



GEREDE-KAVACIK BÖLGESİ BAZALTLARININ ENDÜSTRİYEL KULLANIMI AÇISINDAN UYGUNLUĞUNUN BELİRLENMESİ

Taşkın Deniz YILDIZ^{1*}, Ali Haydar GÜLTEKİN², Şenel ÖZDAMAR²

¹ Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Adana.

² İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Anahtar Kelimeler	Öz
<i>Agrega, Balast, Bazalt, Fizikomekanik, Jeokimya, Kaya Yünü.</i>	<p>Bu çalışmada, Ankara-Bolu arasında, Galatya Volkanik Bölgesi olarak adlandırılan volkanik kayaların bir parçasını oluşturan Bolu-Gerede Kavacık sahası baz alınarak bölge bazaltlarının endüstriyel kullanım alanlarına uygunluğu araştırılmıştır. Laboratuvar çalışmalarında, arazi çalışmaları kapsamında uygun görülen lokasyonlardan alınan numuneler üzerinde iki aşamalı çalışma yapılmıştır. İlk aşamada örneklerin mineralojik ve petrografik analizleri yapılmıştır. Numunelerin makroskopik özelliklerinden, renk, yapı ve doku, ayrışma, sertlik, ayrışma özelliği, cila kabulü ve asitte çözünürlük özellikleri belirlenmiştir. Mikroskopik özelliklerinden mineral içerikleri, yapı, doku, granüler dağılımları belirlenmiştir. Bu analiz sonuçları jeokimyasal analiz sonuçlarıyla birlikte değerlendirilmiştir. İkinci aşamadaysa numunelerin fizikomekanik özelliklerinden yoğunluk, kuru birim ağırlıkları, ağırlıkça-hacimce su emme, gözeneklilik, dona dayanıklılık, metilen mavisi, tek eksenli basınç dayanımı testleri yapılmıştır. Çıkan sonuçlara göre Gerede-Kavacık bazaltları belli şartlarda, doğal taş haliyle deniz dolgusunda (bloktaş olarak), anroşman inşaatında ve benzeri işlerde, kaplama taşı ve doğal yapıtaşı olarak, ya da taban döşemesinde, dış cephe kaplamasında, ve kaya yünü olarak kullanıma uygundur.</p>

DETERMINATION OF SUITABILITY FOR INDUSTRIAL USE OF BASALTS IN THE GEREDE-KAVACIK REGION

Keywords	Abstract
<i>Aggregate, Ballast, Basalt, Geochemistry, Physicomechanics, Rock Wool.</i>	<p>In this study, based on Bolu-Gerede Kavacık site which forms a part of volcanics called Galatia Volcanic Complex between Ankara-Bolu, the suitability of basalts in the region to the industrial use areas was investigated. In the laboratory studies, a two-stage study was conducted on samples taken from locations considered appropriate in the scope of field studies. In the first stage, mineralogical and petrographic analyses of the samples were conducted. From the macroscopic properties of the samples, color, structure and texture, weathering, hardness, weathering property, polish acceptance and acid solubility were determined. Mineral contents, structure and texture, and granulations were determined from the microscopic characteristics. The results of this analysis were evaluated together with geochemical analysis results. In the second stage, density, dry unit weights, water absorption by weight-volume, porosity, frost resistance, methylene blue, and uniaxial compressive strength tests were conducted from the physico-mechanical characteristics of the samples. According to the results, Gerede-Kavacık basalts are suitable for use on a certain scale as block-stone in sea embankment with its natural stone state, as facing stone and natural building stones in riprap construction and so forth, or in base slab, in siding, and as rock wool.</p>

Alıntı / Cite

Yıldız, T.D., Gültekin, A.H., Özdamar, Ş., (2022). Gerede-Kavacık Bazaltlarının Endüstriyel Kullanım Alanlarına Uygunluğu, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 10(1), 7-27.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process	
T.D. Yıldız, 0000-0003-4043-2257	Başvuru Tarihi / Submission Date	27.05.2021
A.H. Gültekin, 0000-0002-4423-9385	Revizyon Tarihi / Revision Date	25.10.2021
Ş. Özdamar, 0000-0002-4706-8585	Kabul Tarihi / Accepted Date	08.11.2021
	Yayın Tarihi / Published Date	23.03.2022

1. Giriş (Introduction)

Yeraltı zenginliklerinin ortaya çıkarılmasının ulusal ekonomilere ve toplumsal refaha yapabileceği katkısı ve önemi her geçen gün artmaktadır. Bu katkı, madenlerin bilimsel anlamda anlaşılması ile doğrudan ilişkilidir. Dünyada hacimsel olarak en çok doğaltaş üretimi yapılmaktadır. Doğaltaşlar içerisinde de en çok üretilenlerinden biri bazaltlardır.

Teknolojideki gelişmelerin etkisiyle bazaltların önemi artmış, bir endüstriyel hammadde olarak bazaltın fizikomekanik özelliklerinin belirlenmesi sayesinde, tarihsel süreç içerisinde kullanım alanlarının araştırılmasına, bir yapı taşı olarak günümüz uygulamalarında geçirdiği süreçlerin incelenerek yeni üretim çalışmalarının gerçekleştirilmesine olanak sağlanmıştır (Halifeoğlu ve Dalkılıç, 2002). Yapılarda kullanılan taş malzemelerde, mukavemet, atmosfer etkilerine dayanıklılık ve estetik gibi özellikler aranır. Bazik kayaç grubu içinde yer alan bazaltlar, diğer karbonat grubu mermerlere kıyasla daha serttir, aşınma ve asite karşı dayanımlıdır. Kesilebilir olması ve iyi cila kabul eden, koyu renkli albenisi gibi nitelikleriyle genişçe kullanım alanlarına sahiptir (Uz, 1990). Bazaltların endüstriyel kullanım alanları şöyledir:

- (Siyah granit) Mermer, küp taş ve parke, dekoratif kaplama (Uz vd., 2001; Yaşar ve Erdoğan, 2001; Yüzer vd., 2006; Kulaksız, 2007; Yüzer, 2008; Koçak, 2011),
- Balast malzemesi olarak demiryolu hatlarının yapımında (Koralay vd, 2014),
- Kırma taş (agrega) olarak betonda (Uz, 1999; Çağlayan vd., 1999; Öztürk vd., 2003; Karadağ, 2008; Yıldırım vd., 2008; Koçak, 2011; Kılıç vd., 2015; Kahraman ve Kılıç, 2016; Taşdemir, 2016; TS EN 206, 2014),
- Binalarda yapı taşı (Korkanç ve Tuğrul, 2001),
- Otoyollarda asfalt malzemesi (Aksoy, 1999; Gökalp vd., 2018),
- Bazaltik cürufların (gözenekli bazaltların) kaba ve ince sıvada kullanımları (Kulaksız, 2017),
- Çatılarda ısı izolasyonunda doğal halde bazaltik cüruflar (Kulaksız, 2017),
- Hafif beton elemanlarının üretiminde (Kulaksız, 2017),
- Kaya yünü üretiminde (Kuşoğlu vd., 2012),
- Çimento sektöründe altere bazaltların tras olarak kullanımları (Kulaksız, 2017).

Bazalt yeryüzünde sıklıkla rastlanan volkanik kayaçlardan birisidir (Erkan, 2013). Sağlam, estetik, alternatiflerde üstün özellikleri bazaltların ilk tercih edilen kayaçlardan biri olmasını sağlamıştır. Bazaltlar, sert, dayanıklı, bünyesinde serbest silis içermemesi ve kir götüren özelliklerine dayalı olarak doğal taş amaçlı, 2(b) maden grubu kapsamında hakiki mermer ile diğer doğal taşların kullanıldığı alanlarda değerlendirilebilmektedir. (Bazaltlar özelliklerine göre 2(a) ve 2(b) maden grubunda yer alır (3213 sayılı Maden Kanunu, m.2; Yıldız, 2019). Bazaltların 2(b) grubu kapsamında değerlendirilmesinde öne çıkan bazı özellikler için bakınız (Akbulut vd., 2016)). 2(b) grubu kapsamında doğal taş olarak, binaların iç ve dış mekanlarında, meydan, yol ve patika döşemelerinde kullanılabilir. Bazaltın doğal taş olarak kullanılabilmesinde en önemli şart, akma yapısına dayalı olarak blok verebilmesidir. Çok kırıklı, fay zonlarında bulunan bazaltlar daha çok agregamıçır için uygundur (Akbulut vd., 2016). Bazaltların (kaya yünü gibi) bir endüstriyel hammadde veya (mermer, agregamıçır gibi) yapı malzemesi olarak da kullanım alanları geniştir.

Bazalt, kaya yünü üretiminde kullanılan kayaçların en önemlisidir. Bazalt yünü, bazalt kayacının ~1600°C'de ergitilmesi suretiyle katkı maddeleriyle birleştirilerek, veya doğrudan katkı maddesi olmaksızın işleme tabi tutularak elde edilir. Bazalt yünü, mükemmel ısı ve yüksek elastisite dayanımıyla, ses yalıtma özelliğiyle, asitlere ve alkalilere dayanımıyla, düşük maliyetli ve sağlıklı olması sayesinde birçok alanda kullanılmaktadır (Patnaik, 2009). Bazaltların, yapısal yönden aşınmalara, iklim özelliklerine ve zamana karşı son derece dayanıklı olması; iç

ve dış mekanların cephe ve zemin kaplamalarında, mimari projelerde oldukça fazla kullanılmasını sağlamıştır. Cam seramik ve mineral tabanlı yalıtım sistemlerinde, ev ısıtmalarında, şehirlerarası yollarda, kaldırımlarda, tretuarlarda, bahçe dekorasyonlarında ve mimari yapıların hemen her alanında ekonomik öneme sahiptir. Bunların yanı sıra bazalttan elde edilen kaya yününün, gemi ve denizlerde inşa edilen yapıların duvar yalıtımında ve döşeme işlerinde, kazan dairelerinde, klima, baca malzemeleri ve kanallarında, tank depolarında, yangın çıkış kapılarında, duvar modüllerinde, ve tavan izolasyonlarında kullanılıyor olması bazaltların ekonomiklik alanını genişletmektedir (Mercan Madencilik, 2018). Ayrıca kaya yününden elde edilen yapı malzemeleri son zamanlarda kirşilerde demir yerine kullanılmakta ve oldukça iyi sonuçlar elde edilmektedir (Kuşoğlu vd., 2012). Yüksek dayanımı, hafifliği, manyetik olmaması, korozyonsuz olması ve iyi metal mukavemeti göstermesi en önemli özelliklerindedir (Patnaik, 2009). Türkiye’de bazalt yayılımı çok fazla olmasına karşın halen Gebze, Ankara (Sincan ve Polatlı), Kayseri ve Eskişehir’deki fabrikalarda kaya yünü üretimi yapılmaktadır (Kuşoğlu vd., 2012). Ayrıca Sakarya’da da bir kaya yünü fabrikası açılmıştır.

Fizikomekanik olarak bazalt özellikleri göz önüne alındığında, kırmataş olarak bazaltlar değişik oranlarda agrega olarak kullanılarak beton bileşimlerine de katılabilmektedir (Mercan Madencilik, 2018). Bazalt agregaları, dünya genelinde demiryolu bazaltından ziyade yüksek mukavemetli beton üretimlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Karadağ, 2008; Yıldırım vd., 2008). Bu konudaki araştırmalar, bazaltların dayanımlı olmaları sebebiyle betonun kalitesini ve dayanımını yükselttiğini ortaya çıkarmıştır (Tasong vd., 1998; Özturan ve Çeçen, 1997). Ancak ülkemizde ise bazaltlar, hem agrega, hem de yapı ve kaplama malzemesi olarak halen yeterli düzeyde kullanıma sahip değildir (Korkanç ve Tuğrul, 2003). Halbuki bazaltların kırmataş olarak binalarda ve yol yapılarında kullanılmasının kaliteyi ve dayanımı arttırdığı, örneğin basınç dayanımını 200-250 MPa yükselttiği yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır (Uz, 1999). Kırmataş, özellikle çimento fabrikalarının ana hammaddesi olarak, ayrıca kırma-eleme işlemleri sonrasında farklı boyutlarda mıcır şeklinde -özellikle inşaat sektörüne uygun olmak kaydıyla- farklı sektörlerin kullanımı için hazırlanmaktadır. Kırmataş, yol yapımı, asfalt, hazır beton, balast, dolgu, dış sıva gibi işlerde kullanılmaktadır (Aksoy, 1999; Gökalp vd., 2016; Uz ve Gökalp, 2017; Gökalp ve Uz, 2020). Spilitik bazalt diye adlandırılan bazalt, yol gövde dolgusu ve stabilize yol yapımı gibi alanlarda değerlendirilebilmektedir (Akbulut vd., 2016).

Bazaltların ince taneli sık dokulu olanları pratik olarak bozuşmaya karşı hava ve su geçirmez “sağlam kaya” olarak adlandırılmaktadır. Aslında yol malzemesi ve harç için kalite standartlarına uygundur. Bazalt, kuvarşın yokluğuna ya da çok az bulunmasına karşın çok sert bir kayadır. Bazaltın, kumtaşı ve granit benzeri kayalara kıyasla makinalarda aşındırıcılığı düşük düzeydedir. Diğer agregalara kıyasla daha dayanıklıdır ve dirençlidir. İzolasyonda süreklilik ve kalıcılık özelliğine sahiptir (Keskin ve Kılıç, 2003; Kulaksız, 2017). Bazaltın son derece sert bir malzeme olması, sertliğinin ve kayganlaşmayan yüzeyinin olması sayesinde dış mekanlar için son derece kullanışlı bir malzeme olarak bazaltın bordür ve kaldırım taşı gibi malzemelerin yapımında kullanılmasını sağlamıştır. Ayrıca bu özellikleri, araç yollarında da kullanılmasına olanak sağlamıştır. Çok yüksek dayanımı sayesinde bazalt kalabalık caddelerin kaldırımları için ve hatta otoyollarda kaplandıktan sonra yıllar boyu tekrar bakım gerektirmeden kullanılabilir (Kaygısız, 2010). Homojen yapısı sayesinde bazalt, düzgün kırılma yüzeyleri vermesi yönüyle yapıtaşları açısından bilhassa yaya yollarının döşenmesinde zar taşı olarak üretiminde aranılan bir kayadır (DPT, 2001). Bazaltların bir diğer özelliğiyse, gazların çıkış yaptığı düşey eksenli boyunca bir kırılma kolaylığı kazanmalarıdır. Delikler bulunmuş olsun ya da olmasın, yayılma yüzeyinin dikine doğru bazalt bloğuna çekiç ile vurulduğu zaman, gazın çıktığı eksenli boyunca bazaltın düz yüzey ile parçalandığı görülecektir. Bu özelliği dikkate alınarak bazaltlardan parke üretiminde oldukça yararlanılmaktadır (Önem, 1997).

Bazalt yataklarının özelliklerinin belirlenerek hangi alanlarda kullanımının uygun olduğunun saptanması gerekmektedir (Deniz vd., 2017). Türkiye’de özellikle İç Anadolu Bölgesi’nde bazalt talebinde ve üretiminde büyük bir artış gözlenmektedir (Mercan Madencilik, 2018). Artan bu talep de dikkate alınarak bölgede yeni bazalt sahalarının, bazaltların endüstriyel kullanım türlerine göre uygunluklarının tespiti önem arz etmektedir. Galatya Volkanik Bölgesi’nin (GVB) endüstriyel hammaddeler yönüyle incelendiği çalışmalar belirgin şekilde ön plana çıkmaktadır. (GVB içinde yer alıp almadığına bakılmaksızın, bazaltların ve volkanik kökenli kayaların ekonomik önemlerini göstermesi dikkate alınarak, bu konuda dikkat çeken bazı literatür çalışmaları için bakınız (Acar vd., 2004; Aral, 2004; Atasoy, 2003; Çelikaş vd., 2017; Deniz ve Kadioğlu, 2012; Deniz vd., 2017; Kaygısız, 2010; Keskin ve Kılıç, 2003; Kibici vd., 2012; Koçak, 2011; Koralay vd., 2014; Korkanç ve Tuğrul, 2001; 2006; 2017; Kulaksız, 2007; 2017; Kulaksız vd., 2006; Toygar Sağın ve Karaoğlu, 2018; Uz, 1999; Uz vd., 2001)). Bu durum, Bolu-Gerede Kavacık Köyü ve civarı olarak belirlenen inceleme alanının ilçe merkezlerine kısmen yakın uzaklıkta bulunması dikkate alınarak, bölgede bolca bulunan bazaltların endüstriyel kullanım alanlarına göre asgari kalite ölçütlerinin araştırmaları ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır.

Türkiye’nin ana tektonik zonlarından Sakarya zonu içinde kalan GVB, Bolu-Ilgaz-Ayaş üçgeni arasında kabaca 15000 km²’lik bir alanda yayılım gösterir. Bölgede volkanosedimenterlerle farklı geçişlerde izlenen bazalt, trakibazalt, trakiandezit, trakit, andezit ve dasittik türde alkali ve kalkalkali karakter gösteren kayalar başlıca

volkanik kayalardır. Bazaltların son yıllarda balast malzemesi ve kaya yünü olarak kullanımının artış göstermesi, kaplama taşı, dış cephe kaplamaları vb. alanlarda bazalt ihtiyacının giderek artması, çalışma alanındaki bazalt bileşimli kayaların bu özellikleri taşıyıp taşımadığını merak ettirmektedir.

Daha önceden yapılan çalışmalardan Ankara çevresindeki bazaltların dayanımlarının ve sertliklerinin diğer kayalara oranla daha yüksek olması dikkate alınarak taban döşemesinde ve kaplama taşı olarak kullanılabilirliğinin TS standartları açısından uygun olduğunun (Çelikleş vd., 2017) ortaya çıkması, Ankara sınırına çok yakın olan Gerede-Kavacık bazaltlarının niteliklerinin nasıl olduğu sorusunu akıllara getirmektedir. GVB Kavacık volkanik kayaları özgün nitelikleri olan bir bölgedir. Çalışma sahası olarak belirlenen alandaki mineralojik-petrografik-jeokimya çalışmalarının farkı bilim dallarıyla ilişkili olarak ele alınacak olması, fizikomekanik çalışmalar yönüyle disiplinler arası işbirliği yönünün bulunması bu çalışmanın özgünlüğünü arttırmaktadır.

Proje çalışması, bilinen kuram ve yöntemlerin bir sahaya uygulanmasıdır. Bu kuram ve yöntemlerin uygulanması ile ortaya çıkarılacak yeni veriler, jeoloji ve madencilik literatüründe benzer çalışmaların yapılmasını teşvik edecek ve rasyonel sonuçlandırmasına belirgin katkı sağlayacaktır. Mineralojik-petrografik ve jeokimya dallarıyla desteklenen çalışma, Kavacık ve civarında bulunan bazaltların fizikomekanik özellikleri dikkate alınarak endüstriyel kullanım alanlarının görülmesini sağlayacak, ileride yapılabilecek olası madencilik fizibilite çalışmalarına yardımcı olacaktır.

2. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

Bolu-Gerede Kavacık Köyü ve civarı inceleme alanında; mevcut mostra ve alterasyon zonlarının yayılımı, geometrisi, yerleşim şekli, mineral içerikleri, mevcut kayalarda mineralojik ve kimyasal değişimlerin belirlenmesi, bazaltların fizikomekanik özelliklerinin belirlenmesi, ve tüm bu test sonuçlarından yararlanılarak bazaltların endüstriyel kullanım alanlarından hangilerine uygun olduğuna karar verilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda çalışma arazi ve laboratuvar çalışmaları olmak üzere iki safhada gerçekleştirilmiştir:

Arazi çalışmaları, örnek alımı ve haritalama: Arazi çalışması süreci bu proje çalışmasının en önemli ayağını oluşturmuştur. Arazi çalışmaları, yoğunluklu olarak 2018 yılı yaz döneminde, veri uyumluluğu ve muhtemel son kontrol örneklerin alınmasına yönelik olarak da 2019 yılı yaz döneminde olmak üzere iki farklı dönemde yapılmıştır. Çalışma alanı yer bulduru ve uydu görüntüsü Şekil 1'de verilmiştir. Kavacık Köyü ve civarındaki 78 km²'lik bir alanı kaplayan çalışma alanı Bolu'nun Gerede ilçesinin güneydoğusunda yer alır. Ankara'nın Kızılcahamam ve Çamlıdere, Bolu'nun Yeniçağa ve Dörtdivan, Çankırı'nın Çerkeş ilçelerine yakındır (Şekil 1). [Çalışma sahası koordinatları: 1) Y=448500, X=4511000; 2) Y=455000, X=4499000; 3) Y=455000, X=4499000; 4) Y=448500, X=4511000]. Şekil 1'in sağındaki görüntü "(Google Map, 2018)"den alınmıştır.



Şekil 1. Çalışma Sahasının Yer Bulduru Haritası (Location Map of The Study Area)

Mineralojik-petrografik çalışmalar: Çalışma sahasındaki birimleri temsil edecek özellikteki kayalardan petrografik ve kimyasal analiz amaçlı örnekler alınmıştır. Bu amaçla volkanik kayalar yeterli sayıda örneklenmiş, ayrıca litolojinin değiştiği noktalardan da ilave örnekler alınmıştır. Bazaltlardan, teknolojik özelliklerinin belirlenmesine uygun boyutlarda örnekleme yapılmıştır. Örneklerin makroskopik incelemeleri, ince kesitleri alınarak polarizan mikroskopta mineralojik ve petrografik analizleri yapılmıştır (İnce kesitler İTÜ Jeoloji

Mühendisliği Bölümü'nün "Taş Kesme ve Örnek Hazırlama Laboratuvarı"nda hazırlanmıştır). Numunelerin makroskopik özelliklerinden renk, yapı ve doku, ayrışma, sertlik, ayrışma özelliği, cila kabulü ve asitte çözünürlülük özellikleri belirlenmiştir. Mikroskopik özelliklerinden ise mineral içerikleri, yapı, doku, ve granüler dağılımları belirlenmiştir. Bu çalışma ile dar anlamda sahada yayılım gösteren kayalar adlandırılmıştır. Arazi çalışmaları sürecinde mevcut birimler, özellikle de volkanik kayalar örneklenmiş, volkanik kayaları temsil eden kayalardan alınan örneklerin modal bileşimleri gösterilmiştir. Benzer şekilde alterasyon kuşakları ayrıntılı olarak örneklenmiş, mineralojik olarak incelenmiştir. Alterasyon kuşaklarında örnekleme belirli profiller boyunca sistematik olarak yapılmış, böylece mineralojik değişimler belirlenmeye çalışılmıştır.

Kimyasal analiz için çalışmalar: Çalışma alanındaki kayaç ve alterasyon zonlarından sistematik alınan örnekler, mineralojik ve petrografik incelemelerini takiben kimyasal analiz için hazırlanmıştır. Seçilen numunelerde ana, iz ve nadir toprak element analizleri yapılmıştır. Gerekli sayıda örnek, İTÜ Maden Fakültesi içerisindeki Örnek Hazırlama Laboratuvarlarında öğütülerek farklı analiz şirketlerinin laboratuvarlarına gönderilmiştir.

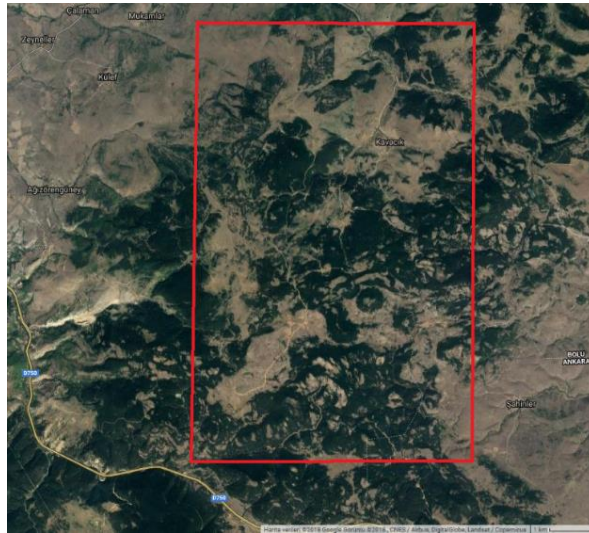
Fizikomekanik test çalışmaları: Çalışma alanında yaygın gözlenen volkanik kayalardan bazaltların teknolojik özelliklerini belirlemek amacıyla alınan blok örnekler kullanılmıştır. Bu amaçla sahadan 10 cm x 10 cm x 10 cm boyutlu, taze kayayı temsil eden örnekler alınmıştır. Örneklerin mekanik testleri İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nün Zemin Mekaniği Laboratuvarı'ndaki cihazlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda "Gölet Bölgesi" ve "Kavacık Batı Bölgesi" olarak belirlenen 2 adet alt bölgede bazaltların fiziko mekanik özellikleri belirlenmiştir.

Sonuçların değerlendirilmesi: Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda edinilen bütün veriler ve bilgiler birlikte değerlendirilerek yorumlanmıştır. Çalışma kapsamında proje, aslında geniş bir alana yayılım gösteren GVB'ye ait Gerede-Kavacık volkanik kayalarının madencilik-jeolojik ayrıntılı incelenmesini konu edinmektedir. Ancak, bu makalede yalnızca fizikomekanik testlerden ve bu test sonuçlarını destekleyici kapsamda mineralojik-petrografik-jeokimyasal çalışmalardan yararlanılarak bazaltların endüstriyel kullanım türlerine uygunluğu değerlendirilmiştir.

3. İnceleme Alanı Özellikleri ve Alınan Numune Yerleri (Study Area Characteristics and Sampling Locations)

3.1. İnceleme Alanı Özellikleri (Examination Area Features)

Çalışma alanının bulunduğu Kavacık Köyü'nün batısında Bolu iline bağlı Ağızören Köyü, Külef Köyü ve Mukamlar Köyü, güneydoğusunda ise Ankara iline bağlı Şahinler Köyü bulunmaktadır. Sahada arazi çalışmaları orman ve hazine arazisinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanının kırmızı çerçeveye işaretlendiği Google Map görüntüsü Şekil 2'de verilmiştir. Çalışma alanı Bolu-Gerede ile Ankara-Kızılcahamam arasındaki karayoluna yakın bir konumdadır. İnceleme alanında tüm volkanik kayaların yükseklikleri ~1300-2000 m arasındadır.



Şekil 2. Çalışma Alanı ve Çevresinin Görüntüsü (View of The Study Area And Its Surroundings) (Google Map, 2018)

3.2. İnceleme Alanından Alınan Numunelerin Jeolojik Değerlendirilmesi (Geological Evaluation of Samples Taken from the Study Area)

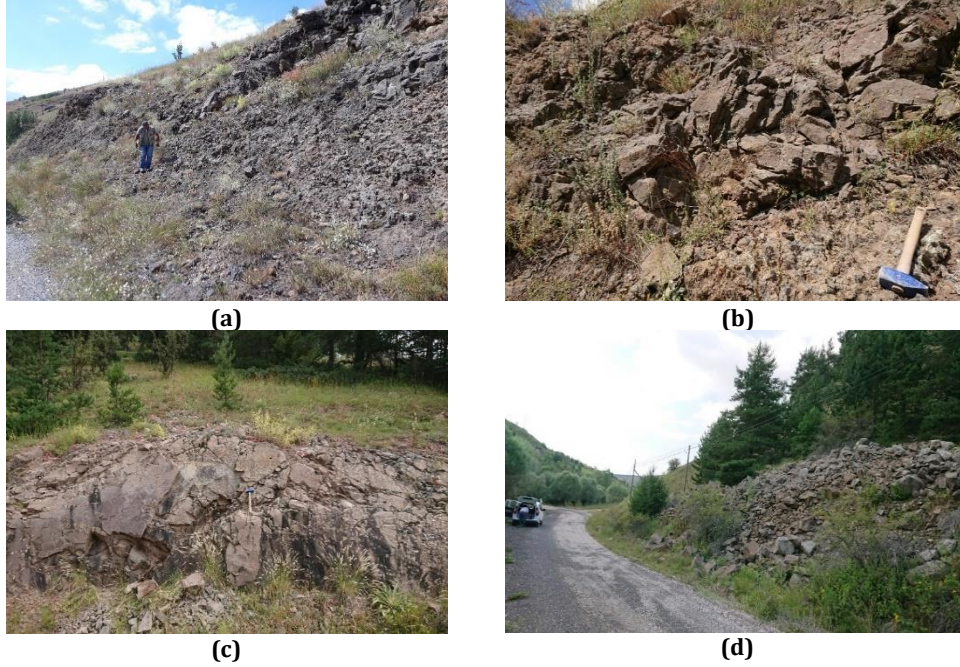
İnceleme alanından BP koduyla 2018 yılında 76 adet numune alınmıştır. Bunlar sırasıyla; BP-1 ila BP-76 arası numaralandırılmıştır. Bu numunelerin ayrıntılı incelenmesi sonrasında, Kavacık'ın güneybatısını (Gölet Bölgesi) temsilen B-1, Kavacık'ın kuzeybatısını temsilen B-2 numuneleri alınmıştır. Ayrıca, jeolojik çalışmalarda tüm kaya türlerini belirlemek maksadı ile çalışma alanından 100'ü aşan sayıda numune ("N") alınmıştır. Bunlardan sadece birkaçı bazalt açısından değerlendirmeye uygun bulunmuştur. İnceleme sahasından alınan numunelerden bazalt bileşimindeki bazılarının mevkileri ve (WGS, 84) GPS koordinatları aşağıda sunulmuştur (Tablo 1).

Tablo 1. İnceleme Alanından ve Yakın Çevresinden Alınan Bazalt Numunelerinin GPS Koordinatları ve Yerleri (GPS Coordinates And Locations of Basalt Samples Taken From The Study Area and Its Near Surroundings)

Numune no	Mevki	Koordinat		
		X	Y	Z (m)
B-1	Gölet Bölgesi (Kavacık'ın güneybatısı)	450240	4507026	1478
B-2	Kavacık'ın kuzeybatısı	451049	4510457	1361
BP-16	Kavacık'ın güneydoğusu	454750	4507464	1596
BP-25	Kavacık'ın batısı	450790	4510720	1413
BP-44	Kavacık'ın güneybatısı	448818	4505874	1543
BP-45	Kavacık'ın güneybatısı	449430	4506337	1538
BP-63	Kavacık'ın güneyi	449440	4500677	1510
N-7	Kavacık'ın kuzeybatısı	450432	4511523	1314
N-9	Kavacık'ın kuzeybatısı	450961	4510965	1349
N-10	Kavacık merkez	452194	4508112	1495
N-12	Kavacık'tan Demirler Köyü'ne giden yol ayrımından ~300 m ileride	452037	4509661	1417
N-16	Kavacık'ın doğusu, Demirler Köyü'ne giden yol üzeri	453004	4509459	1440
N-28	Şahinler Köyü'ne gelmeden 50-200 m geride	454340	4501980	1314
N-29	Şahinler Köyü'nün tam çıkışında	454400	4502100	1317
N-30	Şahinler Köyü'nün tam çıkışında, çeşmenin dibi	454390	4502130	1317
N-31	N-30'un ~10-15 m batısında	454370	4502125	1316

İnceleme sahasında bazaltlar Kavacık Köyü'nün kuzey-kuzeybatısı ve güney-güneydoğusunda gözlenirler. En iyi bir şekilde Karatepe ve Köşreli Yaylası doğusunda, çoğunlukla KD yönelimli sırtlar boyunca mostra verir. Kavacık'ın kuzeyinde Dellimolla Deresi'nin yamaçlarında döküntü/irili-ufaklı bloklar halinde ilgi çekici bir görüntü sunar (Şekil 3a). Masif ve kompakt bir yapı hakimdir (Şekil 3b). Bazaltlar birçok alanda tamamen camsı karakterde olabilen bazaltik lav ürünü obsidyenler ile sıklıkla bir arada gözlenirler (Şekil 3c). Çoğunlukla, koyu kahve, siyah ve gri renkli uzun dom ve tepeler biçiminde bulunan bazaltlar genelde altere olmuştur. İnce taneli oluşları ve siyah renkleri sahada en belirgin özelliklerini oluşturur. Genellikle gaz boşlukları içermezler. Ancak, bazı alanlarda önceden var olan bu tür boşluklar daha sonraki alterasyon ürünü epidot + klorit türü mineraller ile doldurulmuştur. Nadiren olsa da bu tür boşluklar karbonatlarca da doldurulmuştur (Şekil 3a, b, c, d).

Bazaltlar GVB'de ve güneyindeki alanlarda son derece geniş bir yayılım göstermektedir. Bu tür volkanik kayalarda çokça detaylı çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda, inceleme sahasındaki bazaltlar ile korele edilebilen volkanik kayalar kalkalkalen karakterli olarak yorumlanmıştır. Aynı zamanda silisce zengin lavların manto kökenli olduğu ve kıta altı mantodan bölümsel erime ile oluşmuş olduğu öne sürülmüştür. Bu tür lavlar genellikle genişleme sisteminin etkisinde oluşmuş havzalarda gözlenmektedir (Keller vd., 1992; Tankut vd., 1998; Toprak vd., 1996; Wilson vd., 1997; Yürür vd., 2002; Karaca, 2004). Çalışılan sahada lavların Kavacık Köyü'nün güneybatısında doğrudan ayrılmış, killeşmiş andezitlerin üzerinde bir akma yapısına sahip olduğu, sıcaklık etkisi ile killeşmiş zonları kırmızı renkte pişirdiği gözlenmiştir. Buna karşın kuzeyde özellikle de Çakıl Köyü doğusunda derin derelerin tabanında yer aldığı, andezitlerin daha üst seviyelerde bulunduğu gözlenmiştir (Şekil 3d).

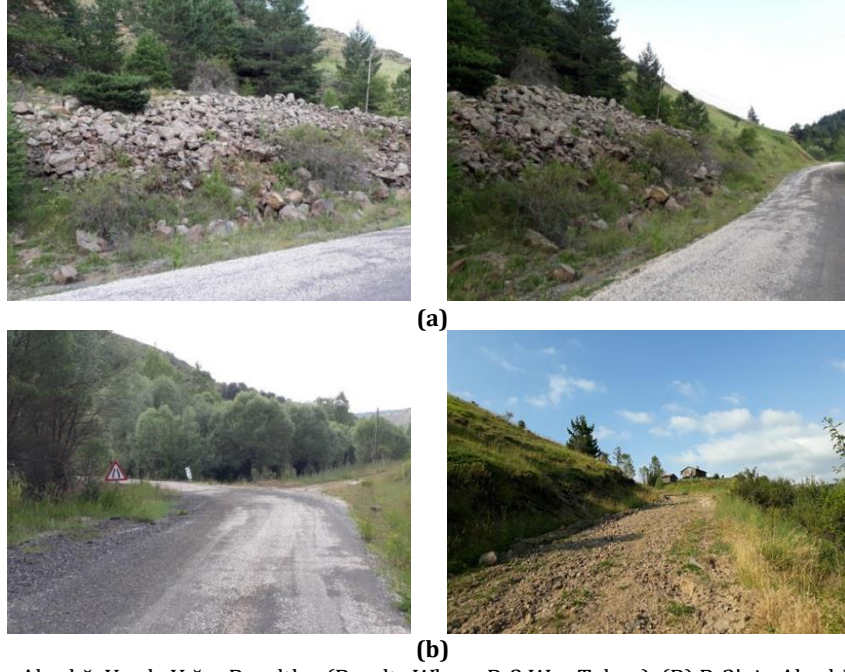


Şekil 3. (A) Delimolla Deresi Yamacında Döküntü/Yamaç Molozu Şeklinde Gözlenen Tipik Bazalt Alanı (Typical Basalt Area Observed As Slope Debris on The Slope of Delimolla Creek), (B) Delimolla Deresi Yamaçlarında Gözlenen Masif Karakterli Bazaltlar (Massive Basalts Observed on The Slopes of Delimolla Creek), (C) Kavacık'ın Güneyinde Obsediyen Oluşumlarıyla Birlikte Gözlenen Bazaltlar (Basalts Observed With Obsidian Formations in The South of Kavacık) (D) Kavacık-Çakılıköy Yolu Boyunca İzlenen Masif, Sert, Kompakt Yapılı Bazalt Blokları (Massive, Hard, Compact Basalt Blocks Followed Along The Kavacık-Çakılıköy Road)

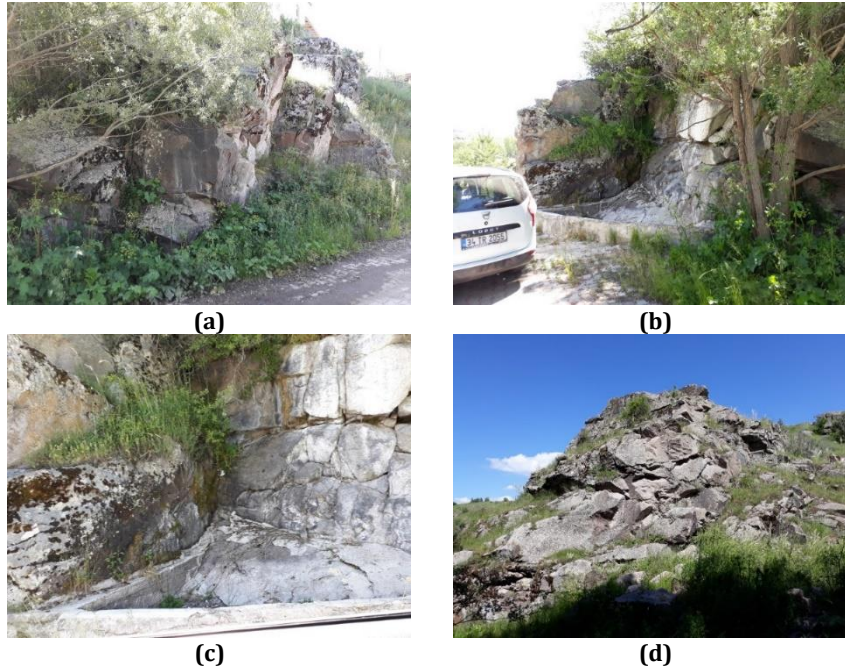
GVP'de farklı tektonik yerleşimlere sahip iki volkanizma aşaması çeşitli araştırmacılar tarafından kaydedilmiştir (Türkecan vd., 1991; Tankut vd., 1998; Wilson vd., 1997). Genel olarak proje alanının kuzeyi, özel olarak Küçükçalper-Çakılıköy arası masif, düşük ayrılmış zon olarak projenin ana amacından birini oluşturan endüstriyel değerlendirmeye uygun bazalt alanı olarak ön plana çıkmaktadır. İnceleme sahasında fizikomekanik testlerin yapıldığı B-1 ve B-2 numunelerinin bulunduğu yerler Şekil 4'de gösterilmiştir. B-1, tüm camsal dokulu bir bazalttır. Şekilde 5-a'da ise Kavacık Köprüsünün dibinde yol kenarında bazalt yığınları görülmektedir. Burası B-2'nin alındığı yerdir. B-2, siyah, ince taneli, çok sert, keskin kenar kırınımlı, masif, homojen bir volkanik kayadır. Bazalt, bazaltik andezit özelliklerine sahiptir. Porfirik dokulu volkanik kayadır. B-2'nin alındığı Kavacık'ın kuzeybatı bölgesinde yol ayrımının sağ tarafından devam eden tepe boyunca bazaltlar devam etmektedir (Şekil 5-b). İnceleme alanının güneyi içerisinde yer alan Şahinler Köyü'nün tam çıkışından ise N-29, N-30, N-31 alınmıştır (Şekil 6). Kırılmış, yığın halde, yamaçta bazaltlar, masif yapılı ~30 m eninde, 20 m yüksekliğinde çatlaklı çok büyük bloklar dikkat çekmektedir. Şahinler Köyü'ne gelmeden 50-200 m geriden yol üzerinden alınan N-28 ise boşluklu, volkanik gaz boşlukları içermektedir (Şekil 7). Bloklu yapılı masif volkanik bazaltlar görülmektedir. İnceleme alanında çok keskin kenarlı bazaltlar da gözlenmektedir. Bunlardan biri, Kavacık'ın doğusunda Demirler Köyü'ne giden yol üzerinde N-16'da gözlenmiştir (Şekil 8a). Genelde irili ufaklı, farklı boyutlu, kayaç blokları halinde, bazen 2 metre boyutu aşan, masif, ayrılmamış bloklar bu yol üzerinde izlenmektedir (Şekil 8b). Değişik bloklarda koyu renkli bazaltik özellikli kayalar görülmektedir. Her iki tarafta volkanizma şevler oluşturmuştur (Şekil 8c).



Şekil 4. B-1'in Alındığı Gölet Bölgesi (Pond Area Where B-1 Was Taken)



Şekil 5. (a) B-2'nin Alındığı Yerde Yığın Bazaltlar (Basalts Where B-2 Was Taken), (B) B-2'nin Alındığı Yol Yamacı (Road Slope Where B-2 is Located)



Şekil 6. Şahinler Köyü Bazaltları (Şahinler Village Basalts)



Şekil 7. N-28'in Lokasyonu (Location of N-28)



Şekil 8. (a) N-16'nın Lokasyonu (Location of N-16), (B)N-7'nin Lokasyonu (Location of N-7), (C) N-9 Numune Lokasyonu (Location of N-9)

Sahanın yaklaşık orta kesimlerinde Yumurcak Tepe ile Kilise Tepe arası bol miktarda obsidyen içeriği ile dikkat çekicidir. Siyah, camsı karakterde tipik özellikleri ile ön plana çıkan bu tür oluşumlar bazalt yayılım alanları ile belirgin bir ilişki yansıtır. Çoğunlukla yol yarmalarında döküntü bloklar halinde gözlenen obsidyenler yer yer gaz boşlukları içerir ve konkoidal kırılım yüzeylerine sahiptir (Şekil 8a). Camsal dokular, tüm saha bazaltları için genel bir özelliktir. Tüm camsal doku yapısından yarı camsal dokuya değişimler gösterirler. Bazı alanlarda tamamen bazaltik camdan oluşan kayaçlar (Taşilit) gözlenmiştir.

4. Fizikomekanik Testler (Physicomechanical Tests)

Standartlar doğal taşların nerelerde kullanılabileceğini ve kalite değerlerinin belirlenmesinde önemli işlev görmektedir. Standartlara uygun olan kayalar taş piyasasında yaygın pazar bulabilmekteyken özellikle dayanım özellikleri standartlardan düşük değerlerde olanlarsa piyasada kabul görememekte ya da düşük değerlerle alınıp satılmaktadır (Büyüksağış ve Gürçan, 2005). Kullanım alanları açısından öngörülen standartlar (T.S.E., DIN, B.S., vb.) değişim göstermektedir. Doğal taşların mineralojik-petrografik, fizikomekanik, teknolojik özellikleriyle belirlenen kaliteleri bulunmaktadır. Her kullanım alanında da doğal taşlardan ulusal/uluslararası standartlarda tanımlanmış beklentiler bulunmaktadır (Kulaksız, 2017). T.C. Ulaştırma Bakanlığı, Demiryollar, Limanlar, Havameydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü, Kıyı Yapıları ve Limanlar Malzeme, Yapım, Kontrol ve Bakım Onarım Teknik Esaslarına (DLH) (Karayolları Teknik Şartnamesi (KGM, 2013)) göre tahkimat taşının sık kristallerden oluşan, homojen, sert, sağlam, dona, aşınmaya ve hava tesirleri karşısında dayanıklı, süreksizlik barındırmayan ya

da az sayıda süreksizlik barındıran, (KGM, 2006)'da belirtilen "Tahkimat taşının özellikleri"ne sahip bulunması ve TS EN 13383- 1/2 standartlarında istenen özellikleri taşıması beklenmektedir (Yüksel Proje, 2007; TS EN 13383- 1 ve 2, 2013). Bu doğrultuda Gerede-Kavacık bazaltlarının TS, (KGM, 2013) ve diğer bazı standartlara/şartnamelere uygun olup olmadığı değerlendirilmiştir. Kavacık'ın kuzey batısı ile güneybatısındaki Gölet bölgesinden alınmış yaklaşık 50 kg ağırlığındaki 3 farklı numune üzerinde, agrega yönüyle testler yapılmış, numunelerin özellikle doğal taş haliyle deniz dolgusunda (blok taş olarak) veya anroşman inşaatında kullanılmasının uygunluğu araştırılmıştır. Bölge bazaltlarının özellikle deniz dolgusunda (blok taş olarak) veya anroşman inşaatında kullanımına yoğunlaşılsa da diğer kullanım alanlarına uygunluk için de bir değerlendirme yapılmıştır.

4.1. Birim Ağırlık, Özgül Ağırlık, Su Emme, Porozite ve Metilen Mavisi Deneylemleri (Unit Weight, Specific Gravity, Water Absorption, Porosity and Methylene Blue Tests)

TS 699 ve TS EN 1097-6 standardı esaslarına göre (TS 699 T1, 2009; TS EN 1097-6, 2013), birim ağırlık ve su emme deneylemleri 7x7x7 cm boyutlu küp numuneler üzerinde, özgül ağırlık deneyi kırmataş haline getirilmiş agregalar üzerinde yapılmıştır. "Kavacık Batı Bölgesi" (B-2) ve "Gölet Bölgesi" (B-1) için test sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. (Tablo 2'de belirtilen testler İTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü'nün Zemin Mekaniği Laboratuvarı'ndaki cihazlar kullanılarak gerçekleştirilmiştir).

Tablo 2. Birim Ağırlık, Su Emme, Porozite ve Metilen Mavisi Test Sonuçları (Unit Weight, Water Absorption, Porosity And Methylene Blue Test Results)

Numune alım yeri	Numune no.	Kuru birim ağırlık (gcm ³)	Ağırlıkça su emme (%)	Hacimce su emme (%)	Özgül ağırlık (g/cm ³)	Porozite (%)	Metilen mavisi (g/1000g)
Kavacık Batı Bölgesi	1	2,727	0,34	0,93	2,758	1,12	0,1
	2	2,729	0,31	0,86	2,757	1,01	0,1
	3	2,750	0,25	0,69	2,770	0,73	0,2
	4	2,727	0,34	0,91	2,764	1,32	0,1
	5	2,744	0,16	0,45	2,766	0,79	0,1
Ortalama		2,736	0,28	0,77	2,763	0,99	0,1
Gölet Bölgesi	1	2,549	0,07	0,17	2,570	0,82	0,1
	2	2,544	0,06	0,15	2,568	0,93	0,1
	3	2,545	0,09	0,22	2,560	0,58	0,1
	4	2,548	0,07	0,18	2,564	0,63	0,1
	5	2,543	0,1	0,25	2,570	1,05	0,1
Ortalama		2,546	0,08	0,2	2,569	0,8	0,1
DLH Limit (KGM, 2013)		Asgari	Azami	Azami	Asgari	Azami	Azami
(CIRIA ve CUR, 1991)		2,600	3	2	2,600	0-10	0,4
		Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun

(KGM, 2013)'e göre DLH limitlerinin kuru birim ağırlık ve özgül ağırlık için asgari 2,6 (g/cm³) olması istenmektedir. Kavacık Batı Bölgesi bazaltı asgari değerin üzerindedir. Ancak, Gölet Bölgesi bazaltı sınırın altında görünse de sınıra çok yakın olduğu için kullanılabilir. Ağırlıkça ve hacimce su emme, porozite ve metilen mavisi deney sonuçları da (CIRIA ve CUR, 1991)'a uygun ve (KGM, 2013)'deki DLH azami limitlerinin altındadır. Bu sonuçlar her iki bölge bazaltlarının söz konusu şartnamelere/standartlara uygun olduğunu göstermektedir. Kayaların porozitelerinin (gözenekliliklerinin) düşük çıkması yüzey sertliklerini ve dayanımlarını daha da yüksek kılmaktadır. Porozitelerinin düşük çıkması bazaltların su emme özelliğinin de düşük olmasını sağlamaktadır. Bunun yanı sıra bazaltların su emme oranlarının düşük çıkması fenokristallerde ve hamurda killeşme gözlenmemesinde diğer bir etkili parametredir. TS 2513'e göre (TS 2513, 1977) kayaların su emme değerlerinin %1,8'den düşük, (TS 1910'a göre) gözenekliliklerinin de %2'den düşük olması istenmektedir (TS EN 1910, 2016; Deniz vd., 2017). Kayaların gözenekliliklerine göre sınıflandırılması Tablo 3'de verilmiştir. Tablo 3'e göre Kavacık Bölgesi bazaltı istenilen özelliklere uygun olup çok kompakt bir yapıya sahip bulunmaktadır.

Bazaltik kayaların masiflik/gözeneklilik yapısı kullanım alanlarını belirlemektedir. Kayaçların poroziteleri ve su emme özellikleri yükseldikçe atmosferik şartlarda daha kolayca bozılmaktadır. Gözenekli bazaltlar sıvada (1,1-1,5 g/cm³), çatı izolasyonunda ve hafif beton yapı elemanları sanayiinde kullanılmaktadır (Kulaksız, 2017; Çeliktaş vd., 2017). Yapılan deneyler sonucunda Gerede-Kavacık bazaltlarının ağırlıkça su emme değerlerinin ortalama %0,06-0,34 arasında değiştiği tespit edilmiştir (Tablo 2). Kaplama taşı olarak kullanılacak doğaltaşların ağırlıkça su emme değeri sınırının TS 1910'a göre 0,75'den küçük olması beklenmektedir. Diğer yandan TS 2513'e göre ise bazaltların doğal yapıtaşı olarak kullanılabilmesi için sahip olmaları gereken ağırlıkça su emme sınır değerinin 1,8 olduğu hatırlandığında, Gerede-Kavacık bazaltı her iki sınır değerinin de oldukça altında değerleriyle

doğal yapı taşı olarak da kullanıma uygundur. Diğer yandan, kayaçların kuru birim hacim ağırlıkları dikkate alınarak sınıflamaları ise Tablo 4’de sunulmuştur.

Tablo 3. Kayaaların Gözenekliliklerine Göre Sınıflandırılması (Tarhan, 1989) (Classification of Rocks According to Their Porosity)

Kaya sınıfı	Gözeneklilik (%)
Çok kompakt	<1
Az boşluklu	1-2,5
Orta boşluklu	2,5-5
Oldukça boşluklu	5-10
Çok boşluklu	10-15
Çok fazla boşluklu	>20

Tablo 4. Kayaçların Kuru Birim Hacim Ağırlıklarına Göre Sınıflamaları, IAEG (Classification of Rocks According to Dry Unit Weight, IAEG) (Anon, 1979; Deniz vd., 2017).

Kaya sınıfı	Kuru birim hacim ağırlığı (g/cm ³)
Çok düşük	<1,8
Düşük	1,8-2,2
Orta	2,2-2,55
Yüksek	2,55-2,75
Çok yüksek	>2,75

Bu sınıflamada kuru birim ağırlığı 2,736 ve 2,546 g/cm³ değerleriyle (Tablo 1) Gerede-Kavacık bazaltı orta ve yüksek kaya sınıfı kapsamındadır. Doğal yapı taşı ve kaplama taşı olarak kullanılan doğal kayaçların istenen birim hacim ağırlıkları sınır değerinin 2,55’ten yüksek (TS 2513, 1977; TS EN 1910, 2016) olması beklenmektedir. Gölet Bölgesi bazaltı sınır değerinde olsa da, ortalama değerleriyle Gerede-Kavacık bazaltlarının kaplama taşı ve doğal yapıtaşı olarak kullanıma uygun olduğu söylenebilir.

Birim hacim ağırlığı ve en düşük tek eksenli basınç dayanımı dikkate alınarak yapıtaşı kullanılabilirlik sınıflaması verilmiştir (Tablo 5). Bu sınıflandırma Tablo 10 ile birlikte değerlendirildiğinde Gerede-Kavacık bazaltları "ağır yapı malzemesi" sınıfında yer almaktadır (Tablo 5 ve 10). TSE 2513’e göre bu sınıfta bulunan alkalin bazaltların dış cephe kaplamasında ve taban döşemesinde kullanılabilirliği belirtilmektedir (TS 2513, 1977; Koçak, 2011).

Tablo 5. Yapıtaşı Sınıflaması (Building Block Classification) (TS 2513, 1977)

Yapıtaşı sınıfı	Birim hacim ağırlığı (g/cm ³)	En düşük tek eksenli basınç dayanımı (MPa)
Çok hafif yapıtaşı	<1,5	4,9
Hafif yapıtaşı	1,5-2	24,52
Normal yapıtaşı	2-2,5	39,23
Ağır yapıtaşı	>2,5	>39,23

Bazaltların demiryolu balast agregası olarak kullanımı içinse TS EN 1097-6 standartları esaslarına göre tane yoğunluğu ve su emme deneyleri ve diğer birtakım deneyler dikkate alınır. TS EN 1097-2 standardı esaslarına göre "Los Angeles Parçalanma Direnci" (TS7043 EN 13450 Çizelge 7 dikkate alındığında, balastlar en iyi LARB12 ile LARB14 kategorilerine girmelidir), BS 812 standardı esaslarına uygun "Crushing Value (Ufalanma) ve Ten Percent Fines Value Deneyi" sonuçlarına göre malzemenin balast olabilirliğine karar verilir. Ayrıca şu deneyler de istenebilmektedir: TS EN 933-1 standardı esaslarına göre "Demiryolu Balastı Tane Büyüklüğü Deneyi (Elek Analizi)", TS EN 933-1 standartları esaslarına göre "İnce Tane Muhtevası Deneyi", TS EN 933-1 (TS 3527) standartları esaslarına göre "Çok İnce Tane Muhtevası Deneyi", TS EN 933-3 standartları esaslarına göre "Tane Şekli - Yassılık İndeksi", TS7043 EN 13450 standardına göre "Tane Uzunluğu", TS EN 1367-2 standardı esaslarına göre "Donma ve Çözülme Direnci Tayini (Mg2SO4 ile) Deneyi", TS 699 (Tabii Yapı Taşları-Muayene ve Deney Metodları) standardına göre "Tek Eksenli Basınç Deneyi" (TS 7043, 2004; Yıldırım, 2017). TS7043 EN 13450, EK H’de (Demiryolu Balastlarının Donma ve Çözülme Karşı Direnci ile ilgili Yol Gösterici Bilgiler) en olumsuz iklim ve çevre şartlarında (Çizelge H-1 de belirtilen A ve B koşulları) balastların su emme değerlerinin ağırlıkça % 0,5’den daha düşük olması önerilmektedir (Yıldırım, 2017). Bölge bazaltlarının su emme değerleri açısından balast malzemesi olarak kullanıma uygun olduğu düşünülebilir. Ancak, henüz yapılmayan deneylerin tamamlanması halinde bölge bazaltlarının balast malzeme olarak uygunluğu hakkında bir değerlendirme yapılabilir.

Betonda kullanılan ince agregaların kil içeriğinin belirlenmesine ilişkin basit, pratik ve ucuz bir deney olan metilen mavisi deneyi TS EN 933-9’da açıklanmaktadır. Genel olarak sonuçlar metilen mavisi değerinin agregada zayıf

tabakalar yaratan killere işaret ettiğini göstermektedir. İnce agregaların, ince malzeme oranı az olmasına karşın, içerisinde kil kökenli malzeme bulundurduğunda, metilen mavisi değeri artmaktadır (Yool vd., 1998; TS EN 933-9, 2001; Çokça, 2002; Topçu ve Demir, 2006). Zararlı killer nemin etkilerine karşı hassastır. Misal su emebilirler ve kabarmabilirler, genişleme ile büzülme işleminin tekrarlanmasıyla agrega tanelerinin parçalanmasına sebep olurlar. Kil mineralleri doğal agregaların ince olarak sınıflandırılmış kısımlarında (0,063 mm) bulunabilmektedir. Yüksek oranda kil bulunması betonda ve harçlarda zarar verici etkiler oluşturmaktadır. İnce agregaların, ince malzeme oranı az olmasına karşın, içerisinde kil kökenli malzeme bulundurması, metilen mavisi değerini yükseltmekte ve beton basınç dayanımlarını azaltabilmektedir. Aşınma deneyi sonuçlarına göre metilen mavisi değeri arttıkça aşınma kaybı da artmaktadır (Topçu ve Demir, 2006). Gerede-Kavacık bazaltlarının metilen mavisi deney sonuçları 0,1 ve 0,2 g/1000g değerleriyle TS EN 933-9 ve Tablo 2’de belirtilen standartlara uygundur.

4.2. Aşınma Deneyi (Abrasion Test)

Böhme yüzeysel aşınma kaybı yöntemine göre deney TS 699 standardı esaslarına göre yapılmıştır. “Kavacık Batı (2. Bölge)” ve “Gölet (1. Bölge)” için test sonuçları Tablo 6’da verilmiştir. Tüm numuneler TS 1910’da ve TS 699’da belirtilen DLH Azami Limitlerinin altındadır. Bu değerleriyle TS 2513 de dikkate alındığında, Gerede-Kavacık bazaltlarının hem döşeme taşı hem de kaplama taşı olarak kullanılabilirliği düşünülebilir. Bu kullanım için ayrıca blok verimi konusunda çalışmaların da yapılması önerilir.

Tablo 6. Böhme Yöntemine Göre Aşınma Deneyi (Abrasion Test According to The Böhme Method)

Numune alım yeri	Numune no.	Aşınma kaybı (cm ³ /50 cm ²)	TS 699 DLH Azami Limit (KGM, 2013)	Sonuç
Kavacık Batı Bölgesi	1	3,2	15 cm ³ /50 cm ²	Uygun
	2	3,9	15 cm ³ /50 cm ²	Uygun
	3	3,1	15 cm ³ /50 cm ²	Uygun
Ortalama		3,4	15 cm ³ /50 cm ²	Uygun
Gölet Bölgesi	1	1,1	15 cm ³ / 50 cm ²	Uygun
	2	1,5	15 cm ³ / 50 cm ²	Uygun
	3	1,2	15 cm ³ / 50 cm ²	Uygun
Ortalama		1,3	15 cm ³ / 50 cm ²	Uygun

4.3. Basınç Deneyi (Pressure Test)

Kayanın yapısı, dokusu, türü, mineral tane boyutu ve bileşenleri, yeri ve çevresi, litoloji, süreksizlikler, su içeriği, kristallenme ve çimentolanma derecesi, izotropluk, homojenite ve ayrışma derecesi kayaların basınç dayanımına etki eden faktörlerdir (Yıldız vd., 2020). Bazaltların basınca karşı direnci bazalt türlerine göre değişir. Basınç dayanımı genellikle 110-350 MPa arasında bulunsun da, bazen 550 MPa’ya kadar yükselebilmektedir (Sür vd., 2001). Gerede-Kavacık bazaltlarına tek eksenli basınç dayanımı testi TS 699 standardı esaslarına uygun olarak yapılmıştır. Deneyler doğal taş numunelerinden 7x7x7 cm küp şeklinde kesilen örnekler üzerinde yapılmıştır. “Kavacık Batı” ve “Gölet” Bölgesi için test sonuçları Tablo 7’de sunulmuştur. İncelenen tüm numunelerin doğal yapı taşı olarak kullanılabilmesi için KGM, 2013’de veya TES 2513’te istenen asgari 500 kgf/cm² (~50 N/mm²(50 MPa)) şartlarını fazlasıyla sağlamaktadır. Bölge bazaltları aynı zamanda yüksek/çok yüksek dirençli kaya sınıfı içerisinde (Tablo 8).

Tablo 7. Basınç Deneyi (Pressure Test)

Numune alım yeri	Numune no.	Basınç dayanımı (MPa)
Kavacık Batı Bölgesi	1	96,1
	2	140,1
	3	158,4
	4	110
	5	154,2
Ortalama		131,7
Gölet Bölgesi	1	195,2
	2	201,1
	3	186,8
	4	187,9
	5	215,5
Ortalama		197,3

Tablo 8. Tek Eksenli Basınç Dayanımına Göre Kayaların Sınıflandırılması (Classification of Rocks According to Uniaxial Compressive Strength) (Dere ve Miller, 1966)

Kaya sınıfı	Tek eksenli basınç dayanımı (Mpa)
Çok düşük dirençli	<25
Düşük dirençli	25-50
Orta dirençli	50-100
Yüksek dirençli	100-200
Çok yüksek dirençli	>200

Kayaçların bileşimini oluşturan minerallerin yoğunluk ve sertlik değerleri kayaçların dayanımını etkilemektedir. Kayaçların fenokristallerinin sertliği ne kadar yüksek olursa bu kayaçların dayanımı da o oranda yükselmektedir. Bunlar bütünüyle dikkate alındığında kayaçların dayanım özellikleri kullanım alanlarını etkilediğinden, kayaçların içindeki fenokristallerin dağılımı, bileşimleri ve sertlik değerleri de kullanım alanlarını saptamada önemli kriterler arasındadır. Fenokristallere ek olarak, kayanın hamur malzemesinin miktarı ve fenokristal oranı da kayanın dayanımını etkilemektedir. Kayaç içinde sertliği yüksek minerallerin hamur malzemesine kıyasla oranı arttığı zaman kayanın dayanımı artış göstermekte, yine, sertliği düşük minerallerin oranının hamur malzemesine kıyasla oranı arttığı zaman kayanın dayanımı düşebilmektedir. Kayanın dayanım değerini belirleyen tüm bu iç yapısal özellikleri kayanın kullanım alanları konusunda da belirleyici faktörler arasındadır (Çeliktaş vd., 2017). Tablo 10 incelendiğinde, çalışma sahasından seçilen numunelerde plajiyoklaz, piroksen ve camsı matriks oranlarının belli bir oranda yüksek olduğu görülmektedir. Bu bileşenlerin tek eksenli basınç dayanımını arttırdığı söylenebilir. Kavacık Batı ve Gölet Bölgeleri arasında yaklaşık 3,5 km'lik bir kuşbakışı uzaklık bulunmaktadır. Her iki bölgenin basınç dayanım testlerinden farklı sonuçlar elde edilmesi, bazaltlarındaki ana mineral oranlarının değişikliğinden ve ayrışma derecelerinin farklılığından kaynaklanmaktadır. Buna kısmi hidrotermal ayrışmayı da eklemek gerekir.

4.4. Dona Dayanıklılık Deneyi (Frost Resistance Test)

Doğal taş numunelerinden oluşturulan agregalarda TS EN 1367-2 standardına uygun şekilde magnezyum sülfat çözeltisi kullanılarak kimyasal yöntemle dona dayanıklılık deneyi yapılmıştır (Tablo 9). Deney sonuçlarına göre Gerece-Kavacık bazaltları dona dayanıklılık açısından (CIRIA ve CUR, 1991) standartlarına uygundur.

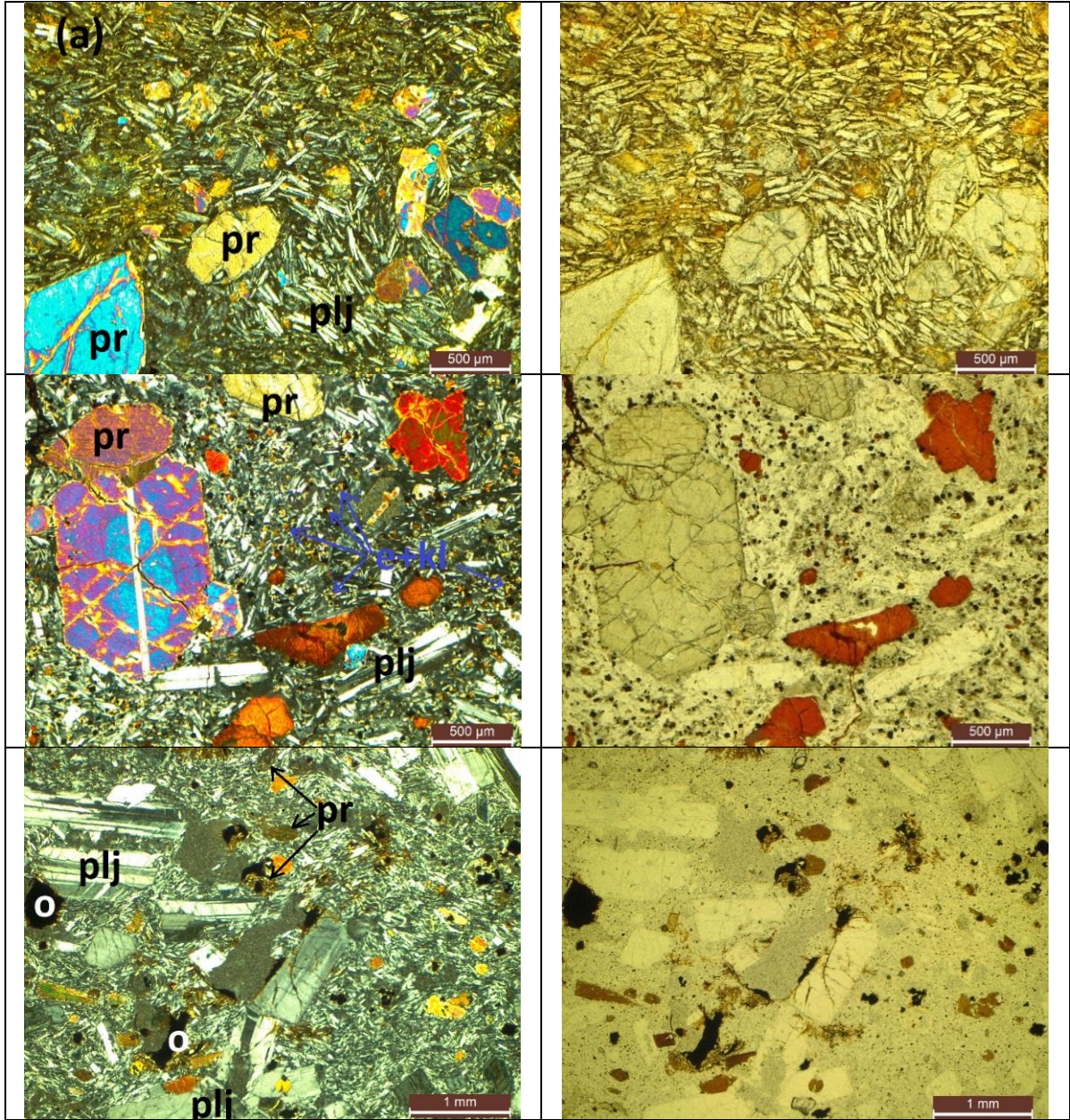
Tablo 9. Dona Dayanıklılık Deneyi (Frost Resistance Test)

Numune alım yeri	Geçen elek açıklığı (mm)	Kalan elek açıklığı (mm)	Deneyden sonra ince elekten geçen miktar (%)	Sonuç (CIRIA ve CUR, 1991)
Kavacık Batı Bölgesi	14	10	1,9	İyi (Uygun)
Gölet Bölgesi	14	10	0,9	İyi (Uygun)

5. Mineralojik-Petrografik İncelemeler (Mineralogical-Petrographic Investigations)

Polarizan mikroskop altında yapılan çalışmalar, sahadaki bazalt kayaçlarının esas olarak plajiyoklaz, piroksen minerallerinden oluştuğunu, bunlara daha az oranda hornblent, mika ve olivin'in eşlik ettiğini ortaya koymuştur. Tali mineraller olarak ilmenit, manyetit, sfen ve zirkon türü oksit ve silikat minerallerine rastlanılmıştır. Ayrışma ürünü olarak klorit, epidot ve kalsit mineralleri belirginleşmiştir. Bazaltlara ait mikroskop görüntüsü Şekil 9'da verilmiştir. İnce kesit çalışması yapılan toplam 21 adet bazalt örneğinin mineralojik bileşim ve mineral yüzdeleri %40-60 bazalt plajiyoklaz, %35-55 mafik mineral şeklinde bir değişim ortaya koyar. Plajiyoklazlar en bol bulunan fenokristallerdir ve büyük çoğunlukla labrador bileşimlidir. Bu mineral taze olmakla birlikte, yer yer ayrışma sonucu killeşmiş veya zayıfça karbonatlaşmıştır. Az da olsa zonlu kristaller halinde de gözlenir. Mafik mineraller, fenokristaller halinde de gözlenebilen ojit türü piroksen mineralleridir. Bu mineraller 1 mm üstü boyutlara çıksa da kristal büyüklükleri esas olarak 0,4 mm ve altıdır. Diğer mafik minerallerden olivin ince kristallidir ve fayalit bileşimlidir. Az miktarda rastlanılan hornblent türü amfibol mineralleri, ince taneler veya kalıntı halinde yer yer etkili şekilde klorit ve epidot minerallerine dönüşmüştür. Bazaltlar tüm kristalli, yarı kristalli ve camsal dokulu, camsal hamur içinde mikrolitlerin oluşturduğu akma dokuları gösterirler. Akma yapıları pek çok örnekte belirgindir ve trakitik dokuyu andırır. Tüm kristalli dokularda intergranüler ve porfirik doku yaygındır. Boşlukları camdan oluşan ofitik doku ilgi çekicidir. İnceleme sahasındaki bazaltlarda ayrışma bazı alanlarda çıplak gözle bile ayırt edilebilir, genel olarak ayrışma verileri zayıf gelişmiştir. Sasuritleşme ve kloritleşme şeklinde ayrışma olaylarından bahsetmek mümkündür. Sasuritleşme sonucunda plajiyoklazlar ayrışarak epidot-zoizit ve kalsit, daha az olmak üzere serisit ve kil mineralleri gelişmiştir. Sahada hidrotermal ayrışmanın en iyi gözlemlendiği alanlar,

Şahinler Köyü kuzeyi ile batıda Güney Yayla civarındır. Sahada iki ayrı bölgeyi temsil eden bazalt numunelerinin makroskopik ve mikroskopik incelemesinin açıklaması Tablo 10'da sunulmuştur.



Şekil 9. Bazaltların Polarizan Mikroskop Altındaki Görüntüleri: Plj: Plajoklaz; Pr: Piroksen; O: Opak; E: Epidot; Kl: Klorit
(Images Of Basalts Under A Polarizing Microscope: Plj: Plagioclase; Pr: Pyroxene; O: Opaque; E: Epidote, Kl: Chlorite)

Bazaltların endüstriyel kaya olarak yapısı, dokusu, ve mineralojik bileşimi kullanım kriterlerini oluşturmaktadır (Kulaksız, 2017). Bazalt makroskopik açıdan koyu gri-siyah renkli, ince taneli masif yapıda zor kırılabilir özellikte olup, mikroskop altındaysa, iri taneli piroksen, plajoklaz ve olivin kristalleriyle bunları çevreleyen ince kristalli, mikrolitli girift doku altında matris gözlenmektedir (Uz, 1999; Şekil 9). Volkanik cam içeriği daha fazla olan bazalt, kristal dokulu bazaltlara oranla daha siyah ya da koyu kahverengi bir renkte ve kırılmış yüzeylerinde mat bir görünümdedir (Erkan, 2013; Akbulut vd., 2016). İnceleme sahasının bazı bölgelerinde volkanik cam miktarının oldukça yükseldiği, hatta obsidyen benzeri oluşumlar tespit edilmiştir. Bazalt alanlarından alınan örneklerin ortalama mineral bileşim/modal oranları Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 10. Seçilen Numunelerin Makroskopik ve Mikroskopik İncelemesi (Macroscopic And Microscopic Examination of Selected Samples)

İncelemeler	B-1	B-2
Makroskopik İnceleme	Koyu siyah renkli, yoğun, sertlik 6,5-7 Mohs, ayrışma izlenmez, ince taneli görünümde, volkanik özellikli kayadır.	Volkanik porfirik, masif, kompakt, yoğun mikrotaneli masif, kompakt, homojen, sertliği, S= 6,5-7 Mohs (Sert kayac grubuna dahildir). Seyreltik HCl ile muamelede reaksiyon vermez. Bu nedenle karbonat grubu minerallere rastlanmaz.
Mikroskopik inceleme	-Doku: Mikrolitik porfirik, ince-orta taneli Fenokristaller: az oranda, ve bunları çevreleyen, ince taneli mikrolitik, yönlü grift plajioklaz (andezin) mineralleri ile çevrelenmiştir. Mikrolitik matriks içinde ayrıca opak (manyetit) mineralleri ile, bir miktar volkanik cam içerir. <u>-Fenokristaller:</u> -Plajioklaz, orta taneli, öz şekilli, oval ve polisentetik ikizli (labrador bileşimli) -Piroksen: orta taneli, renkli, öz şekilli, tek nikolde renksiz ve kırılma indisi yüksek (1,70-1,75). -Matriks: Mikrolitte plajioklaz iğnemi, yönlü, veya girift olup, beraberinde opak (manyetit) mineraller, ve volkanik cam bulunur.	Doku: Porfirik volkanik. Fenokristaller ve bunları çevreleyen mikrotaneli plajioklaz, (%15) bol oranda opak mineraller bulunmaktadır. <u>-Fenokristaller:</u> - Plajioklaz: Orta taneli, öz şekilli (labrador bileşimlidir). - Piroksen: Oval ve öz şekilli, renklidir. <u>- Matriks:</u> Mikrotaneli, iri – orta taneli mineralleri kuşatan, plajioklaz mikrolitleri yönlüdür. Beraberinde opak – manyetit ve piroksen içerir.
Kayaç	Volkanik porfirik bazalt	Bazalt

Tablo 11. Numunelerin Mineral Bileşimleri ve Modal Oranları (Mineral Compositions And Modal Ratios of The Samples)

	B-1		B-2		
	Bileşen/Mineral	Modal oran (%)	Bileşen/Mineral	Modal oran (%)	
Fenokristal (%18-25)	Plajioklaz (labrador)	8-10	Fenokristal (%22-30)	Plajioklaz (labrador) orta-iri taneli	10-15
	Piroksen	10-15		Piroksen	12-15
Matriks (%75-82)	Mikrolit plajioklaz	60-70	Matriks (%70-78)	Plajioklaz	30-31
	Opak - Manyetit	8-10		Piroksen	13-16
	Volkanik cam	10-15		Opak - Manyetit	16-18
	-	-		Volkanik cam	11-13

6. Jeokimyasal İncelemeler (Geochemical Investigations)

Çalışma alanındaki kayaç ve alterasyon zonlarından sistematik alınan örnekler, mineralojik ve petrografik incelemelerini takiben kimyasal analiz için hazırlanmış, seçilen numunelerde ana, iz ve nadir toprak element analizleri gerçekleştirilmiştir. Gerekli sayıda örnek, önce öğütme, daha sonra da jeokimyasal analiz yapılmak üzere yurt içi ve yurt dışı (Kanada) olmak üzere farklı analiz şirketlerinin laboratuvarlarına gönderilmiştir. Majör oksit, iz ve nadir toprak elementleri analizinde İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektroskopisi (ICP-MS) yöntemi kullanılmıştır. Proje alanı volkanik kayaçlarının majör oksit kimyasal bileşimleri (ağırlıkça %), proje sahası kayaçlarının iz ve nadir toprak elementlerinden bazılarının içerikleri (ppm) sadece 7 adet bazalt numunesi için Tablo 12’de verilmiştir. Volkanik bazalt örneklerinin kimyasal analizlerinden hareketle Zr/TiO₂-Nb/Y diyagramındaki adlandırılmaları Şekil 10’da sunulmuştur. Bu şekilde teknolojik özelliklerin belirlendiği örnekler, sahadaki diğer bazalt örneklerinde olduğu gibi alkali bazalt aralığında kalmaktadır. Bu sonuç bazaltların mikroskopik özellikleri ile de uyumluluk göstermektedir.

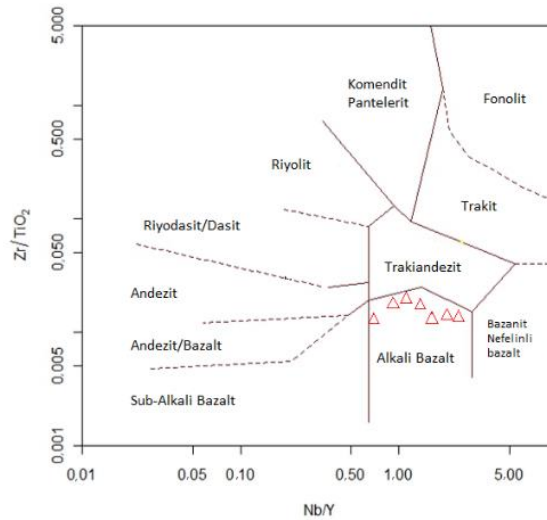
Bazalt, kimyasal açıdan %45-52 arasında SiO₂, yüksek magnezyum ve demir içeren bazik bileşimli kaya olarak tarif edilir (Uz, 1999). Bazaltın içindeki silis miktarı attıkça, sertlikleri de artmaktadır (Kulaksız, 2007). Bileşiminde bulunan demir, ona ağırlık kazandırmaktadır (Sür vd., 2001). Yapılan analizlere göre Gerede-Kavacık bazaltlarında

demir oranları %4,89 ve 5,37'dir. Bu durum bazaltların beton agregası olarak kullanımında istenen standartlara gelmesinde, asgari yoğunluk değerlerine ulaşmasında bir etki yaratmıştır.

Çalışma alanındaki bazaltlar (KGM, 2013)'de belirtilen "Tahkimat taşında aranan asgari özellikler" kapsamında (ASTM C 295, 1990) standardına da uygunluk açısından değerlendirilebilir. Bu kapsamda kristallerin iyi kenetlenmiş, kil minerallerinin ve eriyebilir minerallerin olmaması istenmektedir. Ayrıca TS 699 standardına göre doğal taşlarda olması istenmeyen killi, çürük damarların, boşluk, çatlak, dolgu ve yapay birleştiriciden oluşan kusurlar Tablo 12'de seçilen numunelerde bulunmamaktadır. Mineralojik veriler dikkate alındığında gerek Kavacık Batı bölgesi, gerekse de Gölet bölgesinden alınan bazaltların geneli itibariyle söz konusu standartlara uygun olduğu söylenebilir.

Tablo 12. Bazı Bazalt Numunelerinin Jeokimyasal Analiz Sonuçları (Geochemical Analysis Results of Some Basalt Samples)

Numuneler/Bileşenler	B-1	B-2	BP-16	BP-25	BP-44	BP-45	BP-63	(Parnas vd., 2007)'deki bazalt yünü uygunluk
SiO ₂ (%)	49,10	50,40	47,50	48,60	48,30	50,10	52,20	B-1, B-2, BP-45
Al ₂ O ₃ (%)	17,05	18,25	15,70	15,90	17,00	17,55	16,70	X
Fe ₂ O ₃ (%)	7,09	8,06	8,60	9,01	7,79	7,23	7,95	
CaO (%)	0,00	7,91	8,52	8,76	9,64	8,81	8,98	~BP-44
MgO (%)	6,68	4,94	10,05	9,44	7,28	6,80	4,29	B-2, BP-44, BP-45
Na ₂ O (%)	4,04	4,05	3,60	3,61	3,55	4,32	4,48	X
K ₂ O (%)	2,37	1,30	1,72	1,97	2,25	2,55	1,24	X
Cr ₂ O ₃ (%)	0,025	0,01	0,058	0,068	0,024	0,02	0,027	
TiO ₂ (%)	1,40	1,28	1,42	1,46	1,42	1,41	1,18	Tüm numuneler
MnO (%)	0,12	0,13	1,42	0,14	0,13	0,12	0,13	
P ₂ O ₅ (%)	0,71	0,41	0,55	0,51	0,72	0,71	0,86	
SrO (%)	0,09	0,07	0,06	0,08	0,12	0,10	0,08	
BaO (%)	0,07	0,03	0,07	0,07	0,08	0,07	0,08	
LOI (%)	2,36	2,47	1,73	1,62	2,32	1,34	1,66	
Y (ppm)	18,8	22,5	19,7	18,6	19,5	18,9	24,9	
Zr (ppm)	192	192	171	167	190	199	231	
Ce (ppm)	72,6	55,8	54,6	52,3	79,2	76,1	110,5	
Th (ppm)	2,42	0,97	20	<20	<20	<20	20	
U (ppm)	3,08	1,41	10	10	10	<10	10	



Şekil 10. Bazalt Örneklerinin Zr/TiO₂-Nb/Y Diyagramındaki Adlandırılmaları (Wincshester ve Floyd, 1977) (Naming of Basalt Samples in Zr/TiO₂-Nb/Y Diagram)

Hazır beton olarak ya da hızlı tren raylarının inşasında balast malzemesi olarak kullanılacak taşın toplam SiO₂ içeriğinin %45-52 arasında, alkali (Na₂O+K₂O) içeriğininse %4'ten düşük olması beklenmektedir (Deniz vd., 2017). Gerede-Kavacık bazaltlarının SiO₂ içerikleri %45-52 aralığındadır (BP-63 %52,2 olsa da sınır değere yakın olduğundan bazalt olarak kabul edilmiştir). Silis içerikleri yönüyle bir problem görünmemektedir. Alkali (Na₂O+K₂O) toplamı ise B-1 %6,41, B-2 %5,35, BP-16 %5,32, BP-25 %5,58, BP-44 %5,8, BP-45 %6,87, BP-63

%4,72'dir. Bu durum bölge bazaltlarının *hazır beton ve balast malzemesi* açısından uygun olamayabileceğine işaret etse de fizikomekanik testler, bu kayaların doğal taş haliyle deniz dolgusunda (blok taş olarak), anroşman inşaatında ve benzeri işlerde kullanılabilirliğini gösterir. Alkali içeriğindeki artış muhtemelen örneklerin az da olsa ayrıştığına işaret eder. Alkali ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) toplamı %4'e en yakın numune BP-63'dür. Jeokimyasal yönden, bu ve diğer numunelerin olduğu lokasyonlar çevresinde toplam alkali içerikleri yönüyle ilave çalışmaların yapılması düşünülebilir. Bazaltların endüstriyel kullanımında, akılda tutulması gereken önemli bir husus da kimyasal analizlerin kendi başına tek bir faktör olmadığı, fizikomekanik testlerle desteklenmesi gerektiğidir.

Bazalt yünü olarak kullanılacak bazaltların ise SiO_2 değerinin %48,8-51,0 arasında, Al_2O_3 %14,0-15,6, $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$ %7,3-13,3, CaO %10,0, MgO %6,2-16, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ %1,9-2,2, TiO_2 %0,9-1,6, MnO %0,10-0,16 arasında olması beklenmektedir (Parnas vd., 2007). B-1, B-2 ve BP-45 numunelerinin SiO_2 değerleri istenen aralıktadır. Al_2O_3 değerleri belirtilen aralıktadır olmasa da bu aralığa yaklaşan numuneler bulunmaktadır. CaO değeri %10'a en yakın numune BP-44'dür. MnO için BP-16 hariç tüm numuneler istenen aralıktadır. $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ hariç diğer bileşiklerde bazı numuneler istenen aralıklarda görünmektedir. Diğer yandan, kaya yünü üretimi beklenen jeokimyasal özellikleri farklı standartlarda ve kaya yünü kullanımı için açılmış bazalt ocak değerlerinde Parnas vd., 2007 ile uyumlu olmayabilmektedir (Tablo 13). Bu durum *kaya yünü* istenen özelliklere gelmesinde maliyeti etkileyen faktörler olarak ortaya çıkmaktadır.

Tablo 13. Kaya Yünü Olarak Kullanılacak Bazaltın Sahip Olması Gereken Kimyasal Özellikleri (Chemical Properties of Basalt to be Used As Rock Wool) (Deniz vd., 2017).

Bileşik (%)	CI-2212	CI-2112	Whitlow Ocağı Washington	Grant County, Vantage, Washington	Yanova, U.S.S.R.	Ermenistan	Kaya yünü	Kaya yünü	Kaya yünü	Kayseri Erkilet ocağı	Ankara Sincan Kaya yünü fabrikası beklentisi
Na_2O	3,42	4,38	3,09	2,8	2,9	3,6	0,3	11		5,0	
MgO	7,06	5,25	5,25	4,6	5,6	11,1	3,3	3,5	6,2-16	4,49	6-12
Al_2O_3	13,89	14,16	13,9	14,3	15,2	16,6	14,8	2	14-15,6	20,4	12-18
SiO_2	50,32	53,78	49,1	54,3	51	45,4	55,2	73	48,8-51	46,8	40-48
P_2O_3	0,04	0,06									
K_2O	4,0	3,58	1,26	1,2			0,2	0,5		0,39	
CaO	5,6	5,28	9,43	8,3	8,3	13	18,7	5,5	10	10,5	12
TiO_2	0,67	0,76	3,16	1,75	1,6	0,6			0,9-1,6	0,85	1-2,5
MnO	0,19	0,18									0,1-0,5
Fe_2O_3	12	11,79	2	14,6	5,9	9,7	0,3	0		11,1	13
FeO			11,98	9,8	8	1,3	0	0			
$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	7,42	7,96	4,35	4,0			0,5	11,5	7,3-13,3	5,39	4,5

Tablo 13'de Whitlow Ocağı, Grant County/Vantage, Yanova U.S.S.R, Ermenistan verileri (Sheldon vd., 1977), kaya yünü verileri (Parnas vd, 2007)'den alınmıştır. CI-2212 ve CI-2112 değerleri ise Kırşehir Çiçekhane Tepe bazaltı sahalarına aittir (Deniz vd., 2017). Tablo 12'deki tüm numunelerin ise Na_2O değerleri %3,55-4,48 arasında, K_2O değerleri ise 1,25-2,55 arasında değişmektedir. Başta $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ değerleri olmak üzere, Al_2O_3 , K_2O , CaO , TiO_2 , MnO , Fe_2O_3 değerleri de dikkate alınarak bölgedeki bazaltların *kaya yünü* olarak üretimi için $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ hariç diğer bileşiklerde bazı numunelerin yüzdeleri Parnas vd., 2007'nin öngördüğü aralıklarda görünse de, Bölge ve civarındaki bazaltların kaya yünü olarak üretimi için araştırmalara devam edilmesinde fayda olacaktır (Örneğin demirin % değerlerinin yüksek olması kaya yünü fabrikalarında ısı iletimi arttırmaktadır. En fazla çıkan ürün / giren oranında verimlilik düşer. Bu da üretim maliyetini arttırır). Tablo 13'de olup da Tablo 12'de jeokimyasal analiz sonucu olmayan diğer bileşiklerin ağırlıkça miktarının yeni jeokimyasal analizlerle belirlenmesi bölgedeki bazaltların *kaya yünü* olarak kullanılabilirliğine karar verilmesine yardımcı olabilecektir.

Ana elementler haricinde eser elementlerin de kaya içindeki bolluk oranları oldukça önemlidir. Zira bazı elementlerin doğal radyoaktif özellikleri vardır. Kayalardaki silikanın yükselişine dayalı olarak Th ve U konsantrasyonları da yükselmektedir (Çeliktaş vd., 2017). Kayaların sahip oldukları doğal radyasyon oranları barındırdıkları potasyum (K), zirkon (Zr), seryum (Ce), itriyum (Y), uranyum (U) ve toryum (Th) elementleri ile doğrudan ilişkilidir. Yaşam alanı olarak kullanılan binalar dışarıdan gelen kozmik ve karasal kaynaklı radyasyona

karşı koruyucu etkiye sahiptir. Buna karşın, bina yapımında ve dekorasyonunda kullanılan yapı malzemelerindeki radyonüklid içeriğine dayalı olarak bina içindeki radyoaktivite bina dışındaki değere kıyasla daha yüksek olabilmektedir (Koralay vd., 2017). Doğal radyonüklidler sebebiyle oluşabilecek, iç ve dış radyasyon zarar indeksleri bazı eşitliklerden yararlanılarak hesaplanmaktadır. Bakınız, (UNSCEAR, 2000; Yaprak, 2009; Çıyrak, 2010). Asidik volkanitler için K, Th ve U elementleri için sınır değerleri sırasıyla 1,1-41,0 ppm, 0,8-16,4 ppm ve %1,0-6,2'dir. Bazik volkanitlerdeki Th sınır değeri 0,05-8,8 ppm, U için 0,03-3,3 ppm ve K içinse %0,06-2,4 arasındadır (Uyanık ve Akkurt, 2009). Kavacık sahasında Th, U ve K değerleri sırasıyla B-1 için 9,8; 3,08; 2,42 ppm; B-2 için 4,34; 1,41; 0,97 ppm'dir. Diğer 5 bazalt numunesinde K değerleri %1-2,4 arasında değişmektedir (Tablo 12). (B-1 ve B-2'nin jeokimyasal analizi diğer numunelere kıyasla farklı bir laboratuvarında yaptırılmıştır. Bu nedenle Th ve U değerleri açısından değerlendirme sadece B-1 ve B-2 için yapılabilmektedir. Diğer numunelerin <10 ve <20 değerleriyle hassas ölçüm yapılamadığını göstermektedir. Bu durum dikkate alınarak diğer numuneler radyasyon açısından değerlendirmeye katılmamıştır). Bu değerleriyle bölge bazaltları (Uyanık ve Akkurt, 2009)'un belirlemiş olduğu bazik volkanit sınır değerleri içerisinde kalmaktadır. Bu durum Gerede-Kavacık bazaltlarının radyoaktif açıdan zarar verici seviyede olmadığını göstermektedir.

7. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

Kavacık bölgesi bazaltlarının kalitesi fizikomekanik testler aracılığıyla belirlenmiştir. Buna göre inceleme bölgesinden alınan bazaltların çalışmada belirtilen standartlarda/şartnamelerde istenen özelliklere uyduğu, böylelikle doğal taş haliyle deniz dolgusunda (blok taş olarak), anroşman inşaatında ve benzeri işlerde kullanılabilirliği sonucuna varılmıştır. Bundan daha önemlisi, Gerede-Kavacık bazaltlarının ağır yapı malzemeleri tasnifinde yer alması, fizikomekanik özelliklerinin istenilen değer aralıklarında bulunması, gözenek ve su emme özellikleri az olmasından dolayı dayanımlı olması, kaplama taşı, doğal yapıtaşı olarak, dış cephe kaplamasında, taban döşemesinde de kullanım standartlarına uygun olabileceğini göstermektedir. Çalışma bölgesinde yer alan bazaltların kullanım alanlarının belirlenmesi için yapılan fiziko-mekanik ve minerolojik analiz sonuçlarının kayacın deniz dolgusu, anroşman inşaat malzemesi veya kaplama taşı ve doğal yapıtaşı olarak kullanılıp kullanılmayacağı konusunda yardımcı olacağına inanılmaktadır. Diğer yandan bu veriler kesin bir karar vermek için yetersiz olabilir. İç ve dış döşeme, yer döşemesi gibi bazalt kullanımları içinse kayacın öncelikle belli bir blok verimine, levha haline getirilmeye uygun olması, ve iyi cila alabilme özelliğine sahip olması gerekmektedir. Kavacık Bölgesi bazaltlarının doğal yapı ve/veya kaplama malzemesi olarak kullanılması konusunda blok verimi üzerinde doğrudan çalışma yapılmamış olmakla birlikte, bölge bazaltlarının masif, kompakt, çatlaksız yapıları ve dokuları dikkate alındığında blok veriminin yüksek olduğu söylenebilir. Genel olarak, ayrışma verileri göstermeyen sert, masif, kompakt ve daha da önemlisi çatlaksız bazaltların yüksek blok verimine sahip olacağı bilinen bir husustur. Makale içeriğinde; bazaltların masif, kompakt ve çatlaksız olduğuna belirgin şekilde vurgu yapılmış olması ile bir anlamda bu kayaçların blok verimine atıfta bulunulmuştur. Diğer bir ifadeyle doku, yapı, ve ayrışma verileri de göz önüne alındığında, tüm bu veriler blok verimini desteklemekte, ve blok veriminin istenilen ölçüler içinde olacağını göstermektedir. Cila alma özelliğinin tespiti içinse yeni testlerin yaptırılması önerilir.

Kavacık Bölgesi bazaltları aynı zamanda yüksek/çok yüksek dirençli kaya sınıfındadır. Ancak, Tablo 12'de verilen jeokimyasal değerleri ve farklı standartlara göre henüz yapılmayan fizikomekanik testleri göz önüne alındığında bölge bazaltlarının hazır beton ve balast malzemesi açısından uygun olamayacağı söylenebilir. Ancak, fizikomekanik testler, bu kayaçların doğal taş haliyle deniz dolgusunda (blok taş olarak), anroşman inşaatında ve benzeri işlerde kullanılabilirliğini gösterir. İstisnaen sahanın güneybatısında bulunan BP-63 dikkate alınarak bu numunenin bulunduğu bölge civarında yeni araştırmalar yapılabilir. Bölge ve civarındaki bazaltların kaya yünü olarak üretimi açınsından farklı lokasyonlarda yeni jeokimyasal analizler yapılarak, çıkan sonuçlara göre *kaya yünü* olarak kullanılabilirliğine karar verilebilir. Hemen hemen Türkiye'de kaya yünü üretilebilecek birçok bazalt sahasında jeokimyasal veriler hemen hemen aynıdır. Bu durum kaya yünü fabrikalarına hammadde temin eden Kayseri Erkilet bazalt ocağı jeokimyasal verilerinden göze çarpmaktadır. Bu sahanın verileriyle Kavacık sahasının bazalt özellikleri hemen hemen yakındır. Bazaltlardan kaya yünü üretileme noktasında özellikle nakliye masrafları ön plana çıkmaktadır.

Bölge bazaltlarının bulunduğu konum itibarıyla Gerede, Kızılcahamam, Çamlıdere ilçeleri gibi birçok yerleşim yerine yakın bulunması, Bolu-Gerede Ankara-Kızılcahamam arası karayoluna yakın bulunması, bölgede geniş yayılım sergilemesi ve kırılma şartlarının da uygun olması dikkate alındığında bazalt işletmeciliğine uygun görünmektedir. Ankara ve çevresindeki il ve ilçelerde çeşitli yatırım projelerinde kullanılan bazaltlara olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Artan bu talep karşısında Gerede-Kavacık Bölgesi bazaltlarının ayrıntılı jeolojik, petrografik, jeokimyasal ve fizikomekanik analizleri yapılmak suretiyle yeni bir bazalt kaynağı olarak değerlendirilebileceği sonucuna varılmıştır. Bölgedeki bazaltların çalışma alanının dışına doğru yayılımlar gösterdiği de dikkate alınarak bölge ve civarındaki bazaltların üretimi için yeni araştırmalar ve fizibilite çalışmaları yapılması önerilir.

Teşekkür (Acknowledgement)

Bu çalışma İstanbul Teknik Üniversitesi BAP Projesi Koordinasyon Birimi tarafından MGA-2018-41507 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir. No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar (References)

- Acar, A., Taga, H., Dinçer, İ., 2004. Liman dolgusunda kullanılacak pliyokuvaterner bazaltların (Yumurtalık-Adana) fiziko-mekanik özelliklerinin incelenmesi. KAYAMEK 2004-VII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu, s.77-84, Sivas.
- Akbulut, A., Demir, B.G., Güngör, N., 2016. Değeri yükselen bir maden: Bazalt. Madencilik Türkiye Dergisi, 55, 80-82.
- Aksoy, C.O., 1999. Kırmataş üretim yöntemlerinin ekonomik analizi. 3. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu Bildiriler Kitabı, İzmir-Türkiye, 97-103, 14-15 Ekim 1999.
- Anon, 1979. Classification of rocks and soils for engineering geological mapping. Part 1. Rock and soil materials. Bull Int Assoc Eng Geol. 19, 364-371. (Deniz vd., 2017)'den alıntılanmıştır.
- Aral, F., 2004. Karatepe Bazaltlarının (Çorlu-Tekirdağ) Yapı Malzemesi Olarak Kullanılabilirliği. İstanbul Üniv. Müh. Fak. Yerbilimleri Dergisi, 17 (2), 69-74.
- ASTM C 295. Petrographic Examination of Aggregates for Concrete. 1990.
- Atasoy, K., 2003. Kula (Manisa) Yöresi Bazaltlı Cürufularının Çatı İzolasyon Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. 180 s.
- Büyüksağış, İ.S., Gürcan, S., 2005. ASTM ve TSE doğal taş standartlarının karşılaştırılması. Madencilik, 44 (1), 33-41.
- CIRIA & CUR., 1991. Manual of the use of rock in coastal and shoreline engineering: CIRIA Special Publication v.83/CUR Report 154, CIRIA (Construction Industry Research and Information Association)/CUR, London.
- Çağlayan, M., Haberveren, S., İpekoğlu, B., Kurşun, İ., 1999. Beton Yapımında Kullanılan Agregaların Özellikleri ve Örnek Bir Kuruluş. "İSTON". 2. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, s.69-79.
- Çeliktaş, B.G., Kadioğlu, Y.K., Fener, M., Deniz, K., 2017. Volkanik Kökenli Kayaların Yapı Taşı Olarak Kullanılabilirliği: Ankara Civarı Volkanik Kaya Örnekleri. MERSEM (13-15 Aralık 2017), Antalya, s.515-524.
- Çokça, E., 2002. Relationship Between Methylene Blue Value, Initial Soil Suction and Swell Percent of Expansive Soils. Department of Civil Engineering, Middle East Technical University, Turkish J. Eng. Env. Sci., 26, 521-529.
- Çıyrak, N., 2010. Bergama Kozak Granit Alanının Doğal Radyasyon Seviyesinin Belirlenmesi ve Karasal Doz Hızının Tayin Edilmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 63s. (Koralay vd., 2017)'den alıntılanmıştır.
- Deniz, K., Kadioğlu, Y.K., 2012. Lössit ve Pseudolössit İçeren Bazaltların Kökeni ve İç Anadolu'daki Önemi: Çiçekdağ, Kırşehir, Türkiye, Uluslararası Katılımlı V. Ulusal Jeokimya Sempozyumu Bildiri Özleri Kitabı, 128-129, 2012.
- Deniz, K., Kadioğlu, Y.K., Koralay, T., 2017. Bazaltların Yapıtışı Olarak Kullanılabilirliğinin Konfokal Raman Spektroskopisi (KRS) ile İncelenmesi: Çiçekhane Tepe Bazaltı, Kırşehir, İç Anadolu. MERSEM (13-15 Aralık 2017), Antalya, s.503-514.
- Dere, B., Miller, N., 1966. Tek Eksenli Basınç Direncine Göre Kayaların Sınıflandırılması. Ankara MTA Rapor No: 2352, 32.
- DPT, 2001. (Devlet Planlama Teşkilatı), Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyon Raporu (Mermer-Granit-Yapıtaşları-Arduaz), Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Yapı Malzemeleri II Çalışma Grubu Raporu, DPT:2616 ÖİK:627, Ankara, 2001, 191 s.
- Erkan, Y., 2013. Magmatik Petrografi, 2013. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları, yayın no. 93, yeniden düzenlenen 7. baskı, 175 s., Ankara.
- Google Map, 2018. Çalışma alanı ve çevresinin görüntüsü (Erişim Tarihi: 03.07.2018)
- Gökalp, İ., Uz, V.E., Saltan, M., 2016. Testing the abrasion resistance of aggregates including by-products by using Micro Deval apparatus with different standard test methods. Construction and Building Materials, 123, 1-7.
- Gökalp, İ., Uz, V.E., Saltan, M., Tutumluer, E., 2018. Technical and environmental evaluation of metallurgical slags as aggregate for sustainable pavement layer applications. Transportation Geotechnics, 14, 61-69.
- Gökalp, İ., Uz, V.E., 2020. The effect of aggregate type and gradation on fragmentation resistance performance: Testing and evaluation based on different standard test methods. Transportation Geotechnics, 22, 100300.
- Halifeoğlu, M., Dalkılıç, N., 2002. Tarihten Günümüze Diyarbakır Bazaltının Gelişim Süreci ve Bugünkü Kullanım Alanları. I. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi, 9-13 Ekim, 570-579.
- Karadağ, A., 2008. Farklı Kökenli Agregalar İçeren Yüksek Mukavemetli Betonların Elastik Özelliklerinin İncelenmesi. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, (Yıldırım, H.- Tez Danışmanı).
- Kuşoğlu, R., Kabakcı, B., Kadioğlu, Y.K., 2012. Kaya yünü özelliği taşıyan bazaltların jeokimyasal özelliği ve Türkiye'den örnekler. Uluslararası Katılımlı 5. Jeokimya Sempozyumu, 23-25 Mayıs 2012, s.209-210, Denizli.
- Kahraman, E., Kılıç, A.M., 2016. Agregada Madenciliğinin Hazır Beton Üretimindeki Yeri. 8. Uluslararası Kırmataş Sempozyumu, 13-14 Ekim 2016, s. 324-329.
- Karaca, A., 2004. Post-Miocene deformation of an area between Alibey (Kızılcahamam) and Karalar (Kazan) villages, NW Ankara (Turkey), Msc. Thesis, METU.
- Keller, J., Jung, D., Eckhardt, F.J., Kreuzer, H., 1992. Radiometric Ages And Chemical Characterization Of The Galatean Andesite Massif, Pontus, Turkey, Acta Vulcanologica, Marinelli, 2, 267-276.
- Kaygısız, H., 2010. Kayseri Yöresindeki Yapıtaşlarının Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.

- Keskin, Ö., Kılıç, A., 2003. Doğu Akdeniz Yöresi Bazaltlarının Kırmataş Olarak Değerlendirilme Olanakları. III. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, s.152-157, Adana.
- KGM, 2013. Karayolu Teknik Şartnamesi 2013 (Yol Altyapısı, Sanat Yapıları, Köprü ve Tüneller, Üstyapı ve Çeşitli İşler). T.C. Ulaştırma Bakanlığı, Demiryolları, Limanlar, Havameydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü, Kıyı Yapıları ve Limanlar Malzeme, Yapım, Kontrol ve Bakım Onarım Teknik Esasları (DLH), Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) 2013. Erişim: <https://www.tam Yol.com.tr/UserFiles/Content/KGM_Teknik_Sartnamesi_2013.pdf>
- Kılıç, A.M., Sakatoğlu S., Kahraman, E., Yılmaz, M., 2015. Adana İli Taş (Kalker) İşletmelerinde Üretilen Agreganın İl Açısından Önemi. TMMOB, Adana Kent Sorunları Sempozyumu-III, Adana, Türkiye, 22-23 Mayıs 2015, ss.561-574.
- Kibici, Y., Dinç, D., Uçar, A., 2012. Afyonkarahisar Yöresi volkanik kayaçlarının minerolojik ve petrografik özellikleri. Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 29, 53-70.
- Koçak, E., 2011. Kayseri bazaltının yapı taşı olarak kullanım olanaklarının araştırılması. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, s.76.
- Koralay, T., Çobanoğlu, İ., Demir, M., 2014. Ofiyolitler içerisindeki gabro dayaklarının balast malzemesi olarak kullanılabilirliği: (Bozkurt-Denizli) örneği. KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17 (2), 32-48.
- Koralay, T., Maden, N., Deniz, K., Kadıoğlu, Y.A., 2017. Dekoratif Amaçlı Kullanılan Bazı Magmatik-Metamorfik Kökenli Doğal Taşların Mineralojik, Petrografik Özellikleri ve Doğal Radyasyon Seviyelerinin Belirlenmesi MERSEM (13-15 Aralık 2017), Antalya, s.239-247.
- Korkanç, M., Tuğrul, A., 2003. Niğde yöresi bazaltlarının beton agregası olarak kullanılabilirliği. 3. Ulusal Kırmataş Sempozyumu (3-4 Aralık 2003), İstanbul, s.99-106.
- Korkanç, M., Tuğrul, A., 2006. Niğde yöresi bazaltlarının agrega kaynağı olarak değerlendirilmesi. 4. Ulusal Kırmataş Sempozyumu (1-2 Aralık 2006), İstanbul, s.93-100.
- Korkanç, M., Tuğrul, A., 2017. Niğde bölgesi agrega kaynakları ve sorunları. Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 6 (1), 122-131.
- Kulaksız, S., 2007. Doğaltaş (Mermer) Maden İşletmeciliği ve İşleme Teknolojileri, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, 1. Baskı, Ankara.
- Kulaksız, S., 2007. Aksaray-Nevşehir-Karaman Bölgesi Bazaltik Cürufaların Doğal Yalıtım Malzemesi Olarak Değerlendirilmesi, 6. Uluslararası Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu TMMOB Maden Müh. Odası Bildiriler Kitabı.
- Kulaksız, S., 2017. Türkiye Bazaltlarının Endüstriyel Kayaç Olarak Kullanımı ve Değerlendirmesi. MERSEM (13-15 Aralık 2017), Antalya, s.609-616.
- Kulaksız, S., Bayhan, H., Ayder, E., 2006. Aksaray-Nevşehir Karaman Bölgesi Bazaltik Cürufaların İncelenmesi. Hacettepe Üniversitesi Araştırma ve Geliştirme Fonu, Yayınlanmamış Rapor, 50 s.
- Mercan Madencilik, 2018. Erişim tarihi: 01.03.2018, <<http://www.mercanmadencilik.com/>>
- Önem, Y., 1997. Sanayi Madenleri. Kozan Ofset Matbaacılık San. Ve Tic. Ltd. Şti. ISBN 975-96255-0-4, Ankara, 308 s.
- Özturan, T., Çeçen, C., 1997. "Effect of Coarse Aggregate Type on Mechanical Properties of Concretes With Different Strengths", Cement and Concrete Research, 27 (2), 165-170.
- Öztürk, C.A., Nasuf, E., Fişne, A., Erkan, M., 2003. Türkiye ve dünyada agrega organizasyonları ve işlevleri. III. Ulusal Kırmataş Sempozyumu (3-4 Aralık 2003). İstanbul, s.317-325.
- Parnas, R., Shaw, M., Liu, Q., 2007. Basalt Fiber Reinforced Polymer Composites. The New England Transportation Consortium, August, Project No. 03-7.
- Patnaik, A., 2009. Applications of Basalt Fiber Reinforced Polymer (BFRP) Reinforcement for Transportation Infrastructure, Developing a Research Agenda for Transportation Infrastructure, p.1-5.
- Sheldon, G.L., Forming Fibres from Basalt Rock-New Application For A Well-Established Process, Platinum Metal Rev., 1977; 21(1), 18-24.
- Sür, A., Sür, Ö., Yiğitbaşıoğlu H., 2001. Mineraller ve kayaçlar, Bilim Yayıncılık, Ankara.
- Tankut, A., Güleç, N., Wilson, M., Toprak, V., Savaşçın, Y., Akıman, O., 1998. Alkali Basalts From the Galatia Volcanic Complex, NW Central Anatolia, Turkey., Tr. J. of Earth Sciences, 7, 269-274.
- Tarhan, F., 1989. Mühendislik jeolojisi prensipleri. Genel Yayın No:145, KTÜ, Trabzon.
- Tasong, W.S., Lynsdale, C.J., Cripps, J.C., 1998. Aggregate-Cement Paste Interface II: Influence of Aggregate Physical Properties. Cement and Concrete Research, 28 (10), 1453-1465.
- Taşdemir, C., 2016. Agregata Tür ve Boyutunun Betonun Dayanımına ve Donma - Çözülme Direncine Etkileri. Agregata Bülteni, 3, 6-12.
- Topçu, İ.B., Demir, A., 2006. Metilen mavisi deneyi ile ince tanelerdeki kil içeriğinin belirlenmesi. 4. Ulusal Kırmataş Sempozyumu (1-2 Aralık 2006), İstanbul, s. 299-304.
- Toprak, V., Savaşçın, Y., Güleç, N., Tankut, A., 1996. Structure of the Galatean Volcanic Province, Turkey , International Geology Review, 38, 8, 747-758.
- Toygır Sağın, Ö., Karaoğlu, Ö., 2018. Galatya Volkanik Provensi'nin Doğu Kesiminin Volkanolojik Evrimi: Ön Bulgular. 71. Türkiye Jeoloji Kurultayı (23-27 Nisan 2018), Ankara, 543-544.
- Türkecan, A., Hepşen, N., Papak, İ., Dinçel, A., Akbaş, B., Bedi, Y., Karataş, S., Özgür, İ., B., Akay, E., Sevin, M., Mutlu, G., Sevin, D., Ünay, E., Saraç, G., 1991. Seben - Gerede (Bolu) - Güdül - Beypazarı (Ankara) ve Çerkeş - Orta-Kurşunlu (Çankırı) Yörelerinin (Köroğlu dağları) Jeolojisi ve Volkanik Kayaçların Petrolojisi. M.T.A. raporu no: 9193, 118 s., Ankara.
- TS 2513, 1977. Doğal Yapı Taşları. (İptal standart), TSE, Ankara.
- TS 7043, 2004. Demiryolu balastları için agregalar. TS 7043 EN 13450, TSE, Ankara.
- TS EN 1367-2, 1999. Agregaların Termal ve Bozunma Özellikleri için Deneyler Bölüm 2: Magnezyum Sülfat Deneyi. (İptal standart), TSE, Ankara.
- TS EN 933-9, 2001. İnce Tanelerin Tayini Metilen Mavisini Deneyi. TSE, Ankara.
- TS 699 T1, 2009. Doğal Yapı Taşları - İnceleme ve Laboratuvar Deney Yöntemleri. TSE, Ankara, 2009.
- TS EN 1097-6, 2013. Agregaların Mekanik Ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 6: Tane Yoğunluğunun Ve Su Emme Oranının Tayini. TSE, Ankara.

- TS EN 13383- 1, 2013. Koruma Tabakası Taşları (Zırh Taşı) Bölüm 1: Özellikler. TSE, Ankara.
- TS EN 13383-2, 2013. Koruma Tabakası Taşları (Zırh taşı) - Bölüm 2: Deney Metotları. TSE, Ankara.
- TS EN 206, 2014. Beton - Özellik, Performans, İmalât ve Uygunluk. TSE, Ankara.
- TS EN 1910, 2016. Ahşap ve Parke Yer Döşemeleri ve iç ve Dış Ahşap Kaplamalar-Boyutsal Kararlılığın Belirlenmesi. TSE, Ankara.
- UNSCEAR, 2000. Report, United Nations Scientific Committee on The Effects of Atomic Radiation. Sources and Effects of Ionizing Radiations, United Nations, New York. (Koralay vd., 2017)'den alıntılanmıştır.
- Uyanık, N.A., Akkurt, İ., 2009. Alkali Volkanitler Yönünden Zengin Olan Isparta-Çünür Tepesinde Doğal Radyoaktivite Tayini. AKÜ Fen Bilimleri Dergisi, 2, 35-42.
- Uz, B., 1990. Ülkemizde Sert Mermer Grubu Serpantin-Ultrabazikler, Mermer Dergisi, Nisan sayısı, 25-27.
- Uz, B., 1999. Bazaltların Kırmataş Yönünden Değerlendirilmesi Trakya - Tekirdağ Bölgesi Bazaltları Örneği. 2. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, İstanbul, s.1-12.
- Uz, V.E., Gökalp, İ., 2017. The effect of aggregate type, size and polishing levels to skid resistance of chip seals. Materials and Structures, 50 (2), 1-14.
- Uz, B., Esenli, V., Yavuz, O., Manav, H., Bacak, G., 2001. Sert Mermer Grubuna Bir Örnek; Karacadağ (Diyarbakır) Bazaltlarının 'Mermer' Açısından İncelenmesi. Türkiye III. Mermer Sempozyumu (MERSEM 2001) Bildiri Kitabı, Afyon, s.9-15.
- Wilson, M., Tankut, A., Güleç, N., 1997. Tertiary volcanism of the Galatia province, north-west Central Anatolia, Turkey, Lithos, 42, 105-121.
- Wincshester, J.A., Floyd, P.A., 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. Chemical Geology, 20, 325-343.
- Yaprak, G., 2009. Çevresel Radyoaktivite I ve II Ders Notları (yayınlanmamış), E.Ü. Nükleer Bilimler Enstitüsü. (Koralay vd., 2017)'den alıntılanmıştır.
- Yaşar, E., Erdoğan Y., 2001. Toprakale Bazaltının Doğal Taş Endüstrisindeki Yeri, 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, Ç.Ü., s. 87-96.
- Yıldırım, H., 2017. Demiryolu Balast Agregaları Değerlendirme. Yayınlanmamış çalışma.
- Yıldırım, H., Karadağ, A., Atahan, 2008. Effect of aggregate type on modulus of elasticity of high strength self consolidating concretes. Scc2008 Chicago, The Third North American Conference on the Design and Use of Self-Consolidating Concrete, H.N. pp.482-488.
- Yıldız, T.D., 2019. The share of required costs in investment amounts for mining operating activities in pasture lands in Turkey. Journal of Engineering Science of Adıyaman University, 6 (10), 23-31.
- Yıldız, T.D., Uz, B., Ülgen, S., Uz, V., Coşkun, N.H., Uçar, A., Kayıkçı, S., 2020. Bursa - Akçapınar - Kazanpınar civarında kireçtaşı kökenli mermer oluşumlarının etüt ve değerlendirilmesi. Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7 (13), 56-74.
- Yool, A.I.G., Lees, T.P., Fried, A., 1998. Improvements to the Methylene Blue Dye Test for Harmful Clay in Aggregates for Concrete and Mortar. Cement and Concrete Research, 28 (10), 1417-1428.
- Yüksel Proje, 2007. T.C. Ulaştırma Bakanlığı Demiryollar, Limanlar, Havameydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü Kıyı Yapıları Ve Limanlar Malzeme, Yapım, Kontrol Ve Bakım Onarım Teknik Esasları. Ankara. Erişim: <<https://aygm.uab.gov.tr/uploads/pages/kiyi-yapilari-deprem-teknik-sartnameleri/2.pdf>>
- Yürür, M.T., Temel, A., Köse, O., 2002. Galatya Volkanik Bölgesinin (KB İç Anadolu, Türkiye) Güney Sınırında Kabuk Açılmasına Ait Veriler. Türkiye Jeoloji Bülteni, 45 (1), 85-98.
- Yüzer, E., 2008. Doğal taş deyince. Granitaş, Taş Kültürü Yayını, ISBN: 978-9944-0619, 1.baskı, İstanbul.
- Yüzer, E., Güngör, Y., Aydoğan, S., 2016. Doğal taşın öyküsü. Kare Tasarım Yayıncılık, ISBN: 978-605-63410-2-1, 1. baskı, İstanbul.