

İÇİNDEKİLER / CONTENTS

	Sayfa No
Necati YALÇIN, Yunus KAYIR, Sibel ERKA Aa2024 Alüminyum Alaşımına Uygulanan Yaşlandırma Yöntemlerinin İşlenebilirliğe Etkisinin Taguchi ve Anova ile Araştırılması Investigation of Effects of The Aging Methods Applied on Aa2024 Aluminum Alloys on Machinability With Taguchi and Anova.....	743-751
Ali ATES Gölyaka (Düzce) İmara Esas Yerleşim Alanındaki Zeminlerin SPT ve Sismik Hız Verileriyle Sıvılaşma Riskinin Araştırılması Assesment of Liquefaction Potential of Düzce (Gölyaka) Soils Using SPT and Shear Wave Velocity Under The Effect of Prospective Eartquake.....	753-763
Kemal YAMAN, Nuri BIÇAKÇI, Ali ÖZGEDİK Matkap Boyunun Delik Toleranslarına Etkisinin İncelenmesi Investigation of The Drill Length Effect on Hole Tolerances.....	765-775
Özlem Salih BİDECI, Rasim Cem SAKA, Alper BİDECI Physical Characteristics of Rubberized Concrete Including Granulated Waste Tire Aggregate Granüle Atık Lastik Agregası İçeren Kauçuk Betonunun Fiziksel Özellikleri.....	777-786
Yücel BÜRHAN, Resul DAŞ Akademik Ağlarda Yazar-Makale Bağlantı Tahmini: Co-Author Link Prediction in Academic Networks.....	787-800
Gökhan SÜRÜCÜ, Hasan Hüseyin GÜLLÜ, Özge BAYRAKLI, Mehmet PARLAK Enhancement in Photovoltaic Characteristics of CdS/CdTe Heterojunction CdS/CdTe Heteroekleminin Fotovoltaik Karakteristiğindeki Artışı.....	801-805
Ulay MATİK, Kübra TANATTI Sıcak Ekstrüze Edilmiş AA7075-SiC ₂ Kompozitlerin Tribolojik Karakteristiklerine Isıl İşlemin Etkisi Effect of Heat Treatments on Tribological Characteristics of Hot-Extruded AA7075-SiC ₂ Composites.....	807-814
Oktaç ADIYAMAN, Vedat SAVAŞ Yeni Bir Tip Düzlem Yüzey Taşlama Mekanizması ile Kesme Parametrelerinin Yüzey Pürüzlülüğüne (Ra) Etkisinin Araştırılması Investigation of the Effect of Cutting Parameters on Surface Roughness by a New Type of Plane Surface Grinding Mechanism (YTM).....	815-825
Çağrı MİNGÖLÜ, Ozan KARAHAN Meta-sezgisel Metotlar Kullanılarak Ekonomik Yük Dağıtım Probleminin Çözümü: <i>Grafiksel Kullanıcı Arayüzü Uygulaması</i> Solution of Economic Dispatch Problem Using Metaheuristic Methods: <i>Graphical User Interface Application</i>	827-835
Barış YILMAZ, Kazım ATMACA Efficiency of Irrigation Associations in Gediz Basin, Turkey Gediz Havzası Sulama Birliklerinin Etkinliği.....	837-842
Zehra URAL BAYRAK, Gökay BAYRAK A Smart Energy Management System Design for Residential Power Plants Evsel Güç Sistemleri için Akıllı Bir Güç Yönetim Sisteminin Tasarımı.....	843-849
Fatih KARİK, Adnan SÖZEN, Muhammed Mustafa İZGEÇ Rüzgâr Gücü Tahminlerinin Önemi: Türkiye Elektrik Piyasasında Bir Uygulama The Importance of Wind Power Forecasts: A Case Study in Turkish Electricity Market.....	851-861
Hüseyin Oktaç ERKOL Ters Sarkaç Sisteminin Yapay Arı Kolonisi Algoritması ile Optimizasyonu Optimization of an Inverted Pendulum System by the Artificial Bee Colony Algorithm.....	863-868
Nihat PAMUK Identification of Critical Values Based on Natural Ester Oils as Potential Insulating Liquid for High Voltage Power Transformers Yüksek Gerilim Güç Transformatörleri için Potansiyel Yalıtım Sıvısı Olarak Doğal Ester Yağlarına Dayalı Kritik Değerlerin Tespit Edilmesi.....	869-877
Latif Onur UĞUR Yapı Makinesi Satın Alımında Vikor Çok Kriterli Karar Verme Yönteminin Uygulanması Application of the VIKOR Multi-Criteria Decision Method for Construction Machine Buying.....	879-885
Mustafa Yavuz ÇELİK, Ahmet ŞAHBAZ İlcea (Kütahya) Bazaltının Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması Investigation of the Usability of İlcea (Kütahya) Basalt as Concrete Aggregate.....	887-898
Hasan OZCAN Comparison Of Particle Swarm And Differential Evolution Optimization Algorithms Considering Various Benchmark Functions Parçacık Sürüşü ve Diferansiyel Evrim Optimizasyonu Algoritmalarının Farklı Ölçü Fonksiyonları Kullanılarak Karşılaştırılması.....	899-905
Mesut ABUŞKA, Mehmet Bahattin AKGÜL, Volkan ALTINTAŞ Yutuca Plaka Üzerine Konik Yayların Yerleştirildiği Güneş Enerjili Hava Kollektörünün Bulanık Mantık ile Modellenmesi The Fuzzy Logic Modeling of Solar Air Heater Having Conical Springs Attached on the Absorber Plate.....	907-914
Hasan OZCAN, Sertac Samed SEYTOĞLU Comparative Thermodynamic Assessment of Various Super- and Trans-Critical Working Fluids for Low Temperature Power Generation Applications.....	915-921
Musa ATAR, Davut ŞAKACI, Hakan KESKİN Diyagonal Basma ve Çekme Kuvvetine Farklı Köşe Birleştirme Tekniklerinin Etkileri Impacts of Different Corner Joint Technical on Compression and Tensile Performances.....	923-932
Aysenur USLU, Kübra KIZILOĞLU, Selçuk Kürsat İŞLEYEN, Erkay KAHYA Okul Yeri Seçiminde Coğrafi Bilgi Sistemine Dayalı AHP-TOPSIS Yaklaşımı: Ankara İli Örneği Geographic Information System-Based AHP-TOPSIS Approach for School Site Selection: A Case Study for Ankara.....	933-943
Bekir ÇEVİK, Behçet GÜLENC, Ahmet DURGUTLU The Effects Of Critical Welding Parameters On Tensile-Shear Properties Of Friction Stir Spot Welded Polyethylene.....	945-951
Kasım SERBEST, Murat ÇİLLİ, Mustafa Zahid YILDIZ, Osman ELDOĞAN İmme Rehabilitasyonunda Kullanılabilecek Kablo ve Yay Tahrikli Giyilebilir Bir El Bileği Egzersiz Cihazı Tasarımı Design of a Cable and Spring-Driven Wearable Wrist Exercise Device for Stroke Rehabilitation.....	953-959
Mustafa Yavuz ÇELİK Afyonkarahisar Yöresi Tüflerinin Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Ultrases Dalga Hızı ile İlişkisinin İncelenmesi The Relationship of Physico-Mechanical Properties with Ultrasonic Wave Velocity of Afyonkarahisar Tufts.....	961-970
M. Bahadır ÖZDEMİR, Tayfun MENLİK, H. İbrahim VARIYENLİ, Levent SEVİN Bir Termik Santralin Performans Analizi ve Rehabilitasyon Metotları A Thermal Power Plant Performance Analysis and Rehabilitation Methods.....	971-978
Timuçin BARDAK, Selahattin BARDAK Prediction of Wood Density by Using Red-Green-Blue (RGB) Color and Fuzzy Logic Techniques Kırmızı-Yeşil-Mavi (KYM) Renk ve Bulanık Mantık Teknikleri Kullanılarak Odun Yoğunluğu Tahmini.....	979-984
Sinan SÖNMEZ Ultraviyole Flekso Mürekkeplerin Karboksimetil Selüloz ve Polivinil Alkol ile Kaplanmış Kartonların Basılabilirlikleri Üzerindeki Etkilerinin Karşılaştırılması Comparison of into the Effects of Ultraviolet Flexo Ink on Printability of The Paperboards Coated With Carboxymethyl Cellulose and Polyvinyl Alcohol.....	985-991
İbrahim AYDIN, Ferdi ENGİN Hydroxyapatite Coating on Ti6Al4V Alloy Surface Through Biomimetic Method Using Glycolic Acid - Sodium Gluconate Buffer System and Examination of Properties of the Coating Ti6Al4V Alaşımı Üzerine Biyomimetik Yöntemle Glikolik Asit - Sodyum Glukonat Tampon Sistemi Kullanılarak Hidroksiapatit Kaplanması ve Kaplama Özelliklerinin İncelenmesi.....	993-1001
Perihan DURMUŞ, Çiğdem BİLKAN, Mert YILDIRIM Effects of Fequency and Bias Voltage on Dielectric Propoities and Electric Modulus of Au/Bi ₄ Ti ₃ O ₁₂ /n-Si (MFS) Capacitors.....	1003-1008

Journal of Polytechnic

POLİTEKNİK DERGİSİ

VOLUME / CİLT 20 NUMBER / SAYI 4 DECEMBER / ARALIK 2017

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ / POLİTEKNİK DERGİSİ**

GAZI UNIVERSTY / JOURNAL OF POLYTECHNIC

<http://www.politeknik.gazi.edu.tr>**GAZİ ÜNİVERSİTESİ**

Politeknik Dergisi

Journal of Polytechnic

Sahibi / Owner
Prof. Dr. İbrahim USLAN
Rektör / Rector

Yayın Yönetmeni / Publishing Manager
Prof. Dr. **Adnan SÖZEN**
Dekan / Dean

Editör Yardımcısı / Associate Editor
Doç. Dr. M. Tolga ÖZKAN
Gazi Üniversitesi / Gazi University

Editör / Editor
Prof. Dr. **Adnan SÖZEN**
Gazi Üniversitesi / Gazi University

Editör Asistanı / Assistant Editor
Dr. Serhat KARYEYEN
Gazi Üniversitesi / Gazi University

YARDIMCI EDİTÖRLER/ASSOCIATE EDITORS

Prof. Dr. Jose Manuel Lopez-Guede, University of the Basque Country
Prof. Sanjeevikumar PADMANABAN, University of Johannesburg
Prof. Dr. Hilal KURT, Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Murat HOŞÖZ, Kocaeli Üniversitesi
Prof. Dr. Dilek KUMLUTAŞ, Dokuz Eylül Üniversitesi
Prof. Dr. Zafer TEKİNER, Gazi Üniversitesi
Prof. Dr. Hakan KESKİN, Gazi Üniversitesi
Doç. Dr. Murat YÜCEL, Gazi Üniversitesi
Doç. Dr. Bünyamin CİYLAN, Gazi Üniversitesi
Doç. Dr. Mustafa ÖZER, Gazi Üniversitesi
Doç. Dr. Ahmet DURGUTLU, Gazi Üniversitesi
Doç. Dr. Hamit SOLMAZ, Gazi Üniversitesi

YAYIN DANIŞMA KURULU/EDITORIAL ADVISORY BOARD

Abdullah KURT, Gazi Üniversitesi	M.Baki KARAMIŞ , Erciyes Üniversitesi
Abid ABU-TAIR, Berzeit University	Mahmood GHORANNEUISS, Azad University
Adel NASİRİ , University of Wisconsin Milwaukee	Metin GÜRÜ , Gazi Üniversitesi
Arcan DEREÇİOĞLU , Orta Doğu Teknik Üniversitesi	Metin İPEK , Sakarya Üniversitesi
Arif WANI, California State University	Murat HOSOZ, Kocaeli Üniversitesi
Ayhan ÖZÇİFÇİ , Karabük Üniversitesi	Mustafa AKTAŞ , Gazi Üniversitesi
Ayşe MURATHAN , Gazi Üniversitesi	Myung Hyun KİM , Kyung Hee University
Bekir Sami YILBAŞ , King Fahd University	Nadire Şule ATILGAN , Hacettepe Üniversitesi
Cevdet SÖĞÜTLÜ , Gazi Üniversitesi	Nizamettin KAHRAMAN, Karabük Üniversitesi
Derviş KARABOĞA , Erciyes Üniversitesi	Nobumasa Matsui, Nagasaki University
Engin ÖZDEMİR , Kocaeli Üniversitesi	Nusret AS, İstanbul Üniversitesi
Ercan ÖZGAN , Düzce Üniversitesi	Osman ISIKAN, Marmara Üniversitesi
Erol ARCAKLIOĞLU , TÜBİTAK	Peter LUND, Helsinki University of Technology
Farzollah MIRZAPOUR, University of Zanjan	Ramazan BAYINDIR, Gazi Üniversitesi
Halil İbrahim BAKAN , TÜBİTAK, MAM	Ramazan KURT, Bursa Teknik Üniversitesi
Halit KARABULUT, Gazi Üniversitesi	Ramazan YILMAZ, Sakarya Üniversitesi
Hani H.W.SAIT, King Abdulaziz University	Recep ÇALIN , Kırıkkale Üniversitesi
Hanifi SARAÇ , Yıldız Teknik Üniversitesi	Rodica MILICI, Stefan cel Mare Suceava University
Henryka Danuta STRYCZEWSKA, Politechnika Lubelska	Saffa B. RIFFAT, Nottingham University
Hüseyin AKILLI , Çukurova Üniversitesi	Saw Sor HEOH, INTI International University
Hüseyin EKİZ , Süleyman Şah Üniversitesi	Suat CANBAZOĞLU , İnönü Üniversitesi
Hüseyin Rıza BÖRKLÜ , Gazi Üniversitesi	Süleyman GÜNDÜZ , Karabük Üniversitesi
İbrahim DİNÇER , University of Ontario, Institute of Technology	Seyhan FIRAT, Gazi Üniversitesi
İbrahim SEFA , Gazi Üniversitesi	Sing LEE, Institute for Plasma Focus
İhsan KORKUT , Gazi Üniversitesi	Souad A.M.ALBATHI, International Islamic University of Malaysia
İlhami ÇOLAK , Gazi Üniversitesi	Şükrü DURSUN , Selçuk Üniversitesi
İlker USTA , Hacettepe Üniversitesi	Tayfun MENLİK , Gazi Üniversitesi
İshak KARAKAYA , Orta Doğu Teknik Üniversitesi	Turgay AKBULUT, İstanbul Üniversitesi
İsmail AYDIN , Karadeniz Teknik Üniversitesi	Ulvi ŞEKER , Gazi Üniversitesi
Jamal KHATIB, University of Wolverhampton	Ülkü SAYIN , Selçuk Üniversitesi
Jerzy Smardzewski, Ponzan University	Yakup İÇİNGÜR , Gazi Üniversitesi
John KINUTHIA, University of South Wales	

Cilt /volume : 20	Sayı / number : 4	Aralık/ December : 2017
Politeknik Dergisi Gazi Üniversitesi tarafından yılda dört sayı olarak yayınlanmaktadır / Journal of Polytechnic has been published four issues per year by Gazi University		

BU SAYIYA (CİLT 20 SAYI 4) KATKI VEREN HAKEMLER	
Abdulkadir GÜLLÜ	İhsan TOKTAŞ (2 kez)
Ahmet DEMİR	İlhami DEMİR
Ahmet ÖZDEMİR	Kıvanç BAŞARAN
Alperen TOZLU	Kürşad SEZER
Ayhan ÖZÇİFTÇİ	M. Tolga ÖZKAN
Bahar ASLAN	Mahmut İZCİLER
Diyar AKAY (2 kez)	Mehmet AKCAYOL
Erdal IRMAK	Mehmet ATAK
Erdoğan KÖSE	Muhammet YILDIRIM
Ermedin TOTİÇ	Mustafa ALTINOK
Erol KURT	Mustafa BİLİCİ
Fatih Emre BORAN (2 kez)	Mustafa BOZ
Fatih YAPICI	Mustafa BURUNKAYA
Fethi DAĞDELEN	Mustafa GÜNAY
Fırat KAFKAS	Mustafa İLBAŞ (3 kez)
Fulya ASLAY	Mürsel ERDAL
Gökhan GÖKMEN	Necmi ALTIN (2 kez)
Gülser ACAR DONDURMACI	Nihat IŞIK
H. Mehmet ŞAHİN	Nursel ALTAN ÖZBEK
Hakan ALTUNAY	Osman ŞİMŞEK
Hakan KESKİN	Ramazan BAYINDIR
Hakan YAVUZ	Recep BİRGÜL
Halil DEMİR (2 kez)	Salih YAZICIOĞLU (2 kez)
Halil KIRNAK	Suat CANBAZOĞLU
Hanifi ÇİNİCİ	Tayfun MENLİK
Hasan YILDIZ	Volkan KILIÇLI
İbrahim ATILGAN (2 kez)	Yılmaz ARUNTAŞ
İbrahim ÇİFTÇİ	Yusuf BİÇER
İhsan ALP (2 kez)	Zafer TEKİNER

<p>Yazışma Adresi / Correspondence Address :</p> <p>Politeknik Dergisi Editörlüğü Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Tanıtım ve Yayın Müdürlüğü 06500 Teknikokullar ANKARA -TÜRKİYE</p> <p>Tel : 0312-202 34 12 Fax : 0312-212 00 59 Elektronik Posta Adresi / e-mail : politeknik@gazi.edu.tr</p>
--

<p>Teknik Sorumlu / Technical Manager: Erdem ÇİFTÇİ</p> <p>Dizgi / Compositor: İdris ÖZÇELİK</p>
--

<p>Baskı / Printing : Gazi Üniversitesi Matbaası / Printing Unit of Gazi University</p>



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://www.politeknik.gazi.edu.tr/index.php/PLT/index>

Afyonkarahisar yöresi tüflerinin fiziko-mekanik özelliklerinin ultrases dalga hızı ile ilişkisinin incelenmesi

The relationship of physico-mechanical properties with ultrasonic wave velocity of Afyonkarahisar tuffs

Yazar(lar) (Author(s)): Mustafa Yavuz ÇELİK

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Çelik M. Y., "Afyonkarahisar yöresi tüflerinin fiziko-mekanik özelliklerinin ultrases dalga hızı ile ilişkisinin incelenmesi", *Politeknik Dergisi*, 20(4): 961-970, (2017).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.gov.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.369111

Afyonkarahisar Yöresi Tüflerinin Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Ultrases Dalga Hızı ile İlişkisinin İncelenmesi

Araştırma Makalesi / Research Article

Mustafa Yavuz ÇELİK

Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Meslek Yüksek Okulu, Doğal Yapıtaşları Teknolojisi Programı, Ali Çetinkaya Kampüsü, 03100, Afyonkarahisar

(Geliş/Received : 24.10.2016 ; Kabul/Accepted : 14.01.2017)

ÖZ

Yoğunluk, porozite, su emme, ultrases dalga hızı, tek eksenli basınç dayanımı, eğilme dayanımı yapı taşı olarak kullanılan kayaçların önemli özelliklerindedir. Bu çalışmada, yapı taşı olarak kullanılan dört farklı volkanik tüfün fiziko-mekanik özellikleri laboratuvarında belirlenmiş ve P-dalga hızı ile ilişkisi incelenmiştir. Test sonuçlarının regresyon analizi ile incelenmesi sonucunda tüm tüf örneklerinin fiziko-mekanik özellikleri ve P-dalga hızları arasında, önemli ilişkiler olduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar P-dalga hızlarının, porozite ve su emme değerlerine bağlı olarak azaldığını, yoğunluk, tek eksenli basınç dayanımı ve eğilme dayanımının artışına bağlı olarak da önemli oranda arttığını göstermiştir. P-dalga hızları ile fiziko-mekanik özellikler arasında en iyi korelasyon ilişkisi Seyitgazi tüflerinde 0,9824 ile tek eksenli basınç dayanımı, Döğer tüflerinde 0,895 ile yoğunluk, 0,9798 ile porozite ve Ayazini tüflerinde 0,9824 ile ağırlıkça su emme değerleri arasında elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapı taşı, tüf, ultrases dalga hızı, fiziko-mekanik özellikler.

The Relationship of Physico-Mechanical Properties with Ultrasonic Wave Velocity of Afyonkarahisar Tuffs

ABSTRACT

Density, porosity, absorption water, ultrasonic pulse velocity, uniaxial compressive strength, flexural strength is important properties of rocks which are used as building stones. In this study, the physico-mechanical properties of four volcanic tuff rock types were determined in the laboratory and correlated with P-wave velocity. Test results were indicated by simple regression analysis, good correlations were found between physico-mechanical properties and P-wave velocity of the all tuff samples. The results show that the directly proportional decrease in porosity and water absorption by weight have some great significance in increase of the P-wave velocities while it rises with increasing density, uniaxial compressive strength and flexural strength data of the tested tuff stones. The best regression coefficient is obtained between P-wave velocities with density in the correlation coefficient of 0,895 for Döğer tuff, with porosity 0,9798 for Döğer tuff, with water absorption by weight 0,8555 for Ayazini tuff, with uniaxial compressive strength 0,9824 for Seyitgazi tuff.

Keywords: Building stone, tuff, ultrasonic wave velocity, physico-mechanical properties.

1.GİRİŞ (INTRODUCTION)

Antik dönemlerden beri yapıtaşı olarak kullanılan doğal taşların en önemlilerinden birisi de tüflerdir. Anadolu'da; Hitit, Eski Yunan, Roma, Bizans, Selçuklu ve Osmanlı uygarlık dönemlerine ait tarihi eserlerde de tüflerin kullanıldığı görülmektedir. Bu eserlerin inşasında kullanılan doğal taşların elde edildiği taş ocaklarından bazıları halen çalışmaktadır. Anadolu Selçuklu döneminde, daha çok Orta ve Doğu Anadolu'daki tüflerle, ünlü medreseler, camiler, türbeler, kervansaraylar inşa edilmiştir. Özellikle Orta Anadolu'da çeşitli şehirlerde renkli ve volkanik tüflerden

yapılan eserler, günümüzde de işlevlerini sürdürmektedir [1].

Selçuklu ve Osmanlı Dönemi yapıları ile tarihi dokunun yaşatıldığı, Anadolu'daki Türk kültürünü yansıtan önemli eserlerin bulunduğu illerden birisi de Afyonkarahisar'dır. Afyonkarahisar'da, günümüze kadar gelebilene cami, medrese, köprü ve han gibi genel kullanıma açık tarihi yapıların yanı sıra, çeşme, hamam, bent ve su kemeri gibi su mimarisi yapıları da önemli bir yer tutmaktadır. Bu tarihi yapıların birçoğunda Ayazini ve Seydiler tüfleri kullanılmıştır [2].

Tüfler, volkanik kökenli sedimanter oluşumlardır. İyi pekişmemiş tüfler, zaman içerisinde bol gözenekli yapısı nedeniyle, diğer doğal taşlara göre daha çabuk ayrışmaktadır. Tüfler değişik oranlarda, cam parçaları

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : mycelik@aku.edu.tr

(pümis, cam), kristaller ve kayaç parçaları (litik) gibi üç farklı bileşenden oluşmaktadır [3]. Tüflerin dayanımı, bileşimde yer alan minerallere, boşluk miktarına, kimyasal bileşimine ve camsı madde içeriğine göre değişmektedir. Tüfler ocaktan çıkarıldığında bir miktar doğal nem içeriğinden dolayı kolay şekillendirilmektedir. Yapıtışı olarak kullanılacak tüfler hemen kullanılmaz, işlendikten sonra açık havada kurumaya bırakılır ve bu süreçte sağlam kalanlar kullanılır. Önemli yapılarda yapıtaşı olarak kullanılacak kayaçların kullanıldığı yerde deformasyona uğramamaları için kullanılmadan önce birtakım tekniklerle denetlenmesi gerekmektedir.

20 kHz'in üzerindeki sesler ultrases olarak adlandırılır. Ultrases teknikler, uzun yıllardır madencilik ve jeoteknik uygulamalarda kullanılmaktadır. Bunlar, kayaçların dinamik özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan jeofizik ve laboratuvar çalışmalarıdır. Bu teknikler, uygulama kolaylığı ve malzemenin örselenmemesinden dolayı, çeşitli mühendislik çalışmalarında kullanılmaktadır. Kaya kütle deformasyonu ve basıncının tahmini, yeraltı açıklıklarının etrafında gelişmiş çatlak zonlarının büyüklüğü (uzunluğu), kayacın su içerme derecesinin saptanması ve çatlak kaya kütle karakteristiği sismik tekniklerin uygulandığı diğer bazı uygulamalardır [4].

Kayaçların fiziko-mekanik özellikleriyle, P-dalga hızları arasında yakın ilişkiler olduğu bilinmektedir. Del Río vd. [5], İspanya'daki granitlerin fiziko-mekanik özellikleri ile ultrases dalga yayılma hızları arasındaki ilişkiyi regresyon analizi ile incelemişlerdir. Kahraman [6], 11 magmatik, 15 sedimanter ve 15 metamorfik olmak üzere toplam 41 çeşit kayaç örneğinde kuru halde ve suya doygunluk derecesinin bir fonksiyonu olarak değişen P-dalga hızını incelemiştir. Sáez-Pérez ve Rodríguez-Gordill [7], Macael (Almería, İspanya), mermerlerindeki yapısal süreksizlikleri ultrases dalgalar kullanarak belirlemişlerdir. Kahraman ve Yeken [8], 14 değişik karbonatlı kayacın fiziko-mekanik özellikleriyle P-dalga hızları arasında çok kuvvetli ilişkilerin bulunduğunu ortaya koymuşlardır. Sharma ve Singh [9], 7 farklı kayaç örneği üzerinde yaptıkları laboratuvar çalışmalarında P-dalga hızları ile darbe dayanım etkisi ve dağılmaya karşı dayanıklılık indeksi arasında ampirik bağıntılar geliştirmişlerdir. Fener [10], 9 farklı kayaç örneğinden 6 farklı çapta karot örneği kullanarak P-dalga hızlarının boyuta göre değişimini incelemiştir. Büyük çaplı örneklerde P-dalga hızının arttığı gözlenmiştir. Bunların yanı sıra birçok yazar yine aynı şekilde kayaçların mekanik özellikleri ile P-dalga hızının yayılması arasında yakın ilişki olduğunu tespit etmiştir [11-17].

Volkanik tüflerin, kolay kesilip şekillendirilebilme özelliğinden dolayı yerel olarak yapılarda değişik amaçlar için kullanımı gittikçe artmaktadır. Tüfler düşük maliyetli yapı malzemesidir. Özellikle gözenek miktarı, basınç dayanımı ve su emme miktarı gibi fiziksel özellikler, tüflerin kullanımını doğrudan etkileyen parametrelerdir. Bu makalede, Afyonkarahisar yöresinde

yapıtışı olarak kullanılan 4 farklı tüfün fiziko-mekanik özelliklerinin ultrases dalga hızı ile ilişkisi incelenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIAL and METHOD)

2.1. Materyal (Material)

Deneylerde, Afyonkarahisar yöresinde yapıtaşı olarak kullanılan Ayazini, Seydiler, Seyitgazi ve Döğer tüfleri kullanılmıştır. Bu tüf örneklerinin alındığı taş ocaklarının lokasyon haritası Şekil 1'de verilmiştir. Örneklerin alındığı Ayazini, Seydiler ve Döğer ocaklarında insan gücüne dayalı üretim yöntemi kullanılırken Seyitgazi tüf ocağında mekanik üretim yöntemi kullanılmaktadır. Bu ocaklara ait resimler Şekil 2'de verilmiştir. Her bir ocaktan ortalama 50x25x25 cm boylarında alınan bloklardan, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Meslek Yüksekokulu Mermer Atölyesinde, deneyler için standartlarda öngörülen boyutlarda örnekler (70x70x70 mm) elde edilmiştir.

2.2. Yöntem (Method)

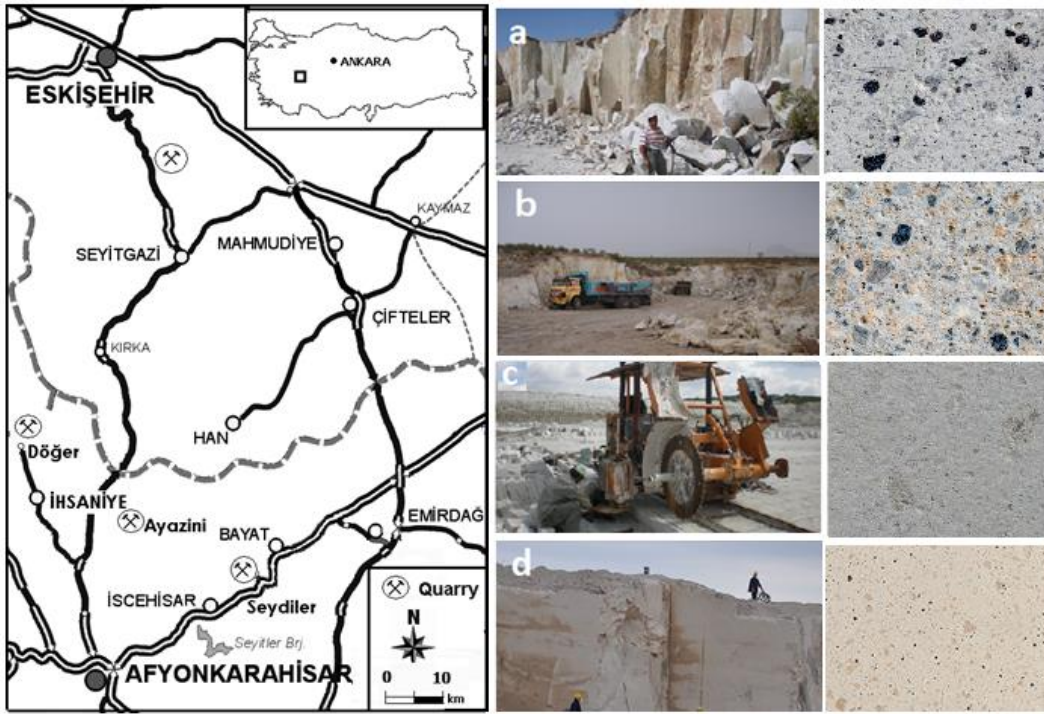
Deneylerde kullanılan tüflere kimyasal, fiziksel ve mekanik deneyler uygulanmıştır. Fiziksel ve mekanik deneyler TS ve TS EN standartlarına göre yapılmıştır. Tüflerin kimyasal analizi Afyon Kocatepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Doğaltaş Analiz Laboratuvarında Rigaku/ZSX Primus II marka XRF cihazı ile yapılmıştır. Fiziksel ve mekanik deneylerde Afyon Kocatepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Doğaltaş Analiz Laboratuvarında bulunan cihazlar kullanılmıştır. Fiziksel ve mekanik deneylerde kullanılan standartlar ve örnek özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Ultrases geçiş hızı deneyleri TS EN 14579 [18] (Turkish Standart European Norms) standardına göre yapılmıştır. Tüflerin ultrases geçiş hızı ölçümleri, Afyon Kocatepe Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü Doğaltaş Araştırma Laboratuvarında bulunan Ele marka Ultrases test cihazı (P-dalgası) ile yapılmıştır (54 kHz). Deneylerde her bir tüf cinsi için 6'şar adet 7x7x7 cm boyutlarında örnekler kullanılmıştır. Örneklerin iki yüzeyi arasındaki mesafe kumpas yardımıyla ölçülmüş, ölçüm yapılacak yüzeylerde hava boşluğunun kalmaması için özel yağ ile pürüzsüz olması sağlanmıştır. Propların (verici-alıcı) arasına numune yerleştirilerek aynı hizaya getirilmiş ve cihaz çalıştırılmıştır. Cihazdaki okunan değer kaydedilmiş ve ultrases geçiş hızı değerleri denklem (1) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$V = \frac{L}{t} \quad (1)$$

Burada; V: Ultrases geçiş hızı (m/sn), L: Yüzeyler arası mesafe (cm), t: Dalganın numuneden geçiş süresi (sn).

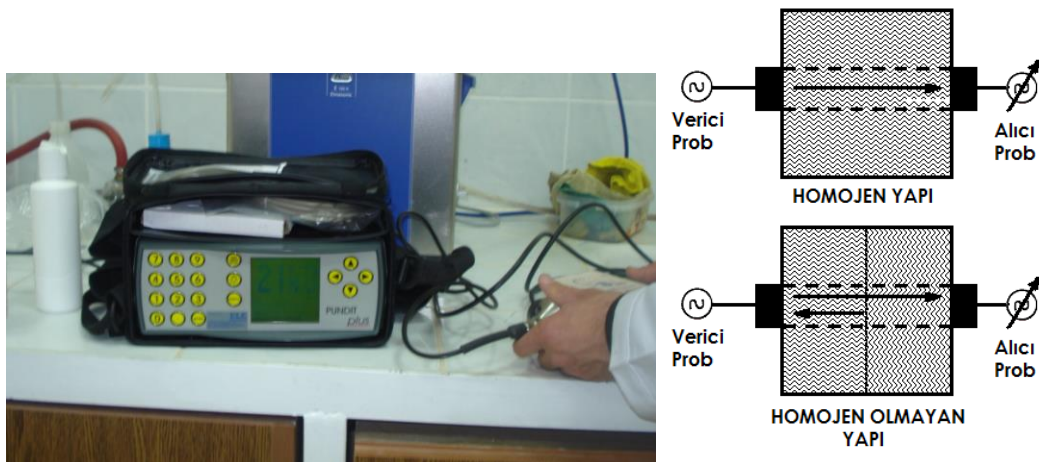
Sesin geçiş hızı taşın yoğunluğuna, gözenekliliğine ve çatlaklı yapısına bağlı olarak değişmektedir. Taşın yoğunluğu düşük ve bünyesinde gözenekli yapı ve çatlaklar var ise sesin geçiş hızı da bunlara bağlı olarak düşük olmaktadır (Şekil 2). Donma-çözülme deneyleri TS EN 12371 [23]'e göre yapılmış olup her bir tüf örneğine 25 donma-çözülme çevrimi uygulanmış ve malzeme kaybı % olarak hesaplanmıştır.



Şekil 1. Deneylerde kullanılan tuf örneklerinin alındığı ocakların lokasyon haritası ve tuf örneklerinin görünümü. a: Ayazini, b: Seydiler, c: Seyitgazi, d: Döğer. (Location map of the tuffs used in the experiments, a: Ayazini, b: Seydiler, c: Seyitgazi, d: Döğer.)

Çizelge 1. Fiziko mekanik testlerde kullanılan örnekler ve ilgili standartlar. (* her bir tuf için) (Sample sizes and numbers for physico-mechanical tests and related standards)

Testler	Boyut (mm)	Örnek	Toplam	İlgili standart
Yoğunluk (g/cm^3)	70x70x70	6x4*	24	TS EN 1936 [19]
Ağırlıkça Su Emme (%)	70x70x70	6x4*	24	TS EN 13755 [20]
Hacimce Su Emme (%)	70x70x70	6x4*	24	TS EN 13755 [20]
Porozite (%)	70x70x70	6x4*	24	TS EN 1936 [19]
Ultrases Dalga Hızı ($km\ s^{-1}$)	70x70x70	6x4*	24	TS EN 14579 [18]
Basınç Dayanımı (MPa)	70x70x70	6x4*	24	TS EN 1926 [21]
Eğilme Dayanımı (MPa)	360x60 x60	6x4*	24	TS EN 12372 [22]
Donma Çözülme (Don Kaybı) (%)	70x70x70	6x4*	24	TS EN 12371 [23]



Şekil 2. Ultrases geçiş hızının kayacın yapısal özelliklerine göre şematik gösterimi ve ölçümü. (Schematic representation and measurement of ultrasound transit speed according to the structural properties of the rock)

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE SONUÇLARIN İRDELENMESİ (EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSIONS)

3.1. Tüflerin Kimyasal Analizleri (Chemical Analysis of Tuffs)

Ayazini, Seydiler, Döğer ve Seyitgazi tüflerine ait kimyasal analiz sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir. Tüflerin en büyük bileşeni SiO_2 olup %67,2 ile 73,50 arasında değişmektedir. Diğer bileşenler normal sınırlarda olup sadece Seydiler tüfünün ateş yayıtı diğerlerine göre daha azdır. Kimyasal analiz verilerine göre tüflerin kökenini bulmak amacıyla Le Bas, vd. [24] tarafından önerilen toplam alkali ve silis diyagramı kullanılmıştır. Ayazini, Seydiler ve Döğer Tüflerinin kimyasal analiz sonuçları, Le Bas, vd. tarafından önerilen toplam alkali ve silis diyagramına göre, riyoitik bileşimli olduklarını göstermektedir. Seyitgazi tüfleri ise trakitik bileşimlidir (Şekil 3).

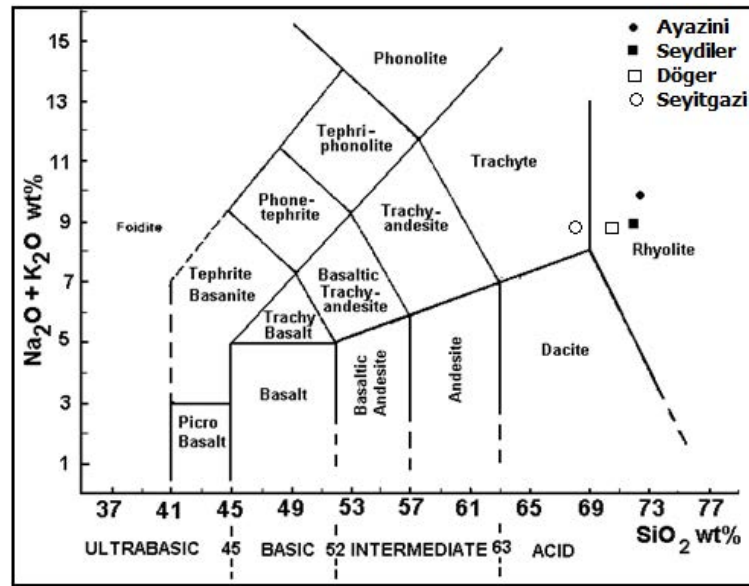
3.2. Tüflerin Fiziko-mekanik Özellikleri (Mechanical and Physical Properties of the tuffs)

Kayaçların fiziko-mekanik özellikleri baraj, tünel, maden ocakları gibi büyük ölçekli maden ve inşaat mühendisliği uygulamalarında çok önemlidir. Aynı şekilde yapı taşı olarak kullanılacak doğal taşların da kullanım yerlerine göre belirli özellikleri taşınması gerekir. Kayaçların porozite, su emme ve yoğunluk gibi özellikleri, mekanik dayanımları ile ilişkilidir. Düşük yoğunluklu ve yüksek poroziteli kayaçlar genellikle daha dayanıksızdır.

Ayazini, Seydiler, Döğer ve Seyitgazi tüflerinin her birisinden 6 adet olmak üzere, ilgili standartlarda öngörülen ebatlarda örnekler kullanılarak, tüflerin fiziko-mekanik özelliklerini belirlemek amacıyla deneyler yapılmıştır. Deneylerde elde edilen verilerin minimum, maksimum ve ortalamaları Çizelge 3’de verilmiştir. Bu verilere göre en düşük yoğunluk $2,29 \text{ g/cm}^3$ ile Seyitgazi tüfüne, Döğer tüfüne $2,45 \text{ g/cm}^3$ ile en yüksek yoğunluğa

Çizelge 2. Tüflerin kimyasal analizleri [25-27] (Chemical composition of the tuffs)

Kimyasal bileşim (%)	Ayazini	Seydiler	Döğer	Seyitgazi
SiO_2	72,30	73,50	70,70	67,20
Al_2O_3	13,60	14,70	14,10	14,20
Fe_2O_3	1,43	0,52	1,48	1,31
MgO	0,12	0,11	0,13	1,15
CaO	1,02	0,85	0,97	1,16
Na_2O	2,29	3,78	2,16	1,87
K_2O	6,24	5,70	6,70	6,09
TiO_2	0,11	0,06	0,04	0,11
A.Z.	2,84	0,78	3,54	6,62
Top.	99,95	100,00	99,69	99,71



Şekil 3. Tüflerin toplam alkali içeriğine karşı silis diyagramında sınıflandırılması Le Bas, vd. [24]. Kesikli çizgi: Alkali-subalkali ayrımı Irvine ve Baragar [28]’e göredir. (Total alkali vs. silica classification diagram for the tuffs. Dashed line: alkaline-subalkaline division according to Irvine and Baragar (1971).

sahiptir. Bu değerlerin porozite ile doğrudan ilişkili olduğu da görülmektedir. Aynı şekilde en düşük yoğunluğa sahip olan Seyitgazi tufünün %44,6 ile en yüksek porozite değerine de sahip olduğu görülmektedir. Benzer bir ilişki de tek eksenli basınç dayanımı deneyleri sonuçlarında görülmektedir. Porozite miktarı en yüksek (%44,6) olan Seyitgazi tufünün basınç dayanımı değerleri (13,13 MPa) en düşük seviyede olmuştur. Porozite değerlerinin yüksek olması kayacın mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Tüflerin ultrases dalga hızı değerleri 1990 kms^{-1} ile 2675 kms^{-1} arasında ölçülmüştür. En yüksek değer Seydiler, en düşük değer ise Ayazini tüflerinde ölçülmüştür.

3.3. Tüflerin Fiziko-mekanik Özelliklerinin Ultrases Dalga Hızı ile İlişkisi (Relationship between ultrasound wave velocity and physico-mechanical properties of tuffs.)

Sismik teknikler genellikle kayaçların dinamik özelliklerini belirlemek ve karakterize etmek için

ve jeoteknik mühendisliğinde kullanılmaktadır. Kayaçlarda ultrases dalga hız değerini etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bunlar; kayaç cinsi, dokusu, tane boyutu ve şekli, porozitesi, yoğunluğu, su içeriği ve anizotropisidir. Anizotropik kayaçlarda dalga hızı; örneğin yönü ve geçiş mesafesi gibi faktörlerden etkilenebilmektedir. Bunların dışında ayrışma ve alterasyon zonları, eklem özellikleri (su, dolgu malzemesi, pürüzlülük, doğrultu, eğim vb.) gibi faktörler ultrases hız değerini etkileyen önemli parametrelerdir.

3.3.1. Tüflerin ultrases dalga hızı ile yoğunluk arasındaki ilişkiler (Relationship between ultrasound wave velocity and density of tuffs)

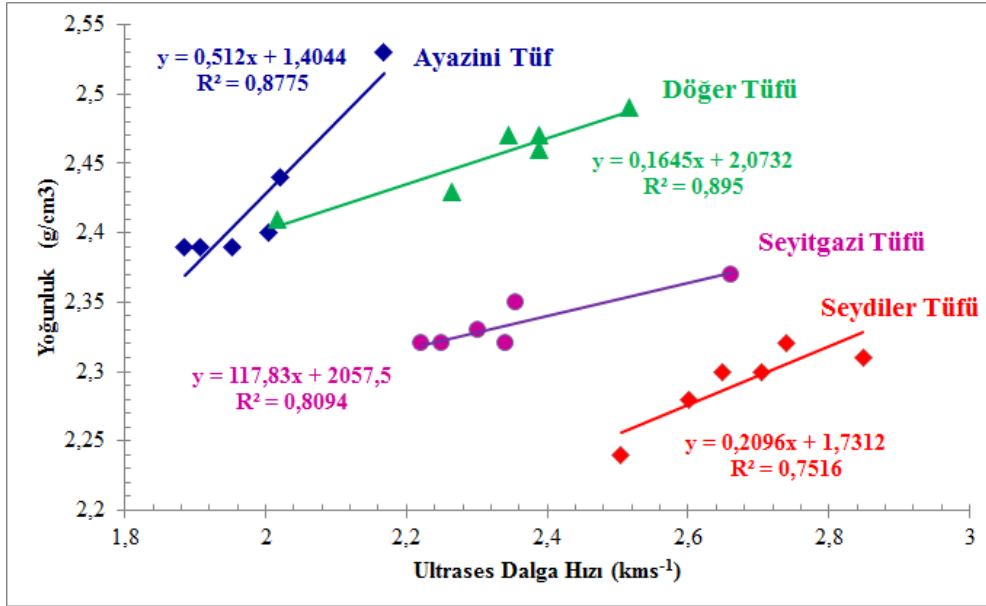
Tüflerin yoğunluk değerleri ile ultrases dalga hızı arasındaki ilişkilere ait grafikler Şekil 4'de verilmiştir. Korelasyon sonucunda kayaçların ultrases dalga hızları ile yoğunluk arasında ilişkiler doğru orantılı olup tüflerde yoğunluk arttıkça ultrases dalga hızı yayılımının da arttığı görülmektedir. Ultrases dalga hızı yayılımının

Çizelge 3. Tüflerin fiziko-mekanik özellikleri (Her bir deney için 6 örnek kullanılmıştır). (Averege physico-mechanical properties of tuffs (6 samples used in each experiment)).

Deneyler	Ayazini Tüfü			Seydiler Tüfü		
	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.
Yoğunluk (g/cm^3)	2,39	2,44	2,42	2,27	2,31	2,29
Ağırlıkça Su Emme (%)	16,73	17,18	16,93	17,93	19,56	18,51
Hacimce Su Emme (%)	26,59	27,42	27,00	23,68	25,24	24,21
Porozite (%)	34,30	39,50	37,30	33,60	38,70	36,00
Ultrases Dalga Hızı (kms^{-1})	1885	2168	1990	2505	2848	2675
Basınç Dayanımı (MPa)	21,61	23,68	22,21	17,14	20,76	19,07
Eğilme Dayanımı (MPa)	1,28	1,50	1,37	0,99	1,12	1,07
Don Kaybı (%)	0,073	0,349	0,192	0,166	0,346	0,248
Deneyler	Döğer Tüfü			Seyitgazi Tüfü		
	Min.	Max.	Ort.	Min.	Max.	Ort.
Yoğunluk (g/cm^3)	2,43	2,49	2,45	2,32	2,37	2,34
Ağırlıkça Su Emme (%)	22,29	22,99	22,49	22,26	23,25	22,60
Hacimce Su Emme (%)	32,91	33,82	33,30	28,60	29,60	29,08
Porozite (%)	38,77	42,85	41,06	44,05	45,17	44,60
Ultrases Dalga Hızı (kms^{-1})	2017	2517	2320	2222	2661	2355
Basınç Dayanımı (MPa)	19,56	24,19	21,22	12,39	14,59	13,13
Eğilme Dayanımı (MPa)	2,35	3,13	2,69	2,25	4,90	3,11
Don Kaybı (%)	0,52	2,78	1,46	1,24	1,93	1,50

kullanılır. Bu teknikler tahribatsız ve nispeten uygulaması kolay olduğundan, giderek daha çok jeolojik

artmasının en önemli sebebi ise porozite miktarının azalması olarak ifade edilebilir.



Şekil 4. Tüflerde ultrases dalga hızı ile yoğunluk arasındaki ilişkiler. (Relationship between ultrasound wave velocity and density in tuffs.)

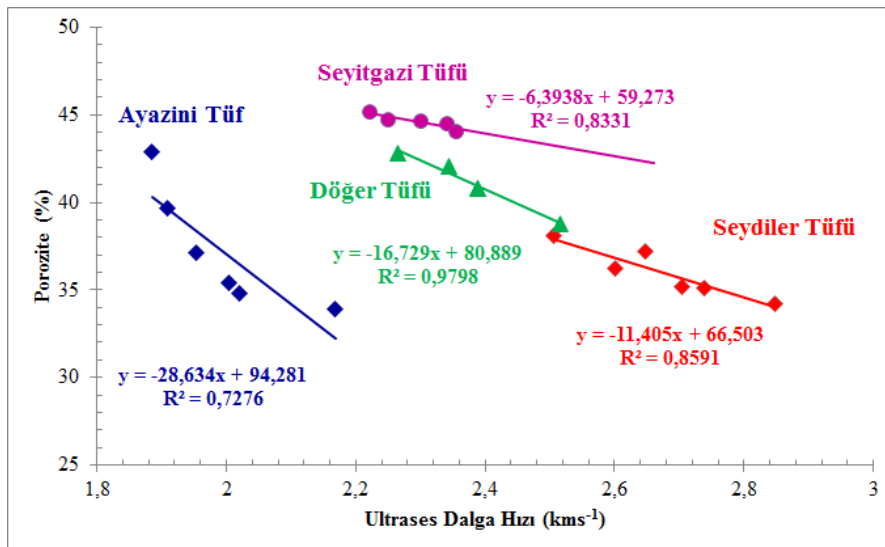
3.3.2. Tüflerin ultrases dalga hızı ile porozitesi arasındaki ilişkiler (Relationship between ultrasonic wave velocity and porosity of tuffs)

Yüksek porozite miktarının, kayacın mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir. Ultrases dalga hızını etkileyen en önemli unsurlardan birisi de porozitedir. Tüflerdeki porozite miktarları ortalama Ayazini tüflerinde %37,3, Seydiler tüflerinde %36, Döğer tüflerinde %41,6 ve Seytgazi tüflerinde %44,6 olarak belirlenmiştir. Tüflerin ultrases dalga hızı ile porozitesi arasındaki ilişkilere ait grafikler Şekil 5'de verilmiştir. Tüflerdeki ultrases dalga hızı ile porozite arasındaki ilişkiler ters orantılı olup porozite miktarı

azaldıkça ultrases dalga hızı yayılımının da arttığı görülmektedir (Şekil 5).

3.3.3. Tüflerin ultrases dalga hızı ile kütlece su emme değeri arasındaki ilişkiler (Relationship between ultrasound wave velocity and water absorption value of tuffs)

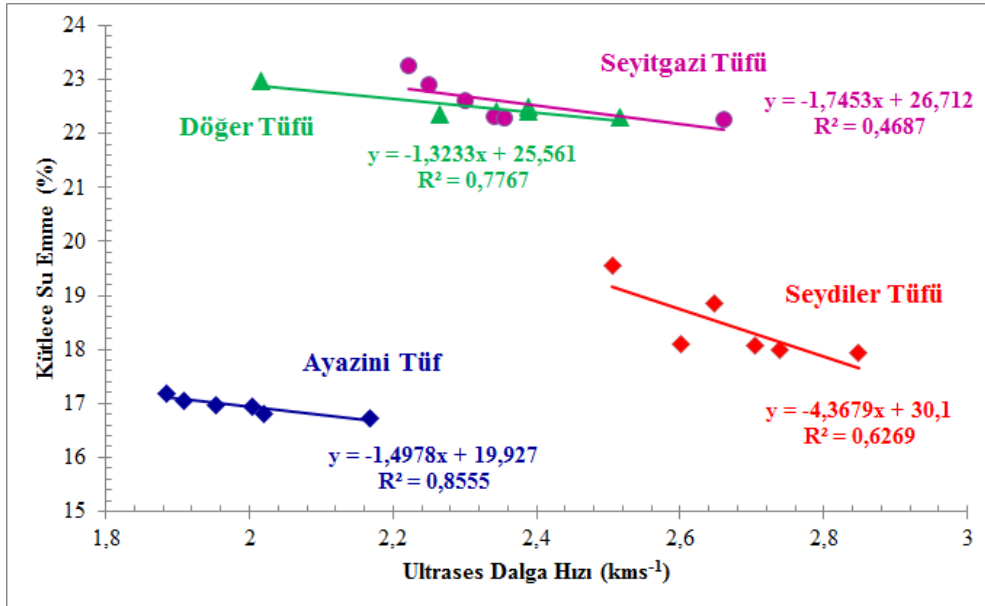
Tüflerin ultrases dalga hızı ile kütlece su emme değeri arasındaki ilişkilere ait grafikler Şekil 6'da verilmiştir. Tüflerdeki kütlece su emme değerleri ortalama Ayazini tüflerinde %16,93, Seydiler tüflerinde %18,51, Döğer tüflerinde %22,49 ve Seytgazi tüflerinde %22,6 olarak belirlenmiştir. Tüflerdeki ultrases dalga hızı ile kütlece su emme değeri arasındaki ilişkiler ters orantılı olup kütlece su emme değeri azaldıkça ultrases dalga hızı



Şekil 5. Tüflerde ultrases dalga hızı ile porozite ilişkisi. (Relationship between ultrasonic wave velocity and porosity of tuffs)

yayılımının arttığı görülmektedir. Kayaçlarda su emme değerleri doğrudan porozite miktarı ile ilişkilidir. Bu durum boşluk miktarı azaldıkça ses dalgalarının yayılımının artmasının doğal bir sonucudur (Şekil 6).

dayanımı değerleri en düşük seviyede olmuştur. Tüflerde tek eksenli basınç dayanımı değerleri Ayazini tüflerinde 22,21 MPa, Seydiler tüflerinde 19,07 MPa, Döğer tüflerinde 21,22 MPa ve Seyitgazi tüflerinde 13,13 MPa

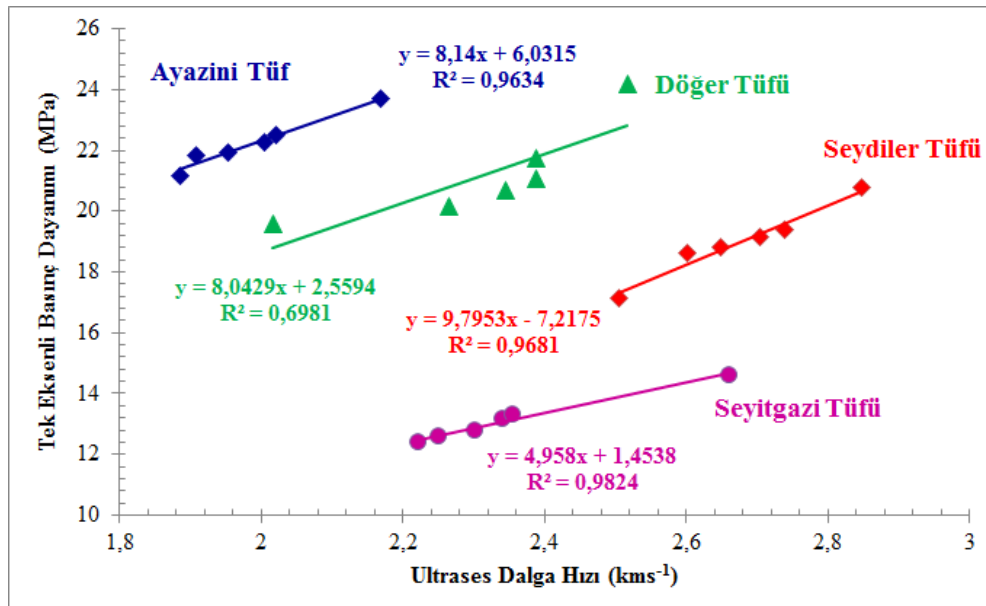


Şekil 6. Tüflerde ultrasens dalga hızı ile kütlece su emme ilişkisi. (Relationship between ultrasound wave velocity and water absorption value of tuffs)

3.3.4. Tüflerin ultrasens dalga hızı ile tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişkiler (Relationship between ultrasound wave velocity and uniaxial compressive strength of tuffs)

Kayaçların mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilen en önemli unsurların başında porozite miktarı gelmektedir. İnceleme yapılan tüflerde %44 ile en yüksek porozite değerine sahip olan Seyitgazi tüfünün basınç

olarak bulunmuştur. Tüflerdeki ultrasens dalga hızı ile tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişkiler doğru orantılı olup porozite miktarı arttıkça ultrasens dalga hızlarının azaldığı, ayrıca ultrasens dalga hızlarının artışına bağlı olarak tek eksenli basınç dayanım değerlerinin de arttığı ve aralarında lineer bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Tüflerde ultrasens dalga hızı ile tek eksenli basınç dayanımı ilişkisi. (Relationship between ultrasound wave velocity and uniaxial compressive strength of tuffs)

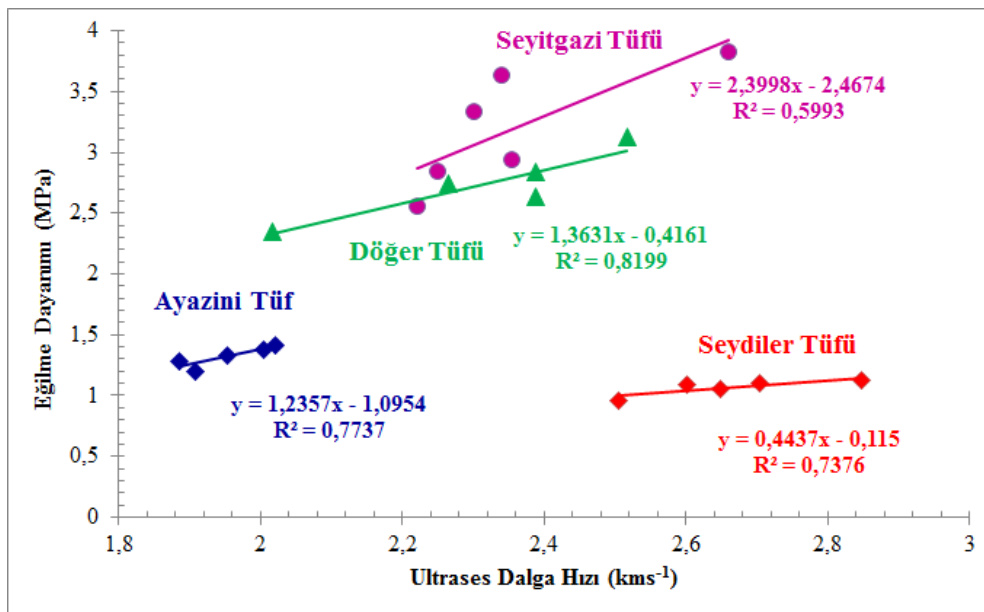
3.3.5. Tüflerin ultrases dalga hızı ile eğilme dayanımı arasındaki ilişkiler (Relationship between ultrasound wave velocity and flexural strength of tuffs)

Eğilme dayanımı, standart boyutlardaki plakaların belirli doğrultuda kırılmaya karşı gösterdikleri dirençtir. Kullanımı genellikle belirli boyut ve kalınlıklarda, plaka şeklinde olan kayalarda eğilme direnci son derece önemli bir parametre olarak ortaya çıkmaktadır. Çünkü plaka kalınlığı, plaka boyut ve destek noktaları arasındaki mesafe eğilme dayanımına göre tespit edilmektedir.

Tüflerde eğilme dayanımı değerleri Ayazini tüflerinde 1,37 MPa, Seydiler tüflerinde 1,07 MPa, Döğer tüflerinde 2,69 MPa ve Seyitgazi tüflerinde 3,11 MPa olarak bulunmuştur. Tüflerdeki ultrases dalga hızı ile

Donma-çözülme deneyleri TS EN 12371 [23]'e göre yapılmış olup tüflerde don kaybı değerleri Ayazini tüflerinde %0,192, Seydiler tüflerinde %0,248, Döğer tüflerinde %1,46 ve Seyitgazi tüflerinde %1,5 olarak bulunmuştur. Tüflerdeki ultrases dalga hızı ile don kaybı arasındaki ilişkiler doğru orantılı olup ultrases dalga hızlarının artışına bağlı olarak don kaybı değerlerinin arttığı ancak aralarında çok zayıf bir lineer bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir (Şekil 9).

Bunun sebebi donma-çözülme olayları sonucunda kayacın bünyesindeki süreksizliklerin ve boşlukların artması şeklinde yorumlanabilir. Böylece, kayaçta donma ve çözülme periyotları sonucunda malzeme kaybı meydana gelmektedir. Açık porozite miktarı yüksek olan kayalar, donma ve çözümlerin sık görüldüğü soğuk iklimlerde dış mekanlarda dikkatli kullanılmalıdır.

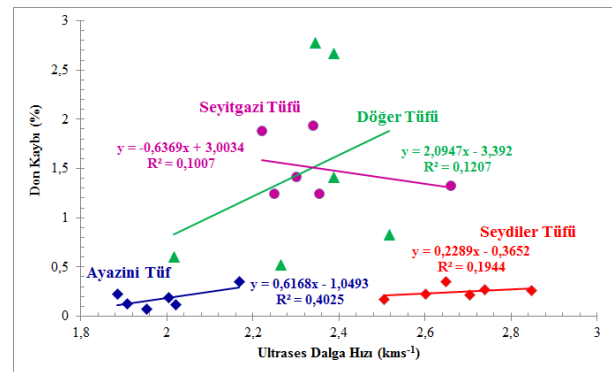


Şekil 8. Tüflerde ultrases dalga hızı ile eğilme dayanımı ilişkisi. (Relationship between ultrasound wave velocity and flexural strength of tuffs)

eğilme dayanımı arasındaki ilişkiler doğru orantılı olup ultrases dalga hızlarının artışına bağlı olarak eğilme dayanım değerlerinin arttığı ve aralarında lineer bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir (Şekil 8).

3.3.6. Tüflerin ultrases dalga hızı ile don kaybı arasındaki ilişkiler (Relationship between ultrasound wave velocity and freeze-thaw loss of tuffs)

Doğal taşların kullanılacağı bölgenin mevcut iklim koşullarına göre gece-gündüz, yaz-kış arasındaki sıcaklık farkları, kayaların dayanımları üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Yağışlı dönemlerde tüflerin yüksek gözenekliliğinden ötürü su doygunluğu artmakta ve gece/gündüz yaşanan don olayları ile bünyesindeki su donarak, kayaç yapısında mikro hatta makro büyüklükte çatlaklar oluşmaktadır. Bu yüzden yapı malzemesi olarak kullanılacak tüflerin, dona karşı dayanımlarının belirlenmesi gerekmektedir.



Şekil 9. Tüflerde ultrases dalga hızı ile don kaybı ilişkisi. (Relationship between ultrasound wave velocity and freeze-thaw loss of tuffs)

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada, Afyonkarahisar bölgesinde bulunan ve yörede yapı taşı olarak kullanılan Ayazini, Seydiler, Döğer ve Seyitgazi bölgeleri tüflerinin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenerek, bu özelliklerin ultra ses dalga hızı ile olan ilişkileri incelenmiştir. Ultrases yöntemler, fiziksel deney yöntemlerine göre daha hızlı ve ekonomik olması yanı sıra zaman ve ekonomiden tasarruf da sağlaması nedeniyle doğal taşların özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden birisi olmuştur.

Yapılan incelemelere göre; tüflerin ultrases dalga hızları ile yoğunluk ağırlığı, tek eksenli basınç dayanımı ve eğilme dayanımı değerleri arasında pozitif yönlü ilişkiler varken porozite ve kütlece su emme değerleri arasında negatif yönlü ilişkilerin varlığı ortaya konulmuştur. Tüflerin dalga hızları değerlerinin artması ile tek eksenli basınç dayanımı, yoğunluk ağırlığı ve eğilme dayanımı değerleri lineer olmak üzere doğru orantılı olarak artmakta, porozite ve kütlece su emme değerleri ise aynı şekilde azalmaktadır. Tüflerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin olumsuz olmasında porozite miktarı önemli bir parametredir. Nitekim tek eksenli basınç dayanımı, yoğunluk ve eğilme dayanımı değerleri ile kütlece su emme değerleri porozite miktarına göre azalmakta veya artmaktadır.

Sonuç olarak yapılan bu çalışmada Afyon yöresindeki bazı tüf ocaklarından alınan numunelerin fiziko-mekanik özellikleri ile ultrases dalga hızları arasındaki istatistiksel analizde yüksek korelasyon katsayıları elde edilmiştir. Birçok mühendislik özelliği bakımından aynı kategoride değerlendirilebilen kayaçların özelliklerinden yola çıkılarak elde edilen bağıntıların kullanılmasında fayda vardır. Yüksek porozite değerine sahip olan tüflerin, kullanım yerlerinin belirlenmesinde fiziko-mekanik özelliklerin bilinmesinin son derece önemli olduğu bilinmektedir. Nispeten kolay bir deney yöntemi olan ultrases dalga hızlarının belirlenmesi ile fiziko-mekanik özellikler hakkında bilgi sahibi olunabilecektir. Özellikle dış mekanlarda ve atmosfer etkilerine açık alanlarda kullanılan yüksek poroziteli taşların çabuk ayrışmaya başladığı bilinmektedir. Ayrışmaya sebep olan ana etken su emme miktarıdır. Su emme miktarı da porozite ile ilişkilidir. Ultrases dalga hızı yöntemi ile bu özellikler hakkında bilgi sahibi olunacak ve ayrışmaya çok yatkın taşların kullanım yerlerinin belirlenmesinde önemli bir katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Çelik M.Y., Doğaltaş Restorasyonu ve Konservasyon, *Ders Notları*, Afyon Meslek Yüksek Okulu, Afyon, (2009).
2. Çelik M.Y. and Sel H., "Afyondaki tarihi çeşmelerde doğaltaş kullanımı ve restorasyonu", *Mersem 2008 Türkiye VI. Mermer Sempozyumu*, (Editör: M. Ersoy vd.), Afyon, 39-58, (2008).
3. Schmid R., "Descriptive nomenclature and classification of pyroclastic deposits and fragments: recommendations of the IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous rocks", *Geology*, 9, 41-3: 1432-1149, (1981).

4. Ürünveren K.A., "Kadirli (Osmaniye) Kösepinar köyü ve çevresindeki mermerlerin mühendislik özelliklerinin değerlendirilmesi", *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, (2008).
5. Del Río L.M., Tejado J.J., López F., Esteban F.J., Mota M., González I., San Emeterio J.L. and Ramos A., "Ultrasonic characterization of granites obtained from industrial quarries of Extremadura (Spain)", *Ultrasonics*, 44: 1057-1061, (2006).
6. Kahraman S., "The correlations between the saturated and dry P-wave velocity of Rocks", *Ultrasonics*, 46: 341-348, (2007).
7. Sáez Pérez M.P. and Rodríguez-Gordillo J., "Structural and compositional anisotropy in Macael marble (Spain) by ultrasonic, XRD and optical microscopy methods", *Construction and Building Materials*, 23(6): 2121-2126, (2009).
8. Kahraman S. and Yeken T., "Determination of physical properties of carbonate rocks from P-wave velocity", *Bull. Eng. Geol. Environ.* 67: 277-281, (2008).
9. Sharma P.K. and Singh T.N., "A correlation between P-wave velocity, impact strength index, slake durability index and uniaxial compressive strength". *Bull Eng Geol Environ*, 67: 17-22, (2008).
10. Fener M., "The effect of rock sample dimension on the p-wave velocity", *Journal of Nondestructive Evaluation*, 30(2): 99-105, (2011).
11. Sousa L.M.O., Suárez Del Río L.M., Calleja L., Ruiz De Argandoña V.G. and Rodríguez Rey A., "Influence of microfractures and porosity on the physico-mechanical properties and weathering of ornamental granites". *Engineering Geology*, 77: 153-168, (2015).
12. Chary K.B., Sarma L.P., Prasanna Lakshmi K.J., Vijayakumar N.A., Naga Lakshmi V. and Rao M.V.M.S., "Evaluation of engineering properties of rock using ultrasonic pulse velocity and uniaxial compressive strength", *Proc. National Seminar on Non-Destructive Evaluation*, 7-9, Hyderabad, s.7, (2006).
13. Chaki S., Takarli M. and Agbodjan W.P., "Influence of thermal damage on physical properties of a granite rock: porosity permeability and ultrasonic waves evolutions", *Construction and Building Materials*, 22(7): 1456-1461, (2008).
14. Vasconcelos G., Lourenço P.B., Alves C.A.S. and Pamplona J., "Ultrasonic evaluation of the physical and mechanical properties of granites", *Ultrasonics*, 48: 453-466, (2008).
15. Akin M. and Ozsan A., "Evaluation of the long-term durability of yellow travertine using accelerated weathering tests", *Bull Eng Geol Environ*, 70: 101-114, (2011).
16. Erdal M. and Şimşek O., "Ahlat taşı (ignimbrit) atıklarının taşunu olarak beton içinde kullanılabilirliğinin araştırılması", *Politeknik Dergisi*, 14(3): 173-177, (2011).
17. Şimşek O. and Erdal M., "Ahlat taşının (ignimbrit) bazı mekanik ve fiziksel özelliklerinin araştırılması", *G. Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 17(4): 71-78, (2004).
18. TS EN 14579, "Doğal taşlar- deney metotları- ses ilerleme hızı tayini", *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2006).
19. TS EN 1936, "Doğal taşlar deney metotları, gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik", *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2010).

20. TS EN 13755, “Doğaltaşlar-deney metotları-atmosfer basıncında su emme tayini”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2006).
21. TS EN 1926, “Doğaltaşlar-deney metotları-basınç dayanımı tayini”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2006).
22. TS EN 12372, “Doğal taşlar deney metotları, tek eksenli yük altında eğilme dayanım tayini”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, (2007).
23. TS EN 12371, “Doğal taşlar-deney metotları-dona dayanım tayini”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara. (2003).
24. Le Bas M.J., Le Maitre R.W. and Woolley A.R., “The construction of the total alkali-silica chemical classification of volcanic rocks”, *Miner Petrol*, 46: 1-22, (1992).
25. Ergül A., “Afyonkarahisar’da yapıtaşı olarak kullanılan tüflerdeki poroziteye bağlı su içeriğinin fizikomekanik özelliklere etkisinin incelenmesi”, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, Yayınlanmamış. (2009).
26. Alkan E., Seyitgazi (Eskişehir) bölgesi tüflerinin yapı taşı olarak kullanılabilirliğinin araştırılması, Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü*, Afyonkarahisar, Yayınlanmamış. (2009).
27. Tan G., Afyonkarahisar Türbe Camii restorasyonu ve restorasyonda kullanılan tüflerin özelliklerinin incelenmesi, Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü*, Afyonkarahisar, Yayınlanmamış. (2009).
28. Irvine T.N. and Baragar W.R.A., “A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks”, *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8: 523-548, (1971).