



## Işıkkara (Kütahya) Bazaltlarının Demiryolu Balastı Olarak Kullanılabilirliği

Mehmet KOZAK 

TCDD 7. Bölge Demiryolu Bakım Servis Müdürlüğü, Afyonkarahisar, Türkiye

mkozak15@hotmail.com

(Alınış/Received: 23.01.2024, Kabul/Accepted: 29.02.2024, Yayımlama/Published: 31.07.2024)

**Öz:** Bu çalışma ile Işıkkara (Kütahya) bazaltlarının demiryolu balastı olarak kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında; söz konusu bazalt ocağında incelemeler yapılmış ve yapılacak deneyler için örnekler alınmıştır. Alınan örnekler üzerinde fiziksel özelliklerin tespiti için Balast Teknik Şartnamesinde istenilen parçalanma direnci tayini (Los Angeles), su emme oranı, tane yoğunluğu, termal ve bozunma özelliği için  $MgSO_4$  deneyi (dona dayanıklılık), aşınmaya karşı direnç tayini (Mikro – Deval) deneyleri yapılmıştır. Kayacın köken ve isminin tespiti için ise petrografik analiz yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar Işıkkara (Kütahya) bazaltlarının; yüksek hızlı tren, hızlı tren ve konvansiyonel demiryolu hatlarında demiryolu balastı olarak kullanılabilirliğini göstermiştir. Bu çalışma, yapımı devam eden Ankara-İzmir, proje aşamasında olan Eskişehir-Antalya yüksek hızlı tren hatlarına yakın konumda olan Işıkkara (Kütahya) bazaltlarının söz konusu bu hatların balast ihtiyacının karşılanmasında kullanılabilirliği hakkında fikir sağlayacaktır.

**Anahtar kelimeler:** Balast, Bazalt, Demiryolu balastı, Işıkkara Kütahya, Los Angeles, Mikro–Deval

### Usability of Işıkkara (Kütahya) Basalts as Railway Ballast

**Abstract:** This study aimed to investigate the usability of Işıkkara (Kütahya) basalts as railway ballast. Scope of work; Examinations were made in the basalt quarry in question and samples were taken for the experiments to be carried out. In order to determine the physical properties of the samples taken, the shatter resistance determination required in the Ballast Technical Specification (Los Angeles), water absorption rate, grain density,  $MgSO_4$  test (frost resistance) for thermal and degradation properties, and abrasion resistance determination (Micro – Deval) tests were carried out. Petrographic analysis was performed to determine the origin and name of the rock. Experimental studies conducted on Işıkkara (Kütahya) basalts; It has shown that it can be used as railway ballast in high - speed train, speed train and conventional railway lines. This work, It will provide an idea about the usability of Işıkkara (Kütahya) basalts, which are located close to the Ankara-İzmir and Eskişehir-Antalya high - speed train lines, which are under construction, in meeting the ballast needs of these lines.

**Keywords:** Ballast, Basalt, Railway ballast, Işıkkara Kütahya, Los Angeles, Micro–Deval

### 1. Giriş

Ulaştırma; insan, mal, hizmet veya unsurların yer değiştirme ihtiyacı veya gerekliliği sonucu araçlı veya araçsız olarak yer küre üzerinde veya uzay düzleminde birel (bireysel) hareketlilik halleridir [1-3]. Ulaştırma altyapısının türüne göre; kara ulaştırması, hava ulaştırması, su ulaştırması ve boru hatları şeklinde sınıflandırılmaktadır. Kara ulaştırması ise kendi içerisinde karayolu ulaşımı ve demiryolu ulaşımı olarak ikiye ayrılmaktadır [4, 5]. Hat denilen özel bir yol üzerinde mekanik olarak hareket eden araçlarla çekilen yolcu ve yük taşıma sistemine demiryolu denilmektedir [6]. T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü'nün demiryolu şebekesi 2022 yılı istatistik verilerine göre iltisak ve istasyon yolları dahil; 11.668 km'lik konvansiyonel ve 1.460 km'lik hızlı tren hattından meydana gelmektedir [7].

Atıf için/Cite as: M. Kozak, "Işıkkara (Kütahya) bazaltlarının demiryolu balastı olarak kullanılabilirliği," *Demiryolu Mühendisliği*, sy. 20, ss. 25-30, Temmuz 2024. doi: 10.47072/demiryolu.1424191

Demiryolu altyapı ve üstyapı olmak üzere iki ana bölümden oluşur [8]. Demiryolu araçlarının emniyetli, konforlu ve istenilen hızlarda hareket edebilmesini sağlamak amacıyla belirli kriterler esas alınarak inşa edilen ve demiryolu araçlarının yol ile temasının gerçekleştiği yol bölümüne üstyapı denilmektedir. Üstyapı; raylar, traversler, bağlantı malzemeleri ve balasttan oluşmaktadır [9]. Platformun üzerine döşenen, traverslerin aralarını dolduran ve traverse elastik bir yatak oluşturan, traversler tarafından iletilen tüm etkileri kalıcı çökmelere uğramadan ve taneleri arasındaki sürtünme ile yayarak platforma ileten, yola düşen suyun ve eriyen karların drenajını sağlayan, kare gözlü 63 mm açıklıklı elekten % 100 geçen ve kare gözlü 22,4 mm elek üzerinde ise en az % 97'si kalan ve TCDD Balast Teknik Şartnamesinde istenilen gradasyon şartlarını sağlayacak şekilde kırılmış olan keskin köşeli ve keskin kenarlı sert ve sağlam kayalar demiryolu balastı olarak tanımlanabilir [10-13]. Demiryollarının yapısı gereği trenlerin yapabileceği azami hızlara göre, ülkemizdeki T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü (TCDD)'ne ait demiryolları konvansiyonel ( $V < 160$  km/s), hızlı tren ( $160$  km/s  $\leq V < 250$  km/s) ve yüksek hızlı tren ( $V \geq 250$  km/s) hattı olmak üzere üç sınıfa ayrılmaktadır [13]. Bu çalışma ile Işıkkara (Kütahya) bazaltlarının demiryolu balastı olarak kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Çalışma alanı Kütahya ili, Merkez ilçesi, Işıkkara Köyü sınırları içerisinde bulunmaktadır. Kütahya iline 25 km ve Eskişehir iline ise 60 km uzaklıkta olup ulaşım D-230 ve D-650 karayolu ile sağlanmaktadır. Şekil 1'de Işıkkara (Kütahya) bazalt ocağının yer buldur haritası verilmiştir.



Şekil 1. Işıkkara (Kütahya) bazalt ocağının yer buldur haritası

Çalışma sahasında yapılan incelemelerde; ocaktaki bazalt oluşumlarının, koyu gri, siyahımsı renkte, üst seviyelerin yer yer gevşek, alt seviyeler ise sıkı dokulu bir yapıya sahip olduğu gözlenmiştir. Ocak sahasında bazalt kalınlığı 50-100 m arasında değişmekte olup, saha geneli düşünüldüğünde ortalama kalınlık yaklaşık 80 metre civarındadır. Rezerv çok kırıklı ve çatlaklı olması nedeniyle agrega üretimine elverişli olup üst serilerde ki çatlaklar yer yer kil dolguludur. Ocağın genel yapısının balast üretimine uygun olduğu, genel olarak homojen bir yapı sergilediği görülmüştür.

2020 yılında revize edilen TCDD Balast Teknik Şartnamesine göre balastın petrografik özellikleri açısından balast olarak kullanılacak kayacın kökeni ve ismi ile ilgili bir koşul aranmamakta olsa da çalışmada kullanılan kayacın köken ve isminin belirlenmesi için petrografik analiz yapılmıştır. Şartnamede istenilen balastın geometrik özellikleri ise kullanılacak üretim prosedürleri sayesinde sağlanabilecektir.

TCDD Balast Teknik Şartnamesine göre balastın fiziksel özelliklerinin tespiti için parçalanma direnci tayini (Los Angeles), su emme oranı, tane yoğunluğu, termal ve bozunma özelliği için  $MgSO_4$  deneyi (dona dayanıklılık), aşınmaya karşı direncin tayini (Mikro – Deval) deneylerinin yapılması gerekmektedir. Bu çalışma da yapılan deneyler ve deneylerde kullanılan standartlar Tablo 1’de, verilmiştir.

**Tablo 1.** TCDD balast teknik şartnamesine göre balastın fiziksel özelliklerinin tespiti için yapılan deneyler ve deneylerde kullanılan standartlar [13, 14]

Deney	Standart
Parçalanma Direnci Tayini (Los Angeles Aşınma Dayanımı)	TS EN 1097-2 [15]
Su Emme Oranı	TS EN 1097-6 [16]
Tane Yoğunluğu	TS EN 1097-6 [16]
Termal ve Bozunma Özelliği İçin $MgSO_4$ Deneyi (Dona Dayanıklılık)	TS EN 1367-2 [17]
Aşınmaya Karşı Direncin Tayini (Mikro - Deval)	TS EN 1097-1 [18]

### 3. Bulgular

Polarizan mikroskop ile mineralojik ve petrografik özelliklerin incelenmesinde; yarı kristalli porfirik dokuya sahip kayacın, plajiyoklaz (% 30), olivin (% 15), piroksen (% 10), opak ve tali mineraller (% 1’den az), mikrolit ve volkan camından (% 45) oluşan magmatik kökenli yüzey kayacı olduğu tespit edilmiş ve Kayaçların Modal Minerolojik Sınıflamasına göre kayaç bazalt olarak tanımlanmıştır.

Balastın parçalanma özelliklerini ortaya koymak için kullanılan en etkili yöntem, Los Angeles aşınma testidir. Bu test, demiryollarında kullanılan balastın servis ömrü süresince tren yükünden nasıl etkilendiğini ortaya koymak için kullanılan pratik ve etkili bir testtir [19]. Çalışmada kullanılan Işıkkara (Kütahya) bazaltın parçalanma direnci (Los Angeles) % 12 olarak tespit edilmiştir.

Kayaç içindeki gözenek ya da boşlukların varlığı, kayacın mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Çatlak sistemi içindeki gözeneklerin çok küçük bir miktarı, kayacın deformasyonu üzerinde çok önemli bir etkiye sahip olabilmektedir [20]. Kayaç içindeki gözenek ya da boşluklardaki suyun donması ve ısı artışı ile bunun çözülmesi kayaçların dirençlerinin azalmasına, çatlakların ve ayrışmaların meydana gelmesine sebep teşkil etmektedir [21]. Bu nedenle balast olarak kullanılacak kayacın su emme oranı büyük öneme sahiptir. Çalışmada kullanılan Işıkkara (Kütahya) bazaltın su emme oranı % 0,9 olarak tespit edilmiştir.

Kayaçların tane yoğunluğu, onların fiziksel özelliklerinin yanı sıra dayanımları hakkında da fikir vermektedir. Yüksek tane yoğunluğuna sahip kayaçlar genellikle düşük poroziteli, düşük su emme oranına sahip ve dayanımlı kayaçlardır [22]. Bu açıdan bakıldığında balast olarak kullanılacak kayacın tane yoğunluğu kayacın fiziksel özelliklerinin tespitinde önemli bir yöntemdir. Çalışmada kullanılan Işıkkara (Kütahya) bazaltın tane yoğunluğu  $2,76 \text{ Mg/m}^3$  olarak tespit edilmiştir.

Demiryolunda balast olarak kullanılan malzemeler üzerinde ısı farklarından dolayı fiziksel ayrışmalar meydana gelebilmekte ve don etkisi balastın stabilitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Don etkisi özellikle balast olarak kullanılan agregalarda bağlayıcı malzeme bulunmaması, atmosferik şartlara direkt maruz kalması yüzünden ısı ve sıcaklık etkisiyle mekanik olarak parçalanmasına sebebiyet vermektedir [23]. Bu yüzden don kaybının balast üzerinde etkisinin tespiti önemli bir parametredir. Çalışmada kullanılan Işıkkara (Kütahya) bazaltın dona dayanıklılık (termal ve bozunma özelliği için  $\text{MgSO}_4$  deneyi) değeri % 1 olarak tespit edilmiştir.

Mikro-Deval aşınma deneyi, iri agregaların aşınmaya karşı dayanımını belirlemek için iri agregalar üzerinde uygulanan deney yöntemidir [24]. Bu test ile demiryollarında kullanılan balastın servis ömrü süresince tren yükünden nasıl etkilendiğini ortaya koymak için kullanılan pratik ve etkili bir testtir. Çalışmada kullanılan Işıkkara (Kütahya) bazaltın aşınmaya karşı direnci (Mikro - Deval) % 9 olarak tespit edilmiştir.

Işıkkara (Kütahya) bazaltlarının demiryolu balastı olarak kullanılabilirliğinin tespiti için TCDD Balast Teknik Şartnamesine göre istenilen fiziksel deneylerden elde edilen sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2.** TCDD balast teknik şartnamesine göre balasttan istenilen fiziksel özelliklerinin sınır değerleri ve Işıkkara (Kütahya) bazaltının sonuçları

Deney	Işıkkara (Kütahya) Bazaltı Deney Sonuçları	Konvansiyonel Demiryolu Hattı Sınır Değerleri [14]	Hızlı Tren - Yüksek Hızlı Tren Hatları Sınır Değerleri [14]
Parçalanma Direnci Tayini (Los Angeles Aşınma Direnci)	% 12	$\leq \%20$	$\leq \%14$
Su Emme Oranı	%0,9	$\leq \%2$	$\leq \%1,5$
Tane Yoğunluğu	$2,76 \text{ Mg/m}^3$	$\geq 2,50 \text{ Mg/m}^3$	$\geq 2,60 \text{ Mg/m}^3$
Termal ve Bozunma Özelliği İçin $\text{MgSO}_4$ Deneyi (Dona Dayanıklılık)	% 1	$\leq \%5$	$\leq \%3$
Aşınmaya Karşı Direncin Tayini (Mikro - Deval)	%9	$\leq \%14$	$\leq \%12$

#### 4. Sonuç

Çalışma kapsamında; TCDD Balast Teknik Şartnamesinde istenilen sınır değerlere uygunluğu açısından Işıkkara (Kütahya) bazaltlarının; yüksek hızlı tren, hızlı tren ve konvansiyonel demiryolu hatlarında demiryolu balastı olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Yapılan deneyler sonucunda;

- Parçalanma direnci (Los Angeles aşınma direnci) %12 olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre; bazalt numunesinin hızlı tren - yüksek hızlı tren ( $\leq \%14$ ) ve konvansiyonel ( $\leq \%20$ ) demiryolu hatları için uygun olduğu,
- Su emme oranı %0,9 olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre; bazalt numunesinin hızlı tren - yüksek hızlı tren ( $\leq \%1,5$ ) ve konvansiyonel ( $\leq \%2$ ) demiryolu hatları için uygun olduğu,



- Tane yoğunluğu  $2,76 \text{ Mg/m}^3$  olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre; bazalt numunesinin hızlı tren - yüksek hızlı tren ( $\geq 2,60 \text{ Mg/m}^3$ ) ve konvansiyonel ( $\geq 2,50 \text{ Mg/m}^3$ ) demiryolu hatları için uygun olduğu,
- Dona dayanıklılık (termal ve bozunma özelliği için  $\text{MgSO}_4$  deneyi) değeri %1 olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre; bazalt numunesinin hızlı tren - yüksek hızlı tren ( $\leq \%3$ ) ve konvansiyonel ( $\leq \%5$ ) demiryolu hatları için uygun olduğu,
- Aşınmaya karşı direnci (Mikro - Deval) %9 olarak bulunmuştur. Bu sonuca göre; bazalt numunesinin hızlı tren - yüksek hızlı tren ( $\leq \%12$ ) ve konvansiyonel ( $\leq \%14$ ) demiryolu hatları için uygun olduğu görülmüştür.

Yapılan deneysel çalışmalar ile Işıkkara (Kütahya) bazaltlarının; yüksek hızlı tren, hızlı tren ve konvansiyonel demiryolu hatlarında demiryolu balastı olarak kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır. Balast olarak kullanılacak kayaç türlerinin belirlenmesi için farklı kayaçlar üzerinde ve aynı kayaç türü olsa da farklı ocaklardan alınan kayaçlar ile yeni çalışmaların yapılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir. Aynı zamanda bu çalışma, yapımı devam eden Ankara-İzmir, proje aşamasında olan Eskişehir-Antalya yüksek hızlı tren hatlarına yakın konumda olan Işıkkara (Kütahya) bazaltlarının söz konusu bu hatların balast ihtiyacının karşılanmasında kullanılabilirliği hakkında fikir sağlayacaktır.

### Teşekkür

Çalışmama katkısından dolayı TCDD 7. Bölge Müdürlüğü ve Er-Ay Bazalt Madencilik İnşaat Taahhüt Tic. ve San. Ltd. Şti. yetkililerine teşekkürlerimi sunarım.

### Kaynakça

- [1] S. Altınok, “Türkiye’de ulaştırma politikaları, karayolları ve demiryollarının mukayesesi,” *SÜ İİBF Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 1(1-2), 73-87, 2001
- [2] A. Fidan, “Sürdürülebilir toplu ulaşım sistemi ve önemi,” *Kent Akademisi, Kent Kültürü ve Yönetimi Hakemli Elektronik Dergi*, 4(1), 1-6, 2011
- [3] C. Oral ve E. Kıpık, “Ulaştırma sektörünün önemi üzerine kavramsal bir yaklaşım,” *Oğuzhan Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(1), 58-64, 2019
- [4] M. Kozak, “Demiryolu hatlarında karla mücadele,” *Teknik Bilimler Dergisi*, 12(2), 19-24, 2022, <https://doi.org/10.35354/tbed.924866>
- [5] E. B. Pancar, “Yol bilgisi ders notları,” 2018. [Online]. Available: <file:///C:/Users/00036281/Downloads/YOL%20B%C4%B0LG%C4%B0S%C4%B0%20DERS%20NOTLARI%20%20erhan%20pancar-converted.pdf> [Accessed: 08.12.2023]
- [6] M. Kozak, “Beton traversin gelişimi ve üretim aşamasının araştırılması,” *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(2), 73-81, 2010
- [7] Anonim, TCDD 2018-2022 istatistik yıllığı, [Online]. Available: <https://static.tcdd.gov.tr/webfiles/userfiles/files/istrapor/20182022.pdf> [Accessed: 08.12.2023]
- [8] M. Kozak, “Demiryolunda rayların birleşim noktaları ve özelliklerinin araştırılması,” *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(2), 40-49, 2011
- [9] Anonim, T.C. Devlet Demiryolları İşletmesi Genel Müdürlüğü, “Yol mühendisleri kursu yol üstyapı ders notları,” *TCDD Eğitim ve Öğretim Dairesi Başkanlığı Yayınları*, Ankara, 2016
- [10] M. Kozak, “Hemzemin geçitlerdeki kaplama çeşitleri ve güvenliğe etkisinin araştırılması,” *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 2(1), 1-11, 2012
- [11] K. Oğul, İ. Topal ve E. Poşluk, “Ankara - İstanbul yüksek hızlı tren demiryolunda balast hammaddesi olarak granit ve bazaltın birlikte kullanılabilirliğinin araştırılması ve aşınma dayanımlarına etkisi,” *MT Bilimsel*, 1, 81-89, 2012
- [12] R. Nålund, “Railway ballast characteristics, selection criteria and performance,” Doctoral Thesis, Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Engineering Science and Technology, Department of Civil and Transport Engineering, 2014
- [13] M. Kozak, “Demiryolu balastının ve özelliklerinin araştırılması,” *Demiryolu Mühendisliği*, 13, 86-96, 2021

- [14] Anonim, “2021/193423 ihale kayıt numaralı 1, 2, 3, 4, 5, 7 ve 8 (YHT) bölge müdürlükleri yol yenileme ve bakım çalışmalarında kullanılmak üzere 360.000 m<sup>3</sup> balast alımı işi balast teknik şartnamesi,” [Online]. Available: <https://ekap.kik.gov.tr/EKAP/Ortak/IhaleArama/index.html> [Accessed: 10.01.2024]
- [15] *Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler bölüm 2*, TS EN 1097-2, TSE, Ankara, 2020
- [16] *Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler-bölüm 6: Tane yoğunluğunun ve su emme oranının tayini*, TS EN 1097-6, TSE, Ankara, 2013
- [17] *Agregaların termal ve bozunma özellikleri için deneyler-bölüm 2: magnezyum sülfat deneyi*, TS EN 1367-2, TSE, Ankara, 2011
- [18] *Agregaların mekanik ve fiziksel özellikleri için deneyler- bölüm 1: aşınmaya karşı direncin tayini (mikro- deval)*, TS EN 1097-1, TSE, Ankara, 2011
- [19] Ö. F. Apaydın ve M. Yılmaz, “Bazaltik kayaların balast kirlenmesi yönünden karşılaştırılması,” *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(1), 296-311, 2019
- [20] A. Teymen, “Bazı kayaların petrografik, fiziksel ve mekanik özellikleri arasındaki ilişkilerin incelenmesi,” Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 134s, Adana, 2005
- [21] K. Güleç, “Kayaların fiziksel ve mekanik özelliklerinin su muhtevası ile değişimi,” *Bilimsel Madencilik Dergisi*, 13(3), 13-16, 1974
- [22] M. Kozak, “İscehisar (Afyonkarahisar) mermerlerinin jeolojik ve jeomekanik özelliklerinin araştırılması,” Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi*, Afyonkarahisa, 2016
- [23] H. Işlak, “Evciler (Gölbaşı/Ankara) bazaltının petrografik ve petrokimyasal özelliklerinin demiryolu balast ve balastaltı malzemesi olarak kullanılabilirliği üzerine etkisi,” Yüksek Lisans Tezi, *Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Konya, 2019
- [24] Z. Arsoy, H. Çiftçi, B. Ersoy, T. Uygunoğlu ve B. Arslan, “Afyonkarahisar bölgesi mermer parça atıklarının beton agregası olarak değerlendirilebilirliğinin araştırılması,” *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6(3), 503-516, 2019

### Özgeçmiş



#### Mehmet KOZAK

1985 yılında Uşak'ta doğmuştur. Yapı Öğretmenliği, Kamu Yönetimi, Jeoloji Mühendisliği ve İnşaat Mühendisliği bölümlerinde lisans; Yapı Eğitimi ABD ve Jeoloji Mühendisliği ABD'nde ise yüksek lisans eğitimlerini tamamlamıştır. 2007 yılında göreve başladığı TCDD 7. Bölge Müdürlüğünde sırasıyla Yol ve Geçit Kontrol Memuru, Hat Bakım Onarım Memuru, Yol Sürveyanı, İnşaat Teknikeri, Jeoloji Mühendisi olarak görev almış ve 2021 yılından beri TCDD 7. Bölge Demiryolu Bakım Servis Müdürlüğünde Yüksek Jeoloji Mühendisi olarak çalışmaktadır.

E-Posta: mkozak15@hotmail.com

### Beyanlar:

Bu makalede bilimsel araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.