



HEMATİT MİNERALİNİN ASFALT BETONDA FİLLER OLARAK KULLANIMI

Nihat MOROVA*¹

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta

Makale Bilgisi

Geliş tarihi: 12.06.2023

Kabul Tarihi: 28.06.2023

Yayın tarihi: 29.06.2023

ÖZET

Bitümlü sıcak karışımların (BSK) ağır dingil yükleri altındaki dayanımını artırmak aynı zamanda yüksek maliyetini düşürebilmek için kaplama malzemesine alternatif arayışı her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmada, hematit mineralinin BSK'da filler malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla %3.5, %4, %4.5, %5, %5.5 ve %6 oranlarında kireçtaşı agrega ile karışımlar hazırlanarak optimum bitüm miktarı (OBM) hesaplanmıştır. Kireçtaşı fillerin hematit ile yer değiştirilmesiyle oluşan BSK için de aynı prosedür uygulanarak OBM belirlenmiştir. Çalışmanın devamında hem kireçtaşı filler içeren BSK hem de hematit filler içeren BSK numuneleri kendi OBM değerleriyle hazırlanmış, Marshall stabilite (MS) deneyi ile performans özellikleri değerlendirilmiştir. Hematit filler içeren numunelerin pratik özgül ağırlık değeri (Dp), boşluk yüzdesi (Vh), agregalar arası boşluk yüzdesi (VMA), bitümle dolu boşluk yüzdesi (Vf), MS ve akma değeri kireçtaşı filler içeren numuneyle ve şartname sınır değerleri ile karşılaştırılmış ve hematitin BSK'da filler malzeme olarak kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler;

Bitümlü sıcak karışım, hematit minerali, Marshall stabilitesi

USE OF HEMATITE MINERAL AS FILLER IN ASPHALT CONCRETE

Article Info

Received: 12.06.2023

Accepted: 28.06.2023

Published: 29.06.2023

ABSTRACT

In order to increase the strength of bituminous hot mixes (HMA) under heavy axle loads and to reduce their high costs, the search for an alternative to the pavement material is increasing day by day. In this study, the usability of hematite mineral as filler material in HMA was investigated. For this purpose, the optimum bitumen amount (OBA) was calculated by preparing mixtures with limestone aggregate at the rates of 3.5%, 4%, 4.5%, 5%, 5.5% and 6%. OBA was determined by applying the same procedure for HMA, which is formed by replacing limestone filler with hematite. In the continuation of the study, HMA samples containing both limestone filler material and hematite filler material were prepared with their own OBA values, and their performance properties were evaluated by Marshall stability (MS) test. Practical specific gravity value (Dp), void volume value (Vh), voids in mineral aggregate (VMA), voids filled with bitumen (Vf), MS and flow values of samples containing hematite filler material were compared with the sample containing limestone filler and the specification limit values and as a result, it was concluded that hematite can be used as filler material in HMA.

Keywords;

Hot mix asphalt, hematite mineral, Marshall stability

1. Giriş

Dünya üzerinde en yaygın kullanılan karayolu üstyapı çeşidi esnek üstyapıdır. Esnek üstyapı, kaplama, temel ve alt temelden oluşur. Kaplama tabakasının başlıca görevleri, taşıtlara düzgün bir yuvarlanma yüzeyi sağlamak ve trafik yüklerinden oluşan gerilmeleri kontrollü bir şekilde taban zeminine iletirken aynı zamanda altyapıyı korumaktır. Kaplama tabakası agrega ve asfalt çimentosunun birleşiminden meydana gelmektedir. Kaba agrega, ince agrega ve mineral filler karışım hacmin yaklaşık olarak %90'ını oluşturmaktadır (Ahmedzade ve Şengöz, 2009).

Esnek kaplamalarda zamanla artan trafik hacmi ve dingil yükleriyle birlikte farklı tipte bozulmalar meydana gelmektedir. Oluşan bozulmalar yolun konforunu ve hizmet ömrünü düşürmektedir. Bu durum, bitümlü sıcak karışımlarda (BSK) kullanılan malzeme özelliklerinin iyileştirilmesi gerektiği sonucunu açıkça göstermiştir (Acar ve Tapkın, 1998). Günümüzde hem çevre dostu hem de yenilikçi malzemelerin geliştirilmesine yönelik çok sayıda çalışma yapılmaktadır (Islam, 2021).

Önemli bir demir minerali olan hematit doğada yaygın olarak kahverengi ve kırmızı renkte bulunmakta olup yaklaşık %70 demir ve %30 oksijen bileşiminden oluşmaktadır. Çoğunlukla magmatik kayalarda aksesuar minerali olarak bulunmaktadır. Volkanik veya metamorfik kayalarda, birincil veya ikincil olarak sedimenter kayalarda yaygın olarak oluşmaktadır (MTA, 2017).

Literatüre bakıldığında alternatif malzeme arayışının uzun yıllara dayandığı görülmektedir. Kullanılan malzemeler arasında floresan lamba atığı (Gedik vd., 2021), bor tozu (Morova, 2022), yakılmış asidik çamur (Shishehboran vd., 2021), kömür atığı tozu (Modarres vd., 2021), endüstri atıkları (Pasandín vd., 2016), pirinç kabuğu külü (Al-Hdabi, 2016), andezit atığı (Uzun vd., 2012), kırmızı çamur atığı (Zhang vd., 2019), tuğla tozu (Chen vd., 2011) atık seramik toz (Serin vd., 2023) ve atık cam tozu (Asthana vd., 2020) gibi olumlu sonuçlar veren çok sayıda malzeme bulunmaktadır.

Bu çalışmada, hem kireçtaşı filler içeren BSK için hem de hematit filler içeren BSK için Marshall Stabilite (MS) deneyi yardımıyla ayrı ayrı optimum bitüm miktarı (OBM) hesaplanmıştır. Çalışmanın devamında ise, her bir karışım kendi optimum bitüm miktarı ile hazırlanarak yeni BSK numuneleri

oluşturulmuştur. Bu yeni BSK'ların MS deneyi ile performans özellikleri incelenmiş, Karayolları Teknik Şartnamesi (KTŞ) sınır değerleriyle karşılaştırılmıştır (KTŞ, 2013).

2. Materyal – Metot

2.1. Agrega

Çalışmada kullanılan kireçtaşı agregasına ait fiziksel özellikler Tablo 1'de verilmiş olup, agrega Göлтаş Taş Ocağı'ndan temin edilmiştir.

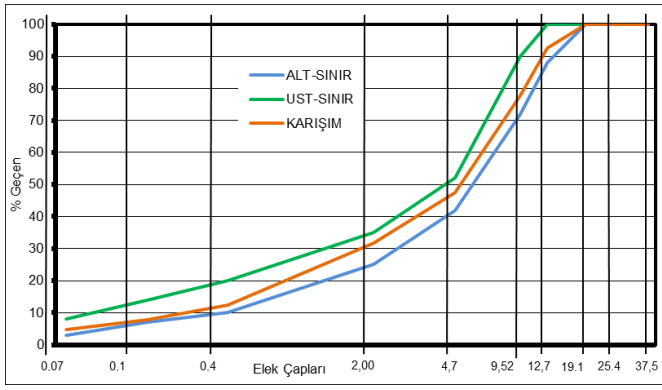
Tablo 1. Agrega özellikleri

Deney	Değer	Standart
Özgül Ağırlık (gr/cm ³)		
Kaba Agrega		
Zahiri Özgül Ağırlık	2.714	
Hacim Özgül Ağırlık	2.686	
Su Absorpsiyonu(%)	0.4	ASTM C127-88
İnce Agrega		
Zahiri Özgül Ağırlık	2.716	
Hacim Özgül Ağırlık	2.674	
Su Absorpsiyonu(%)	0.6	ASTM C128-88
Filler		
Hacim Özgül Ağırlık	2.729	ASTM C128-88
Los Angeles Aşınma(%)	22	ASTM C 131

Çalışmada kullanılan gradasyon KTŞ aşınma tabakasına uygun olarak hazırlanmış ve gradasyon Tablo 2'de, gradasyon eğrisi Şekil 1'de verilmiştir (KTŞ, 2013).

Tablo 2. Çalışmada kullanılan agrega gradasyonu

Elek Açıklığı		Dizayn	Kalan
(mm)	(inch)	Gradasyon	(%)
37.5	1 1/2"	100.0	0.0
25.4	1"	100.0	0.0
19.1	3/4"	100.0	0.0
12.7	1/2"	92.5	7.5
9.52	3/8"	77.7	14.8
4.76	No.4	47.4	30.3
2.00	No.10	31.6	15.8
0.42	No.40	12.3	19.3
0.177	No.80	7.9	4.4
0.075	No.200	4.8	3.1
0.000	No.∞	0.0	4.8
Toplam			100.0



Şekil 1. Agrega gradasyon eğrisi

2.2. Bitüm

Çalışmada Aliğa Rafinerisi'nden temin edilen 50-70 penetrasyonlu bitüm kullanılmış olup bitümün özellikleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. B 50-70 bitümlü bağlayıcı özellikleri

Deney	Değer	Standart
Penetrasyon (25°C)	58	ASTM D5
Yumuşama Noktası(°C)	51	ASTM D36
Özgül Ağırlık (gr/cm ³)	1.037	ASTM D70

2.3. Hematit

Hematit minerali filler malzeme olarak karışım gradasyonundaki filler oranında kireçtaşı agrega tozu yerine kullanılmıştır. Kullanılan hematit agregasının özellikleri Tablo 4'te verilmiştir (Kaplan, 2021).

Tablo 4. Hematit agregasının özellikleri

Bileşen	Fe ₂ O ₃	CI	Mn	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃
Ağırlıkça	98.87	0.32	0.25	0.12	0.11	0.03
Yüzde						
Yoğunluk: 4.025gr/cm ³						

2.4. Karışım Deneyleri

BSK numuneleri KTŞ aşınma tabakası dizayn kriterlerine göre, Marshall sıcak karışım tasarım yöntemi ile hazırlanmıştır (KTŞ, 2013). Bu yöntemde standart bir tokmak yardımıyla belirli sayıda darbe uygulanarak sıkıştırma yapılmaktadır. Marshall metodu, dünyada ve ülkemizde BSK için yaygın bir şekilde tercih edilmektedir. Sıcak karışımların laboratuvar ortamındaki tasarımının yanı sıra uygulamalardaki kontroller için de Marshall metodu kullanılmaktadır (Önal ve Karaca, 1990).

Marshall metodunda işlem sırası şu şekilde gerçekleşmektedir;

- Agrega gradasyonunun belirlenmesi,
- Agregaların ve bitümlü bağlayıcının özgül ağırlıklarının tespiti,
- Agrega ve bitümlü bağlayıcı miktarlarının hesaplanması,
- Marshall numunelerinin üretilerek boşluk ve yoğunluk analizi hesaplarının yapılması,
- MS ve akma değerlerinin tespit edilmesi,
- OBM'nin bulunması.

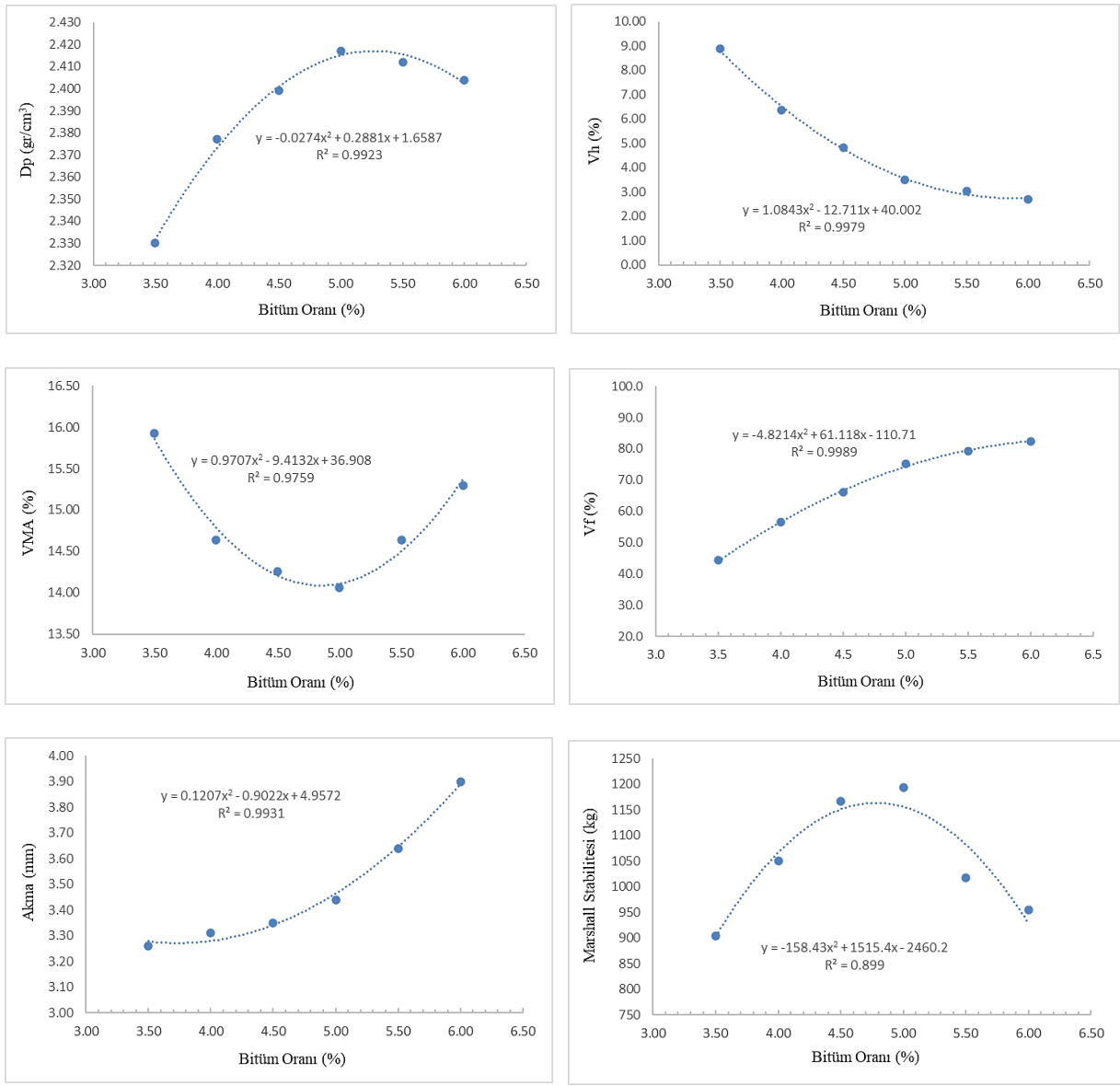
Çalışmada 1150 gr olarak hazırlanan kireçtaşı agrega numunelerine ağırlıkça sırasıyla %3.5, %4, %4.5, %5, %5.5 ve %6 oranlarında bitüm eklenmiş, her orandan da üçer adet numune hazırlanmıştır. Hazırlanan bu numunelerin MS deneyi ile MS, akma, Vh, Vf, VMA, Dp değerleri belirlenerek OBM hesabı yapılmıştır. Çalışmanın devamında kireçtaşı filler malzemesi hematitle yer değiştirilmiş ve aynı aşamalar takip edilerek yeni bir OBM belirlenmiştir. İki farklı karışım da kendi OBM'leriyle yeniden hazırlanmış ve MS deneyi yardımıyla MS ve akma değerleri ölçülmüştür.

3. Araştırma Bulguları

Kireçtaşı agrega tozu ile yapılan karışımların MS sonuçlarına göre yatay ekseninde bitüm oranının yer aldığı, düşey ekseninde ise MS, akma, Dp, Vh, Vf ve VMA değerlerinin değişimi Şekil 2'de verilmiştir.

Şekil 2'ye bakıldığında her bitüm oranındaki stabilite değerinin şartname sınır değeri olan 900 kg'ı geçtiği görülmektedir. Pratik özgül ağırlık değeri belirli bir noktaya kadar artış göstermiş, maksimum değere ulaştıktan sonra düşmeye başlamıştır. Bitüm yüzdesinin artması sonucu akma değeri de artmış, bütün numunelerde akma değeri aşınma tabakası şartname sınır değerleri olan 2-4 mm arasında kalmıştır. Bitüm miktarı arttıkça agregalar arası boşlukların bitümlü daha fazla dolduğu, Vf değerinin bitüm miktarı arttıkça arttığı gözlenmiştir.

Elde edilen bu grafikler neticesinde en yüksek Dp'ye karşılık gelen bitüm yüzdesi, Vh için %4'e karşılık gelen bitüm yüzdesi, Vf için %70'e denk gelen bitüm yüzdesi ve son olarak en yüksek MS değerini veren bitüm yüzdesinin aritmetik ortalaması alınmış ve OBM %4.85 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 2. Kireçtaşı agregasının filler olarak kullanıldığı numunelere ait grafikler

Filler malzemesi kireçtaşı tozu içeren referans karışımların OBM'si belirlendikten sonra hematit mineralinin stabilite, akma, Dp, VMA, Vh ve Vf değerlerini nasıl etkilediğini belirlemek amacıyla kireçtaşı filler tamamen hematit tozuyla yer değiştirilerek Marshall briketleri hazırlanmıştır.

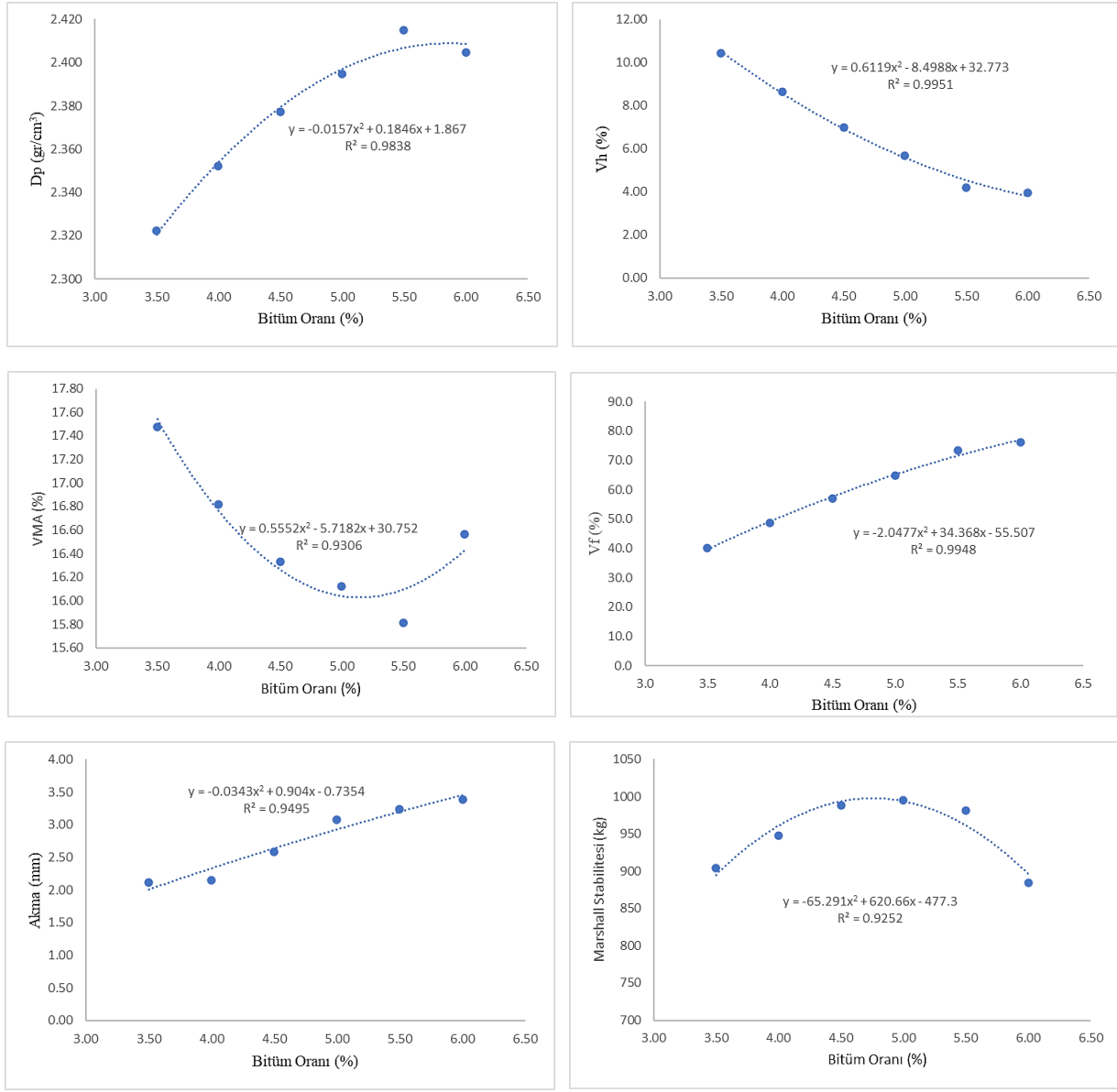
Filler malzemesi hematit tozundan oluşan karışımların MS deneyi sonuçlarına göre MS, akma, Dp, Vh, Vf ve VMA değerlerinin değişimi Şekil 3'te verilmiştir.

Şekil 3'te görüldüğü üzere bitüm yüzdesindeki artış stabilite değerinde belirli bir noktaya kadar olumlu sonuçlar vermiştir. Dp değeri de stabilite gibi benzer hareket etmiş, maksimum noktaya ulaştıktan sonra azalmaya başlamıştır. Bitüm oranı arttıkça boşluklar asfalt çimentosuyla dolmakta ve Vh değeri azalmaktadır. Kireçtaşı filler içeren BSK numuneleri

gibi bitüm miktarı arttıkça Vh değerinde azalma, Vf değerinde ise bir artış meydana gelmiştir.

En yüksek Dp'ye karşılık gelen bitüm yüzdesi, %4 Vh'a karşılık gelen bitüm yüzdesi, Vf için %70'e denk gelen bitüm yüzdesi ve en yüksek MS değerini veren bitüm yüzdesinin aritmetik ortalaması alınarak OBM %5.35 olarak hesaplanmıştır.

Kireçtaşı filler ve hematit filler içeren karışımların hesaplanan OBM değerleri ile yeni BSK numuneleri hazırlanmıştır. Hazırlanan bu numunelerin MS deneyi yardımıyla stabilite ve akma değerleri ölçülmüş, şartname sınır değerleriyle karşılaştırılmıştır (Tablo 5).



Şekil 3. Hematit agregasının filler olarak kullanıldığı numunelere ait grafikler

Tablo 5. Kireçtaşı filler-hematit filler içeren BSK değerleri ve şartname limitleri

Değişken	Aşınma		Kireçtaşı Filler İçeren BSK Değerleri	Hematit Filler İçeren BSK Değerleri
	Min.	Max.		
Dp (gr/cm ³)	-	-	2.41	2.39
Vh (%)	3	5	4.09	4.8
VMA (%)	14	16	14.21	15.98
Vf (%)	65	75	72.2	67.3
MS (kg)	900	-	1130	981
Akma (mm)	2	4	3.31	3.02

4. Tartışma ve Sonuç

Günümüzde alternatif malzemelerin BSK'da filler malzemesi olarak kullanımına yönelik çalışmalar devam etmektedir. Burada amaç hem üstyapı hizmet

ömrünün yükseltilmesi hem de temini kolay malzemelerin kullanımı ile ekonomik açıdan kolaylık sağlanmasıdır. Bu çalışmada hematit mineralinin BSK'da filler malzeme olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Hematit içeren numunelerin Dp değeri 2.39 gr/cm³, kireçtaşı filler içeren numunelerin Dp değeri ise 2.41 gr/cm³ ile istenen seviyede çıkmıştır.
- Vh için şartnamede en yüksek değer %5 iken Hematit içeren karışımda %4.8, kireçtaşı içeren karışımda %4.09 çıkarak şartname aralığında kalmıştır.
- VMA için şartnamede üst sınır %16 iken hematit içeren karışımda %15.98, kireçtaşı içeren karışımda %14.21 olarak bulunmuş ve

her iki karışım da şartname sınırları içerisinde kalmıştır.

- Her iki karışım için MS değerlerine bakıldığında şartname alt sınırı olan 900 kg'ı sağladıkları görülmüştür.
- Hematit içeren karışımın Vf değeri %67.3, akma değeri ise 3.02 mm ile şartname sınırları içerisinde kalmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre hematit mineralinin BSK'da test edilen oranda kullanılabileceği ortaya çıkmaktadır.

Bundan sonraki çalışmalar için optimum hematit filler miktarı belirlendikten sonra kireçtaşı tozu yerine hematit tozunun kullanılması önerilmektedir.

5. Kaynaklar

Acar, S.O., Tapkın, S., 1998. Portland Çimentosu Kullanılarak Hazırlanan Marshall Numunelerinin Özelliklerinin İncelenmesi, Asfalt'98, 2. Ulusal Asfalt Sempozyumu, Ankara, 95-104.

Ahmedzade, P., Sengoz, B., 2009. Evaluation of Steel Slag Coarse Aggregate in Hot Mix Asphalt Concrete. Journal of Hazardous Materials, 165, 300-305.

Al-Hdabi, A., 2016. Laboratory Investigation on The Properties of Asphalt Concrete Mixture with Rice Husk Ash as Filler. Construction and Building Materials, 126, 544-551.

Asthana, G., Choudhary, J., Kumar, B., Gupta, A., 2020. Experimental Investigation of Waste Glass Powder as Filler in Asphalt Concrete Mixes. In Recent Developments in Waste Management: Select Proceedings of Recycle, Springer Singapore, 261-270.

ASTM C 127-88. 1992. Test Method for Specific Gravity and Adsorption of Coarse Aggregate. USA: Annual Book of ASTM Standards.

ASTM C 128-88. 1992. Test Method for Specific Gravity and Adsorption of Fine Aggregate. USA: Annual Book of ASTM Standards.

ASTM C 131-96. 1996. Standard Test Method for Resistance to Abrasion of Small Size Coarse Aggregate by Use of The Los Angeles Machine. Annual Book of ASTM Standards.

ASTM D5. 1992. Standard Test Method for Penetration of Bituminous Materials. Annual Book of ASTM Standards USA.

ASTM D36. 1992. Standard Test Method for Softening Point of Bitumen (Ring-and-Ball Apparatus), Annual Book of ASTM Standards USA.

ASTM D70. 1992. Standard Test Method for Density of Semi-Solid Bituminous Materials (Pycnometer Method). Annual Book of ASTM Standards USA.

Chen, M.Z., Lin, J.T., Wu, S.P., Liu, C.H., 2011. Utilization of Recycled Brick Powder as Alternative Filler in Asphalt Mixture. Construction and Building Materials, 25, (4), 1532-1536.

Islam, S.S., Ransinchung, G.D., Choudhary, J., 2021. Analyzing the Effect of Waste Jarosite as an Alternative Filler on the Engineering Properties of Asphalt Mixes. Construction and Building Materials, 270, 121466.

Gedik, A., Selcuk, S., Lav, A.H., 2021. Investigation of Recycled Fluorescent Lamps Waste as Mineral Filler in Highway Construction: A Case of Asphaltic Pavement Layers. Resources, Conservation and Recycling, 168, 105290.

Kaplan, A.N., 2021. Agregat ve Reçine Tipinin Polimer Betonun Performansı Üzerine Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 216s., Isparta.

Karayolları Genel Müdürlüğü. 2013. Karayolları Teknik Şartnamesi. Ankara.

Maden Teknik Arama Genel Müdürlüğü, 2017. Dünyada ve Türkiye'de Demir. Fizibilite Etütleri Daire Başkanlığı, Eylül.

Modarres, A., Rahmanzadeh, M., Ayar, P., 2015. Effect of Coal Waste Powder in Hot Mix Asphalt Compared to Conventional Fillers: Mix Mechanical Properties and Environmental Impacts. Journal of Cleaner Production, 91, 262-268.

- Morova, H.V., 2022. Eticol-43 Bor Mineralinin Asfalt Betonda Filler Olarak Kullanımı. Uluslararası Sürdürülebilir Mühendislik ve Teknoloji Dergisi, 6, (2), 85-92.
- Önal, M.A., Karaca, S., 1990. Asfalt Betonu ve Diğer Karışım Tipleri İçin Karışım Dizayn Metotları. Karayolları Genel Müdürlüğü Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Pasandín, A. R., Pérez, I., Ramírez, A., Cano, M.M., 2016. Moisture Damage Resistance of Hot-Mix Asphalt Made with Paper Industry Wastes as Filler. Journal of Cleaner Production, 112, 853-862.
- Serin, S., Önal, Y., Kayadelen, C., Morova, N. 2023. Utilization of Recyclable Concrete and Ceramic Waste as Filling Material in Hot Mix Asphalt. Periodica Polytechnica Civil Engineering, 67, (3), 846-854.
- Shishehboran, M., Ziari, H., Korayem, A.H., Hajiloo, M., 2021. Environmental and Mechanical Impacts of Waste Incinerated Acidic Sludge Ash as Filler in Hot Mix Asphalt. Case Studies in Construction Materials, 14, E00504.
- Uzun, İ., Terzi, S., 2012. Evaluation of Andesite Waste as Mineral Filler in Asphaltic Concrete Mixture. Construction And Building Materials, 31, 284-288.
- Zhang, J., Sun, C., Li, P., Liang, M., Jiang, H., Yao, Z., 2019. Experimental Study on Rheological Properties and Moisture Susceptibility of Asphalt Mastic Containing Red Mud Waste as a Filler Substitute. Construction and Building Materials, 211, 159-166.