

**DETERMINATION OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF POLYMER AND NATURAL ASPHALTS MODIFIED BINDERS AFTER STORAGE STABILITY TEST**

**Mehmet YILMAZ\*, Baha Vural KÖK, Özge ERDOĞAN YAMAÇ**

*Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, ELAZIĞ*

Received/Geliş: 26.09.2014 Revised/Düzelme: 08.01.2015 Accepted/Kabul: 10.03.2015

**ABSTRACT**

In this study, the storage stabilities of modified bitumen prepared with additive of styrene-butadiene-styrene (SBS), Iranian Gilsonite (IG) and American Gilsonite (AG) were investigated. The modified bitumen prepared by mixing each additive in three different ratios to B 160/220 bitumen have been subject to storage stability experiment in accordance with the EN 13399 standard in order to determine the effects of the additive materials. Penetration, softening point and rotational viscosimeter experiments have been applied to the samples. Thus, the additive material that is most suitable in terms of storability was tried to be determined. It has been determined that the penetration, softening point and viscosity values of samples acquired from the top part of the tube was greater due to the polymer accumulation at the top part as a result of the penetration softening point and viscosity experiments carried out on samples prepared with SBS following storage stability. In this study, it was determined that natural asphalts are more suited than SBS in terms of storage stability.

**Keywords:** Storage stability, modification, styrene-butadiene-styrene, American gilsonite, Iranian gilsonite.

**POLİMER VE DOĞAL ASFALTLARLA MODİFİYE EDİLEN BİTÜMLÜ BAĞLAYICILARIN DEPOLAMA STABİLİTESİ DENEYİ SONRASI REOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

**ÖZET**

Bu çalışmada, katkı maddeleri olarak stiren-butadien-stiren (SBS), İran Gilsoniti (IG) ve Amerikan Gilsoniti (AG) ile hazırlanan modifiye bitümlerin depolama stabiliteyi incelenmiştir. Katkı maddelerinin etkilerini belirlemek amacıyla B 160/220 bitümüne her bir katkı türünden üç farklı oranda karıştırılarak hazırlanan modifiye bitüm numuneleri, EN 13399 standardına göre depolama stabilitesi deneyine tabi tutulmuştur. Bu numuneler üzerinde penetrasyon, yumuşama noktası ve dönel viskozimetre deneyleri uygulanmıştır. Böylece depolanabilirlik açısından en uygun katkı maddesi belirlenmeye çalışılmıştır. SBS ile hazırlanan numunelerin depolama stabilitesi sonrası penetrasyon, yumuşama noktası ve viskozite deneyleri sonucunda tüpün üst kısmında polimerin birikmesinden ötürü, tüpün üst kısmından elde edilen numunelerin penetrasyon, yumuşama noktası ve viskozite değerlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Çalışmada depolama stabilitesi bakımından doğal asfaltların SBS'ye göre daha uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Depolama stabilitesi, modifikasyon, stiren-butadien-stiren, Amerikan gilsoniti, İran gilsoniti.

\* Corresponding Author/Sorumlu Yazar: e-mail/e-ileti: mehmetyilmaz@firat.edu.tr, tel: (424) 237 00 00 / 54 21

## 1. GİRİŞ

Karayolu üstyapılarında kullanılan bitümlü sıcak karışımlarda trafik ve çevre koşulları nedeniyle tekerlek izi, nem hasarı, düşük sıcaklık ve yorulma çatlakları gibi bozulmalar meydana gelmektedir [1]. Bitümün ve bitümlü sıcak karışımların ısıya ve trafik yüklerine karşı dayanımı ve performansını artırarak üstyapının servis ömrünü uzatmak amacıyla katkı maddeleri kullanılmaktadır [2]. Modifiye bitüm üretilmesinde göl asfaltları, kaya asfaltları ve gilsonitler doğal katkı maddeleri olarak kullanılabilirliği gibi, polimerler gibi kimyasal olarak üretilen katkı maddeleri de yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bitüm modifikasyonunda en fazla termoplastik elastomer olan stiren-butadien-stiren (SBS) kullanılmaktadır. SBS, yumuşak butadienik yapı içerisinde dağılan rijit stirenik kısım ihtiva eden ikili bir yapıya sahiptir. Üç boyutlu ağ yapısına sahip olan SBS, bitümdeki kendine benzeyen yapıları içine alarak hacminin 10 katına kadar şişmektedir [3]. Bitüm içinde ısıtıldığında SBS, ağ yapısından sıyrılarak akıcı hale gelmekte ve bitümle kolayca karışmaktadır. Karışımın yumuşama noktasının altına inildiğinde ise üç boyutlu ağ yapısı tekrar oluşmaktadır. Trinidad Göl Asfaltı (TLA) ve gilsonit gibi doğal asfaltlar, bitümlü sıcak karışımlarda kullanılan diğer bir katkı türüdür [4]. Gilsonit, doğal bir hidrokarbon olduğundan, bitümle yüksek uyum göstermekte ve kolayca karışabilmektedir [5]. Gilsonit, bitüm modifikasyonunda tek başına kullanılabilirliği gibi SBS ile birlikte de olumlu sonuçlar vermektedir [6]. Yapılan çeşitli çalışmalarda bitüm modifikasyonunda gilsonit kullanımı ile bitümlü sıcak karışımların özellikle yüksek sıcaklık ve yorulma performansının arttığı belirlenmiştir [7, 8, 9]. Dünyadaki önemli gilsonit kaynakları Amerika'nın Utah eyaletinde ve İran'ın çeşitli bölgelerinde bulunmaktadır.

Uygulamada modifiye bitümler ayrı bir plente hazırlanmakta, daha sonra asıl plente pompalanarak agregaya ile karıştırılmakta ve modifiye bitüm içeren sıcak karışımlar elde edilmektedir. Hazırlanan modifiye bitümün aynı iş gününde tüketilmek istenmesine rağmen, uygulamada diğer ekipmanlarda meydana gelebilecek teknik arızalar gibi problemlerden ötürü depolanması gerekmektedir [10]. Depolanma nedeniyle plent içinde bulunan modifiye bitümde ayrışma meydana gelebilmektedir. Böyle bir durumla karşılaşıldığında modifiye bitümün reolojik yapısının nasıl değişeceğini tespit edebilmek amacıyla EN 13399 standardına göre depolama stabilitesi deneyi yapılmaktadır.

Bu çalışmada, bir çeşit polimer (SBS) ve iki çeşit doğal asfalt (IG ve AG) ile hazırlanan modifiye bitümlerin depolama stabilitesi incelenmiştir. Çalışmada penetrasyon, yumuşama noktası ve dönel viskozimetre deneyleri ile bağlayıcıların depolama stabilitesi değerlendirilerek depolanabilirlik açısından en uygun katkı maddesi belirlenmeye çalışılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada ana bağlayıcı olarak Batman TÜPRAŞ rafinerisinden temin edilen B 160/220 sınıfı bitümlü bağlayıcı kullanılmıştır. Bu bağlayıcı üzerinde uygulanan standart bağlayıcı deney sonuçları ve EN 12591 standardına göre şartname limitleri Çizelge 1'de görülmektedir.

Katkı maddesi olarak Shell Firması tarafından üretilen SBS (Kraton D 1101), American Gilsonite şirketinden temin edilen Amerikan Gilsoniti ve Aydın Ticaret şirketinden temin edilen İran Gilsoniti kullanılmıştır. Katkı oranları önceden yapılan çalışmalar dikkate alınarak, bitüm ağırlığına olmak üzere Amerikan Gilsoniti için % 10, % 11 ve % 12, İran Gilsoniti için % 9, % 10 ve % 11 ve SBS için % 3, % 4 ve % 5 şeklinde belirlenmiştir [11, 12]. Modifiye bağlayıcıları hazırlamak amacıyla; bitüm, belirlenmiş oranlarda ilave edilen katkı maddeleri ile 180°C sıcaklıkta, 1000 rpm hıza sahip bir karıştırıcıda, 1 saat süreyle karıştırılmıştır.

Çizelge 1. Saf bağlayıcı deney sonuçları

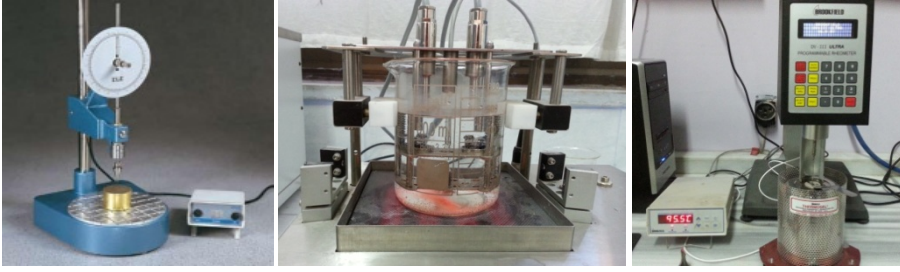
Özellikler	Standart	Sonuç	Şartname limiti
Yaşlandırılmamış			
Penetrasyon (0,1 mm), (25 °C'de, 100 g, 5 s)	EN 1426	168	160–220
Yumuşama Noktası (°C)	EN 1427	42,4	35 – 43
Penetrasyon İndeksi (PI)	-	0,1879	-
Viskozite (cP, 135 °C), en fazla	ASTM D 4402	300,0	3000,0
Viskozite (cP, 165 °C)	ASTM D 4402	100,0	-
RTFOT Sonrası			
Kütle Değişimi, en fazla, (%)	EN 12607-1	0,97	1,0
Penetrasyon, (0,1 mm), (25 °C'de, 100 g, 5 s)	EN 12607-1	73	-
Kalıcı Penetrasyon, en az, (%)	EN 12607-1	43,3	37
Yumuşama Noktası, en az, (°C)	EN 1427	53,2	37
Penetrasyon İndeksi (PI)	-	0,5502	-
Yumuşama Noktasındaki Artış, en fazla, (°C)	EN 1427	10,8	11

Hazırlanan modifiye bitümler EN 13399 standardına göre depolama stabilitesi deneyine tabi tutulmuştur. Deneyde 160 mm yüksekliğinde 30-40 mm çapında standart alüminyum tüpler kullanılmıştır. Standartta göre homojen hale gelinceye kadar özel mikser ile karıştırılan modifiye bitüm, standart tüpe 100-120 mm yüksekliğe kadar hava kabarcığı kalmayacak şekilde doldurulmuştur. Daha sonra tüpün ağzı hava geçirmeyecek şekilde kapatılmıştır. Tüpler dik vaziyette 72±1 saat süresince 180 °C sıcaklıkta bekletilmiştir [13]. Sürenin sonunda tüpler etüvden çıkarılarak dik vaziyette oda sıcaklığına kadar soğutulmuş, ardından -20 °C sıcaklıkta 30 dakika bekletilmiş ve tüpün içerisindeki bitüm yatay vaziyette üç eşit parçaya bölünmüştür. Ortadaki parçalar atıldıktan sonra alt ve üst parçalar etüvde 130 °C sıcaklıkta yarım saat bekletilerek deney numunelerinin elde edilmesi sağlanmıştır. Alt ve üst parçalardan elde edilen numuneler; penetrasyon, yumuşama noktası ve dönel viskozimetre deneylerine tabi tutulmuştur. Depolama stabilitesi deneyinin aşamaları Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Depolama stabilitesi deneyi

Depolama stabilitesi deneyinden elde edilen numuneler üzerinde EN 1426 standardına uygun olarak penetrasyon [14], EN 1427 standardına uygun olarak yumuşama noktası [15] ve ASTM D 4402 standardına uygun olarak dönel viskozimetre [16] deneyleri tatbik edilmiştir. Yumuşama noktası deneyinde bazı numunelerin yumuşama noktası değeri 80 °C sıcaklığı geçtiğinden bu numunelerde saf su yerine gliserin kullanılmıştır. Dönel viskozimetre deneyleri 135 ve 165 °C sıcaklıklarda uygulanmıştır. Penetrasyon, yumuşama noktası ve dönel viskozimetre deney aletleri Şekil 2'de görülmektedir.

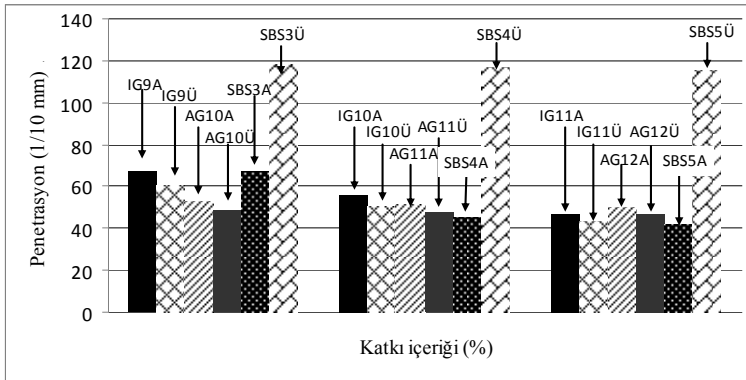


Şekil 2. Penetrasyon, yumuşama noktası ve viskozite deney aletleri

### 3. BAĞLAYICI DENEY SONUÇLARI

#### 3.1. Penetrasyon Deneyi Sonuçları

Bağlayıcılara uygulanan penetrasyon deneylerinden elde edilen sonuçlar Şekil 3'te görülmektedir. Şekilde ilk simge katkı türünü (IG: İran Gilsoniti gibi), ikinci değişken katkı oranını (9: % 9 gibi), son simge ise depolama stabilitesi tüpünün alt veya üst kısmını (A: alt, Ü: üst) ifade etmektedir. Şekilde görüldüğü üzere en düşük penetrasyon değerine % 5 SBS içeren alt numunenin, en yüksek penetrasyon değerine ise % 3 SBS içeren üst numunenin sahip olduğu belirlenmiştir.



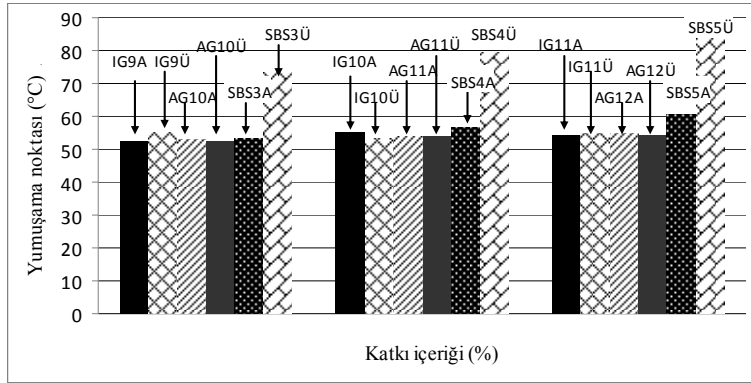
Şekil 3. IG, AG ve SBS kullanılarak hazırlanan numunelerin penetrasyon deney sonuçları

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi katkı kullanımı ile saf bağlayıcıya göre (168 penetrasyon; Çizelge 1) penetrasyon değeri azalmıştır. Katkı oranlarının artması ile penetrasyon değerleri azalmış, dolayısıyla bağlayıcıların kıvamı artmıştır. AG ve IG içeren bağlayıcılarda depolama stabilitesi sonrası numunelerin alt kısımlarının penetrasyon değerlerinin daha yüksek olduğu, SBS ile hazırlanan modifiye bitümlerde ise depolama stabilitesi sonrasında üst kısımların penetrasyon değerlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. % 9 IG içeren numunelerde depolama stabilitesi deneyi sonrası tüpün alt ve üst kısımları arasında penetrasyon değerleri bakımından % 10,4 ; % 10 IG içeren numunelerde % 9,5 ve % 11 IG içeren numunelerde % 7,8 fark olduğu belirlenmiştir. % 10 AG içeren numunelerde depolama stabilitesi deneyi sonrası tüpün alt ve üst kısımları arasında penetrasyon değerleri bakımından % 8,2 ; % 11 AG içeren numunelerde % 7,8 ve % 12 AG içeren numunelerde % 6,0 oranlarında fark olduğu belirlenmiştir. Bu durum AG'nin penetrasyon değerleri bakımından IG'ye göre depolama

stabilitesi açısından daha uygun olduğunu göstermektedir. Ayrıca üstteki parçaların penetrasyon değerlerinin daha düşük olması, gilsonitin içerisinde bulunan ve daha sert olan doğal bitümün özgül ağırlığının düşük olmasından dolayı tüpün üst tarafında biriktiğini göstermektedir. % 3 SBS içeren numunelerde depolama stabilitesi deneyi sonrası tüpün alt ve üst kısımları arasında penetrasyon değerleri bakımından % 43,8 ; % 4 SBS içeren numunelerde % 61,3 ve % 5 SBS içeren numunelerde % 63,9 fark olduğu belirlenmiştir. KGM Modifiye Bitüm Teknik Şartnamesi'ne göre depolama stabilitesi sonrası alt ve üst parçalar arasındaki penetrasyon farkı 13 birimi geçmemelidir [17]. Bu durum penetrasyon değerleri dikkate alındığında, depolama stabilitesi bakımından doğal asfaltların SBS'ye göre daha uygun olduğunu göstermektedir. Bunun yanında doğal katkı içeriği (AG, IG) arttıkça penetrasyon değerlerindeki farkın azaldığı ve düşük oranlara göre yüksek oranlarda doğal katkı kullanımının depolama açısından daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir.

### 3.2. Yumuşama Noktası Deneyi Sonuçları

Depolama stabilitesi deneyine tabi tutulmuş numunelere uygulanan yumuşama noktası deneylerinden elde edilen sonuçlar Şekil 4'te verilmiştir. Şekilde ilk simge katkı türünü (IG: İran Gilsoniti gibi), ikinci değişken katkı oranını (9: % 9 gibi), son simge ise depolama stabilitesi tüpünün alt veya üst kısmını (A: alt, Ü: üst) ifade etmektedir. Şekilde görüldüğü üzere en yüksek yumuşama noktası değerine % 5 SBS içeren üst numunenin sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4. IG, AG ve SBS kullanılarak hazırlanan numunelerin yumuşama noktası deney sonuçları

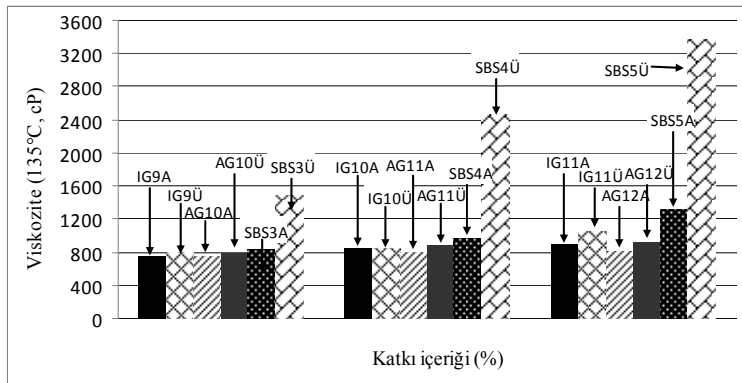
Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi katkı kullanımı ile saf bağlayıcıya göre (42,4 °C; Çizelge 1) yumuşama noktası değerleri artmıştır. Katkı oranlarının artması ile yumuşama noktası değerleri de artmış, dolayısıyla bağlayıcıların kıvamı da artmıştır. AG ve IG içeren bağlayıcılarda depolama stabilitesi sonrası tüplerin alt ve üst kısımlarının yumuşama noktası değerlerinin birbirine yakın olduğu belirlenmiştir. IG içeren bağlayıcılarda % 9 ve % 11 IG içeriklerinde tüpün üst kısmından elde edilen numunelerin yumuşama noktası değerlerinin daha yüksek olduğu, % 10 IG içeren bağlayıcılarda ise tüpün alt kısmından elde edilen numunelerin yumuşama noktası değerlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. IG içeren bağlayıcılarda tüpün alt ve üst kısmından elde edilen numuneler arasındaki yumuşama noktası farkının en fazla % 9 IG içeriğinde (% 4,7) olduğu belirlenmiştir. AG içeren bağlayıcılarda ise tüpün alt ve üst kısmından elde edilen numuneler arasındaki yumuşama noktası farkının en fazla % 12 AG içeriğinde (% 0,9) olduğu belirlenmiştir.

SBS modifiyeli bitümlerde tüpün üstünden elde edilen numunelerin yumuşama noktası değerlerinin tüpün altından elde edilen numunelere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. % 3 SBS içeren numunelerde depolama stabilitesi deneyi sonrası tüpün alt ve üst kısımları arasında yumuşama noktası değerleri bakımından % 27,1 ; % 4 SBS içeren numunelerde % 28,5 ve % 5 SBS içeren numunelerde % 27,9 fark olduğu belirlenmiştir. Bu durum yumuşama noktası değerleri dikkate alındığında depolama stabilitesi bakımından doğal asfaltların SBS'ye göre daha uygun olduğunu göstermektedir. SBS ile hazırlanan numunelerin depolama stabilitesi sonrası penetrasyon ve yumuşama noktası deneyleri sonucunda tüpün üst kısmından elde edilen numunelerin penetrasyon ve yumuşama noktası değerlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Katkı kullanımı ile yumuşama noktası değerlerinin artması durumunda penetrasyon değerlerinin azalması beklenmektedir. Fakat SBS modifiyeli bitümlerde tüplerin üstünden elde edilen numunelerin yumuşama noktaları ve penetrasyon değerleri birlikte artmıştır. Bu durum, özgül ağırlığı bitüme göre daha düşük olan SBS'nin depolama stabilitesi deneyi süresince tüpün üst kısmında birikmesinden kaynaklanmıştır. Tüpün üst kısmında biriken polimer, bitümün özelliğini değiştirmiştir. Bu nedenle tüplerin üst kısmından elde edilen ve polimerisi yapı kazanan numunelerin hem yumuşama noktaları hem de penetrasyon değerleri yüksek çıkmıştır.

Karayolları Genel Müdürlüğü Modifiye Bitüm Teknik Şartnamesi'ne göre depolama stabilitesi sonrası alt ve üst parçalar arasındaki yumuşama noktası farkı 5 °C'yi aşmalıdır [17]. Yumuşama noktası deney sonuçlarından IG ile hazırlanan bağlayıcılarda numunelerin tüpün alt ve üstü arasındaki yumuşama noktası farkının en fazla 2,9 °C, AG ile hazırlanan numunelerde ise en fazla 0,5 °C olduğu belirlenmiştir. Bu durum özellikle AG'nin depolama özelliği açısından bitüm ile büyük uyum sağladığını göstermektedir. SBS ile hazırlanan bağlayıcılarda ise bütün katkı içeriklerinde yumuşama noktası farkının 5 °C'den fazla olduğu (% 3 SBS kullanılması durumunda 19,8 °C, % 4 SBS kullanılması durumunda 22,6 °C, % 5 SBS kullanılması durumunda 23,4 °C) tespit edilmiştir.

### 3.3. Dönel Viskozimetre Deneyi Sonuçları

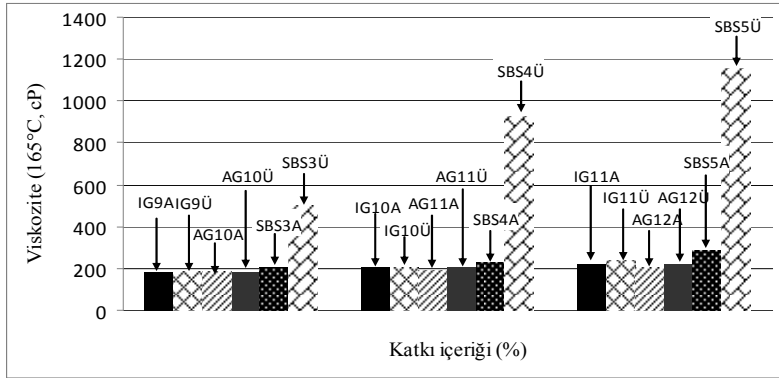
Bağlayıcılara 135 °C sıcaklıkta uygulanan dönel viskozimetre deneylerinden elde edilen sonuçlar Şekil 5'te verilmiştir. Katkı içeriklerinin genelinde depolama stabilitesi deneyi sonrası tüpün üstünden elde edilen numunelerin viskozite değerlerinin tüpün altından elde edilenlerden daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun depolama stabilitesi deneyi süresince katkı maddelerinin tüpün üst kısmında birikmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 5. Bağlayıcıların 135 °C'deki viskozite değerlerinin katkı türü ve içeriği ile değişimi

Yukarıdaki şekilde görüldüğü üzere katkı kullanımı ile saf bağlayıcıya göre (300 cP; Çizelge 1) viskozite değeri artmıştır. Katkı oranlarının artması ile viskozite değerleri, dolayısıyla bağlayıcı kıvamları artmıştır. Neredeyse bütün bağlayıcı türlerinde depolama stabilitesi deneyi sonrası tüpün üst kısmından elde edilen numunelerin viskozite değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. SBS ile hazırlanan bağlayıcılarda tüpün üst kısmından elde edilen numunelerin viskozite değerleri yumuşama noktası deneylerinde olduğu gibi penetrasyon deney sonuçları ile zıtlık göstermiştir. Diğer deneylerde olduğu gibi 135 °C sıcaklıkta yapılan viskozite deneyleri sonucunda Amerikan ve İran Gilsoniti'nin bitüm ile yüksek uyum sağladığı, doğal asfaltlarla hazırlanan bütün bağlayıcılarda depolama stabilitesi sonrası tüplerin alt ve üstlerinden elde edilen numunelerin viskozite değerleri arasındaki farkın % 15'den az olduğu tespit edilmiştir. % 9 IG, % 10 IG ve % 10 AG ile hazırlanan bağlayıcılarda alt ve üst numuneler arasında viskozite değerleri bakımından % 5'ten az fark olduğu tespit edilmiştir (Şekil 5). AG ile hazırlanan bağlayıcıların viskozite değerlerinin IG ile hazırlanan bağlayıcılarından az olması, işlenebilirlik ve ayrıca karıştırma ve sıkıştırma sıcaklığı bakımından AG'nin IG'ye göre daha uygun olduğunu göstermektedir. % 3 SBS ile hazırlanan modifiye bitümlerin depolama stabilitesi deneyi sonrası tüplerin alt ve üst parçalarından elde edilen numuneler üzerinde uygulanan viskozite deneyleri sonucunda, üst parçadan elde edilen numunenin viskozite değerinin alt parçaya göre % 44,4 daha yüksek olduğu, % 4 ve % 5 SBS ile hazırlanan numunelerde ise sırasıyla % 61,0 ve % 60,8 oranında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum yumuşama noktası ve penetrasyon deneyleri ile uyum sağlamış, gilsonitlerin SBS'ye göre depolama açısından bitümle daha iyi uyum sağladığını göstermiştir.

Bağlayıcılara 165 °C sıcaklıkta uygulanan dönel viskozimetre deneylerinden elde edilen sonuçlar Şekil 6'da görülmektedir. Buna göre en düşük viskozite değerine % 10 AG içeren alt numunenin, en yüksek viskozite değerine ise % 5 SBS içeren üst numunenin sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 6. Bağlayıcıların 165 °C'deki viskozite değerlerinin katkı türü ve içeriği ile değişimi

135 °C sıcaklıkta uygulanan deneylerde olduğu gibi 165 °C sıcaklıkta da katkı kullanımı ile saf bağlayıcıya göre (100 cP; Çizelge 1) viskozite değerleri artmıştır. 165 °C sıcaklıkta uygulanan dönel viskozimetre deneyleri, 135 °C sıcaklıkta uygulanan deneylerle uyum göstermiştir. Bağlayıcıların çoğunda depolama stabilitesi deneyi sonrası tüpün üst kısmından elde edilen numunelerin viskozite değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. 165 °C sıcaklıkta yapılan viskozite deneyleri sonucunda Amerikan ve İran Gilsoniti'nin bitüm ile yüksek uyum sağladığı, doğal asfaltlarla modifiye edilen bütün bağlayıcılarda depolama stabilitesi sonrası tüplerin alt ve üstlerinden elde edilen numunelerin viskozite değerleri arasındaki farkın % 10'dan az olduğu belirlenmiştir. % 9 IG ve % 10 IG ile hazırlanan bağlayıcılarda alt ve üst numuneler

arasında viskozite değerleri bakımından fark bulunmadığı tespit edilmiştir. % 3 SBS ile hazırlanan modifiye bitümlerin depolama stabilitesi deneyi sonrası tüplerin alt ve üst parçalarından elde edilen numuneler üzerinde uygulanan viskozite deneyleri sonucunda üst parçadan elde edilen numunenin viskozite değerinin alt parçaya göre % 58,8 daha yüksek olduğu, % 4 SBS ve % 5 SBS ile hazırlanan numunelerde ise % 75,2 oranında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada bir çeşit polimer (SBS) ve iki çeşit doğal asfalt (IG ve AG) ile hazırlanan modifiye bitümlerin depolama stabilitesi incelenmiştir. Çalışmada penetrasyon, yumuşama noktası ve dönel viskozimetre deneyleri ile bağlayıcıların depolama stabilitesi değerlendirilmiştir.

Bağlayıcılara uygulanan penetrasyon deneyleri sonucunda depolama stabilitesi bakımından doğal asfaltların SBS'ye göre daha uygun olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında katkı içeriği arttıkça penetrasyon değerlerindeki farkın azaldığı dolayısıyla düşük oranlara göre yüksek oranlarda katkı kullanımının depolama açısından daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir.

Yumuşama noktası deney sonuçları dikkate alındığında depolama stabilitesi bakımından doğal asfaltların SBS'ye göre daha uygun olduğu tespit edilmiştir. SBS ile hazırlanan numunelerin depolama stabilitesi sonrası penetrasyon ve yumuşama noktası deneyleri sonucunda tüpün üst kısmından elde edilen numunelerin penetrasyon ve yumuşama noktası değerlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Katkı kullanımı ile yumuşama noktası değerlerinin artması durumunda penetrasyon değerlerinin azalması beklenmektedir. Fakat SBS modifiyeli bitümlerde tüpün üstünden elde edilen numunelerin yumuşama noktaları ve penetrasyon değerleri birlikte artmıştır. Bu durumun özgül ağırlığı bitüme göre daha düşük olan SBS'nin depolama stabilitesi deneyi süresince tüpün üst kısmında birikmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Tüpün  st kısmında biriken polimerin bitümün özelliğini değiştirirdiği, bu nedenle polimerisi yapı kazanan tüpün üst kısmından elde edilen numunenin, yumuşama noktası ve penetrasyon değerlerinin yüksek çıktığı düşünülmektedir.

135  C ve 165  C sıcaklıkta uygulanan dönel viskozimetre deneylerinden katkı kullanımı ile saf bağlayıcıya göre viskozite değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Katkı oranlarının artması ile viskozite değerleri dolayısıyla bağlayıcı kıvamları artmıştır. Bağlayıcıların genelinde depolama stabilitesi deneyi sonrası tüpün üst kısmından elde edilen numunelerin viskozite değerlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. SBS ile hazırlanan bağlayıcılarda tüpün üst kısmından elde edilen numunelerin viskozite değerleri yumuşama noktası deneylerinde olduğu gibi penetrasyon deney sonuçları ile zıtlık göstermiştir. Diğer deneylerde olduğu gibi Amerikan ve İnan Gilsoniti'nin bitüm ile yüksek uyum sağladığı, SBS'nin ise depolama açısından doğal asfaltlara göre daha zayıf sonuç verdiği belirlenmiştir.

#### REFERENCES / KAYNAKLAR

- [1] Janoo V.C., Korhonen C., "Performance Testing of Hot-Mix Asphalt Aggregates", US Army Corps of Engineering Project, Number: 99-20, 1999.
- [2] Roque R., Birgisson B., Drakos C., et.al., "Guidelines for Use of Modified Binders", Florida Department of Transportation Project, Number: 4910-4504-964-12, 2005.
- [3] Şeng z B, Işıkıyakar G., "Evaluation of the Properties and Microstructure of SBS and EVA Polymer Modified Bitumen", Construction and Building Materials, 22, 9, 1897-1905, 2008.
- [4] Hamidi H., "Stiffness Modulus and Permanent Deformation Characteristics of Asphalt Mix Containing Gilsonite", PhD Thesis, Bandung Technology Institute, 1998.
- [5] Liu J., Li P., "Experimental Study on Gilsonite-Modified Asphalt", Proceeding of the 2008 Airfield and Highway Pavement Specialty Conference, Washington, 2008, 222-8.



- [6] Kk B.V., Yılmaz M., Gler M., “Evaluation of High Temperature Performance of SBS + Gilsonite Modified Binder”, *Fuel*, 90, 10, 3093-3099, 2011.
- [7] Aflaki S., Tabatabaee N., “Proposals for Modification of Iranian Bitumen to Meet the Climatic Requirements of Iran”, *Construction and Building Materials*, 23, 6, 2141–2150, 2009.
- [8] Ameri M., Mansourian A., Ashani, S.S., et. al., “Technical Study on the Iranian Gilsonite as an Additive for Modification of Asphalt Binders Used in Pavement Construction”, *Construction and Building Materials*, 25, 3, 1379-1387, 2011.
- [9] Ameri M., Mansourian A., Sheikhmotevali A. H., “Investigating Effects of Ethylene Vinyl Acetate and Gilsonite Modifiers Upon Performance of Base Bitumen Using Superpave Tests Methodology”, *Construction and Building Materials*, 36, 1001-1007, 2012.
- [10] Yılmaz M., Kk B.V., Kuloğlu N., ve diğerleri, “Elastomer Tr Polimerler ile Modifiye Edilmiş Bitml Bağlayıcıların Depolama Stabilitelerinin ve Reolojik zelliklerinin İncelenmesi”, *DE Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 15, 1, 67-77, 2013.
- [11] Yılmaz M., eloğlu M.E., “Effects of SBS and Different Natural Asphalts on the Properties of Bituminous Binders and Mixtures”, *Construction and Building Materials*, 44, 533-540, 2013.
- [12] Yałçın E., “Filler Olarak Kireç Kullanımının Modifiye Bitmlerle Hazırlanan Karışımların Performansına Etkisinin İncelenmesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2014.
- [13] EN 13399, “Bitumen and Bituminous Binders - Determination of Storage Stability of Modified Bitumen”, *European Standard*, p.6, 2003.
- [14] TS 118 EN 1426, “Bitümler ve bitümlü bağlayıcılar – İğne batma derinliği tayini”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 12 s., 2002.
- [15] TS 120 EN 1427, “Bitümler ve bitümlü bağlayıcılar- Yumuşama noktası tayini – Halka ve bilya metodu”, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara., 12 s., 2002.
- [16] ASTM D 4402, “Standart Test Method for Viscosity Determination of Asphalt at Elevated Temperatures Using a Rotational Viscometer”.
- [17] Karayolları Genel Müdürlüğü, “Karayolları Teknik şartnamesi”, Ankara, 2013.