



## ANKARA - İZMİR YÜKSEK HIZLI TREN PROJESİNİN AFYON - UŞAK (EŞME) KESİMİNDEKİ KAYA BİRİMLERİNİN JEOTEKNİK DEĞERLENDİRMESİ

Mehmet ÖZÇELİK\*

Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

Anahtar Kelimeler	Öz
<i>Yüksek Hızlı Tren, Jeoteknik Değerlendirme, Kaya Kütle Özellikleri, Kaya Kütle Sınıflaması.</i>	<p>Bu çalışmada, Ankara - İzmir Yüksek Hızlı Tren (YHT) projesinin Afyon - Uşak (Eşme) (Km 364+600 - 409+500) (52 menfez, 10 üst geçit, 4 alt geçit, toplam 1878.59 m uzunluğunda aç kapa tünel, toplam 22331.35 m uzunluğunda 24 tünel için) kesimindeki kaya birimlerinin jeoteknik özelliklerinin araştırılması amaçlanmıştır. Yapılmakta olan YHT için proje güzergahındaki kaya birimlerinin kütle özelliklerinin araştırılması ve mühendislik uygulamaları açısından bir görüş oluşturulması hedeflenmiştir. YHT güzergahı ve yakın civarında yüzeyleyen mevcut kaya birimleri olarak Menderes Metamorfikleri ve kısa bir mesafede ise graben dolgusu olarak tanımlanabilecek tortul örtü üzerinde ilerleyecektir. Kaya birimlerin destekleme ve tasarımı için kullanılan Kaya Kütleli Puanlama Sistemi (RMR) ve Kaya Kütlelerinin Mühendislik Sınıflaması (Q) dır. YHT güzergahındaki kayaların jeoteknik özellikleri ve kaya süreksizliklerinin değerlendirilmesi yapılmıştır. RMR değerine göre Kaya Kütleli Sınıfı; ortognays için "orta kaliteli kaya", Neojen tortullar "iyi kaya", şist "çok kötü kaya", granit ise "çok iyi kaya" belirlenmiştir. Q sınıflama sistemine göre güzergahdaki kaya birimlerinin Kaya Destek Sınıfı; ortognays "zayıf kaya", Neojen birimler "iyi kaya", şist "çok fazla zayıf kaya" ve granit birimi ise "pek çok iyi kaya" olarak tanımlanmışlardır.</p>

## GEOTECHNICAL EVALUATION OF ROCK UNITS IN AFYON - UŞAK (EŞME) SECTION OF ANKARA - IZMIR HIGH SPEED TRAIN PROJECT

Keywords	Abstract
<i>High Speed Railway, Geotechnical Evaluation, Rock Mass Properties, Rock Mass Classification.</i>	<p>The goal of this study is to investigate the geotechnical properties of rock units in the Ankara-Izmir High Speed Railway (HSR) section of Afyon-Uşak (Eşme) (Km 364 + 600-409 + 500) (52 culverts, 10 overpasses, 4 underpasses, cut and cover tunnels with a total length of 1878.59 m, 24 tunnels with a total length of 22331.35 m). It is intended to analyze the mass properties of the rock units on the project route and to provide an opinion on the engineering applications for the HSR under construction. The HSR route will continue on the Menderes Metamorphics as the current rock units outcropping in its vicinity and on the sedimentary cover which can be represented as a graben filling at a short distance. It is the Rock Mass Scoring System (RMR) and Engineering Classification of Rock Masses (Q) used for supporting and designing rock units. Geotechnical properties and rock discontinuities on the HSR route have been evaluated. Rock Mass Class according to RMR value; "medium quality rock" for orthogneisses, "good rock" for Neogene sediments, "very poor rock" for schist, and "very good rock" for granite. Rock Support Class of rock units on the route according to the Q classification system; orthogneiss has been defined as "weak rock", Neogene units as "good rock", schist as "very weak rock" and granite unit as "very good rocks".</p>

### Alıntı / Cite

Özçelik, M., (2021). Ankara - İzmir Yüksek Hızlı Tren Projesinin Afyon - Uşak (Eşme) Kesimindeki Kaya Birimlerinin Jeoteknik Değerlendirmesi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 9(1), 312-318.

\* İlgili yazar / Corresponding author: ozcelikmehmet@sdu.edu.tr, +90-246-211-1327

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)	Makale Süreci / Article Process	
M. Özçelik, 0000-0003-4511-1946	<b>Başvuru Tarihi / Submission Date</b>	29.10.2020
	<b>Revizyon Tarihi / Revision Date</b>	01.01.2021
	<b>Kabul Tarihi / Accepted Date</b>	07.01.2021
	<b>Yayın Tarihi / Published Date</b>	30.03.2021

## 1. Giriş (Introduction)

Ankara - İzmir Yüksek Hızlı Tren (YHT) projesi çift hatlı demiryolu, elektrikli, sinyalizasyonlu ve hat üzerinde TCDD Taşımacılık tarafından YHT seferleri düzenlenecek şekilde yüksek standartlı demiryolu hattı olarak planlanmıştır. Polatlı (Ankara) YHT Garı'ndan başlayan 508 km uzunluğundaki demiryolu hattı, Konak (İzmir) Basmane Garı'nda son bulacaktır (Şekil 1). Bu projenin Afyon - Uşak (Eşme) (Km 364+600 - 409+500) kesimi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Bu çalışma kapsamında yapılacak olan incelemelerde güzergahta yer alan kaya birimlerinin jeoteknik özelliklerinin belirlenmesi ve mühendislik uygulamaları açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma güzergahının uzunluğu 44.9 km dir. Güzergahın oldukça engebeli topoğrafyaya sahip olmasından dolayı projede önemli miktarda sanat yapısı olacaktır. Proje güzergahında; 52 menfez, 10 üst geçit, 4 alt geçit, toplam 1878.59 m uzunluğunda aç kapa tünel, toplam 22331.35 m uzunluğunda 24 tünel ve toplam 4532.50 m uzunluğunda 20 viyadük planlanmış olan proje, halen yapım aşamasındadır.



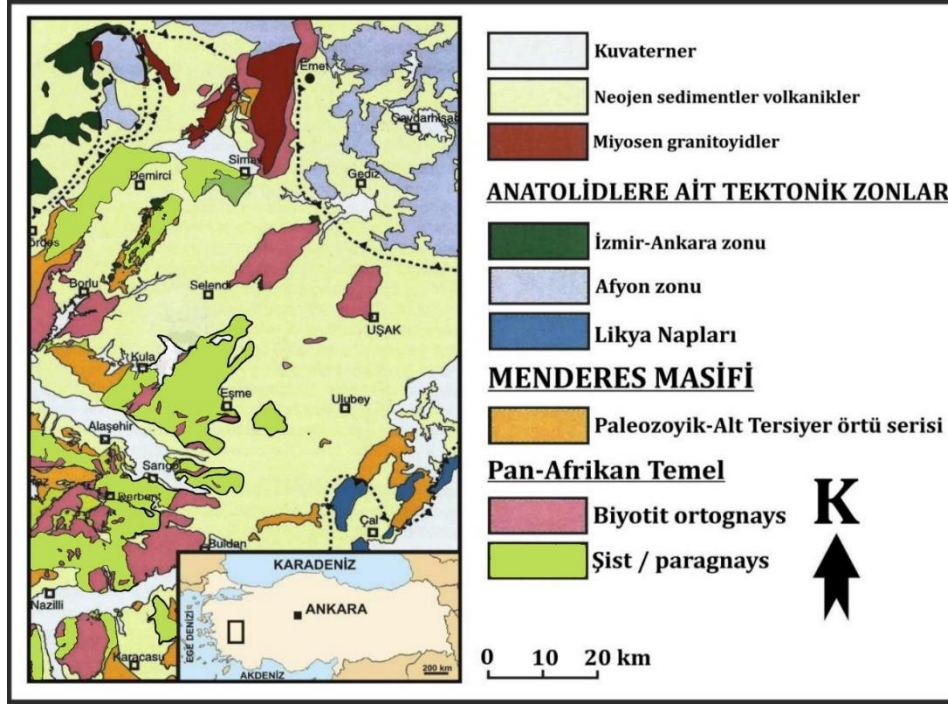
Şekil 1. Ankara-İzmir YHT projesinin Afyon - Uşak (Eşme) kesimi güzergah haritası (Afyon - Uşak (Eşme) section route map of Ankara-İzmir YHT Project) (<https://tr.railturkey.org>)

YHT (Km 364+600 - 409+500 Kesim-2) güzergahındaki kaya kütlelerinin süreksizlik parametreleri ve kaya birimlerinin jeoteknik özelliklerini belirlemek amacıyla arazi ve laboratuvar çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmalarında güzergahtaki kaya birimlerinin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi için jeolojik-jeoteknik çalışmalar yapılmıştır. Ayrıca, firma tarafından jeoteknik amaçlı 67 adet sondaj kuyusu açılmış ve karot örnekleri alınmıştır. Alınan karot örneklerinden kaya birimlerinin jeoteknik özelliklerin tespiti için laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneyler, kuru ve suya doygun birim hacim ağırlık, özgül ağırlık, porozite, ağırlıkça ve hacimce su emme değerlerinin tespitine yönelik deneylerdir. Ayrıca, alınan örneklerin mekanik özelliklerini saptamak için üç eksenli sıkışma dayanımı deneyi yapılmıştır. Elde edilen verilerle Kaya Kütleli Puanlama Sistemi (RMR) ve Kaya Destek Sınıfı (Q) değerleri literatürde çeşitli araştırmacılar tarafından önerilen sınıflamalar ve sayısal değerlendirmeler kullanılarak belirlenmiştir.

## 2. Kaynak Araştırması (Literature Survey)

Ege Bölgesi'nin büyük bir bölümünü kaplayan metamorfik kayalar toplulukları ve bunları örten genç tortul kayalar Menderes Masifi olarak tanımlanmaktadır. Bu masifin sınırları, jeoloji literatüründe açıklıkla belirlenmemesine rağmen, kuzeyde Kütahya, güneyde Muğla, doğuda Denizli ve batıda İzmir'e kadar uzanmaktadır (Akkök, 1981). Ankara-İzmir YHT projesinin Afyon-Uşak (Eşme) kesimi (Km 364+600 - 409+500) çok büyük oranda Menderes Metamorfikleri, kısa bir mesafede ise Neojen Kuvarterner yaşlı, graben dolgusu olarak tanımlanabilecek tortul örtü üzerinde ilerlemektedir. Tortul örtü ile Menderes Masifi metamorfikleri arasındaki orijinal sınır bir açıl uyumsuzluktur. Günümüzde ise bu sınır büyük oranda Gediz Grabeni'nin kuzey sınır fayı ile sınırlanmaktadır. Bölgedeki Neojen öncesi temel kayalar, Menderes Masifine ait metamorfik kayalar ile temsil edilir. Bu kayaların baskın olarak; kuvarsitler, gnayslar, mikaşistler ve kalkerlerden oluşur. Genellikle koyu gri, yeşilimsi ve sarımsı kahverengi renklidirler. Bol çatlaklı yapıya sahip olan kayalarda, yer yer mermer ara katları da gözlenmektedir. Ayrıca, Menderes Masifi metamorfikleri içerisinde, eş yaşlı denilebilecek granodiyorit sokulumları görülebilmektedir (Purvis ve Robertson, 2005). Birimin yaşı Paleozoyik-Mezozoyik' tir (Dora vd., 1990; Bülbül 2009). Neojen yaşlı birimler genelde akarsu ve göl fasiyesinde gelişmiş birbirine geçişli tortul kayalardan oluşur (Yılmaz vd., 2000; Sözbilir, 2001; Seyitoğlu ve Scott, 1996). Bu birim; Erken-Orta Miyosen-Pliyosen yaş aralığındaki kayalarla temsil edilir (Ediger vd., 1996; Seyitoğlu ve Scott, 1996; Sözbilir, 2001; Seyitoğlu vd., 2002). Metamorfik temel üzerine uyumsuz olarak gelen Neojen yaşlı istifin tabanı; Menderes Masifine ait oldukça köşeli,

şist ve gnays parçaları içeren konglomeralardan oluşur (Seyitoğlu vd., 2002). Üste doğru sarımsı kahverengi kumtaşı ve çamurtaşı ardalanmasıyla devam eder. Birimin üst düzeylerinde, içerisinde kireçtaşı ve konglomera mercceklerinin de yer aldığı laminalı çamurtaşları içermektedir (Seyitoğlu vd., 2002). İstif üstte doğru kırmızı rengin hakim olduğu köşeli konglomeralar, üst düzeylerinde ise açık kırmızımsı gri konglomera ve kumtaşı ardalanması ile devam eder (Seyitoğlu ve Scott, 1996; Seyitoğlu vd., 2002). İstif; üst seviyelerde açık sarı, yarı pekleşmiş konglomera ve kumtaşları ile son bulur (Seyitoğlu vd., 2002). Bölgenin jeoloji haritası Şekil 2 de verilmiştir.



Şekil 2. Bölgenin jeoloji haritası (Geological map of the region) (Işık, 2016)

### 3. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

#### 3.1. YHT Güzergahında Yapılan Arazi İncelemeleri ( Site Investigations on the HSR Route)

Arazi incelemeleri kapsamında, jeoteknik açıdan önemli alanlarda 1: 25000 ölçekli jeoloji haritasından yararlanılmıştır. Buradaki amaç, ana kaya durumu ile fay zonlarının karakterizasyonu ve konumu hakkında bilgi toplamaktır. Bu çalışma ile jeoteknik riskler belirlenmiş ve jeoteknik açıdan güzergahtaki olası problemlerin detaylı araştırılması amaçlanmıştır. Saha çalışmalarında incelenen jeolojik yapıyı tamamlamak ve doğrulamak için toplam uzunluğu 3862.7 m olan, 67 adet jeoteknik amaçlı sondaj yapımı firma tarafından açılmıştır (SWS Engineering, 2015). Sondaj kuyularının çoğu, hidrolik kırılma testleri, jeofizik metod araştırmaları ve hidrolik testler gibi yerinde testler için kullanılmıştır. Yansıma ve kırılma sismik ve jeoelektrik araştırmalarından oluşan jeofizik yöntemlerle ek bilgiler elde edilmiştir. Ayrıca, laboratuvarında yapılacak olan jeoteknik amaçlı deneyler için sondaj karotlarından örnekler seçilmiştir.

#### 3.2. Morfolojik Ve Yapısal Görünümler İle Fay Bölgelerinin Belirlenmesi (Determination of Morphological and Structural Views and Fault Zones)

Çalışma alanı (Km 364+600 - 409+500 Kesim-2) Gediz Grabeni kenarında yer almaktadır. Menderes Masifine günümüzdeki şeklini kazandıran Gediz, Büyük Menderes ve Küçük Menderes grabenleri, yeni tektonik dönemde, ayrılma (detachment) faylarına bağlı olarak oluşmuştur. Günümüzde de diri olan Gediz Grabeni, BKB - DGD uzanımlı bir yarım grabendir. Grabenin en genç tortulları Salihli - Alasehir Ovası'nı oluşturur. Gediz Grabeni'nin açınımı, yöredeki en genç ayrılma (detachment) fayı olan Karadut Fayı'nın oluşumu ile başlamıştır. Erken Miyosen yaşlı granodiyoritleri kesen ve düşük eğimli (12 - 20°) bir normal fay olan Karadut Fayı, grabenin kenar fayı niteliğindedir. Bu faylanma bölgesel ölçekte bir kataklastik - milonitik zon oluşturmuştur. Bu zon boyunca gelişen deformasyon ve tavan bloğunun KKD yönünde hareketi aynı kinematik olayların ürünüdür. Graben oluşum mekanizması içerisinde bölgede oldukça fazla faylanma söz konusudur (Emre, 1996).

### 3.3. Proje Alanının Depremselliği (Seismicity of the Project Area)

Proje alanı, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre "I. Derece Deprem Bölgesi" içerisinde yer almaktadır. Tarihsel dönem içerisinde proje güzergahı ve yakın çevresinde genel olarak magnitud büyüklüğü 6.0-6.5 e kadar olan çok sayıda depremler meydana gelmiştir. Bölgenin tektonik yapısına bağlı olarak günümüzde de deprem aktivitesi oldukça fazladır.

### 3.4. Ana Kayanın Ayrıntılı Jeoteknik Karakterizasyonu (Detailed Geotechnical Characterization of Bedrock)

Kaya birimlerinin jeoteknik değerlendirmesi için yapılan kaya sınıflamalarında kayanın kütle özelliği dikkate alınmaktadır. Bu bağlamda geliştirilen ve birçok değişik ülkedeki yeraltı kazılarında yaygın olarak kullanılan iki önemli kaya sınıflaması vardır. Kaya birimlerin destekleme ve tasarımı için kullanılan Kaya Kütleli Puanlama Sistemi (RMR) ve Kaya Kütlelerinin Mühendislik Sınıflaması (Q) dır.

Bu amaçla, arazide yapılan çalışmalarla kaya süreksizliklerinin özellikleri Kaya Kütleli Puanlama Sistemi (RMR) kullanılmak amacıyla değerlendirilmiştir. Ortognays, Neojen birimler, şist ve granitlere ait süreksizlikler ilgili ölçüm ve gözlemler ISRM (1981) tarafından önerilen standarda göre yapılmıştır. Yapılan ölçümler, süreksizlik ara uzaklığı, süreksizlik açıklığı, devamlılık ve süreksizlik yüzeylerinin pürüzlülükleridir. Elde edilen ölçüm ve gözlem sonuçlarına göre; süreksizlik ara uzaklıkları ortognays ve şist "orta aralıklı", Neojen birimler ve granitlere "geniş aralıklı" olarak belirlenmiştir. Süreksizliklerin devamlılıkları Neojen birimler, şist ve granitler için "orta", ortognays için ise "yüksek" (> 10 m) olarak sınıflandırılmıştır (Tablo 1). Süreksizlik açıklıkları ISRM (1981) ve Anon (1979) a göre ortognays, şist ve granitler "çok dar-dar", Neojen birimler "dar" olarak sınıflandırılmıştır. Süreksizlik yüzey pürüzlülüğü, ortognays "az-orta pürüzlü" Neojen birimler, şist ve granitler "az pürüzlü" olarak sınıflandırılmıştır (Tablo 1). Süreksizliklerin yüzey pürüzlülüğü sınıflamaları ISRM (1981) e göre yapılmıştır.

## 4. Araştırma Bulguları (Research Findings)

### 4.1. Güzergah Boyunca Yapılan Jeoteknik Değerlendirmeler (Geotechnical Evaluations Along the Route)

Çalışma alanı olarak seçilen YHT güzergahındaki kaya birimlerinin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi için; arazide süreksizliklerin jeoteknik parametreleri ölçülmüş, laboratuvarda kaya malzemelerinin jeoteknik özellikleri saptanmış ve elde edilen veriler değerlendirilerek kaya birimlerinin kütle ve destek sınıflamaları yapılmıştır.

#### 4.1.1. Süreksizliklerin Jeoteknik Parametreleri (Geotechnical Parameters of Discontinuities)

Güzergahtaki kaya birimlerinde bulunan süreksizliklerin yönelim ve takım sayısı, aralıkları, devamlılıkları, açıklıkları, yüzey pürüzlülükleri, dolgu malzemesinin cinsi, ayrışma durumu, su durumu, RQD (%) ve eklem yüzeyi dayanımından oluşan diğer parametreler saptanmıştır. Bu parametreler kayaların kütle davranışlarını önemli ölçüde etkilemekte olduğundan ve kaya kütle sınıflamalarında kullanıldıklarından dolayı ISRM (1981) tarafından önerilen standarda göre belirlenmiştir (Tablo 1). YHT güzergahındaki kayaların süreksizlik parametreleri kaya mostraları üzerinde ISRM (1981) tarafından önerilen "hat etüdü yöntemi" kullanılarak belirlenmiştir. Kaya kütleleri üzerindeki süreksizlik parametreleri 10-50 m uzunlukta değişen hatlar boyunca gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 1.** Çalışma alanı olarak seçilen YHT güzergahında yer alan kayalara ait süreksizliklerin jeoteknik parametreleri (Geotechnical parameters of the discontinuities of the rocks on the HSR route)

Parametre	Kaya Birimleri			
	Ortognays	Neojen Birimler	Şist	Granit
Kaya Kalite Göstergesi (RQD) (%)	29.2	72	25.9	38
Eklem yüzey dayanımı (MPa)	22.78	58	40	60
Yönelim ve takım sayısı	2	3	3	2
Süreksizlik ara uzaklığı (cm)	0-6	10-20	0-6	20-30
Süreksizlik Uzunluğu (m)	11	8	10	7
Süreksizlik açıklığı (mm)	1-5	1-20	1-5	1-5
Pürüzlülük	az-orta pürüzlü	az pürüzlü	az pürüzlü	az pürüzlü
Dolgu malzemesi	sert dolgulu <5 mm	kalsit+kil	yumuşak dolgulu >5 mm	kil
Ayrışma Durumu	çok ayrılmış	çok ayrılmış	çok ayrılmış	tamamen ayrılmış
Su durumu	nemli	nemli	nemli	nemli

Süreksizliklerin eklem yüzeyi dayanım parametrelerini belirlemek için süreksizlik yüzeyleri üzerinde Schmidt Çekici deneyleri yapılmıştır. Schmidt Testi, Atkinson vd.(1978) belirlediği yönteme göre yapılmıştır. Schmidt Çekici uygulaması kaya yüzeyinde en az 3 mm aralıklarla 40 ayrı noktadan okuma yapılması ve en yüksek 10 değer alınması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Schmidt çekici geri tepme sayısına bağlı olarak kaya cinsleri Tablo 2 de görüldüğü gibi tanımlanmıştır.

**Tablo 2.** Schmidt Çekici deney sonuçları (Schmidt Hammer Test results)

Kaya Birimleri	en az	en çok	ort.
Ortognays	38	46	42
Neojen Birimler	32	40	36
Şist	36	46	41
Granit	45	54	49

Ortognays, Neojen Birimler, Şist ve Granitler üzerinde yapılan Schmidt Çekici deneylerinden elde edilen geri tepme sayılarının değerlendirilmesi sonucunda ISRM (1981) tarafından önerilen tanımlamaya göre, ortognays, Neojen birimler ve şist “sert”, granitler “çok sert” kaya olarak tanımlanmışlardır (ISRM, 1981).

#### 4.1.2. Kayaçların Jeoteknik Özellikleri (Geotechnical Properties of Rocks)

YHT güzergahındaki kayaçların mekanik özelliklerini belirlemek için sondajlardan alınan karot örneklerinden birim hacim ağırlık, porozite, özgül ağırlık, ağırlıkça ve hacimce su emme deneyleri yapılmıştır (Tablo 3). Anon (1979) tarafından önerilen sınıflamaya göre kuru birim hacim ağırlıklar açısından ortognayslar “orta”, Neojen birimler ve şist “yüksek”, granitlerin “çok yüksek” birim hacim ağırlık değerlerine, porozite açısından ise ortognays, Neojen birimler ve şist “orta”, granitler “yüksek” porozite değerlerine sahip oldukları saptanmıştır (Tablo 3).

**Tablo 3.** YHT güzergahındaki kayaçların fiziksel özellikleri (Physical properties of rocks on HSR route)

Parametre	Ortognays			Neojen Birimler			Şist			Granit		
	en az	en çok	ort.	en az	en çok	ort.	en az	en çok	ort.	en az	en çok	ort.
Kuru birim hacim ağırlık ( $\gamma_k$ ) (kN/m <sup>3</sup> )	21.57	25.27	23.42	22.76	24.12	23.49	24.18	25.18	24.68	26.62	27.44	27.03
Doygun birim hacim ağırlık ( $\gamma_a$ ) (kN/m <sup>3</sup> )	21.05	23.85	22.45	23.23	24.5	23.86	24.56	25.48	25.02	26.61	27.59	27.10
Özgül Ağırlık (Gs)	2.50	2.70	2.69	2.30	2.69	2.49	2.50	2.80	2.65	2.70	2.92	2.81
Görünür porozite (n) (%)	0.97	1.91	1.44	1.00	1.58	1.29	0.86	1.95	1.40	0.64	0.67	0.65
Ağırlıkça su emme ( $S_A$ ) (%)	1.15	2.03	1.59	2.97	3.11	3.04	0.33	0.66	0.49	0.23	0.34	0.28
Hacimce su emme ( $S_v$ ) (%)	2.28	3.25	2.76	3.63	3.97	3.80	0.91	1.82	1.36	0.64	0.68	0.66

Ayrıca, kayaçların üç eksenli ve tek eksenli basınç dayanımları, standartlara uygun olarak her birim için hazırlanan karot örnekleri üzerinde yapılan deneylerle belirlenmiştir (Tablo 4). Üç eksenli ve tek eksenli basınç dayanımları ASTM' ye göre yapılmıştır (ASTM, 1980b; ASTM,1980a). Kayaçların tek eksenli basınç dayanımları ISRM (1981) tarafından önerilen standarda göre tanımlanmış olup ortognays, Neojen birimler, şist ve granitler “yüksek” dayanıma sahip kayaçlar olarak sınıflandırılmıştır (ISRM, 1981). Karot örnekleri üzerinde üç eksenli deneyler her defasında yanal gerilmeler artırılarak (2.5, 5.0 ve 7.5 MPa) gerçekleştirilmiştir. Elde edilen, içsel sürtünme açısı ( $\theta$ ) ve kohezyon (c) değerleri Tablo 4 te verilmiştir.

**Tablo 4.** YHT güzergahındaki kayaçların mekanik özellikleri (Mechanical properties of rocks on HSR route)

Parametre	Ortognays			Neojen Birimler			Şist			Granit		
	en az	en çok	ort.	en az	en çok	ort.	en az	en çok	ort.	en az	en çok	ort.
Tek eksenli basınç dayanımı ( $\sigma$ ) (MPa)	83.60	275.90	179.75	182.10	225.60	203.85	50.00	167.1	108.55	130.80	242.40	186.60
Kohezyon (c) (MPa)	20.20	38.20	29.20	17.91	25.17	21.54	33.65	38.32	35.98	29.51	53.20	41.35
Elastisite Modülü	26.51	38.30	32.40	34.69	40.65	37.67	29.24	31.03	30.13	28.55	35.28	31.91
Poisson Oranı	0.25	0.28	0.26	0.25	0.28	0.26	0.25	0.26	0.25	0.26	0.29	0.27
İçsel sürtünme açısı ( $\theta$ ) (°)	21.73	47.97	34.85	22.50	31.12	26.81	41.15	42.10	41.62	28.61	34.86	31.73

Bieniawski (1989) tarafından önerilen Kaya Kütleli Puanlama Sistemi (RMR) tünel, metro, açık-kapalı maden ocakları, şev, mühendislik temellerinin stabilite özelliklerini değerlendirmede ve kaya kütlelerinin taşıma güçlerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu nedenle çalışma güzergahında kaya birimler Kaya Kütleli Puanlama Sistemine (RMR) (Bieniawski, 1989) ve Q sınıflama sistemine göre değerlendirilmiştir. Buna göre, RMR değerine göre Kaya Kütleli sınıfı; ortognays için “orta kaliteli kaya”, Neojen tortullar “iyi kaya”, şist “çok kötü kaya”, granit ise “çok iyi kaya” belirlenmiştir. Q sınıflama sistemine göre güzergahtaki kaya birimlerinin Kaya Destek Sınıfı; ortognays “zayıf kaya”, Neojen birimler “iyi kaya”, şist “çok fazla zayıf kaya” ve granit birimi ise “pek çok iyi kaya” olarak tanımlanmışlardır (Tablo 5).

**Tablo 5.** YHT güzergahındaki kayaların kaya kütle özellikleri (Rock mass properties of HSR route)

Parametre	Ortognays	Neojen Birimler	Şist	Granit
RMR değeri	47.4	68.0	7.1	89.0
Kaya kütleli sınıfı	orta kaliteli kaya	iyi kaya	çok kötü kaya	çok iyi kaya
Q sınıflama sistemi	1.46	14.39	0.016	148.40
Kaya destek sınıfı	zayıf kaya	iyi kaya	çok fazla zayıf kaya	pek çok iyi kaya

## 5. Sonuç ve Tartışma (Result and Discussion)

Bu çalışma kapsamında Ankara - İzmir YHT projesinin Afyon - Uşak (Eşme) (Km 364+600 - 409+500 Kesim-2) arasındaki kaya birimleri jeoteknik özellikleri açısından değerlendirilmiştir. Bu nedenle güzergah boyunca yer alan jeolojik birimlerde ayrıntılı (jeoteknik amaçlı sondaj, araştırma çukuru, arazi deneyleri ve laboratuvar deneyleri) araştırmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalarla kaya birimlere ait jeolojik - jeoteknik değerlendirmelerle güzergahta yapılacak olan tüneller, şevler ve dolgular ve sanat yapılarının projelendirilmesine yönelik verilerin elde edilmesi sağlanmıştır.

Öncelikle, Ankara-İzmir YHT projesinin Afyon-Uşak (Eşme) kesimi çok büyük oranda Menderes Metamorfikleri, kısa bir mesafede ise Neojen Kuvarterner yaşlı, graben dolgusu olarak tanımlanabilecek tortul örtü üzerinde ilerlemektedir. Tortul örtü ile Menderes Masifi metamorfikleri arasındaki orijinal sınır bir aşıl uyumsuzluktur. Günümüzde ise bu sınır büyük oranda Gediz Grabeni'nin kuzey sınır fayı ile sınırlanmaktadır.

Çalışılan güzergahının uzunluğu 44.9 km dir. Güzergah oldukça engebeli bir topoğrafik yapıya sahip olmasından dolayı, proje önemli oranda sanat yapısını içermektedir. Proje güzergahında, 52 menfez, 10 üst geçit, 4 alt geçit, toplam 1878.59 metre uzunluğunda aç kapa tünel, toplam 22331.35 metre uzunluğunda 24 tünel ve toplam 4532.50 metre uzunluğunda 20 viyadük planlanmış ve hala proje yapım aşamasındadır. Proje güzergahının tamamı Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasında I. Derece Deprem Bölgesi'nde yer almaktadır.

Güzergahtaki süreksizliklerin jeoteknik incelenmesi sonucunda süreksizlik ara uzaklıkları ortognays ve şist “orta aralıklı”, Neojen birimler ve granitlere “geniş aralıklı” olarak belirlenmiştir. Süreksizliklerin devamlılıkları Neojen birimler, şist ve granitlere “orta”, ortognays ise “yüksek” (> 10 m) olarak sınıflandırılmıştır. Süreksizlik açıklıkları ISRM (1981) ve Anon (1979) a göre ortognays, şist ve granitler “çok dar-dar”, Neojen birimler “dar” olarak sınıflandırılmıştır. Süreksizlik yüzey pürüzlülüğü, ortognays “az-orta pürüzlü” Neojen birimler, şist ve granitler “az pürüzlü” olarak sınıflandırılmıştır.

Güzergahta yüzeyleyen kayaların porozite özellikleri olarak; ortognays, Neojen birimler ve şist “orta”, granitlerin “yüksek” porozite değerlerine sahip oldukları belirlenmiştir.

ISRM (1981) standardına göre güzergahta yüzeyleyen kayaların tek eksenli basınç dayanımları değerlendirildiğinde; ortognays, Neojen birimler, şist ve granitler “yüksek” dayanıma sahip kayalar olarak sınıflandırılmıştır.

Çalışma güzergahında kaya birimlerin RMR değerine göre Kaya Kütleli sınıfı; ortognays için “orta kaliteli kaya”, Neojen tortullar “iyi kaya”, şist “çok kötü kaya”, granit ise “çok iyi kaya” belirlenmiştir. Q sınıflama sistemine göre güzergahtaki kaya birimlerinin Kaya Destek Sınıfı; ortognays “zayıf kaya”, Neojen birimler “iyi kaya”, şist “çok fazla zayıf kaya” ve granit birimi ise “pek çok iyi kaya” olarak tanımlanmışlardır.

## Teşekkür (Acknowledgement)

Yazar bu çalışmadaki katkılarından dolayı; Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demir Yolları İşletmesi, Etüt Proje ve Yatırım Dairesi Başkanlığına teşekkürlerini sunar. Ayrıca, yazar makalenin geliştirilmesindeki görüş ve katkılarından dolayı Editör ve Hakemlere ayrı ayrı teşekkür eder.

## Çıkar Çatışması (Conflict of Interest)

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

## KAYNAKLAR

- Akkök, R., 1981. Menderes Masifinin gnayslarında ve şistlerinde metamorfizma koşulları, Alaşehir – Manisa. Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 24, 11-20.
- ASTM, 1980a. Standard method of test for unconfined compressive strength of rock core specimens, Annual Book of ASTM Standards, Designation 2939-79, Part 19, 440443.
- ASTM, 1980b. Standard method of test for triaxial compressive strength of undrained rock core specimens without pore pressure measurements, Annual Book of ASTM Standards, Designation 2664-67.
- Anon, 1979. Classification of rocks and soils for engineering geological mapping, Part 1, Rock and Soil Materials, Report of the Commission of Engineering Geological Mapping, Bulletin of the International Association of Engineering Geology, No. 19, pp. 364-371.
- Atkinson, R.H., Bamford W.H., Broch E., Deere D.U., Franklin J.A., Nieble C., Rummel F., Tarkoy P.S., Van D.H., 1978. Suggested methods for determining hardness and abrasiveness of rocks, ISRM Commission Standardization of Laboratory and Field Tests, International Journal of Rock Mechanics Mining Science and Geomechanics, 15, 91-97.
- Bieniawski, Z.T., 1989. Engineering Rock Mass Classification, Mc Graw Hill, 237 p.
- Bülbül, A., 2009. Alaşehir (Manisa) sıcak ve soğuk su sistemlerinin hidrojeolojik ve hidrokimyasal açıdan değerlendirilmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora tezi, 250 s.
- Dora, O., Kun, N., Candan, O., 1990. Metamorphic history and geotectonic evolution of the Menderes Masif, International Earth Sciences Congress On Aegean Regions, İzmir, 2, 102-115.
- Ediger, V., Batı, Z., Yazman, M., 1996. Palynology of possible hydrocarbon source rocks of the Alaşehir-Turgutlu area in the Gediz Graben (western Anatolia), Turkish Association of Petroleum Geologists Bulletin, 8, 94-112.
- Emre, T., 1996. Gediz Graben'nin tektonik evrimi. Türkiye Jeoloji Bülteni, Geological Bulletin of Turkey, 39(2), 1-18. <https://tr.railturkey.org/2016/05/27/ankara-izmir-yuksek-hizli-tren-hatti/> (erişim tarihi 25.10.2020)
- ISRM, 1981. Rock characterization testing and monitoring (Editor: E.T. Brown, ISRM Suggested Methods), Pergamon Press, Oxford, England, 211 p.
- Işık, K., 2016. Dervişli (Eşme-Uşak) dolayındaki rutilli plaserlerin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal özellikleri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, YL Tezi, 116 s.
- Purvis, M., Robertson, A., 2005. Sedimentation of the Neogene-Recent Alaşehir (Gediz) continental graben system used to test alternative tectonic models for western (Aegean) Turkey, Sedimentary Geology, 173, 373-408.
- Seyitoğlu, G., Scott, B., 1996. The age of the Alaşehir graben (west Turkey) and its tectonic implications, Geological Magazine, 139, 15-26.
- Seyitoğlu, G., Tekeli, O., Çemen, İ., Şen, Ş., Işık, V., 2002. The role of the flexural rotation/Rolling hinge model in the tectonic evolution of the Alaşehir graben, western Turkey, Geological Magazine, 139, 15-26.
- Sözbilir, H., 2001. Extensional tectonics and the geometry of related macroscopic structures: field evidence from the Gediz detachment, Western Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 10, 51-67.
- SWS Engineering S.p.A., 2015. Afyon - Uşak (Eşme) (Km 364+600 - 409+500 Kesim-2): Jeolojik-Jeoteknik araştırma raporu. 143 s. (yayınlanmamış)
- Yılmaz, Y., Genç, S.C., Gürer, O.F., Bozcu, M., Yılmaz, K., Karacık, Z., Altunkaynak, S., Elmas, A., 2000. When did the western Anatolian grabens begin to develop? In: Bozkurt E., Winchester J.A., Piper J.D.A. (Eds.). Tectonics and magmatism in Turkey and the surrounding area. Geological Society Special Publication 173. Geological Society, London. 353-384.