



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**EVCİLER (GÖLBAŞI/ANKARA)
BAZALTININ PETROGRAFİK VE
PETROKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN
DEMİRYOLU BALAST VE BALASTALTI
MALZEMESİ OLARAK
KULLANILABİLİRLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Hüseyin IŞLAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Ağustos-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Hüseyin İŞLAK tarafından hazırlanan “Evciler (Gölbaşı/Ankara) Bazaltının Petrografik ve Petrokimyasal Özelliklerinin Demiryolu Balast ve Subbalast (Balastaltı) Malzemesi Olarak Kullanılabilirliği Üzerine Etkisi” adlı tez çalışması 02/08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Hüseyin KURT

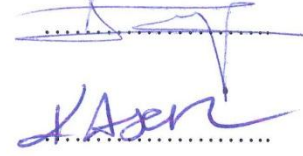
Danışman

Doç. Dr. Kürşad ASAN

Üye

Prof. Dr. Tamer KORALAY

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Hakan KARABÖRK
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.



Hüseyin IŞLAK

02.08.2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

EVCİLER (GÖLBAŞI/ANKARA) BAZALTININ PETROGRAFİK VE PETROKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN DEMİRYOLU BALAST VE BALASTALTI MALZEMESİ OLARAK KULLANILABİLİRLİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ

Hüseyin IŞLAK

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Kürşad ASAN

2019, 97 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Hüseyin KURT
Prof. Dr. Tamer KORALAY
Doç. Dr. Kürşad ASAN

Bu çalışmada, Evciler (Elmadağ Volkanik Kompleksi (EVC) Gölbaşı/Ankara) Bazaltının arazi gözlemleri, petrografik, jeokimyasal ve fiziko-mekanik deneylerle demiryolu balast ve balast altı (balastaltı) malzemesi olarak kullanılabilirliği, balast ve balast altı malzeme şartnameleri gereği istenilen deney standartları ve standart doğrultusunda numune boyutlarına göre deney sonuç değişimleri araştırılmıştır.

EVC Türkiye’de önemli Miyosen volkanik arazilerinden biridir, mafik alkalın ve ortaç-felsik kalk-alkalin lavlar içermektedir. Mafik lavlar Evciler Bazaltı olarak isimlendirilmiştir ve alkali bazalt bileşimindedir. Bazaltlar porfirik dokuludur ve başlıca plajiyoklaz, klinopiroksen daha az opak ve anortoklaz içeren hamur içerisinde dağılmış olivin ve klinopiroksen fenokristalleriyle karakteristiktir. Bazaltların arazi karakteristikleri “aa” tipi lavların özelliklerine benzemektedir. Arazi gözlemlerine dayanarak bazaltların birkaç metrelik soğuma biriminde üç farklı zon ayrılmıştır: (A) gözenekli üst zon, (B) masif iç zon, (C) alt breşik zon. Fiziko-mekanik deneyler sonrasında, deney numune boyutuna göre değişiklik gösterecek şekilde, B zonu su emmesi düşük, Los Angeles aşınma ve $MgSO_4$ don dayanımı yüksek fakat tane yoğunluğu değerinin diğer zonların değerlerine göre düşük olduğu gözlenmiştir. Elde edilen verilere dayanarak B ve C zonlarının sadece konvensiyonel demiryolu hatlarında kullanılacak balast ve balast altı malzemeleri için uygun olduğu gözlenmiştir. Ayrıca elde edilen bulgular küçük ölçekli düşey fiziksel heterojenitenin bir bazaltik lav akıntısında oldukça yüksek olduğunu göstermektedir ve böylece bazaltik volkanik arazilerden balast malzemesi seçiminde dikkatli olunması tavsiye edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Balast, Balast altı, Demiryolu, Fiziko-Mekanik Deneyler, Evciler Bazaltı,

ABSTRACT

MS THESIS

THE EFFECT OF PETROGRAPHICAL AND PETROCHEMICAL FEATURES OF THE EVCİLER (GÖLBAŞI/ANKARA) BASALT ON ITS USABILITY AS RAILWAY BALLAST AND SUB-BALLAST

Hüseyin IŞLAK

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Geology**

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Kürşad ASAN

2019, 97 Pages

Jury

**Prof. Dr. Hüseyin KURT
Prof. Dr. Tamer KORALAY
Assoc. Prof. Dr. Kürşad ASAN**

Based on the field observation, petrographic, chemical and physico-mechanical tests, we investigated the usability of the Evciler Basalt and subballast (Elmadağ Volcanic Complex-EVC, Ankara) as railway ballast, and test results variation according to the required test standards and sample sizes in accordance with the ballast and sub-ballast material specifications were also investigated in this study.

The EVC is one of the most important Miocene volcanic field, comprising mafic mildly alkaline and intermediate to felsic calc-alkaline lavas. The mafic lavas are called as the Evciler basalts, and represented by alkali basalts. They display porphyritic texture with olivine and clinopyroxene phenocrysts in an intergranular groundmass including mainly plagioclase, clinopyroxene, lesser opaque and rare anorthoclase. The field characteristics of the basalts resemble those of “aa lavas”. Based on the field observations, we identified three zones from top to bottom in a few meter cooling unit of the basalts: (A) a vesiculated flow top, (B) a massive interior, and (C) a basal breccia. Following the physico-mechanical tests, we observed that water absorption, Los Angeles abrasion and magnesium sulphate soundness of the zone B are the lowest, but particle density of the zone B ranges between those of the zone A and C. Based on the obtained data, we found that the zone B is appropriate for ballast material in just conventional railway rather than the zone A and C. Accordingly, our findings show that small-scale vertical physical heterogeneity is so high in a basaltic flow, and it is advised to be careful for selection of ballast material from basaltic volcanic rocks.

Keywords: Railway Ballast, Physical Heterogeneity, Basalt, Evciler, Ankara

ÖNSÖZ

Bu çalışmada Elmadağ Volkanik Kompleksinin bir üyesi olan Evciler Bazaltına ait üç farklı zondan alınan örnekler üzerinde jeokimyasal ve petrografik incelemeler, fiziksel deneyler yapılarak, inceleme ve deney sonuç değişimleri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Çalışmamızda ayrıca TCDD bünyesinde kullanılmakta olan balast ve balast altı (subbalast) şartname kriterleri incelenmiş, şartnamelerde istenilen deneyler ve kriterler eşlenikleriyle mukayese edilmiştir.

Tez Çalışmam boyunca her aşamada yardımlarını ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Kürşad ASAN'a,

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca yardımlarını esirgemeyen hocam Prof. Dr. Hüseyin KURT'a,

Lisans aşaması boyunca bana jeolojiyi sevdiren ve öğretmek için emek harcamış rahmetli hocalarım; Ahmet AYHAN, Yüksel AYDIN ve Sedat TEMUR'a,

Lisans öğrenimim boyunca teşviklerini ve elinden gelen yardımları esirgemeyen işyeri amirlerim Ahmet BAY, İbrahim ATAÇ ve rahmetli abim Ramazan Çetin ERTAN'a,

Araziden numune alım konusunda kişisel tecrübeleriyle yardımcı olan Arş. Gör. Ali BOZDAĞ ve mesai arkadaşım Mustafa YILMAZ'a

Deneysel çalışmalar esnasında yardımcı olan DATEM yönetim personeli; Güven KANDEMİR, Atila KESKİN, Yavuz BOZOKLU ve özellikle mesai arkadaşlarım; Mustafa YILMAZ, Muhammed S. UTKU, Mahmut Ç. ORHAN, İlhan ÇALIŞKAN, K. Barboros KÜÇÜKAKIN, Samet AYDIN, Bilgin YILDIZ, Battal ALMALI, Zekeriya ALTINKAYA ve Osman AKTEKİN'e,

Harita ve teknik çizimlerde yardımlarını esirgemeyen Zekeriya ALTINKAYA ve Levent AKKUŞ'a,

Tez raporu yazımında ve kontrolünde yardımını esirgemeyen kızım Ayşe IŞLAK ve kardeşim Veli IŞLAK'a,

Ayrıca yüksek lisans eğitimim boyunca manevi desteklerini esirgemeyen, anneme, babama, eşime ve çocuklarım Ayşe, A. Emin, Y. Emir'e,

TEŞEKKÜR EDERİM.

Hüseyin IŞLAK
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
ÖNSÖZ	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışma Alanının Yeri ve Coğrafi Özellikleri	2
1.2. Çalışmanın Amacı.....	3
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Önceki Çalışmalar	4
2.2. Balast ve Balast Altı Malzemelerinin Genel Kriterleri	8
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	16
3.1. Arazi Çalışmaları	16
3.2. Laboratuvar Çalışmaları	16
3.2.1. Kayaçların mineralojik, petrografik ve jeokimyasal incelemeleri.....	16
3.2.2. Mekanik ve fiziksel deneyler:	18
3.3. Büro Çalışmaları	35
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	36
4.1. Araştırma Bulguları	36
4.1.1. Evciler Bazaltının saha özellikleri	36
4.1.2. Evciler Bazaltının mineralojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri.....	38
4.1.3. Evciler Bazaltını fiziko-mekaniksel özellikleri	46
4.2. Tartışma	51
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	60
5.1. Sonuçlar	60
5.2. Öneriler	62
KAYNAKLAR	63
EKLER	68
ÖZGEÇMİŞ	87

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası (www.mta.gov.tr' den alınmıştır)	2
Şekil 2.1. Çalışma alanının jeoloji haritası (Akyürek ve ark., 1997; Dönmez ve ark., 2008).....	5
Şekil 2.2.a) Demiryolu platform yükleri b) Balasta gelen yükler (Bernhard Lichtberger, 2011)	11
Şekil 2.3. Balast seçim kriterleri (Alemu, 2011)	11
Şekil 2.4. TCDD balast hızlı tren granülometrik sınırları (Balast_Teknik_Şartname, 2016)	12
Şekil 2.5. Balast parçalanma mekanizması (Bach ve Veit, 2013)	13
Şekil 2.6. Balast altı malzeme ve yol güzergâhına serimi (Bezgin, 2017).....	14
Şekil 2.7. Subbalast_Teknik_Şartname (2016) gradasyon sınırları	15
Şekil 3.1. Ateşte kızdırma kaybı deney aletleri a) halkalı öğütücü, b) kül fırını, c) hassas terazi	17
Şekil 3.2. Birim faz diyagramları (Erguvanlı, 1973.)	19
Şekil 3.3.a) Su emme tankı b) Arşimet terazi düzeneği	23
Şekil 3.4. a) Piknometre seti b) Abraham konisi ve tokmağı.....	24
Şekil 3.5.a) Los Angeles cihazı b) Balast boyutu numuneler.....	25
Şekil 3.6. UIC R 719 Dona dayanım derinlik ve gradasyon kriterleri (Tutlumtaş ve Şahin, 2008).....	27
Şekil-3.7. MgSO ₄ don deneyi numune dane boyutları (a: balast, b: agrega)	29
Şekil-3.8. MgSO ₄ don deneyi çözelti süzdürme süreci (a: balast, b: agrega)	29
Şekil 3.9. Nokta yükü indeksi numune toleransları (ASTM-D-2938, 2005)	31
Şekil 3.10. Nokta yükü indeksi kırılma kontrolü (ASTM-D-2938, 2005).....	31
Şekil 3.11. Nokta yükleme cihazı numune yerleşimi ve deney sonu kırılmalar	32
Şekil 3.12. Karot çapı (a) ve L/D oranının (b) UCS sonuçlarına etkisi a) (Hoek E. ve Brown E.T., 1980), b) (Üzgün A. F. ve TUNCAY E., 2017).....	34
Şekil 3.13.a) Tek eksenli numune hazırlama, b) Deney sonrası numuneler.....	34
Şekil 4.1. Evciler Bazaltı arazi görünüşleri.....	36
Şekil 4.2. Evciler Bazaltı A zonu makro görünüşleri.....	37
Şekil 4.3. Evciler Bazaltı B zonu makro görünüşleri	37
Şekil 4.4. Evciler Bazaltı C zonu makro görünüşleri	37
Şekil 4.5. Evciler Bazaltı A zonu tek nikol görünüşleri a) Genel görünüm ve vesiküllerin dağılımı, b) Mineral dolgusu c) Olivin iddingsitleşmeleri, d) Piroksen fenokristali	39
Şekil 4.6. Evciler Bazaltı A zonu çift nikol görünüşleri a) Genel görünüm ve anklav dağılımı, b) Karbonat dolgusu c) Olivin iddingsitleşmeleri, d) Piroksen sektör sönmesi	39
Şekil 4.7. Evciler Bazaltı B zonu tek nikol görünüşleri a) Genel görünüm ve volkanik cam dağılımı, b) Olivin fenokristali c) Piroksen fenokristali, d) Opak mineraller ve alterasyonlar.....	41
Şekil 4.8. Evciler Bazaltı B zonu çift nikol görünüşleri a) Genel görünüm ve volkanik cam dağılımı, b) Olivin fenokristali c) Piroksen fenokristali, d) Opak mineraller ve alterasyonlar.....	41
Şekil 4.9. Evciler Bazaltı C zonu tek nikol görünüşleri a) Genel görünüm ve gözeneklilik, b) İkincil mineral doguları c) Olivin fenokristali, d) Anklav.....	43
Şekil 4.10. Evciler Bazaltı C zonu çift nikol görünüşleri a) Genel görünüm ve gözeneklilik, b) İkincil mineral doguları c) Olivin fenokristali, d) Anklav.....	43
Şekil 4.11. a) Evciler Bazaltının TAS diyagramında sınıflaması (Le Bas ve ark., 1986) ve alkali-subalkali ayırımı (Irvine ve Baragar, 1971), b) Nb/Y-Zr/Ti diyagramında sınıflaması (Pearce, 1996).	44
Şekil 4.12. Gözeneklilik değerleri	47
Şekil 4.13. İMAGE-J örnek sonucu.....	47
Şekil 4.14. Evciler Bazaltının A, B ve C zonlarına ait ağırlıkça % su emme değerleri	48
Şekil 4.15. Numune boyutuna göre su emme değişimleri	52
Şekil 4.16. Deney numunesi dane boyutuuna göre tane yoğunluğu değişimi.....	53
Şekil 4.17. Tane yoğunluğu değerlerine göre su emme değer değişimi	54
Şekil 4.18. Los Angeles değer aralığı	54
Şekil 4.19. Tane yoğunluğu ve yüzey alanı	55
Şekil 4.20. L _{ARB} ve kirlilik endeksi ilişkileri	56
Şekil 4.21. Numune dane boyutuuna göre MgSO ₄ don deneyi değer değişimi	56
Şekil 4.22. Su emme değerlerine göre MgSO ₄ don kaybı.....	57
Şekil 4.23. Don değerinin standart bazlı değişimi	57
Şekil 4.24. Yoğunluk/ gözeneklilik değişimi.....	58
Şekil 4.25. Nokta yükleme anizotropi değerlendirmesi	59
Şekil 4.26. Tek eksenli basınç gerçek/ tahmini değerler.....	59

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Demiryolu malzemesi kontrol kriterleri (Esveld, 2001).....	8
Çizelge 2.2. TS-7043-EN-13450/AC (2004) fiziksel özellikler için deney metotları.....	9
Çizelge 2.3. TS-7043-EN-13450/AC (2004) geometrik özellikler için deney metodları	9
Çizelge 2.4. Balast_Teknik_Şartname (2016) deney listesi ve sınır değerleri.....	10
Çizelge 2.5. Plastisite sınırları	15
Çizelge 2.6. Subbalast_Teknik_Şartname (2016) gradasyon değerleri	15
Çizelge 3.1. Petrografik isimlendirme standartları	16
Çizelge 3.2. Gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik tayini için standartlar	18
Çizelge 3.3. Birim faz diyagram formülleri.....	19
Çizelge 3.4. Gerçek ve görünür yoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik tayini formülleri	20
Çizelge 3.5. Su emme standartları	22
Çizelge 3.6. Los Angeles deneyi için agregalarda yaygın kullanılan deney standartları	25
Çizelge 3.7. Los Angeles deneyi dane boyutu gereksinimleri	26
Çizelge 3.8. Donma çözülme için agregalarda yaygın kullanılan deneyler ve standartları	28
Çizelge 3.9. MgSO ₄ don deneyi TS ve ASTM farklılıkları	28
Çizelge 3.10. Nokta yükü dayanımı indeksi tayini için standartlar	30
Çizelge 3.11. Tek eksenli basınç standartları.....	33
Çizelge 4.1. Ateşte kızdırma kaybı değerleri (Asan, 2014)	44
Çizelge 4.2. Ateşte kızdırma kaybı değerleri (ASTM-D-7348, 2008).....	45
Çizelge 4.3. Ateşte kızdırma kaybı ile ayrışma katsayısı	45
Çizelge 4.4. Gerçek ve görünür yoğunluk, açık ve toplam gözeneklilik % değerleri	46
Çizelge 4.5. Farklı metotlara göre açık ve toplam gözeneklilik % değerleri	46
Çizelge 4.6. Su emme değerleri (%).....	48
Çizelge 4.7. Tane yoğunluğu değerleri (Mg/m ³)	48
Çizelge 4.8. Los Angeles % değerleri.....	49
Çizelge 4.9. MgSO ₄ ve Na ₂ SO ₄ don kaybı değerleri	49
Çizelge 4.10. Nokta yükleme indeksi değerleri	50
Çizelge 4.11. Tek eksenli basınç dayanım değerleri (MPa)	50
Çizelge 4.12. Balast şartname kriterleri ve kontrolü.....	51
Çizelge 4.13. Balast altı şartname kriterleri ve kontrolü.....	51
Çizelge 4.14. Los Angeles değerleri.....	55

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

D	: Örnek çapı
e	: Boşluk oranı
FI	: Fouling Index (Selig ve Waters, 1994)
FI _D	: Modified Fouling Index (Ionescu,2004)
Is	: Nokta yükü dayanım indeksi
Is ₍₅₀₎	:50 mm'lik çapa karşılık gelen Is değeri
K	: UCS'nin IS ₅₀ 'den tahmininde kullanılan katsayı
L	: Örnek boyu
LA	: Agregas Los Angeles aşınma kaybı
LA _{RB}	: Balast Los Angeles aşınma kaybı
L/D	:Silindirik örneğin boy/çap oranı
MS	: Magnezyum Sülfat don kaybı
RSD	:Rölatif standart sapma
UCS	:Tek eksenli sıkışma dayanımı
UCS _{PLI}	:Nokta yükü dayanım indeksinden dolayı yoldan hesaplanmış UCS
UCS ₅₀	:50 mm'lik çapa karşılık gelen UCS
VCI	: Void Contaminant Index
WA ₂₄	: 24 saatlik daldırmadan sonraki su emme oranı
WA _{RB}	: Demiryolu balastı su emme oranı
γ	: Birim hacim ağırlık

Kısaltmalar

AFNOR	: Association Française de Normalisation (Fransız Standart Birliği)
AREMA	:American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association (Amerikan Demiryolu Mühendisliği ve Yol Bakım Birliği)
ASTM	: American Society for Testing and Materials (Amerikan Malzeme ve Test Birliği)
ASHTOO	: The American Association of State Highway and Transportation (Amerikan Ulusal Karayolu ve Taşımacılık Derneği)
BGS	: British Geological Survey (İngiliz Jeolojik Araştırmalar)
BR	: British Railway (İngiliz Demiryolları)
BS	: British Standards (İngiliz Standartları)
ISRM	: International Society for Rock Mechanics Suggested Methods "Rock Characterisation, Testing and Monitoring (Uluslararası Kaya Mekaniği Birliği)
IUGS	: International Union of Geological Sciences (Jeoloji Bilimleri Uluslararası Birliği)
TCDD	: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
SN	: Standard Norwge (Norveç Standart)
UIC	: International Union of Railways (Birleşik Uluslararası Demiryolları)

1. GİRİŞ

Demiryollarının tarihçesi incelendiği zaman, hız ve dingil basıncının artması neticesinde, yol platformundan istenilen kalite ve kriterlerinin yükselmesine bağlı olarak, kullanılan agrega malzemelerin ürün yelpazesinde kısıtlamalar görülmektedir. Demiryolu agregaları olarak günümüzde, ilgili şartnamelerde belirlenen, mekanik ve fiziksel deneylerin sınır değerleri kapsamında ayrıca petrografik isimlendirmelere göre ocak yerleri belirlenen magmatik kayalardan, kırılarak üretilen agregalar kullanılmaktadır.

Demiryolu malzemelerinde kullanılan standartlar ve şartnameler genellikle karayolu ve beton agregası tabanlı standartların modifikasyonu ile oluşturulmuştur. Fakat demiryolu platform malzemesinin boyutu, özellikleri ve karakteristikleri diğer agregalardan farklıdır. Demiryolu platformunda kullanılan agregaların, asfalt veya çimento benzeri kendisini atmosferik şartlardan koruyabilecek yapı malzemeleri yoktur.

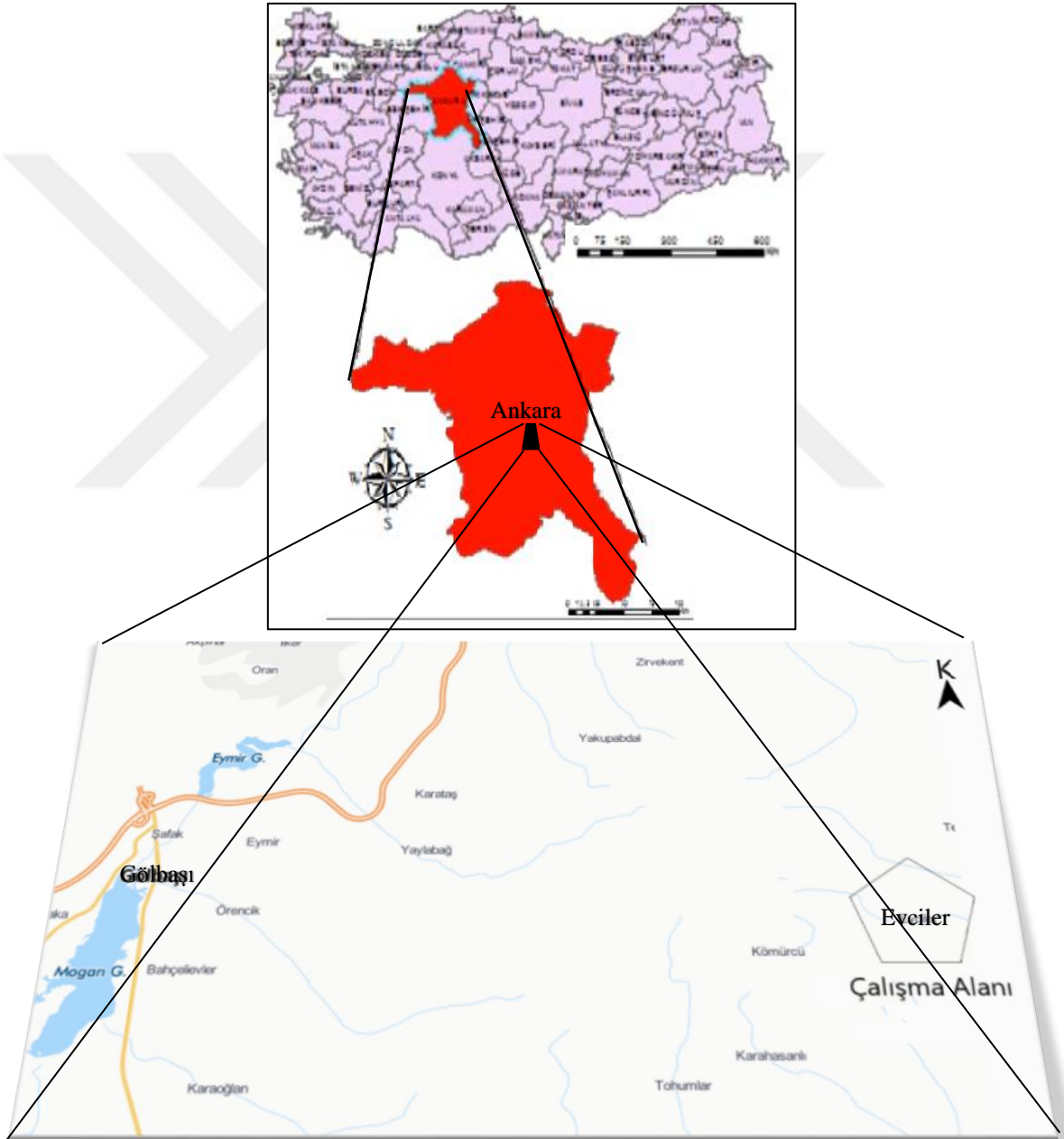
Deneylerin genel amacı, malzemedeki beklenen fiziksel özelliklerin laboratuvar ortamında veya arazide ölçülmesidir. Laboratuvarda yapılacak deneylerin hassasiyet problemleri arazideki deneyler kadar olmasa da araziden deney numunesi için örnek alınmasındaki güçlükler, araziye temsil problemleri, deney numunesi hazırlanırken oluşabilecek deformasyonlar nedeniyle sonuçlar gerçek değerden uzaklaşabilmektedir.

Laboratuvar deney sonuçları, araziden numune alınmasıyla başlayıp deney sonlandırılmasına kadar olan sürece kadar gelişen parametrelere (insan, çevre, malzeme ve deneysel) göre değişim sunabilmektedir. Bunlardan özellikle ocak sahasının kontrolü amacıyla araziden, ürün kontrolü amacıyla üretim bandı ve figüreden (yığın) alınan deney numunelerinin, ana kitleyi temsil etmemesi, yapılan tanımlama veya deneysel çalışmada ne kadar hassas olursa da sonuçlarının geniş bir aralıkta değişimine sebep olmaktadır.

Bu çalışmada arazide küçük ölçeklerde belirgin fiziksel değişimler sunan Elmadağ Volkanik Kompleksi (Gölbaşı-Ankara)'ne ait Evciler Bazaltı incelenerek, fiziksel değişimlerinin fiziko-mekanik deney sonuçlarına etkisi araştırılmış ve ayrıca dünya demiryollarında kullanılan şartname ve standartların ülkemizdeki eşlenikleriyle kıyaslamaları yapılmış, olumlu ve olumsuz yönleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Birden fazla standardı veya metodu bulunan deneyler, deney süreci, numune seçimi, deney sonlandırılması gibi spesifik olarak deney sonucunu etkileyen parametreler karşılaştırılmıştır. Deneylerin yapım aşamasında karşılaşılan numune ve/veya metottan kaynaklı sorunlar irdelenmiş, her deney için ayrı olarak tartışma kısmında bahsedilmiştir.

1.1. Çalışma Alanının Yeri ve Coğrafi Özellikleri

Çalışma alanı Gölbaşı (Ankara) ilçesinin yaklaşık 20 km doğusunda yer almaktadır (Şekil 1.1.). Bölgenin yüksek rakımlarını Elmadağ 1862 m ve İdris dağı 1995 m oluşturur. Bölgede karasal iklim hüküm sürmektedir. Arazide kapalı havza nitelikli irili ufaklı düzensiz su rejimine sahip dere yatakları bulunmaktadır. Çalışma alanına yakın bölgede Eymir ve Mogan gölleri bulunmaktadır.



Şekil 1.1. Çalışma alanının yer bulduru haritası (www.mta.gov.tr' den alınmıştır).

1.2. Çalışmanın Amacı

Demiryollarında yol yapım ve bakım projelerinde birim fiyat olarak çok göze batmasa bile toplam ödemelerin en büyük kalemlerinden birini oluşturan balast ve balast altı konusu deney ve şartnameler açısından çözümlenmesi gereken sorunlar içermektedir. Mevcut demiryolunda kullanılan şartname kriterleri bu tez kapsamında verilmiş ve dünya eşlenikleriyle mukayeseli olarak avantaj ve dezavantajları ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu çalışmada mevcut sorunlar ortaya konularak ve jeolojik olarak çözüm önerileri mevcut imkânlar dâhilinde incelenmiştir.

Deney numunesi boyutunun değişimlerinin, ilgili standartlarda ve şartnamelerde belirtilen fiziksel deneylere olan etkisi, tüm deneyler değişik boyutlu ve en az on tekrarlı yapılarak sonuç değişimlerin ortaya konulması amaçlanmıştır. Deney sonuçlarını, hem deneye numune hazırlanması boyutunda hem de deney yapım ve sonlandırma sürecinde, sonuçların doğruluklarını etkileyen parametreler göz önüne alınarak, deneylerin numune hazırlanmasında, yapım sürecinde ve sonuçlandırma kısmındaki karşılaşılan problemler de bu çalışmada irdelenmiştir.

Balast malzemesi olarak kullanılan volkanik kayaçların ocaklarda homejenlik sergilemediği ve değişimlerinin çok kısa aralıklarda olabileceğine dikkat çekilip ocak sahası seçimi ve kontrolü için jeolojik tavsiyelerde bulunulmuştur. Çalışma kapsamında, Evciler-Kömürcü (Gölbaşı-Ankara) yöresindeki mafik volkanik kayaçların mineralojik, petrografik ve fiziko-mekanik özelliklerinin belirlenerek demiryollarında balast ve balast altı olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Önceki Çalışmalar

Çalışma sahası olarak seçilen alan ve çevresindeki jeoloji çalışmaları 1900'lü yılların başlarına kadar uzanmaktadır. Bunlar şöyle özetlenebilir;

Ankara bölgesi, Oligosen ile Pleyistosen arasında, Anadolu'da etkin olan Tersiyer volkanizmasının önemli merkezlerinden biridir. Bu volkanizmanın, değişik bölgelerdeki yayılımı ve özelliklerine ilişkin ayrıntılı çalışmalar olmasına karşın, Ankara civarındaki etkinliğine ait bilgiler çok kısıtlıdır (Asan, 2014).

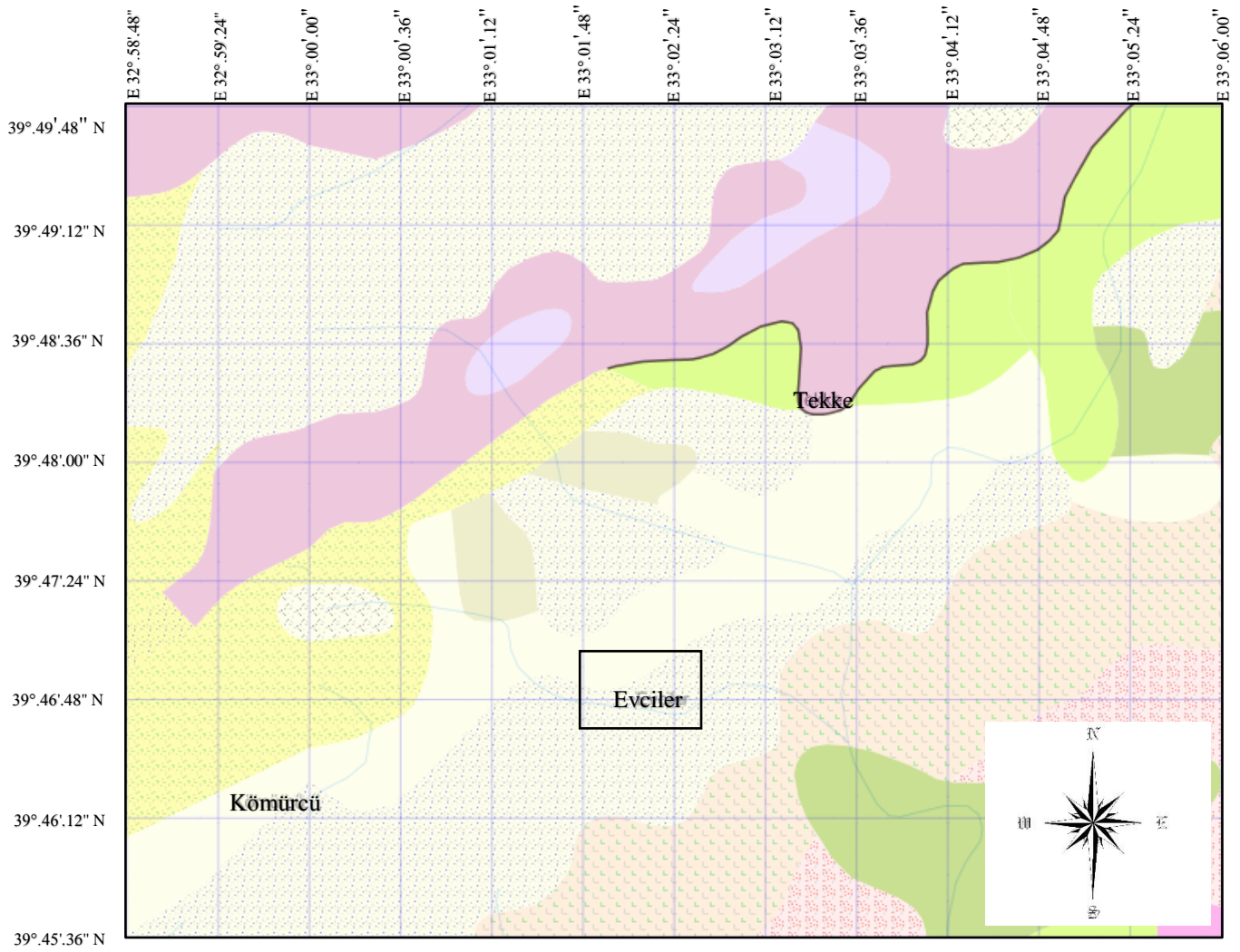
Ankara Tersiyer volkaniklerinin dağılım ve jeoloji ile ilgili çalışmalarını, Erol (1961) ve Çalgın ve ark. (1973) tarafından farklı coğrafi alanda gözlemleyerek, Alt Eosen ve Miyosen (Neojen) yaşlı volkanikler olarak ikiye ayırmışlardır.

Ankara dolaylarında Neojen yaşlı olarak tanımlanan volkanitler, Hüseyin Gazi ve çevresi, kuzeydoğuda Çubuk, güneydoğuda Elmadağ ve batıda Sincan olmak üzere bölgelere yayılmışlardır (Çalgın ve ark., 1973). Volkanizmanın en yaygın ürünleri dasitik-andezitik ve dasitik bileşimli volkanitler ile bunların piroklastik ürünleridir. Bazik lavlar Elmadağ, Çubuk ve Sincan yörelerindeki yükseltilerde diğer birimleri üzerleyerek, küçük alanlar kapsayan yüzlekler verirler. Çalgın ve ark. (1973) bunları, Alt Pliyosen yaşlı genç bir volkanizmanın ürünü olarak kabul ederler.

Tankut (1985) Gölbaşı civarında kalkalkali andezitik-dasitik ve alkali bazaltik volkanik kayaçların varlığından bahsederek bölgedeki ilk jeokimyasal verileri yayınlamıştır. Araştırmacı kalkalkali volkanitlerin çarpışma sonucunda kıta kabuğunun bölümsel ergimesi ile oluşan magmadan türediklerini, alkali volkanitlerin ise genişlemeli bir tektonikle ilişkili olduğunu savunmuştur.

Akyürek ve ark. (1997) bölgenin 1:100.000 ölçekli jeoloji haritasını ve stratigrafisini yayınlamışlardır. (Şekil 2.1.). Bu proje için çalışma temel alınabilecek jeolojik veriler içermektedir.

Asan (2014) bölgede yaptığı jeokimyasal çalışmalarda bölgede bulunan Elmadağ volkanik üyesi bazaltların alkali karakterde olduğunu belirtmektedir.



Kuvaterner		Alüvyon
Miyosen- Pliyosen		Karasal Örtü Kayaçları
Orta Miyosen		Elmadağ Volkanitleri Piroklastik Kayaçlar
Alt- Orta Miyosen		Elmadağ Volkanitleri
Eosen- Oligosen		Jips, Kırıntılı ve Karbonatlı Kayaçlar
Üst Kretase		Ofiyolitik Melanj
Jura		Günalan Formasyonu
Triyas		Karakaya Kompleksi (Filiş)
		Fay
		Çalışma Alanı

Şekil 2.1. Çalışma alanının jeoloji haritası (Akyürek ve ark., 1997; Dönmez ve ark., 2008).

Fiziksel deneyler ile ilgili yapılan çalışmalar sırasıyla;

Doğal kayaçlarda fiziksel ve petrografik özellikleri ile dayanımları arasındaki ilişkiler sırasıyla; Price (1960), Brace (1961) ile Smorodinov MI ve ark. (1970) tarafından incelenmiştir.

Mogı (1966) laboratuvar koşullarındaki deneylerde, tek eksenli basınç dayanımını etkileyen deneyde kullanılan örneğin boy/çap (L/D) oranını incelemiş, oran değişimine göre UCS değerindeki değişim miktarını incelemişlerdir.

Yamaguchi (1970) yaptığı istatistiksel çalışmalarda kayaçların fiziksel özelliklerini belirlemek için laboratuvarlarda deneyler için gerekli minimum numune miktarlarını belirlemiştir.

Broch ve Franklin (1972) yaptığı çalışmalarda IS_{50} ' yi standartlaştırarak tek eksenli basınç deneyini 24 katsayısını hesaplayarak dolaylı olarak bulmayı önermişlerdir.

Daha sonraları Bieniawski (1974) daha önceki yapılan çalışmaları teyit ederek nokta yükü dayanımı ile tek eksenli basınç değerinin doğrusal ilişkili olduğunu ispatlamıştır.

Tuğrul A. ve I.H (1999) yaptığı çalışmada Türkiyenin çeşitli bölgelerinden aldıkları değişik karakteristiklere sahip granitik kayaçların petrografik ve fiziksel özelliklerini incelemişlerdir. İncelemelerinde doku kaynaklı özelliklerin mineralojik özelliklere göre daha etken olduğu belirtilmiştir. Kayaçlarda dane (mineral) şekli ve dane boyutu dağılımının mühendislik özelliklerini etkilediğini açıklamışlardır.

Yüksel Proje ile DLH (2007) yaptığı çalışmada demiryolu balast, yapım, bakım ve kontrolleri için teknik bir doküman hazırlamıştır. Bu teknik dökümanda, balast altı malzemesinin kontrol aralıklarını ve özelliklerini tekrar belirlemiştir.

Tuncay ve Hasançebi (2009) yaptığı farklı çalışmalarda deney esnasındaki yükleme hızının UCS'yi önemli oranda değiştirmedini kanıtlamışlardır.

Pan ve ark. (2009) yaptığı çalışmalarda numunenin tek eksenli basınç cihazına temas yüzeylerini sürtünmeli ve sürtünmesiz analitik modellemelerini oluşturarak farklarını ortaya çıkarmışlardır.

Alemu (2011) yaptığı çalışmalarda balast seçim kriterleri konusunda araştırmalarda bulunmuş ve balast seçimi için önemli etkenler olarak; parça boyutu, ekonomi, ulaşılabilirlik, trafik gereksinimi, değişen coğrafi bölge şeklinde belirlemiştir.

Solak (2012) yaptığı çalışmalarda, numunelerden hazırlanan kesitlerde polarizan mikroskopta nokta sayma yöntemi kullanarak, modal mineralojik bileşimi, dokusal özelliklerini, gözeneklilik oranı, volkan camının varlığı ve kayaç içerisindeki dağılımını,

tali mineral oluşumlarını, opak mineral varlığı ve oranını belirlemiştir. Kayaçların ince kesitlerinden elde edilen verilerden litik tane, fenokristal, volkan camı, gözeneklilik ve opak mineral oranlarına göre tane matriks oranı (GMR) hesaplamışlardır. Bu oranı taze ve bozulmaya uğramış örneklerden elde ederek matriks oranları elde etmiş ve jeomekanik özellikler ile kıyaslayarak arasında kuvvetli bir bağ olduğunu belirtmiştir. Melendiz Tüflerinde kayacı oluşturan matriksin oranı ve litik tanelerin kenetlenme derecesinin, Kavak İgnimbiritlerinde ise kimyasal bileşimin mukavemeti etkilediğini belirtmektedir.

TTK-(Türkiye-Taş-Kömürü)-İşletmesi (2015) balast şartnamesi hazırlayarak, kullanılacak kayaçları ve fiziksel özelliklerini TCDD şartnamelerini esas alarak belirlemiştir.

Tuncay ve ark. (2015) çalışmalarında L/D oranı için değişik oranlar kullanarak yaptığı deneysel çalışmada düzeltme faktörünü bulmuş ve ayrıca tek eksenli deneyini deney sürecinde etkileyen kaynakları belirlemiştir.

Mahtab Alitalesh ve ark. (2015) yaptığı çalışmalarda nokta yükü indeksi ile tek eksenli basınç dayanımı arasında, farklı kayaç grupları için bağıntılar yayınlamışlardır.

Üzgün A. F. ve TUNCAY E. (2017) yaptığı çalışmalarda boy çap oranına (L/D) göre Tek Eksenli Basınç dayanımı (UCS) değerinin değiştiğini ve diğer bazı deneysel yöntemlerle UCS değerini hesaplayıp kıyaslamışlardır.

Sabancı ve Önal (2018) Solhan ve Pazarcık magmatiklerinin demiryolu balastı olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Miyosen yaşlı Solhan ve Pazarcık magmatiklerinin balast olarak kullanılabilir olduğunu ve ayrıca ocak sahalarındaki kırıklı yapıların balast üretim maliyetlerini düşürdüğünü belirtmişlerdir.

2.2. Balast ve Balast Altı Malzemelerinin Genel Kriterleri

Balast, (TS-7043-EN-13450/AC, 2004) standardına göre teknik özellikleri belirlenen, tane boyutu olarak d/D oranı 31,5/ 50 ve 31,5/ 63 mm olan, demiryolu yapımında kullanılan özel bir agrega çeşididir.

Balast, traverslerin altında ve balast altı malzemesinin üzerinde gevşek bir zon oluşturarak, sıkışmaya sebep verecek kuvvetleri kendi içerisinde oluşturduğu tanelerin sürtünmeye bağlı direnciyle karşılayabilen, dayanıklı ve kaba taneli agregadan elenerek veya doğal kayalardan belirli bir gradasyona göre kırılarak temin edilen yol yapı malzemesidir. Balastın görevini doğru yapabilmesi için yol platformunda ve agrega boyutunda kontrol kriterleri oluşturulmuştur (Çizelge 2.1.).

Çizelge 2.1. Demiryolu malzemesi kontrol kriterleri (Esveld, 2001).

Özellik	Elastikiyet	Dayanım	Stabilite	Duraylılık
Ray		✓		✓
Bağlantı Sistemleri	✓		✓	✓
Travers		✓		✓
Balast	✓		✓	✓
Levha		✓		✓
Yol Destek Sistemi	✓		✓	✓

Balast ocak kriterleri olarak; üretimi yapılacak ocağın genel yapısı üretime uygun olmalı, yoğun şekilde gelişmiş kırık, çatlak ve ezilme zonu ihtiva etmemelidir. Ocak üretim esnasında; homojen olmalı, damar ve dayk yapısı içermemeli, yanal ve dikey yönde aynı jeolojik özellikleri (mineral parajenezi, yapı ve doku vb.) sergilememelidir.

Günümüz TCDD Balast_Teknik_Şartname (2016) kriterleri olarak:

- Yuvarlak, pürüzsüz dere çakılı kullanılmamalı,
- Gözle görülebilir gözeneklilik bulundurmamalı,
- Zararlı bileşen, kil ya da toprak içeriği bulundurmamalı,
- Pürüzlü yüzeyler verecek şekilde keskin kenarlı ve kübik parçalanmalı,
- Uygun stabiliteye sahip olmalı,
- Atmosferik şartlarına karşı direnci yüksek olmalı,
- Drenaj kabiliyeti yüksek olmalı,
- Çatlaksız, damarsız, homojen olmalı,
- Aşınmaya karşı yüksek sertlik ve mukavemete sahip olmalı,
- Dinamik ve statik basınçlara karşı yüksek dirençli olmalıdır.

Demiryollarının alt ve üst yapı için aradığı kriterler; ülkelere, yapılan işin niteliğine, yıllara ve bölgelere göre değişim göstermektedir. Demiryolu bünyesinde yapılan şartnamelerde istenilen granüler malzemenin genel vasfı ve nitelikleri kısacası platformunu oluşturan elemanların özellikleri olarak istenilen kriterler ülkemizde uluslararası standartlar ile kontrol edilmektedir.

Ülkemizde kullanılan şartnamelerde istenilen deney ve analizler olarak; Los Angeles aşınma metodu ile parçalanma direncinin tayini, termal ve bozunma özellikleri için Magnezyum Sülfat deneyi ve su emme ve tane yoğunluğu deneyleri, kayacın adının belirlenmesi için petrografik ve/veya kimyasal analiz yaptırılmaktadır (Çizelge 2.2.).

Çizelge 2.2. TS-7043-EN-13450/AC (2004) fiziksel özellikler için deney metotları

Fiziksel Özellikler		Deney Adı	Standart Yöntem
Aşınma Direnci	Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler	Bölüm 1: Aşınmaya karşı direncin tayini (Mikro-Deval)	(TS-EN-1097-1, 2015)
Parçalanma Direnci		Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini İçin Metotlar (Los Angeles Metodu)	TS-EN-1097-2 (2010b)
		Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini İçin Metotlar (Darbe Deneyi Metodu)	
-		Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini	(TS-EN-1097-6, 2013)
Dayanıklılık	Agregaların termal ve bozunma özellikleri için deneyler	Bölüm 1: Donmaya ve Çözölmeye Karşı Direncin Tayini	(TS-EN-1367-1, 2009)
		Bölüm 2: Magnezyum Sülfat Deneyi	(TS-EN-1367-2, 2011)
		Bölüm 3: "Sonnenbrand Bazaltı" İçin Kaynatma Deneyi	(TS-EN-1367-3, 2003)

Balastlarda üretim kontrolü için standart gereği yapılması istenilen deneyler ve deney metotları incelendiği zaman, tane uzunluğu deneyi haricinde diğerlerinin deneysel olarak standartlaştırıldığı gözlenmektedir (Çizelge 2.3.).

Çizelge 2.3. TS-7043-EN-13450/AC (2004) geometrik özellikler için deney metotları

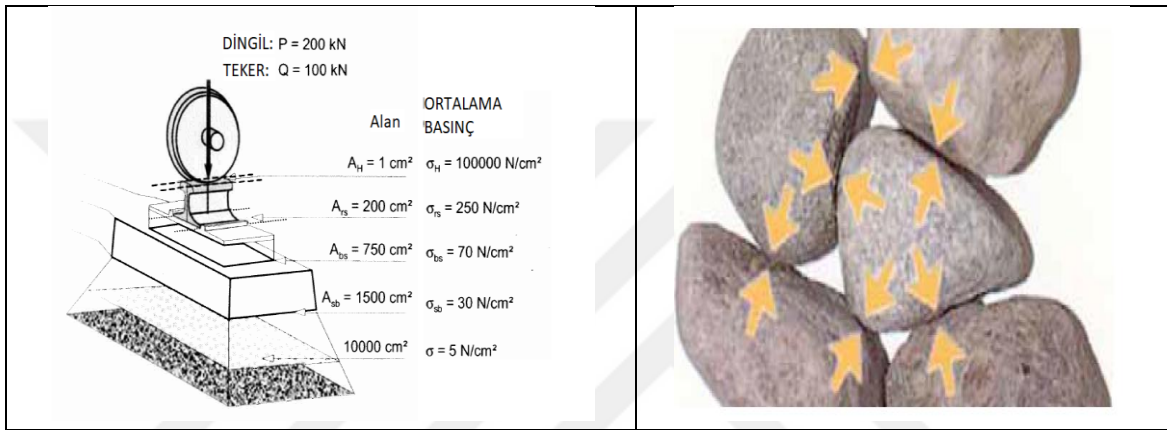
Geometrik Özellikler		Deney Adı	Standart Yöntem
Tane Sınıfları	Agregaların geometrik özellikleri için deneyler	Tane Büyüklüğü Dağılımı Tayini- Eleme Metodu	(TS-EN-933-1, 2012)
		İnce Taneler	
		Çok İnce Taneler	
Tane Şekli	-	Şekil Endeksi	(TS-EN-933-4, 2012)
		Tane Uzunluğu	-
		Geometrik mamul özellikleri (GMÖ)- Düzlemsellik	Yassılık İndeksi

Teknik şartnamesinde istenilen deneyler; üretim, ara kontrol ve ocak yeri tespiti için, kabul sınır değerleri yıllara göre değişiklik göstermektedir. TCDD tarafından 2016 yılı için hazırlanan şartname kriterleri aşağıda verilmiştir (Çizelge 2.4.).

Çizelge 2.4. Balast_Teknik_Şartname (2016) deney listesi ve sınır değerleri

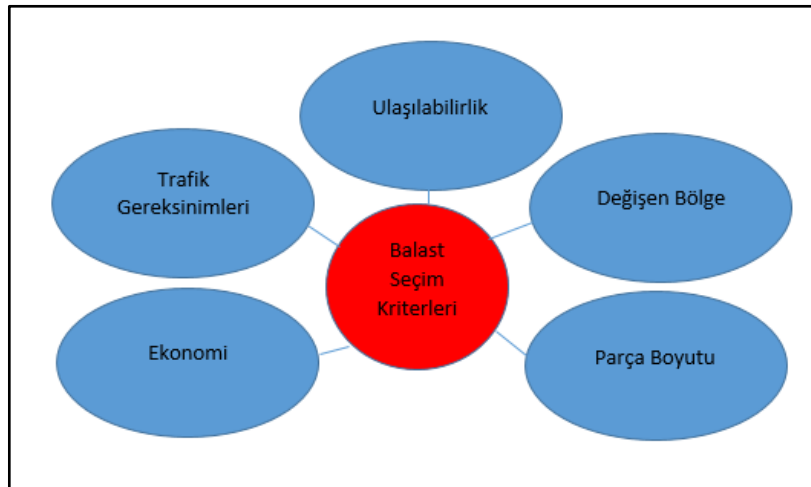
	Konvansiyonel Hatlardaki Limitler	Kontrol Sıklığı	YHT Hatlarındaki Limitler (Şubat 2016)	
Los Angeles Parçalanma Direnci (%) ≤ (Aşınmaya Dayanıklılık) TS EN 1097-2 (1000 devir)	20	Her 5.000 m ³ numune için bir adet	14	
Su Emme Oranı (%) ≤ TS EN 1097-6	2	Ocak yeri değiştiğinde ve/veya her 2 ayda 1 veya her 30.000 m ³ numune için adet	1.5	
Tane Yoğunluğu (Mg/m ³) ≥ TS EN 1097-6	-		2.60	
Termal Bozunma Özelliği (%) ≤ Magnezyum sülfat deneyi	5		3	
63 mm elekten % Geçen	100	Her 5.000 m ³ numune için bir adet	100	
50 mm elekten % Geçen	70-99		70-99	
40 mm elekten % Geçen	30-65		30-65	
31,5 mm elekten % Geçen	3-20		1-25	
22,4 mm elekten % Geçen	0-3		0-3	
31,5-50 mm Toplam % Malzeme ≥	50		50	
İnce Malzeme Miktarı % Geçen	1		0.6	
Çok İnce Malzeme Miktarı % Geçen	0.5		0.5	
Yassılık Endeksi (%) ≤	25		Ocak yeri değiştiğinde veya her 20.000 m ³ numune için bir adet	20
Şekil İndisi (%) ≤	20			20
Tane Uzunluğu (%) ≤	4	4		
Petrografi	Bazalt, Gabro, Granodiyorit, Diyabaz		Bazalt, Gabro, Granodiyorit, Diyabaz	

Balast elastik yapı sayesinde statik ve dinamik yükler altında kalıcı deformasyona karşı dirençli bir yapı oluşturur. Balast seviyesine gelen basınç her ne kadar Şekil 2.2.a' daki gibi az görülsede ($\sim 70 \text{ N/cm}^2$) balast taneleri bu basıncı Şekil 2.2.b'de görüldüğü üzere noktasal ve sürtünme kuvvetleri sayesinde karşılar. Bu yüzden balast olarak kullanılacak malzemelerin yükler altında deformasyona uğramayacak mukavemete sahip olmaları gereklidir. Standart herhangi bir kayaç çeşidini önermese de günümüzde kabul görmüş en uygun materyaller, sert ve dayanımı yüksek kayaçlardan kırılarak üretilen balastlardır.



Şekil 2.2.a) Demiryolu platform yükleri b) Balasta gelen yükler (Bernhard Lichtberger, 2011)

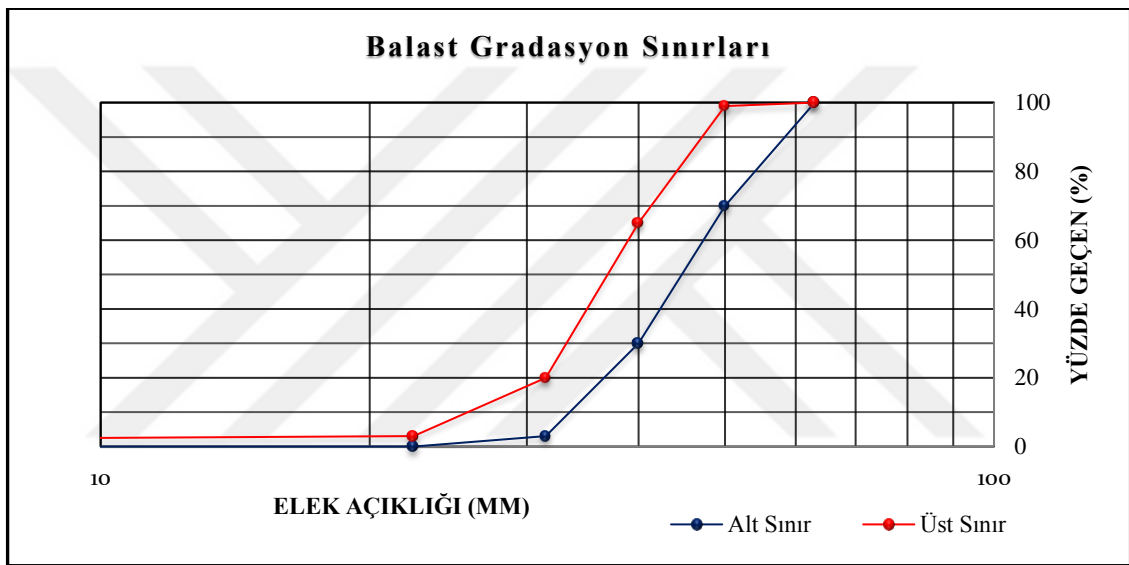
Balast ile ilgili seçim kriterleri; malzemenin temini, balast kullanılacak hattın özellikleri, hattın geçeceği güzergâhtaki mevsimsel koşullar ve ekonomi göz önünde bulundurulmalıdır (Şekil 2.3.).



Şekil 2.3. Balast seçim kriterleri (Alemu, 2011)

Balast şartnameleri hazırlanırken, balast özelliklerinin yol platformu için uygun nitelikte olması gerekmektedir. Demiryolu hattı yapılan çoğu bölgelerde istenilen kriterlerde malzeme bulunamadığı için maliyetler artmakta ve çoğu projede maddi yetersizliklerden kaynaklanan aksamalara sebebiyet vermektedir. Bu konuda dikkat edilmesi gereken, malzeme maliyetini azaltmak her zaman ekonomik olmamaktadır.

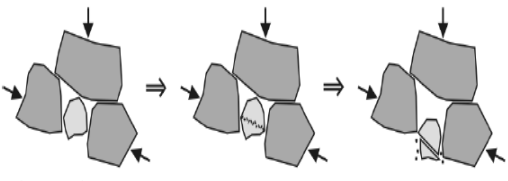
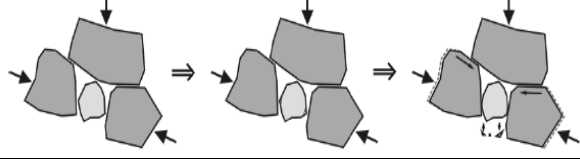
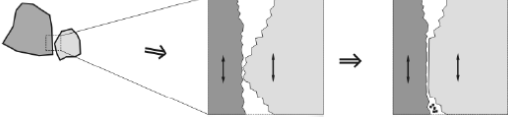
Tane boyutu konusunda kabul gören uygulama ana hat yolları için 25 - 60 mm ve tali yollar için 15-30 mm kırma taştan oluşturulan balast kullanılmasıdır. Balastın 22.4 milimetreden küçük boyutlu tanelerin gradasyon özellikleri, numuneler figüreden alınırken % 3'ü ve hat üzerinde numune alınırken % 5'i aşmaması gereklidir (Şekil 2.4.).



Şekil 2.4. TCDD balast hızlı tren granülometrik sınırları (Balast_Teknik_Şartname, 2016)

Balast parçaları, gelen yüklerin bir kısmını aktarırken diğer kısmını kendi içerisinde sönmülmendirir. Bu işlem esnasında ise agreganın köken kayacının özelliklerine göre deforme olarak ufalanır ve degradasyona uğrar. Degradasyon çalışma yükü altında, fiziksel etkilerden kaynaklı, balastın parçalanıp tane şeklini ve boyutunu değiştirmesidir.

Yeni oluşturulan balast yatağı bütünüyle tanelerden oluşmaktadır (Şekil 2.4.). Balastın iri taneler arasında degradasyon etkisiyle zaman içinde gerekli taşıma gücünü sağlamak amacıyla küçük tane boyutları oluşur (Şekil 2.5.). Meydana gelen küçük taneler, kesmeye karşı olan direnci artırır. Ancak yeni oluşan küçük tanelerin oranı zamanla artarak, küçük boyutlu materyal oranı balastın tane boyutunun oranına yaklaşır. Bu yüzden balastın iç sürtünme açısı, kesme ve taşıma kapasitesine karşı direnci azalır.

Balastlarda Aşındırma ve Yıpranma Tipleri	Nedenleri	Sonuçları
	Yüksek Noktasal Yük	Köşelilikte değişme olmaksızın orta boyutlu malzemenin ufalanması
	Yüksek Noktasal Yük ve Kesme Gerilmesi	Tanesel şekli ve boyutu değişmeksizin ufalanma ve köşelilik azalması
	Kesme Gerilmesi	Tane şekli ve boyutu değişmeksizin ufalanma

Şekil 2.5. Balast parçalanma mekanizması (Bach ve Veit, 2013)

Kısmen kırılmış yuvarlak balast (çakıl), girintili olmadığı için yatay kuvvetlere karşı düşük bir direnç verir. Balast tanelerinin degradasyonu ve buna bağlı oturmalar bu tür balastlarda çok meydana geldiği için oturma değerleri kırılmış balastlı yollardakinden daha yüksektir. Yuvarlak balastın kesmeye karşı direnci neredeyse kirli balastın kesme değerine denk gelmektedir.

Balast kirliliği, balastın yol platformunda taşıma gücünü, balast iç sürtünme direncini düşüren bir etken olup balastın teknik ömrünü kısıtlayan önemli bir kriterdir.

Balast kaynaklı kirlilik sebepleri incelendiğinde, balast seçiminin kirlenmeye etkisinin büyük olduğu gözlenmektedir. Bu yüzden aşınmaya karşı direnci yüksek kayaların seçiminin, balast özelliklerini daha uzun süre boyunca koruyacağından, kullanım ömrü artacak ve bunun yanı sıra yol hat bakım masrafları azalacaktır. Selig ve Water (1994) yaptığı çalışmalarda balast kirliliği sebepleri olarak,

- Balastlamadan sonra ince maddeler,
- Havadan gelen tortular,
- Taşımacılıktan gelen tortular (kömür, maden cevheri, vb.),
- Alt zeminden gelen ince maddeler,
- Balast altı malzemesinden gelen parçalar,
- Zararlı bitki tortuları,
- Trafik yükü altında sürtünen parçacıklardan gelişen ince maddeler,
- Buraj ile sürtünen parçacıklar,
- Travers parçalanmaları olarak sınıflandırmışlardır.

Balast altı malzeme; balast ile dolgu malzemesi arasına serilen, balast tarafından aktarılan yüklere dayanabilen ve alt temele aktarabilen, genellikle maksimum dane çapı 35 mm olan belirli bir gradasyona sahip doğal kayalardan (bazalt, diyabaz, granodiyorit ve gabro) üretilen kırmataş (agrega) ve tozunun (filler) optimum su içeriğinde yüksek enerjiyle sıkıştırılarak oluşturulan bir yol üst yapı (plant-mix) malzemesidir (Şekil 2.6.).



Şekil 2.6. Balast altı malzeme ve yol güzergâhına serimi (Bezgin, 2017)

Balast altı olarak kullanılacak malzemelerde TCDD Subbalast_Teknik_Şartname (2016) gereği istenilen fiziksel özellikler olarak;

- Los Angeles aşınma dayanımı LA < % 24 olacaktır (AASHTO-T-96, 2006; TS-EN-1097-2, 2010b)
- Maksimum dane çapı 25 mm olacaktır. (AASHTO-T-88, 2013).
- İnce malzeme oranı (< 0.075 mm) % 12'den az olacaktır.
- Yassılık Endeksi % 28'den küçük olacaktır (TS-EN-933-3, 2012).
- Don Kaybı (Na₂SO₄) % 25'den az olacaktır (ASTM-C-88, 1999).
- Geçirgenlik katsayısı 5×10^{-5} m/sn'den küçük olacaktır (ASTM-D-2434, 2000).
- Terzaghi filtre kriterini sağlayacaktır.
- Organik madde ve Sülfat içeriği % 0,2'den az olacaktır (TS-EN-1744-1, 2013).
- Uniformluluk katsayısı (Cu) % 15'den büyük olacaktır (ASTM-D-2487, 2017).
- Kil toprakları < % 2'den az olacaktır (ASTM-C-142, 2017).
- Likit limit % 25' den az olacaktır (AASHTO-T-89-90, 2013).
- Plastisite, ince malzeme oranına göre değişim göstermektedir (Çizelge 2.5).

Çizelge 2.5. Plastisite sınırları

% 0.1-3	PI<8
% 3- 5	PI<7
% 5-8	PI<6
% 8-11	PI<5

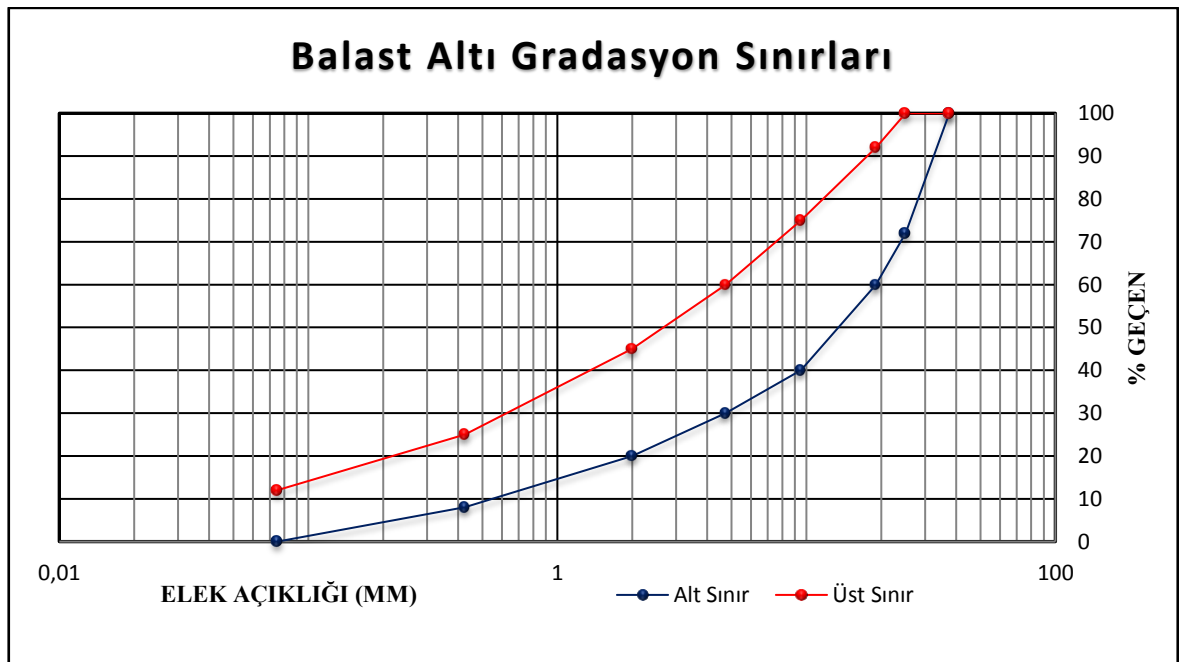
Balast altı malzemesi balast ve hazırlanmış tabanı ayırıcı özelliğe sahip olmalıdır. Balast altı malzemesinin gradasyonu, aşağıda belirtilen 2.1 ve 2.2 formülleriyle hesaplanan filtre kriterini sağlamalıdır (Çizelge 2.6. ve Şekil 2.7.).

$$D_{15} (\text{filtre}) \leq 5 \times D_{85} (\text{korunacak malzeme}) \quad (2.1)$$

$$D_{50} (\text{filtre}) \leq 25 \times D_{50} (\text{korunacak malzeme}) \quad (2.2)$$

Çizelge 2.6. Subbalast_Teknik_Şartname (2016) gradasyon değerleri

Elek Boyutu (mm)	% Geçen
37.5	100
25	72 -100
19	60- 92
9.5	40-75
4.75	30-60
2.00	20-45
0.425	8-25
0.075	0-12

**Şekil 2.7.** Subbalast_Teknik_Şartname (2016) gradasyon sınırları

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Arazi Çalışmaları

İklim durumuna göre yapılan arazi çalışmaları ile çalışma konusunu oluşturan Evciler Bazaltının yanal ve düşey yönde yapısal/ dokusal özelliklerine göre sınırları net olarak ortaya konularak ve volkano-stratigrafik durumu belirlenmiştir.

Yapı ve dokusunda değişim görülen farklı zonlardan petrografik, jeokimyasal ve fiziko-mekanik deneyler için yanal/düşey yönde numuneler alınmıştır.

3.2. Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmaları kapsamında; araziden toplanan örneklerden TCDD DATEM Jeoteknik Mühendislik Hizmetler Müdürlüğü laboratuvarlarına bloklar halinde her üç zona ait örnekler alınmış ve değişik dane boyutunda numuneler elde edilmiştir.

Şartnamelerde istenilen deneylerle ilgili standart, tez ve makaleler incelenmiş, deneylerde görülen değişimlerin sonuçlara olan etkisi değerlendirilmiştir.

3.2.1. Kayaçların mineralojik, petrografik ve jeokimyasal incelemeleri

Kayaçlar, arazide mostradan renk ve doku olarak sınırları ayrılarak üç zona bölünmüştür. Her zondan derlenen kayaçların mineral içerikleri, dokusu, alterasyonları ve diğer petrografik özelliklerini ortaya koymak amacıyla standartlara uygun ince kesitler elde edilerek mineralojik ve petrografik özellikler ortaya konulmuştur. Kayaç adlama ve tanımlamaları petrografi esasları ve aşağıda belirtilen standartlardan TS-EN-12407 (2013) ve TS-5694-EN-12670 (2004) standartları dâhilinde yapılmıştır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Petrografik isimlendirme standartları

Standart No	Standart Adı
TS-EN-10088-EN-932-3 (1997)	Basitleştirilmiş petrografik tanımlama için işlem ve terminoloji
TS-EN-12407 (2013)	Doğal Taşlar. Deney metotları. Petrografik inceleme
TS-5694-EN-12670 (2004)	Doğal taşlar - Terimler ve tarifler
TS-EN-ISO-14689 (2018)	Geoteknik etüt ve deneyler - Kayaçların tanımlanması, tarif edilmesi ve sınıflandırılması
TS-10282 (1992)	Magmatik kayaçlar - Mineralojik - Petrografik tayin metotları - Optik metot
ASTM-C-295 (1998)	Beton agregalarının petrografik incelenmesi için standart kılavuz

Bu çalışmada incelenen kayaçların jeokimyasal özelliklerini ve bozunma/alterasyon indeksini ortaya koymak amacıyla, Asan (2014) tarafından elde edilen veriler kullanılmıştır. Bozunma/alterasyon durumlarını belirlemek için Nesbiit H.W. (1982) CIA (Chemical Index of Alteration) formülü (3.1) kullanılmıştır.

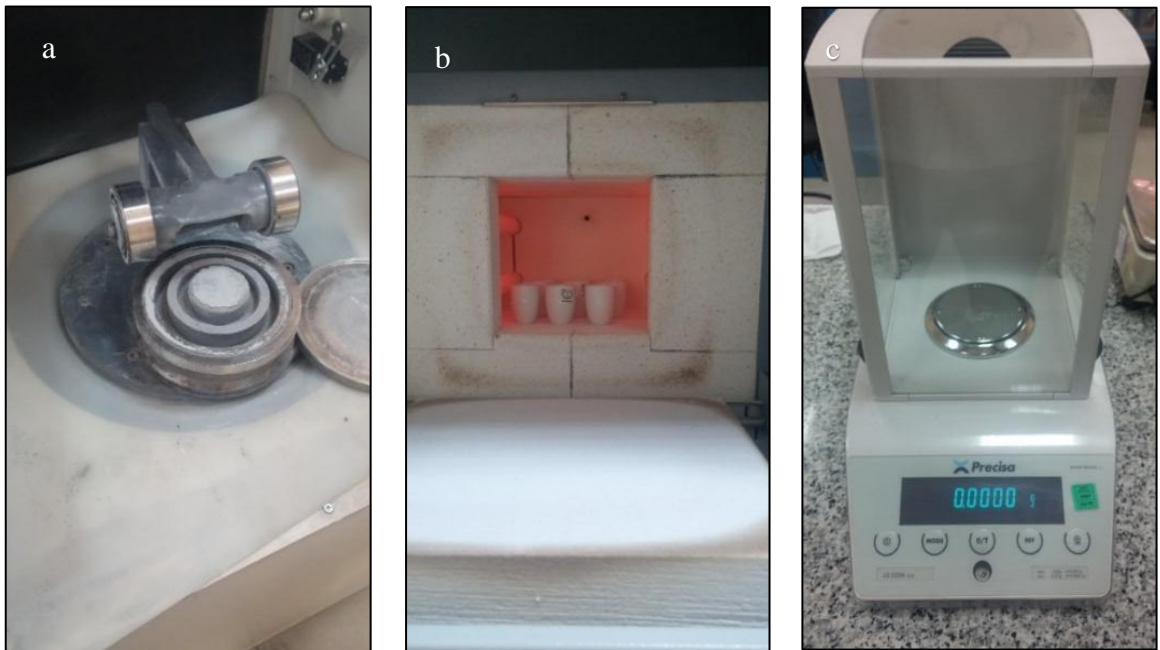
$$CIA = \frac{Al_2O_3 + K_2O}{Al_2O_3 + K_2O + CaO + Na_2O} \times 100 \quad (3.1)$$

Bu çalışmada ayrıca ASTM-D-7348 (2008) standardına göre deneysel ateşte kızdırma kayıp miktarları ölçülmüş ve kayaçların bozunma derecesi değerlendirilmiştir. Ateşte kayıp miktarının tespiti su içeriğinden arındırılmış 250 mikrondan geçen, 1 gr kayaç numunesi 950 °C’de ısıtılarak kütle kaybının bulunması şeklinde yapılmıştır (Şekil 3.1.). Tartılan ağırlıklar 3.2.’deki bağıntı kullanılarak ateşte kayıp oranları bulunmuştur.

$$LOI = \left[\frac{(W - B)}{W} \right] \times 100 \quad (3.2)$$

W= Numune ağırlığı (gr)

B= 750 veya 950 C’den sonra kalan kütle (gr)



Şekil 3.1. Ateşte kızdırma kaybı deney aletleri a) halkalı öğütücü, b) kül fırını, c) hassas terazi

3.2.2. Mekanik ve fiziksel deneyler:

Kayaçlardan standartlara uygun elde edilen deney numuneleri üzerinde, TCDD bünyesinde yürürlükte olan şartnamelerden (Balast_Teknik_Şartname (2016) ve Subbalast_Teknik_Şartname (2016)) ocak numuneleri için istenilen deney kısımları, TCDD Jeoteknik Hizmetler Müdürlüğü Agregada Laboratuvarı bünyesinde yapılmıştır.

Demiryolu balast ve agregada deneyleri için (TS-7043-EN-13450/AC, 2004), doğal kayaçlar için ise (TS-699, 2009) standardı temel alınmış ve deney numuneleri bu standartların dâhilinde hazırlanarak deneye tabi tutulup değerlendirilmiştir. Deneyler için kullanılan standartların istediği özellikler ve deney yöntemleri açıklanmış ve ayrıca ISRM (2006) ve alternatif ASTM metotlarından bahsedilerek numune ve deney süreçleri kıyaslanmıştır. Deneyler haricinde standardı bulunmayan dijital görüntü analizi programı kullanılarak incelemeler yapılarak ilgili deney yöntemi ile karşılaştırılmıştır.

3.2.2.1. Gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik tayini

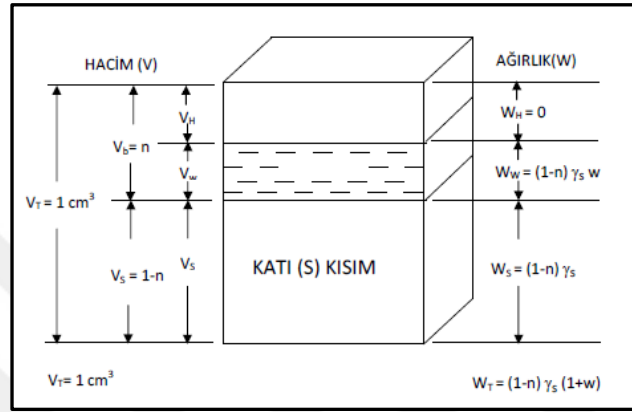
Doğal kayaçlar için dayanımı etkileyen en önemli parametrelerden biri olan yoğunluk ve gözeneklilik deneyi Çizelge 3.2.' deki standart ve yöntemlerle yapılabilmektedir.

Çizelge 3.2. Gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik tayini için standartlar

Standart No	Standart Adı
TS-EN-1936 (2010)	Doğal taşlar - Deney yöntemleri - Gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik tayini
ASTM-C-29 (2017)	Toplu Yoğunluk ("Birim ağırlık") ve agregadaki boşluklar için standart test yöntemi
ISRM (2006)	ISRM Kaya karakterizasyonu test ve gözlemi için önerilen yöntemler
AASHTO-T-19 (2000)	Birim hacim yoğunluk ("Birim ağırlık") ve agregadaki boşluklar için standart test yöntemi
AASHTO-T-84 (2008)	İnce agregada özgül ağırlık ve su emme
AASHTO-T-85 (2014)	İri agregada özgül ağırlık ve su emme

ISRM (2006) kayaçlardaki dokusal boşlukların kayacın dayanımını düşürdüğünü ve deformasyonlarını arttırdığını vurgulamaktadır. Düşük hacimde boşluk değişimlerinin bile mekanik davranışlarında hissedilebilir değişimler oluşturacağını beyan etmektedir.

Kayaçtaki gözeneklilik sadece kontrol edilmesi gereken bir parametre olmaktan çok, kayaçlar için kullanılacak temsili numuneleri oluşturan minerallerin tane büyüklüğü ve gözenekliliğine göre deney numunesi boyut ve adet sayısı seçiminde de kullanılması gerekmektedir. Balast için kayaçlardaki gözeneklilik kriterleri, balast altı malzeme için ise zemindeki boşluk oranı kriterlerinin kullanılması ve değerlerinin kontrol edilmesi gereklidir. Kayaç ve zeminlerde Şekil 3.2' deki birim faz diyagramından yola çıkılarak elde edilen formüller Çizelge 3.3.' de verilmiştir.



Şekil 3.2. Birim faz diyagramları (Erguvanlı, 1973.)

Çizelge 3.3. Birim faz diyagram formülleri

Boşluk Oranı (e)	-	$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{n}{100 - n}$	(3.3)
Özgül Ağırlık (d)	-	$d = \frac{\rho}{\rho_w}$	(3.4)
Kuru Özgül Ağırlık (d_d)	-	$d_d = \frac{\rho_d}{\rho_w}$	(3.5)
Doygun Özgül Ağırlık (d_{sat})	-	$d_{sat} = \frac{\rho_s}{\rho_w}$	(3.6)
Göreceli Dane Yoğunluğu (ρ_s)	-	$d_s = \frac{\rho_s}{\rho_w}$	(3.7)
Su İçeriği (w)	%	$w = \frac{M_w}{M_s} * 100$	(3.8)
Doygunluk derecesi (S_r)	%	$S_r = \frac{V_w}{V_v} * 100 = \frac{100 * w * \rho_d}{n * \rho_w}$	(3.9)
Gözeneklilik (n)	%	$n = \frac{V_v}{V} * 100$	(3.10)
Yoğunluk (ρ_s)	kg/m ³	$\rho_s = \frac{M_s + M_v}{V} = \left(1 + \frac{W}{100}\right) * \rho_d$	(3.11)
Kuru Yoğunluk (ρ_d)	kg/m ³	$\rho_d = \frac{M_s}{V}$	(3.12)
Doygun Yoğunluk (ρ_{sat})	kg/m ³	$\rho_{sat} = \frac{M_s + V_v * \rho_w}{V}$	(3.13)
Dane Yoğunluğu (ρ_s)	kg/m ³	$\rho_s = \frac{M_s}{V_s}$	(3.14)
Birim Hacim Ağırlık (γ)	N/m ³	$\gamma = \rho * g$	(3.15)

Kayaçlarda TS-EN-1936 (2010) standardına göre yoğunluk ve gözeneklilik değerlerinin bulunması için gerekli formüller verilmiştir (Çizelge 3.4). Bu konuda yapılan literatür çalışmalarında görülen en büyük sorunlardan biri, çalışmalarda aynı deneyler ve isimlendirmeler için standartlarda değişik isimler verilmesi ve kısaltmalarındaki farklı karakterlerin kullanılması olarak görülmektedir.

Çizelge 3.4. Gerçek ve görünür yoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik tayini formülleri

Açık Gözenek Hacmi (V_0)	mL	$V_0 = \frac{m_s - m_d}{\rho_{rh}} * 1000$	(3.16)
Görünür Hacim (V_b)	mL	$V_b = \frac{m_s - m_h}{\rho_{rh}} * 1000$	(3.17)
Görünür Yoğunluk (ρ_b)	kg/m ³	$\rho_b = \frac{m_d}{m_d - m_h} * \rho_{rh}$	(3.18)
Açık Gözeneklilik (P_0)	%	$\rho_0 = \frac{m_s - m_d}{m_s - m_h} * 100$	(3.19)
Gerçek Yoğunluk (ρ_r)	kg/m ³	$\rho_r = \frac{m_e}{m_2 + m_d - m_1} * \rho_{rh}$	(3.20)
Toplam Gözeneklilik (P)	%	$\rho = (1 - \frac{\rho_b}{\rho_r}) * 100$	(3.21)

Kütle hacmi olarak ise ISRM (2006)' ye göre kayaçlarda kayacın ve deneyin özelliğine göre aşağıdaki yöntemler kullanılabilir;

- Caliper metodu,
- Buoyancy metodu,
- Civa yer değiştirme metodu,
- The Washburn - Bunting metodu
- Su yer değiştirme metodu.
- Boyle kanunu metodu

Kayaçlardan düzgün hazırlanmış prizma ve silindirik numunelerde, Caliper metodu için yapılan ölçümlerde 0,1 milimetreden daha hassas birçok ölçüm yapılmalı ve bunların ortalamaları kullanılmalıdır.

Parçalanabilen veya şişen kayaçlar haricinde düzenli veya düzensiz örneklerde Buoyancy metodu kullanılabilir. Buoyancy metodunda, parafin veya su geçirmez bir malzemeyle kaplanan numuneler Arşimet terazisi kullanılarak suya batırılır. Burada doygun yüzey kurusu ile doygun batık örnekler arasındaki farktan örneklerin kütle hacimleri hesaplanabilir. Agregada için kullanılan standartlarda bu prensip sıkça kullanılır.

Standart kalibre edilmiş bir küre ya da silindir içerisine konulan sıvı sayesinde kayaç numunelerinin gözenekliliklerinin tayini yapılabilmektedir. Civa veya su dolu kap içerisine bandırılan numune civanın veya suyun hacminin yer değiştirmesini sağlar.

Kayaçlar içerisindeki boşluk hacmini bulmak için doyurma metodu ve The Washburn- Bunting metodu kullanılmaktadır. Doyurma yöntemi prensibinde, suda bekletilen numuneler üzerinde yüzey kuruluğu sağlandıktan sonra tartılarak ağırlıkları bulunarak etüv kurusundan çıkarılıp suyun birim ağırlığına bölünerek hesaplanır.

The Washburn - Bunting yönteminde, yüksek gözenek oranına sahip numuneler üzerinde etüv kurusu ağırlığına getirilen numuneler basıncı düşürülen civa kullanılarak boşlukların civa ile dolması ve boşluktaki havanın uzaklaşması sağlanır. Kap içerisindeki basınç atmosfer basıncıyla eşitlendikten sonra kalibreli bir tüpten ne kadar civa kullanıldığı direkt olarak bulunabilir.

Kayaçlar içerisindeki tane hacminin bulunması için Boyle kanunu metodu ve ufalama metodu kullanılır. Boyle kanununda basınçlı gaz dolu bir kap kullanılır, kap içerisinde numune varken ve boşken basınçlandırılarak ölçülen basınç değerleri arasındaki fark hesaplanır. Ufalama metodunda ise etüv kurusunda toz haline getirilen numunelerden elde edilen test numunesinden su kullanılarak tane hacmi hesaplanır. Hesaplanan tane hacminden kütle hacmi arasındaki fark bize boşluk hacmini verir.

Kayaçlar üzerinde boşluk oranı, gözeneklilik ve özgül ağırlık tayini TS-EN-1936 (2010) standardı kapsamında yapılmıştır. TS-EN-1936 (2010) standardına göre deneyin yapımı için kaya numunesini temsil edecek şekilde karot numuneler hazırlanarak deneye tabi tutulmuştur.

Açık gözeneklilik ve görünür yoğunluk için; her bir numune tartılıp (m_d), vakum kabına yerleştirilmiş ve basınç kademeli olarak ($2,0 \pm 0,7$) kPa = (15 ± 5) mm Hg'ye indirilmiştir. Tüm numuneler su içerisine konulduktan sonra kap atmosfer basıncına getirilerek (24 ± 2) saat süreyle bekletilmiştir. Sonra her bir numune; su içerisinde tartılarak kütlesi kaydedilmiştir (m_h). Hızlı şekilde bir bezle kurulanıp suya doymuş numunenin kütlesi (m_s) tayin edilmiştir.

Piknometre yöntemi; görünür yoğunluk ve açık gözenekliliğin tayin edilmesinden sonra, numuneler 0,063 mm göz açıklıklı elekten geçecek şekilde öğütülmüştür. Numuneler sabit kütleyle gelinceye kadar kurutulup yaklaşık 10 g'lık bir kütle (m_e) \pm 0,01 g yaklaşımla tartılmıştır. Piknometre yarısına gelinceye kadar deiyonize su ile doldurulup numune konulup ve katı maddenin dağılması için sıvı çalkalanmış ve sonrasında piknometre deiyonize su doldurulmuş ve tıraşlı bir kapakla kapatılarak taşan su yavaşça kurulanmıştır. Piknometre \pm 0,01 g doğrulukla tartılarak (m_1) boşaltılıp yıkanmış, yalnızca deiyonize su ile doldurulup \pm 0,01 g doğrulukla tartılmıştır (m_2).

3.2.2.2. Su emme oranı ve tane yoğunluğu:

Su emme oranı, agregaların yüzeyinde ve boşlukları bünyesinde suyu tutabilme oranı olarak, ağırlıkça ve hacimce yapılabilen bir fiziksel parametredir. Tane yoğunluğu kayaçlarda şekilli numunelerden ağırlık ve boyut ölçümlerinden faydalanılarak yapılabilirken agregalarda genellikle numunelerin Arşimet yasasına göre taşıma ve suyun kaldırma özelliğinden yararlanılarak yapılan bir deneydir.

Su emme ve tane yoğunluğu deneyi ayrı birer deney olmasına rağmen yapım aşamaları benzer olduğundan ve tane yoğunluğu deneyi yapılırken bulunan parametrelerden hesaplanabildiğinden standartlarda genellikle beraber verilmiştir. Bu yüzden tez aşamasında birlikte değerlendirilmiştir.

Kayaçlarda ve agregalarda su emme ve tane yoğunluğu aşağıda maddeler halinde verilen fiziksel parametrelere bağlıdır;

- Mineral içeriğine,
- Yapı ve doku ilişkisine,
- Çatlak / fissür yapılarına,
- Boşluk oranı,
- İkincil dolgular,
- Efektif gözenekliliğine ve geçirimsizliğine,
- Tane boyutuna,
- Suyun saflığı ve sıcaklığına,
- Deney öncesi etüvlenmesine,
- Kayaçtaki alterasyonların varlığı ve dağılımına

Balast ve balast altı tane boyutunda hazırlanan numuneler üzerinde Çizelge 3.5. 'den TS-EN-1097-6 (2013) standardı su emme deneyleri ve karot numuneleri üzerinde TS EN 13755 standardı kullanılarak atmosfer basıncında su emme deneyleri yapılmıştır.

Çizelge 3.5. Su emme standartları

TS-EN-1097-6 (2013)	Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler - Bölüm 6: Tane yoğunluğunun ve su emme oranının tayini
TS-EN-13755 (2014)	Doğal taşlar – Deney metotları-Atmosfer basıncında su emme tayini
ASTM-C-128 (2007)	İnce agrega yoğunluk, bağıl yoğunluk (Spesifik yerçekimi) ve absorpsiyon için standart test yöntemi
AASHTO-T-19 (2000)	Birim hacim yoğunluk ("Birim ağırlık") ve agregadaki boşluklar için standart test yöntemi
AASHTO-T-84 (2008)	İnce agrega özgül ağırlık ve su emme için standart test yöntemi
AASHTO-T-85 (2014)	İri Agrega Özgül Ağırlık ve su emme için standart test yöntemi

Balast agregasının su emme oranının belirlenmesinde TS-7043-EN-13450/AC (2004) standardı (TS-EN-1097-6, 2013) standardının Ek- B maddesine atıf yapmaktadır. Bu yöntemde; 150- 350 gram aralığında 40- 63 milimetre boyutunda en az 10 adet numune seçilmiştir. Seçilen numuneler kopabilecek kısımlarından yıkanılarak uzaklaştırılmıştır. Numuneler sepetten en az 5 cm yukarıdaki su seviyesi altında suda değişmez kütleyle getirilene kadar (> 48 saat) su emme tankında bekletilerek suya doymun hale getirilmiştir (Şekil 3.3.a.). Suya doymun numuneler Arşimet terazisinde tartılarak sudaki ağırlığı kayıt edilmiştir (Şekil 3.3.b.). Numunelerin yüzeyi kuru bezlerle kurutularak yüzeyi kurutulmuş ağırlığı tartılıp 110 ± 5 °C sıcaklıkta değişmez sabit kütleyle gelinceye kadar etüvlenerek (> 24 saat) numunelerin etüv kurusu ağırlığı tespit edilip 3.22 ve 3.23' deki formüllerle hesaplamaları yapılmıştır.

$$\rho_{cm} = \frac{M_3 \times \rho_w}{M_1 - M_2} \quad (3.22)$$

$$WA_{cm} = \frac{(M_1 - M_3)}{M_3} \times 100 \quad (3.23)$$

ρ_w M_2 tayin edildiğinde kaydedilen sıcaklıktaki suyun yoğunluğu (Megagram / metreküp),

M_1 : Doymun ve yüzeyi kurutulmuş deney numunesi kısmının kütlesi (g),

M_2 : Doymun deney numunesi kısmının sudaki görünür kütlesi (g),

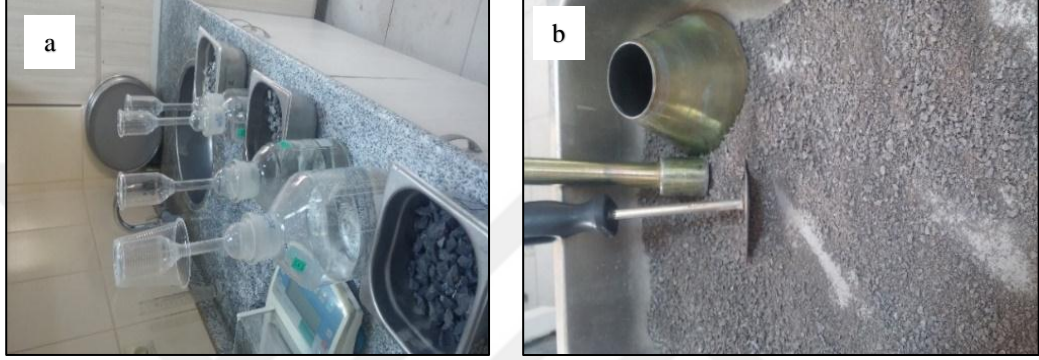
M_3 : Etüvde kurutulmuş deney numunesi kısmının kütlesi (g) dir.

Tane yoğunluğu değerleri $0,01 \text{ Mg/m}^3$ yaklaşımla, su emme oranı değerleri ise % $0,1$ yaklaşımla ifade edilir.



Şekil 3.3.a) Su emme tankı b) Arşimet terazi düzeneği

Balast altı olarak hazırlanan numunelerde TS-EN-1097-6 (2013) piknometre metodu (0,063 - 4 ve 10 - 14 mm) uygulanmıştır. Piknometre metodunda hacmi ve ağırlığı hesaplanan cam piknometrelere 0,063 mm elekten yıkanılarak hazırlanan numuneler konulup 24 saat bekletilmiştir (Şekil 3.4.a). Numunenin su dolu piknometre + numune ağırlığı ve Abraham konisi kullanılarak yüzey kurusu ağırlığı tartılmıştır (Şekil 3.4.b). Daha sonra 110 ± 5 ° C sıcaklıkta sabit kütleye kadar etüvde kurutulan numuneler tartılarak etüv kurusu ağırlığı bulunmuştur.



Şekil 3.4. a) Piknometre seti b) Abraham konisi ve tokmağı

Formüllerde (3.24, 3.25, 3.26, 3.27.) verilen bağıntılarla tane yoğunlukları (ρ_a , ρ_{rd} ve ρ_{ssd}) ve su emme değeri (WA_{24}) bulunabilir.

$$\rho_a = \rho_w * \frac{M_4}{M_4 - (M_2 - M_3)} \quad (3.24)$$

$$\rho_{rd} = \rho_w * \frac{M_4}{M_1 - (M_2 - M_3)} \quad (3.25)$$

$$\rho_{ssd} = \rho_w * \frac{M_1}{M_1 - (M_2 - M_3)} \quad (3.26)$$

$$WA_{24} = \frac{(M_1 - M_4)}{M_4} * 100 \quad (3.27)$$

M_1 : Doygun ve yüzeyi havada kurutulmuş agreganın kütlesi (g),

M_2 : Doygun agreganın numunelerini ve su içeren piknometrenin kütlesi (g),

M_3 : Yalnızca su ile doldurulmuş piknometrenin kütlesi (g),

M_4 : Etüvde kurutulmuş deney numunesi kısmının havadaki kütlesi (g),

ρ_w : M_2 tayin edildiğinde kaydedilen sıcaklıktaki su yoğunluğu, megagram/metreküptür. Tane yoğunluğu değerleri raporlamada, 0.01 Mg/m^3 , su emme oranı değerleri ise % 0.1 yaklaşımla ifade edilir.

3.2.2.3. Los Angeles deney yöntemiyle parçalanma değerinin tayini:

Yüzey sürtünmesinin balastta belirli bir değerin altına düşmemesi için, dayanımı yüksek kırılmış agregadan olması, keskin yüzeyler vermesi, yüzey pürüzlülüğünün yüksek olması gibi özellikler aranır. Bu nedenle yol agregalarının yüzey dayanımının kontrolü için Los Angeles gibi aşınma ve parçalanma deney yöntemleri geliştirilmiştir.

Los Angeles standart yöntemi, dünyada değişik disiplinlerde kullanılan yaygın bir metot olup en çok kullanılan metot ve standartlar aşağıda verilmiştir (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6. Los Angeles deneyi için agregalarda yaygın kullanılan deney standartları

Standart No	Standart Adı
TS-EN-1097-2 (2010a)	Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler – Bölüm 2: Parçalanma direncinin tayini için yöntemler
TS-699 (2009)	Doğal yapı taşları - İnceleme ve laboratuvar deney yöntemleri- Darbeli aşınma deneyi (Los-Angeles Metodu)
(ASTM-C-131, 1996)	Küçük boyutlu kaba agregaların Los Angeles cihazında aşınma ve parçalanmaya karşı direnci için standart test yöntemi
ASTM-C-535 (2003)	İri boyutlu kaba agregaların Los Angeles cihazında aşınma ve parçalanmaya karşı direnci için standart test yöntemi
ISRM (2006)	ISRM Kayaç karakteristikleri test ve gözlemleri için öneriler
AASHTO-T-96 (2006)	Küçük boyutlu kaba agregaların Los Angeles cihazında aşınma ve parçalanmaya karşı direnci için standart test yöntemi

Kayaçların parçalanmaya karşı dayanımları, yüzey sertliğine, mineral parajenezine, alterasyon durumuna, yapı ve doku özelliklerine göre değişim sunmaktadır.

Los Angeles deney aleti ölçüleri standartta verilen bir tambur ve kapağından oluşmaktadır (Şekil 3.5.a). Los Angeles deneyi için standart bünyesinde değişik dane boyutunda numuneler kullanılabilir (Şekil 3.5.b).

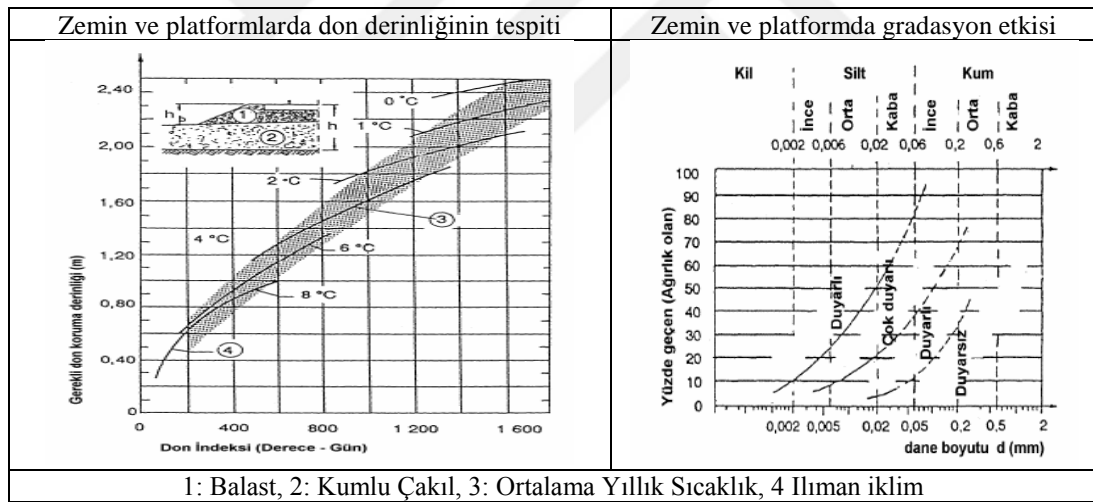


Şekil 3.5.a) Los Angeles cihazı **b)** Balast boyutu numuneler

3.2.2.4. Donmaya ve çözünmeye karşı dayanım deneyleri:

Tabiatta doğal ve yapay malzemeler üzerinde, fiziksel ayrışmalardan en önemli kısmını oluşturan etki, ısı farklılıklarından malzemelerin parçalanması olayıdır. Kaya, agrega, beton, çimento, asfalt vb. yapı malzemelerinde don etkisinin malzeme stabilitesi üzerinde olumsuz etkileri olmaktadır. Bu yüzden bu olayın mühendislik yapıları için, kullanılan malzeme üzerinde etkisinin tespiti önem kazanmaktadır. Agregalarda don etkisine karşı dayanımın tespiti, indeks parametrelerden birini oluşturmaktadır.

Don etkisi özellikle balast olarak kullanılan agregalarda bağlayıcı malzeme bulunmaması, atmosferik şartlara direkt maruz kalması yüzünden ısı ve sıcaklık etkisiyle mekaniksel olarak parçalanmasına sebebiyet vermektedir. Zemin ve platformlarda ise malzemenin içerisinde bulunan serbest haldeki suların zemin ve platformu oluşturan malzeme gradasyonuna göre donma sonucu hacim genleşmelerine bağlı olarak kabarmalarına sebep vermektedir (Şekil 3.6.).



Şekil 3.6. UIC R 719 Dona dayanım derinlik ve gradasyon kriterleri (Tutlumtaş ve Şahin, 2008)

Donma çözülme dolaplarında standartlar gereği, genelde sadece sıcaklık farkından kaynaklı parçalanma oluşurken, çözelti kullanılan don deneylerinin genel prensibi, tuzun solüsyon hale getirilerek kayacın bünyesine emdirilmesi ve suyun etüvde agrega bünyesinden uzaklaştırılarak tuz kristallerinin boşluk ve çatlak sistemlerinde kristalleşme enerjisiyle parçalanmasını sağlanmasıdır. Don deneyi için kullanılan çözeltiler yaygın olarak magnezyum ve sodyum sülfat çözeltileridir. Çözelti kullanılan dona dayanım deneyler kayacın su emme değerine ve çözelti çeşidine göre değişim gösterebilmektedir (Çizelge 3.8.).

Çizelge 3.8. Donma çözülme için agregalarda yaygın kullanılan deneyler ve standartları

Standart No	Standart Adı
TS-EN-1367-1 (2009)	Agregaların ısı ve bozunma özellikleri için deneyler - Bölüm 1: Donmaya ve çözülmeye karşı direncin tayini
TS-EN-1367-2 (2011)	Agregaların termal ve bozunma özellikleri için deneyler Bölüm 2: Magnezyum sülfat deneyi
TS-699 (2009)	Doğal yapı taşları - İnceleme ve laboratuvar deney yöntemleri
TS-EN-12371 (2011)	Doğal taşlar- Deney metotları- Dona dayanım tayini
ASTM-C-88 (1999)	Sodyum sülfat ya da magnezyum sülfat kullanımı ile agregaların sağlamlığı için standart test yöntemi
AASHTO-T-103 (2008)	Donma ve çözülme ile agrega dayanımı
AASHTO-T-104 (1999)	Sodyum sülfat ya da magnezyum sülfat kullanımı ile agrega dayanımı için standart test metodu

Balast numunesi için TS-EN-1367-2 (2011) Magnezyum Sülfat Don Kaybı ve numune boyutu için TS-7043-EN-13450/AC (2004) standart yöntemleri beraber uygulanır. Agregaların termal ve bozunma özelliğinin tespiti için, TS-EN-1367-2 (2011) standardı kapsamındaki numunelere balast için 31.5 - 50 mm, agrega için 10 – 14 mm, 5 – 6.3 mm ve 3.35 - 5 mm ve balast altı için ASTM-C-88 (1999) standardı kapsamında 9.5 - 19 mm boyutlarında deneyler yapılmıştır (Çizelge 3.9.).

Çizelge 3.9. MgSO₄ don deneyi TS ve ASTM farklılıkları

(ASTM-C-88, 1999)				(TS-7043-EN-13450/AC, 2004; TS-EN-1367-2, 2011)			
Elek Açıklığı (mm)			Kütlesi (g)	Elek Açıklığı (mm)			Kütlesi (g)
ÜST	ALT	SON		ÜST	ALT	SON	
9.5	4.75	4.0	300±5	0.6	0.3	0.3	105±5
19	9.5	8.0	1000±10 (330±5)	1.18	0.6	0.6	105±5
12.5	9.5		(670±10)	2.36	1.18	1.18	105±5
19	12.5			3.35	2.36	2.36	205±5
37.5	19	16.0	1500±50 (500±30)	5	3.35	3.35	205±5
25	19		(1000±50)	6.3	5	5	205±5
37.5	25			10	6.3	6.3	305±5
63	37.5	31.5	5000±300 (2000±200)	14	10	10	425±5
50	37.5		(3000±300)	20	14	14	615±15
63	50			28	20	20	815±15
				50	31.5	22.4	10000±100
				40	31.5		(5000±50)
				50	40		(5000±50)

Deney sonrasında yıkanılan numuneler BaCl çözeltisiyle kontrolü yapılarak etüvlenmiş ve oda sıcaklığına geldikten sonra 22.4 mm elekten elenerek tartılıp, formül 3.31.' deki yerine konularak %' de MS kayıp oranı hesaplanmıştır.

$$MS = \frac{100x(M_1 - M_2)}{M_1} \quad (3.31)$$

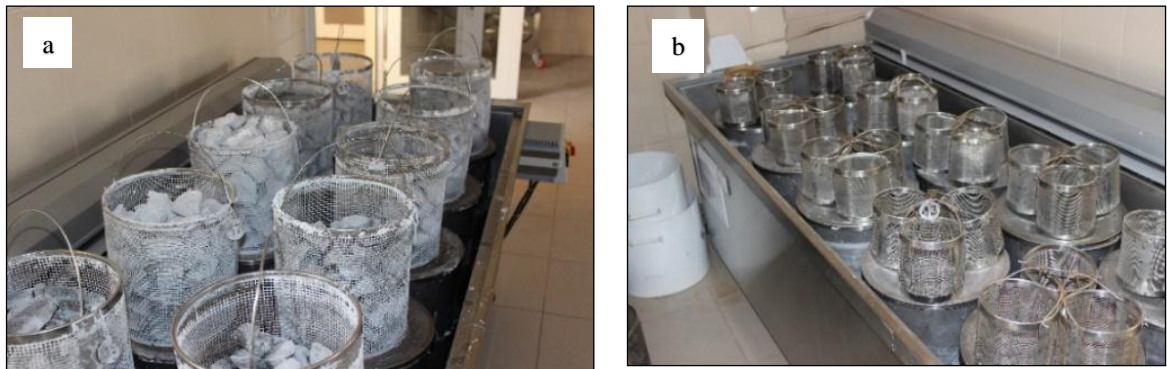
M_1 : Deney numunesinin ilk kütlesi (± 0.1 gram doğrulukla),

M_2 : Agrega boyutu için 10 balast boyutu için 22.4 milimetrelilik elekte kalan agreganın nihai kütlesi (± 0.1 gram doğrulukla)



Şekil-3.7. MgSO₄ don deneyi numune dane boyutları (a: balast, b: agrega)

TS-EN-1367-2 (2011) standardı kapsamındaki süreç; agregalar için 10 - 14 mm dane boyutundaki iki deney numunesi, doymuş magnezyum sülfat çözeltisine 5 kere, balast için 31.5 - 50 mm dane boyutundaki iki deney numunesi 10 kere daldırılıp ve takiben (110 ± 5) °C' de 24 saat etüvde kurutulmuştur (Şekil 3.7.a ve Şekil 3.7.b).



Şekil-3.8. MgSO₄ don deneyi çözelti süzdürme süreci (a: balast, b: agrega)

3.2.2.5. Nokta yükü dayanım indeksi tayini

Bu test yöntemi, kaya numunelerinin nokta yük dayanımı indeksini ($I_{s(50)}$) ve farklı eksenlerdeki yapılan nokta yük dayanımlarının en büyük ve en düşük değerlerinin oranı olan, nokta yük dayanımı anizotropi indeksini ($I_{a(50)}$) belirlemek içinde yapılabilir. Tek eksenli basınç testi ASTM-D-2938 (2005), kaya örneklerinin basınç dayanımını belirlemek için kullanılır, ancak numune hazırlama gerektiren zaman alıcı ve pahalı bir testtir. Ön ve keşif bilgisi için kapsamlı testler gerektiğinde nokta yükleme dayanım indeksi tek eksenli basınç değerini tahmin etmek amacıyla kullanılabilir.

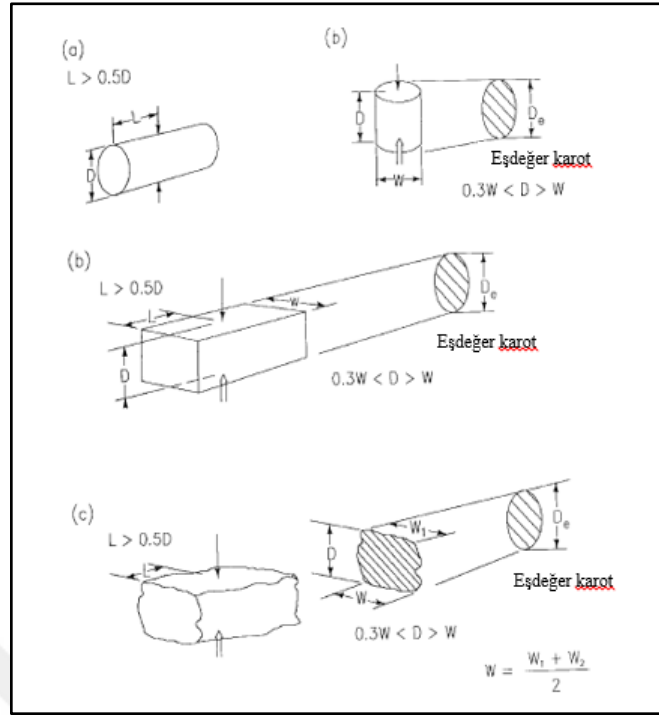
Nokta yükü dayanım deneyi, 15 MPa (2200 psi) üzerindeki basınç dayanımına sahip sert kayalarda, arazi ve laboratuvar ortamlarında yapılabilen, kayaç dayanımı hakkında bilgi veren ve yapılışı ile numune hazırlaması kolay, kaya sınıflamaları için kullanışlı indeks bir deneydir. Agregaların nokta yükü dayanımının tespiti için yapılan bu deney TS-699 (2009) standartları kapsamında yapılmış ve ASTM-D-5731 (2016) standardı ve ISRM (2006) direktiflerinden bahsedilmiştir (Çizelge 3.10.).

Çizelge 3.10. Nokta yükü dayanımı indeksi tayini için standartlar

Standart No	Standart Adı
TS-699 (2009)	Doğal yapı taşları – İnceleme laboratuvar ve deney yöntemleri
ASTM-D-5731 (2016)	Kayaç Yük Dayanımı İndeksinin Belirlenmesi İçin Standart Test Yöntemi ve Kaya Mukavemet Sınıflama Uygulaması
ISRM (2006)	ISRM Kaya karakterizasyonu, test ve izleme için hazırlanan önerilen yöntemler

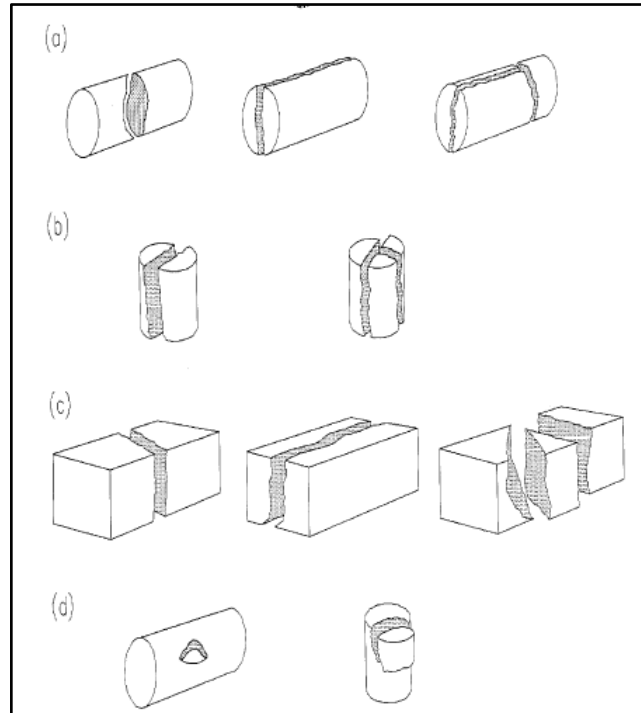
Kaya numuneleri karotlar, bloklar veya düzensiz şekilli örnekler olarak bu test yöntemi ile test edilebilir. Deneyde, şekilsiz numuneler yerine araziden alınan numunelerden elde edilen karot numunelere çapsal ve eksenel yönde deneyler yapılmıştır.

Kayaç örnekleri için, karot veya blok numuneleri test ederken en az 10 numune seçilmelidir. Başka yollarla elde edilen düzensiz şekilli örnekleri test ederken en az 20 örnek seçilir. Karot formundaki örnekler daha kesin bir sınıflandırma için tercih edilir. Numunenin dış boyutları, tercih edilen boyut yaklaşık 50 mm olacak şekilde 15 mm'den az ve 85 mm'den fazla olmayacaktır (Şekil 3.9.).



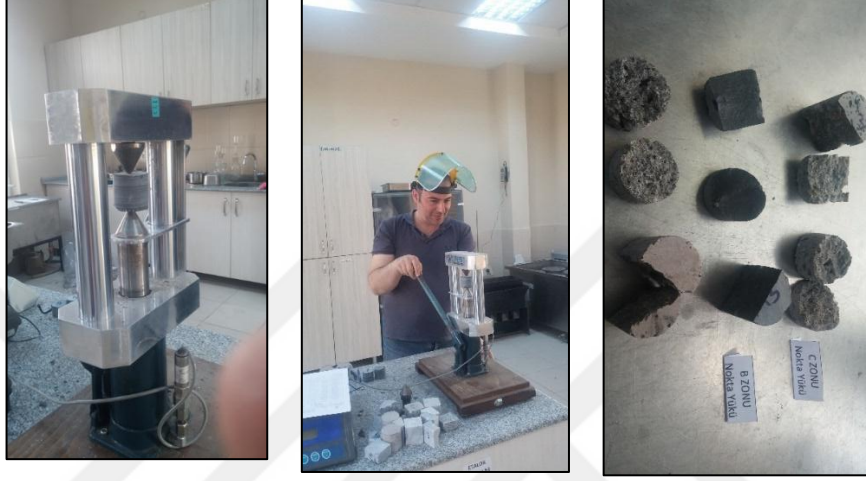
Şekil 3.9. Nokta yükü indeksi numune toleransları (ASTM-D-2938, 2005)

Düzensiz numuneler üzerinde eğer $L < 0.5 D$ den büyükse deney yapmak için örnek hazırlama gerekmez. Deneyin geçerli olması için kırılma şeklinin kontrolü örnek kırılmalarına göre yapılır ve kaydedilir (Şekil 3.10.).



Şekil 3.10. Nokta yükü indeksi kırılma kontrolü (ASTM-D-2938, 2005)

Nokta Yüğü Dayanımı Anizotropi Endeksi - Kayaçlarda anizotropik bir özellik varsa, deney sayısının artırılması gerekmektedir (Şekil 3.11.). Anizotropi düzlemlerine paralel ve dik olarak veya en büyük ve en küçük dayanım değerlerini verecek yönlerde test edilmelidir. Yüğü anizotropisi endeksi $I_{a(50)}$, zayıflık düzlemlerine dik ve paralel olarak ölçülen ortalama $I_{s(50)}$ değerlerinin oranıdır, yani en büyük ve en küçük yükün endekslerinin oranı olarak tanımlanır.



Şekil 3.11. Nokta yükleme cihazı numune yerleşimi ve deney sonu kırılmalar

Hesaplama

Düzeltilmemiş Nokta Yüğü Dayanım İndeksi 3.32’de verilen formülle hesaplanır:

$$I_s = P/De^2 \quad (3.32)$$

Burada:

P: Yenilme anındaki yüğü

D_e : Eşdeğer karot çapı (m)

$$D_e^2 = \text{Karotta } D^2, 4A/\pi$$

Bir kaya numunesinin düzeltilmiş nokta yüğü dayanım indeksi büyüklüğü, $I_s(50)$, $D=50$ mm olan bir çap testi ile ölçülecek olan I_s 'in değeri olarak tanımlanır.

$$I_{s50} = F \times I_s \quad (3.33)$$

$I_s(50)$ 'nin ortalama değeri, nokta yüğü dayanımı ve nokta yüğü dayanımı anizotropisi endekslerine göre örnekleri sınıflandırırken kullanılır. $I_s(50)$ 'nin ortalama değeri, 10 veya daha fazla en yüksek ve en düşük iki değeri geçerli testlerden silerek ve kalan değerlerin ortalamasını bulunarak hesaplanır. Az sayıda örnek test edilirse, sadece en yüksek ve en düşük değerler silinir ve ortalama kalanlardan hesaplanabilir.

3.2.2.6. Tek eksenli basınç dayanımı tayini

Kayaçların tek eksenli basınç dayanımı özellikle kaya kütesinin tanımlanması ve dayanım sınıflamaları için indeks bir deneştir. Tek eksenli basınç dayanımı deneyinden kayaçların içsel sürtünme açısı (Φ) ve kohezyonu (c) yaklaşık olarak bulunabilir.

Tek eksenli basma dayanımı (ISRM, 2006), basınç mukavemeti (TS-699, 2009), tek eksenli basınç dayanımı tayini (TS-EN-1926, 2013), basınç dayanımı (ASTM-D-2938, 2005) gibi isimlerde anılan bu deney yöntemi kaya kütle sınıflamaları ve kaya tanımlaması için günümüzde en çok tercih edilen bir deney yöntemidir (Çizelge 3.11.).

Çizelge 3.11. Tek eksenli basınç standartları

Standart No	Standart Adı
TS-699 (2009)	Doğal yapı taşları – İnceleme laboratuvar ve deney yöntemleri
TS-EN-1926 (2013)	Doğal taşlar - Deney yöntemleri - Tek eksenli basınç dayanımı tayini
ASTM-D-2938 (2005)	Sağlam kaya karot numunelerin tek eksenli basınç dayanımı için standart test yöntemi
ISRM (2006)	ISRM Kaya karakterizasyonu, test ve izleme için hazırlanan önerilen yöntemler

Deney kısaca belirli sayıda numunelere, yüzeylerinin mekanik olarak hazırlanmasından veya gerekiyorsa kaplama işleminden sonra bir deney cihazının tablasının merkezine konularak sabit bir hızdaki bir yükün kırılma oluşuncaya kadar devamlı arttırılarak uygulanması ve düzgün geometrik şekilli kaya örneklerinin tek yöndeki basma dayanımını 3.34’de verilen formüle göre ölçülmesidir.

$$R = \frac{F}{A} \quad (3.34)$$

R: Tek eksenli basınç dayanımı (MPa)

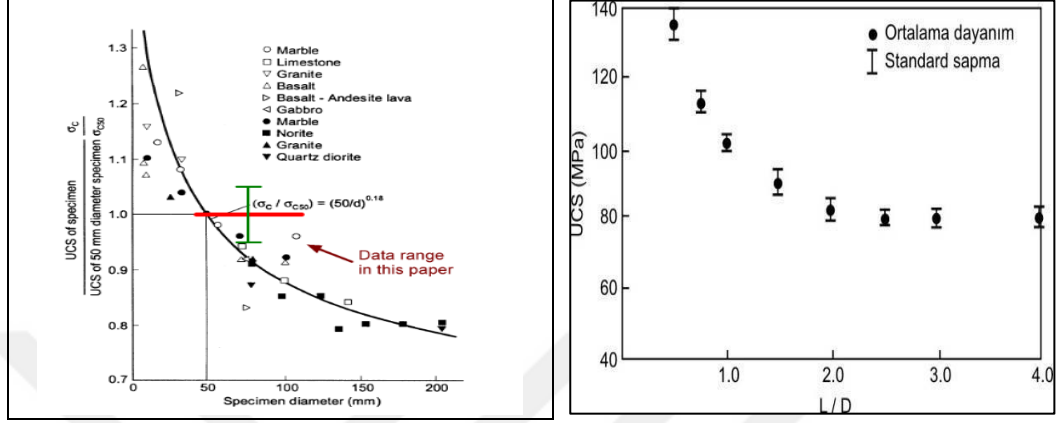
F: Tek eksenli kırılma yükü (N)

A: Kesit alanı (mm²)

Tek eksenli basınç deneyinin önceki çalışmalardan elde edilen veriler ışığında, tek eksenli değerini değiştiren etkenlerden birisi karot çapının genişliğidir (Şekil 3.13.a.). Tek eksenli değerlerinin bu yüzden D=50 mm için 3.35’ deki formül ile düzeltme yapılması gerekmektedir (Hoek E. ve Brown E.T., 1980).

$$\sigma_c / \sigma_{c50} = \left(50/d\right)^{0,18} \quad (3.35)$$

Tek eksenli basınç değerini yükselten diğer bir etken ise yükseklik/ çap (L/D) oran değişimi deney sonuçlarını (Şekil 3.12.b.) deki gibi etkilemektedir. Şekil incelendiğinde oranın iki katı veya fazla olması deneyin sonucunda çok az bir etki gösterirken, iki katından az olması kayacın tek eksenli basınç değerini yükseltmektedir.



Şekil 3.12. Karot çapı (a) ve L/D oranının (b) UCS sonuçlarına etkisi a) (Hoek E. ve Brown E.T., 1980), b) (Üzgün A. F. ve TUNCA Y E., 2017)

Numune sayısı bakımından irdelendiğinde ise TS-EN-1926 (2013) standardı homojen numunelerde en az 10 deney numunesi, ASTM-D-2938 (2005), TS-699 (2009) ve ISRM (2006) en az 5 deney numunesi istemektedir. Ayrıca TS-699 (2009) standardına göre anizotropi düzlemleri ve homojenlik sergilemeyen kayalarda numunelerin gerekli görülmesi dâhilinde gruplandırılmasını ve ayrı ayrı her grup için en az 5'er deney yapılmasını istemektedir.

Kayaçların serbest basınç dayanımının tespiti için yapılan bu deney TS-EN-1926 (2013) ve TS-699 (2009) standartları kapsamında yapılmıştır. Deneyde araziden getirilen kayaç bloklarından elde edilen karot numuneler kullanılmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13.a) Tek eksenli numune hazırlama, b) Deney sonrası numuneler

Basınç Dayanımı Tahmini için nokta yükü endeksi deneyinden yararlanılarak değişik kayaç guruplarında yapılan çalışmalar ve formülizasyonlar mevcuttur. TS-EN-1926 (2013) standardında formül 3.36 için “C” katsayısı olarak 22 değeri alınmıştır. Kesin numuneye özgü korelasyon faktörü “C” mevcut değilse, standarta verilen “C” değeri kullanılabilir

$$\delta_{uc} = C \times I_{S(50)} \quad (3.36)$$

Burada;

δ_{uc} = tek eksenli tahmini basınç dayanımı,

C= δ_{uc} ve $I_{S(50)}$ ve düzeltilmiş nokta yük dayanım indeksi arasındaki bölgeye özgü korelasyona bağlı faktörü.

3.3. Büro Çalışmaları

Yapılan deneylerin numune, standart ve sonuç değerlendirilmeleri, yol yapı malzemesi olarak kullanılabilirliği ile ilgili yöntemler ve hesaplarla değerlendirilmiş olup bu değerlendirmeler doğrultusunda arazi analizlerinden elde edilen bilgiler, deney sonuçları ve yapılan analizler değerlendirilerek proje metin yazım işlemi gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçları için genelde Excel çalışma kitapları kullanılarak değerlendirilmiştir. Dijital görüntüler üzerinde analizler İMAGE-J programı kullanılarak yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Araştırma Bulguları

4.1.1. Evciler Bazaltının saha özellikleri

Evciler Bazaltı yapı ve doku farklılıkları esas alınarak, arazide A, B ve C zonu olmak üzere üç zona ayrılmaktadır. Tüm inceleme alanı boyunca mostralardan alınan ölçümlere göre zon kalınlıkları; A zonu 60 - 130, B zonu 20 – 65 ve C zonu 30 - 120 santimetre aralıklarında ölçülmüştür (Şekil 4.1.).



Şekil 4.1. Evciler Bazaltı arazi görünümü

Evciler Bazaltının üst kısmını oluşturan A zonu makro olarak incelendiğinde rengi grimsi beyaz, kahverengi ve yeşilimsi gri tonlar sergilemektedir. Boşlukları rahatça gözle görülmekte ve 10 mm genişliğe yakın boşluklar içerebilmektedir. Boşluklarında herhangi bir yönlenme görülmezken birbiriyle bağlantılı boşlukların varlığı dikkat çekmektedir. Kayaçların boşluk oranının yüksek oluşu, yüzey şartlarına ve sularına daha fazla maruz kalması sebebiyle A zonuna ait kayaçalarda alterasyonlar ve yüzeysel dolgular oldukça fazla görülmektedir (Şekil 4.2.).



Şekil 4.2. Evciler Bazaltı A zonu makro görüntüleri

B zonuna ait kayalar A ve C zonlarına göre daha masif ve koyu renkli görünümündedirler. Renk olarak grimsi siyah renkler sunan B zonu, makro boyutta gözeneksiz görünüm sunmaktadır (Şekil 4.3.). B zonunun cam oranı değişim sunmakta ve cam oranı arttıkça daha koyu renkler görülmektedir.



Şekil 4.3. Evciler Bazaltı B zonu makro görüntüleri

Evciler Bazaltının alt kısmını oluşturan C zonu açık gri, kahverengimsi ve yeşilimsi gri tonlarda görülmektedir. C zonuna ait kayalar gözenekli bir yapı sergilemekte ve gözenekler birbiriyle genelde bağlantısız, kısmen ikincil minerallerle doldurulmuş ve zayıf-orta derecede yönlenebilir olarak bulunmasıyla A zonundan ayrılmaktadır. (Şekil 4.4.).



Şekil 4.4. Evciler Bazaltı C zonu makro görüntüleri

4.1.2. Evciler Bazaltının minerolojik, petrografik ve jeokimyasal özellikleri

A zonu vesiküler dokuya sahip olup yer yer amigdaloidal doku sergilemektedir (Şekil 4.5.a,b ve Şekil 4.6.a,b). Gaz boşlukları ikincil karbonat ve silis mineralleri ile doldurulmuştur. A zonu kayaçların gözenekleri, düzensiz geometri sunan, genelde birbiriyle bağlantılı yapıya sahip ve geçirimsizliği C zonuna göre yüksektir.

Olivinler hipidiyomorf kristalelere sahip olup, çoğunluğu kristal kenarları boyunca iddingsitleşme göstermektedir. Olivinler tek ve çift nikolde iddingsitleşmelere bağlı olarak kahverengimsi renkler sunmaktadır (Şekil 4.5.c ve Şekil 4.6.c) .

Klinopiroksenler genelde hipidiyomorf uzun prizmatik kristaller şeklinde ve temiz yüzeylere sahiptir (Şekil 4.5.d ve Şekil 4.6.d). Bileşimi klinopiroksen (ojit?) olup yer yer sektör zonlanması göstermektedir. Tek nikolde renksiz ve soluk yeşilimsi renkler gösterirken çift nikol girişim rengi olarak orta canlı renkler sunmaktadır.

Hamur mikrolitler ve volkanik camdan oluşmakta, boşluklu yapıya sahip olup boşluklarında ikincil mineralizasyonlar gözlenmektedir (Şekil 4.5.d ve Şekil 4.6.d). İkincil mineralizasyonlar olarak kil ve karbonat mineralleri bulunmaktadır.

A zonunun mineral içeriği yüzdeleri;

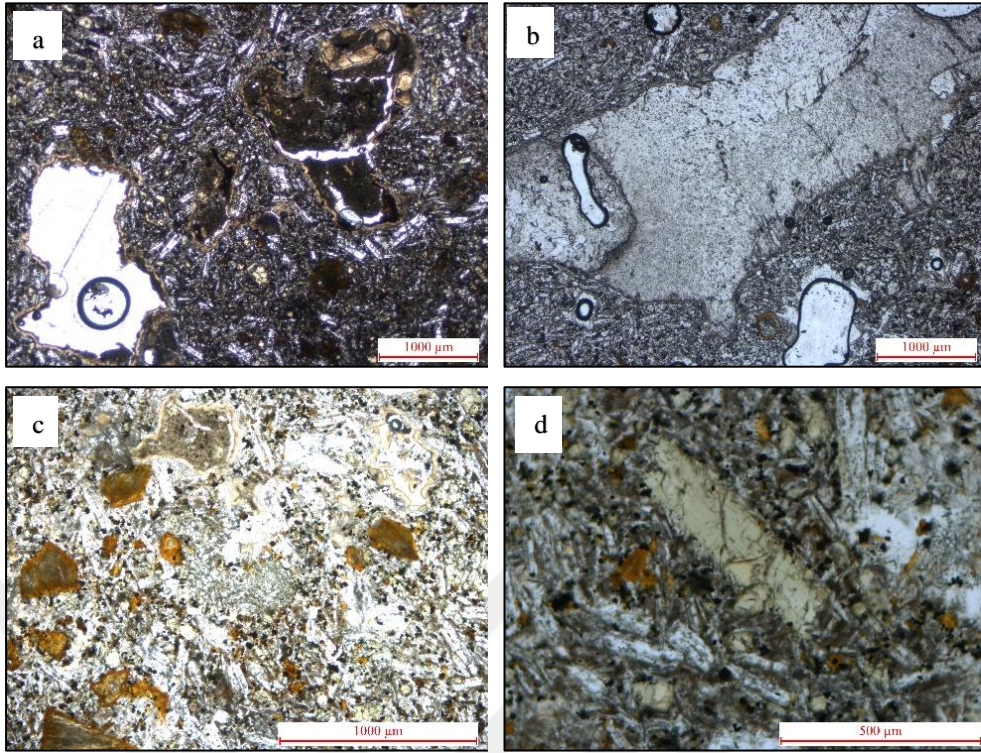
% 45 Hamur,

% 25 Plajiyoklaz,

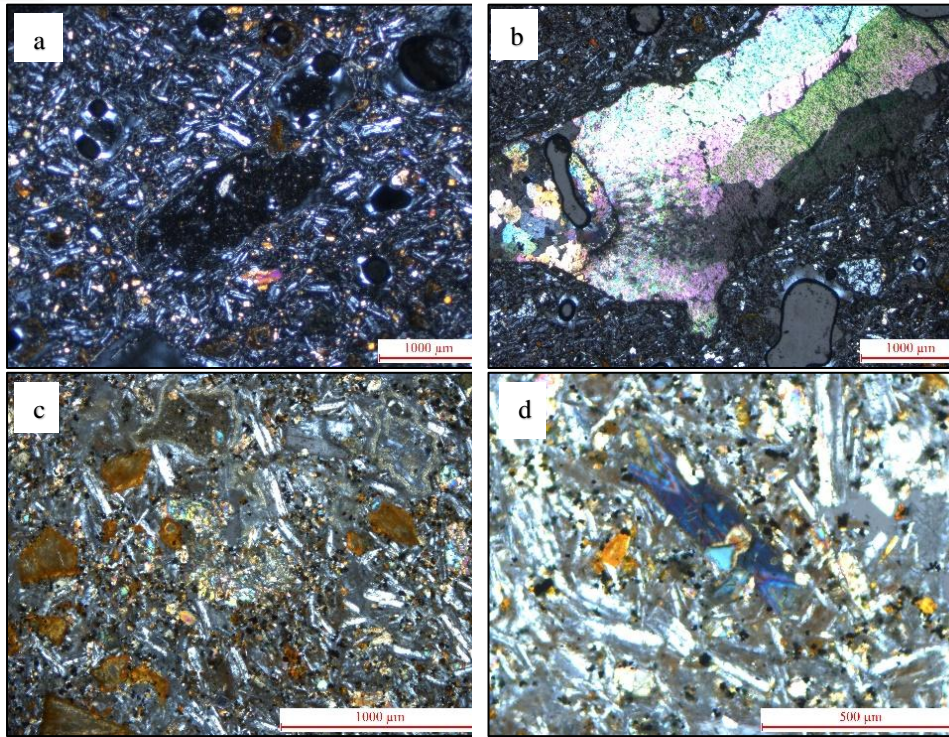
% 15 Olivin,

% 10 Piroksen

% 5 Opak ve tali minerallerden oluşmaktadır.



Şekil 4.5. Evciler Bazaltı A zonu tek nikol görünüşleri a) Genel görünüm ve vesiküllerin dağılımı, b) Mineral dolgusu c) Olivin iddingsitleşmeleri, d) Piroksen fenokristali



Şekil 4.6. Evciler Bazaltı A zonu çift nikol görünüşleri a) Genel görünüm ve anklav dağılımı, b) Karbonat dolgusu c) Olivin iddingsitleşmeleri, d) Piroksen sektör sönmesi

B zonu hiyaloplitik dokuya sahip olup yer yer porfirik doku sergilemektedir (Şekil 4.7.a,b ve Şekil 4.8.a,b). Fenokristaller genelde mafik minerallerden (olivin ve piroksen) oluşmaktadır. Gaz boşlukları çok küçük boyutlarda olup genelde birbirinden bağımsız ve düzensiz dağılım sergilemektedir.

Hipidiyomorf / idiyomorf şekillere sahip olivinler genelde kısa prizmatik kristallere sahip olup, çatlakları ve kristal kenarları boyunca iddingsitleşme ve serpantinleşme türü bozunmalar gösterirler (Şekil 4.7.b ve Şekil 4.8.b).

Piroksenler genelde idiyomorf uzun prizmatik kristaller şeklinde ve temiz yüzeylere sahiptir (Şekil 4.7.c ve Şekil 4.8.c). Piroksenlerin c eksenine paralel kesitlerinde yaklaşık 90° dilinim görülmektedir. Bileşimi genelde (Ojit?) klinopiroksendir.

Hamur plajiyoklaz, opak mineral mikrolitleri ve volkanik camdan oluşmakta ve yer yer küçük boyutlu gaz boşlukları içermektedir (Şekil 4.7.c ve Şekil 4.8.c). Gaz boşlukları kısmen ikincil mineralizasyonlar (zeolit, kalsit) ile doldurulmuştur (Şekil 4.7.d ve Şekil 4.8.d). Volkanik camın dağılımı heterojen yapıda olup kesit içerisindeki sınırları net olarak görülebilmektedir.

Kayaçta plajiyoklazlar fenokristal ve mikrolit şeklinde idiyomorf/ hipidiyomorf şekillerde bulunmaktadır. Michel Levy yöntemi kullanılarak yapılan sönme açısı analizlerinde maksimum sönme açısı 32° olarak bulunmuştur. Sönme açılarına göre % anortit içeriği % 58 olarak bulunarak, plajiyoklaz bileşiminin “Labrador” olduğu saptanmıştır.

B zonunun yüzde abağı kullanılarak yapılan mineral içeriği yüzdeleri;

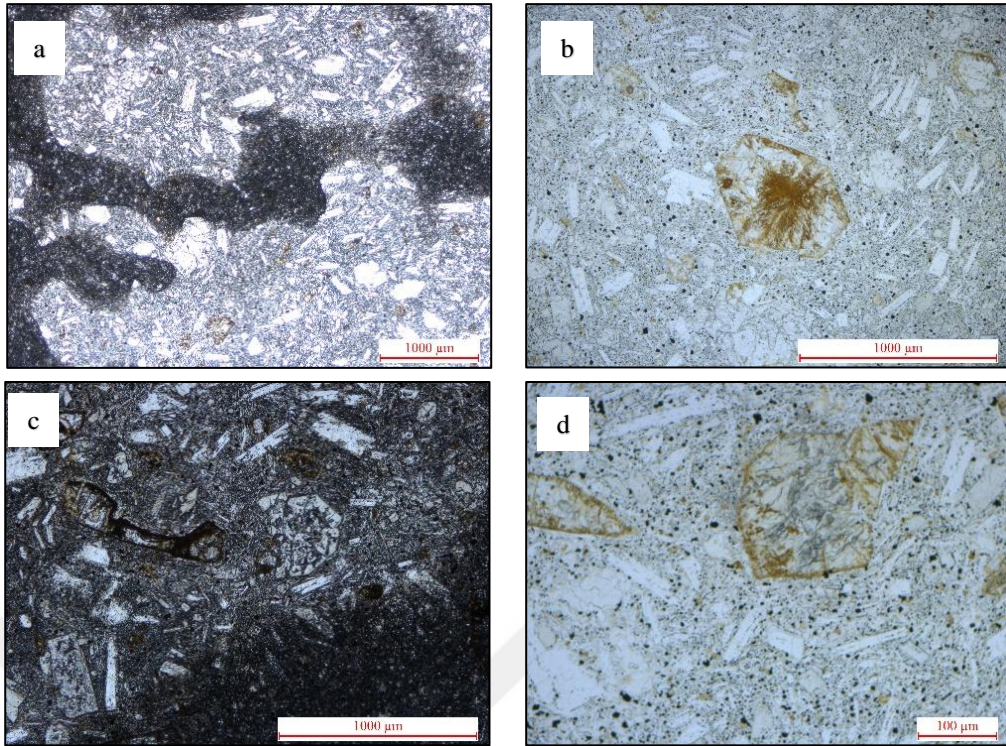
% 55 Hamur,

% 30 Plajiyoklaz,

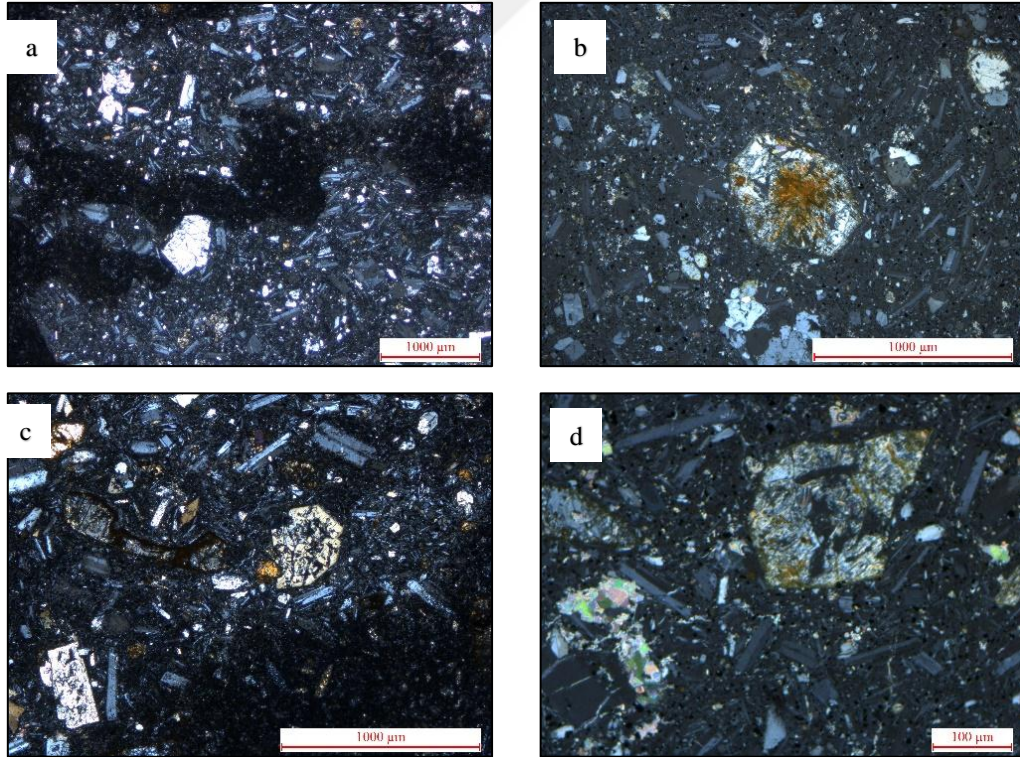
% 10 Olivin,

% 5 Piroksen

% 1' den az opak ve tali minerallerden oluşmaktadır.



Şekil 4.7. Evciler Bazaltı B zonu tek nikol görünümü a) Genel görünüm ve volkanik cam dağılımı, b) Olivin fenokristali c) Piroksen fenokristali, d) Opak mineraller ve alterasyonlar



Şekil 4.8. Evciler Bazaltı B zonu çift nikol görünümü a) Genel görünüm ve volkanik cam dağılımı, b) Olivin fenokristali c) Piroksen fenokristali, d) Opak mineraller ve alterasyonlar

C zonu vesiküler ve amigdaloidal dokuya sahip olup yer yer porfirik doku göstermektedir (Şekil 4.9.a,b ve Şekil 4.10.a,b).

Gaz boşlukları orta-iri boyutlarda olup birbirinden bağımsız ve kısmen yönlü bir dağılım sergilemektedir.

Hipidiyomorf / idiyomorf şekillere sahip olivinler tamamen iddingsitleşmiştir (Şekil 4.9.c ve Şekil 4.10.c).

Piroksenler genelde idiyomorf/ hipidiyomorf şekillerde olup temiz yüzeylere sahiptir. Piroksenlerde ikizlenmeler görülmekle beraber bileşimi genelde (Ojit?) klinopiroksendir (Şekil 4.9.c ve Şekil 4.10.c).

Kayaçta plajiyoklazlar fenokristal ve mikrolit şeklinde idiyomorf / hipidiyomorf latalar şeklinde bulunmaktadır. Plajiyoklazlarda alterasyonlar (albitleşme, killeşme) yaygın olarak görülmektedir.

Hamur plajiyoklaz, opak mineral mikrolitleri ve volkanik camdan oluşmakta ve yer yer orta/ iri boyutlu gaz boşlukları ve ikincil dolgular içermektedir (Şekil 4.9.a,b ve Şekil 4.10.a,b). İkincil dolgular genelde kalsit, kuvars, klorit ve zeolit minerallerinden oluşmuştur.

C zonu hem makro hem de mikro boyutlu oldukça fazla anklav içeriğine sahip olup yer yer breşik yapı göstermektedir. Kayaçta anklavların varlığı ve plajiyoklaz minerallerinin fenokristal ve anklavların etrafında akma yapısı oluşturduğu gözlenmektedir (Şekil 4.9.d ve Şekil 4.10.d). Anklavlar juvenil ve aksesuar litik özelliklerinde gözlenmektedir. Kayaçta opak mineraller genellikle mafik minerallerin opasitleşmesiyle oluşmuş olup psödomorf şekillere sahiptir (Şekil 4.9.d ve Şekil 4.10.d).

C zonunun yüzde abağı kullanılarak yapılan mineral içeriği yüzdeleri;

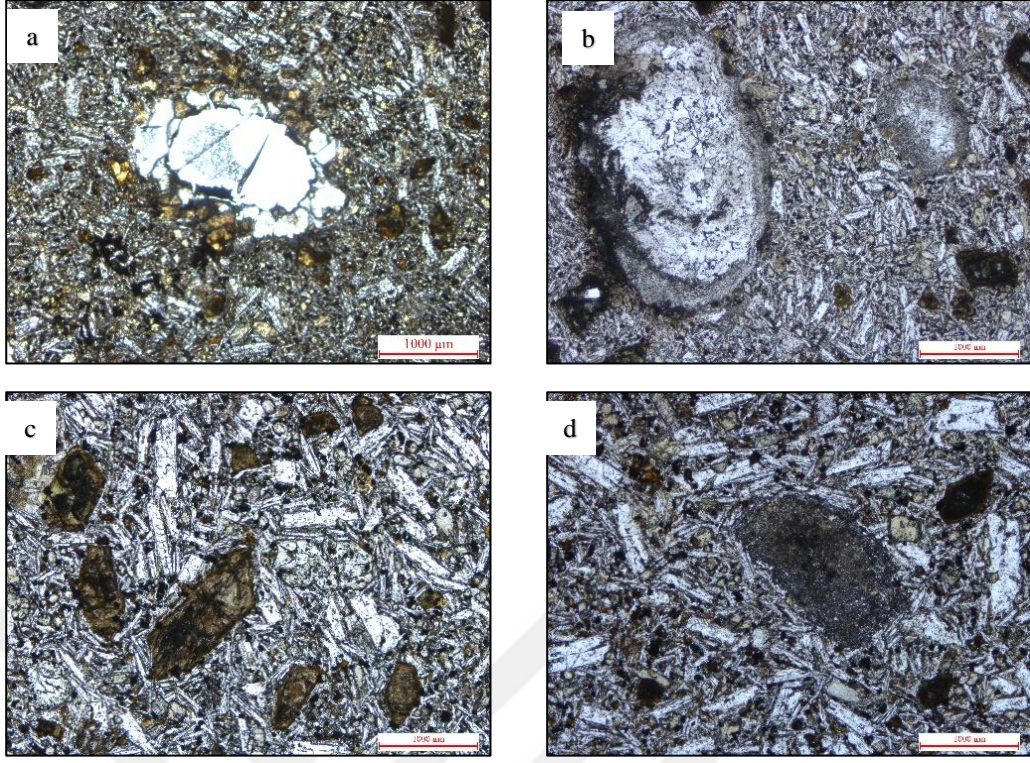
% 45 Hamur,

% 30 Plajiyoklaz,

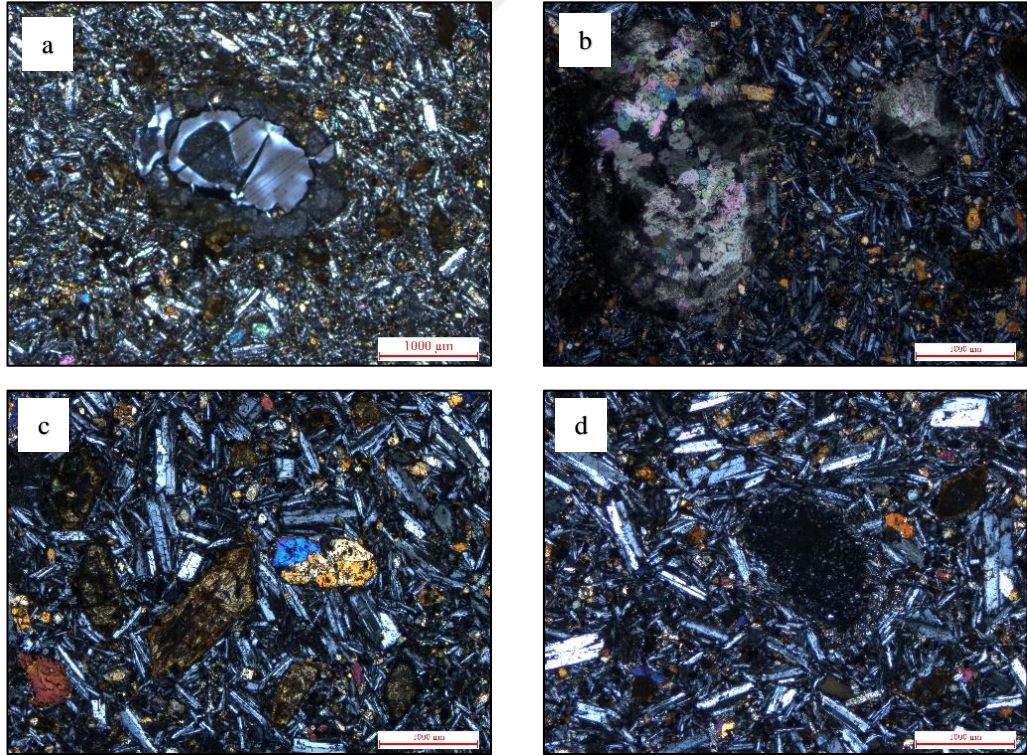
% 15 Olivin,

% 10 Piroksen

% 1' den az Opak ve tali minerallerden oluşmaktadır.

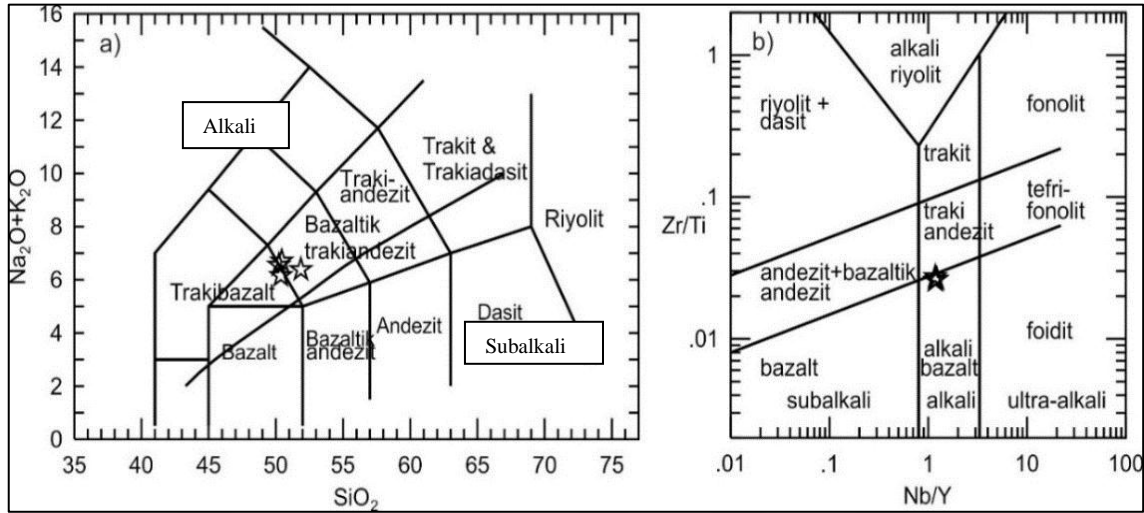


Şekil 4.9. Evciler Bazaltı C zonu tek nikol görüntüleri a) Genel görünüm ve gözeneklilik, b) İkincil mineral doguları c) Olivin fenokristali, d) Anklav



Şekil 4.10. Evciler Bazaltı C zonu çift nikol görüntüleri a) Genel görünüm ve gözeneklilik, b) İkincil mineral doguları c) Olivin fenokristali, d) Anklav

Evciler Bazaltı TAS sınıflama diyagramında “trakibazalt” ve “bazaltik trakiandezit” alanına düşmektedir. TAS diyagramı üzerinde verilen alkali-subalkali ayrımı çizgisine göre, Evciler Bazaltı “alkali” jeokimyasal eğilime sahiptir (Şekil 4.11.a). Bu sınıflamalarla uyumlu olarak, Nb/Y-Zr/Ti diyagramında örnekler “alkali bazalt” olarak sınıflanırlar (Şekil 4.11.b).



Şekil 4.11. a) Evciler Bazaltının TAS diyagramında sınıflaması (Le Bas ve ark., 1986) ve alkali-subalkali ayrımı (Irvine ve Baragar, 1971), b) Nb/Y-Zr/Ti diyagramında sınıflaması (Pearce, 1996).

Evciler Bazaltından jeokimyasal olarak elde edilen majör elementlerden kimyasal alterasyon indeksi için kullanılacak değerler ve CIA yüzde değerleri verilmiştir (Çizelge 4.1). Burada ortalama % CIA değerinin 57.522 ± 0.617 olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.1. Ateşte kızdırma kaybı değerleri (Asan, 2014)

Örnek No	Al ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	Na ₂ O	% LOI	% CIA
E76	15.88	2.01	9.90	4.32	2.8	55.715
E78	16.22	1.98	8.08	4.50	2.7	59.129
E82	16.78	1.58	9.08	4.61	2.6	57.285
E85	16.05	1.94	9.03	4.02	2.6	57.957

Nesbiit H.W. (1982) bir kayacın optimum tazelik değeri olarak CIA'in % 50'den küçük olmasını önermektedir. Böylece Evciler Bazaltının optimum tazelik değerlerinden hafifçe daha yüksek olduğu ortaya çıkmaktadır.

Kayaçların jeokimyasal analizlerle yapılan değerlendirmelerine göre (Çizelge 4.1), Evciler Bazaltının LOI değerleri ortalaması 2.675 olarak hesaplanmıştır.

Le Maitre (2002) LOI değerlerine göre taze kayaç sınıflamasında, H₂O için % 2 ve CO₂ için % 0,5 toplam % 2,5 den küçük değerde olmasını belirtmektedir. Jeokimyasal analizlerde Evciler Bazaltı alkalın karakterde ve alterasyon (CIA) analizi yapıldığında taze kayaç sınıflamasına yakın çıkmaktadır.

Deneyel olarak ASTM D 7348 standardına göre 10'ar adet numune deneye tabi tutulmuştur (Ek-18). Ateşte Kızdırma Kaybı miktarlarının ortalamaları verilmiştir (Çizelge 4.2.). B zonu değerlerinin çok küçük aralıklarda çıktığı görülmüştür.

Çizelge 4.2. Ateşte kızdırma kaybı değerleri (ASTM-D-7348, 2008)

A Zonu	2.022 ± 0.158
B Zonu	0.165 ± 0.041
C Zonu	2.990 ± 0.050

Ayrışma derecesi hesaplaması için Güleç (1970) çalışmaları dikkate alınarak; B zonu değeri referans olarak kullanılıp, her bir zon değerinin B zonundan farkınının B zonu değerine bölünmesi şeklinde ayrışma derecesi tahmini yapılmıştır.

Bundan kaynaklı ateşte kayıp miktarlarına göre B zonu baz alınarak, diğer zonların ateşte kayıp miktarlarına göre tahmini ayrışma ve bozunma katsayısı verilmiştir (Çizelge 4.3.). Buradaki değer B zonu referans olarak alınıp hesaplanan bir değer olduğundan B zonu burada gösterilememektedir.

Çizelge 4.3. Ateşte kızdırma kaybı ile ayrışma katsayısı

Tahmini Ayrışma Derecesi	
A Zonu	11.263
C Zonu	17.132

4.1.3. Evciler Bazaltını fiziko-mekaniksel özellikleri

4.1.3.1. Gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik tayini

Çalışma kapsamında; A, B ve C zonunda gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk, açık ve toplam gözeneklilik değerleri verilmiştir (Ek-8 ve Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Gerçek ve görünür yoğunluk, açık ve toplam gözeneklilik % değerleri

Yöntem	Gerçek Yoğunluk Yöntem A	Görünür Yoğunluk	Açık Gözeneklilik	Toplam Gözeneklilik
Zonlar	ρ_r (g/cm ³)	ρ_b (kg/m ³)		%
A Zonu	2.718 ± 0.008	2.355 ± 5	11.114 ± 0.059	13.321 ± 0.342
B Zonu	2.644 ± 0.009	2.616 ± 2	0.380 ± 0.044	1.030 ± 0.123
C Zonu	2.650 ± 0.003	2.479 ± 6	2.589 ± 0.167	6.465 ± 0.241

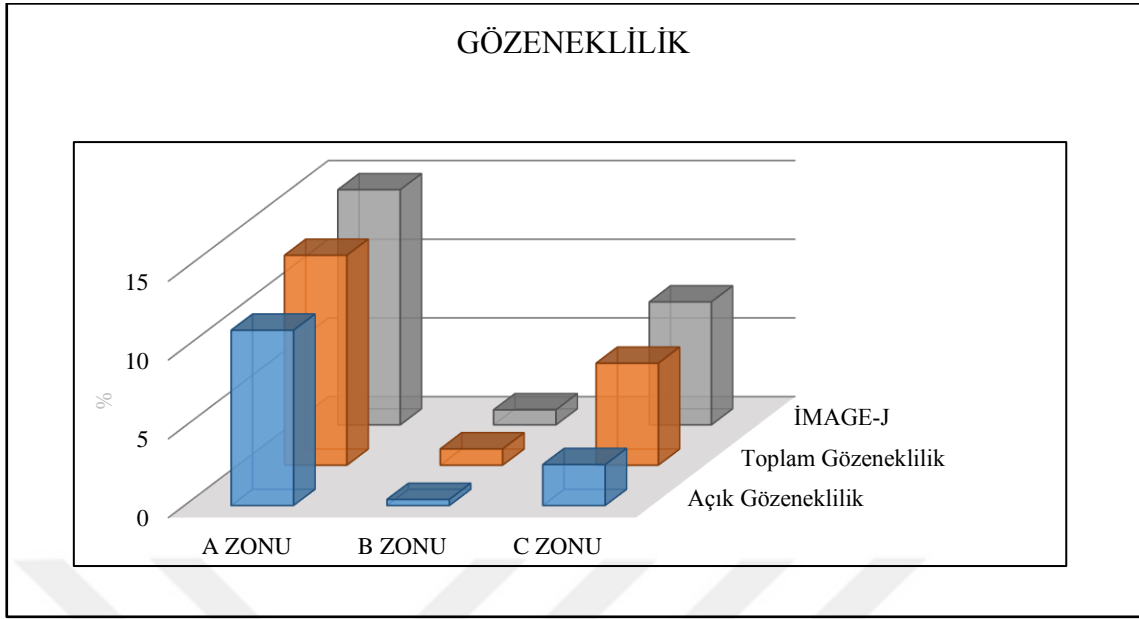
Boşluk oranı ve gözeneklilik değerlerinin homojen dağılım sergilememesi neticesinde gözeneklilik ve boşluk oranı değer aralığının tespiti için düzgün şekilli numuneler hazırlanıp hacim ve ağırlıkları bulunmuş ve tane yoğunluğu hesaplanmıştır. (Çizelge 4. 5. ve Şekil 4.12.)

Çizelge 4.5. Farklı metotlara göre açık ve toplam gözeneklilik % değerleri

Yöntem		Standart	A Zonu
Karot Hacim Ölçümü	Açık Gözeneklilik	TS EN 1936	10.810 ± 0.056
Karot Ağırlık Ölçümü		TS EN 1936	11.114 ± 0.059
Özgül Ağırlık Hesap Yöntemi	Toplam Gözeneklilik	TS EN 1936	13.321 ± 0.342
Boşluk Oranı		İMAGE J	14.928

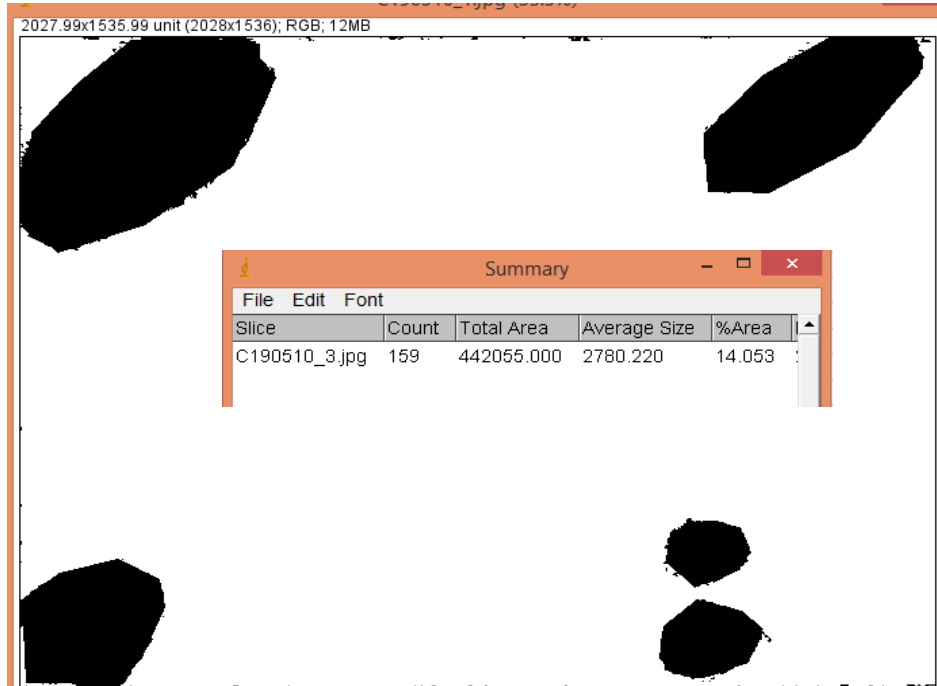
Yöntem		Standart	B ZONU
Karot Hacim Ölçümü	Açık Gözeneklilik	TS EN 1936	0.383 ± 0.047
Karot Ağırlık Ölçümü		TS EN 1936	0.381 ± 0.044
Özgül Ağırlık Hesap Yöntemi	Toplam Gözeneklilik	TS EN 1936	1.030 ± 0.123
Boşluk Oranı		İMAGE J	0.954

Yöntem		Standart	C Zonu
Karot Hacim Ölçümü	Açık Gözeneklilik	TS EN 1936	2.332 ± 0.157
Karot Ağırlık Ölçümü		TS EN 1936	2.588 ± 0.168
Özgül Ağırlık Hesap Yöntemi	Toplam Gözeneklilik	TS EN 1936	6.465 ± 0.241
Boşluk Oranı		İMAGE J	7.802



Şekil 4.12. Gözeneklilik değerleri

Numunelerden elde edilen kesitler üzerinde polarizan mikroskop dijital fotoğraf görüntülerinden, deneysel sonuçların irdelenebilmesi için İMAGE-J programı kullanılarak toplam gözeneklilik % değerleri hesaplanmıştır (Ek-19, Şekil 4.13 ve Çizelge 4.5.).



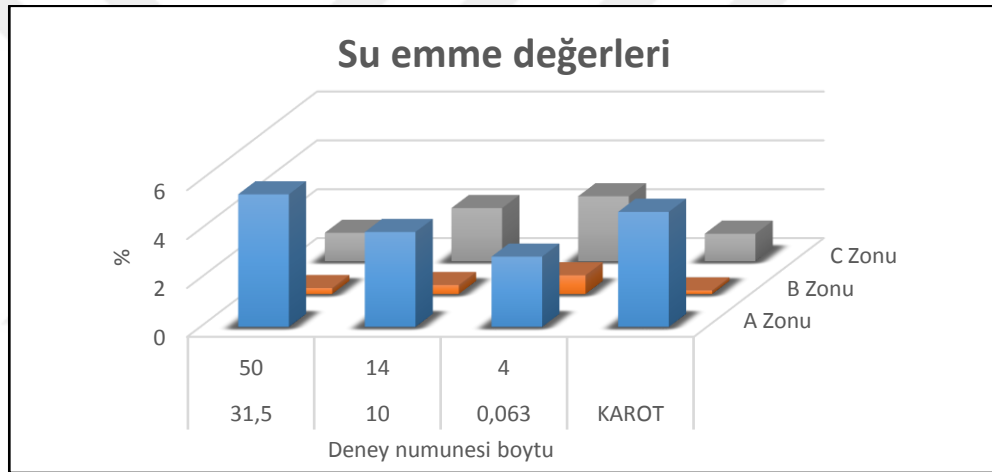
Şekil 4.13. İMAGE-J örnek sonucu

4.1.3.2. Su emme ve tane yoğunluğu:

Bu deneyde numuneler standartta belirtilen değişik tane boyutlarında hazırlanmış ve deneye tabi tutulmuştur (Ek-1, Ek-2, Ek-3, Ek-4). Su emme ortalama % değerleri ve standart sapmaları tane boyutlarına göre sunulmuştur (Çizelge 4.6. ve Şekil-4.14.).

Çizelge 4.6. Su emme değerleri (%)

Deney Sayısı	Numune Boyutu (mm)		A Zonu %	B Zonu %	C Zonu %
10	31.5	50	5.427 ± 0.056	0.243 ± 0.023	1.155 ± 0.074
10	10	14	3.885 ± 0.078	0.366 ± 0.050	2.170 ± 0.075
10	0.063	4	2.876 ± 0.096	0.766 ± 0.079	2.652 ± 0.078



Şekil 4.14. Evciler Bazaltının A, B ve C zonlarına ait ağırlıkça % su emme değerleri.

Tane yoğunluğu deneyi; bu deneyde numunler değişik tane boyutunda deneye tabi tutulmuştur (Ek-5, Ek-6, Ek-7, Ek-8). Agrega deneylerinden elde edilen veriler deney numunesi boyutlarına göre kıyaslanmıştır. Tane yoğunluğu ortalama değerleri ve standart sapmaları tane boyutlarına göre verilmiştir (Çizelge 4.7.)

Çizelge 4.7. Tane yoğunluğu değerleri (Mg/m³)

Deney Sayısı	Numune Boyutu (mm)		A Zonu	B Zonu	C Zonu
10	31.5	50	2.237 ± 0.004	2.588 ± 0.011	2.622 ± 0.007
10	10	14	2.406 ± 0.005	2.589 ± 0.008	2.627 ± 0.008
10	0.063	4	2.496 ± 0.065	2.601 ± 0.008	2.642 ± 0.006

4.1.3.3. Los Angeles aşınma kaybı

TS-7043-EN-13450/AC (2004) standardında Los Angeles deney yöntemi referans olarak sunulduğu için tez çalışmasında parçalanma direncinin tespiti için TS-EN-1097-2 (2010b) standardı kapsamında numunelere balast (31.5-50 mm) ve balast altı (10-14 mm) boyutlarında deneyler yapılmıştır.

Los Angeles deneyi; numuneler balast ve balast altı boyutu için TS-EN-1097-2 (2010c) standardına uygun tane boyutlarında hazırlanmış ve 10' ar adet deneye tabi tutulmuştur (Ek-14, Ek -15). Los Angeles aşınma kaybı ortalama değerleri ve standart sapmaları tane boyutlarına göre sunulmuştur (Çizelge 4.8.).

Çizelge 4.8. Los Angeles % değerleri

Deney Sayısı	Numune Boyutu (mm)		A Zonu	B Zonu	C Zonu
10	31.5	50	29.664 ± 1.680	17.255 ± 0,378	19.576 ± 1.139
10	10	14	25.817 ± 1.062	16.005 ± 0,433	18.266 ± 0.593

4.1.3.4. Magnezyum sülfat ve sodyum sülfat don kaybı deneyleri

Magnezyum sülfat deneyi; balast (31.5-50 mm) ve agrega (10-14 mm) boyutları için TS EN 1367-2 standardına, balast altı (9.5-19 mm) kriterleri için ASTM C-88 standardına uygun tane boyutlarında numuneler hazırlanmış ve 10' ar adet deneye tabi tutulmuştur (Ek-9, Ek-10, Ek-11, Ek-12, Ek-13). MgSO₄ ve Na₂SO₄ don kaybı ortalama değerleri ve standart sapmaları tane boyutlarına göre sunulmuştur (Çizelge 4.9.).

Çizelge 4.9. MgSO₄ ve Na₂SO₄ don kaybı değerleri

MgSO ₄ Don kaybı % değerleri				
Numune Boyutu (mm)		A Zonu	B Zonu	C Zonu
31.5	50	32.419 ± 1.355	0.934 ± 0.278	5.450 ± 0.606
10	14	57.850 ± 1.387	1.399 ± 0.233	9.193 ± 0.855
5	6.3	69.114 ± 6.473	1.689 ± 0.553	13.023 ± 1.684
3.35	5	81.797 ± 4.730	1.994 ± 0.434	15.552 ± 1.446
Na ₂ SO ₄ Don kaybı % değerleri				
Numune Boyutu (mm)		A Zonu	B Zonu	C Zonu
9.5	19	33.455 ± 0.465	0.086 ± 0.011	1.156 ± 0.151

4.1.3.5. Nokta yükleme indeksi tayini

Çalışma kapsamında daha önceden tanımlanan A, B ve C zonundan elde edilen şekilli numuneler (karot) eksenel ve çapsal olarak 10' ar adet deneye tabi tutulmuştur (Ek-17). Nokta yükleme indeksi değerleri aşağıda verilmiştir (Çizelge 4.10.).

Çizelge 4.10. Nokta yükleme indeksi değerleri

Nokta Yükleme İndisi Değerleri (MPa)		
Zon	Eksenel	Çapsal
A Zonu	3.285 + 0.288	3.585 + 0.191
B Zonu	10.753 + 0.262	10.997 + 0.128
C Zonu	4.268 + 0.184	5.414 + 0.170

4.1.3.6. Tek eksenli basınç dayanımı tayini

TS EN 1926 standart kapsamında hazırlanan A, B ve C zonlarına ait L/D oranı 2/1 olan karot numuneler 10' ar adet deneye tabi tutulmuş ve deney sonuçları verilmiştir (Ek-16 ve Çizelge 4.11.).

Çizelge 4.11. Tek eksenli basınç dayanım değerleri (MPa)

Tek Eksenli Basınç Değerleri (UCS)		Tek Eksenli Basınç Değerleri (UCS ₅₀)
A Zonu	61.097 + 0.911	59.64 + 0.911
B Zonu	180.164 + 1.603	176.61 + 1.603
C Zonu	101.359 + 4.031	98.97 + 4.031

Nokta yükleme ve tek eksenli basınç deneyi dayanımı, kayalar için indeks yöntemler olup kayacın dayanımıyla ilgili mühendislik özellikleri hakkında dolaylı ve doğrudan bilgi veren deney yöntemleridir.

4.2. Tartışma

Kayaç numunelerinden her bir zon için bulunan deney sonuçları, mevcut şartname değerleriyle balast için (Çizelge 4.12.) ve balast altı malzeme için (Çizelge 4.13.)' de kıyaslanarak değerlendirmelerde bulunulmuştur. YHT teknik şartname kriterlerini sağlayamayan değerler bold olarak verilmiştir.

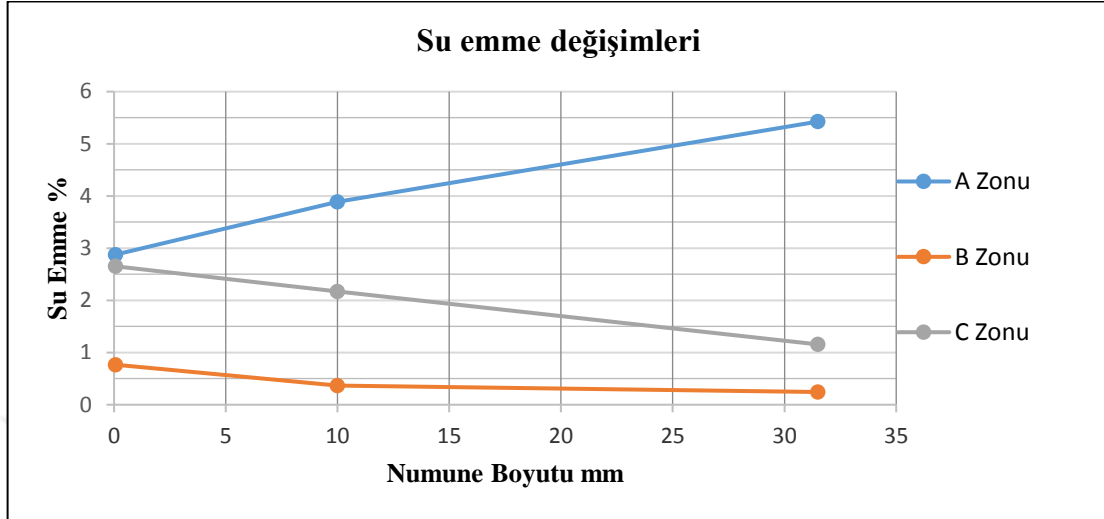
Çizelge 4.12. Balast şartname kriterleri ve kontrolü

Balast Boyutu Fiziksel Özellikler İçin Şartname Kriterleri					Numune Değerleri			
Deney Adı	Standart Adı		Konvansiyonel	YHT Hatları	Numune Boyutu	A Zonu	B Zonu	C Zonu
Los Angeles Parçalanma Direnci (Aşınmaya karşı dayanıklılık)	TS EN 1097-2 (1000 Devir)	(%) ≤	20	15	31.5-50 mm	30	17	20
Su Emme Oranı	TS EN 1097-6 (Ek-B)	(%) ≤	2	1.5	40-63 mm	5.4	0.2	1.2
Tane Yoğunluğu		(Mg/m ³) ≥	-	2.6		2.24	2.59	2.62
Magnezyum Sülfat Deneyi	TS EN 1367-2	(%) ≤	5	5	31.5-50 mm	32	1	5

Çizelge 4.13. Balast altı şartname kriterleri ve kontrolü

Balast altı Boyutu Fiziksel Özellikler İçin Şartname Kriterleri				Numune Değerleri			
Deney Adı	Standart Adı		Hat Sınırları	Numune Boyutu	A Zonu	B Zonu	C Zonu
Los Angeles Parçalanma Direnci (Aşınmaya dayanıklılık)	TS EN 1097-2 (1000 Devir)	(%) ≤	24	31.5-50 mm	26	16	18
Su Emme Oranı	TS EN 1097-6 (Ek-B)	(%) ≤	-	40-63 mm	3.9	0.4	2.2
Tane Yoğunluğu		(Mg/m ³) ≥	-		2.41	2.59	2.63
Sodyum Sülfat Deneyi	ASTM C 88	(%) ≤	25	31.5-50 mm	33	0,0	1

Numunelerin dane boyutu değişimlerinin sonuçlara olan etkisi ortaya konulmuştur (Şekil 4.15). Şekil incelendiği zaman su emme değerinin, B ve C zonlarında deney numune boyutu artmasıyla düşüş A zonunda ise artış görölmektedir.



Şekil 4.15. Numune boyutuna göre su emme değişimleri

Bu durumun sebepleri olarak;

A zonu numunelerinde deney numunesi hazırlamasındaki kırılmalar, genelde gözenekli kısımlardan olduğu için kayaçta toplam gözenek oranları ve boyutları küçölmekte ve su emme miktarı tane boyutu artmasına paralel yükselmektedir.

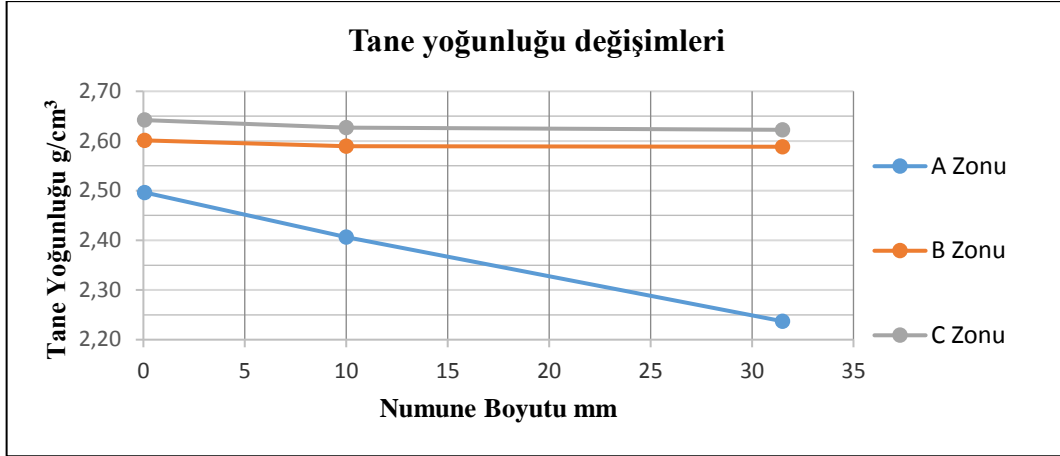
B zonu numuneler masif görünümde yani gözenekleri çok az ve küçük boyutlu olduklarından geçirgenliği diğer zonlara nazaran az olmaktadır. Bu yüzden deney süresi boyunca su tüm kayaca nüfuz edememektedir.

A, B ve C zonlarında, deneye tabi tutulan numune boyutu küçölürken, toplam yüzey alanını artmaktadır.

C zonu gözenekleri iri boyutlu ve birbirinden bağımsız olup numune kırılması esnasında gözenekli kısımların bir kısmı numunelerin kenar zonlarını oluşturmaktadır. Bu yüzden değişim oranı B zonu kadar oluşamamakta ve daha istikrarlı kalmaktadır.

Tane yoğunluğu deneyi; bu deneyde numuneler değişik gradasyonda deneye tabi tutulmuş ve elde edilen değerler kıyaslanmıştır.

Numunelerin dane boyutu değişimlerinin sonuçlara olan etkisi ortaya konulmuştur (Şekil 4.16.). Şekil incelendiği zaman tane yoğunluğu değerinin, numune boyutu küçöldükçe farklı artış oranları sergilediği görölmektedir.



Şekil 4.16. Deney numunesi dane boyutuuna göre tane yoğunluğu değişimi

A zonunda maksimum artış görülmektedir, bunun sebebi olarak numune küçültme işlemlerinde iri gözeneklerin yok olmasıyla kayaçlarda boşluk oranının azalmasıdır.

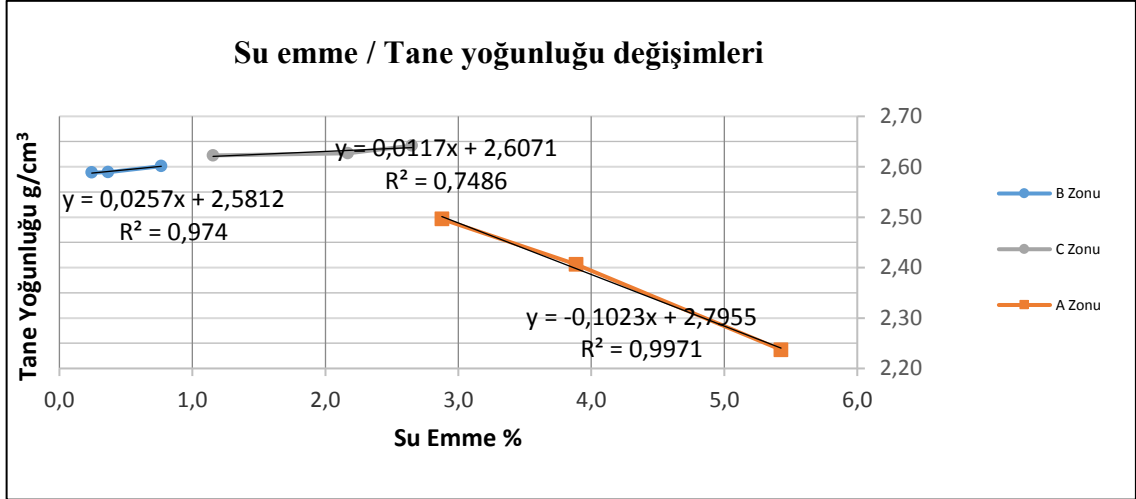
B zonunda numune boyutu düştükçe kayaçların masif yapıda olması nedeniyle değişim çok fazla görülmemektedir.

C zonunun gözenekleri iri boyutlu ve birbirinden bağımsız olup numune kırılması esnasında gözenekli kısımların bir kısmını kaybetmektedir.

C zonunun B zonundan daha fazla yoğun çıkmasının sebebi ise şu şekilde yorumlanmıştır. İlk başta aynı yoğunluğa ve gaz içeriğine sahip lav akıntısının yüzey hareketi sırasında yoğun malzemeleri topoğrafyaya yakın kısımlarında birikecektir. B zonu gaz kısmından sıcaklığın hemen düşmemesine bağlı olarak oluşan basınçla gaz fazından kurtulacaktır. Fakat C zonu gaz fazını B zonunun masif olmasından kaynaklı bırakamayacak ve akma yönünde yönelime sahip iri gaz boşlukları içerecektir. Bundan kaynaklı agrega hazırlama esnasında gaz boşluklarından kırılarak kısmen B zonuna yakın ve hatta ondan daha yoğun bir agrega oluşturacaktır.

Genel olarak agregalarda su emme değeri arttıkça tane yoğunluğu değerinde düşüş görülmektedir. Bu durumun aksine B ve C zonlarında çok az da olsa bir yükselme meydana gelmektedir. Bu olayın sebebi ise, deney numunesinin boyutu azaldıkça numunelerin boşluklarından kurtulması ve özgül ağırlık deney numunesine doğru dane boyutunun yaklaşım sergilemesidir.

A zonunda su emme değeri arttıkça maksimum bir tane yoğunluğu düşmesi yaşanmaktadır. Bunun sebebi olarak A zonunun makro gözeneklerinin yanı sıra mikro gözeneklere de sahip olması ve yüzey alanı azalmasına rağmen artan birim hacim ağırlık değerinin su emme değerindeki kadar artış gösterememesidir (Şekil 4.17.).

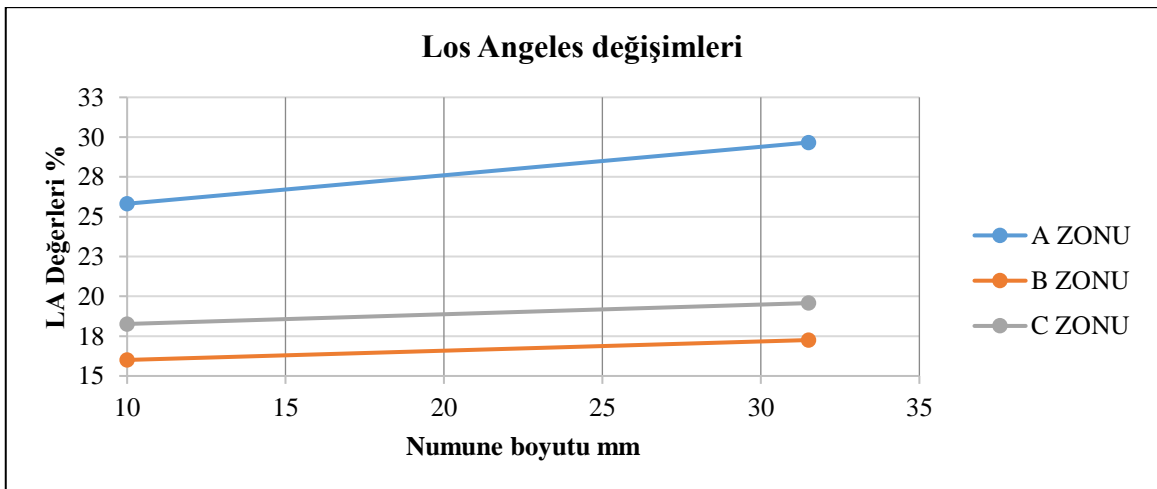


Şekil 4.17. Tane yoğunluğu değerlerine göre su emme değer değişimi

Su emme ve tane yoğunluğu değerlerinde, malzeme boyutu arttıkça yeteri kadar suda bekletilme yapılması dâhilinde genelde daha doğru ve istikrarlı sonuçlar vermektedir. Ayrıca deneyde Abraham konisi ve tokmağı kullanılmadığı için herhangi bir yorumlama gerektirmeyecek ve deney sonuçları objektif olacaktır.

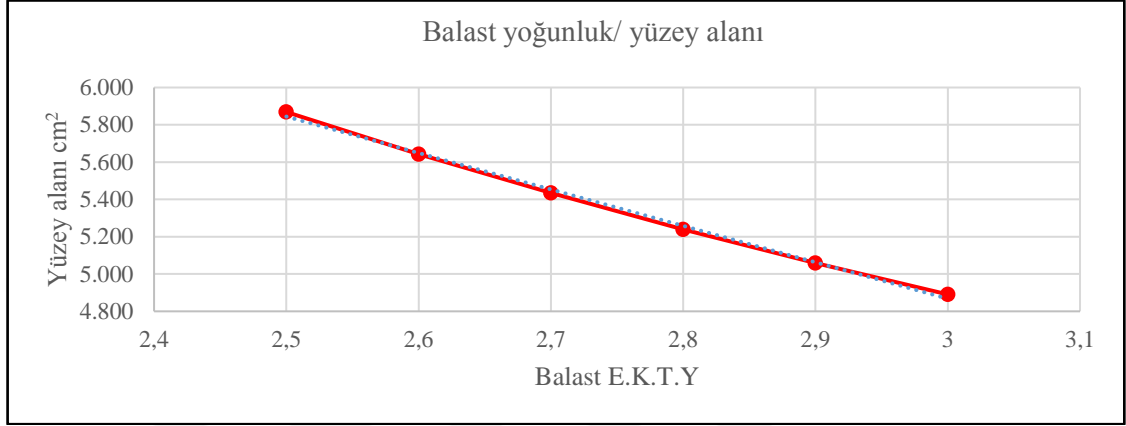
A zonunun değerlerinin diğer zonlara göre düşük çıkmasının nedenlerinden biri A zonunun gözeneklerinde ortam çökelleriyle ve mineral alterasyonuyla oluşan dolguların su içerisinde erimesi ve suya karışmasıdır. Bu olay özellikle tane yoğunluğu değerlerini oldukça etkilemektedir.

Los Angeles deneyinde, numune boyut artışına göre en fazla değişim A zonunda oluşmaktadır. Deney sonrası B ve C zonunda LA kayıpları genelde parçalanma şeklinde gerçekleşirken A zonunda aşınma ağırlıklı bir kayıp oluşmaktadır (Şekil 4.18.).



Şekil 4.18. Los Angeles değer aralığı

Zonlar arası LA değerinin farklı çıkmasının başka bir sebebi, balast etüv kurusu tane yoğunluğu yüksek olan agregalarda Los Angeles deneyi sadece ağırlık üzerinden deney şartlarını belirlediğinden daha az agrega parçası deneye tabi tutulmaktadır. Bu yüzden A zonunun yüzey alanı 6,000 cm² değerine ulaşırken B ve C zonları 5,600 cm² civarında kalacaklardır (Şekil 4.19.).

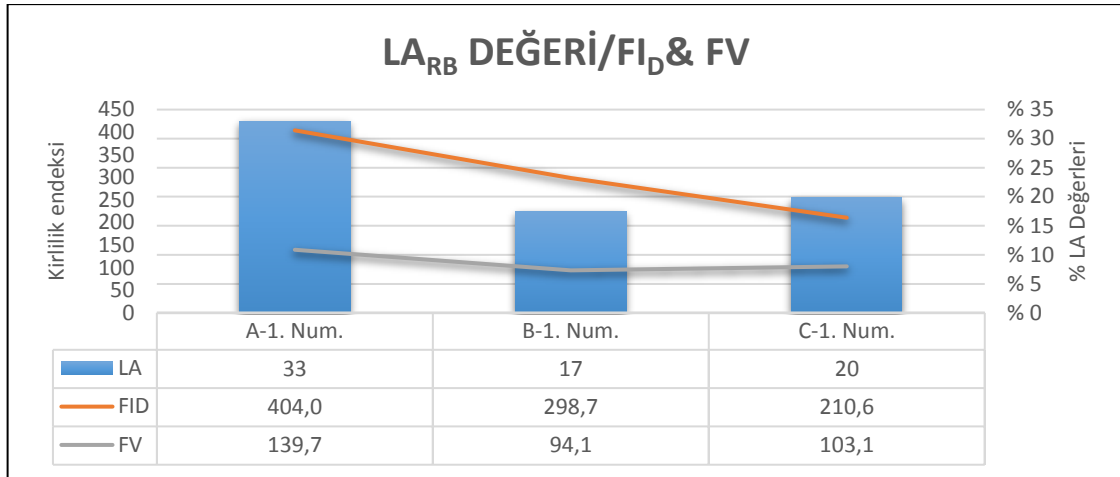


Şekil 4.19. Tane yoğunluğu ve yüzey alanı

A, B ve C zonlarında Los Angeles deneyi sonunda yapılan tam elek analizlerinden elde edilen veriler ile balast kirliliği endeksleri karşılaştırıldığında anlamlı bir ilişkinin olduğu görülmektedir (Çizelge 4.14 ve Şekil 4.20.). Bundan kaynaklı LA sonrası elek analiz verilerinin balast kaynaklı kirlilik değerlerinin tahmininde kullanılması düşünülebilir.

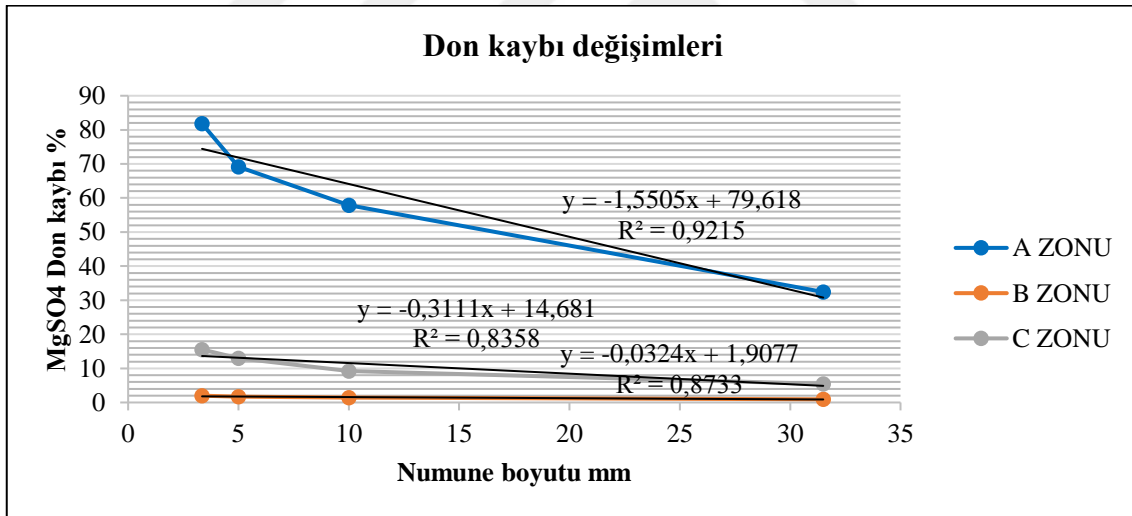
Çizelge 4.14. Los Angeles değerleri

Numune Tanımı	A Zonu Balast	B Zonu Balast	C Zonu Balast
Numune No	A-1. Num.	B-1. Num.	C-1. Num.
LA Değeri	33.0%	17.4%	19.8%
D 10	0.12	0.16	0.21
D 30	12.87	27.68	24.11
D 60	36.41	39.13	37.98
D 90	47.22	46.89	43.83
C_u	311.5	249.3	182.5
C_c	38.9	124.7	73.6
FI	33.2	22.0	24.6
FI_D	404.0	298.7	210.6
FI_P	34.9	24.1	26.8
F_v	139.7	94.1	103.1



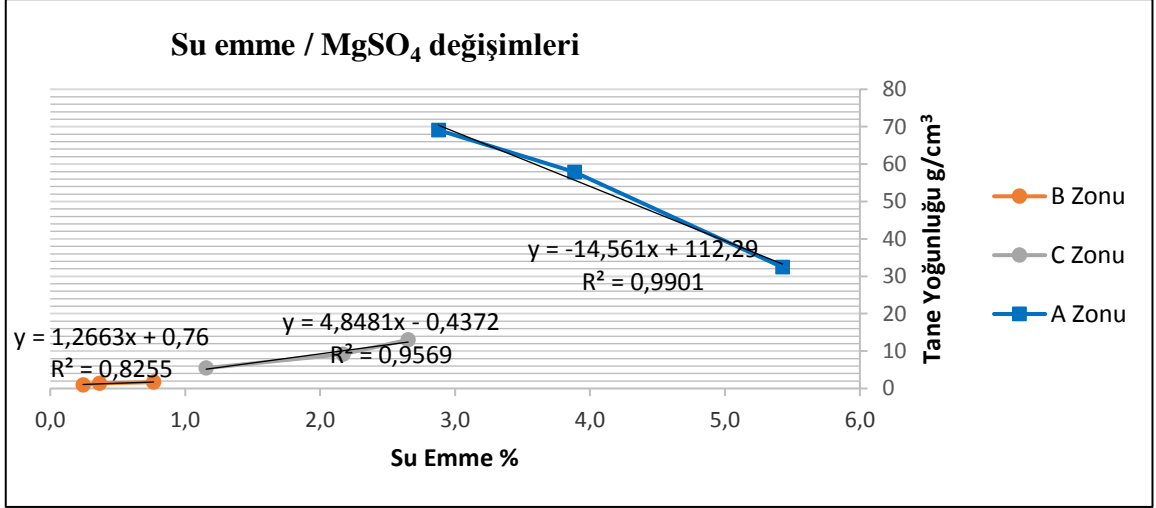
Şekil 4.20. LA_{RB} ve kirlilik endeksi ilişkileri

Numune boyutu artmasına bağlı olarak A zonunda maksimum don kaybı azalması oluşmuştur. Diğer zonlarda oluşan değişim çok küçük değerlerde kalmıştır (Şekil 4.21.). Bunun sebebi ise reaksiyona giren A zonunun yüzey alanı ve boşluk oranı azalmasının diğer zonlardan daha fazla değişim gösterdiği düşünülmüştür.



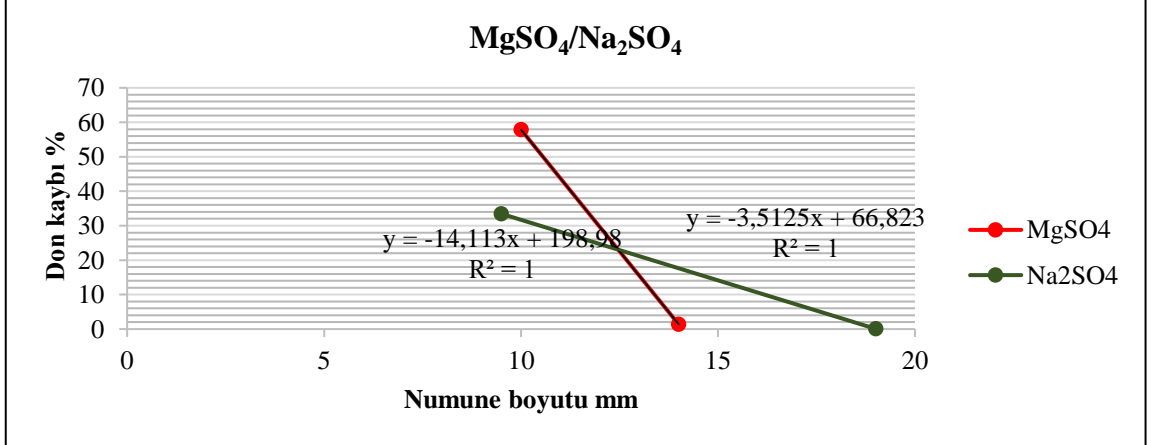
Şekil 4.21. Numune dane boyutuuna göre MgSO₄ don deneyi değer değişimi

Su emme değeri yükseldikçe B ve C zonlarında MgSO₄ don değeri artış gösterirken A zonunda düşüş yaşanmaktadır. Bunun sebebi olarak A zonunda deney numunesi aralığı için kayaçlar kırılırken büyük boşlukların oranında ve çapındaki azalmanın MgSO₄'deki artıştan oldukça fazla olmasıdır (Şekil 4.22.).



Şekil 4.22. Su emme değilerine göre MgSO₄ don kaybı

Deney numune boyutuna göre değişim standart tabanlı en yüksek MgSO₄ çözeltisinde görülmüştür (Şekil 4.23.). Bunun muhtemel sebebi olarak ise MgSO₄ çözeltisinin agrega bünyesinde bulunan minerallerle reaksiyona girmesi ve ayrıca MgSO₄ çözeltisinin kristallenme enerjisinin Na₂SO₄ çözeltisine nazaran yüksek olması sebebiyle parçalama enerjisinin fazla olması şeklinde düşünölmektedir.



Şekil 4.23. Don değerinin standart bazlı değişimi

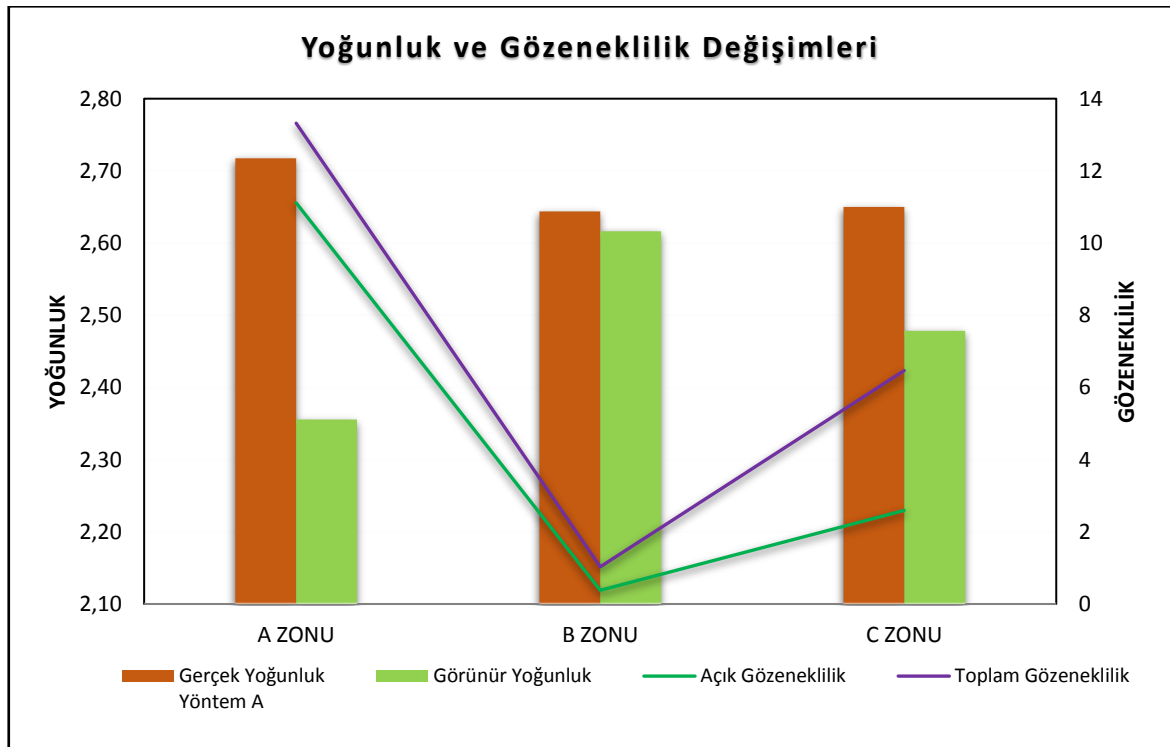
Balast şartnamelerinde kayaçların istenilen özelliklerinden biri olan gözenekli olmamasının kontrolü TS 7043 EN 13450 standardında geçmemektedir. Doğal kayaçlarda TS EN 1936 standardına göre yapılan bu deneyle balast olarak kullanılacak agreganın yoğunluk ve gözeneklilik parametreleri hesaplanarak, şartname sınır değerleriyle kayaçlarda dayanımı belirleyen bir kriterinde kontrolü sağlanabilecektir.

Evciler Bazaltında her bir zon için yapılan deneylerde A zonunun açık gözeneklilik ve toplam gözeneklilik değeri olarak maksimum değere ulaştığını ve kayacın gözeneklerinin büyük bir kısmının geçirgen olduğu görülmektedir. Bunun sebebi irdelendiğinde oldukça yüksek bozunmaya uğramış A zonunun ikincil mineralizasyonlardan kaynaklı hacim genişlemelerine bağlı fissür yapılarının oluşması şeklinde düşünülmüştür.

B zonu gerçek yoğunluk değeri olarak minimum değerde kalması amorf yapı sergileyen volkanik camın kayadaki yoğunluğu düşürdüğü fakat gözeneklilik değerlerini de düşürdüğü şeklinde yorumlanmıştır.

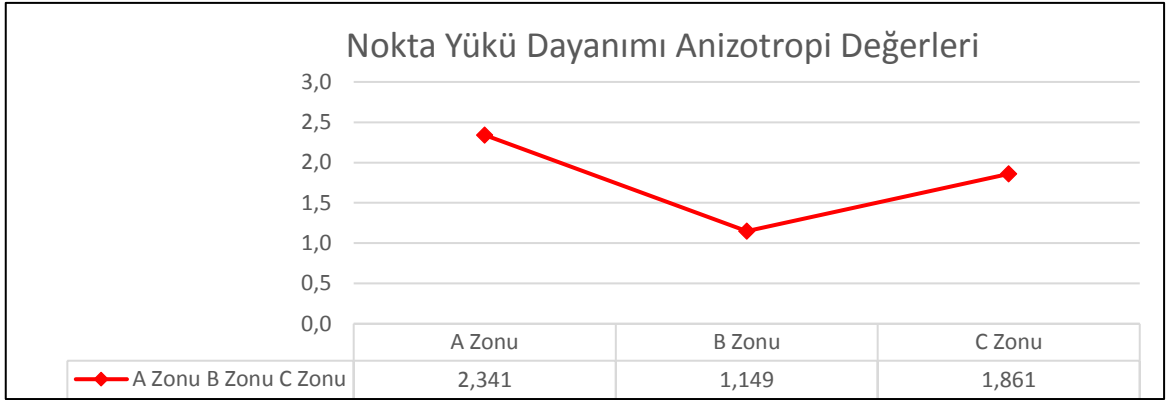
C zonunda yapılan analizlerde boşlukların ikincil mineralizasyonlarla doldurulmasından kaynaklı gözeneklilik oranında azalma görülmektedir. C zonunda bir önemli gelişmede gözeneklerin A zonu kadar efektif geçirgenliğe sahip olmamasıdır. Bu kayada yapılan çoğu fiziksel deneylere de olumlu bir şekilde yansımaktadır.

Kayaçalarda yoğunluk ve gözeneklilik değerlerinin bulunmasında başvurulan metodlar birbirini teyit etmesine rağmen, numune boyutu, test yöntemi gibi sebeplerden dolayı değişim sunmaktadır (Şekil 4.24.). Bu tarz deneylerin şartnamelere eklenmesi aşamasında muhakkak istenilen yöntem ve standardında belirtilmesi bu hususta faydalı olacaktır.



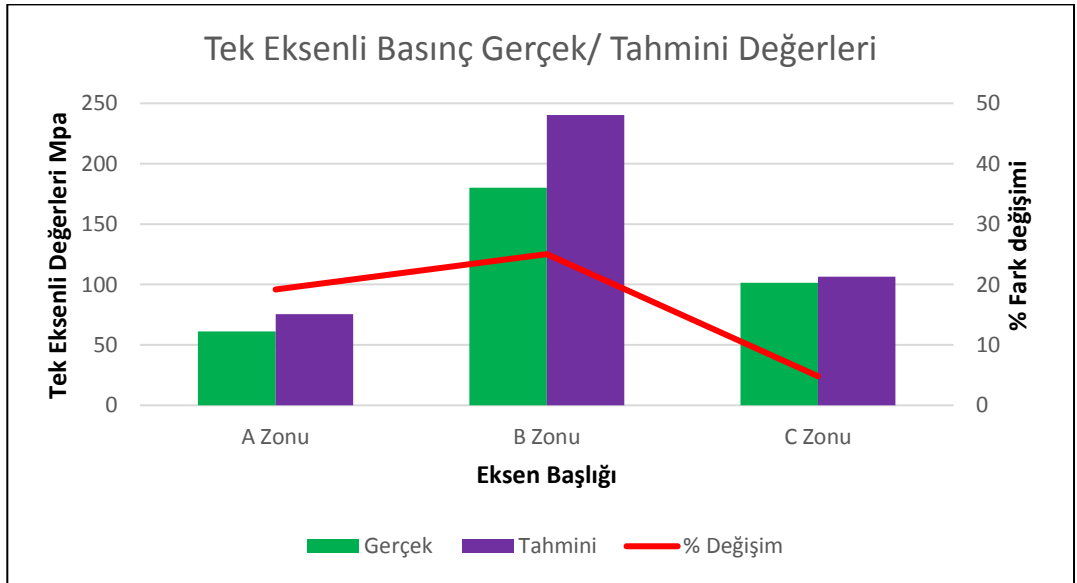
Şekil 4.24. Yoğunluk/ gözeneklilik değişimi

Nokta yükleme değerleri incelendiğinde çapsal yapılan deneylerin daha yüksek dayanıma sahip oldukları görülmektedir. Nokta yükü dayanımı anizotropi endeksi B zonunda düşük değer verdiği görülmektedir (Şekil 4.25.). Bunun sebebi A ve C zonlarında, kayadaki boşlukların kuvvetli oranda tercihli yönlenmeye sahip oldukları ve numunenin deneye tabi tutulmasındaki konik uç eksenleriyle yapacağı değişik kesişim aralıklarına göre deney sonucunun değişimin artması şeklinde yorumlanmıştır.



Şekil 4.25. Nokta yükleme anizotropi değerlendirme

Nokta yükü indeksi değerinin TS EN 1926’da belirtildiği gibi 22 katıyla hesaplanan tahmini değerler ile gerçek değerlerin gösterimi Şekil.4.26.’ da verilmiştir. Şekil incelendiğinde deneysel sonuçlar ile tahmini sonuçlar arası fark en yakın % 5 ile C zonunda en fazla fark ise % 25 ile A zonunda çıkmıştır.



Şekil 4.26. Tek eksenli basınç gerçek/ tahmini değerler

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Deneylerden elde edilen sonuçlar ilgili Balast_Teknik_Şartname (2016) ve Subbalast_Teknik_Şartname (2016)' ya göre irdelendiğinde tüm zonların YHT hatlarında balast olarak kullanılmasının mümkün olmadığı fakat B ve C zonlarının konvensiyonel hatlarda balast ve balast altı malzemesi olarak kullanılabilceği görülmektedir.

Bu çalışmada, her bir zon için yapılan standart deneylere göre; yapısal, dokusal özelliklerin ve deney sonuçlarının aa tipi bazalt lavında çok kısa aralıklarda, büyük oranlarda değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Deney sonuçlarının numune kayaklı değişimlerinin minimize edilebilmesi için, volkanik arazilerde yapısal ve dokusal özelliklerin çok kısa aralıklarda değişime uğradığından, arazi ve figüreden numune alımı daha çok önem kazanmaktadır.

Deney sonuçları, deneye tabi tutulan numune boyutlarına göre değişim göstermekte, numune boyutu küçülmesine bağlı yüzey alanının artması sebebiyle su emme, tane yoğunluğu, aşınma ve don kayıpları yükselmektedir. Bu değişimler numunenin mineralojik ve petrografik özelliklerine göre farklılık arz etmektedir.

Numunelerin boşluk oranları incelendiğinde, B zonunun minimum değer verdiği, A, C zonlarının farklı boşluk oranlarına ve karakteristiklerine sahip olduğu görülmüştür. İMAGE-J ile yapılan görüntü analizlerinde, toplam gözeneklilik değerleri deneysel olarak bulunan değerlerin eşleniklerini teyit etmiştir. Fakat buradaki çalışmalar sadece tek bir kayaç türünde yapıldığından kaynaklı, çalışmaların diğer kayaç türlerinde de yapılması ve üzerinde yeterli miktarda çalışılması gerekmektedir.

Su emme değerlerinde A zonunun maksimum değer verdiği, C zonunun ise gözenekli olmasına rağmen açık gözenek oranının düşük olmasından kaynaklı şartname sınırlarında kaldığı gözlenmiştir.

Los Angeles deneyinin balast ve balast altı malzemesinin teknik ömrünü belirleyen kirlilik endeksinin, malzemedan kaynaklı kısmının önceden belirlenmesinde kullanılabilceği tespit edilmiştir. Uygun kabul sınır değerleri verilmesi halinde malzeme seçim kriterlerine yeni bir kontrol parametresi olarak düşünülebilir.

Los Angeles deney sonrasında yapılan gözlemlerde A zonunda aşınma ağırlıklıyken B ve C zonunda numunelerde parçalanmaların egemen olduğu görülmektedir.

Los Angeles deneyi sonuç hesaplamalarında, standartlar arası farklılıklar tespit edilerek, TS EN 1097-2 standardında verilen formülün deney sonucunu oldukça etkileyen bir hataya sebep verebileceği tespit edilmiştir.

Don kaybı değerleri irdelendiğinde, A zonunun boşluk oranı ve alterasyonların fazla olması sebebiyle maksimum değer verdiği, C zonunun ise ikincil mineralizasyonlarının don deneyinden etkilendiği ve değeri yükselttiği gözlenmiştir.

Nokta yükleme indeksi deneyinde B zonunun maksimum direnç gösterdiği ve ayrıca anizotropi değeri olarak minimum değere sahip olduğu görülmektedir.

Tek eksenli deney sonuçlarına göre, B zonunun maksimum değere sahip olduğu, nokta yükleme değerinden hesaplanan tahmini tek eksenli basınç ve gerçek değerlerinin oranında ise numune karakteristiklerine göre farklı oranlara sahip olduğu tespit edilmiştir.

Ateşte kayıp (LOI) miktarına göre yapılan alterasyon analizlerinde, C zonu petrografik olarak daha az altere olmasına rağmen ikincil mineral dolgularından kaynaklı A zonundan daha yüksek değerler vermiştir.

Demiryollarında kullanılan balast ve balast altı şartnamelerinde istenilen anizotropi, alterasyon oranı ve gözeneklilik parametrelerinin deneysel olarak kontrol edilmediği görülmüştür. Şartnamelere sınır değerler verilmesi halinde I_{a50} , CIA ve LOI değerlerinin kayaçlarda balast ve balast altı malzemeler için kontrol kriteri olarak kullanılabilmesi tespit edilmiştir.

5.2. Öneriler

TCDD, TSE ve akademik kurumlardan oluşturulacak kurullar ile TCDD ve TSE standarttan kaynaklı sorunların çözümünde ve “Milli Demiryolu Agregat Standartların” oluşturulmasında, TCDD ve üniversiteler ise teknik şartnameden kaynaklı sorunların çözülmesinde çalıştaylar düzenleyerek, ülkemiz şartlarına uygun “Milli Demiryolu Teknik Şartnamesinin” oluşturulmasında yer alması gerekmektedir.

Balast ve balast altı malzemeleri üzerinde yapılan deneylerde, standartların numune boyutu büyüklüklerinin malzeme gradasyonunu karşılayamadığı görülmektedir. Ocak sahası kontrollerinde standart gereksinimleri izlenilmesi fakat üretim kontrollerinde figüreden alınan numunenin gradasyonu esas alınarak deney numunesi hazırlanması kalite kontrolü açısından daha doğru sonuçlar verecektir.

Balast ocağı olarak kullanılacak bölgelerden, üretimden önce sistematik olarak yapılacak mineralojik ve petrografik çalışmalarla, üretim bölgelerinin seçimi ve sınırlarının belirlenmesi üretimden sonra oluşabilecek sorunları minimize ederek hem zaman hem de iş gücü kayıplarını azaltıp ülke ekonomisine katkıda bulunacaktır. Bu kapsamda üretim öncesi, ocaktan elde edilen kayaç numunelerinin kabulü için yalnız tek bir rapor değil, ocak sahasında üretilecek olan ham maddenin rezervi ve arazide alterasyon ve günlenme sınırları belirlenip, bu sınırları dâhilinde yanal ve düşey olarak araştırma yapılması gereklidir.

Ülkemiz yağış don olaylarının görüldüğü bölgeler olarak birden fazla bölgeye ayrılmakta ve demiryollarının yük ve yolcu kapasite yoğunluğu her bölgede homojen dağılmamaktadır. Fakat ülke genelinde kullanılan demiryolu agregaları için yıllara göre değişim gösterecek şekilde tek bir teknik şartname hazırlanmakta ve buna göre kabulleri yapılmaktadır. Şartnamelerin yıllara göre değil yollara göre düzenlenmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- AASHTO-T-19, 2000, Bulk Density (Unit Weight) and Voids in Aggregate. United State, American Association of State and Highway Transportation Officials.
- AASHTO-T-84, 2008, Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate. United State, American Association of State Highway and Transportation Officials.
- AASHTO-T-85, 2014, Standard Method of Test for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate United State, American Association of State Highway and Transportation Officials.
- AASHTO-T-88, 2013, Standard Method of Test for Particle Size Analysis of Soils United State, American Association of State and Highway Transportation Officials.
- AASHTO-T-89-90, 2013, Standard Method of Test for Determining the Liquid Limit of Soils. United State, American Association of State and Highway Transportation Officials.
- AASHTO-T-96, 2006, Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine. United State, American Association of State Highway and Transportation Officials.
- AASHTO-T-103, 2008, Soundness of Aggregate by Freezing and Thawing. United State, American Association of State and Highway Transportation Officials.
- AASHTO-T-104, 1999, Standard Method of Test for Soundness of Aggregate by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate United State, American Association of State and Highway Transportation Officials.
- Akyürek, B., Duru, M., Sütçü, Y. F., Papak, İ., Şaroğlu, F., Pehlivan, N., Gönenç, O., Granit, S. ve Yaşar, T., 1997, 1:100.000 ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları, Ankara: MTA, Yayın No: 55.
- Alemu, A. Y., 2011, Survey of Railway Ballast Selection and Aspects of Modelling Techniques Stockholm.
- Asan, K., 2014, Alkali Basalts From the Elmadağ Volcanic Complex, Ankara (Central Anatolia, Turkey): A First-Order Petrological Evaluation, *ICMCME*, Phuket, Thailand.
- ASTM-C-29, 2017, Standard Test Method for Bulk Density (“Unit Weight”) and Voids in Aggregate. Philadelphia, American Society For Testing And Materials.
- ASTM-C-88, 1999, Standard test method Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate Philadelphia, American Society For Testing And Materials. C 88.
- ASTM-C-128, 2007, Standard test method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate. Philadelphia, American Society for Testing and Materials, . C 128.
- ASTM-C-131, 1996, Standard test method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine Philadelphia, American Society for Testing and Materials,. C 131.
- ASTM-C-142, 2017, Standard test method for Clay Lumps and Friable Particals in Aggregate. Philadelphia,, American Society for Testing and Materials, .
- ASTM-C-295, 1998, , Standard test method for Petrographic Examination of Aggregates for Concrete. Philadelphia, American Society for Testing and Materials. C 295.
- ASTM-C-535, 2003, Standard test method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine. Philadelphia, American Society for Testing and Materials,. C 535.

- ASTM-D-2434, 2000, Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head). Philadelphia, American Society For Testing And Materials.
- ASTM-D-2487, 2017, Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System). Philadelphia,, American Society for Testing and Materials,.
- ASTM-D-2938, 2005, Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Intact Rock Core Specimens Philadelphia, American Society For Testing And Materials.
- ASTM-D-5731, 2016, Standard Test Method for Determination of the Point Load Strength Index of Rock and Application to Rock Strength Classifications. Philadelphia, American Society For Testing And Materials.
- ASTM-D-7348, 2008, Standard Test Methods for Loss on Ignition (LOI) of Solid Combustion Residues. Philadelphia, American Society For Testing And Materials.
- Bach, D.-I. H. ve Veit, P., 2013 Evaluation of attrition tests for railway ballast TCDD, 2016. Balast Teknik Şartname. Ankara p.
- Bernhard Lichtberger, L., 2011, Demiryolu Cep Kitabı Altyapı, Üstyapı, Bakım, Ekonomiklik *Hamburg*, eurail press, p. P 32/400.
- Bezgin, Ö., N., 2017, Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği, *İstanbul*, İstanbul Üniversitesi, p.
- Bieniawski, Z. T., 1974, Estimation The strength of rock materials., *Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*,, 74, 312-320.
- Brace, W., 1961, Dependence of fracture strength of rocks on grain size. , *Proceedings of the Fourth Symposium on Rock Mechanics*,, 99-103.
- Broch, E. ve Franklin, J. A., 1972, The point load strength test., *International Journal of Rock Mechanics Mining Sciences and Geomechanical Abstracts*,, 9, 669-697.
- Çalgın, R., Ercan, T., Pehlivanoglu, H. ve Şengün, M., 1973, Ankara çevresi jeolojisi: (yayımlanmamış). *MTA- Enst.*, no 6487.
- Yüksel Proje, 2007. Demiryolları Malzeme, Yapım, Kontrol ve Bakım Onarım Teknik Esasları. Ankara p.
- Dönmez, M., Akçay, A. E., Kara, H., Yergök, A. F. ve Esentürk, K., 2008, 1:100.000 ölçekli Türkiye jeoloji haritaları, Ankara: MTA, Yayın No: XX.
- Erguvanlı, K., 1973. , Kayaçların mühendislik Özellikleri., *İstanbul*, İTÜ matbaası., p.
- Erol, O., 1961, Ankara bölgesinin tektonik gelişmesi: , *Türkiye Jeol- Kur. Bült*, 7, 57-58.
- Esveld, C., 2001, Modern Railway Track, p.
- Güleç, K., 1970, TAŞLARIN AYRIŞMASI VE AYRIŞMANIN ÖLÇÜLMESİ. , *Bilimsel Madencilik Dergisi*,, 9 17-26.
- Hoek E. ve Brown E.T., 1980, Underground excavations in rock, *Chapman & Hall*.
- Irvine, T. N. ve Baragar, W. R. A., 1971, A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks, *Canadian Journal of Earth Sciences*, 8 (5), 523-548.
- ISRM, 2006, The Complete ISRM Suggested Methods for Rock Characterization, Testing and Monitoring: 1974-2006, *Switzerland*, Springer International Publishing, p. 628.
- Le Bas, M. J., Le Maitre, R. W., Streckeisen, A. ve Zanettin, B., 1986, A Chemical Classification of Volcanic Rocks Based on the Total Alkali-Silica Diagram, *Journal of Petrology*, 27 (3), 745-750.
- Le Maitre, R. W., 2002, Igneous Rocks - A Classification and Glossary of Terms, Cambridge University Press.

- Mahtab Alitalesh, Mostafa Mollaali ve Mahmoud Yazdani, 2015, Correlation between uniaxial strength and point load index of rocks, *The 15. Asian Regional Conferans of Soil Mechanic and Geotectical Engineering*, 282-285.
- Mogi, K., 1966, some precise measurements of fracture strength of rocks under uniform compressive stress,, *Felsmechanik und Ingenieurgeologie*, 4, 55.
- Nesbiit H.W., Y. G. M., 1982, Early Proterozoic climates and platemotions inferred from major element chemistry of lutites. , , *Nature*299, 715–717.
- Pan, Z. P., Feng, X. T. ve Hudson, J. A., 2009, Study of Failure and Scale Effects in Rocks Under Uniaxial Compression Using 3D Cellular Automata, , *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 46, 674-685,.
- Pearce, J. A., 1996, A user's guide to basalt discrimination diagrams, In: Trace Element Geochemistry of Volcanic Rocks: Applications for massive sulphide exploration, Eds: Wyman, D. A., *Winnipeg: Geological Association of Canada*, p. 79-113.
- Price, N., 1960, The compressive strength of coal measure rocks, *Coll. Eng*, 283–292.
- Sabancı, A. ve Önal, M., 2018, Pazarcik (Kahramanmaraş) Ve Solhan (Bİngöl) Magmatiklerinin Demiryolu Balasti Olarak Kullanılabilirliği, *İnönü Üniversitesi*, Malatya, 67.
- Selig, E. T. ve Water, J. M., 1994, Track Geotechnology and Substructure Management,, London.
- Smorodinov MI, Motovilov EA ve VA., V., 1970, Determinations of correlation relationships between strength and some physical characteristics of rocks., *Proceedings of the Second Congress of the International Society of Rock Mechanics, Belgrade*;, vol. 2. , 35.
- Solak, B., 2012, Farklı piroklastik kayaların petrografik özelliklerinin mekanik özelliklerine etkisi, *Niğde Üniversitesi*, Niğde, 104.
- TCDD Yol Daairesi Başkanlığı, 2016. Ankara p.
- Tankut, A., 1985, Ankara dolaylarındaki Neojen yaşlı volkaniklerin jeokimyası., *TJK Bült.*, 28, 55-56.
- TS-699, 2009, Doğal Yapı Taşları - İnceleme ve Laboratuvar Deney Yöntemleri- Necatibey Caddesi, 112 Bakanlıklar/ANKARA, Türk Standardları Enstitüsü.
- TS-5694-EN-12670, 2004, Doğal Taşlar - Terimler ve tarifler Necatibey Caddesi, 112 Bakanlıklar/ANKARA, Türk Standardları Enstitüsü
- TS-7043-EN-13450/AC, 2004, Demiryolu Balastları İçin Agregalar Necatibey Caddesi, 112 Bakanlıklar/ANKARA, Türk Standardları Enstitüsü
- TS-10282, 1992, Magmatik kayalar - Mineralojik - Petrografik tayin metotları - Optik metot. Necatibey Caddesi, 112 Bakanlıklar/ANKARA, Türk Standardları Enstitüsü
- TS-EN-933-1, 2012, Agregaların geometrik özellikleri için deneyler Bölüm 1: Tane büyüklüğü dağılımının tayini - Eleme yöntemi. Necatibey Caddesi, 112 Bakanlıklar/ANKARA, Türk Standardları Enstitüsü
- TS-EN-933-3, 2012, Agregaların geometrik özellikleri için deneyler - Bölüm 3: Tane şekli tayini - Yassılık endeksi. Necatibey Caddesi, 112 Bakanlıklar/ANKARA, Necatibey Caddesi, 112 Bakanlıklar/ANKARA.
- TS-EN-933-4, 2012, Agregaların geometrik özellikleri için deneyler - Bölüm 4: Tane şeklinin tayini - Şekil endeksi. Necatibey Caddesi, 112 Bakanlıklar/ANKARA, Türk Standardları Enstitüsü
- TS-EN-1097-1, 2015, Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler Bölüm 1: Aşınmaya karşı direncin tayini (Mikro-deval). Necatibey Caddesi, 112 Bakanlıklar/ANKARA, Türk Standardları Enstitüsü

- TS-EN-1097-2, 2010a, Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler. Bölüm 2: Parçalanma direncinin tayini için yöntemler. Necatibey Caddesi, 112 Bakanlıklar/ANKARA, Türk Standardları Enstitüsü.
- TS-EN-1097-2, 2010b, Agregaların Mekanik Ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 2: Parçalanma Direncinin Tayini İçin Yöntemler Necatibey Caddesi, 112 Bakanlıklar/ANKARA, Türk Standardları Enstitüsü
- TS-EN-1097-2, 2010c, Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler ,. Bölüm 2: Parçalanma direncinin tayini için yöntemler. Necatibey Caddesi, 112 Bakanlıklar/ANKARA, Türk Standardları Enstitüsü
- TS-EN-1097-6, 2013, Agregaların Mekanik Ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 6: Tane Yoğunluğunun ve Su Emme Oranının Tayini Necatibey Caddesi, 112 Bakanlıklar/ANKARA, Türk Standardları Enstitüsü
- TS-EN-1367-1, 2009, Agregaların termal ve bozunma özellikleri için deneyler Bölüm 1: Donmaya ve çözülmeye karşı direncin tayini. Necatibey Caddesi, 112 Bakanlıklar/ANKARA, Türk Standardları Enstitüsü
- TS-EN-1367-2, 2011, Agregaların termal ve bozunma özellikleri için deneyler. Bölüm 2: Magnezyum sülfat deneyi. Necatibey Caddesi, 112 Bakanlıklar/ANKARA, Türk Standardları Enstitüsü
- TS-EN-1367-3, 2003, Agregaların termal ve bozunma özellikleri için deneyler. Bölüm 3: "Sonnenbrand bazalt" için kaynatma deneyi. Necatibey Caddesi, 112 Bakanlıklar/ANKARA, Türk Standardları Enstitüsü
- TS-EN-1744-1, 2013, Agregaların kimyasal özellikleri için deneyler. Bölüm 1: Kimyasal analiz. Necatibey Caddesi, 112 Bakanlıklar/ANKARA, Türk Standardları Enstitüsü
- TS-EN-1926, 2013, Doğal taşlar - Deney yöntemleri - Tek eksenli basınç dayanımı tayini. Necatibey Caddesi, 112 Bakanlıklar/ANKARA, Türk Standardları Enstitüsü
- TS-EN-1936, 2010, Doğal taşlar - Deney yöntemleri - Gerçek yoğunluk, görünür yoğunluk, toplam ve açık gözeneklilik tayini. Necatibey Caddesi, 112 Bakanlıklar/ANKARA, Türk Standardları Enstitüsü
- TS-EN-10088-EN-932-3, 1997, Agregaların Genel Özellikleri İçin Deneyler Kısım-3: Basitleştirilmiş Petrografik Tanımlama İçin İşlem ve Terminoloji Necatibey Caddesi, 112 Bakanlıklar/ANKARA, Türk Standardları Enstitüsü
- TS-EN-12371, 2011, Doğal Taşlar - Deney Yöntemleri Dona Dayanım Deneyleri Necatibey Caddesi, 112 Bakanlıklar/ANKARA, Türk Standardları Enstitüsü
- TS-EN-12407, 2013, Doğal Taşlar - Deney Yöntemleri. Petrografik İnceleme. Necatibey Caddesi, 112 Bakanlıklar/ANKARA, Türk Standardları Enstitüsü
- TS-EN-13755, 2014, Doğal taşlar - Deney yöntemleri Atmosfer Basıncında Su Emme Tayini Necatibey Caddesi, 112 Bakanlıklar/ANKARA, Türk Standardları Enstitüsü
- TS-EN-ISO-14689, 2018, Geoteknik etüt ve deneyler - Kayaçların tanımlanması, tarif edilmesi ve sınıflandırılması. Necatibey Caddesi, 112 Bakanlıklar/ANKARA, Türk Standardları Enstitüsü
- TTK, 2015. Teknik şartname. Zonguldak p. 3.
- Tuğrul A. ve I.H, Z., 1999, Correlation of mineralogical and textural characteristics with engineering properties of selected granitic rocks from Turkey, *Engineering Geology*, 51-4.
- Tuncay, E. ve Hasançebi, N., 2009, the effect of length to diameter ratio of test specimen on uniaxial compressive strength of rock,, *Bulletin of Engineering Geology and Environment*., 491-497.

- Tuncay, E., Tunar Özcan ve Kalender, A., 2015, tek eksenli sıkışma dayanımı deneyinde örneğin boy/çap oranının belirlenmesi için yeni bir yaklaşım,, *Ulusal Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu*.
- TCDD, 2008. Demiryolu Hatları için Hat Yatağı ve Zemin Çalışmaları (Çeviri). Ankara P.
- Üzgün A. F. ve TUNCAY E., 2017, Tek Eksenli Sıkışma Dayanımının Farklı Boy/Çap Oranlarındaki Örneklerden Belirlenmesi Yaklaşımının Değerlendirilmesi, *Hacettepe Üniversitesi*, 108.
- Yamaguchi, U., 1970, The number of test pieces required to determine the strength of rock. *, Int J Rock Mech Min Sci* 209.



EKLER**EK-1** Balast boyutu (40- 63 mm) su emme değerleri ve istatistiksel analizi

Su Emme Oranı Tayini Deneyi Balast Boyutu (40- 63 mm) (%) Değerleri ve İstatistiksel Analizi											
A Zonu				B Zonu				C Zonu			
Deney No	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2	Deney No	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2	Deney No	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2
D1	5.424	0.0	0.000	D1	0.245	0.1	0.000	D1	1.055	-1.4	0.010
D2	5.519	1.7	0.009	D2	0.266	1.0	0.001	D2	1.192	0.5	0.001
D3	5.457	0.6	0.001	D3	0.246	0.1	0.000	D3	1.058	-1.3	0.009
D4	5.438	0.2	0.000	D4	0.221	-1.0	0.001	D4	1.075	-1.1	0.006
D5	5.337	-1.6	0.008	D5	0.228	-0.7	0.000	D5	1.150	-0.1	0.000
D6	5.441	0.3	0.000	D6	0.222	-0.9	0.000	D6	1.245	1.2	0.008
D7	5.378	-0.9	0.002	D7	0.252	0.4	0.000	D7	1.221	0.9	0.004
D8	5.360	-1.2	0.004	D8	0.212	-1.4	0.001	D8	1.120	-0.5	0.001
D9	5.430	0.0	0.000	D9	0.256	0.6	0.000	D9	1.223	0.9	0.005
D10	5.483	1.0	0.003	D10	0.285	1.8	0.002	D10	1.212	0.8	0.003

Ortalama	5.427
Standart Hata	0.018
Ortanca	5.434
RSD	0.010
% RSD	1.025
Standart Sapma	0.056
Örnek Varyans	0.003
Σ Varyans	0.028
Basıklık	-0.372
Çarpıklık	-0.106
Aralık	0.182
En Büyük	5.519
En Küçük	5.337
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.040

Ortalama	0.243
Standart Hata	0.007
Ortanca	0.246
RSD	0.094
% RSD	9.424
Standart Sapma	0.023
Örnek Varyans	0.001
Σ Varyans	0.005
Basıklık	-0.475
Çarpıklık	0.378
Aralık	0.073
En Büyük	0.285
En Küçük	0.212
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.016

Ortalama	1.155
Standart Hata	0.023
Ortanca	1.171
RSD	0.064
% RSD	6.368
Standart Sapma	0.074
Örnek Varyans	0.005
Σ Varyans	0.049
Basıklık	-1.736
Çarpıklık	-0.319
Aralık	0.190
En Büyük	1.245
En Küçük	1.055
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.053

EK-2 Agrega boyutu (10-14 mm) su emme değerleri ve istatistiksel analizi

Su Emme Oranının Tayini Deneyi Agrega boyutu (10-14 mm) (%) Değerleri ve İstatistiksel Analizi											
A Zonu				B Zonu				C Zonu			
Deney No	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2	Deney No	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2	Deney No	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2
D1	3.947	0.8	0.004	D1	0.375	0.2	0.000	D1	2.166	0.0	0.000
D2	3.815	-0.9	0.005	D2	0.416	1.0	0.003	D2	2.190	0.3	0.000
D3	3.863	-0.3	0.000	D3	0.360	-0.1	0.000	D3	2.206	0.5	0.001
D4	3.941	0.7	0.003	D4	0.380	0.3	0.000	D4	2.292	1.6	0.015
D5	3.999	1.5	0.013	D5	0.342	-0.5	0.001	D5	2.072	-1.3	0.010
D6	3.985	1.3	0.010	D6	0.296	-1.4	0.005	D6	2.186	0.2	0.000
D7	3.814	-0.9	0.005	D7	0.376	0.2	0.000	D7	2.067	-1.4	0.010
D8	3.882	0.0	0.000	D8	0.275	-1.8	0.008	D8	2.126	-0.6	0.002
D9	3.831	-0.7	0.003	D9	0.432	1.3	0.004	D9	2.266	1.3	0.009
D10	3.777	-1.4	0.012	D10	0.406	0.8	0.002	D10	2.125	-0.6	0.002

Ortalama	3.885
Standart Hata	0.025
Ortanca	3.872
RSD	0.020
% RSD	2.010
Standart Sapma	0.078
Örnek Varyans	0.006
∑ Varyans	0.055
Basıklık	-1.502
Çarpıklık	0.203
Aralık	0.221
En Büyük	3.999
En Küçük	3.777
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.056

Ortalama	0.366
Standart Hata	0.016
Ortanca	0.376
RSD	0.137
% RSD	13.730
Standart Sapma	0.050
Örnek Varyans	0.003
∑ Varyans	0.023
Basıklık	-0.177
Çarpıklık	-0.683
Aralık	0.157
En Büyük	0.432
En Küçük	0.275
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.036

Ortalama	2.170
Standart Hata	0.024
Ortanca	2.176
RSD	0.034
% RSD	3.438
Standart Sapma	0.075
Örnek Varyans	0.006
∑ Varyans	0.050
Basıklık	-0.683
Çarpıklık	0.201
Aralık	0.224
En Büyük	2.292
En Küçük	2.067
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.053

EK-3 Agrega boyutu (0.063-04 mm) su emme oranı değerleri ve istatistiksel analizi

Su Emme Oranının Tayini Deneyi Agrega boyutu (0.063-04 mm) (%) Değerleri ve İstatistiksel Analizi											
A Zonu				B Zonu				C Zonu			
Deney No	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2	Deney No	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2	Deney No	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2
D1	2.779	-1.0	0.009	D1	0.693	-0.9	0.005	D1	2.753	1.3	0.010
D2	2.854	-0.2	0.000	D2	0.908	1.8	0.020	D2	2.583	-0.9	0.005
D3	2.896	0.2	0.000	D3	0.768	0.0	0.000	D3	2.752	1.3	0.010
D4	2.939	0.6	0.004	D4	0.722	-0.6	0.002	D4	2.564	-1.1	0.008
D5	2.719	-1.6	0.025	D5	0.857	1.2	0.008	D5	2.741	1.1	0.008
D6	2.820	-0.6	0.003	D6	0.844	1.0	0.006	D6	2.671	0.2	0.000
D7	2.861	-0.2	0.000	D7	0.711	-0.7	0.003	D7	2.589	-0.8	0.004
D8	3.069	2.0	0.037	D8	0.665	-1.3	0.010	D8	2.561	-1.2	0.008
D9	2.935	0.6	0.004	D9	0.731	-0.4	0.001	D9	2.683	0.4	0.001
D10	2.888	0.1	0.000	D10	0.761	-0.1	0.000	D10	2.623	-0.4	0.001

Ortalama	2.876
Standart Hata	0.030
Ortanca	2.875
RSD	0.033
% RSD	3.346
Standart Sapma	0.096
Örnek Varyans	0.009
∑ Varyans	0.083
Basıklık	1.090
Çarpıklık	0.419
Aralık	0.350
En Büyük	3.069
En Küçük	2.719
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.069

Ortalama	0.766
Standart Hata	0.025
Ortanca	0.746
RSD	0.103
% RSD	10.310
Standart Sapma	0.079
Örnek Varyans	0.006
∑ Varyans	0.056
Basıklık	-0.654
Çarpıklık	0.672
Aralık	0.243
En Büyük	0.908
En Küçük	0.665
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.056

Ortalama	2.652
Standart Hata	0.025
Ortanca	2.647
RSD	0.030
% RSD	2.952
Standart Sapma	0.078
Örnek Varyans	0.006
∑ Varyans	0.055
Basıklık	-1.794
Çarpıklık	0.211
Aralık	0.193
En Büyük	2.753
En Küçük	2.561
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.056

EK-4 Atmosfer Basıncında Su Emme Karot Boyutu ($D \approx 45$, $L \approx 90$ mm) Değerleri ve İstatistiksel Analizi

Atmosfer Basıncında Su Emme Karot Boyutu ($D \approx 45$, $L \approx 90$ mm) (%) Değerleri ve İstatistiksel Analizi											
A Zonu				B Zonu				C Zonu			
Deney No	Sonuç	Z Skoru	($\bar{X} - X_{ort}$) ²	Deney No	Sonuç	Z Skoru	($\bar{X} - X_{ort}$) ²	Deney No	Sonuç	Z Skoru	($\bar{X} - X_{ort}$) ²
D1	6.227	2.8	1.693	D1	0.304	-0.7	0.003	D1	1.675	-0.4	0.001
D2	4.845	-0.2	0.007	D2	0.292	-0.8	0.004	D2	1.632	-1.0	0.006
D3	4.809	-0.3	0.014	D3	0.475	1.5	0.014	D3	1.604	-1.4	0.010
D4	4.854	-0.2	0.005	D4	0.300	-0.7	0.003	D4	1.794	1.2	0.008
D5	4.711	-0.5	0.046	D5	0.298	-0.8	0.004	D5	1.767	0.8	0.004
D6	4.852	-0.2	0.006	D6	0.309	-0.6	0.002	D6	1.796	1.2	0.008
D7	4.679	-0.5	0.061	D7	0.364	0.1	0.000	D7	1.602	-1.4	0.011
D8	4.858	-0.1	0.005	D8	0.444	1.1	0.007	D8	1.737	0.4	0.001
D9	4.615	-0.7	0.097	D9	0.306	-0.7	0.003	D9	1.697	-0.1	0.000
D10	4.813	-0.2	0.013	D10	0.489	1.6	0.017	D10	1.762	0.7	0.003

Ortalama	4.926
Standart Hata	0.147
Ortanca	4.829
RSD	0.094
% RSD	9.439
Standart Sapma	0.465
Örnek Varyans	0.216
\sum Varyans	1.946
Basıklık	9.114
Çarpıklık	2.960
Aralık	1.612
En Büyük	6.227
En Küçük	4.615
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.333

Ortalama	0.358
Standart Hata	0.025
Ortanca	0.307
RSD	0.224
% RSD	22.351
Standart Sapma	0.080
Örnek Varyans	0.006
\sum Varyans	0.058
Basıklık	-1.147
Çarpıklık	0.909
Aralık	0.197
En Büyük	0.489
En Küçük	0.292
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.057

Ortalama	1.707
Standart Hata	0.024
Ortanca	1.717
RSD	0.044
% RSD	4.432
Standart Sapma	0.076
Örnek Varyans	0.006
\sum Varyans	0.051
Basıklık	-1.613
Çarpıklık	-0.273
Aralık	0.194
En Büyük	1.796
En Küçük	1.602
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.054

EK-5 Etüv Kuru Tane Yoğunluğu Balast Boyutu (40-63 mm) Değerleri ve İstatistiksel Analizi.

Etüv Kuru Tane Yoğunluğu Balast Boyutu (40-63 mm) Değerleri (Mg/m ³) ve İstatistiksel Analizi.											
A Zonu				B Zonu				C Zonu			
Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2	Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2	Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2
D1	2.232	-1.1	0.000	D1	2.582	-0.6	0.000	D1	2.626	0.5	0.000
D2	2.238	0.3	0.000	D2	2.581	-0.7	0.000	D2	2.621	-0.2	0.000
D3	2.233	-1.0	0.000	D3	2.587	-0.2	0.000	D3	2.616	-1.0	0.000
D4	2.236	-0.2	0.000	D4	2.593	0.4	0.000	D4	2.616	-0.9	0.000
D5	2.235	-0.4	0.000	D5	2.603	1.4	0.000	D5	2.612	-1.6	0.000
D6	2.231	-1.4	0.000	D6	2.594	0.5	0.000	D6	2.633	1.6	0.000
D7	2.239	0.4	0.000	D7	2.578	-1.0	0.000	D7	2.624	0.3	0.000
D8	2.245	1.8	0.000	D8	2.605	1.5	0.000	D8	2.624	0.2	0.000
D9	2.240	0.7	0.000	D9	2.571	-1.6	0.000	D9	2.631	1.3	0.000
D10	2.241	0.8	0.000	D10	2.589	0.1	0.000	D10	2.622	-0.1	0.000

Ortalama	2.237
Standart Hata	0.001
Ortanca	2.237
RSD	0.002
% RSD	0.195
Standart Sapma	0.004
Örnek Varyans	0.000
Σ Varyans	0.000
Basıklık	-0.564
Çarpıklık	0.252
Aralık	0.014
En Büyük	2.245
En Küçük	2.231
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.003

Ortalama	2.588
Standart Hata	0.003
Ortanca	2.588
RSD	0.004
% RSD	0.414
Standart Sapma	0.011
Örnek Varyans	0.000
Σ Varyans	0.001
Basıklık	-0.694
Çarpıklık	0.147
Aralık	0.033
En Büyük	2.605
En Küçük	2.571
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.008

Ortalama	2.622
Standart Hata	0.002
Ortanca	2.623
RSD	0.003
% RSD	0.252
Standart Sapma	0.007
Örnek Varyans	0.000
Σ Varyans	0.000
Basıklık	-0.518
Çarpıklık	0.109
Aralık	0.021
En Büyük	2.633
En Küçük	2.612
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.005

EK-6 Etüv Kuru Tane Yoğunluğu Balast Boyutu (10-14 mm) Değerleri ve İstatistiksel Analizi.

Etüv Kuru Tane Yoğunluğu Balast Boyutu (10-14 mm) Değerleri (Mg/m^3) ve İstatistiksel Analizi.											
A Zonu				B Zonu				C Zonu			
Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2	Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2	Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2
D1	2.406	0.0	0.000	D1	2.579	-1.2	0.000	D1	2.634	1.0	0.000
D2	2.412	1.2	0.000	D2	2.600	1.2	0.000	D2	2.623	-0.4	0.000
D3	2.408	0.4	0.000	D3	2.580	-1.1	0.000	D3	2.631	0.6	0.000
D4	2.401	-1.0	0.000	D4	2.595	0.6	0.000	D4	2.628	0.2	0.000
D5	2.401	-1.1	0.000	D5	2.582	-0.9	0.000	D5	2.629	0.4	0.000
D6	2.399	-1.4	0.000	D6	2.603	1.6	0.000	D6	2.630	0.5	0.000
D7	2.404	-0.4	0.000	D7	2.584	-0.7	0.000	D7	2.637	1.4	0.000
D8	2.406	-0.1	0.000	D8	2.592	0.3	0.000	D8	2.622	-0.6	0.000
D9	2.415	1.7	0.000	D9	2.585	-0.5	0.000	D9	2.614	-1.7	0.000
D10	2.409	0.6	0.000	D10	2.594	0.5	0.000	D10	2.616	-1.4	0.000

Ortalama	2.406
Standart Hata	0.002
Ortanca	2.406
RSD	0.002
% RSD	0.208
Standart Sapma	0.005
Örnek Varyans	0.000
Σ Varyans	0.000
Basıklık	0.760
Çarpıklık	0.313
Aralık	0.015
En Büyük	2.415
En Küçük	2.399
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.004

Ortalama	2.589
Standart Hata	0.003
Ortanca	2.589
RSD	0.003
% RSD	0.328
Standart Sapma	0.008
Örnek Varyans	0.000
Σ Varyans	0.001
Basıklık	1.337
Çarpıklık	0.313
Aralık	0.024
En Büyük	2.603
En Küçük	2.579
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.006

Ortalama	2.627
Standart Hata	0.002
Ortanca	2.629
RSD	0.003
% RSD	0.289
Standart Sapma	0.008
Örnek Varyans	0.000
Σ Varyans	0.001
Basıklık	0.648
Çarpıklık	0.469
Aralık	0.024
En Büyük	2.637
En Küçük	2.614
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.005

EK-7 Agrega Etüv Kurusu Tane Yoğunluğu Balast Boyutu (0.063-04 mm) Değerleri ve İstatistiksel Analizi.

Agrega Etüv Kurusu Tane Yoğunluğu Balast Boyutu (0.063-04 mm) Değerleri (Mg/m ³) ve İstatistiksel Analizi.											
A Zonu				A Zonu				C Zonu			
Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort) ²	Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort) ²	Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort) ²
D1	2.387	-1.7	0.012	D1	2.588	-1.5	0.000	D1	2.642	0.0	0.000
D2	2.366	-2.0	0.017	D2	2.601	-0.1	0.000	D2	2.653	1.6	0.000
D3	2.529	0.5	0.001	D3	2.610	1.1	0.000	D3	2.641	-0.2	0.000
D4	2.533	0.6	0.001	D4	2.590	-1.3	0.000	D4	2.638	-0.6	0.000
D5	2.521	0.4	0.001	D5	2.591	-1.2	0.000	D5	2.633	-1.4	0.000
D6	2.538	0.6	0.002	D6	2.603	0.2	0.000	D6	2.635	-1.0	0.000
D7	2.507	0.2	0.000	D7	2.606	0.6	0.000	D7	2.640	-0.3	0.000
D8	2.502	0.1	0.000	D8	2.609	0.9	0.000	D8	2.644	0.4	0.000
D9	2.546	0.8	0.003	D9	2.604	0.3	0.000	D9	2.652	1.6	0.000
D10	2.534	0.6	0.001	D10	2.609	1.0	0.000	D10	2.641	-0.1	0.000

Ortalama	2.496
Standart Hata	0.020
Ortanca	2.525
RSD	0.026
% RSD	2.593
Standart Sapma	0.065
Örnek Varyans	0.004
∑ Varyans	0.038
Basıklık	1.185
Çarpıklık	-1.618
Aralık	0.180
En Büyük	2.546
En Küçük	2.366
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.046

Ortalama	2.601
Standart Hata	0.003
Ortanca	2.604
RSD	0.003
% RSD	0.324
Standart Sapma	0.008
Örnek Varyans	0.000
∑ Varyans	0.001
Basıklık	-1.344
Çarpıklık	-0.607
Aralık	0.022
En Büyük	2.610
En Küçük	2.588
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.006

Ortalama	2.642
Standart Hata	0.002
Ortanca	2.641
RSD	0.002
% RSD	0.244
Standart Sapma	0.006
Örnek Varyans	0.000
∑ Varyans	0.000
Basıklık	-0.120
Çarpıklık	0.674
Aralık	0.019
En Büyük	2.653
En Küçük	2.633
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.005

EK-8 Görünür Yoğunluk Deneyi Karot Boyutu ($D \approx 45$, $L \approx 90$ mm) Değerleri ve İstatistiksel Analizi

Görünür Yoğunluk Deneyi Karot Boyutu ($D \approx 45$, $L \approx 90$ mm) (g/cm^3) Değerleri ve İstatistiksel Analizi											
A Zonu				B Zonu				C Zonu			
Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X- Xort) ²	Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X- Xort) ²	Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X- Xort) ²
D1	2.152	-1.9	0.005	D1	2.586	-1.5	0.000	D1	2.622	-0.8	0.000
D2	2.185	-1.0	0.001	D2	2.608	1.3	0.000	D2	2.626	-0.4	0.000
D3	2.253	0.9	0.001	D3	2.601	0.4	0.000	D3	2.647	1.8	0.000
D4	2.202	-0.5	0.000	D4	2.598	0.1	0.000	D4	2.622	-0.7	0.000
D5	2.195	-0.7	0.001	D5	2.593	-0.6	0.000	D5	2.643	1.3	0.000
D6	2.234	0.4	0.000	D6	2.588	-1.3	0.000	D6	2.616	-1.4	0.000
D7	2.254	1.0	0.001	D7	2.596	-0.3	0.000	D7	2.625	-0.5	0.000
D8	2.238	0.5	0.000	D8	2.610	1.6	0.000	D8	2.631	0.2	0.000
D9	2.231	0.3	0.000	D9	2.602	0.5	0.000	D9	2.637	0.7	0.000
D10	2.261	1.1	0.002	D10	2.596	-0.2	0.000	D10	2.628	-0.2	0.000

Ortalama	2.220
Standart Hata	0.011
Ortanca	2.233
RSD	0.016
% RSD	1.602
Standart Sapma	0.036
Örnek Varyans	0.001
Σ Varyans	0.011
Basıklık	-0.296
Çarpıklık	-0.751
Aralık	0.109
En Büyük	2.261
En Küçük	2.152
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.025

Ortalama	2.598
Standart Hata	0.002
Ortanca	2.597
RSD	0.003
% RSD	0.299
Standart Sapma	0.008
Örnek Varyans	0.000
Σ Varyans	0.001
Basıklık	-0.459
Çarpıklık	0.104
Aralık	0.025
En Büyük	2.610
En Küçük	2.586
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.006

Ortalama	2.630
Standart Hata	0.003
Ortanca	2.627
RSD	0.004
% RSD	0.377
Standart Sapma	0.010
Örnek Varyans	0.000
Σ Varyans	0.001
Basıklık	-0.433
Çarpıklık	0.613
Aralık	0.032
En Büyük	2.647
En Küçük	2.616
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.007

EK-9 MgSO₄ Don Kaybı Balast Boyutu (31.5-50 mm) Değerleri ve İstatistiksel Analizi

MgSO ₄ Don Kaybı Balast Boyutu (31.5-50 mm) Değerleri (%) ve İstatistiksel Analizi											
A Zonu				B Zonu				C Zonu			
Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2	Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2	Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2
D1	31.562	-0.6	0.735	D1	0.498	-1.6	0.190	D1	5.915	0.8	0.216
D2	32.284	-0.1	0.018	D2	0.589	-1.2	0.119	D2	6.441	1.6	0.982
D3	34.251	1.4	3.357	D3	1.186	0.9	0.064	D3	6.043	1.0	0.352
D4	33.307	0.7	0.788	D4	0.841	-0.3	0.009	D4	4.554	-1.5	0.803
D5	32.646	0.2	0.052	D5	1.029	0.3	0.009	D5	5.281	-0.3	0.028
D6	31.656	-0.6	0.582	D6	1.376	1.6	0.196	D6	5.598	0.2	0.022
D7	30.013	-1.8	5.788	D7	0.759	-0.6	0.030	D7	4.710	-1.2	0.547
D8	33.821	1.0	1.966	D8	1.206	1.0	0.074	D8	5.767	0.5	0.100
D9	31.053	-1.0	1.865	D9	0.970	0.1	0.001	D9	5.050	-0.7	0.160
D10	33.595	0.9	1.383	D10	0.882	-0.2	0.003	D10	5.139	-0.5	0.096

Ortalama	32.419
Standart Hata	0.429
Ortanca	32.465
RSD	0.042
% RSD	4.181
Standart Sapma	1.355
Örnek Varyans	1.837
∑ Varyans	16.534
Basıklık	-0.748
Çarpıklık	-0.351
Aralık	4.238
En Büyük	34.251
En Küçük	30.013
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.970

Ortalama	0.934
Standart Hata	0.088
Ortanca	0.926
RSD	0.298
% RSD	29.763
Standart Sapma	0.278
Varyans	0.077
∑ Varyans	0.695
Basıklık	-0.704
Çarpıklık	-0.040
Aralık	0.878
En Büyük	1.376
En Küçük	0.498
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.199

Ortalama	5.450
Standart Hata	0.192
Ortanca	5.440
RSD	0.111
% RSD	11.122
Standart Sapma	0.606
Varyans	0.367
∑ Varyans	3.306
Basıklık	-0.903
Çarpıklık	0.059
Aralık	1.887
En Büyük	6.441
En Küçük	4.554
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.434

EK-10 MgSO₄ Don Kaybı Agrega Boyutu (10-14 mm) Değerleri ve İstatistiksel Analizi

MgSO ₄ Don Kaybı Agrega Boyutu (10-14 mm) Değerleri (%) ve İstatistiksel Analizi											
A Zonu				B Zonu				C Zonu			
Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2	Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2	Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2
D1	57.870	0.0	0.000	D1	1.712	1.3	0.098	D1	9.517	0.4	0.105
D2	57.476	-0.3	0.140	D2	1.630	1.0	0.054	D2	10.117	1.1	0.855
D3	55.976	-1.4	3.515	D3	1.233	-0.7	0.028	D3	8.125	-1.2	1.140
D4	58.687	0.6	0.700	D4	1.344	-0.2	0.003	D4	9.520	0.4	0.107
D5	57.045	-0.6	0.648	D5	1.065	-1.4	0.112	D5	10.676	1.7	2.199
D6	58.977	0.8	1.268	D6	1.484	0.4	0.007	D6	9.459	0.3	0.071
D7	59.987	1.5	4.567	D7	1.576	0.8	0.031	D7	9.369	0.2	0.031
D8	55.779	-1.5	4.291	D8	1.144	-1.1	0.065	D8	8.172	-1.2	1.043
D9	59.272	1.0	2.022	D9	1.187	-0.9	0.045	D9	8.603	-0.7	0.347
D10	57.435	-0.3	0.172	D10	1.615	0.9	0.047	D10	8.369	-1.0	0.679

Ortalama	57.850
Standart Hata	0.439
Ortanca	57.673
RSD	0.024
% RSD	2.398
Standart Sapma	1.387
Örnek Varyans	1.925
∑ Varyans	17.324
Basıklık	-0.906
Çarpıklık	-0.077
Aralık	4.209
En Büyük	59.987
En Küçük	55.779
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.992

Ortalama	1.399
Standart Hata	0.074
Ortanca	1.414
RSD	0.167
% RSD	16.667
Standart Sapma	0.233
Örnek Varyans	0.054
∑ Varyans	0.489
Basıklık	-1.741
Çarpıklık	-0.098
Aralık	0.647
En Büyük	1.712
En Küçük	1.065
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.167

Ortalama	9.193
Standart Hata	0.270
Ortanca	9.414
RSD	0.093
% RSD	9.299
Standart Sapma	0.855
Örnek Varyans	0.731
∑ Varyans	6.577
Basıklık	-0.839
Çarpıklık	0.245
Aralık	2.551
En Büyük	10.676
En Küçük	8.125
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.612

EK-11 MgSO₄ Don Kaybı Agrega Boyutu (5-6.3 mm) Değerleri ve İstatistiksel Analizi

MgSO ₄ Don Kaybı Agrega Boyutu (5-6.3 mm) Değerleri (%) ve İstatistiksel Analizi											
A Zonu				B Zonu				C Zonu 5-6.3			
Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2	Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2	Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2
D1	68.55	-0.1	0.321	D1	1.31	-0.7	0.140	D1	15.04	1.2	4.086
D2	64.55	-0.7	20.850	D2	2.13	0.8	0.196	D2	12.42	-0.4	0.359
D3	73.75	0.7	21.526	D3	2.07	0.7	0.143	D3	11.04	-1.2	3.923
D4	69.01	0.0	0.010	D4	1.81	0.2	0.015	D4	12.20	-0.5	0.681
D5	60.87	-1.3	67.893	D5	1.52	-0.3	0.027	D5	15.22	1.3	4.810
D6	69.94	0.1	0.690	D6	1.06	-1.1	0.398	D6	11.79	-0.7	1.510
D7	62.83	-1.0	39.554	D7	2.44	1.4	0.561	D7	14.67	1.0	2.715
D8	77.94	1.4	77.877	D8	1.00	-1.2	0.478	D8	10.91	-1.3	4.449
D9	80.01	1.7	118.816	D9	1.15	-1.0	0.291	D9	14.60	0.9	2.496
D10	63.68	-0.8	29.525	D10	2.40	1.3	0.505	D10	12.32	-0.4	0.488

Ortalama	69.11
Standart Hata	2.047
Ortanca	68.78
RSD	0.09
% RSD	9.37
Standart Sapma	6.47
Örnek Varyans	41.90
Σ Varyans	377.06
Basıklık	-0.84
Çarpıklık	0.52
Aralık	19.14
En Büyük	80.01
En Küçük	60.87
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	4.630

Ortalama	1.69
Standart Hata	0.175
Ortanca	1.67
RSD	0.33
% RSD	32.76
Standart Sapma	0.55
Örnek Varyans	0.31
Σ Varyans	2.75
Basıklık	-1.73
Çarpıklık	0.10
Aralık	1.44
En Büyük	2.44
En Küçük	1.00
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.396

Ortalama	13.02
Standart Hata	0.532
Ortanca	12.37
RSD	0.13
% RSD	12.93
Standart Sapma	1.68
Örnek Varyans	2.84
Σ Varyans	25.52
Basıklık	-1.85
Çarpıklık	0.21
Aralık	4.30
En Büyük	15.22
En Küçük	10.91
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	1.205

EK-12 MgSO₄ Don Kaybı Agrega Boyutu (3.35-5 mm) Değerleri ve İstatistiksel Analizi

MgSO ₄ Don Kaybı Agrega Boyutu (3.35-5 mm) Değerleri (%) ve İstatistiksel Analizi											
A Zonu				B Zonu				C Zonu			
Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2	Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2	Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2
D1	88.23	1.4	41.392	D1	1.24	-1.7	0.564	D1	16.50	0.7	0.904
D2	74.30	-1.6	56.274	D2	2.13	0.3	0.020	D2	13.40	-1.5	4.643
D3	83.50	0.4	2.893	D3	1.92	-0.2	0.005	D3	14.45	-0.8	1.224
D4	77.76	-0.9	16.305	D4	2.52	1.2	0.277	D4	14.40	-0.8	1.322
D5	86.09	0.9	18.420	D5	2.34	0.8	0.123	D5	16.18	0.4	0.394
D6	83.13	0.3	1.766	D6	2.38	0.9	0.147	D6	17.21	1.1	2.736
D7	80.45	-0.3	1.828	D7	1.47	-1.2	0.278	D7	17.79	1.5	5.001
D8	85.30	0.7	12.295	D8	1.70	-0.7	0.084	D8	15.70	0.1	0.021
D9	84.12	0.5	5.396	D9	2.40	0.9	0.166	D9	13.99	-1.1	2.434
D10	75.10	-1.4	44.790	D10	1.82	-0.4	0.029	D10	15.91	0.2	0.128

Ortalama	81.797
Standart Hata	1.496
Ortanca	83.31
RSD	0.058
% RSD	5.783
Standart Sapma	4.730
Örnek Varyans	22.373
∑ Varyans	201.36
Basıklık	-0.988
Çarpıklık	-0.501
Aralık	13.935
En Büyük	88.231
En Küçük	74.296
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	3.384

Ortalama	1.994
Standart Hata	0.137
Ortanca	2.03
RSD	0.218
% RSD	21.757
Standart Sapma	0.434
Örnek Varyans	0.188
∑ Varyans	1.69
Basıklık	-0.980
Çarpıklık	-0.482
Aralık	1.278
En Büyük	2.520
En Küçük	1.243
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.310

Ortalama	15.552
Standart Hata	0.457
Ortanca	15.80
RSD	0.093
% RSD	9.295
Standart Sapma	1.446
Örnek Varyans	2.090
∑ Varyans	18.81
Basıklık	-1.130
Çarpıklık	0.009
Aralık	4.391
En Büyük	17.788
En Küçük	13.397
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	1.034

EK-13 Na₂SO₄ Don Kaybı Agrega Boyutu (9.5-19 mm) Değerleri ve İstatistiksel Analizi

Na ₂ SO ₄ Don Kaybı Agrega Boyutu (9.5-19 mm) Değerleri (%) ve İstatistiksel Analizi											
A Zonu				B Zonu				C Zonu			
Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2	Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2	Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2
D1	33.050	-0.9	0.164	D1	0.095	0.7	0.000	D1	1.393	1.6	0.056
D2	34.055	1.3	0.360	D2	0.075	-1.0	0.000	D2	1.328	1.1	0.029
D3	32.942	-1.1	0.263	D3	0.085	-0.2	0.000	D3	1.239	0.6	0.007
D4	33.491	0.1	0.001	D4	0.101	1.3	0.000	D4	1.133	-0.2	0.001
D5	33.964	1.1	0.259	D5	0.066	-1.8	0.000	D5	1.257	0.7	0.010
D6	32.780	-1.5	0.456	D6	0.101	1.2	0.000	D6	1.213	0.4	0.003
D7	33.188	-0.6	0.071	D7	0.084	-0.2	0.000	D7	0.991	-1.1	0.027
D8	34.042	1.3	0.344	D8	0.089	0.2	0.000	D8	1.001	-1.0	0.024
D9	33.425	-0.1	0.001	D9	0.093	0.6	0.000	D9	0.981	-1.2	0.031
D10	33.612	0.3	0.025	D10	0.078	-0.8	0.000	D10	1.027	-0.9	0.017

Ortalama	33.455
Standart Hata	0.147
Ortanca	33.458
RSD	0.014
% RSD	1.389
Standart Sapma	0.465
Örnek Varyans	0.216
∑ Varyans	1.944
Basıklık	-1.417
Çarpıklık	0.036
Aralık	1.275
En Büyük	34.055
En Küçük	32.780
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.33

Ortalama	0.086
Standart Hata	0.004
Ortanca	0.087
RSD	0.132
% RSD	13.176
Standart Sapma	0.011
Örnek Varyans	0.000
∑ Varyans	0.001
Basıklık	-0.516
Çarpıklık	-0.427
Aralık	0.035
En Büyük	0.101
En Küçük	0.066
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.01

Ortalama	1.156
Standart Hata	0.048
Ortanca	1.173
RSD	0.131
% RSD	13.057
Standart Sapma	0.151
Örnek Varyans	0.023
∑ Varyans	0.205
Basıklık	-1.518
Çarpıklık	0.170
Aralık	0.412
En Büyük	1.393
En Küçük	0.981
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.11

EK-14 Los Angeles Aşınma Kaybı Balast Boyutu (31.5-50 mm) Değerleri ve İstatistiksel Analizi

Los Angeles Aşınma Kaybı Balast Boyutu (31.5-50 mm) Değerleri (%) ve İstatistiksel Analizi											
A Zonu				B Zonu				C Zonu			
Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2	Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2	Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2
D1	31.926	1.3	5.113	D1	17.683	1.1	0.183	D1	18.955	-0.5	0.386
D2	31.631	1.2	3.867	D2	16.692	-1.5	0.317	D2	21.327	1.5	3.065
D3	27.092	-1.5	6.617	D3	17.832	1.5	0.332	D3	18.692	-0.8	0.782
D4	28.839	-0.5	0.682	D4	17.260	0.0	0.000	D4	19.313	-0.2	0.069
D5	29.783	0.1	0.014	D5	16.976	-0.7	0.078	D5	18.053	-1.3	2.321
D6	30.193	0.3	0.279	D6	16.907	-0.9	0.121	D6	20.634	0.9	1.120
D7	28.453	-0.7	1.468	D7	17.628	1.0	0.139	D7	21.042	1.3	2.149
D8	31.711	1.2	4.189	D8	17.104	-0.4	0.023	D8	20.234	0.6	0.432
D9	29.007	-0.4	0.432	D9	17.017	-0.6	0.057	D9	18.761	-0.7	0.664
D10	28.010	-1.0	2.736	D10	17.451	0.5	0.038	D10	18.751	-0.7	0.680

Ortalama	29.664
Standart Hata	0.531
Ortanca	29.395
RSD	0.057
% RSD	5.663
Standart Sapma	1.680
Örnek Varyans	2.822
∑ Varyans	25.399
Basıklık	-1.248
Çarpıklık	0.109
Aralık	4.834
En Büyük	31.926
En Küçük	27.092
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	1.202

Ortalama	17.255
Standart Hata	0.120
Ortanca	17.182
RSD	0.022
% RSD	2.192
Standart Sapma	0.378
Varyans	0.143
∑ Varyans	1.288
Basıklık	-1.250
Çarpıklık	0.180
Aralık	1.140
En Büyük	17.832
En Küçük	16.692
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.271

Ortalama	19.576
Standart Hata	0.360
Ortanca	19.134
RSD	0.058
% RSD	5.816
Standart Sapma	1.139
Varyans	1.296
∑ Varyans	11.668
Basıklık	-1.417
Çarpıklık	0.414
Aralık	3.274
En Büyük	21.327
En Küçük	18.053
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.815

EK-15 Los Angeles Aşınma Kaybı Balast Boyutu (10-14 mm) Değerleri (%) ve İstatistiksel Analizi

Los Angeles Aşınma Kaybı Balast Boyutu (10-14 mm) (%) Değerleri ve İstatistiksel Analizi											
A Zonu				B Zonu				C Zonu			
Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2	Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2	Deney NO	Sonuç	Z Skoru	(X-Xort)^2
D1	24.615	-1.1	1.444	D1	15.457	-1.3	0.300	D1	17.936	-0.6	0.109
D2	24.315	-1.4	2.255	D2	15.700	-0.7	0.093	D2	18.300	0.1	0.001
D3	25.760	-0.1	0.003	D3	15.997	0.0	0.000	D3	19.000	1.2	0.539
D4	26.090	0.3	0.074	D4	16.620	1.4	0.379	D4	18.316	0.1	0.003
D5	25.640	-0.2	0.031	D5	16.317	0.7	0.097	D5	17.500	-1.3	0.586
D6	27.820	1.9	4.012	D6	15.580	-1.0	0.180	D6	17.896	-0.6	0.136
D7	26.795	0.9	0.956	D7	16.697	1.6	0.479	D7	18.820	0.9	0.307
D8	25.700	-0.1	0.014	D8	16.100	0.2	0.009	D8	18.936	1.1	0.449
D9	26.535	0.7	0.515	D9	15.620	-0.9	0.148	D9	18.636	0.6	0.137
D10	24.900	-0.9	0.841	D10	15.960	-0.1	0.002	D10	17.317	-1.6	0.901

Ortalama	25.817
Standart Hata	0.336
Ortanca	25.730
RSD	0.041
% RSD	4.113
Standart Sapma	1.062
Örnek Varyans	1.127
∑ Varyans	10.147
Basıklık	-0.018
Çarpıklık	0.402
Aralık	3.505
En Büyük	27.820
En Küçük	24.315
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.760

Ortalama	16.005
Standart Hata	0.137
Ortanca	15.978
RSD	0.027
% RSD	2.705
Standart Sapma	0.433
Örnek Varyans	0.187
∑ Varyans	1.687
Basıklık	-1.015
Çarpıklık	0.461
Aralık	1.240
En Büyük	16.697
En Küçük	15.457
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.310

Ortalama	18.266
Standart Hata	0.188
Ortanca	18.308
RSD	0.032
% RSD	3.249
Standart Sapma	0.593
Örnek Varyans	0.352
∑ Varyans	3.169
Basıklık	-1.185
Çarpıklık	-0.314
Aralık	1.683
En Büyük	19.000
En Küçük	17.32
Deney Sayısı (n)	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.424

EK-16 Tek Eksenli Basınç Dayanımı Değerleri ve İstatistiksel Analizi

Tek Eksenli Basınç Değerleri (MPa) ve İstatistiksel Analizi						
Deney No	A Zonu	B Zonu	C Zonu	A Ln(xi)	B Ln(xi)	C Ln(xi)
1	67.180	195.306	119.972	4.207	5.275	4.787
2	66.097	188.057	119.556	4.191	5.237	4.784
3	63.487	187.729	118.486	4.151	5.235	4.775
4	63.167	183.172	109.806	4.146	5.210	4.699
5	61.938	181.830	108.307	4.126	5.203	4.685
6	61.852	180.148	102.179	4.125	5.194	4.627
7	60.898	178.552	101.702	4.109	5.185	4.622
8	60.067	177.382	94.030	4.095	5.178	4.544
9	58.853	176.534	87.603	4.075	5.174	4.473
10	58.629	175.414	86.397	4.071	5.167	4.459
11	55.980	172.818	85.523	4.025	5.152	4.449
12	53.913	170.849	81.193	3.987	5.141	4.397
Hesaplama dışında bırakılan değerler						

Ortalama	61.10	180.164	101.359	4.111	5.194	4.612
Standart Hata	0.911	1.603	4.031	0.015	0.009	0.040
Ortanca	61.375	179.350	101.941	4.117	5.189	4.624
RSD	0.047	0.028	0.126	0.012	0.005	0.027
% RSD	4.715	2.814	12.577	1.151	0.540	2.736
Standart Sapma	2.881	5.071	12.747	0.047	0.028	0.126
Örnek Varyans	8.298	25.712	162.499	0.002	0.001	0.016
\sum Varyans	74.684	231.404	1462.487	0.020	0.007	0.143
Basıklık	0.180	-0.738	-1.407	0.210	-0.751	-1.487
Çarpıklık	-0.074	0.404	0.112	-0.198	0.360	-0.022
Aralık	10.117	15.239	34.033	0.166	0.085	0.335
En Büyük	66.097	188.057	119.556	4.191	5.237	4.784
En Küçük	55.980	172.818	85.523	4.025	5.152	4.449
Deney Sayısı (n)	10	10	10	10	10	10
Güvenirlilik (95,0 %)	2.061	3.627	9.119	0.034	0.020	0.090
ks (10)	2.1	Beklenen Küçük Değer		55.26	169.80	77.21
e	2.71828					

EK-17 Nokta Yüğü Dayanım İndeksi Değerleri ve İstatistiksel Analizi

Nokta Yüğü Dayanım İndeksi Değerleri (MPa) ve İstatistiksel Analizi						
Deney Tipi	A Zonu		B Zonu		C Zonu	
Numune No	Eksenel	Çapsal	Eksenel	Çapsal	Eksenel	Çapsal
1	5.549	5.025	11.269	11.482	5.401	7.504
2	4.879	4.397	11.197	11.451	5.286	6.275
3	4.721	4.291	11.088	11.450	4.727	6.123
4	3.711	4.153	11.038	11.388	4.570	5.925
5	3.359	3.920	11.001	11.310	4.466	5.503
6	3.057	3.788	10.792	11.015	4.410	5.351
7	2.940	3.329	10.727	10.951	4.310	5.230
8	2.818	3.261	10.716	10.950	4.293	5.107
9	2.706	3.120	10.565	10.554	3.661	5.008
10	2.576	2.939	10.442	10.466	3.581	4.971
11	2.084	2.657	9.967	10.431	3.372	4.646
12	1.627	2.088	9.827	10.298	3.239	4.147

Hesaplama dışında bırakılan değerler

Ortalama	3.29	3.585	10.753	10.997	4.268	5.414
Standart Hata	0.288	0.191	0.116	0.128	0.184	0.170
Ortanca	2.998	3.558	10.759	10.983	4.360	5.290
RSD	0.277	0.169	0.034	0.037	0.136	0.099
% RSD	27.713	16.883	3.404	3.669	13.628	9.920
Standart Sapma	0.910	0.605	0.366	0.403	0.582	0.537
Örnek Varyans	0.829	0.366	0.134	0.163	0.338	0.288
Σ Varyans	7.460	3.298	1.206	1.465	3.044	2.596
Basıklık	-0.130	-1.449	1.191	-1.557	-0.270	-0.946
Çarpıklık	0.856	-0.068	-1.020	-0.295	-0.052	0.437
Aralık	2.795	1.740	1.230	1.020	1.914	1.628
En Büyük	4.879	4.397	11.197	11.451	5.286	6.275
En Küçük	2.084	2.657	9.967	10.431	3.372	4.646
Deney Sayısı (n)	10	10	10	10	10	10
Güvenirlik (95,0 %)	0.651	0.433	0.262	0.289	0.416	0.384

EK-18 Ateşte Kızdırma Kaybı (LOI) Değerleri ve İstatistiksel Analizi.

Ateşte Kızdırma Kaybı (LOI) Değerleri (%) ve İstatistiksel Analizi.			
Deney No	A Zonu	B Zonu	C Zonu
1	1.570	0.165	3.083
2	1.499	0.000	2.875
3	1.553	0.186	3.040
4	2.342	0.349	3.234
5	2.050	0.391	2.992
6	2.111	0.160	2.810
7	2.8055	0.160	2.805
8	2.013	0.060	3.158
9	2.768	0.080	2.811
10	1.510	0.100	3.092
Ortalama	2.02	0.17	2.99
Standart Hata	0.158	0.041	0.050
Ortanca	2.032	0.160	3.016
RSD	0.247	0.742	0.052
% RSD	24.682	74.216	5.246
Standart Sapma	0.499	0.123	0.157
Örnek Varyans	0.249	0.015	0.025
Σ Varyans	2.242	0.135	0.221
Basıklık	-1.066	0.205	-1.464
Çarpıklık	0.509	0.849	0.069
Aralık	1.307	0.391	0.429
En Büyük	2.806	0.391	3.234
En Küçük	1.499	0.000	2.805
Deney Sayısı (n)	10	9	10
Güvenirlilik (95,0 %)	0.357	0.094	0.112

EK-19 İMAGE-J İnceleme (%) Değerleri ve İstatistiksel Analizi.

İnceleme	A Zonu	B Zonu	C Zonu
1	14.952	1.005	7.911
2	14.753	0.950	7.816
3	13.897	0.931	7.712
4	15.363	0.906	7.841
5	14.201	0.883	7.766
6	15.962	1.009	7.742
7	15.425	0.971	7.706
8	13.963	0.945	7.885
9	15.854	0.963	7.829
10	14.906	0.978	7.810

Ortalama	14.928	0.954	7.802
Standart Hata	0.234	0.013	0.022
Ortanca	14.929	0.957	7.813
RSD	0.050	0.042	0.009
% RSD	4.952	4.213	0.891
Standart Sapma	0.739	0.040	0.070
Örnek Varyans	0.546	0.002	0.005
Σ Varyans	4.917	0.015	0.043
Basıklık	-1.230	-0.376	-1.005
Çarpıklık	-0.094	-0.358	0.041
Aralık	2.065	0.126	0.205
En Büyük	15.962	1.009	7.911
En Küçük	13.897	0.883	7.706
Deney Sayısı (n)	10	10	10
Güvenirlilik (95.0 %)	0.529	0.029	0.050

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Hüseyin IŞLAK
Uyruğu : TC
Doğum Yeri ve Tarihi : Ilgın 1981
Telefon : 0 505 504 03 83
Faks :
E-Posta : hislak@hotmail.com, huseyinselak@tcdd.gov.tr

EĞİTİM

Derece	Adı	İlçe	İl	Bitirme Yılı
Lise	TCDD Meslek Lisesi	Tepebaşı	Eskişehir	1998
Üniversite	Selçuk Üniversitesi	Selçuklu	Konya	2005
Yüksek Lisans :				
Doktora :				

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
1999	TCDD	Makinist
2009	TCDD	Jeoloji Mühendisi

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER

İngilizce (Advanced)

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

-

YAYINLAR

The Effect Of Physical Heterogeneity On The Usability Of Basalts As Railway Ballast: A Case Study From The Evciler Basalts, Ankara-Central Turkey, H. IŞLAK, K.ASAN ISESER,2019, Konya