

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PAZARCIK (KAHRAMANMARAŞ) VE SOLHAN (BİNGÖL) MAGMATİKLERİNİN
DEMİRYOLU BALASTI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİ

AHMET SABANCI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

MALATYA

MAYIS 2018

Tezin Başlığı: Pazarcık (Kahramanmaraş) ve Solhan (Bingöl) Magmatiklerinin Demiryolu balastı olarak kullanılabilirliği

Tezi Hazırlayan: Ahmet SABANCI

Sınav Tarihi: 11/05/2018

Yukarıda adı geçen tez jürimizce değerlendirilerek Maden Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Sınav Jürisi Üyeleri:

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet ÖNAL
İnönü Üniversitesi



Dr. Öğr. Üyesi Melek URAL

Fırat Üniversitesi



Dr. Öğr. Üyesi Didem EREN SARICI
İnönü Üniversitesi



Prof.Dr.Halil İbrahim ADIGÜZEL
Enstitü Müdürü

ONUR SÖZÜ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Pazarcık (Kahramanmaraş) ve Solhan (Bingöl) Magmatiklerinin Demiryolu balastı olarak kullanılabilirliği ” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların, hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Ahmet SABANCI

Rahmetli büyüğüm Sadettin KILÇIK' ın anısına...

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

PAZARCIK(KAHRAMANMARAŞ) VE SOLHAN (BİNGÖL)
MAGMATİKLERİNİN DEMİRYOLU BALASTI OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİ

AHMET SABANCI

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Maden Mühendisliği Anabilim Dalı
54 + ix sayfa

2018

Danışman: Prof. Dr. Mehmet ÖNAL

Bu çalışmada; Pazarcık (Kahramanmaraş) ve Solhan (Bingöl) magmatik kayaçlarının; fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve Demiryolu Balastı olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Çalışma kapsamında; Solhan (Bingöl) ve Pazarcıkta (Kahramanmaraş) bulunan volkanik kökenli kayaçlar kullanılmıştır. Söz konusu bölgelerde yapılan arazi çalışmalarında deneylerde kullanmak için kayaç örnekleri alınmıştır.

Derlenen her iki örnek grubunun da, mineralojik (XRD) ve kimyasal (XRF) özellikleri belirlenerek, Pazarcık (Kahramanmaraş) volkanitleri; kuvarssız veya çok az kuvarslı feldispatlı ve koyu mineralli bazalt, Solhan (Bingöl) volkanitleri ise; kuvarslı - feldispatlı ve koyu mineralli dasit olduğu belirlenmiştir.

Pazarcıktan (Kahramanmaraş) alınan örneklerin Orta-Üst Miyosen yaşlı Yavuzeli Formasyonuna, Solhandan (Bingöl) alınan örneklerin ise Üst Miyosen yaşlı Solhan Formasyonuna ait oldukları belirlenmiştir. Yapılan XRF analizlerinde her iki grup kayaç örneklerinin temel bileşenin SiO_2 ikincil bileşenin ise CaO olduğu ve yapılan XRD testlerinde; Pazarcık (Kahramanmaraş) kayaç örneğinin: albit, hematit, mikroklin, sanidin ve kuvars minerallerinden, Solhan (Bingöl) kayaç örneğinin ise albit, kuvars, mikroklin ve anortoklas minerallerinden oluştuğu belirlenmiştir. Kayaç örneklerinin, mekanik (Los angelas aşınma direnci, MgSO_4 don kaybı tayini, Endirekt çekme dayanımı, Tek eksenli basma dayanımı) ve fiziksel (Birim hacim ağırlık, Porozite, Sertlik tayini, Ağırlıkça ve Hacimce su emme) özellikleri belirlenmiştir.

Yapılan deneysel çalışmalar ile Pazarcık (Kahramanmaraş) ve Solhan (Bingöl) magmatik kayaçlarının Demiryolu Balastı olarak kullanılabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bazalt, Balast, Don kaybı, Los angelas aşınma direnci, Solhan, Pazarcık

ABSTRACT

Master Of Science Thesis

USABILITY OF PAZARCIK (KAHRAMANMARAŞ) AND SOLHAN (BINGÖL)
MAGMATICS AS RAILWAY BALLAS

AHMET SABANCI

İnönü University
Institute of Science and Technology
Mining Engineering Department
54 + ix pages

2018

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet ÖNAL

In this study; Pazarcık (Kahramanmaraş) and Solhan (Bingöl) magmatic rocks; physical, mechanical, and chemical properties and the possibility of use as railway ballast was investigated.

Scope of work; The volcanic rocks in the Solhan (Bingöl) and Pazarcık (Kahramanmaraş) are used. Rock specimens were taken for the experiments in the mentioned regions.

Both petrographic, mineralogical (XRD) and chemical (XRF) properties of sample groups were determined; It has been determined that Pazarcık (Kahramanmaraş) magmatics are quartz-feldspar and dark minerals with quartzless or slightly basalt, Solhan (Bingöl) magmatics are quartz - feldspathic with dark mineral dacite.

It was determined that the samples taken from Pazarcık (Kahramanmaraş) belong to the Middle Upper Miocene Yavuzeli Formation and those taken from Solhan (Bingöl) belong to the Upper Miocene Solhan Formation. In the XRF analyzes, it was found that the SiO₂ secondary component of the two groups of rock samples were CaO and that in the XRD tests; It was determined that albite, hematite, microklin, sanidin and quartz minerals of the Pazarcık (Kahramanmaraş) rock sample and albite, quartz, microklin and anorthoclase minerals of the Solhan (Bingöl) rock sample were formed. Physical properties (Unit volume weight, Porosity, Hardness test, Weight and Volume water absorption) of rock samples were determined mechanically (Los angeles abrasion resistance, MgSO₄ frost loss determination, Indirect tensile strength, Uniaxial compressive strength) and physical properties.

Experimental studies have shown that both the Pazarcık (Kahramanmaraş) and the Solhan (Bingöl) magmatic rocks can be used as railroad ballast.

Keywords: Basalt, Ballast, Frost loss, Los Angeles Wear Resistance, Solhan, Pazarcık

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın ilk gününden itibaren her aşamasında engin tecrübesi ile yardım, öneri ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Mehmet ÖNAL'a;

Hemen her konuda yardımlarını esirgemeyen hocam Dr. Çiğdem CEYLAN ve Arş. Gör. Engin ÖZDEMİR'e;

Deneysel çalışmalarda bilgi, belge ve tecrübelerini esirgemeyen Demiryolları DATEM Müdürü jeoloji Mühendisi Yavuz BOZOKLU ve Petrografi uzmanı Jeoloji Mühendisi Hüseyin IŞILAK'a;

Tezin yazım aşamasında katkılarından dolayı Araştırma Görevlisi Esra SABANCI'ya;

Deneylerde kullanılmak amacıyla örnek sağlayan Celal ATALAY'a,

Deney malzemelerinin laboratuvar ortamına taşınmasında ve diğer aşamalarda yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Mahmut CİVAN ve Serhat KAYA'ya;

Ayrıca, bugüne kadar olduğu gibi, yüksek lisans eğitimim süresince manevi desteklerini esirgemeyen anneme, babama, eşime, kızlarım Elvin ve Erva'ya;

Teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER.....	vii
ŞEKİLLER.....	viii
ÇİZELGELER.....	ix
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER	2
2.1. Çalışma Sahalarının Jeolojik Konumu	2
2.1.1. Pazarcık (Kahramanmaraş) Magmatiklerinin Jeolojik Konumu	2
2.1.2. Solhan (Bingöl) Magmatiklerinin Jeolojik Konumu.....	2
2.2. Stratigrafi.....	2
2.2.1. Pazarcık (Kahramanmaraş) Magmatiklerinin Stratigrafisi.....	2
2.2.1.1 Yavuzeli Formasyonu.....	2
2.2.2. Solhan (Bingöl) Magmatiklerinin Stratigrafisi	5
2.3. Magmatik Kayaçlar.....	8
2.4. Balast.....	11
2.4.1. Demiryolu Balastı.....	11
2.4.1.1. Doğal Demiryolu Balastı.....	11
2.4.1.2. Yapay Demiryolu Balastı.....	11
2.4.1.3. Geri Kazanılmış Demiryolu Balastı.....	11
2.4.2. Balast ve Balast Yatağı.....	12
2.4.2.1. Balast Yatağından Beklentiler.....	12
2.4.3. Balasta Uygun Kayaç Kriterleri.....	13
2.5. Kayaçların Mühendislik Özellikleri	13
2.5.1. Fiziksel Özellikleri	14
2.5.1.1. Birim Hacim Ağırlığı	14
2.5.1.2. Ağırlıkça ve Hacimce Su Emme	14
2.5.1.3. Porozite	14
2.5.1.4. Sertlik	15

2.5.1.4.1. Schimidt Çekici Sertlik Tayini.....	15
2.5.2. Mekanik Özellikleri	16
2.5.2.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı	16
2.5.2.2. Endirekt Çekme (Brazilian) Dayanımı	17
2.5.2.3. Los Angelas Aşınma Kaybı	18
2.5.2.4. MgSO ₄ Don Kaybı.....	19
2.5.3. Kayaçların Mineralojik ve Kimyasal Özellikleri	19
2.5.3.1. X-Işını Yöntemi (XRD).....	19
2.5.3.2. X-Işınları Floresans Spektrometresi (XRF)	20
3. MATERYAL VE YÖNTEM	21
3.1. Deneysel Numunelerinin Derlenmesi.....	21
3.2. Deneysel Çalışmalar.....	22
3.3. Örnek Hazırlama	22
3.4. Kayacın Fiziksel Özelliklerini Belirleyen Deneysel.....	23
3.4.1. Birim Hacim Ağırlığı Deneyi	23
3.4.2. Ağırlıkça ve Hacimce Su Emme Deneyi.....	25
3.4.3. Porozite Tayini	26
3.4.5. Sertlik	27
3.4.5.1. Schimidt Çekici Sertlik İndeks Tayini.....	27
3.4.6. Kayaçların Mekanik Özelliklerini Belirleyen Deneysel	28
3.4.6.1. Tek Eksenli Basma Dayanımı Deneyi	28
3.4.6.2. Los Angelas Aşınma Kaybı Deneyi	30
3.4.6.3. MgSO ₄ Don Kaybı Deneyi	31
3.4.6.4. Dolaylı Yoldan Çekme Dayanımı (Brazilian) Deneyi	32
3.4.7. Kayaçların Kimyasal ve Mineralojik Özelliklerini Belirleyen Deneysel.....	34
3.4.7.1. Elementel Analiz (XRF).....	34
3.4.7.2. Mineralojik Analiz (XRD).....	35
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	36
4.1. Çalışılan Kayaçların Fiziksel Özellikleri.....	36
4.1.1. Birim Hacim Ağırlık Sonuçları	36
4.1.2. Su Emme Deneyi Sonuçları.....	37
4.1.3. Porozite Değerleri.....	38
4.1.4. Sertlik Değerleri.....	39

4.1.4.1. Schmidt Çekici Sertlik İndeks Değeri	39
4.2. Çalışılan Kayaçların Mekanik Özellikleri	39
4.2.1. Los Angeles Aşınma Kaybı Deney Sonuçları.....	39
4.2.2. MgSO ₄ Don Kaybı Deney Sonuçları	40
4.2.3. Tek Eksenli Basma Dayanımı Deney Sonuçları	41
4.2.4. Dolaylı Yoldan Çekme (Brazilian) Dayanımı Deney Sonuçları.....	41
4.3. Çalışılan Kayaçların Mineralojik Özellikleri	43
4.3.1. XRD Test Sonuçları.....	43
4.4. Çalışılan Kayaçların Kimyasal Özellikleri.....	44
4.4.1. XRF Test Sonuçları.....	44
4.5. Tanıtım Kartları.....	46
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	48
5.1. Tartışma Sonuç ve Öneri.....	48
6. KAYNAKLAR	51
7. ÖZGEÇMİŞ	54

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

°	Derece
°C	Santigrat Derece
µs	Mikro saniye
µm	Mikro metre
BTK	Bakü Tiflis Kars Demiryolu Hattı
cm	Santimetre
cm ²	Santimetrekare
cm ³	Santimetreküp
Ç _d	Çekme dayanımı
D	Silindirik deney örneğinin çapı
DATEM	Demiryolu Araştırma ve Teknoloji Merkezi
DAF	Doğu Anadolu fayı
D _{dğ}	Doğal birim ağırlık
D _{dy}	Doygun birim hacim ağırlık
D _{kr}	Kuru birim hacim ağırlık
F _b	Tek eksenli basınç dayanımı
gr	Gram
HT	Hızlı tren
ISRM	Uluslararası Kaya Mekaniği Derneği
Kg	Kilogram
Kgf	Kilogramkuvvet
kN	Kilo Newton
L	Silindirik deney örneğinin boyu
LA	Los angelas aşınma kaybı
m	Metre
m ²	metrekare
m ³	Metreküp
mm ²	Milimetrekare
mm ³	Milimetreküp
mm	Milimetre
MPa	Mega Pascal
M _s	Magnezyum sülfat don kaybı oranı
N	Newton
NX	Çapı 54 mm olan karotiyer
P	Porozite oranı
S _k	Kütlece su emme oranı
S _h	Hacimce su emme oranı
TCDD	Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
TS	Türk Standartları
UCS	Tek Eksenli Basma Dayanımı
V	Hacim
XRD	X-Işını Kırınım Yöntemi
XRF	X-Işınları Floresans Spektrometresi
YHT	Yüksek Hızlı Tren

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Pazarcık (Kahramanmaraş) bölgesinin genel jeoloji haritası.....	3
Şekil 2.2.	Pazarcık (Kahramanmaraş) bölgesinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti.....	4
Şekil 2.3.	Solhan (Bingöl) bölgesinin genel jeoloji haritası.....	6
Şekil 2.4.	Solhan (Bingöl) Formasyonunun stratigrafik kesiti.....	7
Şekil 2.5.	Vulkanik kayaçların çift üçgen diyagramı üzerinde sınıflandırılması.....	10
Şekil 2.6.	Demiryolunda balast en kesiti.....	11
Şekil 2.7.	Demiryolu güzergahında balastın konumu.....	13
Şekil 2.8.	Los Angelas deney cihazı.....	18
Şekil 2.9.	XRD cihazı.....	20
Şekil 2.10.	XRF cihazı.....	20
Şekil 3.11.	Çalışma alanları yer bulduru haritaları.....	21
Şekil 3.12.	Karot örneği hazırlama.....	23
Şekil 3.13.	Örnek tartımı.....	25
Şekil 3.14.	Schmidt sertlik tayini.....	27
Şekil 3.15.	Tek eksenli basınç deney cihazı.....	28
Şekil 3.16.	Solhan (Bingöl) silindirik örneklerinin tek eksenli basınç deneyinden sonraki görünüşleri.....	29
Şekil 3.17.	Pazarcık (Kahramanmaraş) örneklerinin tek eksenli basınç deneyinden sonraki görünüşleri.....	29
Şekil 3.18.	MgSO ₄ don kaybı deneyi.....	32
Şekil 3.19.	Brazilian deney aparatı	33
Şekil 3.20.	Pazarcık (Kahramanmaraş) örneklerinin dolaylı yönden çekme (Brazilian) dayanımı deneyinden sonraki görünümü.....	34
Şekil 3.21.	Solhan (Bingöl) örneklerinin dolaylı yönden çekme dayanımı (Brazilian) deneyinden sonraki görünümü.....	34
Şekil 3.22.	Pazarcık (Kahramanmaraş) magmatitiği XRD grafiği.....	43
Şekil 3.23.	Solhan (Bingöl) magmatitiği XRD grafiği.....	44
Şekil 4.24.	Pazarcık (Kahramanmaraş) Formasyonu tanıtım kartı.....	46
Şekil 4.25.	Solhan (Bingöl) Formasyonu tanıtım kartı.....	47

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2. 1. Magmatik kayaçların sınıflaması ve başlıca örnekleri.....	9
Çizelge 2.2. Porozite oranına göre kayaçların sınıflaması.....	15
Çizelge 2.3. Kayaçların Schmidt sertliklerine göre sınıflaması (ISRM 1978).....	16
Çizelge 2.4. Kayaçların tek eksenli basınç dayanımına göre sınıflaması	17
Çizelge 4.5. Solhan (Bingöl) volkanığının birim hacim ağırlığı değerleri	36
Çizelge 4.6. Pazarcık (Kahramanmaraş) magmatığının birim hacim ağırlık değerleri.....	36
Çizelge 4.7. Solhan (Bingöl) örneklerinin su emme değerleri	37
Çizelge 4.8. Pazarcık (Kahramanmaraş) magmatığının su emme değerleri.....	38
Çizelge 4.9. Çalışılan kayaçların porozite oranı değerleri.....	38
Çizelge 4.10. Deneyde kullanılan kayaçların sertlik değerleri.....	39
Çizelge 4.11. Los Angeles aşınma kaybı deney sonuçları	40
Çizelge 4.12. MgSO ₄ don deneyi sonuçları	40
Çizelge 4.13. Tek eksenli basma dayanım deneyi sonuçları	41
Çizelge 4.14. Dolaylı yoldan çekme dayanımı (Brazilian) sonuçları	42
Çizelge 4.15. XRF sonuçları	45

1.GİRİŞ

Ülkemiz demiryolu hatlarında Jeolojik kaynaklar ve kolay üretilebilirliği nedeniyle; balast malzemesi olarak, Amerika ve Kanada da olduğu gibi, sedimanter kökenli kireçtaşı kullanılmıştır. Ancak kireçtaşından üretilen balastın dayanımının hem yoldaki dinamik etkenlere hem de doğal şartlara (yağmur, don, sıcaklık vb.) karşı zayıf olması, kısa sürede ufalanıp balast niteliğini kaybetmesi, yolun çok çabuk kirlenmesine, dresaj (Demiryolunun yanal ekseninde kayması) ve şöminman (Demiryolunun dikey ekseninde kayması) bakımından gerekli stabiliteyi uzun süre sağlayamamasına ve demiryollarında çok sayıda maliyet arttırıcı unsurun meydana gelmesine neden olmaktadır.

Demiryolu taşımacılığına olan ilginin her anlamda artarak devam etmesi, yeni Ulusal ve Uluslararası hatların (BKT) ve özellikle yüksek hızlı tren (YHT) hatlarının yapılmaya başlanması, mevcut standartların Dünyanın gelişmiş ülkelerinin de tabii olduğu demiryolu standartlarına yükseltilmesi zorunlu olmuştur.

Doğal olarak diğer tüm unsurlar gibi, balast standartlarının da yükseltilmesi zorunlu hale gelmiştir. Bu sebeple, kireçtaşlarına göre dayanımının fazla olması nedeniyle bazalt, dasit, andezit, granit gibi magmatik kökenli kayaların kullanılmasına karar verilmiş, özellikle 2006 yılından itibaren sadece magmatik kökenli kayaların kullanımı zorunlu hale gelmiştir.

Bu çalışma ile; demiryolu güzergahına yakın Kahramanmaraş (Pazarcık) bölgesi Yavuzeli Formasyonundaki Orta-Üst Miyosen yaşlı volkanikler ve Bingöl (Solhan) bölgesi Solhan Formasyonundaki Üst Miyosen yaşlı volkaniklerin, demiryolu balastı olarak kullanımına uygunlukları ile birlikte diğer fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Çalışma Sahalarının Jeolojik Konumu

Çalışılacak formasyonlar; Pazarcık (Kahramanmaraş) civarı volkanikler ile Solhan (Bingöl) civarı volkaniklerini kapsamaktadır.

2.1.1. Pazarcık (Kahramanmaraş) Magmatiklerinin Jeolojik Konumu

Çalışma sahası; Kahramanmaraş ili, Pazarcık İlçesinin Güney Doğusundaki Yavuzeli Formasyonudur.

2.1.2. Solhan (Bingöl) Magmatiklerinin Jeolojik Konumu

Çalışma sahası; Bingöl ili, Solhan İlçesi Yeşilova Mahallesinin de üzerinde bulunduğu Solhan Formasyonudur.

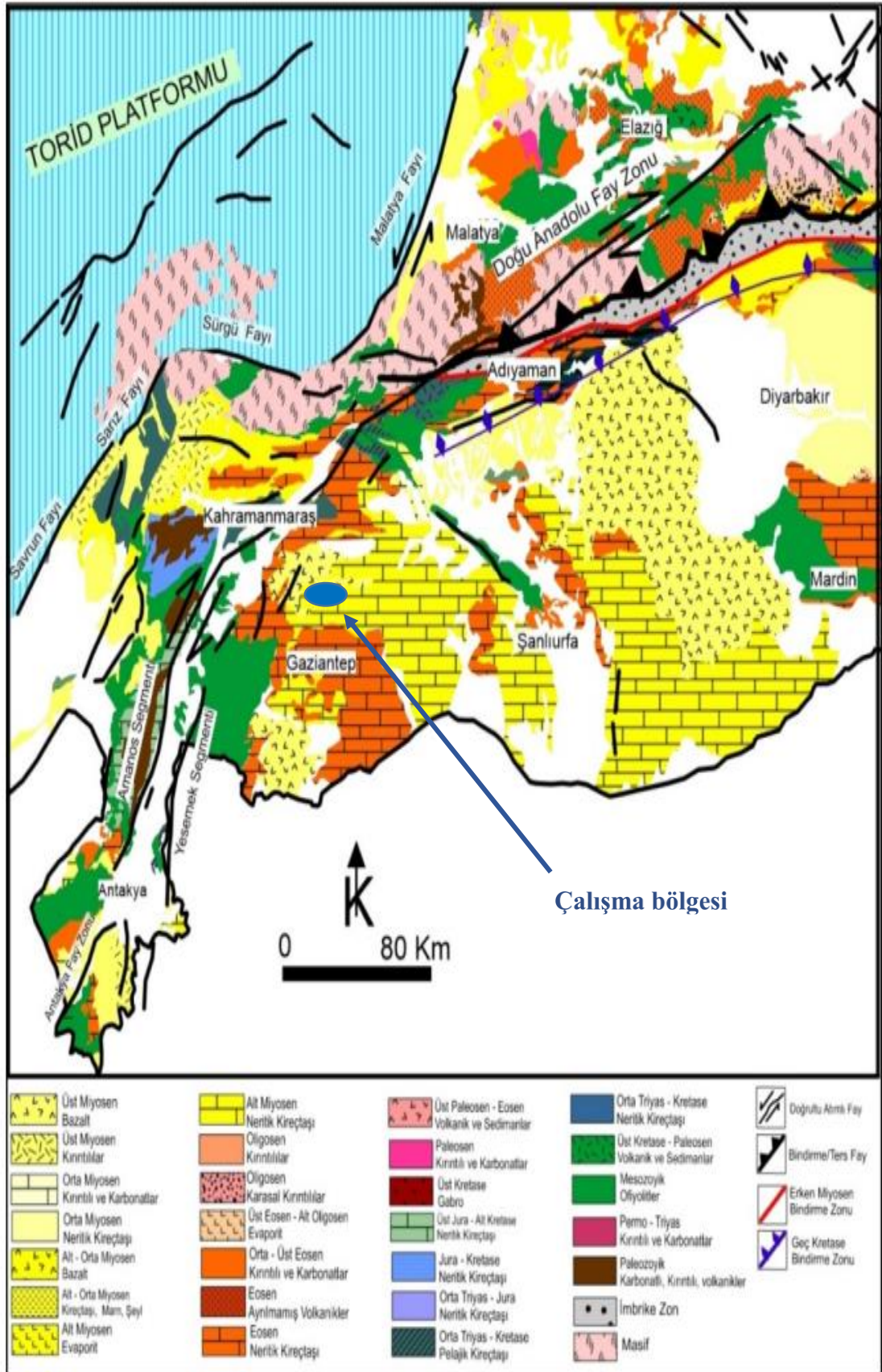
2.2. Stratigrafi

2.2.1. Pazarcık (Kahramanmaraş) Magmatiklerinin Stratigrafisi

Tabanda allokton halde Karadut Karmaşığı, Koçalı ve Ofiyolit Karmaşıkları; üzerlerinde otokton halde Kretase yaşlı Besni ve Germav Formasyonları, Tersiyer yaşlı Beşenli, Aslansuyu Belveren, ile Ardıçlıtepe Formasyonları, Midyat grubu (Gercüş, Hoya, Gaziantep ve Fırat formasyonları), en üstte ise; Şelmo, Harabe ve Yavuzeli Formasyonları yüzeylenir (Şekil 2.1) [1] .

2.2.1.1. Yavuzeli Formasyonu

Magmatik lavdan oluşan birim, çoğunlukla kahve – kırmızı ve siyahımsı, tabakasız, yer yer çok kalın tabakalı, gözenekli, gözenekleri kalsit dolgulu bazalttan oluşmaktadır. Yine bu lav akıntısının altında zaman zaman tuf ve aglomera yer almaktadır. Volkanizmanın hangi mekanizma ile oluştuğunu ve çıkış alanlarını belirlemek için bölgede daha önce çalışmış araştırmacıların, farklı görüşleri vardır. Bazıları oluşumu, Doğu Anadolu Fayı (DAF) ile ilişkilendirmiş, diğer bazıları ise; başlangıcı Miyosen'e dayanan sıkışmalar sonucu oluşan açılımlarla ilişkilendirilmiştir. Bazaltın kalınlığı 1 ila 50 metre aralığında değişmektedir (Şekil 2.2) [1].



Şekil 2. 1. Pazarcık (Kahramanmaraş) bölgesinin genel jeoloji haritası [2].

M E S O Z O Y İ K				ÜST SİSTEM	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
S E N O Z O Y İ K				KUVA		
T E R S İ Y E R				OLİGOSEN	Yavuzeli	
P A L E O J E N				MİYOSEN	Şelmo	
E O S E N				Fırat		
M i d y a t				Gaziantep		
M E S O Z O Y İ K				TEMEL		
K R E T A S E				Üst Kretase-Paleosen		
						Alüvyon,Eski alüvyon, çakıltası, çamurtaşı
						Yavuzeli Bazaltı, siyah, akma yapılı, yer yer tüf ara katkılı
						Şelmo Formasyonu, çakıltası, kumtaşı, şeyl, tüfit ve marn ar dalanması
						Fırat Formasyonu; krem rengi, masif-çok kalın tabakalı, çört yumrulu resifal kireçtaşı
						Gaziantep Formasyonu; aralarında kireçtaşı yüzeyleri bulunan killi kireçtaşı ve tebeşirli kireçtaşı ar dalanması, çok az çört yumrulu
						Karadut karmaşığı, Koçalı karmaşığı ve ofiyolit napı Üst Kretase yaşlı Belveren ve Beşenli formasyonları

Şekil 2. 2. Pazarcık (Kahramanmaraş) bölgesinin genelleştirilmiş stratigrafik kesiti [3].

2.2.2. Solhan (Bingöl) Magmatiklerinin Stratigrafisi

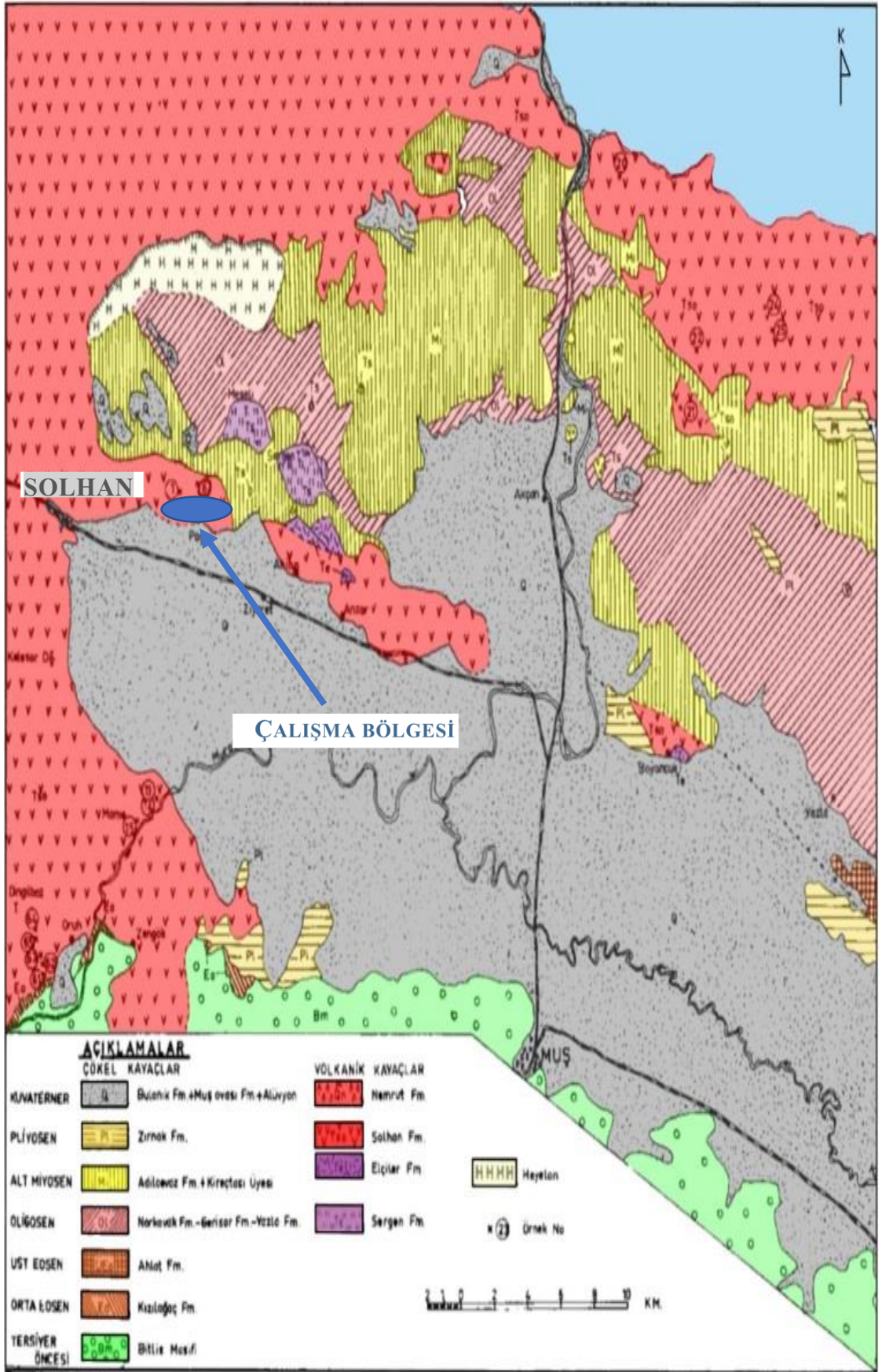
Genellikle; bazalt, andezit dasit ve piroklastiklerden oluşur. Yer yer tortul ara katkılar bulunmasına karşın hemen hemen tamamı volkanitlerden meydana gelmiştir (Şekil 2.3-4).

Birimin kalınlığı; yaklaşık 1000 m kadardır. Radyometrik yaş belirlemeleri ile volkanizmanın Erken Pliyosende oluşmaya başladığı saptanmıştır [5].






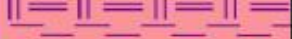


Volkanitler, en üstünde, yaklaşık 20 m kalınlığındaki tüfit-kiltaşı aralanmasıyla başlamaktadır. Kiltaşı çokça bitki fosili içermektedir. Volkanitler, piroklastik ve lavlardan meydana gelerek gölsel çökeller içinde ara katkılı haldedirler. Lavların bazı kesimleri, gaz boşluklu olup, buralarda iri plajiyoklaz fenokristallerine rastlanır. Doğuya doğru, volkanitlerin kalınlığı azalarak, Zırnak Formasyonuna geçer. Bu formasyon çoğunlukla kumtaşı-çakıltası, kirlili sarı-sarı-beyaz renkli kiltaşı/miltaşı ve gölsel kireçtaşıdan meydana gelmiştir. Solhan Formasyonu ile yanall geçişli ve en fazla 250 m kalınlığındadır.

Formasyon başvuru kesitinde, lav, göl çökelleri ve piroklastik arakatkılar gözlenmiştir. Kesitinin alt bölümünde 30 m kalınlığında tüfit-aglomera bulunur. Üstünde yaklaşık 200 m kalınlığında oluşan lav seviyesi bulunur [4]. Daha üstte 50 m kalınlığında, miltaşı-kumtaşı bulunur. Çökeller düzgün tabakalı ve gölsel ortamda birikmiştir. Daha üstte; havayit- trakibazalttan oluşan [4], 75 m kalınlığında bir seviye bulunur. En üstte 85 m bej renkli, kalın tabakalı, kötü boylanmış tüfit- aglomera düzeyi ve onun üstünde de 335 m kalınlığındaki havayit, ve bazalttan oluşan bir lav seviyesi yer alır (Şekil.2.4) [4].

Formasyonun Solhan dolayındaki yüzeylenmelerin de, radyometrik yaşları alınmıştır. Bu radyometrik yaş verileri, alt yaş sınırının Geç Miyosen'e inebileceğini göstermektedir [5].



Şekil 2.3. Solhan (Bingöl) bölgesinin genel jeoloji haritası [5].

Form.	Kaya Türü	Kal. (m)	Kaya Türü Açıklaması
S o l h a n		620	Akma yapı, levha eklemli bazalt İri plajiyoklas kristalli, yer yer gaz boşluklu. Yer yer altere, iri plajiyoklazlı, akma yapıları gösteren bazalt-dasit Gri renkli masif bazalt
		50	Tüf-Aglomera
		130	İri plajiyoklazlı, taze rengi gri, bozuşma rengi kahverengi, sütunsal soğumalı bazalt.
		20	Tüf-Aglomera
		80	Bazalt
		20	Tüf-Kiltaşı, bitki fosilli
			Açısal Uyumsuzluk
Kızıllağaç			

Şekil 2. 4. Solhan (Bingöl) Formasyonunun stratigrafik kesiti [5].

2.3. Magmatik Kayaçlar

Silikat hamuru durumundaki Magma' nın yerkabuğunun derinlerinde veya yüzeyde soğuyup, katılaşmasıyla oluşan kayaçlar, genellikle kristallerden meydana gelmiş kütle haldeki kayaçlardır. Lavın soğuyarak katılaşması yerin derinlerinde, olduğunda plütonik kayaçlar, yeryüzünde veya yeryüzüne yakın derinliklerde olduğunda ise damar ve volkanik kayaçlar oluşmaktadır.

Plütonik kayaçlara derinlik kayaçları da denir. Tam kristalli, taneli, yalnız kristallerden oluşurlar (gabro, granit, siyenit vb.).

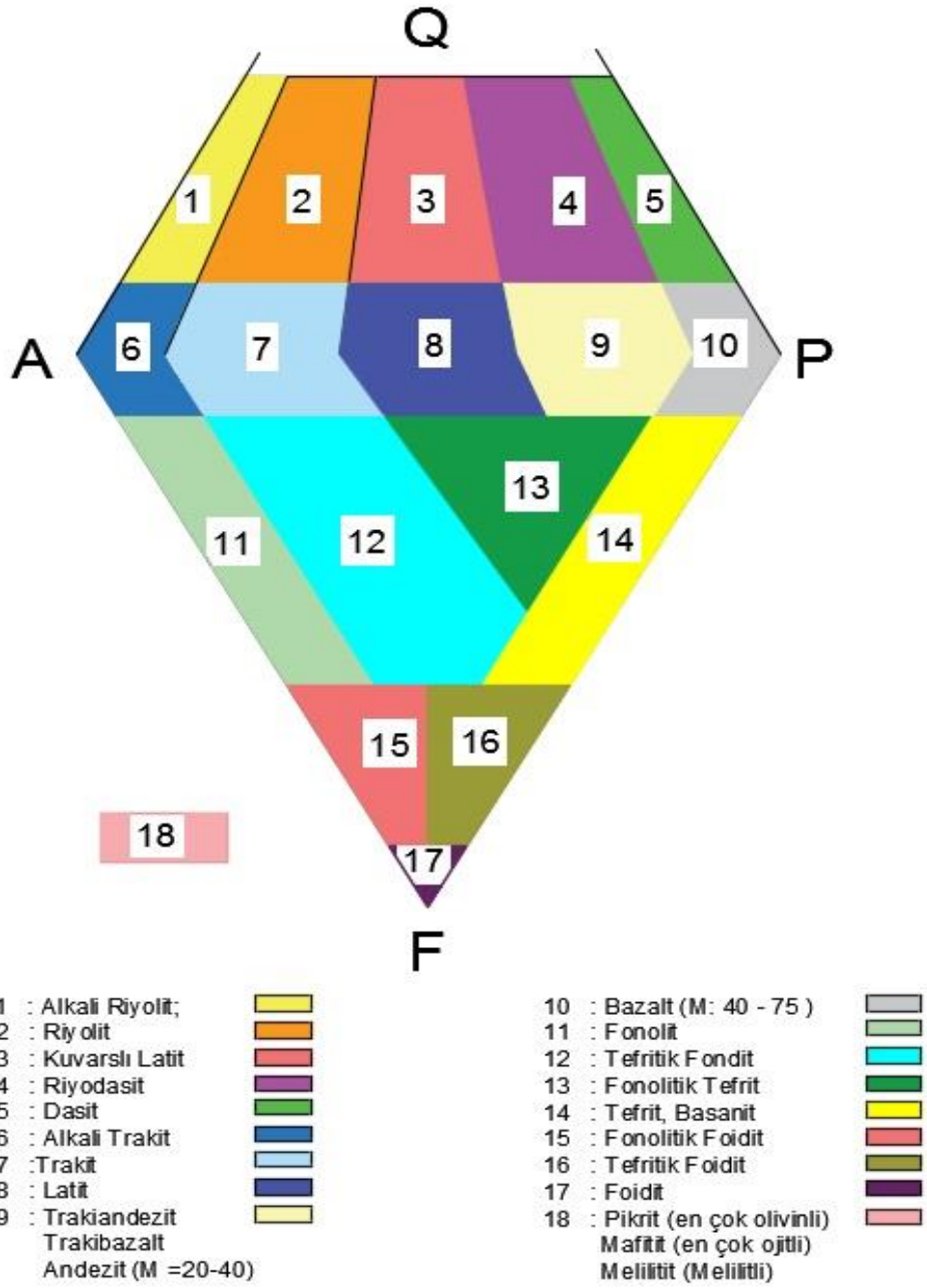
Volkanik kayaçlara, yüzey kayaçları da denir. Bunlar; yarı kristalli, porfirik yapılıdır. Çoğu kez gözle görülebilen çeşitli kristaller, kristal olmayan, camsı bir hamur içinde dağılmış, serpilmiş durumda bulunurlar (andezit, riyoit, bazalt vb.).

Magmatik kayaçların üçüncü grubu ise; damar kayaçlarıdır. Yüzey ve derinlik kayaçları ile arasında bir geçiş safhası meydana getirerek genellikle porfirite şeklinde adlandırılırlar. Karakteristik özellikleri, hamurun camsı değil, küçük kristalli oluşu ve diğer kayaçların çatlakları içerisinde yer almalarıdır.

Magmatik kayaçların adlandırılması ve sınıflaması; bileşimlerindeki kuvarsın % miktarına, feldispatların çeşidine, anortit miktarına; kuvarsız ve feldispatlı kayaçlardaki demirli–magnezyumlu koyu renkli minerallerin türleri esas alınarak yapılmaktadır. Çizelge 2.1' ve Şekil.2.5'te sınıflamaları verilmiştir [6].

Çizelge 2. 1. Magmatik kayaçların sınıflaması ve başlıca örnekleri [6].

Bileşimlerine Giren Mineraller ve Bunların Hacim Olarak % Katılma Oranları		Plütonik Kayaçlar	Damar Kayaçları	Volkanik Kayaçlar, X, XX
Kuarşlı – Feoldispatlı ve koyu mineralli (SiO ₂ : % 75 - 60)	Kuars : 10-40 Alkali Feldispat : 30-60 Asit Plajioklas : 0-35 Koyu Mineraller : 10-35	GRANİT	Granit – Porfir ,	RİYOLİT
			Kuarşlı Porfir	LİPARİT
	Kuars : 10-30 Alkali Feldispat : 20-50 Oligoklas-Andezin : 40-85 Koyu Mineraller : 10-20	GRANO – DİYORİT	Granodiyorit Porfirit Kuarşlı porfirit	RİYODASİT
	Kuars : 10-35 Andezin-Oligoklas : 50-80 Koyu Mineraller : 10-35		KUVARSLI DİYORİT	Kuarşlı diyorit - Porfirit
Kuarşsız veya çok az Kuarşlı, Feldispatlı ve koyu mineralli (SiO ₂ : % 60 - 46)	Alkali Feldispat : 30-80 Asit Plajioklas : 2-25 Koyu Mineraller : 10-40	SİYENİT	Siyenitporfir, Ortofir	TRAKİT
	+ Nefelin : 10-32	NEFELİN - SİYENİT	Nefelinit	FONOLİT
	Alkali Feldispat : 40-50 Plajioklas : 40-60 Koyu Mineraller : 10-20	MONZONİT	Monzonit - Porfirit	TRAKİAND EZİT -LATİT
	Alkali Feldispat : 0-10 Oligoklas- Andezin : 50-60 Koyu Mineraller : 30-40	DİYORİT	Diyorit - Porfirit	ANDEZİT
	Labrador (Plajioklas) : 45-70 Piroksen ± Olivin : 25-50	GABRO , NORİT	Gabro – Porfirit, melafir	BAZALT DİYABAZ DOLERİT
Kuarşsız Feldispatlı veya çok az feldispatlı, koyu renkli – tek mineralli (SiO ₂ : % 46 - 30)	Olivin + Piroksen : 85-95 Kromit + Mağnetit : 3-10	PERİDOTİT DUNİT (Yalnız olivin)	Kimberlit	PİKRİT
	Esaslı mineralli Piroksen	PİROKSENİT	X : Camsı olanlar, obsidyen, süngertaşı;	
	Esaslı mineralli Hornblent	HORNBLENDİT	XX : Taneli, parçalı olanlar Tüfler, Aglomeralar.	
	Hemen – hemen yalnız plajioklaslı	ANORTOZİT		



Q = Kuvars

A = Alkali feldispatlar(sanidin,anortz,saf albit)

P = Plajioklaslar

F = Feldispatoitler(lösit,nefelin,sadolit vb.)

M = Koyu mineraller,mafik veya fermik mineraller (Piroksen,amfibol,mika,olivin,melilit,ilmenit,apatit,kordierit)

Şekil 2.5. Volkanik kayaçların çift üçgen diyagramı üzerinde sınıflandırılması [6].

2.4. Balast

2.4.1. Demiryolu Balastı

Tane yüzeylerinin % 100'ünün tamamen kırılmış olduğu, demiryolu hatlarında platform ile travers arasında bulunan ve traversten gelen tren yüklerini platforma aktararak hattın stabil halde durmasını sağlama görevini yerine getiren 30-60 mm boyutlarındaki agregaya denir (Şekil 2.6).

Elde edilmiş şekline göre 3 gruba ayrılır:

2.4.1.1. Doğal Demiryolu Balastı

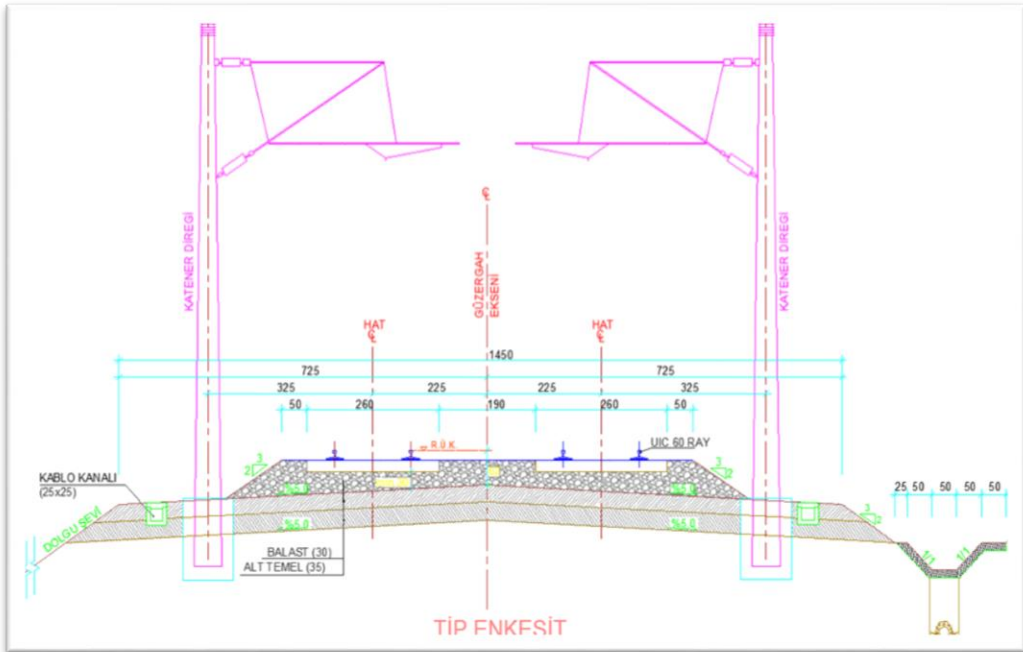
Mekanik işlemler dışında herhangi bir işleme tâbi tutulmayan doğal kayaç kaynaklarından elde edilen demiryolu balastı (Şekil 2.7).

2.4.1.2. Yapay Demiryolu Balastı

Isıl veya diğer değişiklik işlemleri ihtiva eden bir endüstriyel çalışma sonucunda elde edilen mineral kökenli demiryolu balastı.

2.4.1.3. Geri Kazanılmış Demiryolu Balastı

Önceden kullanılmış olan balastların eleme işleminden geçirilmesi sonucunda elde edilen demiryolu balastı [7].



Şekil 2. 6. Demiryolunda balast en kesiti [9].

2.4.2. Balast ve Balast Yatağı

Hat çerçevesi balast yatağı üzerinde ‘yüzer şekilde’ yerleşiktir (Şekil 2.6). Bu, dinamik kuvvetlerin etkisi altında, hat yerleşiminin kötüleşmesine neden olur, fakat diğer taraftan da bu bozulmanın az masrafla, tam otomatik üstyapı makineleri ile düzeltilebilmesi avantajlarını beraberinde getirir[8].

2.4.2.1. Balast Yatağından Beklentiler

Balast yatağı, aşağıdaki beklentileri yerine getirebilmelidir [8];

- Traversten gelen yükleri tabana mümkün olduğu kadar eşit olarak aktarabilmek,
- Traverslerin, boyuna ve çapraz kaymalarına karşı yüksek bir dirence sahip olmasını temin edebilmek,
- Meydana gelebilen değişikliklerden sonra hat yerleşiminin kolaylıkla eski haline getirilebilmesi (Buraj ve doğrultma çalışmaları),
- Platform taşıma kapasitesini yüksek tutabilmek için iyi bir su ve hava geçirgenliğine sahip olması,
- Dinamik kuvvetlerin asgaride tutulabilmesi için hat elastikiyetini sağlayabilmesi,
- Hattaki buraj ve dresaj çalışmalarının kolaylıkla yapılabilmesine uygun olması.

Bu beklentiler aşağıdaki hususlar ile karşılanabilir [8];

- Balast yatak yüksekliğinin ve kesitinin uygun ölçülerde seçilmesi,
- Balast malzemesi ve sıkıştırılma kalitesi,
- Hava şartlarına mukavemeti (donma-çözülme deneyleri ile tespit edilir),
- Yüksek bir diriliği (aşındırma deneyleri ile tespit edilir),
- Yüksek baskıya dayanıklılığı (basınç ve darbe deneyleri ile tespit edilir),
- İçine karışmış balçık ve toprak bulunmaması,
- Danelerin küp şeklinde ve köşeli olması,

Yukarıdaki şartları sağlayabilen en iyi kayaçlar, magmatik kökenli olanlardır.



Şekil 2. 7. Demiryolu güzergahında balastın konumu

2.4.3. Balasta Uygun Kayaç Kriterleri

- ❖ Ana kayadan koparılmış veya balast üretimine uygun blok taşlardan üretilmeli ve köşeli olması amacıyla konkasörde kırılmalıdır,
- ❖ Bazalt, dasit, granit, granodiyorit, gabro ve diyabaz gibi volkanik kayalardan üretilmelidir,
- ❖ Aşınma kaybı oranı; HT ve YHT hatlarında 1000 devir sonunda %15'den, Konvansiyonel hatlarda % 20'den fazla olmamalıdır,
- ❖ Su emme miktarı; HT ve YHT Hatlarında (Su emme deneyi ile belirlenecek) ağırlıkça % 1,5'dan, Konvansiyonel hatlarda % 2'den fazla olmamalıdır,
- ❖ $MgSO_4$ çözeltisinde kütle kaybı; Konvansiyonel, HT ve YHT hatlarında % 5'den fazla olmamalıdır [9, 10].

2.5. Kayaçların Mühendislik Özellikleri

Bu özellikler; kayaçların sahip oldukları fiziksel, mekanik, kimyasal ve petrografik farklılıklar sonucunda meydana gelmektedir.

2.5.1. Fiziksel Özellikleri

2.5.1.1. Birim Hacim Ağırlığı

Bir kayacın birim hacmindeki ağırlığı olarak tarif edilmekte olan birim hacim ağırlığı; kayacın mineralojik, fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Örneğin; yüksek gözenekli, yüksek su emme kapasiteli ya da düşük yoğunluğa sahip kayalarda birim hacim ağırlık değeri daha düşük olmaktadır [11].

2.5.1.2. Ağırlıkça ve Hacimce Su Emme

Kayacın; ağırlıkça ve/veya hacimce boşluklarının alabileceği su miktarına, kayaların su emme özelliği denir. Kayaç içerisindeki bu boşluklar, çatlaklar ve gözenekler kayacın dayanımını azaltmaktadır. Yine; kapalı uçlu boşluk yapılarının su emme ve geçirme özellikleri düşükken, açık uçlu boşluk yapılarınınki daha yüksek olmaktadır [11].

2.5.1.3. Porozite

Kayaçları oluşturan taneciklerin aralarındaki boşluklulara porozite veya gözeneklilik adı verilir. Magmatik kökenli kayalarda porozite; özellikle yüzeysel ortamda hızlıca soğumaları ile içerisindeki gaz boşluklarının da, yine hızlıca katılması sonucunda oluşur. Kayaçlardaki boşluk hacminin ölçümü ile tespit edilmektedir. Porozite oranı; kayaların, petrol, su, doğal gaz, gibi sıvı-gaz haldeki maddeleri tutma kapasitelerini belirleyen en önemli faktördür [12].

Porozite oranına etki eden başlıca etmenler:

-Tane şekli: Kayaçların yapısını belirleyen faktörlerden bir tanesi olan tane şekli, aynı zamanda porozite oranını da etkilemektedir. Tanelerin yuvarlaklığı arttıkça porozite de artar [12].

-Tane boyu dağılımı: Tanelerin boyutları birbirine ne kadar yakın ise porozite miktarı da o kadar yüksektir. Aynı şekilde; tane boyutları birbirinden ne kadar farklı ise porozite miktarı da bir o kadar düşmektedir [12].

-Tanelerin sıralanma şekli: Kayaç içinde tanelerin sıralanma şekilleri porozitenin artmasına veya azalmasına sebep olur. Örneğin; rombohedral sıralanmada porozite oranı, % 27, iken bu oran kübik sıralanmada % 47 seviyelerine yaklaşmaktadır [12].

-Çimentolanma derecesi: Porozite miktarı, çimentolanma derecesi ile ters orantılıdır [12].

Çizelge 2. 2. Porozite oranına göre kayaçların sınıflaması [13]

Porozite %	Kaya sınıfı
<1	Çok kompakt
1-2,5	Az boşluklu
2,5-5	Orta Boşluklu
5-10	Oldukça boşluklu
10-20	Çok boşluklu
>20	Çok fazla boşluklu

2.5.1.4. Sertlik

Bir mineralin dışarıdan gelen mekanik bir etkiye karşı göstermiş olduğu direnç olarak tanımlanan sertlik minerallere özgü bir özelliktir. Kayacın içinde bulunan minerallerin sertliği kayacın sertliğini belirler. Özellikle taş ocağı işletmeciliğinde kayacın kesilmesi ve işlenmesi aşamalarında uygun makine-ekipman seçimini yapabilmek için belirlenmesi gerekli olan bir özelliktir. Kayaçların sertlikleri, Schimidt, Mohs, Shore vb. yöntemlerle belirlenebilir [23].

2.5.1.4.1. Schimidt Çekici Sertlik Tayini

Uygulanışı kolay ve ucuz olan Schimidt Çekici ile sertlik tayini, sert kayaçalarda çok elverişli iken, yumuşak kayaçalarda çok da sağlıklı sonuçlar vermemektedir. Bu yöntem, yalnız laboratuvar ortamında değil aynı zamanda arazide de kullanılabilir. Kayaçların yüzey pürüzlülüğü, nem içeriği, numune boyutu sertlik değerini etkiler. Schimidt sertlik değerini laboratuvar ortamında belirlerken, karot numuneleri ve sağlam bloklar kullanılır. Ayrıca Schimidt Çekici sertlik değeri, tek eksenli basma dayanımının dolaylı olarak belirlenmesinde kullanılmaktadır [24, 25].

Çizelge 2. 4'te kayaçların ISRM 1978'e göre Schimidt Çekici sertlik değeri sınıflaması verilmiştir [26].

Çizelge 2. 3. Kayaçların Schmidt sertliklerine göre sınıflaması (ISRM 1978) [26]

Schmidt çekici değerleri	Kaya sertlik tanımı
0-10	Yumuşak
11-20	Az yumuşak
21-40	Az sert
41-50	Sert
51-60	Oldukça sert
>60	Çok sert

2.5.2. Mekanik Özellikleri

Kayacın maruz kaldığı dışarıdan gelen kuvvetlere karşı göstermiş olduğu dirence, dayanım denilmektedir. Dayanımın kuvvetten düşük olduğu anda kayaç kuvvete karşı direncini yitirir ve kırılma meydana gelir. Tam bu anda yani yenilme noktasında kayacın dayanım değeri elde edilir [14].

Kayaçların mekanik özelliklerinin tespiti özellikle yerüstü ve yeraltı mühendislik yapılarını tasarlayan jeoloji, maden ve inşaat mühendislik disiplinleri açısından oldukça önemlidir. Kayaçların oluşum şartları ve ortamları, çimentolanma dereceleri mineralojik bağ yapıları ile kristallenme dereceleri, su emme oranları, çatlak yapıları vb. etmenler mekanik özelliklerini doğrudan etkilemektedir [14].

2.5.2.1. Tek Eksenli Basınç Dayanımı

Kayaç özelliklerini belirlemek için yaygın olarak kullanılan Tek Eksenli Basınç Dayanımı deneyi; silindirik veya prizmatik numuneler üzerine uygulanan bir basma deneyidir. Basma dayanımı, kayacın kırılmadan taşıyabildiği yükü belirtir [15]. Uygulanma yöntemi Kaya Mekaniği Birliği (ISRM) tarafından önerilen yöntemlere göre belirlenebilmektedir [16].

Bir kayacın tek eksenli basma dayanımı; belirli boyutlardaki kayacın, kırılmamak için, belli bir yönde etkiyen kuvvete karşı gösterdiği dirençtir. Bir diğer tanımla; kayacın kırılmadan önce göstermiş olduğu en yüksek dayanım değeridir [17, 18].

Kayaçların;

 Ayrışma Derecesi

- ✚ Süreksizlik
- ✚ İzotropluk
- ✚ Kristallenme Derecesi
- ✚ Çimentolanma
- ✚ Su İçeriği
- ✚ Litolojileri
- ✚ Homojenlikleri, tek eksenli basınç dayanımlarına direkt etki etmektedir [14].

Çizelge 2. 3'de ISRM 1978'e göre kayaçların tek eksenli basınç dayanımlarına göre sınıflaması verilmiştir [19].

Çizelge 2. 4.Kayaçların tek eksenli basınç dayanımına göre sınıflaması [19]

Sınıf	Tanım	Tek Eksenli Basma Dayanımı Değeri (MPa)
A	Çok yüksek dayanımlı	> 225
B	Yüksek dayanımlı	225-101
C	Orta dayanımlı	100-50
D	Orta-düşük dayanımlı	50-26
E	Düşük dayanımlı	25-6
F	Çok düşük dayanımlı	5-1

2.5.2.2. Endirekt Çekme (Brazilian) Dayanımı

Birbirine zıt yönde ve tek eksenle etkiyen kuvvetlere karşı, kayaç numunelerinin sergiledikleri dirence, çekme dayanımı adı verilmektedir. Kayaçların çekme dayanımı, doğrudan ve dolaylı yoldan olmak üzere iki şekilde yapılır. Gerek numunelerin hazırlanması ve gerekse de deneyin yapılmasının basitliği göz önüne alındığında, doğrudan yöntemle göre kolay ve daha az zaman alması nedeniyle, dolaylı (Brazilian) yöntem yaygın olarak kullanılmaktadır. Yöntem, 1943' den beridir, kayaçlar ile beton gibi diğer kırılabilir malzemelerde, disk şeklinde hazırlanan numunelerin çapsal basınç altındaki dayanımlarının tespiti esasına göre uygulanır [20].

2.5.2.3. Los Angeles Aşınma Kaybı

Kayaçların kullanım alanlarının belirlenmesinde, darbe ve aşınma gibi etkilere karşı gösterdikleri dirençler önemli bir yer tutmaktadır. Bu etkilere karşı kayaç numunesinin dayanıklılığının belirlenmesinde kullanılan deneysel yöntemlerden biri de Los Angeles aşınma deneyidir. İlk kez Los Angeles' ta yapıldığı için deneye bu isim verilmiştir [21]. Los Angeles aşınma makinası (Şekil 2.8) marifetiyle yapılan deney, kayacın; darbe ve aşınmaya karşı gösterdiği direnç açısından kalitesini belirlemeye yöneliktir [22].

Darbe dayanımı; standart ebatlardaki kayaçların belirli doğrultudaki darbelere karşı gösterdiği dirençtir. Aşınma kaybı; kayaç yüzeyine aşındırıcı maddelerin sürtünmesiyle oluşan azalmaya denir. Aşınma, yavaş tempolu mekanik ve fiziksel bir olaydır. Darbeli aşınma kaybı esasta, silindirik tambur içindeki kayaç numunesinin, çelik bilyelerle birlikte dönme sırasında yukarıda toplanıp, serbest düşme esnasında çarpışmaları sonucu kırılma veyahut küçük parçaların kopması esasına dayanmaktadır [22].



Şekil 2. 8. Los Angelas deney cihazı

2.5.2.4 MgSO₄ Don Kaybı

Bu deney, tane büyüklüğüne göre 30-60 mm arasında olan balastın ard arda donma ve çözülme etkilerine tabii tutulması durumunda, göstereceği davranış hakkında bilgi elde etmek için yapılır. Elde edilen bu veriler, kaliteli bir balast üretmek için büyük önem taşımaktadır [22].

2.5.3. Kayaçların Mineralojik ve Kimyasal Özellikleri

Kayaçlar heterojen ve anizotrop materyallerdir. Dayanıklılıklarını etkileyen ana faktörler mineralojik bileşimleri ve dokularıdır. Mineral cinsinin yanı sıra aralarındaki bağ şeklide çok önemlidir. Birbirine kenetlenmiş minerallerden oluşan bir kayacın sağlamlığı daha fazladır. Örneğin, sedimanter kökenli kayaçlarda taneler genelde matriks ya da çimento malzemesiyle birbirine bağlanırlar. Matriks/çimentonun miktarı ve daha az etkili olmak üzere cinsi, kayacın sağlamlığına, yoğunluğuna ve gözenekliliğine etki eder [27].

Kayaçların dayanım ve deformasyon özellikleri ile mineralojik içeriği arasında güçlü bir ilişki olduğu bilinmektedir. Bu yüzden kayacın mineral bileşimini ve içerisindeki minerallerin yüzde oranlarını belirlemek oldukça önemlidir [11].

Kayaçları oluşturan minerallerin cinslerini, renklerini, kristal şeklini, boşluklu yapılarını, kılcal çatlaklarını, kimyasal içeriklerini, gözenek boyutlarını, bağlayıcı madde cinsini, tane şeklini, tane büyüklüğünü ve dolgu kısımlarını analizler yardımıyla tespit etmek mümkündür. Bu verileri elde etmek için yapılan başlıca analizler XRD, XRF ve İnce Kesit analizlerinden yararlanılmaktadır. [11].

2.5.3.1. X-Işını Yöntemi (XRD)

Kayaç atomlarının kristal dizilimlerine bağlı olarak yapılarını belirlemek amacıyla kullanılan X Işını Kırınım Yöntemi (XRD), kristalin kendine has atom dizilimine bağlı olarak, X-Işınlarını kırması prensibine dayanır. Her bir kristal için kırınım özel olup, sadece o kristali tanımlar işlem; X-Işını adlı, Ultraviyole ışıdan güçlü, Gamma ışınından zayıf enerjili ışın marifetiyle yapılır [11].

Bu metot, deney örneğine zarar vermediği gibi çok düşük miktardaki örneklerle gerçekleştirilebilir. Örneğe X-Işını gönderilerek kırılma-dağılma verileri derlenir. Kayacın kristal yapısına bağlı olarak, ışınları farklı açı ve şiddette kıldığı için oldukça hassas bir analiz elde edilmektedir. Şekil 2. 9’ da cihazın görüntüsü verilmiştir [11].



Şekil 2. 9. XRD cihazı

2.5.3.2. X-Işınları Floresans Spektrometresi (XRF)

Analiz edilmek istenen kayaç örneğine gönderilen X-Işını ile, örnek arasında bir etkileşim oluşur. Bu etkileşimin ardından, ikincil X-Işınlarının şiddetleri ve dalga boylarının ölçülerek element analizi yapılabilir. Bu yöntem XRF adı verilir. Analiz cihazında bulunan hususi bir kristalde ışınların kırınımına uğramasıyla dalga boylarına ayrılması ve şiddetlerinin ölçülmesi esasına dayanmaktadır. Şekil 2.10’ da cihazın bir görüntüsü verilmiştir. XRF analiz metodu kendisine; jeoloji, mineraloji, metalürji ve arkeolojide geniş bir kullanım alanı bulabilmektedir [11].

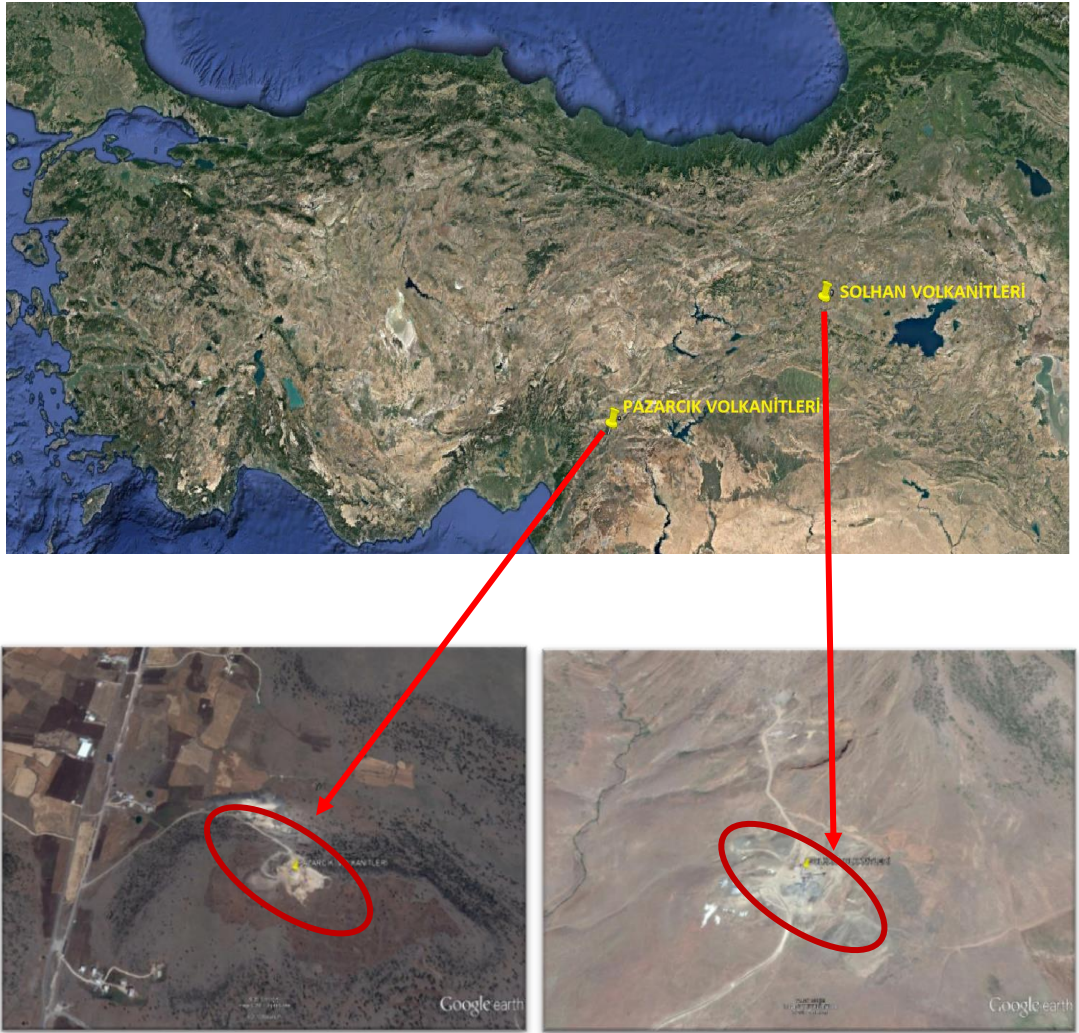


Şekil 2.10. XRF cihazı

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Deney Numunelerinin Derlenmesi

Yağışların olmadığı yaz mevsiminde, formasyonları en iyi şekilde temsil edebilecek yer ve nitelikteki kayaç numuneleri gerek mostra gerekse de eski ocaklardan derlenip laboratuvar çalışmaları için hazırlanmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Çalışma alanları yer bulduru haritaları

3.2. Deneysel Çalışmalar

Her iki formasyona ait uygun lokasyonlardan alınan numunelerin petrografik analizleri; TCDD-Datem petrografi laboratuvarında, dona karşı dayanım deneyi ($MgSO_4$ yöntemi); Akademi-Jeoloji zemin laboratuvarında, mineralojik bileşimlerini saptamak için XRD incelemesi; İnönü Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü laboratuvarında, kimyasal bileşimlerinin belirlenmesi için yaş kimya analizleri (XRF); İnönü Üniversitesi PAL laboratuvarında, kuru, doymuş ve doğal birim hacim ağırlık deneyleri, su emme deneyleri, tek eksenli basınç dayanım deneyleri, dolaylı yönden çekme dayanımı (Brazilian) deneyleri ile aşınmaya karşı dayanıklılık ve aşınma oranı tayini (Los Angeles) deneyleri İnönü Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Laboratuvarında yapılmıştır.

3.3. Örnek Hazırlama

Gerek Pazarcık (Kahramanmaraş), gerekse de Solhan (Bingöl) magmatiklerini en iyi şekilde temsil edecek şekilde bir kısmı taze kırılmış halde diğer bir kısmı da eski taş ocaklarından, yaklaşık 50x40 cm boyutlarında ve her iki lokasyon için 100' er kilogram olacak şekilde örnekler alınmıştır.

Her iki formasyon için alınan blok haldeki kayaçlardan, 5'er adet; 54 mm çapında ve 113-135 mm uzunluklarında silindirik karot örnekleri alınmıştır (Şekil.3.12). Bu örnekler üzerinde; birim hacim ağırlığı, porozite, su emme, tek eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Ayrıca; 10 ar adet 54 mm çapında ve 22-26 mm uzunluklarında silindirik kısa karotlar alınarak dolaylı yönden çekme dayanımı deneyi yapılmıştır.

Kimyasal ve mineralojik özellikleri belirlemek amacıyla, seçilen numuneler; çekiç ile ince çakıl boyutuna indirgindikten sonra konileme- dörtleme yöntemi ile azaltılmış ve agat havanda dövülerek 0,5 μm 'nin altında 4 adet 200'er gr malzeme hazırlanmıştır. Bu malzemeler ile XRD ve XRF analizleri yaptırılmıştır.

Petrografik incelemeler için yine her iki formasyondan 15x10x5 cm ebatlarında 2 adet dikdörtgenimsi numune hazırlanmıştır.



Şekil 3.12. Karot örneği hazırlama

3.4. Kayaçların Fiziksel Özelliklerini Belirleyen Deneyler

3.4.1. Birim Hacim Ağırlığı Deneyi

TS 699’da belirtilen tarife uygun şekilde yapılmıştır [28,29]. Düzgün şekle sahip (silindirik) 5 adet örnek, deneylerde kullanılmak için karot alma makinesi ile alınmış, uçları kesilip düzeltilmiştir. Örnek boyları, (L) 4 yerden ve çapları (D) 6 yerden birbirine dik yönde kumpasla 0.1 mm duraylılıkta ölçülerek her örnek için elde edilen değerlerin ortalaması alınmıştır. Bu boy ve çap değerleri kullanılarak numunelerin hacimleri hesaplanmıştır. Akabinde 0,1 gr hassasiyetle tartılarak doğal ağırlıkları bulunmuştur [28].

Örnekler; sert bir fırça yardımıyla temizlenmiş ve $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ etüvde değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulmuştur. Etüvden alınan numuneler desikatörlere yerleştirilmiş ve oda sıcaklığına gelinceye kadar soğuması sağlanmıştır. Oda sıcaklığına ulaşan numuneler 0,1 gr hassasiyetle tartılarak kuru ağırlıkları saptanmıştır. (Şekil 3.13). Numuneler içerisinde $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ su bulunan kap içine yarısına kadar suyun içinde kalacak şekilde düzgün bir şekilde yerleştirilerek 1 saat bekletilmiştir. 1 saat bekletildikten sonra numune boyutlarının $\frac{3}{4}$ ’ü su içinde kalacak şekilde su ekleyerek 1 sa daha bekletilmeye bırakılmıştır. Süre sonunda numunelerin üzeri tamamen kapanacak şekilde su ilave edilip değişmez kütleye gelinceye bekletilmiştir. Suya doymun hale getirilen numuneler suyun içerisinde çıkarılıp, yüzeylerindeki su

damlaları nemli bezle alındıktan sonra 0,1 gr hassasiyetle tartılarak doygun ağırlıkları kaydedilmiştir.

Örneklerin hacimleri aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır:

$$V = \pi \times r^2 \times h \quad (3.1)$$

Örneklerin doğal birim hacim ağırlıkları aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$D_{dğ} = \frac{G_{dğ}}{V} \quad (3.2)$$

Örneklerin doygun birim hacim ağırlıkları aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$D_{dy} = \frac{G_{dy}}{V} \quad (3.3)$$

Örneklerin kuru birim hacim ağırlıkları aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$D_{kr} = \frac{G_{kr}}{V} \quad (3.4)$$

Burada;

V: Örneğin hacmi (cm³)

π : Pi katsayısı

r: Örneğin yarıçapı (mm)

h: Örneğin uzunluğu (mm)

D_{dğ}: Doğal birim hacim ağırlığı (gr/cm³)

D_{dy}: Doygun birim hacim ağırlığı (gr/cm³)

D_{kr}: Kuru birim hacim ağırlığı (gr/cm³)

G_{dğ}: Örneğin doğal haldeki ağırlığı (gr)

G_{dy} : Örneğin doymun haldeki ağırlığı (gr)

G_{kr} : Örneğin kuru haldeki ağırlığı (gr) [11].



Şekil 3.13. Örnek tartımı

3.4.2. Ağırlıkça ve Hacimce Su Emme Deneyi

TS 699'da tanımlanan yöntemle göre yapılmıştır [28, 29]. Deney için düzgün geometrik şekle sahip (silindirik) 5 adet numune karot alma makinesi ile alınmış, uçları kesilip düzeltilmiştir. Deney numuneleri sert bir fırça yardımıyla temizlenmiş $105 \pm 5^\circ\text{C}$ etüvde değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulmuştur. Etüvden alınan numuneler desikatörlere yerleştirilerek oda sıcaklığına gelinceye kadar soğutulmuştur. Oda sıcaklığına ulaşan numuneler 0,1 gr hassasiyetli terazide tartılarak kuru ağırlıkları kaydedilmiştir. Daha sonra numuneler içerisinde $20 \pm 5^\circ\text{C}$ su bulunan kap içine yarısına kadar suyun içinde kalacak şekilde düzgün bir şekilde yerleştirilerek 1 saat bekletilmiştir. 1 saat bekletildikten sonra numune boyutlarının $\frac{3}{4}$ 'ü su içinde kalacak şekilde su ilave edilerek 1 saat daha bekletilmeye bırakılmıştır. Bu süre sonunda örneklerin üzeri tamamen kapanacak şekilde su ilave edilip değişmez kütleye gelinceye kadar beklenmiştir. Suyu doymun hale getirilen numuneler suyun içerisinden çıkarılmış, üzerindeki su damlaları nemli bir bezle alındıktan sonra 0,1 gr hassasiyetle tartılarak (Şekil 3.13) doymun ağırlıkları kaydedilmiştir.

Bu işlemlerden sonra deney numuneleri 105 °C sıcaklıktaki etüvde değişmez kütleye gelinceye kadar kurutulmuştur. Desikatörde soğutularak 0,1 gr hassasiyetteki terazide tartılmış (Şekil 3.13) ve kuru ağırlıkları saptanmıştır.

Örneklerin kütle su emme oranı eşlik 3.5 ile hacimce su emme oranı eşitlik 3.6 ile belirlenmiştir.

$$S_k = \frac{G_{dy} - G_{kr}}{G_{kr}} \times 100 \quad (\%) \quad (3.5)$$

$$S_h = \frac{G_{dy} - G_{kr}}{V} \times 100 \quad (\%) \quad (3.6)$$

Burada;

S_k : Örneğin kütlece su emme oranı (%)

S_h : Örneğin hacimce su emme oranı (%)

G_{dy} : Örneğin doygun haldeki ağırlığı (gr)

G_{kr} : Örneğin değişmez ağırlığa kadar kurutulmuş ağırlığı (gr) [11].

3.4.3. Porozite Tayini

Porozite: Kayaçların porozitesi TS 699'da belirtilen aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır [29].

$$P = \frac{G_{dy} - G_{kr}}{V} \quad (\%) \quad (3.7)$$

Burada;

P: Porozite oranı (%)

G_{dy} : Örneğin doygun haldeki ağırlığı (gr)

G_{kr} : Örneğin kuru ağırlığı (gr) [29].

3.4.5. Sertlik

3.4.5.1. Schmidt Çekiçi Sertlik İndeks Tayini

ISRM 1978’de tanımlanan şekle göre yapılmıştır [30]. Öncelikle sertlik değeri belli olan standart test çubukları üzerinde 5 sertlik okuması yapılmış ve aletin kalibrasyonu kontrol edilmiştir. Deney için NX (54 mm çapında) karot örnekleri kullanılmıştır. Çekicinin ucu deney örneğinin yüzeyine dik haldeyken yavaşça bastırılmış ve çekiç içindeki yaydan tepme sesi geldiği an gövde üzerindeki göstere sabitleme tuşuna basılarak, geri sıçrama değeri göstergeden okunarak kaydedilmiştir. Deney örneği üzerinde birbirinden uzaklığı en az çekicinin uç çapına eşit olacak şekilde farklı noktalardan, 20 farklı ölçüm yapılarak sonuçları kaydedilmiştir.

Elde edilen 20 adet sertlik değeri, küçükten büyüğe doğru sıralanmış ve değerlerin en küçük %50’si atılmıştır. Kalan değerlerin aritmetik ortalaması alınmıştır. Şekil 3.14’de Schmidt Çekici ile sertlik tayinine ait bir görüntü verilmiştir.



Şekil 3.14. Schmidt sertlik tayini

3.4.6. Kayaçların Mekanik Özelliklerini Belirleyen Deneyler

3.4.6.1. Tek Eksenli Basma Dayanımı Deneyi

TS 699 standardında tanımlanan yöntemle göre yapılmıştır [29]. Araziden alınan bloklar hasar görmeden NX (54 mm çaplı) karotiyer takılı olan karot alma makinesinin altına düzgün bir şekilde yerleştirilmiştir. Bloklardan alınan karotla, karot ucu kesme ve düzeltme makinesinde L/D oranı 2-2,5 olacak şekilde kesilip düzeltilerek deneye hazır hale getirilmiştir. Numunelerin boyları 4 noktadan ve çapları 6 noktadan 0,1 mm hassasiyetle ölçülerek ortalama çap ve boyları alınmıştır. Numunelerin basınç uygulanacak olan yüzeyleri 0,1 mm hassasiyete sahip kumpas ile ölçülerek yükleme yapılacak kesit alanı hesaplanmıştır. Örnek, presin ortasına gelecek şekilde altına ve üstüne küresel yüzeyli iki çelik silindirik plaka yerleştirilmiştir. Presin uygulayacağı yükleme hızı ayarlandıktan sonra örneğe kırılıncaya kadar sabit yükleme uygulanmıştır (Şekil 3.17-18).

Deney örneği kırıldığında üzerine etki eden en büyük yük, presin göstergesinden okunarak kaydedilmiştir. Şekil 3.16'da Tek Eksenli Basma Dayanımı deneyinde kullanılan prese ait bir görüntü verilmiştir.



Şekil 3.15. Tek eksenli basınç deney cihazı

Örneklerin basınç dayanımları aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır:

$$F_b = \frac{P_k}{A} \quad (3.8)$$

Burada;

F_b : Numunenin tek eksenli basınç dayanımı (MPa)

P_k : Kırılmaya neden olan en büyük yük (kN)

A : Yük uygulanan yüzeyinin alanı (cm^2) [11].



Şekil 3.16 Solhan (Bingöl) silindirik örneklerinin tek eksenli basınç deneyinden sonraki görünüşleri



Şekil 3.17 Pazarcık (Kahramanmaraş) silindirik örneklerinin tek eksenli basınç deneyinden sonraki görünüşleri

3.4.6.2. Los Angeles Aşınma Kaybı Deneyi

TS 1097-2 ye göre yapılmıştır [33]. Deney, 50 mm elekten geçen ve 31,5 mm elekte kalan, deney kısmı kütlesi (10000±100) gr balasta uygulanmıştır. Tane büyüklüğü dağılımını sağlamak için 40mm ara elek kullanılmış ve elekten geçen-kalan balast miktarı %50 (5000±50) gr olmuştur.

Deney kısmı kütlesini elde etmek için belirtilen eleklerle, deney numunesi TS 933-1'e uygun şekilde elenmiş, yıkanmış ve sabit kütleyle ulaşana kadar etüvde kurutulmuştur. Ardından oda sıcaklığına gelene kadar soğutulur ve tartılarak (M_1) kaydedilmiştir.

Los Angelas cihazının tambur temizliği kontrol edilerek 12 adet çelik bilye ağırlık kontrolü yapıp forma kaydedilir ve tambura yerleştirilmiştir. Hazırlanan malzeme tambura konulur ve cihazın kapağı kapatılarak 1000 devire ayarlanan cihaz çalıştırılmıştır. Devrini tamamlayarak duran cihazdan agregaya kaybına sebep olmayacak şekilde numune tepsiye alınıp bilyeler temizlenerek çıkartılmıştır.

Örnek 1,6 mm elek kullanılarak TS 933-1'e göre yıkanmış, elenmiş ve sabit kütleyle ulaşmaya kadar etüvde kurutulmuş ve ardından oda sıcaklığına gelene kadar soğutulup ve tartılarak (M_2) kaydedilmiştir.

Örneğin Los Angelas aşınma kaybı oranları eşitlik 3.9 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$LA = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100 \quad (3.9)$$

LA = Los Angelas aşınma kaybı oranı (%)

M_1 = Deney kısmı ilk ağırlık (gr)

M_2 = Deney sonu ağırlık (gr)

3.4.6.3. MgSO₄ Don Kaybı Deneyi

Deney; TS 1367-2 ve TS 7043 13450'ye göre magnezyum sülfata daldırma ve takiben etüvde kurutma yoluyla periyodik işleme maruz bırakılan demiryolu balastının davranışlarını değerlendirmede kullanılan tayin yöntemini kapsamaktadır [34].

Laboratuvar numunesi azaltılarak 31,5-40 mm ve 40-50 mm tane büyüklüğü aralığından her biri en az 6000' er gr kütleli 2 şer deney numunesi elde edildi. Deney örnekleri (110±5) °C' lik etüvde (24±1) saat süreyle kurutulduktan sonra desikatörde laboratuvar ortam sıcaklığına soğutuldu. Her bir deney numunesi 31,5-40 mm ve 40-50 mm eleklerle elenerek elek altı ve elek üstü atılıp 6000' er gr örnekler elde edildi. Her bir deney örneği damıtık suyla tozlarından arıncaya kadar yıkanıp süzülde. Etüvde (110±5) °C ve (24±1) sa süreyle kurutulan örnekler desikatörde laboratuvar ortam sıcaklığına soğutuldu. Eleme işlemi tekrarlanarak 40–50 mm arasından (5000±50) gr ve 31,5–40 mm arasından (5000±50) gr olacak şekilde örnekler alınıp birleştirildi. Birleştirilen örnekler tartılarak, kaydedildi (M₁) ve numaralandırılan sepetlere konuldu.

Her bir sepet örneğinin üst kısmı 20 mm çözelti ile tamamen kaplanacak şekilde ve sepetle kap kenarları arasında 20 mm açıklık olmasına dikkat edilerek (17±0,5) saat süreyle (20±2)°C'deki doymuş magnezyum sülfat çözeltisi (yoğunluğu kontrol edilerek kayıt edilmiş) ihtiva eden kap içerisine daldırılarak kabın kapağı kapatıldı. Daldırma işleminden sonra sepetler çözülden çıkarılarak (2±0,25) sa süreyle süzülde. Süzülen sepetler (110±5) °C' lik etüvde (24±1) sa süreyle kurutulur ve laboratuvar sıcaklığına soğuması için desikatörde (5±0,25) sa süreyle bekletildi.

Her bir daldırma işleminden önce çözelti karıştırılıp 30 dk dinlendirildi. Dinlendirilen çözeltinin yoğunluğu kontrol edilerek kayıt edildi. Çözelti yoğunluğu sınır dışında veya numune ayrışması fazla ise çözelti değiştirildi.

Her döngü (48±2) sa olmak üzere toplam 10 döngü olarak tekrarlandı. Toplam döngünün tamamlanmasının ardından sepetler magnezyum sülfattan arındırılncaya kadar musluk suyuyla yıkandı. Baryum sülfat çözeltisi taze su ve yıkama suyuna konularak bulanıklık kontrolü yapılarak yıkamanın tamamlandığına bakıldı.

Yıkama işlemi tamamlanan her bir deney örneği (110±5) °C' lik etüvde (24±1) sa süreyle kurutulur ve desikatörde ortam sıcaklığına soğutuldu. 22.4 mm elekte elendi. Elek üstünde kalan örnek kütlesi 1 gr doğrulukla tartılıp (M₂) kaydedildi.

Örneklerin MgSO₄ don kaybı oranları 3.10 kullanılarak hesaplandı.

$$MS = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100 \quad (3.10)$$

MS = Magnezyum sülfat don kaybı oranı (%)

M₁ = Deney örneğinin ilk kütlesi (gr)

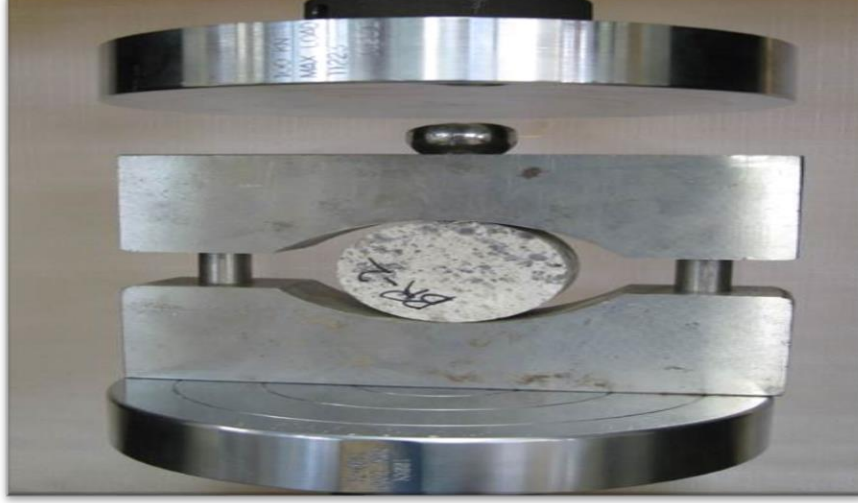
M₂ = 22,4 mm' lik elekte kalan balastın son kütlesi (gr)



Şekil 3.18. MgSO₄ don kaybı deneyi

3.4.6.4. Dolaylı Yoldan Çekme Dayanımı (Brazilian) Deneyi

TS 7654'te belirtilen yöntemle göre yapılmıştır [31]. Her formasyon için alınan örneklerden, boy/çap oranı 0,5 olan 10 'ar adet silindirik örnek karot ucu kesme ve düzeltme makinesi yardımıyla hazırlanmıştır. Çapı ve boyu 0,1 mm hassasiyetle ölçülen örnekler, Brazilian test aparatının arasına, karot eksenine dik yönde ve Brazilian test aparatı da tek eksenli basma dayanımı presine yerleştirilmiştir. Örnekler, 15-30 saniye sürecinde kırılacak şekilde yükleme yapılmıştır. Deney esnasında uygulanan yükün artmasına doğru orantılı olarak yatay çekme gerilmelerinin şiddeti de artmıştır. Yatay çekme gerilmesi örneğin çekme dayanımını aştığı anda örnekte yükleme doğrultusunda kırılma meydana gelmiştir. Kırılma anındaki yük göstergeden okunarak kaydedilmiştir.



Şekil 3.19. Brazilian deney aparatı

Örneğin dolaylı yoldan çekme dayanımı aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır:

$$\sigma_{\zeta} = \frac{0,636 \times P_k}{D \times t} \quad (3.11)$$

Burada;

σ_{ζ} : Örneğin dolaylı yoldan çekme dayanımı (MPa)

P_k : Örneğin yenilmesi anında uygulanan yük (kN)

D: Örneğin çapı (cm)

t: Örneğin kalınlığı (cm)



Şekil 3.20. Pazarcık (Kahramanmaraş) örneklerinin brazillian deneyinden sonraki görünümleri



Şekil 3.21. Solhan (Bingöl) örneklerinin Brazillian deneyinden sonraki görünümleri

3.4.7. Kayaçların Kimyasal ve Mineralojik Özelliklerini Belirleyen Deneyler

3.4.7.1. Elementel Analiz (XRF)

Çalışılan kayaçların kimyasal bileşimlerini belirlemek için kırılıp öğütülen ve 0,2 mm' lik elekten geçirilen toz numunelerden İnönü Üniversitesi Petrol Araştırma Laboratuvar'ında XRF analizi yaptırılmıştır.

3.4.7.2 Mineralojik Analiz

Çalışılan kayaçların mineralojik bileşimini belirlemek için kırılıp öğütülen ve 0,2 mm' lik elekten geçirilen toz numunelerden İnönü Üniversitesi Bilimsel Teknolojik Araştırma Merkezi X-Ray Laboratuvarında yaptırılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Çalışılan Kayaçların Fiziksel Özellikleri

4.1.1. Birim Hacim Ağırlık Sonuçları

TS 699'a göre yapılan birim hacim ağırlığı deneylerinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.5-4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4. 5. Solhan (Bingöl) magmatiklerinin birim hacim ağırlığı değerleri

Örnek No	Doğal Birim Hacim Ağırlığı (kN/m ³)	Kuru Birim Hacim Ağırlığı (kN/m ³)	Doygun Birim Hacim Ağırlığı (kN/m ³)
1	26,683	26,487	26,683
2	25,800	25,702	25,898
3	26,487	26,389	26,585
4	26,193	26,095	26,291
5	26,193	26,095	26,389
Ortalama	26,291	26,193	26,389

Buna göre, Solhan (Bingöl) magmatiklerinin doğal birim hacim ağırlıkları; 25,800-26,683 kN/m³ aralığında kalarak ortalama 26,291 kN/m³, kuru birim hacim ağırlıkları; 25,702-26,487 kN/m³ aralığında kalarak ortalama 26,193 kN/m³ ve doygun birim hacim ağırlık değerleri; 25,898-26,683 kN/m³ aralığında kalarak ortalama 26,389 kN/m³ bulunmuştur.

Çizelge 4. 6. Pazarcık (Kahramanmaraş) magmatiklerinin birim hacim ağırlığı değerleri

Örnek No	Doğal Birim Hacim Ağırlığı (kN/m ³)	Kuru Birim Hacim Ağırlığı (kN/m ³)	Doygun Birim Hacim Ağırlığı (kN/m ³)
1	25,604	25,506	25,702
2	25,702	25,604	25,800
3	25,604	25,604	25,800
4	25,800	25,702	25,898
5	26,193	26,095	26,291
Ortalama	25,800	25,702	25,898

Yine, Pazarcık (Kahramanmaraş) magmatiklerinin doğal birim hacim ağırlıkları; 25,604-26,193 kN/m³ aralığında kalarak ortalama 25,800 kN/m³, kuru birim hacim ağırlıkları; 25,506-26,095 kN/m³ aralığında kalarak ortalama 25,702 kN/m³ ve doymuş birim hacim ağırlık değerleri; 25,702-26,291 kN/m³ aralığında kalarak ortalama 25,898 kN/m³ bulunmuştur.

TCDD Balast Teknik Şartnamesi'ne [10] göre, kayacın birim hacim ağırlıklarıyla ilgili bir kısıtlama olmadığından, elde edilen değerler balast uygunluğuna engel değildir.

4.1.2. Su Emme Deneyi Sonuçları

TS 699'a göre yapılan su emme deneyinde bulunan ağırlıkça ve hacimce su emme değerleri Çizelge 4.7-4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4. 7. Solhan (Bingöl) magmatığının su emme değerleri

Örnek No	Ağırlıkça Su Emme (%)	Hacimce Su Emme (%)
1	0,74	2,00
2	0,74	1,95
3	0,83	2,23
4	0,86	2,28
5	0,85	2,27
Ortalama	0,80	2,14

Buna göre Solhan (Bingöl) volkanığının ağırlıkça su emme değerleri; % 0,74-0,86 aralığında kalarak ortalama % 0,80, hacimce su emme değerleri; % 1,95-2,28 aralığında kalarak ortalama % 2,14 bulunmuştur.

Çizelge 4. 8. Pazarcık (Kahramanmaraş) magmatığının su emme değerleri

Örnek No	Ağırlıkça Su Emme (%)	Hacimce Su Emme (%)
1	0,61	1,59
2	0,60	1,58
3	0,92	2,40
4	0,75	1,96
5	0,83	2,20
Ortalama	0,74	1,94

Yine, Pazarcık (Kahramanmaraş) volkanığının ağırlıkça su emme değerleri; % 0,60-0,83 aralığında kalarak ortalama % 0,74, hacimce su emme değerleri ise; % 1,59-2,40 aralığında kalarak ortalama % 1,94 bulunmuştur.

TCDD Balast Teknik Şartnamesi [10] balasta uygun kayaç kriterleri içerisinde, balast olarak kullanılabilen kayacın ağırlıkça su emme oranı, konvansiyonel hatlar için en fazla % 2, YHT hatları için en fazla % 1,5 olmalıdır. Bu durumda hem Solhan (Bingöl) hem de Pazarcık (Kahramanmaraş) magmatikleri ağırlıkça su emme değerleri bakımından uygun kriterlere sahiptir.

4.1.3. Porozite Değerleri

TS 699'a göre belirlenen porozite değerleri Çizelge 4.9' da verilmiştir.

Çizelge 4. 9. Çalışılan kayaçların porozite değerleri

Örnek No	Solhan (Bingöl) Magmatığı %	Pazarcık (Kahramanmaraş) Magmatığı %
1	2,00	1,59
2	1,95	1,58
3	2,23	2,40
4	2,28	1,96
5	2,27	2,20
Ortalama	2,14	1,94

Buna göre Solhan (Bingöl) magmatiklerine ait örneklerin porozite oranları; % 1,95-2,28 aralığında kalarak ortalama % 2,14, Pazarcık (Kahramanmaraş) magmatiklerine ait örneklerin ise; % 1,59-2,40 aralığında kalarak ortalama % 1,94 bulunmuştur. Bu durumda her iki formasyona ait örnekler de az boşluklu kaya sınıfındadır (Çizelge 2. 2).

TCDD Balast Teknik Şartnamesi [10] balasta uygun kayaç kriterleri içerisinde, kayacın porozite oranları ile ilgili bir kısıtlama getirilmediğinden örneklere ait bulunan değerler balast uygunluğuna engel değildir.

4.1.4. Sertlik Değerleri

4.1.4.1. Schmidt Çekici Sertlik Değeri

Schmidt çekici ile, her bir formasyona ait numuneler üzerinde 20' şer okuma yapılmıştır. Elde edilen değerler büyükten küçüğe sıralanmış ve en büyük 10 okuma sonucunun aritmetik ortalamaları alınarak Çizelge 4.10'da elde edilen sonuçlar bulunmuştur.

Çizelge 4. 10. Deneyde kullanılan kayaçların sertlik değerleri

Sertlik Değerleri	Solhan (Bingöl) magmatitiği	Pazarcık (Kahramanmaraş) Magmatitiği
Schmidt Sertliği	38,30	36,50

TCDD Balast Teknik Şartnamesi balasta uygun kayaç kriterleri içerisinde, kayacın sertlik değerleri ile ilgili bir kısıtlama getirilmediğinden [10], örneklere ait bulunan mevcut değerler balast uygunluğuna engel teşkil etmemekle birlikte ISRM 1978' e [26] göre az sert sınıfında kalmışlardır.

4.2. Çalışılan Kayaçların Mekanik Özellikleri

4.2.1. Los Angeles Aşınma Kaybı Deney Sonuçları

Çalışılan her iki kayacın TS 1097-2' ye [33] uygun şekilde olarak Los Angeles aşınma kaybı belirlenerek sonuçları Çizelge 4. 12 te verilmiştir.

Buna göre; TCDD Balast Teknik Şartnamesi'ne [10] göre, balast olarak kullanılabilen kayacın Los Angeles aşınma kaybı oranı, konvansiyonel hatlarda en fazla % 20, YHT hatlarında ise en fazla % 15 olarak verilmektedir [10]. Hem Solhan (Bingöl) hem de Pazarcık (Kahramanmaraş) magmatikleri Los Angeles aşınma kaybı değerleri bakımından balast kullanımına uygundur.

Çizelge 4. 11. Los Angeles aşınma kaybı deney sonuçları

Kayaç Adı	Los Angeles aşınma kaybı değeri %
Solhan (Bingöl) magmatığı	12,330
Pazarcık (Kahramanmaraş) magmatığı	13,830

4.2.2. Magnezyum Sülfat Don Kaybı Deney Sonuçları

Çalışılan kayaçların TS 1367-2' ye [34] göre yapılan magnezyum sülfat don kaybı değerleri sonuçlar Çizelge 4. 13 'de verilmiştir.

Çizelge 4. 12. Magnezyum Sülfat don deneyi sonuçları

Kayaç Adı	MgSO ₄ don kaybı değeri %
Solhan (Bingöl) magmatığı	3,40
Pazarcık (Kahramanmaraş) magmatığı	4,30

Buna göre; TCDD Balast Teknik Şartnamesi [10] balasta uygun kayaç kriterleri içerisinde, balast olarak kullanılabilen kayacın magnezyum sülfat don kaybı oranı, hem konvansiyonel hatlarda hem de YHT hatlarında en fazla % 5'tir [10]. Solhan (Bingöl) ve Pazarcık (Kahramanmaraş) magmatikleri bu değer altında kaldığı için, balast olarak kullanıma uygundur.

4.2.3. Tek Eksenli Basma Dayanımı Deney Sonuçları

Çalışılan kayaçların tek eksenli basma dayanım deneyleri TS 699’da verilen standartlara uygun olarak yapılmıştır [29]. Elde edilen değerler Çizelge 4. 14’de verilmiştir.

Çizelge 4. 13 Tek eksenli basma dayanımı deneyi sonuçları

Kayaç Adı	Numune No	Kırılma Yüğü (kN)	Yüzey Alanı (mm ²)	Tek Eksenli Basma Dayanımı (MPa)
Solhan (Bingöl) magmatığı	S-1	163,25	2.220,07	73,53
	S-2	162,20	2.304,35	70,39
	S-3	144,40	2.246,03	64,29
	S-4	164,70	2.292,45	71,84
	S-5	148,50	2.266,23	65,53
Ortalamalar		156,61	2.265,82	69,12
Pazarcık (Kahramanmaraş) magmatığı	P-1	165,25	2.310,30	71,53
	P-2	158,70	2.279,74	69,61
	P-3	138,10	2.280,59	60,55
	P-4	146,55	2.283,98	64,16
	P-5	139,30	2.243,51	62,09
Ortalamalar		149,58	2.279,62	65,59

Tek eksenli basma dayanımı sonuçları; Pazarcık (Kahramanmaraş) magmatığının ortalama 65,59 MPa, Solhan (Bingöl) magmatığının ise ortalama 69,12 MPa olarak tespit edilmiştir. Bu durumda her iki kayaç ISRM 1978’e göre C sınıfı (Orta Dayanımlı) kayaç grubunda yer almaktadır [10].

4.2.4. Dolaylı Yoldan Çekme Dayanımı (Brazilian) Deneyi Sonuçları

Çalışılan kayaçların TS 7654’te önerilen standartlara uygun olarak dolaylı yoldan çekme dayanımları elde edilmiştir [31].

Çizelge 4. 14. Dolaylı yoldan çekme dayanımı (Brazilian) değerleri

Kayaç adı	Numune No	Eni (mm)	Boy (mm)	Kırılma Yüğü (kN)	Brazilian Dayanımı (MPa)
Solhan (Bingöl) volkanığı	S-1	53,36	25,45	14,50	6,79
	S-2	54,33	26,68	13,10	5,75
	S-3	53,85	24,45	13,20	6,38
	S-4	54,22	26,16	11,70	5,25
	S-5	54,30	25,11	14,10	6,58
	S-6	53,90	24,99	12,50	5,90
	S-7	54,50	29,96	13,00	5,06
	S-8	54,34	24,72	13,50	6,39
	S-9	53,91	25,56	13,80	6,37
	S-10	54,30	25,50	13,10	6,02
Ortalamlar		54,10	25,86	13,25	6,05
Pazarcık (Kahramanmaraş) volkanığı	P-1	53,94	25,94	12,50	5,68
	P-2	54,54	28,13	11,00	4,56
	P-3	53,81	26,48	14,60	6,52
	P-4	53,98	24,57	10,90	5,23
	P-5	54,08	24,00	10,70	5,24
	P-6	54,87	26,37	12,50	5,49
	P-7	53,71	24,70	13,10	6,28
	P-8	53,66	25,33	11,90	5,57
	P-9	54,09	24,24	12,40	6,01
	P-10	53,63	24,59	13,10	6,32
Ortalamlar		54,03	25,44	12,27	5,69

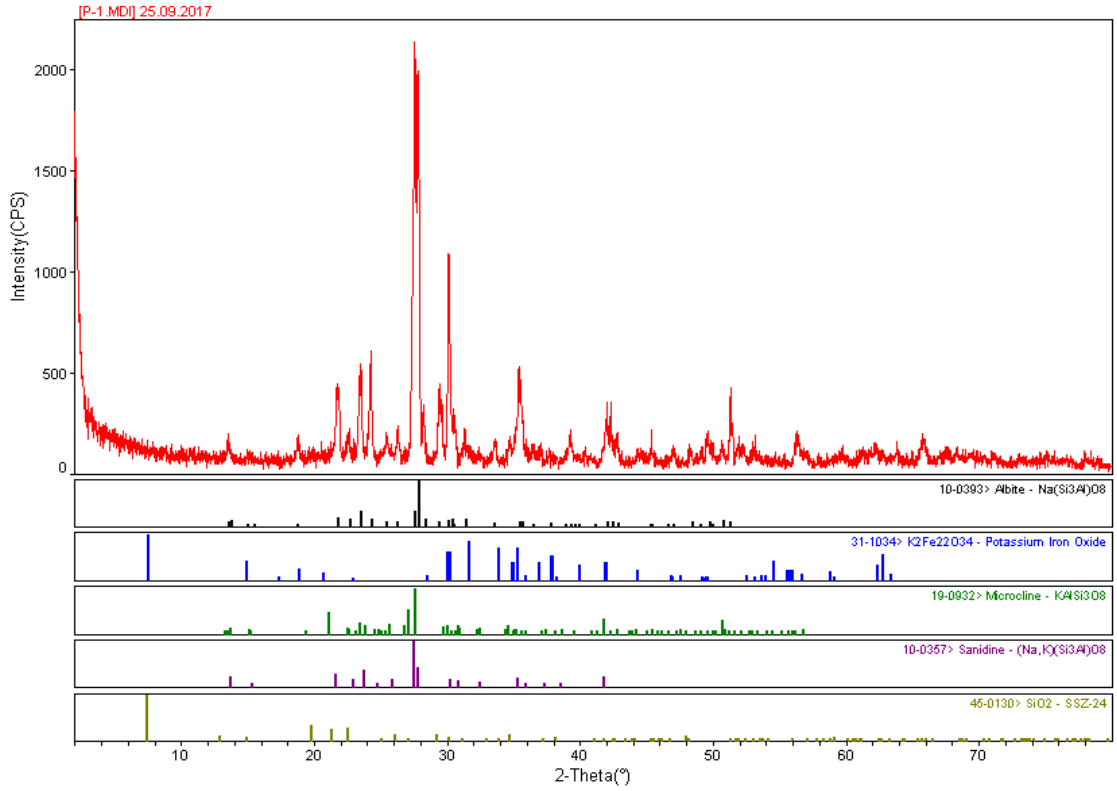
Elde edilen dolaylı yoldan çekme dayanımı (Brazilian) değerleri Çizelge 4. 15'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; Solhan (Bingöl) volkanitlerinin Brazilian değerleri 5,06 -6.79 MPa aralığında gerçekleşerek ortalama 6,05 MPa, Pazarcık (Kahramanmaraş) volkanitlerinin ise 4,56-6,52 MPa aralığında gerçekleşerek ortalama 5,69 MPa elde edilmiştir.

TCDD Balast Teknik Şartnamesine göre balast olarak kullanılacak kayaçların dolaylı yoldan çekme dayanımları ile ilgili bir kısıtlama getirilmediğinden, örneklere ait bulunan mevcut değerler balast uygunluğuna engel teşkil etmemektedir [10].

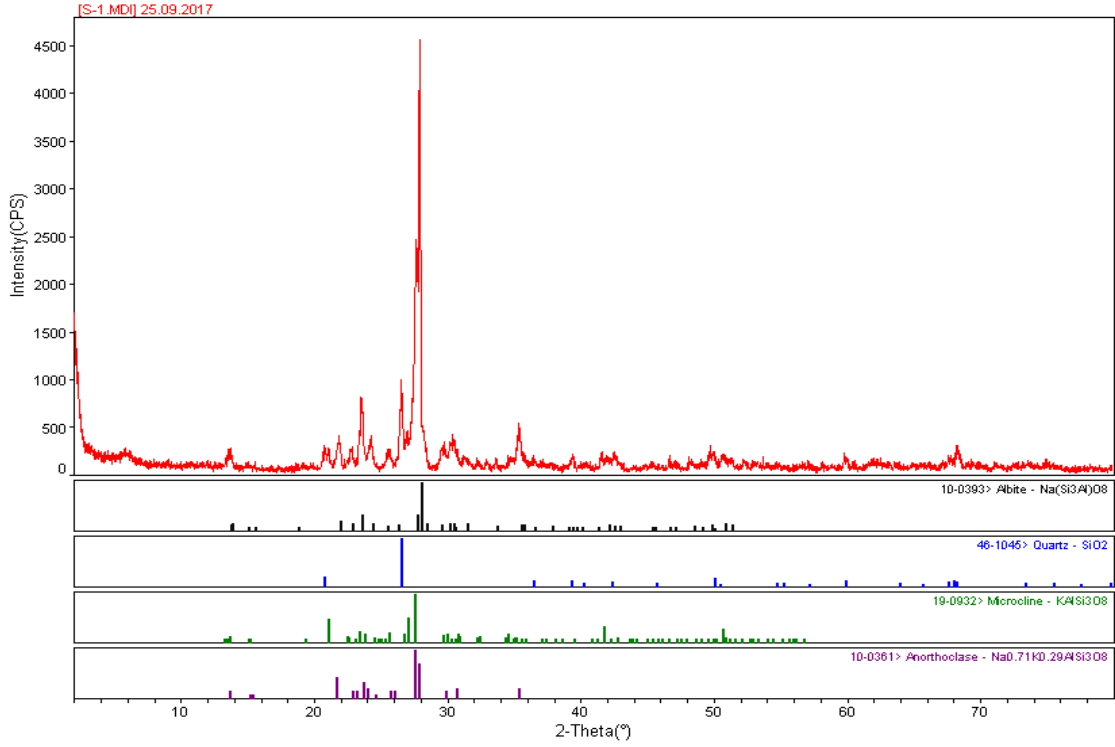
4.3. Çalışılan Kayaçların Mineralojik Özellikleri

4.3.1. XRD Test Sonuçları

Çalışılan kayaçlar üzerinde İnönü Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvar'ında yaptırılan XRD analizleri sonucunda Pazarcık (Kahramanmaraş) magmatığının; sanidin, albit, hematit, kuvars ve mikroklinen, Solhan (Bingöl) magmatığının ise anortoklas, kuvars, mikroklin ve albitten ve oluştuğu görülmüştür (Şekil 4.24-4.25).



Şekil 4. 22. Pazarcık (Kahramanmaraş) magmatığı XRD grafiği



Şekil 4. 23. Solhan (Bingöl) magmatiti XRD grafiği

4.4. Çalışılan Kayaçların Kimyasal Özellikleri


4.4.1. XRF Test Sonuçları

Yapılan XRF çalışmasında, Solhan (Bingöl) magmatitinde % 66,25 oranında SiO₂, Pazarcık (Kahramanmaraş) magmatitinde ise % 50,41 oranında SiO₂, bulunduğu saptanmıştır. Bu durumda her iki kayaç örneğinin de ana bileşeninin SiO₂, olduğu görülmektedir. Çalışılan kayaçların XRF sonuçları Çizelge 4. 11’de verilmiştir.


Çizelge 4. 11. XRF sonuçları

Kimyasal Bileşimi	Solhan (Bingöl) magmatığı %	Pazarcık (Kahramanmaraş) magmatığı %
SiO ₂	66,25	50,41
TiO ₂	1,44	2,20
Al ₂ O ₃	2,40	2,33
Fe ₂ O ₃	7,55	7,21
MnO	0,22	0,17
MgO	4,82	14,02
CaO	8,13	19,97
Na ₂ O	0,14	-----
K ₂ O	7,40	2,32
P ₂ O ₅	1,43	0,39
SO ₃	----	0,74
Toplam	99,78	99,76

4.5. Tanıtım Kartları

Kayacın Adı: Pazarcık (Kahramanmaraş) Bazaltı			
Yeri: Kahramanmaraş İli Pazarcık İlçesinin Kuzeydoğusu		Yaşı: Orta-Üst Miyosen	
			
Fiziksel ve Mekanik Özellikleri		Kimyasal Özellikleri	
Doğal Birim Hacim Ağırlığı (kN/m ³)	25,800	Kimyasal Bileşim %	
Doygun Birim Hacim Ağırlığı (kN/m ³)	25,898	SiO ₂	50,41
Kuru Birim Hacim Ağırlığı (kN/m ³)	25,702	TiO ₂	2,20
Ağırlıkça Su Emme (%)	0,74	Al ₂ O ₃	2,33
Hacimce Su emme (Porozite) (%)	1,94	Fe ₂ O ₃	7,21
Sertlik (Schmidt Çekici)	36,50	MnO	0,17
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (Mpa)	65,59	MgO	14,02
Don Kaybı (MgSO ₄)(%)	4,30	CaO	19,97
Dolaylı yönden çekme dayanımı(Brazillian) (MPa)	5,69	Na ₂ O	-----
Aşınma Direnci Tayini (Los Angeles Deneyi) (%)	13,83	K ₂ O	2,32
		P ₂ O ₅	0,39
		SO ₃	0,74
		Mineralojik Bileşim: Sanidin, Albit, Hematit, Kuvars, Mikroklin	
		Kullanım Alanları: Demiryollarında balast taşı, Karayollarında alt temel malzemesi, sathi kaplamada, taş yünü olarak dış cephe kaplamasında kullanılabilir.	

Şekil 4. 24. Pazarcık (Kahramanmaraş) Formasyonu tanıtım kartı

Kayacın Adı: Solhan (Bingöl) Dasiti			
Yeri: Bingöl ili Solhan İlçesinin Güneydoğusu		Yaşı: Üst Miyosen	
			
Fiziksel ve Mekanik Özellikleri		Kimyasal Özellikleri	
Doğal Birim Hacim Ağırlığı (kN/m ³)	26,291	Kimyasal Bileşim %	
Doygun Birim Hacim Ağırlığı (kN/m ³)	26,389	SiO ₂	66,25
Kuru Birim Hacim Ağırlığı (kN/m ³)	26,193	TiO ₂	1,44
Ağırlıkça Su Emme (%)	0,80	Al ₂ O ₃	2,40
Hacimce Su emme (Porozite) (%)	2,14	Fe ₂ O ₃	7,55
Sertlik (Schmidt Çekici)	38,30	MnO	0,22
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (MPa)	69,12	MgO	4,82
Don Kaybı (MgSO ₄) (%)	3,40	CaO	8,13
Dolaylı Yönden Çekme Dayanımı (Brazillian) (MPa)	6,05	Na ₂ O	0,14
Los Angelas Aşınma Dayanımı (%)	12,33	K ₂ O	7,40
		P ₂ O ₅	1,43
		SO ₃	----
		Mineralojik Bileşim: Anortoklas, Kuvars, Albit Mikroklin,	
		Kullanım alanları: Demiryollarında balast taşı, Karayollarında alt temel malzemesi, sathi kaplamada, taş yünü olarak dış cephe kaplamasında	

Şekil 4. 25. Solhan (Bingöl) Formasyonu tanıtım kartı

5.TARTIŞMA ve SONUÇ

5.1. Tartışma Sonuç ve Öneri

Volkanik yüzey kayacı oluşumlu, Pazarcık (Kahramanmaraş) Formasyonu ve Solhan (Bingöl) Formasyonuna ait kayaçlar üzerinde yapılan fiziksel, mekanik, ve kimyasal incelemeler sonucunda aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır;

-Doğal birim hacim ağırlığı değerleri; Pazarcık (Kahramanmaraş) örneğinde ortalama 28,800 kN/m³, Solhan (Bingöl) örneğinde ise ortalama 26,291 kN/m³, doymuş birim hacim ağırlığı, Pazarcık (Kahramanmaraş) örneğinde, ortalama 25,898 kN/m³, Solhan (Bingöl) örneğinde ise, ortalama 26,389 kN/m³, kuru birim hacim ağırlığı, Pazarcık (Kahramanmaraş) örneğinde, ortalama 25,702 kN/m³, Solhan (Bingöl) örneğinde ise, ortalama 26,193 kN/m³ olarak belirlenmiştir. Solhan (Bingöl) örneğinin, Pazarcık (Kahramanmaraş) örneğine göre birim hacim ağırlıklarının fazla olmasının, bileşimindeki minerallerden kaynaklandığı düşünülmüştür.

-Ağırlıkça su emme değerleri, Pazarcık (Kahramanmaraş) bazaltında, ortalama % 0,74, Solhan (Bingöl) dasitinde ise, ortalama % 0,80, hacimce su emme değerleri, Pazarcık (Kahramanmaraş) bazaltında %1,94, Solhan (Bingöl) dasitinde % 2,14 olarak belirlenmiştir. Ağırlıkça ve hacimce su emme değeri boşluklu yapılarının çok olmasından dolayı en çok Solhan (Bingöl) dasitinde çıkmıştır. Her iki kayacın da TCDD balast teknik şartnamesinde [10] belirtilen standartlara uygun olduğu belirlenmiştir.

-Porozite değerleri; Pazarcık (Kahramanmaraş) örneğinde, ortalama % 1,94 ve Solhan (Bingöl) örneğinde ise % 2,14 oranındadır. Bu durumda her iki kayaç grubu da az boşluklu kayaç sınıfında yer almışlardır.

-Schmidt çekici ile yapılan sertlik tayinlerinde sonucunda; Pazarcık (Kahramanmaraş) örneğinin 36,50 Solhan (Bingöl) örneğinin ise 38,30 sertlik değerinde ve ISRM 1978'e göre az sert sınıfındadırlar.

-Tek eksenli basma dayanımı deneyi sonucunda; Pazarcık (Kahramanmaraş) örneklerinin 65,59 MPa Solhan (Bingöl) örneklerinin ise 69,12 MPa basma dayanımına sahip oldukları,

-Los Angeles aşınma kaybı değerleri; Pazarcık (Kahramanmaraş) örneklerinde % 13,83 ve Solhan (Bingöl) örneklerinde ise % 12,33 bulunmuştur. Bu durumda her iki kayacın da TCDD balast teknik şartnamesinde [10] belirtilen standarta uygun olduğu,

-MgSO₄ don kaybı deneyinde; don kaybı oranları; Pazarcık (Kahramanmaraş) örneklerinde % 4,30 ve Solhan (Bingöl) örneklerinde ise % 3,40 bulunmuştur. Bu durumda her iki kayacın da TCDD balast teknik şartnamesinde [10] belirtilen standarta uygun olduğu,

-Dolaylı yönden çekme dayanımı (Brazilian) deneyi sonuçları incelendiğinde; Pazarcık (Kahramanmaraş) örneğinin, ortalama 5,69 MPa ve Solhan (Bingöl) örneğinin ise ortalama 6,05 MPa dayanımında olduğu tespit edilmiştir.

-XRD analizi sonucunda; Pazarcık (Kahramanmaraş) örneğinin; sanidin, albit, hematit, mikroklin ve kuvars ve Solhan (Bingöl) örneklerinin ise anortoklas, kuvars, albit ve mikroklin, minerallerinden oluştuğu anlaşılmaktadır.

- XRF analizinde; Pazarcık (Kahramanmaraş) örneklerinin ana oksit bileşeninin; % 50,41 SiO₂, ikincil bileşeninin % 19,97 CaO olduğu, Solhan (Bingöl) örneğinin ana oksit bileşeninin % 66,25 SiO₂, ikincil bileşeninin % 8,13 CaO olduğu belirlenmiştir. Her iki volkanik kayacın saptanan yüksek CaO değerlerinin, soğuma boşluğu ve çatlak dolgusu nedeniyle meydana geldiği düşünülmektedir. Bu durumda Çizelge 2. 1' e göre Pazarcık (Kahramanmaraş) örneklerinin kuvarssız veya çok az kuvarslı feldispatlı ve koyu mineralli bazalt, Solhan (Bingöl) örneklerinin ise kuvarslı - feldispatlı ve koyu mineralli dasit grubunda yer aldıkları belirlenmiştir.

Kurulduğu yıldan (1878) günümüze kadar gelen ve devam eden bir gelişim süreci ile ülkemiz demiryollarının olmazsa olmaz malzemelerinden olan balast önemli sarf kalemleri arasında yer almaktadır. Geçmişte bu ihtiyaç sedimanter kökenli kayalardan temin edilmekteydi. Bu tercihin başlıca sebepleri; çok bol miktarda bulunması, kırılmaya karşı dayanımının çok yüksek olmaması, kamyon, kırıcı gibi, nakliye ve ocak üretim araç gereçlerinin gelişmemiş olması sayılabilir. Nevar ki; sayılan bu olumlu ve zorunlu hallere karşın hammadde olarak kullanılan sedimanter kayaların katar yüklerinden gelen basınca, suya, sıcaklık ve soğukluk gibi doğal şartlara dayanımlılığı düşüktü. Dolayısı ile sürekli bir balast takviye ihtiyacı, demiryolu hattındaki mevcut balastın da sürekli elenmesi gibi ilave masrafları da beraberinde getirmekteydi.

Demiryollarının hızlı bir yenilenme sürecine girmesiyle yapımına başlanan YHT hatları, yenilenen yada ilave edilen konvansiyonel hatlar ve uluslar arası yeni güzergah hatları (BTK), çeken ve çekilen araçların modernizasyonu, Dünya standartlarında bir

yol üst ve alt yapısını zorunlu kılması her alanda olduğu gibi balast standartlarının yükseltilmiştir.

Yükseltilen bu standartlar, TCDD balast teknik şartnamesine [10] göre:

- Özellikle 2006 yılından itibaren sedimanter kökenli kayalardan vazgeçilerek tamamen volkanik kökenli balast alınmasına geçilmesi,
- Standartların yükseltilerek, tamamen ocak taşından kırıcılar marifetiyle üretilmiş balasta geçilmesi,
- Los Angeles aşınma kaybı toleransı < % 30' dan, < % de 20' ye (hızlı ve yüksek hızlı tren hatlarında < % 15)
- Ağırlıkça Su emme miktarı konvansiyonel hatlar için < % 2 de sabit kalmasına karşın hızlı ve yüksek hızlı tren hatlarında < % 1,5
- Magnezyum Sülfat don kaybı oranı < % 15' ten, tüm hatlar için < % 5' e düşürülmesidir.

Ne var ki; ülkemiz jeolojik yapısı gereği kolay bulunabilen sedimanter kayalara karşın standartlara [10] uygun volkanik kökenli kayaların bulunması özellikle demiryollarına yakın bölgeler tercih nedeni olduğunda daha zordur. Bulunanların ise genel dezavantajının yüzeysel volkanik kayaç sınıfında olmaları sebebiyle, çabuk soğumadan kaynaklı bol gözenekli yapıda oldukları için istenen mukavemet standartlarında olmamalarıdır.

Bu çalışma ile Demiryolu hattına olan yakınlıkları da göz önüne alınarak Pazarcık (Kahramanmaraş) Yavuzeli Formasyonu ile Solhan (Bingöl) Formasyonuna ait volkanik kayaların balast malzemesi olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Bununla birlikte yine farklı fiziksel, mekanik, petrografik ve kimyasal özelliklerinin de belirlenmesi ile farklı kullanım kriterleri için ışık tutulması amaçlanmıştır.

Elde edilen bulgularla çalışılan her iki volkanik kayacın da demiryolu balastı olarak kullanıma uygun olduğunu ve her iki formasyonun da kırıklı yapısının üretim kolaylığını sağlayarak ocak maliyetlerini önemli ölçüde azaltacağı sonucuna ulaşılmıştır.

5. KAYNAKLAR

- [1] Anonim.(2005).[http://www.Academia.Edu/29096397/MTA Genel Müdürlüğü Doğu Akdeniz Bölge Müdürlüğü](http://www.Academia.Edu/29096397/MTA_Genel_Mudurlugu_Dogu_Akdeniz_Bolge_Mudurlugu) (Erişim 24 Şubat, 2018).
- [2] Anonim. (2003). MTA Genel Müdürlüğü. <http://www.mta.gov.tr/V3.0/hizmetler/500bas> (Erişim 24 Şubat, 2018).
- [3] Külah T. (2006). *Uğruca (Gaziantep) civarı tersiyer istifinin mikropaleontolojik incelenmesi ve ortamsal yorumu*. Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- [4] Y.Yılmaz, F. Şaroğlu, ve Y. Güner, Initiation of the neomagmatism in East Anatolia: **Tectonophysics**, 134, (1987) 177-199.
- [5] A. Türkecan, *Muş yöresindeki Pliyosen yaşlı volkanitlerin petrolojisi*, **MTA Dergisi**, 112, 1991 85-102.
- [6] İ. Ketin, *Genel Jeoloji: Yerbilimlerine Giriş*. İtü Vakfı Yayınları, İstanbul 1994, 229-231
- [7] TS 7043. Demiryolu Balastları İçin Agregalar, TSE 2004.
- [8] B. Lichtberger, Demiryolu Cep Kitabı. eurail pres, Hamburg, 2011,100-102.
- [9] TCDD Hat Bakım El Kitabı, Vol 5, 2013, Ankara, 7-9.
- [10] TCDD Balast Teknik Şartnamesi, Vol 2, 2017, Ankara, 4-8
- [11] Özdemir E. (2014). *Farklı doyumluk dereceleri ve yükleme oranlarında kayalardaki bazı mekanik özellik değişimlerinin incelenmesi*. Yüksek lisans tezi, İnönü Üniversitesi, Malatya.
- [12] D.Tiab, E.C. Donaldson, Petrophysics, **Elsevier**, 2012, S. 85
- [13] A. Özdemir, Mühendislik jeolojisi. Prizma, Konya, 2002,12
- [14] H. Köse, B. Kahraman, Kaya Mekaniği (4. Baskı), 2009, İzmir.
- [15] A. Özdemir, Kaya mekaniği ders notu. Prizma, Konya, 2000, 30.
- [16] K, Karaman ve A, Kesimal, *Kayaçların Tek Eksenli Basınç Dayanımı Tahmininde Nokta Yüğü Deney Yöntemleri Ve Porozitenin Değerlendirilmesi*, **Madencilik**, 51 (4) (2012) 3-14
- [17] M, Karakuş, B, Tütmez, *Fuzzy And Multiple Regression Modelling For Evaluation Of İntact Rock Strength Based On Point Load, Schmidt Hammer And Sonic Velocity*, **Rock Mechanical Rock Engineering**, 39 (1) (2006), 45-57

- [18] B, Tütmez, S Kahraman, O, Günaydın, *Multifactorial Fuzzy Approach To The Sawability Classification Of Building Stones*, **Construction And Building Materials**, 21 (2007) 1672-1679
- [19] ISRM, *Suggested Methods For Determining The Uniaxial Compressive Strength And Deformability Of Rock Materials*, **International Journal Of Rock Mechanic And Mining Science And Geomechanic**, 16 (1978) 135-140.
- [20] D, Quocdan, H Konietzky, and M Herbst, *Brazilian Tensile Strength Tests On Some Anisotropic Rock*, **International Journal Of Mechanics And Mining Science**, 58 (2013) 1-7
- [21] Öztürk CA. (2006). *Kayaç dokusal özelliklerinin sınıflandırılması ve kaya müh.uyg.* Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [22] Teymen A. (2005). *Bazı kayaçların petrografik, fiziksel ve mekanik özellikleri arasındaki ilişkilerin incelenmesi.* Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- [23] Sarıcı DE. (2011). *Akçadağ (Malatya) batısındaki eosen yaşlı mermerlerin optimum işleme koşullarının belirlenmesi.* Doktora tezi, İnönü Üniversitesi, Malatya.
- [24] S. Kahraman, *Evaluation of simple methods for assessing the uniaxial compressive strength of rock*, **International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences**, 38 (2001) 921-928
- [25] J.C.Jaeger, N.G.W. Cook, R.W. Zimmerman, *Fundamentals of rock Mechanics*, 2004, s. 1, USA.
- [26] ISRM, *Suggested method for the quantitative description of discontinuities in rock masses*, **International Journal of Rock Mechanic and Mining Science**, 15 (1978) 319-368.
- [27] H. Kurt, *Maden Mühendisleri İçin Mineraloji ve Petrografi*, 2012 , Konya, 234
- [28] Dağdeviren Ç. (2005). *Malatya güneyi'ndeki permo-karbonifer yaşlı kireç taşlarının micir olarak kullanılabilirliğinin araştırılması.* Yüksek lisans tezi, İnönü Üniversitesi, Malatya.
- [29] TS 699, *Tabii yapı taşları- muayene ve deney metodları*, TSE 1987.
- [30] ISRM, *Suggested Methods For Determination of Schmidt Rebound Hardness*, **International Journal of Rock Mechanic and Mining Science and Geomechanic Abstracts**, 15:3 (1978) 101-102
- [31] TS 7654, *Kayaçların çekme mukavemetinin dolaylı (indirekt) metotla tayini*, TSE 1989.

- [32] T.M. Quadhi, *Testing Jabal Farasan marble deposit for multiple industrial applications*, **The Arabian Journal for Science and Engineering**, 33:1 (2008) 79-97.
- [33] TS 1097-2, *Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler*, TSE 2010.
- [34] TS 1367-2, *Agregaların termal ve bozunma özellikleri için deneyler*, TSE 2010.

7. ÖZGEÇMİŞ

20.02.1978 yılında Malatya ili Doğanşehir ilçesinde doğdu. İlk ve Orta öğrenimini Diyarbakır'ın Ergani ilçesinde tamamladıktan sonra Eskişehir Demiryolu Meslek Lisesinden mezun olup Demiryollarında 1996 yılında Yol Sürveyanı olarak meslek hayatına başladı. 1998-2003 yılları arasında Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünü okuduktan sonra Jeoloji Mühendisi olarak kurumunda çalışmaya devam etti.

Demiryolu tünel ıslahı, heyelanlar ve balastlar üzerinde görev yaparak bu çalışmalar esnasında demiryolu hattında meydana gelen bir heyelandaki, çalışmaları nedeniyle kurumunca Takdirname ile ödüllendirildi. Orta derecede İngilizce bilmektedir. Evli ve iki çocuğu bulunmakta olup halen TCDD Malatya Modernizasyon Servis Müdür Yardımcısı olarak çalışma hayatına devam etmektedir.