



## Mermer Ve Yapıtaşı Olarak Kullanılan Farklı Jeolojik Kökenli Kayaçların Porozite, P-Dalga Hızı Ve Basınç Dayanımı İlişkisinin İncelenmesi

Mustafa KUŞCU<sup>1</sup>, Zeynep DEMİRAY

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği, 32200, Isparta

(Alınış Tarihi: 09.12.2014, Kabul Tarihi: 15.05.2015)

### Anahtar Kelimeler

P dalga hızı  
Tek eksenli basınç dayanımı  
Porozite  
Mermer  
Yapıtaşı

**Özet:** Bu çalışmada mermer ve yapıtaşı olarak kullanılan jeolojik olarak farklı kökenli bazı doğal taşların görünür porozite, gözeneklilik oranı ve basınç dayanımı değerlerinin P- dalga hızı değerleri ile ilişkileri incelenmiştir. Bu amaçla mermer sahası olan ve olabilecek çeşitli yer ve ocaklardan 58 adet diyabaz, andezit, trakiandezit, kireçtaşı ve traverten örnekleri alınmıştır. Elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucu, magmatik ve tortul kökenli kayaçların porozite değerleri düştükçe P-dalga hızlarının arttığı ve en yüksek değer sert, fosilli, kalsit damarlı Balkırı Bej Kireçtaşında gözlenmiştir. Tek eksenli basınç dayanımı ile P dalga hızının kayaçların gözenekliliğinin yanı sıra mineralojisi, dokusu, alterasyon ve yapısal özelliklerine de bağlı olduğunu ortaya koymuştur.

## Examination Of The Relationships Between Porosity, P-Wave Velocity And Uniaxial Compressive Strength On Geologically Different Rock Types Used In Industry

### Keywords

P-wave velocity,  
uniaxial compressive  
strength,  
porosity,  
marble,  
building stone

**Abstract:** In this study, the relationships between the apparent porosity, porosity and uniaxial compressive strength and P-wave velocity of geologically different origins some natural stones that used as marble and building stone were investigated. For this purposes, 58 samples of diabase, andesite, trachyandesite, limestone and travertine were collected from the marble-quarries and potential industrial usable fields. According to results of the evaluation of the data while the porosity values in the igneous and sedimentary rocks decreases, which results increases in the P-wave velocity values and the highest value is observed in the hard, fossiliferous, calcite veined Balkırı Beige Limestone. The relation between uniaxial compressive strength and P-wave velocity was reveals that this relation not only depends on the porosity of the rocks, but also depends on the mineralogical, textural, alteration and structural characteristics of the rock types.

### 1. Giriş

Doğal taşlar, başta yapı malzemesi amaçlı olmak üzere, çeşitli şekillerde kullanılmış ve bunun sonucu olarak mermer sektörü önemli bir sanayi dalı haline almıştır. Ülkemizde, doğal yapı malzemeleri, ekonomik olması ve kolay elde edilmelerinden dolayı inşaat sektöründe (kaplamalarda, duvarlarda, kaldırımlarda, döşemelerde vb.) değişik amaçlarla kullanılmaktadır (Şengün vd., 2009). Ultrasonik teknikler uzun yıllardır madencilik alanında ve jeoteknik uygulamalarda kullanılmaktadır (Babacan vd., 2012). Sismik hızlar büyük ölçüde kayaç türü, yoğunluk, dane büyüklük ve şekli, porozite, sıcaklık, su içeriği vs. gibi parametrelerden etkilenir (Kurtuluş vd., 2010). Kayaçlara ait fiziksel ve mekanik özelliklerin

tespiti için, ultrasonik dalga hızları birçok araştırmacı tarafından kullanılmış ve ses hızının kaya özellikleri ile oldukça ilişkili olduğunu belirlemişlerdir (Kahraman, 2001; Koca vd., 2001; Karakuş vd., 2005; Singh ve Sharma, 2008; Ersoy vd., 2009; Babacan vd., 2009; Kurtuluş ve Çakır, 2009; Panzera vd., 2011 Ersoy vd., 2012).

Bu çalışmada mermer ve yapıtaşı olarak kullanılan farklı bölgelerden alınmış farklı jeolojik kökenli kayaçların gözeneklilik oranı, görünür porozite, P-dalga hızı ve tek eksenli basınç dayanımı gibi fiziko-mekanik özellikleri incelenmiş ve bunlar arasındaki ilişki ortaya konulmaya çalışılmıştır. Çalışmada kullanılmak üzere dört adet magmatik, altı adet tortul kökenli kayaçlar içeren birimlerden oluşan toplam 10

ocaktan 58 adet kayaç numunesi alınmış ve bu numuneler üzerinde söz konusu fiziksel ve mekanik deneyler uygulanmıştır.

## 2. İncelenen Mermer ve Yapıtaşları İle Endüstrideki Kullanımları

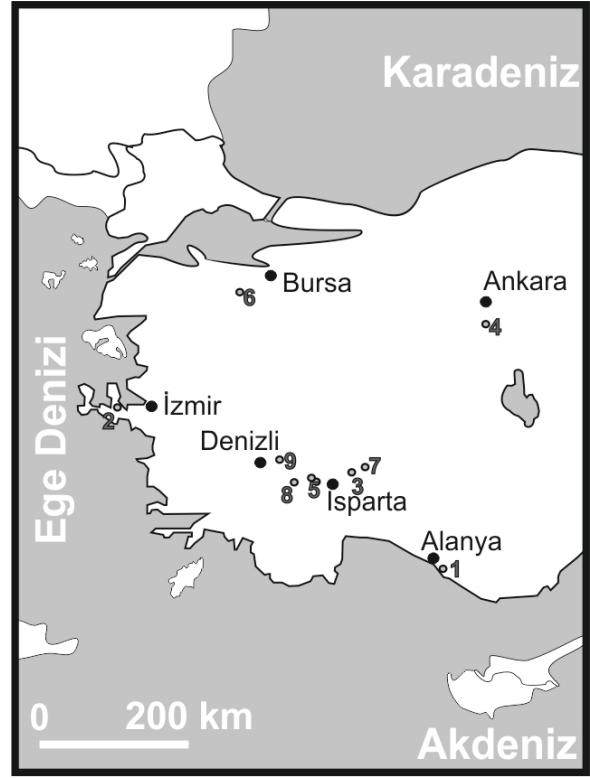
İç ve Batı Anadolu' nun çeşitli yerlerinden elde edilen farklı türdeki kayaç numunelerinin lokasyonları Şekil 1' de verilmiştir.

Alanya Birliği' ne bağlı Üst Permiyen yaşlı gri, orta-kalın katmanlı kireçtaşları ve üzerine gelen Triyas yaşlı alkali bazalt ve çört arakatlı türbiditleri bir dayk olarak keserek yerleşen Alanya Demirtaş Yeşil Diyabazı (Antalya) (Şenel, 1984; Özgül, 1983; Şenel vd., 1983; Monod, 1978); hem kaplama hem de yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Renk, desen, cila kabul etme, 2-3 cm kalınlığında levha verebilme gibi teknik özelliklerinin yanı sıra tekno-mekanik özelliklerinden ötürü, binaların iç ve dış cephelerinde aşınmaya karşı direncinin yüksek olduğundan dış mekanlarda, kaldırım ve meydanlarda, merdiven ve parke taşı olarak kullanıma elverişli olması, uygun ölçülerde ve özellikle blok alınması, gerek yurt içinde gerek yurt dışında alıcısının çok olması nedeni ile açılmıştır.

Erken Miyosen yaşlı Kocadağ Volkaniklerine ait Kırmızı Andezitler (Karaburun Yarımadası-İzmir), tabanda piroklastik akma birimi ve türbülans şeklinde gözlenen açık sarı tüf, andezit parçalı aglomera; üzerinde, bu çalışmada incelenen kırmızı renkli akma yapısı gösterir porfirik dokulu andezitler ve en üstte koyu gri renkli yuvarlaklaşmış blok ve kül akmaları şeklinde gözlenen piroklastikler olmak üzere üç katmana ayrılır (Helvacı vd., 2009; Türkecan vd., 1998). İncelenen numuneler bu birime ait Kırmızı Andezitlerden alınmış olup endüstride, kaplama, bordür taşı, zar taşı, agrega, döşeme, kaldırım kenar taşı, basamak taşı, ebatlandırılmış taş, kırma taş, riprap ve balast olarak kullanılabilme özelliklerine sahiptir.

Pliyosen yaşlı Gölcük Volkaniklerine ait Gri renkli Traki-andezitler (Direkli Köyü-Isparta) porfiritik dokulu, dayk kenarlarından iç kesimlere doğru tane irileşmesi gösteren (holokristalen dokuya geçiş) bir yapıya sahip olup, cila alma özelliği ve renginin uygun olmayışı nedeni ile mermer sektöründe kullanılamamasına karşın döşeme ve kaplama taşı olarak kullanıma elverişlidir.

Üst Miyosen yaşlı Tekke Volkaniklerine ait Gri-Kırmızı Andezitler (Yurtbeyi-Ankara), "Ankara Andezit" i olarak da bilinir ve ilk kez Akyürek vd., 1982 tarafından adlandırılmıştır. Karasal koşulların sürdüğü sırada oluşan volkanizmanın ürünleri olup bu volkanizmanın tuf ve lavları göl ve akarsularda çökmesini sürdüren kaya türlerinin içine siller halinde sokulmuştur. Birim, akma izlerine sahip olup



**Şekil 1.** Çalışmada kullanılan numunelerin yerleri; 1- Alanya Demirtaş Yeşil Diyabazı (Antalya), 2- Kocadağ Volkaniklerine ait Kırmızı Andezitler (İzmir), 3- Gölcük Volkaniklerine ait Gri Trakiandezitler (Isparta), 4- Tekke Volkaniklerine ait Gri-Kırmızı Andezitler (Ankara), 5- Karamanlı Bej Kireçtaşları (Burdur), 6- İnatlar Kireçtaşları (Bursa) (Açık-Koyu Bej, Emprador), 7- Balkırı Bej Kireçtaşları (Isparta), 8- Dutdere Gri-Bej Kristalize Kireçtaşları (Burdur), 9- Kaklık Travertenleri (Denizli), 10- Aliköy Dolomitik Kireçtaşları (Isparta)

yanal devamlılıklarında andezit, trakiandezit ve bazalt gibi değişik mineralojik bileşimlerin geçişlerini gösterirler. Andezitler eklemler arası mesafe yaklaşık 1,5 - 2m) çoğunlukla kil dolguludur. Çatlaksız, yoğun ve feldspatları ayrışmamış olduğu takdirde iyi bir yapıtaşıdır. Bu birimlerin ayrışmamış kesimlerinden alınan örneklerde kayacın parlatma ve cila alabilme durumu iyi sonuç vermiş olması ile birlikte bölgedeki andezitler, piyasada, kaplama ve yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır.

Mermer sektöründe "Karamanlı Bej Mermerleri" olarak bilinen mermerlerin çıkarıldığı birim; ofiyolit içerisinde gözlenen Triyas yaşlı süt beyaz renkli rekrystalize, yer yer breşik dokuda, bol kırıklı, sileks yumru ve bantları içeren kireçtaşı blokları ile Jura - Kretase yaşlı krem renkli, bol kırık ve çatlaklı dolomitik kireçtaşlarından oluşmaktadır (Yalçınkaya vd., 1986). Çalışma kapsamında alınan mermer numuneleri sıkı dokulu ve bej renklidir. Yanal yönde çoğu zaman süreklilik göstermekle beraber yer yer fosilli ve demir katkılı kısımlar bulunmakta olup

**Tablo 1.** Çalışmada kullanılan kayaçların tip, yaş, alındıkları yer ve genel özellikleri

Kaya Tipi	Kaya Açıklaması	Yaş	Lokasyon
Alanya Demirtaş Yeşil Diyabazi	Sert, porfiritik dokulu, yeşil renkli, ince taneli ve homojen yapılı, kloritleşmiş feldspatlar içerir	Triyas sonrası	Alanya (Antalya)
Karaburun Kırmızı Andeziti (Kocadağ Volkanikleri)	Porfiritik dokulu, dış yüzeyleri kahverengi, iç yüzeyleri kırmızımsı	Erken Miyosen	Karaburun (İzmir)
Isparta Direkli Gri Trakiandeziti (Gölcük Volkanikleri)	Bazaltik trakiandezitler koyu gri renkli, sert sıkı dokulu, bozuşmalardan etkilenmiş	Pliyosen	Direkli Köyü (Isparta)
Ankara Gri - Kırmızı Andeziti (Tekke Volkanikleri)	Porfiritik dokulu, altere olmuş pembemsi kızıl ve ilksel halini korumuş gri renkli	Üst Miyosen	Yurtbeyi (Ankara)
Karamanlı Bej Kireçtaşı	Sıkı dokulu, bej renkli, yer yer fosilli ve demir katkılı	Triyas	Karamanlı (Burdur)
İnatlar Açık - Koyu Bej Kireçtaşı	Sert, kırılğan, yer yer karstik, genel itibariyle masif yapıda, bol fosilli, bejimsi, sarımsı, grimsi renkte	Jura-Alt Kretase	M.Kemal Paşa (Bursa)
Balkırı Bej Kireçtaşı	Sert, fosilli, kalsit damarlı, yer yer dolomitik, beyazımsı, bej, krem, açık kahve renkli	Üst Jura - Alt Kretase	Eğirdir (Isparta)
Yeşilova Gri - Bej Kristalize Kireçtaşı	Yersel masif, rekrystalize, aşınma yüzeyi gri, kırılma yüzeyi krem renkli	Orta Triyas -Liyas	Yeşilova (Burdur)
Kaklık Traverteni	Gözenekli, sıkı dokulu, sert, bej-sarımsı, kirli beyaz	Geç Miyosen - Erken Pliyosen	Kaklık (Denizli)
Aliköy Dolomitik Kireçtaşı	Gri, açık gri, orta - kalın katmanlı, sık erime boşluklu	Üst Kretase - Üst Triyas	Aliköy (Isparta)

üretim, birimin homojen kısımlarından elde edilen bloklar ile gerçekleştirilmektedir. Karamanlı Bej Kireçtaşları (Burdur), yüksek dayanımlı olduklarından dolayı dekorasyon ve kaplama taşı olarak kullanılmaktadır.

Üst Jura-Alt Kretase yaşlı İnatlar Kireçtaşları (Mustafakemalpaşa-Bursa), yaklaşık 200 m kalınlıkta olup bejimsi, sarımsı, grimsi renkte, orta tabakalanmalı, çok kıvrımlı, eklemli ve midye kabuğu kırılma yüzeylidir. Orta seviyeler kumlu-killi yapıda, alt seviyeleri çört yumrudur. Bölge bu dönemde karbonat fasiyesinde olup birim, yer yer çört bant ve yumruları içermekte, yer yer oolitik kireçtaşlarından oluşmaktadır (Aygen, 1956). Genellikle masif bir yapı sunması ve az süreksizlik içermesi sayesinde bu kireçtaşlarının blok verimi yüksek ve dolayısı ile ekonomik potansiyeli iyi bir konumdadır. Mermer sektöründe bilinen adları ile Açık Bej, Koyu Bej, Dumanlı Bej, Bulutlu Bej, Fosilli Bej ve Emprador türleri özellikle dış piyasa tarafından iyi tanınmaktadır.

Çalışma kapsamında incelenen, Jura - Kretase yaşlı Davras Kireçtaşları olarak bilinen, Dongömlektepe ve

Afyon Taştepe (Balkırı-Isparta) civarında yüzeyleyen gri renkli, yer yer erime boşlukları içeren ve yer yer dolomitik kireçtaşı şeklinde gözlenen orta-kalın katmanlı yapı veren birimden elde edilmiştir (Yalçınkaya vd., 1986, 1989). Bu birimler, kimi yerde masif görünüme sahipken bazı yerlerde oldukça düzgün tabakalanma sunar. Balkırı Bej Kireçtaşları (Isparta), Türkiye’de ki sayılı bej mermer türlerinden biri olup çok fazla kırıklı ve çatlaklı bir yapıya sahip olmaması nedeni ile endüstride önemli bir yere sahiptir.

Çeşitli renk ve fasiyeslerde kireçtaşı, intraformasyonel breş ve çörtlerden oluşan Likya naplarının en üst yapısal birimini oluşturan Domuzdağ napına ait Dutdere Kireçtaşı, sığ karbonat şelfli ortamda çökemiş olup yaklaşık 700 m. kalınlığa ulaşır ve Orta Triyas - Liyas yaşlıdır (Poisson, 1977; Ersoy, 1989, 1990). Dutdere Gri-Bej Kristalize Kireçtaşları (Burdur) üzerinde yapılan fiziksel ve mekanik incelemeler, kireçtaşının levha haline gelebildiği ve iyi cila alabildiği bu nedenle mermer olarak değerlendirilebileceği sonucunu doğurmuştur.

Geç Miyosen - Erken Pliyosen yaşlı (Sözbilir, 1994) kilitaşı, ince kumtaşı, killi kireçtaşı ve travertenden oluşan istifin bir parçası olan Ballık Boğazı Travertenleri (Kaklık - Denizli) renk ve dokusal özellikleri bakımından iki ana kısımda incelenmiştir; Bunlardan birincisi bu çalışmada incelenen numuneleri kapsayan; 1-3 m tabaka kalınlığı veren, sıkı dokulu, sert, az gözenekli ve çakıllı olup ocaklarda yaklaşık 200 m kalınlık veren ve büyük blok vermesi dolayısıyla mermercilik sektöründe kullanılan kısımdır. Diğeri ise; gevşek ve gözenekli dokuya sahip, bej-krem ve sarı renklerde, taneli yapıda dayanımsız olup çimento sektöründe kalker hammaddesi olarak kullanılmaktadır.

Son olarak Üst Kretase yaşlı orta-kalın tabakalı, koyu gri - krem renkli, bol çatlaklı, sığ ve neritik ortamı temsil eden otokton özellikli Beydağları istifinin üst seviyelerinde gözlenen dolomitik kireçtaşları ile Üst Triyas yaşlı, grimsi siyah renkli, orta-kalın katmanlı, sık erime boşluklu Kuyubaşı Dolomiti' nden (Dumont ve Kerey, 1975; Yalçınkaya vd., 1986) alınan numunelerin incelendiği Aliköy çevresi Dolomitik Kireçtaşları (Isparta)' nın, çok fazla kırık ve çatlak sistemine sahip olup blok alınamayacağından ve yapılan deneylerin uygun sonuçlar vermemesinden dolayı mermer sektöründe değerlendirilmeye uygun olmadığı görülmüş, sahalarda faaliyet gösteren kırmataş ve kum ocakları, bölgedeki doğal taşların inşaat sektöründe hammadde olarak ve dolgu, stabilize malzeme, mıcır, sıva yapımında kullanıma açıldığını göstermektedir.

Söz konusu bölgelerden alınan kayaç numunelerinin tip, yaş ve litoloji gibi fiziksel, jeolojik, mineralojik ve petrografik özellikleri Tablo 1' de verilmiştir.

### 3. Metod

Mermer ve yapıtaşı olarak kullanımının araştırılması için bu çalışmada bahsi geçen magmatik ve sedimanter kökenli kayaçların görünür porozite, gözeneklilik oranı gibi fiziksel özellikleri TS EN 1936 standardına uygun olarak belirlenmiştir.

Ayrıca, numuneler üzerinde TS EN 14579 deney standardına uygun olarak P-dalga hızı ve TS EN 1926 standardına göre tek eksenli basınç dayanımı deneyi yapılmıştır. Deneylerde Süleyman Demirel Üniversitesi (SDÜ) Pomza Araştırma Merkezi, SDÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Laboratuvarı ve P-dalga hızı ölçümleri için SDÜ Maden Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarındaki cihazlardan faydalanılmıştır.

### 4. İncelenen Mermer ve Yapıtaşı Sahalarının Fiziko-Mekanik Özellikleri

Yapılan deney ve ölçüm sonuçlarına göre magmatik kayaçların tek eksenli basınç değerleri karbonatlı kayaçlara göre daha yüksek bulunmuştur. Magmatik

kayaçlar içinde en yüksek dayanım değerini 177,18 MPa ile Alanya Diyabazı gösterirken karbonatlı kayaçlar içinde Isparta Balkırı Kireçtaşı 141,30 MPa ile en yüksek değeri vermiştir.

Sedimanter kökenli kayaçlara nazaran yüksek poroziteye sahip diyabaz ve andezitlerde ölçülen P-dalga hızı değerleri ise gözenekliliğe bağlı olarak daha düşük olup en yüksek P-dalga hızı değeri 4,939 km/s ile % 6,01 gözeneklilik oranına sahip olan Alanya Diyabazı' nda gözlenmiştir. Yine sedimanter kayaçlar içinde düşük poroziteye sahip olan (% 1,09) Isparta Balkırı Kireçtaşı, 6,516 km/s P-dalga hızı ile en yüksek sismik hız değerini vermiş olup ayrıca karbonatlı kayaçlarda birim hacim ağırlığı arttıkça gözeneklilik azalmakta ve buna bağlı olarak ta P-dalga hızlarında artış gözlenmektedir (Çizelge 2).

### 5. Tartışma ve Sonuç

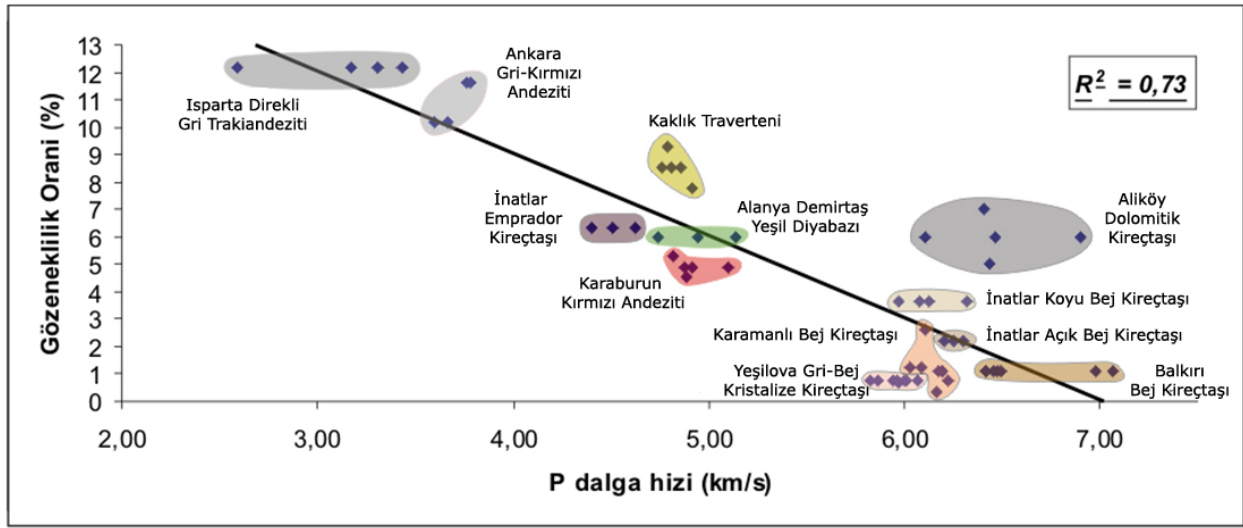
Bu çalışmada, İç ve Batı Anadolu Bölgelerinde yer alan mermer, dekoratif taş ve yapıtaşı piyasasında ekonomik olarak yer edinmiş, Triyas, Jura, Kretase ve ağırlıklı olarak Tersiyer yaşlı magmatik ve tortul kökenli birimlerden alınan 58 adet kayaç örneğinin P-dalga hızı (Vp) değerleri ölçülmüş, ölçülen bu değerler kayaçların gözeneklilik oranı (n) ve görünür porozite (Sh) gibi fiziksel, tek eksenli basınç dayanımı ( $\sigma_c$ ) gibi mekanik özellikleri ile karşılaştırılmıştır.

İncelenen diyabaz, andezit, trakiandezit gibi magmatik kayaçlarda birim hacim ağırlığı düştükçe gözeneklilik artmakta buna bağlı olarak P-dalga hızı azalmaktadır. P-dalga hızı azaldığında tek eksenli basınç dayanımında da düşme olduğu belirlenmiştir. Farklı bölgelerden alınan andezitler gözeneklilik bakımından kendi içinde farklılık göstermektedir (Şekil 2).

Magmatik kayaçlar içinde en yüksek P-dalga hızı değeri 4,939 km/s ile sert, homojen yapı, kloritleşmiş feldspatlar içeren Alanya Yeşil Diyabazı' na ait olup aynı zamanda 177,18 MPa ile en yüksek dayanım değerine sahiptir. Erken Miyosen dönemi Kocadağ Volkaniklerine (İzmir) ait porfirik dokulu Kırmızı Andezitler, ortalama gözeneklilik oranı % 4,90, P-dalga hızı ve basınç dayanım değerleri ise sırası ile 4,919 km/s ve 136,15 MPa olmasına karşılık % 10,90 gözeneklilik oranına sahip porfirik dokulu yer yer pembemsi alterasyon izleri gösteren Üst Miyosen yaşlı Tekke Volkaniklerine ait Gri-Kırmızı Andezitlerin ise P-dalga hızı ve basınç dayanım değerleri sırası ile 3,703 km/s ve 56,25 MPa' dır. Karbonatlı kayaçlarda P-dalga hızı değerleri arttıkça tek eksenli basınç dayanımlarında da artışların olduğu saptanmıştır. Sedimanter kökenli kayaçlar içinde sert, kalsit damarlı, yer yer dolomitik, beyazımsı Balkırı Bej Kireçtaşlarında en yüksek P-dalga hızı (6,516 km/s) ve dayanım değeri (141,30 MPa) belirlenmiştir. İncelenen tüm tortul kayaçlar arasında ve İnatlar kireçtaşı (Bursa)' ndan alınan açık - koyu bej renkli

**Tablo 2.** Çalışmada kullanılan kayaçların fiziko-mekanik özellikleri

Kayaç	Nu m. Sayı sı	Birim Hacim Ağırlığı	P-dalga hızı	Görünür porozite	Gözeneklilik oranı	Tek eksenli basınç dayanımı
		(gr/cm <sup>3</sup> )	Vp (km/s)	S <sub>n</sub> (%)	n (%)	σ <sub>c</sub> (MPa)
Alanya Demirtaş Yeşil Diyabazi	3	2,78	4,939	3,25	6,01	177,18
Karaburun Kırmızı Andeziti	5	2,52	4,919	1,64	4,90	136,15
Isparta Direkli Gri Trakiandeziti	4	2,36	3,124	7,73	12,17	83,71
Ankara Gri-Kırmızı Andeziti	4	2,24	3,703	9,99	10,90	56,25
Karamanlı Bej Kireçtaşı	5	2,67	6,121	0,96	1,24	43,61
İnatlar Açık - Koyu Bej Kireçtaşı	10	2,65	5,678	1,86	4,02	58,83
Balkırı Bej Kireçtaşı	9	2,70	6,516	0,46	1,09	141,30
Yeşilova Gri - Bej Kristalize Kireçtaşı	8	2,68	5,955	0,73	0,72	89,66
Kaklık Traverten	5	2,44	4,825	2,30	8,51	51,14
Aliköy Dolomitik Kireçtaşı	5	2,71	6,461	0,22	6,00	75,48

**Şekil 2.** Ticari ve jeolojik isimlendirmelerine göre incelenen magmatik ve tortul kökenli kayaçların Gözeneklilik oranı / P-dalga hızı ilişkisi

örneklerle göre yine aynı yerden alınan ve ticari adı Emprador olarak bilinen kırılğan, yer yer karstik, genel itibarı ile masif yapıda, sarımsı, grimsi renkteki kireçtaşı % 4,5 ile en yüksek görünür porozite

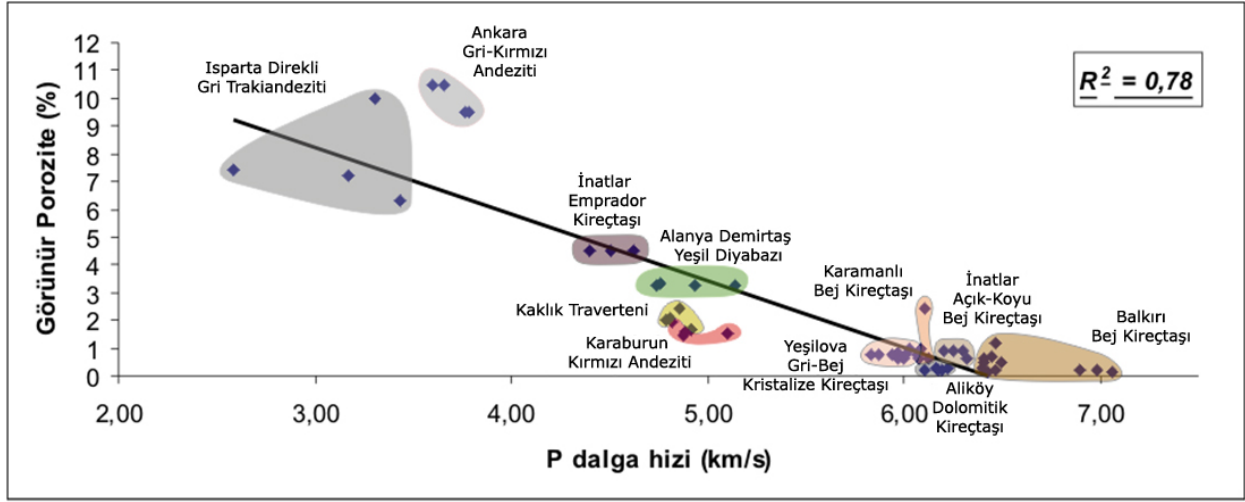
değerine sahip olmakla birlikte P-dalga hızı, basınç dayanım değeri ve gözeneklilik oranı sırası ile 4,512 km/s, 71,72 MPa ve % 6,33' tür. Buna karşılık benzer gözeneklilik oranına sahip (% 6,00) sık erime boşluklu dolomitik kireçtaşı (Isparta)'nın P-dalga hızı ve basınç dayanım değerleri sırası ile 6,461 km/s ve 75,48 MPa'dır. Bu durum, incelenen farklı kaya türlerinde gözenekliliğin yanı sıra mineraloji, doku, alterasyon ve

yapısal özelliklerin kayacın dayanım ve P-dalga hızı gibi özelliklerini ne kadar etkilediğini göstermektedir.

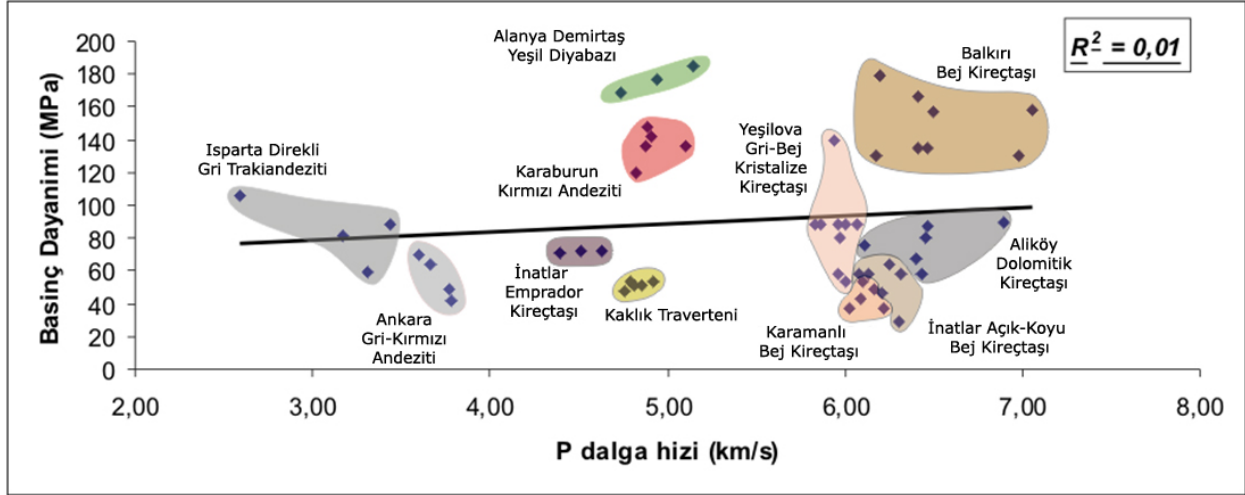
Farklı bölgelerden alınan kireçtaşı, kristalize kireçtaşı, traverten ve dolomitik kireçtaşı örnekleri en anlamlı ilişkiyi ( $R^2 = 0,78$ ) görünür porozite ile P-dalga hızı grafiğinde göstermiştir (Şekil 3).

Çalışma kapsamında incelenen sahalardan elde edilen değerler, tek eksenli basınç dayanımı ile P-dalga hızı arasında anlamlı bir ilişki bulunmadığını, buna karşılık magmatik kökenli kayaçların sediment kökenli olanlara oranla daha tutarlı sonuçlar verdiğini

göstermektedir (Şekil 4).



Şekil 3. Ticari ve jeolojik isimlendirmelere göre incelenen magmatik ve tortul kökenli kayaçların Görünür porozite / P-dalga hızı ilişkisi



Şekil 4. Ticari ve jeolojik isimlendirmelere göre incelenen magmatik ve tortul kökenli kayaçların Tek eksenli basınç dayanımı / P-dalga hızı ilişkisi

Benzer çalışmalar çeşitli araştırmacılar tarafından çalışılmış olup Babacan vd., 2012 Gümüşhane civarına ait çatlaklı ve tabakasız bir yapı gösteren bej renkli dolomitik kireçtaşı ve kristalize kireçtaşı örnekleri üzerinde çalışmış olup gözeneklilik, dayanım ve boyuna dalga (P-dalga) ilişkisini ortaya koymuşlardır. Çok düşük görünür porozite değerleri veren kireçtaşlarında bu azalmaya bağlı olarak P-dalga hızında artma görmüşler ve en anlamlı ilişkiyi ise tek eksenli basınç değeri ile P-dalga hızları arasında olduğunu ortaya koymuşlardır. Koca vd., 2001 ise otobreşik andezit ve andezitik tüfler üzerinde yaptıkları çalışmada çok düşük dayanım değerleri vermeleri ile birlikte andezitik kayaçlarda porozite arttıkça P-dalga hızlarının azaldığını göstermişlerdir.

## 6.Kaynaklar

Akyürek, B., Bilginer, E., Akbaş, B., Hepşen, N., Pehlivan, Ş., Sunu, O., Sosyal, Y., Dağ, Z., Çatal, E., Sözeri, B., Yıldırım, H., ve Hakyemez, Y., 1982. Ankara-Elmadağ-Kalecik dolayının jeolojisi: MTA, Derleme No. 7298 (yayınlanmamış).

Aygen, T., 1956. Balya bölgesinin jeolojisinin incelenmesi. MTA Yayınları, Seri D, No:11, Ankara.

Babacan, A.E., Ersoy, H., Gelişli, K., 2009. Determination of physical and mechanic properties of rocks with direct and indirect methods: A case study on the beige limestones in the Eastern Pontides, Proceedings of the 21st International Mining Congress and Exhibition of Turkey, Antalya, 123-130.

- Babacan, A.E., Ersoy, H., Gelişli, K., 2012. Kayaçların Fiziksel, Mekanik ve Elastik Özelliklerinin Ultrasonik Hız Tekniği ve Zaman - Frekans Analiziyle Belirlenmesi: Bej Kireçtaşları (KD Türkiye) Üzerine Örnek Bir Çalışma. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, Teknik Not. 36 (1) 2012
- Dumont, J.F. ve Kerey, E., 1975. Eğirdir Gölü Güneyinin Temel Jeolojik Etüdü, Türkiye Jeoloji Kurultayı Bülteni, Cilt:18, Sayı:2.
- Ersoy, H. and Kanık, D., 2012. Multicriteria decision-making analysis based methodology for predicting carbonate rocks' uniaxial compressive strength. Earth Science Research Journal Vol:16, No:1 : 65-74
- Ersoy, H., Bulut, F., 2009. Spatial and multi-criteria decision analysis based methodology for landfill site selection in growing urban regions. Waste Management and Research, 27(5):489-500
- Ersoy, Ş., 1989. Fethiye (Muğla) - Gölhisar (Burdur) Arasında Güney Dağı ile Kelebekli Dağı ve dolayının jeolojisi; İ.Ü. Fen Bil. Enst., Doktora Tezi, 246s.
- Ersoy, Ş., 1990. Batı Toros (Likya) naplarının yapısal öğelerin ve evriminin analizi: TBMMO. Jeol. Müh. Derg., 37, 5-16
- Helvacı, C., Ersoy, E.Y., Sözbilir, H., Erkül, F., Sümer, Ö., Uzel, B., 2009. Geochemistry and <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar geochronology of Miocene volcanic rocks from the Karaburun Penninsula: Implications for amphibole-bearing lithospheric mantle source, Western Anatolia. Journal of Volcanology and Geothermal Research 186 181-202.
- Kahraman, S., 2001. A correlation between P-wave velocity, number of joints and schmidt hammer rebound number, bit J rock Mech of Min Sei, 38, 729-773
- Karakuş, M., Kumral, M., Kılıç, O., 2005. Predicting elastic properties of intact rocks from index tests using multiple regression modelling, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 42, 2, 323-330
- Koca, M.Y., Yavuz, A.B., ve Kıncal, C., 2001. Andezitlerin Dış Mekan Kaplama Taşı Olarak Kullanımında Bergama Örneği. Türkiye III.Mermer Sempozyumu (MERSEM 2001) Bildiriler Kitabı 3-5 Mayıs 2001/Afyon
- Kurtuluş, C. ve Çakır, Ş., 2009. İzmit Formasyonu (Alt Triyas) Kumtaşlarının Fiziksel Özelliklerinin P-Dalga Hızı Ölçümleri ile Belirlenmesi. Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi, No: NİSAN 2009. ISSN 1302-0218
- Kurtuluş, C., Yazan, K., Üçkardeş, M. ve Turan, O.K., 2010. Kayalar İçinde Sismik P-Dalgasının Kırık Yoğunluğu ile Değişiminin İncelenmesi. Uygulamalı Yerbilimleri Sayı:2 (Ekim-Kasım 2010) 10-18
- Monod, O., 1978. Güzelsu-Akseki Bölgesindeki Antalya Napları üzerine açıklama (Orta-Batı Toroslar, Türkiye): Türkiye Jeol.Kur.Bült., 21, 27-29
- Özgül, N., 1983. Stratigraphy and tectonic evolution of the Central Taurid; Geology of the Taurus Belt, Proceedings Int. Sym., 26-29 September, Ankara-Turkey.
- Panzer, T.H., Christoforo, A.L., Cota, F.P., Borges, P.H.R. and Bowen, C.R., 2011. Ultrasonic Pulse Velocity Evaluation of Cementitious Materials, Chapter 17. Advances in Composite Materials - Analysis of Natural and Man-Made Materials, 572 pages, Publisher InTech, ISBN 978-953-307-449-8
- Poisson, A., 1977. "Recherdes Geologive Dansles Taurides Occidentales These Doct. d'Etat Orsoy, N 1902.
- Singh, T.N., Sharma, P.K., 2008. A correlation between P-wave velocity, impact strenght index, slake durability index and uniaxial compressive strength. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, Volume 67, 1, 17-22.
- Sözbilir, H., 1994. Kaklık (KD Denizli) Çevresindeki Mesozoyik - Tersiyer İstiflerinin Stratigrafisi ve Çökeltme Ortamları. Isparta, VIII Mühendislik Haftası Bil. Özetleri, Sayı. 3.
- Şenel, M. 1984. Discussion on the Antalya nappes. In: Geology of Taurus Belt Proceed. Int. Symposium (Tekeli, O. & Göncüoğlu, M.C., eds.), 41-51.
- Şenel, M., Serdaroğlu, M., Kengil, R., Ünverdi, M., Gözler, M.Z., 1983. "Teke Torosları Güneydoğusunun Jeolojisi" Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Dergisi, S.95-96, s.13-43. Ankara.
- Şengün, N., Altındağ, R., Koçcaz, C.E., 2009. Isparta yöresinde bulunan bazı mağmatik kökenli kayaçların kesilebilirlik analizi. DEÜ mühendislik fakültesi, Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt: 11 Sayı: 31 Yıl: 2009.
- TS EN 14579, 2006. Doğal Taşlar - Deney Metodları - Ses Hızı İlerlemesinin Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- TS EN 1926, Doğal Taşlar - Deney Metodları - Basınç Dayanımı Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 1936, Doğal Taşlar - Deney Metodları - Gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Türkecan, A., Ercan, T., Sevin, D., 1998. Karaburun Yarımadası' nın Neojen volkanizması. M.T.A. Genel Müdürlüğü, Jeoloji Dairesi Raporu, No:10185

Yalçınkaya, S., Engin, A., Taner, K., Afşar, Ö.P., Dalkılıç, H., Özgönül, 1986. Batı Torosların Jeolojisi: MTA Raporu, 7898.

Yalçınkaya, S., 1989. Isparta-Ağlasun (Burdur) dolaylarının jeolojisi, İ.Ü. Fen Bilim Enst. Doktora Tezi 176 s, İstanbul, (yayımlanmamış).