicability to stability of slopes. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 35 (2), 219-233.

Ulusay, R. Ve Sönmez, H., 2002. Kaya kütlelerinin mühendislik özellikleri, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, No:60.

Wyllie, D.C., 1992. Foundations on Rock. E&FN Spon, 333 pp.

GÜMÜŞHANE-HASKÖY ÇEVRESİNİN KARST HİDROJELOJİSİ

Karst Hydrogeology of Hasköy -Gümüşhane and Its Surrounding

Hakan ERSOY ve Arzu Fırat ERSOY, KTÜ. Müh. Mim. Fak., Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon.

ÖZ

Bu çalışmada, Gümüşhane sınırları içerisindeki Hasköy ve dolayında bulunan karstlaşma incelenmiştir. Bölgedeki en yaşlı birim Lias yaşı Zimonköy formasyonudur. Daha üstte uyumlu olarak Dogger-Malm yaşı Berdiga formasyonu bulunmaktadır. Bu birimin üzerine ise, fliş fasiyesinde gelişen Geç Kretase yaşı Kermutdere formasyonu uyumsuzlukla gelmektedir. En genç birimler ise traverten ve alüvyonlardır. Karstlaşma yapı ve kaynaklar, KD-GB doğrultulu düşey bir fay ile, KB-GD yönlü verev atımlı düşey fayın kesiştiği bölgede gelişmiştir. 10 m. çap ve 15 m. derinliğe sahip koni şekilli karstik yapının çevresinde birkaç santimetre derinliğinde, 1-2 m. uzunlığında olan karenler bulunmaktadır. Çalışma alanında, karstik kaynaklardan alınan su örneklerinin analizleri yapılmış, kaynak sularının benzer fiziksel ve kimyasal özellikler gösterdiği belirlenmiştir. Çözünmüş madde miktarı 1431,5 mg/l ile 1425,79 mg/l arasında değişmektedir. Analiz sonuçlarından yararlanarak, sulardaki serbest CO₂ miktarının 31,3 meq/l'den küçük olduğu belirlenmiş, suların çözündürebileceği CaCO₃ miktarı ise 80 mg/l olarak hesaplanmıştır.

ABSTRACT

Formation and origin of karstification in Hasköy (Torul-Gümüşhane) were investigated in this study. In the area studied, Liasic Zimonköy formation is the oldest faormation. Berdiga formation containing limestone has deposited between Dogger and Malm. Upper Cretaceus Kermutdere formation had deposited in flysch facies and overlies unconformably Berdiga formation. The youngest litologies are alluvial and travertine. Karstic structures and springs observed in the studied area formed as a result of two faults crossing each other. One of two faults controlling karstic structures formed is vertical with NE-SW direction. The other fault is vertical with NW-SE direction. The karstic cone has about 10 m. in diameter and 15 m. in depth. Furthermore, karrens developed on the slope of the karstic cone. And it has 1-2 cm in depth and 1-2 m length. Cold water samples collected from karstik springs in studied area, show similar chemical characteristics. The spring waters are saturated with CaCO₃. Based on chemical analyses, total dissolved material is between 1431,5 and 1425,82 mg/l Free CO₂ content is lower than 31,3 meq/l in waters and CaCO₃ content, which can be solved by spring water, is 80 mg/l.

GİRİŞ

Doğu Karadeniz Bölgesi'nin topografyasını yansıtan ve oldukça engebeli olan çalışma sahası, Gümüşhane ili, Torul ilçesi'ne bağlı Hasköy ve çevresini içine alan, yaklaşık 40 km^2 lik bir bölgede yer almaktadır (Şekil 1). Gümüşhane Meteoroloji Gözlem İstasyonu'ndan alınan 36 yıllık sıcaklık ve yağış değerlerine göre, en yağışlı ay 70,3 mm ile Mayıs, en kurak ay 12,2 mm ile Ağustos'tur. En sıcak ay $20,1^\circ\text{C}$ ile Temmuz, en soğuk ay ise $-2,2^\circ\text{C}$ ile Ocak ayıdır.



Şekil 1. Yerbelduru haritası

BÖLGENİN JEOLOJİSİ

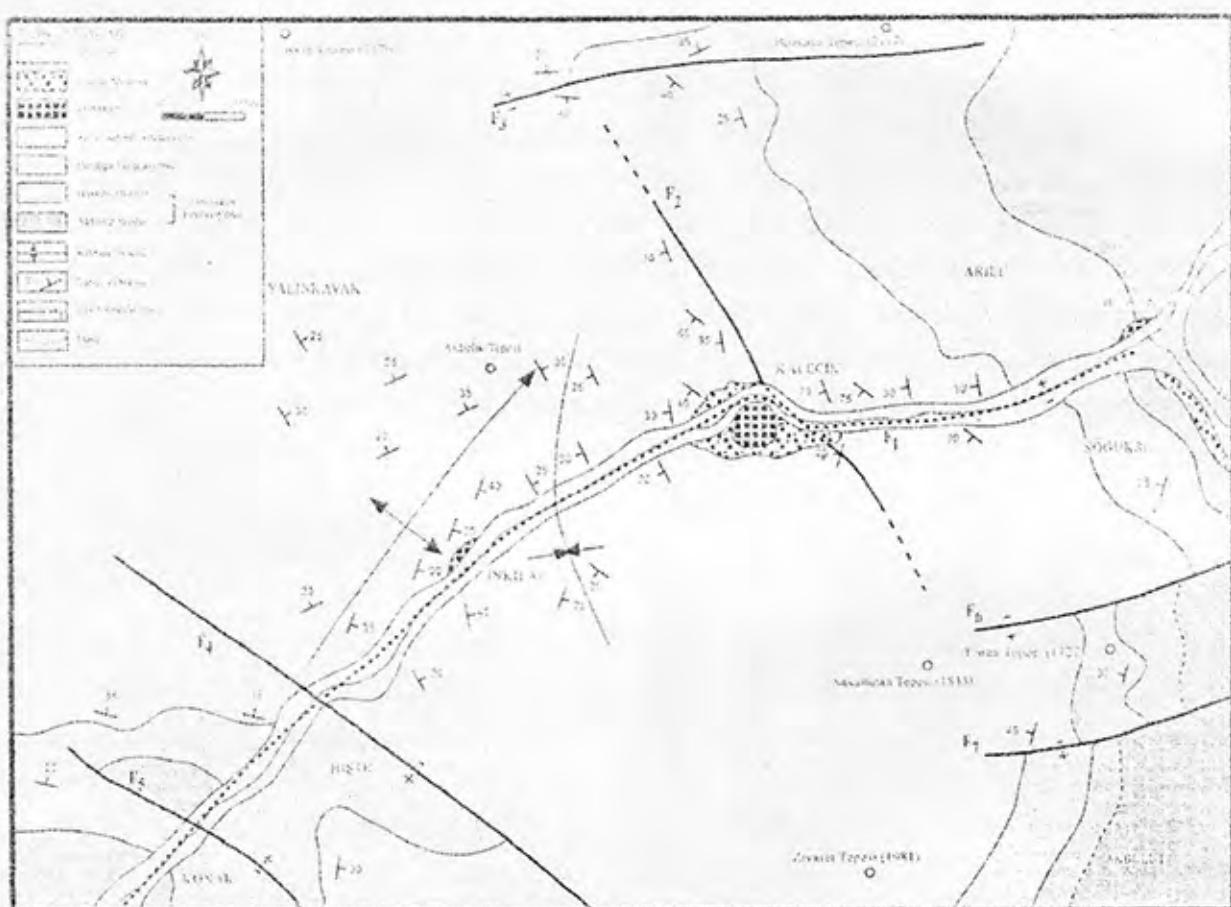
İnceleme alanında; zimönköy, berdiğa, kermutkere formasyonları ile traverten ve alüvyonlar görülmektedir (Şekil 2).

Zimouköy formasyonu

Çoğunlukla andezit, bazalt, dasit ve piroklastları ile dolerit dayklarından oluşan birimde, tabaka kalınlıkları 10-30 cm. arasında değişen tortul seviyelere de rastlanmıştır. Tortul seviyeleri oluşturan kumtaşı ve kireçtaşları, alterasyon nedeniyle yer yer tabakalı yapılarını kaybetmiştir. Gümüşhane granitoyidi üzerinde uyumsuz olarak gelen birimin yaşı Liyas'tır (Eren, 1983).

Akbulut dasiti :

Formasyonun en alt kesiminde bulunan ve dasit ve tüflerden oluşan üye, bölgede en iyi Akbulut mahallesinde ve çevresinde yüzeylendiği için aynı adla adlandırılmıştır. Yoğun bir şekilde alterasyona uğramış, kahverengi ve yeşilimsi sarı renkli dasitler, arazide sert çıkışlıklar şeklinde görülmeye rağmen, kolay dağılabilir özelliktedir.



Şekil 2. Çalışma alanının jeoloji haritası

Hasköy bazaltı:

Dasitlerin üzerinde yer alan andezit ve bazaltlar, çalışma alanında en iyi Hasköy ve çevresinde yüzeylendiği için, aynı isimle adlandırılmıştır. Andezit ve bazaltlar içerisinde, kalınlıkları 3-4 metreye varan kumtaşları ve kireçtaşları, ara seviyeler halinde bulunmaktadır. Tabaka kalınlıkları 10-15 cm arasında değişmektedir.

Berdiga formasyonu

Avsallı, Arılı ve Soğuksu mahalleleri'nde yüzeylenen birim, dolomitik kireçtaşı ve kristalize kireçtaşlarından oluşmaktadır. Zimonköy formasyonu üzerine gelen birimin yaşı, Dogger-Malm olarak verilmiştir (Pelin, 1977).

Kermutdere formasyonu

Filiş özelliği taşıyan Kermutdere formasyonu, tabandan tavana doğru, kumtaşı, kumlu kireçtaşı, silttaş, siltli kireçtaşı, kırmızı kireçtaşı, andezit ve bazalt, kaba taneli tuf ve ince taneli tuf şeklindedir. Berdiga Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelen birimin yaşı Geç Kretase olarak belirlenmiştir (Tokel, 1972).

Traverten ve Alüvyonlar

İnceleme alanında, bir çok yerde, gerek oluşumu sona ermiş, gerekse devam eden travertenler yüzeylenmektedir. Arazi gözlemlerinde, Kalecik Köyü mineralli su kaynaklarının oluşturduğu travertenlerin kalınlığı, yaklaşık 48 metre olarak tespit edilmiştir. Akarsu yatakları boyunca gözlenen alüvyonlar, vadiler boyunca dar alanlar kaplamaktadır. Çalışma alanında en geniş yayılım Hasköy çevresinde görülmektedir.

BÖLGENİN TEKTONİĞİ

Çalışma alanını da içine alan Doğu Pontid'lerde tektonizmayı, sağ ve sol yönlü doğrultu atımlı faylar ve blok faylar kontrol etmektedir. Liyas yaşı volkanik birimler aşırı çatlaklı bir görünümü sahiptir. Volkaniklerde gelişen çatlakların açıklıklarının 0.5-15 cm arasında değiştiği, bu çatlakların genellikle kil dolgulu olduğu görülmüştür. Masif ve az çatlaklı bir yapı gösteren Berdiga formasyonunda, çatlaklar çoğunlukla dolgusuzdur. Üst Kretase flişlerinde ise fay zonlarına yakın bölgelerde çatlak sıklığı artmaktadır. Açıklıkları 0.2-3 cm arasında değişen çatlaklar genellikle kil ve silt dolguludur. Çalışma alanında 1/35 000 ölçekli hava fotoğraflarından yararlanılarak yedi adet düşey fay belirlenmiştir. Bunlardan yalnızca F_1 ve F_2 fayı karstlaşma açısından önem taşır.

F_1 fayı, Nivena vadisi boyunca uzanmaktadır. Fay hava fotoğraflarında, net bir şekilde görülmektedir. KD-GB doğrultulu olan fay, yaklaşık 5 km'dir. Fayın düşey atımı 20 m. olarak belirlenmiştir. Fay çeşitli mineralli su kaynaklarının oluşmasını denetlemektedir. F_2 fayı, hava fotoğraflarında net bir şekilde görülür. Verev atımlı düşey bir faydır. Fay, Kalecik Köyü'nde F_1 fayı ile kesişmiş ve F_1 fayını yaklaşık 90 m. ötelemiştir. Bölgede gelişen mineralli su kaynakları ve gelişimini henüz tamamlamamış olan karstik koni, bu iki fayın kesişme noktasında gelişmiştir.

KARST HİDROJEOLJİSİ

Birimlerin Geçirimliliği

Çalışma alanında bulunan birimlerin, litolojilerine ve geçirimlilik özelliklerine göre, karstlaşmaya uygun olup olmadıkları incelenmiştir. Alüvyon ve travertenler, çalışma alanı ve çevresinde geçirimliliği en yüksek birimlerdir. Kireçtaşlarından oluşan Berdiga formasyonunun, içeriği çatlaklar ve faylar boyunca geçirimliliği yüksektir ve karstlaşma açısından önem taşır. Çalışma alanı ve çevresinde, fliş özelliğindeki Kermutdere formasyonu kumlu kireçtaşlarının bulunduğu kesimlerde, yeraltısu açısından yarı geçirimlidir. Çalışma alanında bulunan bir çok kaynak ve mineralli su, bu birimden yüzeye çıkmaktadır. Fakat, birim saf kireçtaşlarından oluşmadığı için sınırlı karstlaşma özelliğine sahiptir. Çalışma alanı ve çevresindeki geçirimsiz birimler ise Üst Kretase yaşı Kermutdere formasyonu'nda bulunan kiltaşı, silttaşısı ve Zimonköy formasyonunu oluşturan volkanik kayaçlardır.

Karstik Yapıların Gelişimi ve Karstik Yüzey Şekilleri

Karstik arazi şekilleri, yüzeysel aşınma ve karbonatlı kayaçların çözünmesine bağlı olarak gelişmiştir. Çalışma alanında başlıca karst yüzey şekilleri karenler ve karstik konidir.

Karenler ve Karstik Koni:

Kaynak sularının yeryüzüne çıktıığı bölgelerde, karbonik asitçe zengin sular, kaynağın çıkış noktasını yaklaşık olarak 10 m. çapında genişletmiş, ve CO_2 gazı basıncının azalması sonucunda traverten çökelimi gerçekleşmiştir. Travertendeki karstlaşmanın devamı karstik koninin oluşumuna olanak kılmıştır. 1992 yılına kadar içinde su bulunan karstik koni, meydana gelen bir deprem sonucu dibinden çatlayarak içi boşalmış ve mineralli sular iki çıkış noktasından yeryüzünden boşalmaya başlamıştır. Karstik koni, üst boşluk çapı yaklaşık 10 m. ve derinliği yaklaşık 15 m. olan karstik yapı için kullanılmıştır. Karenler, 30° veya daha eğimli yamaçlarda gelişen, 1-2 m'ye erişen uzunluklarda, ve 1-100 cm derinliğinde, birbirine paralel karstik yapılardır. Çalışma alanındaki karenler 70-80 cm uzunluğunda, 1-2 cm derinliğinde dalga şekilli oluşumlardır. Karstik koninin yüzeyi karenlerle kaplıdır.

Karstik Kaynakların Kimyasal Özellikleri

Kaynak sularındaki toplam çözünmüş madde miktarı 1431,5 mg/L ile 1426,79 mg/L arasında değişmektedir. Hakim iyonlar Ca^{++} ve HCO_3^- olarak belirlenmiştir. Buradan anlaşılacağı gibi, her iki kaynak "mineralli su" sınıfına girmektedir (Çizelge 1).

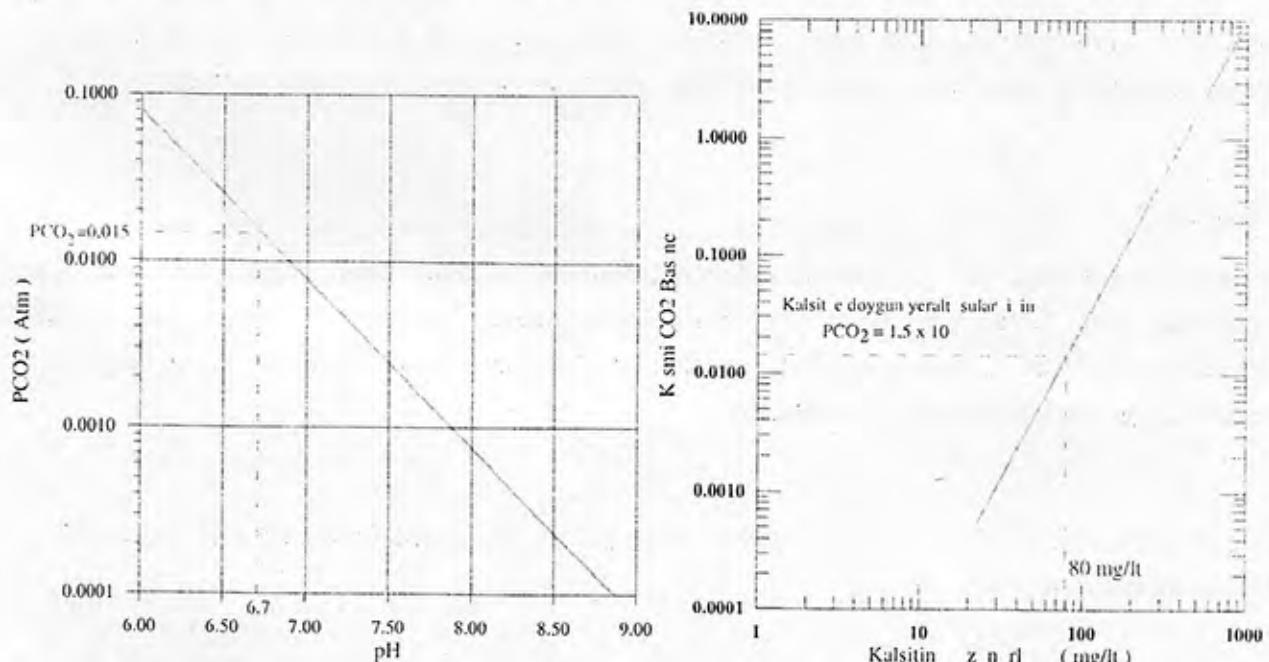
Suların Çözündürebileceği CaCO_3 Miktarı

Suların çözündürebileceği CaCO_3 miktarı sularda çözünmüş kısmi CO_2 basıncıyla (PCO_2) ilgilidir. Bu değer çözünmüş CO_2 miktarının artmasıyla artış gösterir. Burada pH değerinin 6,7 olduğu 1

Çizelge 1. Su örneklerine ait majör element değerleri

Kimyasal özellikler	Kaynak 1		Kaynak 2		Nivena çayı	
	mg/lt	mek/lt	mg/lt	mek/lt	mg/lt	mek/lt
Ca ⁺⁺	262,9	13,145	254,68	12,734	16,4	0,82
Mg ⁺⁺	55,8	4,65	59,89	4,991	3,72	0,31
Na ⁺	16,8	0,73	16,22	0,705	3,45	0,15
K ⁺	2	0,051	2	0,051	0,8	0,021
HCO ₃ ⁻	1029	16,87	1029	16,87	47	0,77
Cl ⁻	58	1,634	58	1,634	7,1	0,2
SO ₄ ²⁻	7	0,146	7	0,146	16,08	0,35
pH	6,67		6,55		7,98	

nolu kaynak suları için karbondioksit kısmının basıncının $1,5 \times 10^{-2}$ atmosfer olduğu görülmektedir. PCO₂, $1,5 \times 10^{-2}$ atmosfer olduğu durumda suda çözünen CaCO₃ miktarı 80 mg/l'dir (Şekil 3).



Şekil 3. pH ve PCO₂ arasındaki ilişki (Roques, 1964) ve CO₂ varlığında suların CaCO₃ çözünürlüğü (Frear ve Johnston, 1929)

Suların Denge pH'sı ve Suların Serbest CO₂ Miktarı

Suların denge pH'sı aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır (Langelier, 1942).

$$\text{pH}_{\text{denge}} = \text{pK}^* - \log \text{Ca}^{++} - \log \text{HCO}_3^- + \log f_L \quad (1)$$

$$\log f_L = (2,5 \times I^{1/2}) / (1 + 5,3 \times I^{1/2} + 5,5 \times I) \quad (2)$$

(Burada, I : İyonik şiddet; pK* : Langelier Sabiti; Ca⁺⁺ : mek/L'dir)

Değerler yerine konulduğunda

pH_{denge} = 6,36 olarak hesaplanmıştır.

$pH_{ölçüm} > pH_{denge}$ olduğu için sularda CaCO_3 çökelmesi beklenir.

Denge serbest CO_2 miktarı, denge pH' ında olduğu gibi suların çözüçülüğünü etkileyen önemli bir faktördür. Denge serbest CO_2 miktarı (CCO_2) aşağıdaki formül yardımıyla bulunur(Tillmans, 1912).

$$\text{CCO}_2 = (K_T \times (\text{HCO}_3^-)^2 \times \text{Ca}^{++}) / f \quad (3)$$

K_T ve f : Sıcaklığa bağlı ve İyonik şiddete bağlı Tillmans sabiti

Ca^{++} : mek/l'dir.

$\text{CCO}_{2 \text{ denge}} = 31,3 \text{ mek/l}$

olarak belirlenmiştir.

Sular CaCO_3 'a doygun oldukları için, sularda bulunan serbest CO_2 miktarı bu değerin altındadır. Bu değer tekrar 31,3 mek/l'nin üstüne çıkarsa çökelme durur ve yeniden karstlaşma başlar.

SONUÇLAR

Hidrojeolojik çalışmalarında, jeolojik birimler geçirimsizlik ve buna bağlı olarak karstlaşabilme özelliklerine göre bölgelere ayrılmıştır. Filiş özelliğindeki Kermutdere formasyonu kumlu kireçtaşlarının bulunduğu kesimlerde yarı geçirimsizdir. Çalışma alanında bulunan bir çok kaynak ve mineralli su, bu birimden yüzeye çıkmaktadır.

Suda çözünen CaCO_3 miktarı 80 mg/l, suların denge pH' ı 6.36, sularındaki serbest CO_2 miktarı 31.3 mek/l olarak belirlenmiştir.

Bölgede, üst boşluk çapı yaklaşık 10 m ve derinliği yaklaşık 15 m olan karstik bir dolin (konı) bulunmaktadır. Karstik koninin yüzeyi karenlerle kaplıdır. Karstik koni terimi, tarafımızdan ilk olarak Hasköy ve çevresinde bulunan karstik yapı için kullanılmıştır.

KAYNAKLAR

Bektaş, O., Çapkinoğlu, Ş., 1997, Doğu Pontid magmatik arkında (KD,Türkiye) neptünen dayklar ve blok tektoniği: Mesozoyik havzaların kinematiği ile ilgili bulgular, 20. Eğitim Yılı Sempozyumu, Bildiri Özeti.

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 1984, Ortalama Ekstrem sıcaklık ve yağış değerleri Bülteni.

Eren, M., 1983, Gümüşhane-Kale arasındaki yeolojisi ve mikrofasiyes incelemesi. KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, MMLS Tezi, 197 s.

Frear, G., and Johnston, J., 1929, Solubility of calcium carbonate (calcite) in certain aqueous solutions at 25°C. *J. Am. Chem. Soc.*, 51, 2082-2093.

Langelier, W. F., 1942, Graphical methods for indicating the mineral character of natural waters, *J. Am. Water Works Assoc.*, 34, (3), 335-352.

Pelin, S., 1977, Alucra (Giresun) güneydoğu yoresinin jeolojisi ve petrol olanakları bakımından incelenmesi. KTÜ Yayıtı, No:87.

Roques, H., 1964, Chimie des carbonates, *Ann. Speleol.*, 19, 258-484.

Tillmans, J.. 1912, Über die kohlensauren kalk kngreifende kohlensaure der naturlichen wasser. *Gessund-Ing.*, 35, 669-667.

Tokel, S., 1972, Stratigraphical and volcanic history of gümüşhane region. Phd Thesis, Univ. of College.

RİZE - İKİZDERE İLİCAKÖY SICAK SU KAYNAKLARININ HİDROJEOLOJİSİ

Hydrogeological Properties of İlıcaköy Hot Water Springs

Arzu FIRAT ERSOY, Hakan ERSOY ve Remzi DİLEK, Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Trabzon

ÖZ

Bu çalışmada İlıcaköy (İkizdere-Rize) sıcak su kaynakları jeolojik, hidrojeolojik, hidrojeokimyasal açıdan incelenmiş, kaynakların oluşum şekli ve kökeni belirlenmiştir. Bölgede bulunan en yaşlı birim Üst Kretase yaşılı İkizdere Granitoidi'dir. İkizdere Granitoidi'ni dolerit daykları kesmektedir. Bu birimlerin üzerine Kuvaterner yaşılı yamaç molozları ve alüvyonlar gelmektedir. Bölgedeki en genç birim ise günümüzde oluşmaya devam eden travertenlerdir. Cimildere vadisinde KB-GD, KD-GB ve D-B doğrultulu faylar bulunmaktadır. Bunlardan KB-GD doğrultulu olan 2 fay sıcak suların yüzeye çıkmasına neden olmaktadır. İlıcaköy-1 ve İlıcaköy-2 sıcak su kaynaklarına 29.10.1998 tarihinde M.T.A. tarafından sondaj yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre İlıcaköy-1 sıcak su kaynağında toplam çözünmüş iyon miktarı 4012.1 mg/l , İlıcaköy-2 sıcak su kaynağında ise 4115.21 mg/l 'dir. İlıcaköy-1 sıcak su kaynağının sıcaklığı 54°C , İlıcaköy-2 sıcak su kaynağının sıcaklığı ise 63°C olarak ölçülmüştür. İlıcaköy-1 ve İlıcaköy-2 sıcak su kaynaklarının kalsit ve dolomit minerallerine doygun oldukları belirlenmiştir. Kaynakların çevresinde traverten çökelimi görülmektedir.

Sıcak suların meteorik kökenli oldukları belirlenmiştir. Kaynaklar jeotermal enerji açısından "düşük entalpili jeotermal sistemler" sınıfına girmektedir.

ABSTRACT

In this investigation, İlıcaköy (İkizdere-Rize) hot water springs were studied in view of geology, hydrogeology, hydrogeochemistry, recharge, discharge and origin. In the study area, the oldest rocks are Late Cretaceous İkizdere Granitoid. İkizdere Granitoid is cross cut by dolerit dykes. These units are overlain by talus and alluvial material. The youngest unit is travertine in the area. There are number of faults directed NE-SW, NW-SE and E-W. NW-SE and NE-SW directed faults control İlıcaköy hot water springs to come out to the surface. In 29.10.1998 İlıcaköy-1 and İlıcaköy-2 hot water springs are drilled by M.T.A. Samples of hot waters are analysed by M.T.A. According to the analyse results total dissolved ion matter for İlıcaköy-1 is 4012.1 mg/l and İlıcaköy-2 is 4115.21 mg/l . The temperature of the springs are 54°C and 63°C , respectively. İlıcaköy-1 and İlıcaköy-2 hot

water springs are saturated with calcite and dolomite. Travertine has deposited at the around of the springs. The origin of the hot waters are meteoric. Springs are classified according to geothermal energy “low enthalpy geothermal systems”.

GİRİŞ

Jeotermal sular, ilkçaqlardan beri insanlar tarafından sağlık ve turizm amaçlı kullanılmaktadır. Jeotermal kaynaklar tükenmeyecek, temiz ve yenilenebilir kaynaklar olduğu için 21. yüzyılda önemli bir enerji türü olarak kabul edilmektedir. Bu çalışmada Rize'nin İkizdere İlçesi'nde bulunan 2 adet sıcak su kaynağı jeolojik, tektonik ve hidrojeolojik açıdan incelenmiştir. Kaynaklar, İkizdere Çayı'nın bir kolu olan Cimildere Vadisi'nde bulunmaktadır. İlçe merkezine 7 km, sahile 61 km uzaklıktadır. Rize Meteoroloji Gözlem İstasyonu'nda 1928-1980 yılları arasında ölçülen ortalama yağış ve sıcaklık değerlerine göre sıcaklığın en yüksek olduğu ay 22.4°C ile Ağustos ayı, en düşük olduğu ay ise 6.6°C ile Ocak ayı; yağışın en fazla olduğu ay 267.6 mm ile Ekim ayı, en az olduğu ay ise 102.1 mm ile Nisan ayıdır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Rize Meteoroloji Gözlem İstasyonunda 1928-1980 yılları arasında ölçülen ortalama yağış ve sıcaklık değerleri.

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık
ort.sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)	6,6	6,8	7,9	11,5	15,8	19,9	22,3	22,4	19,6	15,9	12,3	8,6	14,1
ort.yağış (mm.)	247,4	199,4	168,4	102,1	103,2	132,0	144,9	197,9	255,8	267,6	261,8	251,8	2332,2

JEOLOJİ

İkizdere Granitoyidi

Granitoyid granit, alkali feldispat granit, monzogranit ve siyenogranit türünde kayaçlardan oluşmaktadır. Granitoyid arazide pembe, açık gri renkli bir görünümü sahiptir. Oldukça kırıklı bir yapıdadır. Yaygın alterasyon şekli killeşme, serisitleşme ve sislisleşme şeklindedir. İkizdere Granitoyidi'nde 3 yönde gelişmiş çatlak sistemi bulunmaktadır. Kayaçlar çatlak sistemine bağlı olarak arazide büyük bloklar halinde bulunmaktadır.

Dayk

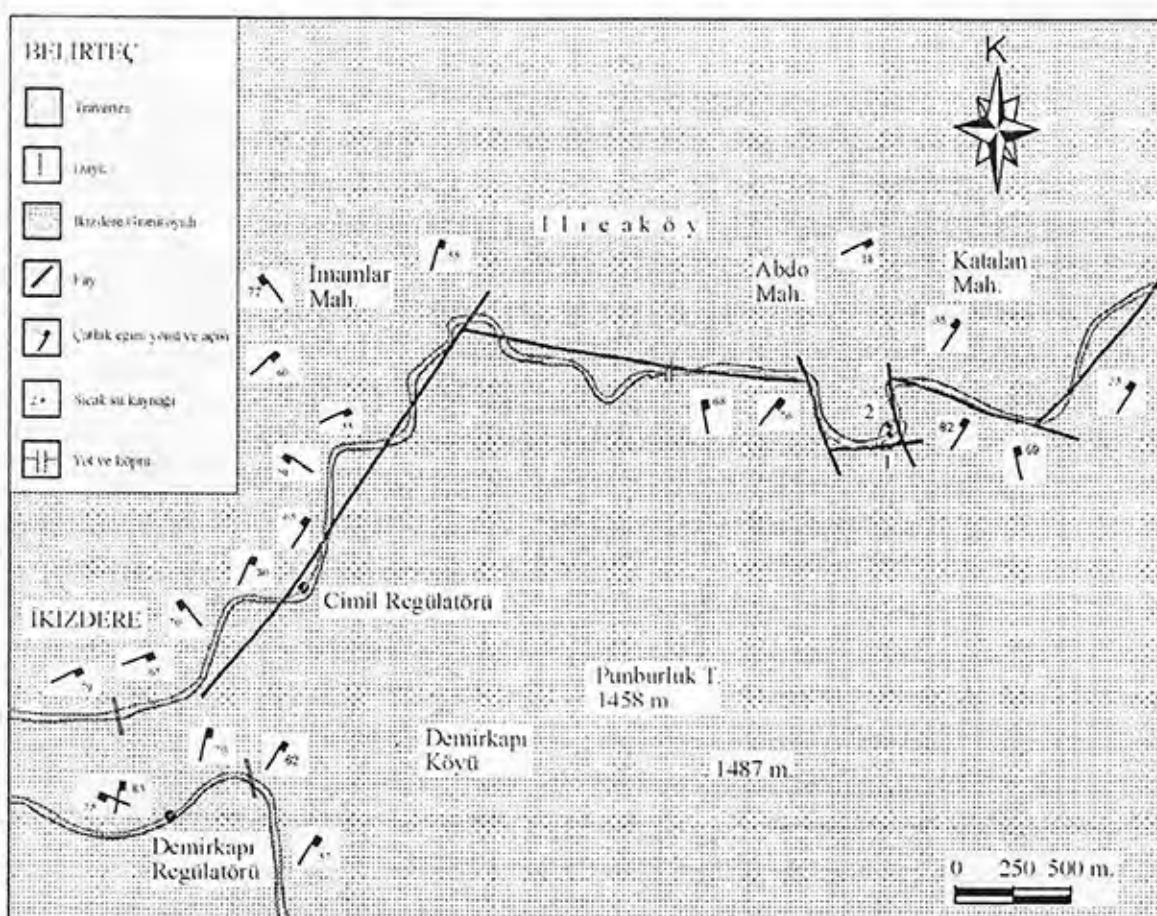
Çalışma alanında İkizdere Granitoyidi dolerit daykları tarafından kesilmektedir. Arazide koyu yeşil, siyahımsı görülen doleritlerin kalınlığı 50-60 cm'ye ulaşmaktadır. Çatlaksız, ayırmamış ve masif bir görünümdedir.

Traverten

İnceleme alanında İlicaköy sıcak su kaynaklarının çevresinde görülen traverten günümüzde oluşumunu sürdürmektedir. Makroskobik olarak incelendiklerinde beyazımsı, sarımsı renkte ve gevşek oldukları görülmektedir.

Alüvyon

Çalışma alanında Cimildere ve İkizdere Çayı Vadileri'nde görülen alüvyon, kilden blok boyuna kadar ayrık malzemeyi içermektedir. Bu elemanların büyük çoğunluğu granitoyitik kayaçlardan oluşmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Bölgenin jeoloji haritası

BÖLGENİN TEKTONİĞİ

Çalışma alanında yüzeylenme veren granitoyitik kayaçlar oldukça çatlıaklı bir görünümü sahiptir. Bu çatlıkların açıklığı 1 mm ile 1 cm ile arasında değişmekte ve hatta bazen 10 cm'ye ulaşmaktadır. Çatlıklar kısmen dolgusuz ve bazen de kıl dolguludur. Killereden

yapılan X-Işınları Kırınımı analizi sonucunda, bunların kaolinit ve illit minerallerinden olduğu belirlenmiştir. Cimildere vadisinde morfolojik yapıdan KD-GB ve D-B doğrultulu 2 olası fay belirlenmiştir. Vadide ayrıca KD-GB, KB-GD ve D-B doğrultulu küçük ölçekli faylar görülmektedir.

SICAK SU KAYNAKLARININ HİDROJEOLOJİSİ

1998 yılında M.T.A. tarafından İlicaköy-1 sıcak su sondajı 40 m derinliğinde, İlicaköy-2 sıcak su sondajı ise 266 m derinliğinde olmak üzere, iki sondaj kuyusu açılmıştır. İlicaköy-1 sıcak su kaynağının debisi 2.5 l/sn, İlicaköy-2 sıcak su kaynağının debisi 6.1 l/sn olarak ölçülmüştür. 21.02.2001 tarihinde kaynakların sıcaklıkları sırasıyla 54 °C ve 63 °C olarak belirlenmiştir.

Sıcak Su Kaynaklarının Sınıflandırılması

İlicaköy-1 ve İlicaköy-2 sıcak su kaynakları boşalım yerlerinin yapısal özelliklerine göre KD-GB ve KB-GD doğrultulu 2 fay boyunca yüzeye çıktııkları için “fay kaynağı” sınıfına girmektedir (Schoeller, 1962).

İlicaköy-1 sıcak su kaynağı 54 °C, İlicaköy-2 sıcak su kaynağı ise 63 °C sıcaklığıdır. Bu değerlere göre kaynak suları “çok sıcak sular” sınıfında yer almaktadır (Schoeller, 1962).

Çizelge 2. Sıcak ve soğuk su kaynaklarının fiziksel özellikleri

Fiziksel özellikler	İlicaköy-1	İlicaköy-2	Cimildere (akış yukarı)	Cimildere (akış aşağı)
Görünüş	Berrak	Berrak	Berrak	Berrak
Renk	Renksiz	Renksiz	Renksiz	Renksiz
Koku	H ₂ S kokulu	H ₂ S kokulu	Kokusuz	Kokusuz
Tad	Ekşimsi	Ekşimsi	Normal	Normal

Sıcak Su Kaynaklarının Fiziko-Kimyasal Özellikleri

İlicaköy-1 ve İlicaköy-2 sıcak su kaynaklarının fiziksel özelliklerine ait bilgiler Çizelge 2'de verilmektedir. 29.10.1998 tarihinde yapılan sıcak suların analiz sonuçlarına göre, İlicaköy-1 sıcak su kaynağına ait toplam anyon ve katyon miktarı 4012.1 mg/l, İlicaköy-2 sıcak su kaynağına ait toplam anyon ve katyon miktarı 4115.21 mg/l olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3. Sıcak ve soğuk su kaynaklarının kimyasal özellikleri

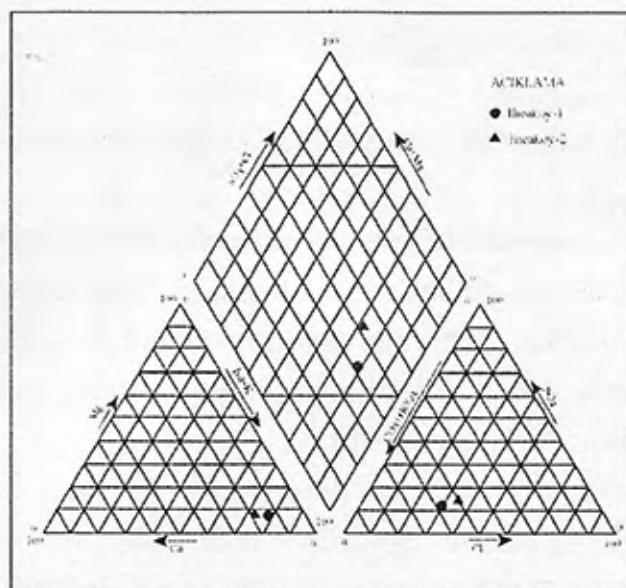
Kimyasal özellikler	İlıcaköy-1	İlıcaköy-2	Cimildere
Na ⁺ (mg/l)	849	940	2,7
Mg ⁺⁺ (mg/l)	48,8	62	2,77
Ca ⁺⁺ (mg/l)	149	83,3	6,47
K ⁺ (mg/l)	157	170	0,62
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	2124	2056	35,9
Cl ⁻ (mg/l)	416	479	0,22
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	259	318	4,84
CO ₃ ²⁻ (mg/l)	< 10	< 10	< 10
B (total)	48	58	< 0,1
Li ⁺	5,57	5,65	
Fe (total)	0,12	0,15	
F ⁻	1,35	0,56	
NO ₃ ⁻	2,38	0,7	< 1
pH	7,41	7,81	6,4
EC (μ mho/cm)	4341,12	4639	55
Fransız sertliği	57,28	46,54	

İlıcaköy-1 kaynağında katyon olarak 849 mg/l değeriyle en fazla Na⁺⁺ iyonu, anyon olarak ise 2124 mg/l değeriyle en fazla HCO₃⁻ iyonu bulunmaktadır. İlıcaköy-2 sıcak su kaynağında katyon olarak 940 mg/l değeriyle en fazla Na⁺⁺ iyonu, anyon olarak ise 2056 mg/l değeriyle en fazla HCO₃⁻ iyonu bulunmaktadır (Çizelge 3).

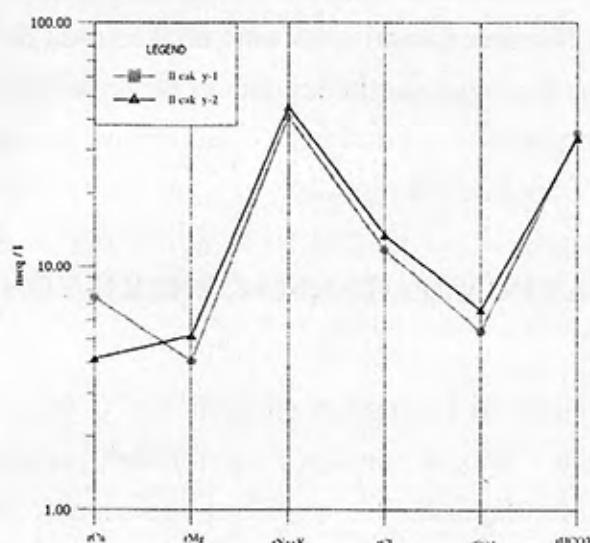
Kimyasal Analiz Sonuçlarının Gösterilmesi

Sıcak su kaynakları ve Cimildere'ye ait soğuk su örneklerinin analiz sonuçları değerlendirilerek Piper Diyagramı ve Schoeller Diyagramı'nda gösterilmiştir (Şekil 2 ve 3). Kimyasal analiz sonuçlarının Schoeller Diyagramı'na aktarılması sonucunda; iyonları birleştiren doğruların paralellik gösterdiği, bunun sonucunda da sıcak suların aynı kökene sahip oldukları belirlenmiştir.

Analiz sonuçlarının Piper Diyagramı'nda gösteriminde; her iki sıcak su kaynağının da “alkalilerin toprak alkalilerden fazla olduğu sular ve zayıf asitlerin kuvvetli asitlerden fazla olduğu sular” sınıfında olduğu görülmektedir.



Şekil 2. Piper Diyagramı



Şekil 3. Schoeller Diyagramı

Sıcak Suların Kalsit ve Dolomit Minerallerine Doygunluğu

Kaynak sularının kalsit mineraline doygunluğunun hesaplanmasıında aşağıdaki ifade kullanılmıştır.

$$S_i = (a\text{Ca}^{++}) \times K_{\text{HCO}_3^-} \times (a\text{HCO}_3^-) / K_{\text{CaCO}_3} \times (a\text{H}^+) \quad (1)$$

$S_i > 1$ olarak hesaplandığı için sıcak sular CaCO_3 'e doygundur. Kaynakların çevresinde traverten çökelimi görülmeli bu doygunluğu doğrulamaktadır.

Kaynak sularının dolomit mineraline doygunluğunun hesaplanması ise aşağıdaki ifade kullanılmıştır.

$$S_i = \{ (Ca^{++}) (Mg^{++}) / K_{CaMg(CO_3)_2} \} \times \{ K_{HCO_3^-} \times (aHCO_3^-) / (aH^+) \}^2 \quad (2)$$

$S_i > 1$ olarak hesaplandığı için sıcak sular $CaMg(CO_3)_2$ 'ye doygundur.

Sıcak su kaynaklarının çevresinde çökelen travertenlerden alınan örneklerin polarizan ve binoküler mikroskopta incelenmesi sonucunda bunların "magnezyumlu kalsit" bileşiminde oldukları belirlenmiştir. Kaynak sularının çevresinde traverten çökelimi meydana gelmesi ve bunların magnezyumlu kalsit bileşiminde olması, sıcak suların kalsit ve dolomit mineraline doygun olmasını doğrulamaktadır.

Sıcak Suların Kökeni

Sıcak su kaynakları "meteorik kökenli kaynaklar" sınıfına girmektedir. Yüzey sularının bir kısmı yerçekimi etkisi ile yeraltına geçerek çatlak, kırık ve fay hatları boyunca derinlere süzülürler. Yüzey suları bu süzülme sırasında jeotermal gradyan'a bağlı olarak ısınırlar. Isınan bu sular yeraltında İkizdere Granitoyidi'nin çatlaklarında depolanmaktadır ve burada bir rezervuar oluşturmaktadır. Bu rezervuarda depolanan sıcak sular faylar ve kayaçtaki kırıklar boyunca yükselerek yeryüzüne çıkmaktadır. Bu olay termosifon prrensibi olarak tanımlanmaktadır.

SICAK SU KAYNAKLARININ JEOTERMAL ENERJİ YÖNÜNDEN İNCELENMESİ

İlıcaköy-1 ve İlıcaköy-2 sıcak su kaynakları sırasıyla $54^{\circ}C$ ve $63^{\circ}C$ sıcaklık değerleri ile akışkanın baskın olduğu "düşük entalpili sistemler" sınıfına girmektedir. Ayder Granitoyidi'nde yapılan sondajlarda 13 m olarak belirlenen jeotermal gradyan değeri (Gürsel, F.1991), aynı özelliklere sahip olması nedeniyle İlıcaköy sıcak su kaynaklarının rezervuar derinliğinin hesaplanması da kullanılmıştır. Buna göre jeotermal gradyan 13 m'de $1^{\circ}C$ 'dir. Rezervuar derinliğinin hesaplanmasıında aşağıdaki formül kullanılmıştır (Erguvanlı ve Yüzer, 1973).

$$D = (K_s - O_s) \times J_g \quad (3)$$

Sıcak suların yeryüzüne ulaştığı derinlik İlıcaköy-1 kaynağı için 573 m ve İlıcaköy-2 kaynağı için 690 m olarak hesaplanmıştır.

Jeotermal sistemlerde rezervuardaki akışkan sıcaklığı silika ve katyon jeotermometreleri ile belirlenmektedir. Katyon jeotermometrelerinde en çok kullanılanlar Na^+ - K^+ ve Na^+ - K^+ - Ca^{++} jeotermometreleridir. Sıcak sularda Na^+ değeri yüksek olduğu için kaynakların rezervuar

sıcaklığının belirlenmesinde $\text{Na}^+ \text{-} \text{K}^+$ jeotermometresi kullanılmıştır. Buna göre rezervuar sıcaklığı;

$$T = 855.6 / \{ 0.857 + \log (\text{Na}^+ + \text{K}^+) \} - 273.15 \quad (4)$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Buradan İlçaköy kaynaklarının rezervuar sıcaklığı 264.96°C olarak belirlenmiştir.

SONUÇLAR

Bu çalışmada İlçaköy (İkizdere-Rize) sıcak su kaynakları jeolojik, hidrojeolojik ve jeotermal açıdan incelenmiştir. Cimildere vadisinde bulunan İlçaköy-1 ve İlçaköy-2 sıcak su kaynaklarına 29.10.1998 tarihinde analiz yaptırılmıştır. İlçaköy-1 kaynağının sıcaklığı 54°C , debisi 2.5 l/sn; İlçaköy-2 kaynağının sıcaklığı 63°C , debisi 6.1 l/sn olarak ölçülmüştür. Kimyasal analiz sonuçlarına göre sıcak sularda bulunan başlıca iyonlar HCO_3^- , Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ , SO_4^{2-} ve Cl^- dir. Kaynaklarda bulunan çözünmüş iyon miktarı sırasıyla 4012.1 mg/l ve 4115.21 mg/l'dir.

Sıcak su kaynaklarının çeşitli amaçlar için kullanılması gündeme getirilmelidir. Kaynaklar balneolojik amaçlı olarak kullanılabilir ve bu şekilde kaplıca turizminin bölgede gelişmesi sağlanabilir. Ayrıca bu sıcak sular, İkizdere İlçesi'nde seracılık amacıyla da kullanılabilir.

KAYNAKLAR

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 1984. Ortalama Ekstrem Sıcaklık ve Yağış Değerleri Bülteni, Ankara.

Fournier, R. O., and Thruessell, A. H., 1972. An empirical Na-K-Ca geothermometer for natural waters. US Geological Survey, USA.

Erguvanlı, K. ve Yüzer, E., 1973, Yer altı Suları Jeolojisi, Sayı 967, İstanbul.

Gürsel, F., 1991. Ayder (Çamlıhemşin-Rize) ve çevresinin jeotermal enerji yönünden incelenmesi. KTÜ, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.

Schoeller, H., 1962. Les Aus Souterraines, Mason et Cie Etiturs. 120 Boulevard Saint German, Paris.

TSE, Termal Kaynaklar-Sınıflandırma, Türk Standartları Enstitütüsü. Ankara.

**MİLLÎ KOMİTEMİZ YÖNETİM KURULU BAŞKANI
PROF.DR. ERDOĞAN YÜZER'İN G. AFRİKA'DA YAPILAN ULUSLARARASI IAEG
KONGRESİNİN ÖDÜL TÖRENİNDE YAPTIĞI KONUŞMA**

Sayın Başkan, Saygideğer Delegeler,

Türkiye Mühendislik Jeolojisi Grubu (National Engineering Geology Group of Turkey) adına hepini saygı ile selamlıyorum. Mühendislik Jeolojisi uygulamaları ülkemizde 1950'li yıllarda itibaren başlamıştır. İlk Jeoloji Mühendisliği Bölümü 1960 yılında kuruldu. Türkiye'nin mevcut 80 üniversitesinden halen 24'ünde Jeoloji Mühendisliği öğretimi yapılmaktadır.

Grubumuzun kurucusu merhum Prof. Dr. Kemal ERGUANLI 1964 yılında Yeni Delhi-Hindistan'da toplanan 22. Uluslararası Jeoloji Kongresi'nde ilk tohumları atılan IAEG'nin 'Fikir projesi' üreticileri arasında yer almıştır. Aralık 1967'de kurulan IAEG'nin 23 Aralık 1968 Prag'da düzenlenen ilk genel kurulunda, Eylül 1970'de Paris'te yapılan 1. kongresi ve Ağustos 1974'de Sal-Paulo'da düzenlenen 2. kongresinde ve bundan sonraki bilimsel etkinliklerin hemen tümünde kendisi hazır bulunmuştur. Ülkemizde Mühendislik Jeolojisi konusunda ulusal bir grup oluşturma çalışmaları da 1970'li yılların başında yine Prof. Dr. ERGUANLI tarafından başlatılmış ve 1976 yılında sonuçlandırılmıştır. 1989 yılında vefat eden Prof. Dr. ERGUANLI'nın adına ödül düzenlenen merhum Dr. Richird WOLTERS ile yakın dostlukları uzun yıllar sürmüştür.

Türkiye'de halen sayıları 10 bine yaklaşan jeoloji mühendislerinin iş bulup çalışanlarının yaklaşık yarısı, mühendislik jeolojisi alanında çalışmaktadır. Bunların yaklaşık %25 kadarında bayan jeoloji mühendisidir. Gerek toplam jeoloji mühendisi sayısı, gerekse bunların içindeki bayan jeoloji mühendisi oranı açısından bu miktarlar Avrupa'da, hatta dünyada ilk sıraları almaktadır.

Bugün Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Birliğinin (IAEG) tevcih ettiği 'Richird WOLTERS Prize' ni almaya mazhar olan Dr. Atiye TUĞRUL dünyada Mühendislik Jeolojisi Birliğinin doğduğu yıllarda doğmuş, onunla yaşıt bir meslektaşımızdır. Birliğe ve kendisine başarılı uzun yıllar diliyoruz. Bu vesile ile Mühendislik Jeolojisine çok değerli katkılar sağlayan Dr. Richird WOLTERS'i saygı ile anıyorum.

IAEG bu ödülü bir bayan mühendislik jeologu'na vermekle aynı zamanda, çağdaş ve laik Türkiye Cumhuriyeti'ndeki mühendislik jeolojisi eğitimini ve meslegenide ödüllendirmiştir. Bu anlamda IAEG yönetim kuruluna takdirlerinden dolayı en derin şükranlarımı sunuyorum.

Konuşmamın sonunda bu ödül nedeni ile duyduğumuz gururu bir kez daha vurgularken, ilkini 1981 yılında "Engineering Geological Problems of Construction on Soluble Rocks" konusunda düzenlediğimiz uluslararası sempozyumun ikincisi, gelecek yıl 15-18 Eylül 2003 tarihlerinde İstanbul'da düzenlenecektir. "Industrial Minerals and Building Stones, IMBS 2003" konusundaki bu Sempozyumunda sizleri İstanbul'da ağırlamaktan büyük mutluluk duyacağımızı bilgilerinize saygı ile sunarım.

DR. ATİYE TUĞRUL'UN G. AFRİKA'DA YAPILAN ULUSLARARASI IAEG KONGRESİNDE ÖDÜLÜNÜ ALIRKEN YAPTIĞI KONUŞMA

Sayın Başkan, Değerli Yönetim Kurulu Üyeleri, Saygideğer Delegeler,

Richird Wolter's ödülünü almaktan dolayı onur duyduğum ve çok mutlu oldum. Bu ödüle layık görülmemden dolayı IAEG Yönetim Kurulu üyelerine en derin saygı ve şükranlarımı sunarım. Ayrıca, bu ödül için beni öneren Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Yönetim Kurulu'na, bilimsel araştırmalarım için ortam hazırlayan İstanbul Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'ne, bilimsel ve meslek yaşamına önemli katkıları olmuş kişilere ve kendilerine ayırmam gerekliliği zamanı bilimsel çalışmalarına ayırdığım için özveri gösteren aileme ve özellikle eşime en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tarih boyunca var olan uygarlıkların tümünde kanıtlandığı gibi, taş insanlığında en güvenilir bir araç olarak kullanılmıştır. Barınmadan, geçmişe ait mesaj vermeye kadar bu malzemeye olan güven süregelmiştir. Günümüzde kullanım alanı çeşitlenerek artan ve gelişen taş endüstrisinin önemi tartışılamayacak kadar açıktır. Nitekim gelecek yıl İstanbul'da ev sahibi olacağımız IMBS 2003 Sempozyumu'nun ana temasıda yapışalarıdır. Agregalar ile yapışları ve bunların tarihi eserlerde kullanılması ve bozunmalarını bugüne kadar olan akademik çalışmalarına konu olarak seçtim. Bu konuyu gerek Türkiye'de, gerekse de IAEG nin yaptığı toplantılarında gündeme getirmeye çalıştım. Bu gayretlerimin IAEG yönetim kurulu tarafından takdir edilerek Richird Wolter's ödülüne layık görülmem, bana özellikle bir kadın mühendislik jeoloğu olarak ayrı bir ivme kazandıracaktır.

Richird Wolter's adına verilen bu ödülü almaktan ötürü duyduğum sevinci ve onuru bir kez daha vurgulamak isterim. Bu vesile ile adına ödül konulan merhum Dr. Richird Wolter'sı derin saygıyla anar, IAEG yönetim kurulu ve tüm delegelere en içten teşekkürlerimi sunarım.

**ULUSLARARASI MÜHENDİSLİK JEOLOJİSİ TÜRK MİLLİ KOMİTESİ
2003 YILI AKTİF ÜYELERİ**

Prof. Dr. Erdoğan Yüzer
İstanbul Teknik Üniversitesi
Maden Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
80 626 Maslak İSTANBUL

Prof. Dr. Okay Eroskay
Kültür Üniversitesi
Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dekanı
E-5 Karayolu Üzeri
34510 Şirinevler İSTANBUL

Prof. Dr. Aziz Ertunç
Süleyman Demirel Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi Dekanı
ISPARTA

Behiç Çongar
SİAL
Farabi Sok. No:20/14
06 680 Kavaklıdere ANKARA
80626 Maslak İSTANBUL

Doç. Dr. Ali Malik Gözübol
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
34 850 Avcılar İSTANBUL

Prof. Dr. Remzi Dilek
Karadeniz Teknik Üniversitesi
Mühendislik Mimarlık Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
61080 TRABZON

Prof. Dr. Vedat Doyuran
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Mühendislik Fakultesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
06531 Eskişehir Yolu ANKARA

Prof. Dr. Okay Gürpınar
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
34 850 Avcılar İSTANBUL

Prof. Dr. Needet Türk
Dokuz Eylül Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
35100 Bornova İZMİR

Prof. Dr. Mahir Vardar
İstanbul Teknik Üniversitesi
Maden Fakültesi Dekanı
80626 Maslak İSTANBUL

Prof. Dr. Mustafa Erdoğan
İstanbul Teknik Üniversitesi
Maden Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü

Erman Aşçıoğlu
ERA Jeoloji Jeoteknik Hiz. Ltd. Şti
Abidin Daver Sokak No:25/1
06690 Çankaya ANKARA

İller Bankası Genel Müdürlüğü
Araştırma Plan ve Koordinasyon
Dairesi Başkanlığı
Atatürk Bulvarı No:21
06053 Ulus ANKARA

TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası
P.K.464
06444 Kızılay ANKARA

Dr. Erdal Şekercioğlu
Akpinar İnşaat
Güneş Sokak No:31
Kavaklıdere ANKARA

Saim Kale
SIAL
Farabi Sok. No:20/14
06 680 Kavaklıdere ANKARA

Dinçer Köksal
Perçem Sok. Arca Apt. No:23 /13
81040 Göztepe İSTANBUL

Afet İşleri Genel Müdürlüğü
06520 Lodumlu ANKARA

Doç. Dr. Süleyman Dalgaç
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
34 850 Avcılar İSTANBUL

Doç. Dr. Halil Kumsar
Pamukkale Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Kınıklı DENİZLİ

Prof. Dr. Akın Önalp
Sakarya Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
54040 Esentepe Kampüsü ADAPAZARI

Araş.Gör. Hidayet Tağa
Mersin Üniversitesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
MERSİN

Prof. Dr. Remzi Karagüzel
Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü
32100 ISPARTA

Tanju Köken
İnönü Cad.
Tataroğlu Apt. No:7/10
Sahrayı Cedit İSTANBUL

Saydun Altuğ
Müşavir
Berke Barajı P.K.2
Düzici OSMANIYE

Prof. Dr. Feyza Çinicioğlu
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
34 850 Avcılar İSTANBUL

Yard. Doç. Dr. Özkan Coruk
Kocaeli Üniversitesi
Mühendislik Mimarlık Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
KOCAELİ

Dr. Ayhan Koçbay
Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
Yeraltı Suları ve Jeoteknik
Daire Başkanlığı
ANKARA

Yard. Doç. Dr. Zülfü Gürocak
Fırat Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
ELAZIĞ

Araş.Gör.Burak Kılanç
İstanbul Kültür Üniversitesi
Mühendislik Mimarlık Fakültesi
34510 Şirinevler İSTANBUL

Dr. Hasan Baykal
DSİ 2. Bölge Müdürlüğü
Planlama Şube Müdürü
35100 Bornova İZMİR

Prof. Dr. Hasan Tosun
Osman Gazi Üniversitesi
Mühendislik Mimarlık Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Batımeşe ESKİŞEHİR

Prof. Dr. Hüseyin Gökçekuş
Yakın Doğu Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
P.O. Box 670
Lefkoşa KKTC

Prof. Dr. Fikri Bulut
Karadeniz Teknik Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Dekan Yardımcısı
GÜMÜŞHANE

Doç. Dr. Mehmet Çelik
Ankara Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
06100 Tandoğan ANKARA

Dr. Orhan Şimşek
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
34850 Avcılar İSTANBUL

Araş.Gör. Turgay Beyaz
Pamukkale Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Kınıklı DENİZLİ

Yard. Doç. Dr. Feda Aral
Trakya Üniversitesi
Çorlu Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
ÇORLU

Aytaç Dığış
Gazi Muhtar Paşa Sok. No:7/13
81040 Kadıköy İSTANBUL
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
34850 Avcılar İSTANBUL

Yard. Doç. Dr. İ. Halil Zarif
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Doç. Dr. Tamer Topal
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
06520 Eskişehir Yolu ANKARA

Araş. Gör. Mustafa Korkanç
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
34850 Avcılar İSTANBUL

Prof. Dr. Can Ayday
Anadolu Üniversitesi
Ytdü ve Uzay Bilimleri
Araştırma Enstitüsü
2600 ESKİŞEHİR

Araş. Gör. Ömer ÜNDÜL
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
34850 Avcılar İSTANBUL

Prof. Dr. Ergin Arıoğlu
Yapı Merkezi
Hacı Reşit Paşa Sok. No: 7 Blok A
Çamlıca İSTANBUL

Doç. Dr. Mehmet Yalçın Koca
Dokuz Eylül Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
35100 Bornova İZMİR

Prof. Dr. Reşat Ulusay
Hacettepe Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
06532 Beytepe ANKARA

Prof. Dr. Recep Kılıç
Ankara Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
06100 Tandoğan ANKARA

Doç. Dr. Atiye Tuğrul
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
34840 Avcılar İSTANBUL

Prof. Dr. Mustafa Yıldırım
Yıldız Teknik Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Beşiktaş İSTANBUL

Prof. Dr. Şakir Şimşek
Hacettepe Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Hidrojeoloji Bölümü
06532 Beytepe ANKARA

Doç. Dr. Candan Gökçeoğlu
Hacettepe Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
06532 Beytepe ANKARA

Araş Gör. Ahmet Özbek
Mersin Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Çiftlikköy Kampüsü MERSİN

Yard. Doç. Dr. Sedat Türkmen
Mersin Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Çiftlikköy Kampüsü MERSİN

Prof. Dr. Nail Ünsal
Gazi Üniversitesi
Mühendislik Mimarlık Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Maltepe ANKARA

Araş. Gör. İbrahim Çobanoğlu
Çukurova Üniversitesi
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Balcalı Kampüsü
01330 ADANA

Yard. Doç. Dr. Ersin Arel
Sakarya Üniversitesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Esentepe Kampüsü
54040 ADAPAZARI

Haluk Atasoy
Bosna Bulvarı
Çamlıca İlke İki Sitesi
No: 12/14 B. Çamlıca
İSTANBUL

Araş Gör. Cumhur Karaca
Mersin Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Çiftlikköy Kampüsü MERSİN

Prof. Dr. Nurkan Karahanoglu
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
06520 Eskişehir Yolu ANKARA

Abdullah Daştan
Bakırköy Belediyesi
Bakırköy İSTANBUL

Mahir Yazgaç
Sedat Simavi Sokak
MESA 5. Blok 39/16
Çankaya ANKARA

Ertan Mert
Kocaeli Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Veziroğlu Kampüsü KOCAELİ

Cihangir Özer
MTA Marmara Bölge Müdürlüğü
Rahmiye Köyü
Aslanbey KOCAELİ

YAZIM KURALLARI

* Uluslararası Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni, Uygulamalı Jeoloji'nin değişik alanları ile ilgili, özgün sonuçları olan makaleleri kabul eder.

* Makaleler; şekil, çizelge, levha ve fotoğraflar dahil olmak üzere en fazla 15 sayfa olacak şekilde A4 kağıdın bir yüzüne, alt üst ve yanlarında 2.5 cm boşluk bırakılarak, 1.5 satır araklı, Times New Roman fontunda 12 punto büyülüğünde yazılmalıdır.

* Makaleler, Türkçe ve ingilizce başlık, Yazar(lar)ın adı soyadı ve adresi, Öz, *Abstract*, Giriş, bölümler ve alt bölümler, Sonuçlar ve/veya Tartışmalar, Katkı Belirtme ve Kaynaklar sırasına uygun olarak düzenlenmelidir.

* Öz ve *Abstract* makalenin tümünü yansıtır nitelikte ve kısa olmalı, ayrıca sayısı beşi geçmeyen Anahtar Kelimeler (*Key Words*) de Öz ve *Abstract*'ın hemen altında verilmelidir.

* Kaynaklara metin içerisinde yazarın soyadı ve yayın tarihi belirtilerek aşağıdaki örneklerde benzer şekilde atıfta bulunulmalıdır.

.....Ketin ve Canitez (1972).....

.....bazı araştırmacılar (Bieniański, 1989; Barton, 2002).....

* Kaynaklar alfabetik sıraya göre aşağıda belirtilen formatlara göre verilmelidir.

Makale:

Soyadı, A., Tarih. Makalenin başlığı. Derginin açık adı, sayı, başlangıç ve bitiş sayfaları.

Kitap:

Soyadı, A., Tarih. Kitabın adı. Basımevi, basıldığı kentin adı, sayfa sayısı.

Rapor ve tez:

Soyadı, A., Tarih. Rapor veya tezin başlığı. Kuruluş veya Üniversite adı, sayfa sayısı (yayınlanıp yayınlanmadığı).

Not: Tüm kaynaklarda ilk satırdan sonraki satırlar 5 harf içерden başlanarak yazılmalıdır.

* Şekil, çizelge, levha ve fotoğraflar A4 boyutunda kağıda basılmalı ve en büyük boyutu 15x25 cm olmalıdır. Şekillerin çizgi ve yazıları net ve okunaklı olmalıdır. Şekil, çizelge ve fotoğraflarla ilgili tüm açıklamalar Türkçe ve İngilizce olarak ayrı ayrı listeler halinde metnin arkasında ayrı sayfalar halinde verilmelidir. Fotoğraflarda şekil olarak düşünülmeli ve sırayla numaralandırılmalıdır.

* Makaleler, biri orjinal olmak üzere üç nüsha halinde Bülten'in Editörlüğü'ne gönderilmelidir.

* Makaleler yayına kabul edildikten sonra, yazarlar tarafından metinle birlikte şekil ve çizelgeler diskete veya CD'ye yüklenerek makalenin bir adet orijinal çıktısıyla birlikte Editörlüğe gönderilmelidir. Bülten'de basılacak her makalenin dizgesi ilgili matbaa tarafından yazarlarca gönderilecek disket veya CD kullanılarak yapılacaktır.