

**T.C.
BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Yüksek Lisans Tezi

**BİTÜMLÜ İLİK KARIŞIMLARIN KİMYASAL BUZ
ÇÖZÜCÜLERE KARŞI DİRENCİNİN İNCELENMESİ**

Hatice KÖSE

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Yüksel TAŞDEMİR**

Yozgat 2015

**T.C.
BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Yüksek Lisans Tezi

**BİTÜMLÜ İLİK KARIŞIMLARIN KİMYASAL BUZ
ÇÖZÜCÜLERE KARŞI DİRENCİNİN İNCELENMESİ**

Hatice KÖSE

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Yüksel TAŞDEMİR**

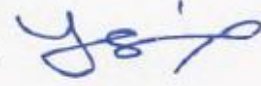
Yozgat 2015

T.C.
BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEZ ONAYI

Enstitümüzün İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı 70110711010 numaralı öğrencisi Hatice KÖSE'nin hazırladığı "Bitümlü İlk Karışımların Kimyasal Buz Çözücülere Karşı Direncinin İncelenmesi" başlıklı YÜKSEK LİSANS tezi ile ilgili TEZ SAVUNMA SINAVI, Bozok Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği uyarınca 31/07/2015 Cuma günü, saat 14:00'de yapılmış, tezin onayına OY BİRLİĞİYLE karar verilmiştir.

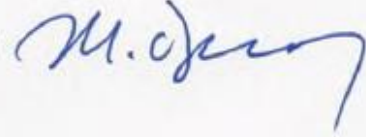
Başkan : . Doç. Dr. Yüksel TAŞDEMİR (Danışman)



Üye : Doç. Dr. Murat ÇOBANER



Üye : Yrd. Doç. Dr. Durdu Mehmet ÖZCAN



ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 31/08/2015 tarih ve 24 sayılı kararı ile onaylanmıştır.



Doç. Dr. Fuat KOKSAL

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR	v
TABLolar LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	viii
1. GİRİŞ	1
2. BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIMLAR	7
2.1. Bitümlü Sıcak Karışımların Özellikleri.....	9
2.1.1. Stabilite	9
2.1.2. Rijitlik.....	10
2.1.3. Dayanıklılık (Durabilite)	11
2.1.4. Yorulma Mukavemeti	12
2.1.5. Fleksibilite (Esneklik).....	12
2.1.6. Geçirimsizlik	13
2.1.7. Kayma Direnci	13
2.1.8. İşlenebilirlik.....	14
3. BİTÜMLÜ ILIK KARIŞIMLAR	17
3.1. Bitümlü Ilık Karışımların Tarihçesi	18
3.2. Bitümlü Ilık Karışım Üretim Teknolojisi.....	19
3.2.1. Kimyasal Katkılar	19
3.2.2. Organik Katkılar	20
3.2.3. Köpüklendirme Tekniği.....	20
3.2.3.1. Su Tutma Özelliğine Sahip Bir katkı Maddesi İlavesi	20
3.2.3.2. Bitüme Doğrudan Su Enjeksiyonu	21
3.3. Bitümlü Ilık Karışımların Avantajları	21
3.3.1. Uygulama Kolaylığı.....	21

3.3.2. Çevresel Faydalar	22
3.3.3. Ekonomik Faydalar	22
3.3.4. İnsan Sağlığını Koruma	23
4.4.Bitümlü Ilık Karışımların Sakıncaları	23
4.4.1.Nem Duyarlılığı	24
4.4.2. Uzun Dönem Performansı	24
4.4.3. BIK katkılarının Çevresel Kirliliğe Etkisi	24
4. KARAYOLLARINDA KAR VE BUZLANMA İLE MÜCADELE.....	25
4.1. Kar Kontrol Çalışmaları	25
4.1.1.Kar Siperleri ile Kar Kontrolü	26
4.1.2. Kar Makineleri ve Ekipmanları ile Kar Kontrolü.....	26
4.2. Buzlanma ile Mücadele	27
4.3. Kar ve Buzlanma ile Mücadelede Kullanılan Kimyasal Maddeler	28
4.3.1. Sodyum Klorür (NaCl).....	28
4.3.2. Kalsiyum Klorür (CaCl ₂).....	29
4.3.3. Magnezyum Klorür (MgCl ₂).....	30
4.3.4. Potasyum Klorür (KCl).....	30
4.3.5. Üre (CO(NH ₂)	30
4.3.6. Kalsiyum Magnezyum Asetat (CMA) ve Potasyum Asetat	30
5. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	31
5.1. Bitüm ve Bitüme Uygulanan Deneyler	32
5.1.1. Modifiye Bitümün Elde Edilmesi.....	32
5.1.2. Dönel Viskozimetre Deney Sonucu	32
5.1.3. Penetrasyon ve Yumuşama Noktası Deneyleri.....	33
5.2. Agreganın Tipi ve Özellikleri	33
5.3. Marshall Deneyi için Karışımların Hazırlanması.....	34
5.3.1. Sıkıştırılmış Bitümlü Karışımların Doygun Yüzey Kuru Numunelerle Hacim Özgül Ağırlığı Hesaplanması (AASHTO T-166)	35
5.3.2. Marshall Numunelerinin maksimum Teorik Özgül Ağırlık Hesaplamaları (ASTM- D2041)	36
5.4. Marshall Stabilitesi ve Akma Deneyi.....	38
5.6. Ultra Ses Hız Ölçümü	42
6. SONUÇ	44

KAYNAKLAR	46
ÖZGEÇMİŞ.....	51

BITÜMLÜ ILIK KARIŞIMLARIN KİMYASAL BUZ ÇÖZÜCÜLERE KARŞI DİRENCİNİN İNCELENMESİ

Hatice KÖSE

**Bozok Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi**

2015; Sayfa: 51

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Yüksel TAŞDEMİR

ÖZET

Karayollarında kış bakım çalışmalarında buzlanma önleyici ve buz çözücü kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Kullanılan kimyasalların olumlu etkilerinin yanı sıra asfalt kaplamaya ve çevreye olumsuz etkileri de vardır. Ülkemizde en yaygın kullanılan buz çözücü kimyasal madde, sodyum klorür (NaCl) dür. Ekonomik olması, kolay temin edilmesi, rezervlerinin çok olması ve depolanmasının kolay olması nedenleriyle tercih edilmektedir.

Bitümlü ılık karışımların (BIK) karıştırma - sıkıştırma sıcaklıkları bitümlü sıcak karışımlara (BSK) göre; 20 - 40 °C daha düşüktür. Bu durum; enerji tüketimini azaltmakta, daha az sera gazı emülsiyonları salınmasını sağlamakta ve karışımın viskozitesini düşürmektedir. Viskozitenin düşürülmesi; karışımın işlenebilirliğinin arttırılmasını, dolayısıyla daha kolay karıştırılabilmesini, sıkıştırılabilmesini sağlamakta ve daha uzun mesafelere taşınabilme olanağını sunmaktadır. Ayrıca azalan sera gazı salınımları, işçilerin sağlığı açısından daha az tehlike oluşturmaktadır.

BIK' ların buz çözücü kimyasal olan NaCl ye karşı direncini belirlemek amacıyla, BSK ve BIK olmak üzere iki tür Marshall numuneleri üretilmiştir. Her iki türden de referans numuneler bırakılarak diğer numuneler aşındırıcı çevre şartlarına maruz bırakılmışlardır. Aşındırıcı çevre şartları olarak saf su ve NaCl kullanılmıştır. NaCl çözeltisinin konsantrasyonları %0.8, %1.6, %2.1, %6.5 ve %10.4 olarak seçilmiştir. Deneyden sonra numunelere Marshall Stabilite testi uygulanmış, Marshall stabilitesi ve akma değerleri ölçülmüştür. Ayrıca numunelerin ultra ses hız ölçümleri de yapılmıştır. Marshall stabilite testi sonuçlarına göre, BIK' ların, BSK' lara göre buz çözücü kimyasal madde olan NaCl ye karşı direncinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: BIK, Marshall Stabilitesi, Kimyasal Buz Çözücüler.

EXAMINATION OF THE RESISTANCE OF WARM MIX ASPHALTS AGAINST CHEMICAL DE-ICERS

Hatice KÖSE

**Bozok University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering
Master of Science Thesis**

2015; Page: 51

Thesis Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Yüksel TAŞDEMİR

ABSTRACT

During winter maintenance operations, anti-icing and de-icing materials are used on roads. Contrarily to their beneficial effects, the used chemicals have also negative influences on asphalt pavement and environment. The most widely used de-icing chemical material in Turkey is sodium chloride (NaCl). It is frequently preferred since it is easy to provide and store, economical, and have high reserves.

The mixing – compaction temperatures of Warm Mix Asphalts (WMA) are lower about 20 –40 °C than the mixing – compaction temperatures of Hot Mix Asphalts (HMA). This situation reduces energy consumption, allows releasing less greenhouse gas emissions and decreases viscosity of the mixture. Viscosity reduction improves workability of the mixture, hence provides more easily mix ability and compatibility and allows asphalt mixtures to be hauled longer distances. Also, decreased greenhouse gas emissions constitute less danger to workers' health.

In order to determine resistance of Warm Mix Asphalts (WMA) against de-icing chemical NaCl, Marshall samples were prepared in two types of HMA and WMA. Sheltering reference samples in both types, remaining samples were exposed to corrosive environmental conditions. Distilled water and NaCl were used as corrosive environmental conditions. The concentration of NaCl solutions were selected as 0.8%, 1.6%, 2.1%, 6.5% and 10.4%. After the experiment, Marshall Stability test were performed to samples, Marshall Stability and flow values of samples were measured. Also, ultrasonic velocity tests were applied to samples. According to Marshall Stability test results, it was detected that resistance of WMAs against de-icing material NaCl were higher than HMAs' values.

Key Words: WMA, Marshall Stability, Chemical De-Icers

TEŞEKKÜR

Bu alıőmanın planlanmasını ve yűrűtűlmesini saęlayan, benden bilgilerini, űnerilerini ve desteęini esirgemeyen deęerli danıőman hocam Sayın Do. Dr. Yűksel TAŐDEMİR' e en içten dileklerle teőekkűr ederim.

Laboratuvar çalıőmalarımnda her tűrlű bilgi ve desteęini esirgemeyen Őęr. Gűr. Mehmet BAYAZIT' a en içten dileklerle teőekkűr ederim.

Laboratuvar çalıőmalarımı yaparken yardımlarını esirgemeyen ablamın eői Vedat KUŐCU' ya en içten dileklerle teőekkűr ederim.

Ayrıca hayatım boyunca benden sevgi ve desteklerini esirgemeyen çok sevdiğim ve saygı duyduğum aileme sonsuz Őűkranlarımı sunarım.

TABLULAR LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 1.1. Yüzey Cinsine Göre Yol Ağı	1
Tablo 2.1. Düşük Stabilite ve Etkileri	10
Tablo 2.2. Düşük Durabilitenin Sebepleri ve Etkileri	11
Tablo 2.3. Zayıf Yorulma Direncinin Sebep ve Etkileri	12
Tablo 2.4. Karışımları Geçirimli Yapan sebep ve Etkileri	13
Tablo 2.5. Düşük Kayma Direnci Sebep ve Etkileri	14
Tablo 2.6. Düşük İşlenebilirliğin Sebep ve Etkileri	15
Tablo 2.7. BSK' ların Özelliklerine Etki Eden Parametreler	16
Tablo 4.1. Sıcaklıklara Göre 1 Kg NaCl' nin Eritebileceği Tuz Miktarı	29
Tablo 5.1. Bitümlerin Dönel Viskozimetre Test Sonuçları	32
Tablo 5.2. Karışımların Karıştırma – Sıkıştırma Sıcaklıkları.....	33
Tablo 5.3. Penetrasyon ve Yumuşama Noktası Deneyleri	33
Tablo 5.4. Deneyde Kullanılacak Agreganın Özellikleri	34
Tablo 5.5. Asfalt Betonu Tasarım Kriterleri	35
Tablo 5.6. BIK ile Hazırlanan Marshall Numunelerinin Fiziksel Özellikleri	37
Tablo 5.7. BSK ile Hazırlanan Marshall Numunelerinin Fiziksel Özellikleri	38
Tablo 5.8. BIK ile Hazırlanan Marshall Numunelerinin Stabilite ve Akma Değerleri	39
Tablo 5.9. BIK ile Hazırlanan Marshall Numunelerinin Stabilite ve Akma Değerleri	40

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1.Esnek Üstyapı Kesiti	2
Şekil 1.2.Tipik Bir Yol Üstyapı Kesiti ve Gerilme Dağılımı	4
Şekil 2.1.Asfaltın Yapısı (a) ve Bileşenleri (b).....	8
Şekil 2.2.Sıcaklık veya Yükleme Süresinin Bir Fonksiyonu Olarak Bitümün Rijitliği	10
Şekil 3.1.Bitümlü Karışımlardaki Üretim Sıcaklığı, Yakıt Tüketimi ve Emisyonların Üretimindeki Farklılıklara Göre Sınıflandırılması	17
Şekil 5.1.Seçilen Agrega gradasyonu ve Şartname Limiti	34
Şekil 5.2.Numunelerin Kayıp Marshall Stabilite Yüzde Değerleri	41
Şekil 5.3.BIK ile Hazırlanan Marshall Numunelerinin Ultrases Hız Değerleri	42
Şekil 5.4.BSK ile Hazırlanan Marshall Numunelerinin Ultrases Hız Değerleri.....	43

KISALTMALAR LİSTESİ

μs	: Mikro saniye
AASHTO	: Amerikan Eyalet Karayolu-Ulaşım Delegeleri Birliği
ASTM	: Amerikan Test ve Malzemeler Derneği
BIK	: Bitümlü Ilık Karışım
BSK	: Bitümlü Sıcak Karışım
BSOK	: Bitümlü Soğuk Karışım
BYIK	: Bitümlü Yarı Ilık Karışım
FT Parafin	: Fischer Tropsch Parafin
G_{mm}	: Maksimum teorik özgül ağırlık
KB	: Katkısız Bitüm
KB+%4S	: %4 Sasobit Katılarak Hazırlanmış Modifiye Bitüm
kgf	: kilogram-kuvvet
KTŞ	: Karayolları Teknik Şartnamesi
mm/μs	: milimetre/mikro saniye
PAH	: Poli Aromatik Hidrokarbon
Pa-s	: Pascal saniye
PG	: Performans Sınıfı
RAP	: Geri Kazanılan Asfalt Kaplama
TS	: Türk Standardı
Vh	: Boşluk Oranı

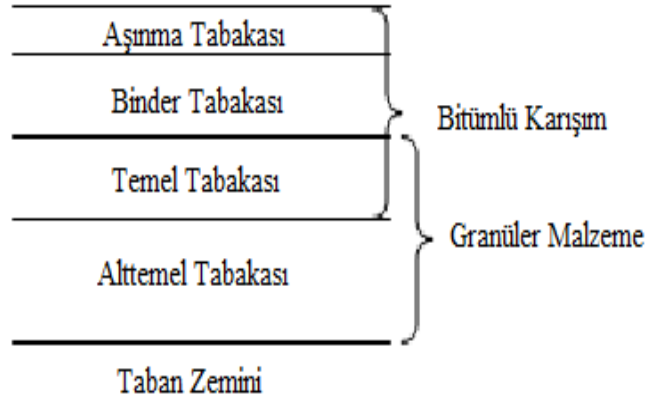
1. GİRİŞ

Ulaşım sektörü, günümüzde insanlara demiryolu, denizyolu, havayolu gibi oldukça fazla seçenek sunmasına rağmen, ülkemizde daha çok karayolu ulaşımı tercih edilmektedir. Ulaştırma verilerine göre 2013 yılında karayolu, demiryolu ve havayolu taşımacılığı verilerine göre, yolcu taşımacılığının yaklaşık % 64' ü ve yük taşımacılığının yaklaşık % 98' i karayolları ile yapılmıştır[1]. Karayolları Genel Müdürlüğü'nün Devlet ve İl Yolları Envanteri yol ağı uzunluğu 01.01.2015 tarihli istatistik verileri Tablo 1.1' de gösterilmiştir.

Tablo 1.1 Yüzey Cinsine Göre Yol Ağı [1]

Yol Sınıfı	Asfalt Betonu (km)	Sathi Kaplama (km)	Parke (km)	Stabilize (km)	Toprak (km)	Geçit Vermez (km)	Toplam Uzunluk (km)
Otoyollar	2 155	-	-	-	-	-	2 155
Devlet Yolları	13 446	17 415	72	67	29	251	31 280
İl Yolları	2 476	26 862	201	824	570	1 541	32 474
Toplam	18 077	44 277	273	891	599	1 792	65 909

Birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de karayolu üstyapı tipi olarak esnek üstyapılar tercih edilmektedir. Esnek üstyapılar, üzerine gelen hareketli ve sabit yükleri, bünyesindeki çeşitli tabakalardan geçirerek, taban zeminine ileten, alttan üste doğru nitelik ve taşıyıcılık bakımından daha iyi malzemelerden inşa edilen, stabilitesi agrega kilitlenmesi, partikül sürtünmesi ve koheziona dayanan bir üstyapı tipidir. Aynı zamanda bir esnek üstyapı, trafiği güvenli olarak ve ekonomik bir şekilde taşımak zorundadır[2]. Esnek üst yapı kesiti Şekil 1.1' de gösterilmiştir.



Şekil 1.1 Esnek Üstyapı Kesiti

Üstyapıda trafik yüklerine doğrudan maruz kalan tabaka, kaplama tabakasıdır. Kaplama tabakası; trafiğin aşındırma etkisine karşı koymak, temel tabakasına iletilen basınç ve kayma gerilmelerini azaltmak, yüzey sularının temel tabakasına geçmesini önlemek, düzgün ve emniyetli bir sürüş sağlamak, yolu kalıcı deformasyonlara karşı korumak gibi işlevleri vardır[3]. Kaplama tabakasında kullanılan agregalar, dayanıklı, gerilme, yorulmaya ve kaymaya karşı dirençli, işlenebilir ve nem etkisi ile oluşacak hasarlara karşı dirençli olmalıdır [4,5]. Kaplama tabakası, doğrudan gelen trafik yüklerinin oluşturduğu basınç ve çekme gerilmelerinin en yüksek seviyede olması ve iklimin bozucu etkilerine doğrudan maruz kalması nedeniyle, üstyapının diğer tabakalarına göre daha yüksek elastisite modülü, kaymaya direnci ve geçirimsizlik özelliklerine sahip olmalıdır. Kaplama tabakasının kalınlığı arttıkça yolun direnci artmaktadır. Yollarda temel tabakası üzerine yapılan bitümlü kaplama tabakası, sathi kaplama ve asfalt betonu kaplama olarak iki tip olarak yapılmaktadır. Sathi kaplama, hazırlanmış bir temel üzerine önce bitüm daha sonra agrega dökülerek tek kat veya çift kat olarak inşa edilmektedir. Genellikle sathi kaplama, az trafikli yollarda yapılmaktadır. Asfalt betonu kaplama, belirli bir gradasyona sahip kaba agrega, ince agrega ve mineral fillerin uygun bitüm ile karışımından elde edilmekte ve sıcak olarak bir veya birden fazla tabakalar halinde serilip sıkıştırılarak uygulanmaktadır. Asfalt betonu stabilitesini kohezyona ve içsel sürtünmeye bağlı olarak kazanmaktadır. Kohezyon ve içsel sürtünme ise agrega gradasyonuna, karışımın sıkışma yüzdesine ve bitüm miktarına bağlıdır [3]. Kaplama tabakası,

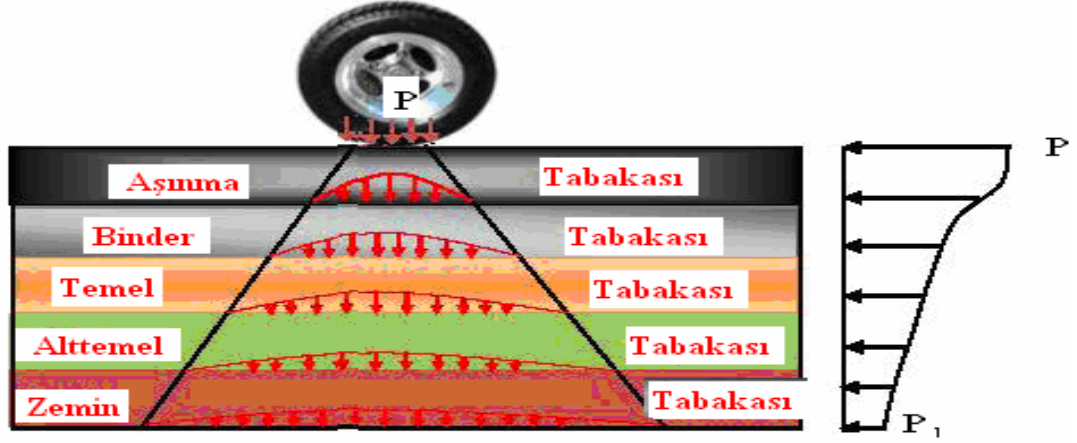
genel olarak aşınma tabakası ve binder tabakası olarak iki tabaka halinde yapılmaktadır.

Binder tabakası, asfalt betonu kaplama tabakasında temel tabakası ile aşınma tabakası arasında yer almaktadır. Aşınma tabakası ile birlikte yol üst yapısının kaplama tabakasını oluşturmaktadır. Aşınma tabakasına doğrudan taşıtlardan gelen tekerlek yüklerini temel tabakasına aktarmakta ve kaplamanın dayanımına yardımcı olarak tampon görevi görmektedir[5].

Temel tabakası, üstyapının ana yapısal elemanlarından biri olup, kaplama tabakası ile alt temel tabakası arasında bağlantıyı sağlamak, yük dağılımı yaparak alt temel ve taban zeminine gelen basınç gerilmelerini kabul edilebilir seviyeye düşürmek ve belirli bir esneklik sağlayarak kaplamanın kırılmasını önlemek gibi işlevleri vardır [3]. Kaplama tabakasının hemen altına yerleştirilmekte ve doğal kum, doğal çakıl veya kırma taş gibi daneli agrega ile az miktarda bitüm kullanılarak hazırlanmaktadır. Temel tabakasının asıl görevi, taşıtların geçişi sırasında oluşturdukları gerilmeleri taban zemininin taşıma gücü sınırları içinde yaymaktır. Temel tabakası trafik yüklerinden doğan yüksek kayma gerilmelerine karşı koyabilmeli ve yüksek nem oranında dengede kalabilmelidir. Temel tabakası ayrıca, drenaja da yardımcı olmakta ve don etkisine karşı da ek bir koruma sağlamaktadır[6]. Temel tabakası olarak, granüler temel, plent-miks temel ve çimento bağlayıcılı granüler temel tiplerinden birisi kullanılabilir. Sıcak karışım bitümlü temel ise diğer tip temel tabakaları üzerinde kullanılan bir üst temel tipidir. Minimum granüler ve plent-miks temel kalınlığı 15 cm, çimento bağlayıcılı granüler temel kalınlığı 20 cm ve sıcak karışım bitümlü temel kalınlığı ise 8 cm olmalıdır[3].

Alt temel tabakası, belirli bir granülometride hazırlanan agreganın tesviye edilmiş taban zemini üzerine serilip sıkıştırılmasıyla yapılmaktadır. Alt temel tabakasının görevi, trafik yüklerini taban zeminine yaymaktır [7]. Alt temel tabakası Karayolları Teknik şartnamesine uygun kum-çakıl veya teras malzemesi kullanılarak hazırlanmaktadır. Uygun kum – çakıl malzemesi yoksa kırmataş, alt temel malzemesi olarak kullanılmalıdır. Kum-çakıl ile hazırlanan alt temel tabakasının minimum kalınlığı 20 cm olmalıdır[3]. Alt temel malzemesi olarak kırmataş kullanılıyorsa, taban zemini üstüne en az 15 cm kalınlığında iyi sıkıştırılarak

yapılmalıdır. Alt temel tabakası, taban zeminin taşıma gücünü aşabilecek yüksek gerilmeleri ve tabanda oluşacak don etkisinin üstyapıya yansımını önleyecek niteliklere sahip olmalıdır[3].Tipik bir yol üstyapı kesiti ve gerilme dağılımı Şekil 1.2’ de verilmiştir.



Şekil 1.2 Tipik Bir Yol Üstyapı Kesiti ve Gerilme Dağılımı [8]

Ülkemizde, beton asfalt kaplama yapımında yaygın olarak BSK’ lar kullanılmaktadır. Karıştırma - sıkıştırma sıcaklıkları 150-180 °C arasında olmasından dolayı enerji tüketimi fazladır. Ayrıca üretilmesi ve serilmesi sırasında yüksek ısıdan dolayı fazla miktarda sera gazı salınımları yaparak çevreyi olumsuz etkilemekte ve yüksek maliyetlidirler. Çevreye duyarlı, daha düşük üretim maliyeti olan ve özellikleri bakımından en az BSK’ lar kadar iyi sonuçlar veren asfalt karışımların üretimi amaçlanmıştır. Çalışmalar, artan çevre bilinci ve enerjinin verimli kullanım ihtiyacı göz önünde bulundurularak asfalt üretim sıcaklığının düşürülmesi yönünde yapılmıştır. Üretim sırasında yüksek sıcaklıkların sebep olduğu çevresel zararları en aza düşürülebilmesi için yapılan çalışmalar sonunda, 2000 yılında düzenlenen Alman Bitüm Forumu’nda karıştırma - sıkıştırma sıcaklıklarında 20–40 °C bir düşüş sağlayan orta sıcaklıktaki asfalt karışımlar fikri benimsenmiştir [9]. BIK’ lar, BSK’ ların üretim sıcaklığından daha düşük sıcaklıkta üretilmekte; BSK’ lara göre daha az enerji tüketilmektedir. Böylelikle, enerjinin korunması sağlanmakta ve enerji maliyetleri azaltılmaktadır. Ayrıca, karışımların daha düşük sıcaklıkta üretiliyor olmaları sera gazı emülsiyonlarını düşürmekte ve çevresel olumsuzlukları da azaltmaktadır.

Kış mevsiminde karayollarında kar birikmesi ve buzlanma, en önemli sorunlar olarak ortaya çıkmaktadır. Yollarda kar birikmesi, seyir hızını % 20 azalmakta, görüş mesafesini kısaltmakta, şeritleri daralmakta ve kar kalınlığı 20 cm üzeri olduğunda trafik durmaktadır[10]. Kar birikmesi ve buzlanma sonucunda ulaşım olanaklarında sorunlar ortaya çıkmaktadır. Karayollarında, havaalanlarında ve köprülerde kar birikmesi veya buzlanma, tehlikeli kazaları beraberinde getirmektedir. Özellikle rampalarda araçlar kayarak yolda kalmakta ve trafik kazaları meydana gelmektedir. Kış mevsiminde, trafik güvenliğini sağlamak ve emniyetli bir şekilde trafik akışını devam ettirmek amacıyla kar ve buz kontrol çalışmaları yapılmalıdır. Günümüzde kış bakım çalışmaları, geleneksel yöntemlerden olan mekanik araçlarla kürüme yapılarak, buzlanma önleyici - buz çözücü kimyasal maddeler kullanılarak ve buz tutan yolların kayma mukavemetini artırıcı aşındırıcı malzemeler dökülerek yapılmaktadır. Yağan karı yol kaplamasından uzaklaştırmanın en kolay yolu mekanik araçlarla kürüme yapmaktır. Yollarda bulunan kar veya buzun mekanik araçlar kullanılarak temizlenmesi sırasında kar temizleme makinelerinin titreşimi ve mekanik araçların kullanımı yolun yapısına zarar vermekte ve yüksek bakım maliyetine yol açmaktadır[11]. Kar mücadelesinde, kar yüksekliği yol platformunda 5 cm olduğunda başlanılmaması halinde, kar trafik altında sıkışarak buzlaşmaktadır. Ancak kar kürümesi sonrasında yol platformundan temizlenmeyen birkaç cm. yüksekliğinde kar kalmakta ve bu kalan kar, trafiğin etkisiyle sıkışarak buzlaşmaktadır[12]. Yol kaplaması üzerinde kalan karı veya buzunu tamamen temizlemek için genellikle buz çözücü kimyasallar maddeler kullanmak gerekmektedir.

Kar ve buzlanma mücadelesinde en yaygın kullanılan kimyasal maddeler, sodyum klorür (NaCl), kalsiyum klorür (CaCl₂), magnezyum klorür (MgCl₂), potasyum klorür (KCl) ve kalsiyum magnezyum asetat (CMA)'dır. Donma noktası düşük olan bu kimyasal maddeler, kar veya buz ile temas ettiğinde donma noktasını düşürerek karın veya buzun erimesini sağlamaktadır. Katı veya sıvı halde kullanılırlar. Katı (tanecik, toz vb) ve sıvı (belli konsantrasyonda solüsyon vb.) halde bulunan bu maddeler ya tek başlarına, ya da performanslarını arttırmak için birbirleriyle veya diğer maddelerle karıştırılarak uygulanmaktadır[12]. Kar ve buzlanma ile mücadelede kullanılan tuz, diğer buz çözücülere göre daha ekonomik olması, rezervlerinin bol

olması, etkili olması, kolay depolanması ve uygulama kolaylığı nedeniyle yaygın olarak tercih edilmektedir. Ancak tuz, fırtınalı günlerde atılırsa fırtınanın etkisiyle yol kaplamasından uzaklaşmakta ve yol kaplamasındaki karı veya buzu eritmede yeterli olmamaktadır. Aynı zamanda yol kaplamasından uzaklaşan tuz, yol kenarlarındaki toprağa ve suya geçerek toprağın ve suyun alkaliliğini arttırmakta, yapısını bozmakta ve toprakta yaşayan canlılara ve bitkilere zarar vererek ekolojik çevreyi etkilemektedir. Ayrıca klor iyonları, yolu kullanan araçların metal aksamını ve köprülerin çelik bağlantılarını korozyona uğratmaktadır.

2. BITÜMLÜ SICAK KARIŞIMLAR

BSK' lar, belirlenen gradasyon limitine uygun miktarlardaki kaba agreganın, ince agreganın ve mineral fillerin optimum miktarda ki bitüm ile, bir plentte belirli sıcaklıkta homojen olarak karıştırılması ve sıkıştırılması ile inşa edilmektedir. Yol kaplamasında kullanılan agrega-asfalt karışımları, stabilite, durabilite, esneklik, yorulma direnci, kayma direnci, geçirimsizlik ve işlenebilirlik gibi özellikleri sağlaması gerekmektedir[13].

BSK' lar agrega, bitüm ve hava boşluğundan oluşmaktadır. Agrega, karışımın ağırlıkça %90 ile %95' ini oluşturmaktadır. Bu yüzden, iri ve ince daneli agregaların kaplamanın performansında önemli bir etkisi vardır. Tekerlek izi oluşumu, soyulma, yüzeydeki parçacıkların yerinden çıkması ve yetersiz yüzey sürtünme direnci gibi sorunlar uygun agrega seçilmemesinden kaynaklanmaktadır. Kısacası, uygun agrega gradasyonu yolun kullanım performansı için önemli bir faktördür[14].

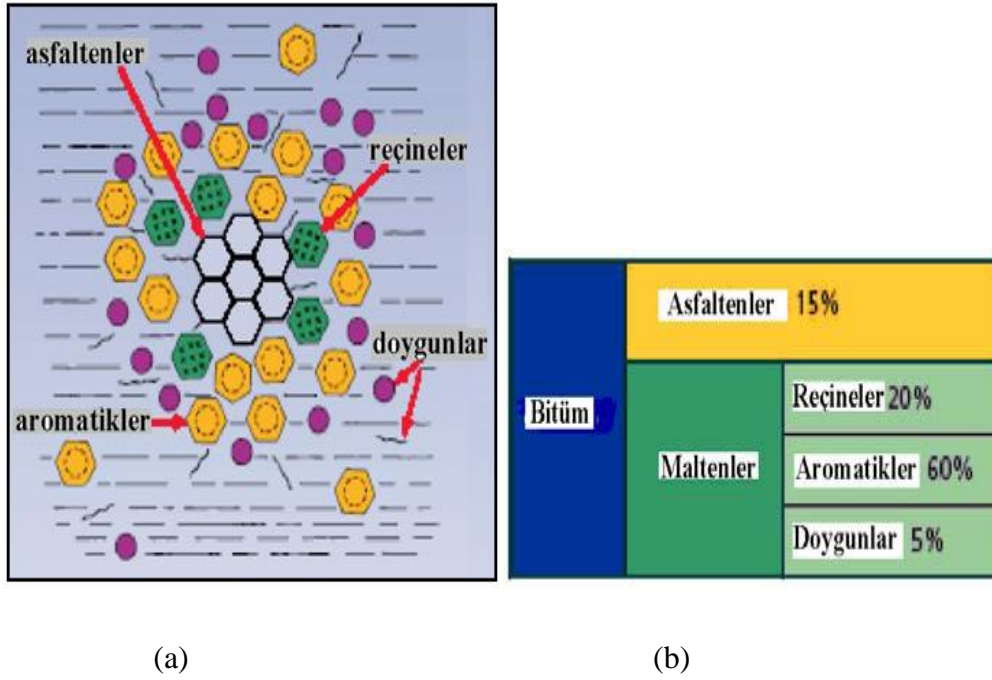
Bitüm, BSK' ların performansı üzerinde en önemli etkisi olan bir malzemedir. Karışımın ağırlıkça %5-7' sini oluşturmakta ve agrega danelerini birbirine bağlayarak trafik yükleri altında dağılmasını önlemektedir. Bitüm, yüzey düzgünlüğünü arttırarak sürüş konforu sağlamakta, kohezyonu ile karışımın stabilitesini arttırmakta ve karışımın boşluklarını doldurarak geçirimsizliği sağlamaktadır[5,15].

Bitüm, visko elastik ve termo plastik bir malzemedir. Reolojik davranış göstermektedir. Yüksek yükleme hızlarında elastik davranış gösterir ve dayanıklılığı yüksektir. Ancak yükleme hızı düşük ise dayanıklılığı da düşüktür. Bitüm ısıtılınca kıvamı değişmektedir. Bu özelliğinden dolayı dayanıklılığı yüksek sıcaklıklarda az, düşük sıcaklıklarda fazla olmaktadır[16].

Reoloji, bir malzemenin yük altındaki akma ve deformasyonunu, uygulanan yüke ve bu yükün uygulanma süresini dikkate alarak belirlemeye çalışan bir bilimdir. Bitümün belirli bir sıcaklıktaki reolojisi, hem içeriği yani malzemedeki hâkim hidrokarbon moleküllerinin kimyasal bileşimi hem de fiziksel yapısı ile belirlenmektedir. Bitüm, içeriği ve/veya fiziksel yapısı değişikliğe uğratılırsa reolojik

yapısında da değişiklik ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, bitümün reolojisi ile bitümün içeriği ve fiziksel yapısı arasında etkileşim olup olmadığını bilmek gerekmektedir [16].

Asfalt, asfaltın çekirdeği etrafında malten adı verilen reçine ve yağ üçlüsünden oluşan kolloidal süspansiyon halindedir. Bu yapının oluşum tarzındaki kimyasal değişiklik asfaltın reolojik özelliği olan viskozitesini etkilemektedir. Bu oluşum özelliği bakımından asfaltlar, sol ve jel olmak üzere iki tipte değerlendirilmektedir. Sol tipi asfaltlarda asfaltınler, malten içinde çok iyi bir biçimde yayılıp dağılmışlardır (penetrasyon asfaltları). Jel tipi asfaltlarda asfaltınler, malten içinde çok az yayılmış, bir bakıma kümelenmiş bir yapı göstermektedir (okside asfaltlar) [17,18]. Asfaltın kimyasal yapısı ve bileşenleri Şekil 2.1' de görülmektedir.



Şekil 2.1 Asfaltın Yapısı (a) ve Bileşenleri (b) [17]

Türkiye’de iklim koşulları açısından BSK esnek yol kaplamalarında en yaygın kullanılan asfalt tipleri B 40/50, B 50/70 ve B 70/100 penetrasyonlu bitümlerdir. Ancak sıcak iklimli bölgelerde ve ağır trafik hacminin yoğun olduğu yollar için B50/70 penetrasyonlu bitüm kullanılması daha uygun olmaktadır [5,16,19].

BSK' lar, 150-180 °C sıcaklıkta karıştırılıp düzgün bir tabaka halinde serilip sıkıştırılırlar. Yüksek standartlı karayolları, otoyolları ve havaalanlarına yapılacak esnek kaplamalarında kullanılmaktadır.

2.1. Bitümlü Sıcak Karışımların Özellikleri

BSK ile üretilen yol kaplamasının kaliteli ve yüksek performanslı olması için aşağıda belirtilen özellikleri sağlaması gerekmektedir.

2.1.1. Stabilite

Stabilite, malzemenin düşey ve yatay trafik yükleri altında oluşan basınç, çekme ve kayma gerilmelerine karşı göstermiş olduğu dirençtir [20]. Yol kaplamasında taşıtların oluşturduğu statik ve dinamik yüklerin meydana getirdiği kesme kuvvetine ve deformasyonlara karşı dayanmasıdır. Stabilite, trafik yüklerini karşılayacak kadar yüksek olmalıdır. Ancak stabilite çok yüksek olduğunda, çok sert bir karışım anlamına gelmekte ve kaplamanın trafik yükleri altında çatlamasına neden olmaktadır. Bu sebepten dolayı, çok düşük stabilite gibi çok yüksek stabilite de istenmemektedir. Stabilite, bitüm -agrega kohezyonuna ve agrega daneleri arasındaki içsel sürtünmeye bağlıdır. İçsel sürtünme, agrega danelerinin şekli ve yüzey yapısı; kohezyon ise asfaltın yapışma özelliği ile ilgilidir. İçsel sürtünme açısının büyük olması durumunda deformasyon direnci büyük olmaktadır. Isının yükselmesine bağlı olarak agreganın asfalt ile kaplanması artmakta, daha iyi agrega-asfalt yapışması ile karışımın stabilitesi artmaktadır. Asfaltın viskozitesinin düşük olması karışımın sıkışmaya karşı direncini azaltmakta ve daha kolay sıkıştırılarak karışımın yoğunluğunu artmakta ve böylece daha yüksek stabilite elde edilmektedir. Ayrıca ısının çok yüksek olması karışımın kohezyonunu azaltmakta ve stabilitesini düşürmektedir. Eylemsizlik direnci asfalt karışımın trafik yüklerinden kaynaklanan yer değiştirmelere karşı gösterdiği dirençtir. Yükleme hızı ve asfalt yüzdesi arttıkça ve yük miktarı azaldıkça eylemsizlik direnci artmaktadır. Ancak asfalt yüzdesi daha fazla arttırıldığında, içsel sürtünme ile birlikte stabilite de azalmaktadır [5, 13,15,21]. Düşük stabilitenin yol açtığı etkiler ve sebepleri Tablo 2.1' de verilmiştir.

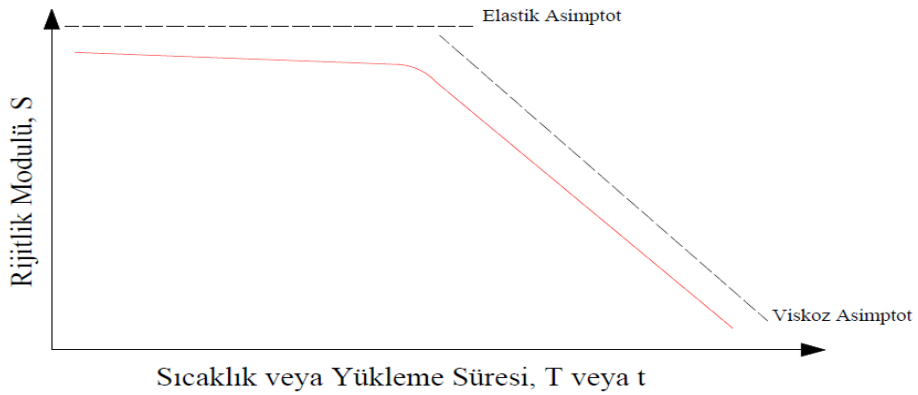
Tablo 2.1 Düşük Stabilite ve Etkileri [13]

Düşük Stabilite	
Sebeup	Etki
Yuvarlak, kırılmamış veya az kırılmış agrega yüzeyi	Tekerlek izinde oturma
Karışımında fazla kum yüzdesi	Yol yapımı ve sonrasında yumuşaklık, sıkışma zorluğu
Karışımında fazla bitüm yüzdesi	Kusma, oturma ve oluklaşma

2.1.2. Rijitlik

Bitüm, visko – elastik ve termo plastik bir malzeme olduğu için mekanik özelliklerini belirlenirken ‘Rijitlik Modülü’ kullanılmaktadır. Rijitlik modülü, bir malzemenin tek eksenli yük altındaki maksimum gerilme ve maksimum gerinim oranı olarak tanımlanır. Rijitlik, BSK’ ların yükleme süresi ve sıcaklık etkisi altında gerilme ve deformasyon arasındaki ilişkisinin ifadesidir. Rijitlik modülü, bitümün visko- elastik ve termo plastik özelliklerini birlikte yansıtmalıdır. Karışımın rijitliği bitümün penetrasyonunun azalması, karışım yoğunluğunun artması, karışım sıcaklığının azalması, yükleme süresinin azalması ve yükleme hızının artması ile artmaktadır[21].

Bitümün rijitliğinin sıcaklık veya yükleme süresi ile değişimi Şekil 2.2’ de gösterilmektedir.



Şekil 2.2 Sıcaklık veya Yükleme Süresinin Bir Fonksiyonu Olarak Bitümün Rijitlik Modülü [16]

Bitüm yüksek sıcaklıklarda ve uzun yükleme sürelerinde viskoz sıvı gibi davranırken düşük sıcaklıklarda ve hızlı yükleme sürelerinde elastik bir malzeme gibi davranır. Fakat sıcaklığın ve yükleme sürelerinin ara değerlerinde ise visko-elastik davranış gösterecektir. Bitümün sıcaklığı ve yükleme süresi arttıkça rijitlik modülü çok önemli ölçüde azalmaktadır. Düşük sıcaklıklarda ve kısa yükleme sürelerinde kaplamanın rijitliği artarak hemen hemen hiç deformasyon oluşmaz. Ancak yüksek sıcaklıkta ve uzun yükleme sürelerinde rijitlik modülü hayli düşük olacağından kaplamada kalıcı deformasyonlar meydana gelmektedir [22].

2.1.3. Dayanıklılık (Durabilite)

Durabilite, karışımdaki asfaltın özelliklerinin değişmesine, agreganın kırılmasına ve asfaltın agregaya yüzeyinden soyulmasına karşı gösterdiği direnç denilmektedir[13]. Trafik, hava, su ve sıcaklık gibi çevre ve iklim şartlarının aşındırıcı etkileri, durabiliteyi etkilemektedir. Karışımın bitüm yüzdesinin az olması agregalar arasındaki bağ kuvvetlerini zayıflatmakta, trafiğin ve iklimin aşındırıcı etkisi ile kaplamada bozulmalar meydana gelmektedir [5]. Karışımdaki bitüm miktarı ne kadar yüksek olursa agregaları saran asfalt film kalınlığı artacağı için karışımın yaşlanmaya karşı direnci artmaktadır. Ayrıca karışımdaki bitüm yüzdesinin artması ile karışım daha iyi sıkıştırılarak kaplamadaki hava boşlukları azalmakta ve daha geçirimsiz bir kaplama elde edilmektedir. Böylelikle kaplamanın içine su ve hava girişi azalmakta kaplamanın dayanımı da artırmaktadır. Düşük durabilitenin sebep ve sonuçları Tablo 2.2’ de verilmiştir.

Tablo 2.2 Düşük Durabilitenin Sebepleri ve Sonuçları [23]

Düşük Durabilite	
Sebepler	Sonuç
Soyulmaya karşı uygun agreganın kullanımı	Agrega tanelerinin yerlerinden ayrılması ile yüzeyden aşağıya doğru ve kenarlardan içe doğru gelişen bozulma (Sökülme)
Karışımda yüksek hava boşluğu yüzdesi	Karışımın erken yaşlanması ve bu yüzden çatlak ve ayrılmaların olması
Karışımda, suya hassas agregaların kullanımı	Bağlayıcının, agregaya yüzeyinden soyulması

2.1.4. Yorulma Mukavemeti

Bir üst yapının yorulma mukavemeti, trafik yükleri altında oluşan tekrarlanan eğilmeye karşı koyabilme direncidir. Karışımın boşluk yüzdesi ve bitümün viskozitesi, yorulmaya karşı direncini etkilemektedir. Kaplamada boşluk oranının fazla olması, asfaltın yaşlanmasına ve sertleşmesine neden olmakta ve yorulma direncini azaltmaktadır. Üstyapının kalınlığının ve bitüm miktarının artması, kaplamanın mukavemetini, taban zeminin taşıma gücünü ve karışımın yorulma direncini arttırmaktadır [13]. Zayıf yorulma direncinin sebep ve etkileri Tablo 2.3' de verilmiştir.

Tablo 2.3 Zayıf Yorulma Direncinin Sebep ve Etkileri [13]

Zayıf Yorulma Direnci	
Sebep	Etki
Düşük bitüm yüzdesi	Yorulma çatlakları
Yüksek tasarım boşluğu	Bitümün çok erken yaşlanması ardından yorulma çatlakları
Yetersiz sıkışma	Bitümün çok erken yaşlanması ardından yorulma çatlakları
Yetersiz üstyapı kalınlığı	Aşırı eğilmeyi takiben yorulma çatlakları

2.1.5. Fleksibilite (Esneklik)

Esneklik, üst yapının alt temel ve temel tabakalarında oluşan geçici oturmalara ve hareketlere karşı asfalt betonu kaplamalarının çatlama eğiliminden kaçınabilme yeteneğidir. Mineral filler ve bitüm oranı, bitümün kıvamı, sıcaklığa karşı duyarlılığı ve duktilitesi esnekliğe etki etmektedir. Genel olarak, açık gradasyonlu karışımlar ve yüksek bitüm içeriği, karışımın esnekliğini arttırmaktadır. Esnek bir BSK, yazın kıvamını koruyup, kışın ise kırılma eğilimine girmeyen, hava ve trafik gibi çevre etkisinin oluşturduğu yorulmaya karşı dayanıklı bir bitüm ile üretilmektedir [6,24]. Karışımın mineral filler ve bitüm oranı, bitümün kıvamı ve sıcaklığa karşı duyarlılığı esnekliği etkilemektedir [24]. Ancak, kaplamanın esnekliğinin tasarlanandan fazla artırılması, kaplamanın stabilitesinin düşmesine de sebep olacağı unutulmamalıdır.

2.1.6. Geçirimsizlik

Geçirimsizlik, yol kaplamasının altındaki diğer tabakalara hava ve suyun geçişine izin vermesinin ölçüsüdür. Kaplama tabakası arzu edilen oranda hava ve suyun geçişine izin verecek şekilde tasarlanmalıdır. Kaplamadaki boşluklar, kaplamadan taban zeminine kadar su, hava ve su buharının geçmesi için gerekli koridorları oluşturmaktadır. Kaplamadaki geçirimsizlik arttıkça bünyesine giren hava ve suyun etkisi ile bitümün yaşlanması hızlanmakta, soyulma mukavemeti azalmakta ve donma çözülme olayının tekrarı arttıkça da agregalarda parçalanmalar oluşarak kaplamada bozulmalar meydana gelmektedir. Bir kaplamanın geçirimsizliği genel olarak karışımın boşluk oranına bağlıdır. Boşluk oranı ise, karışımın bitüm miktarına, sıkışma durumuna, agrega gradasyonuna bağlıdır [25].

Boşluk oranı, geçirimsizliği sağlayacak şekilde binder tabakasında %4-6 ve aşınma tabakasında ise %3-5 arasında tasarlanmalıdır. Kaplamaları geçirimsiz yapan sebep ve etkiler Tablo 2.4’ de verilmiştir.

Tablo 2.4 Karışımları Geçirimsiz Yapan Sebep ve Etkileri [13]

Geçirimsizlik	
Sebep	Etki
Düşük asfalt yüzdesi	İnce asfalt filmi erken yaşlanma ve sökülme yol açmaktadır.
Karışım tasarımındaki yüksek boşluk yüzdesi	Su ve havanın karışıma kolay bir şekilde girip, oksidasyon ve ayrışmaya neden olması

2.1.7. Kayma Direnci

Karayolu üzerinde seyirden taşıtların, özellikle yağışlı havalarda ıslak olan asfalt kaplama üzerinde fren yapmaları durumunda emniyetle durmasını sağlayan ve kurplarda (dönemeçler) merkezkaç kuvveti etkisi ile savrulmaması için tekerlek ile kaplama arasındaki gerekli olan sürtünme direncidir. Daha düşük bitüm yüzdesi ve pürüzlü yüzey dokusuna sahip agregalar, kayma direncini arttırmaktadır [25].

Kaplamanın yüzey pürüzlülüğü azaldıkça sürüş konforu artmakta, buna karşılık kayma direnci önemli boyutta azalmaktadır[21].Bitüm yüzdesinin fazla olması ve

kaplamadaki boşluk miktarının çok az olması durumunda kuma meydana gelmesi muhtemeldir. Bu durum, araçların savrulmasına neden olabilmektedir. Yol yüzeyinde kalın asfalt tabakası özellikle kaplamanın ıslak olması halinde kayma direncini azaltacağından dolayı tercih edilmemektedir [24].Düşük kayma direncinin sebepleri ve etkileri Tablo 2.5’ de verilmiştir.

Tablo 2.5 Düşük Kayma Direnci Sebep ve Etkileri [13]

Düşük kayma direnci	
Sebep	Etki
Fazla bitüm yüzdesi	Kuma, düşük kayma direnci
Agrega gradasyonunun kötü olması	Düzgün yüzeyli kaplama, yüzey suyu drenajı olmaması
Agrega cilalanma değerinin düşük olması	Düşük kayma direnci

2.1.8. İşlenebilirlik

İşlenebilirlik, karışımın kolayca serilmesi ve fazla güç harcamadan sıkıştırılması olarak tanımlanmaktadır. Karışımın bitüm yüzdesi artırılarak ve yuvarlak agregalar kullanılarak işlenebilirlik yükseltilebilmektedir [23]. Yüksek oranda kaba agregalar içeren sert karışımların taşınması sırasında segregasyon oluşabilir ve bu tip karışımları sıkıştırmak oldukça zordur. Bu karışımları işlenebilir hale getirmek amacıyla, karışıma ilave ince malzeme ve/veya bitüm katılmaktadır. Elde edilen yeni karışımın da tasarım şartlarını sağlaması gerekmektedir[26]. Düşük işlenebilirliğin sebepleri ve etkileri Tablo 2.6’ da verilmiştir.

Tablo 2.6 Düşük İşlenebilirliğin Sebep ve Etkileri [13]

Düşük İşlenebilirlik	
Sebep	Etki
Çok büyük dane boyutu	Pürüzlü bir yüzey, serim zorluğu
Çok fazla kaba agregası	Sıkıştırma zorluğu
Çok düşük karışım sıcaklığı	Kaplanmamış agregası, düşük durabilite, pürüzlü bir yüzey, sıkıştırma zorluğu
Çok fazla ara boyutlu malzeme	Karışımın silindir altında ötelenmesi, sıkıştırma Zorluğu
Düşük filler yüzdesi	Yumuşak karışım, yüksek geçirgenlik
Yüksek filler yüzdesi	Karışım çok kuru olması, işlenmesinin zor ve durabil olmaması

BSK' ların özelliklerine etki eden bitüm ve agregası parametreleri Tablo 2.7' de verilmiştir.

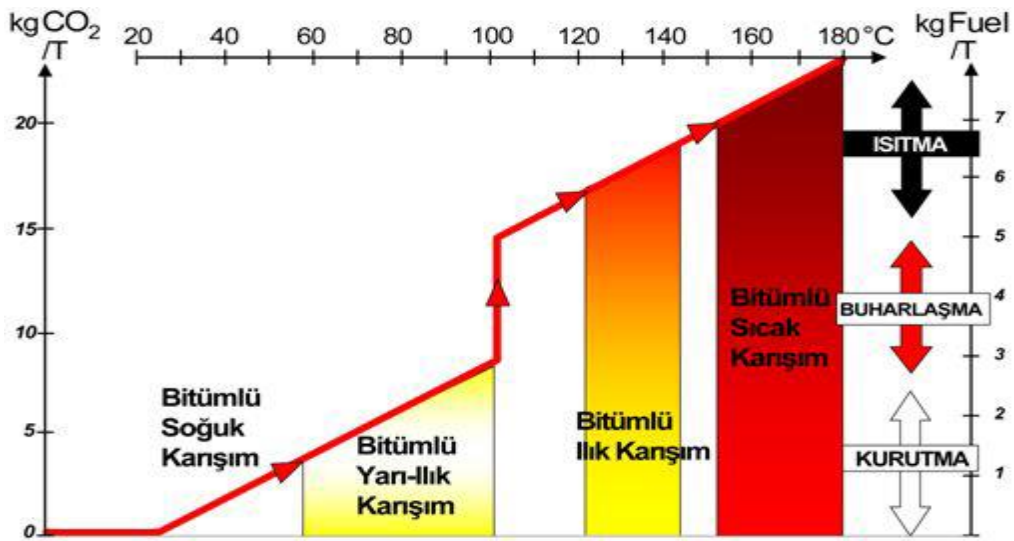
Tablo 2.7 BSK' ların Özelliklerine Etki Eden Parametreler [27]

KARIŞIM ÖZELLİĞİ	BAĞLAYICI				AGREGA			
	Miktar		Katılık		Yoğunluk		Agrega Tipi	
	Fazla	Az	Katı	Yumuşak	Çok Yoğun	Az Yoğun	Köşeli Pürüzlü Poroz	Yuvarlak Cilalı Az Poroz
Stabilite	Optimum		√		√		√	
Rijitlik			√		√		√	
Dayanıklılık	√		√		√		√	
Yorulma Mukavemeti	√			√	√		√	
Esneklik	√			√		√		√
Geçirimsizlik	√		√		√			
Kayma Direnci		√	√			√	√	
İşlenebilirlik				√		√		√
KARIŞIMIN ÖZELLİĞİ								
KARIŞIMIN ÖZELLİĞİ	SIKIŞMA		ISI		YÜKLEME HIZI		KARIŞIMIN KALINLIĞI	
	Çok	Az	Çok	Az	Yüksek	Düşük	Çok	Az
Stabilite	√			√	√		√	
Rijitlik	√			√	√		√	
Dayanıklılık	√				√		√	
Yorulma Mukavemeti	√				√		√	
Esneklik		√	√					√
Geçirimsizlik	√						√	
Kayma Direnci	√			√				
İşlenebilirlik			√					√

3. BITÜMLÜ ILIK KARIŞIMLAR

BSK' ların üretim sıcaklığının 180 °C' ye kadar yükselmesi, enerji ihtiyacını ve enerji maliyetlerini arttırmaktadır. Ayrıca, uygulama sırasında yüksek sıcaklığın etkisi ile çevreye ve insan sağlığına zararlı emisyon gazları açığa çıkmaktadır. Bu olumsuzları en aza indirmek için çeşitli teknolojiler geliştirilmiş ve BSK' ların üretim sıcaklığı düşürülmüştür. BSK' lara kıyasla daha düşük sıcaklıklarda hazırlanan bu karışımlardan biride BIK' lardır. Karışıma, organik veya kimyasal katkıları eklenerek veya köpüklendirme teknikleri kullanılarak karışımın üretim sıcaklıklarının düşürülmesi sağlanmaktadır. BSK' lara kıyasla karıştırma – sıkıştırma sıcaklıklarında 20-40 °C kadar bir düşüş elde edilmektedir.

Düşük üretim sıcaklıkları, bitümün viskozitesini azaltmaktadır. Viskozitenin azalmasına bağlı olarak, karışımın işlenebilirliği artmakta, sera gazı emisyonları azalmakta ve daha az enerji kullanılmaktadır. Bu durum, üretim maliyetlerini ve çevre kirliliğini azaltmakta, çalışma şartlarını geliştirmekte ve daha iyi sıkışma sağlayarak kaplamanın performansını da arttırmaktadır. Hazırlanan karışımın sıcaklığına bağlı olarak tüketilen yakıt ve açığa çıkan emisyon gazları değişmektedir. Bitümlü karışımların üretim sıcaklığına, yakıt tüketimine ve açığa çıkan gaz emisyonlarına göre sınıflandırılması Şekil 3.1' de gösterilmiştir [28,29].



Şekil 3.1 Bitümlü Karışımlardaki Üretim Sıcaklığı, Yakıt Tüketimi ve Emisyonların Üretimindeki Farklılıklara Göre Sınıflandırılması[28]

Yapılan bu sınıflandırmada bitümlü karışımların üretim sıcaklıklarına göre adlandırılması aşağıdaki şekilde olmaktadır:

Bitümlü Sıcak Karışımlar (BSK), üretim sıcaklığı 150 – 180 °C,

Bitümlü Ilık Karışımlar (BIK), üretim sıcaklığı 100 – 140 °C,

Bitümlü Yarı Ilık Karışımlar (BYIK), üretim sıcaklığı 60 – 100 °C

Bitümlü Soğuk Karışımlar (BSOK), üretim sıcaklığı 20 – 60 °C arasındadır[28, 29].

Düşük üretim sıcaklıkları asfalt kaplamaların en önemli özelliklerinden biri olan durabiliteyi arttırmaktadır [30]. BIK' lar üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Bu karışımlar; uygulama alanlarındaki veri eksikliğinden ve karışımların düşük sıcaklıklara bağlı olarak daha fazla neme karşı hassasiyetinden dolayı uygulamada henüz istenilen seviyede kullanılamamaktadır[31].

3.1. Bitümlü Ilık Karışımların Tarihçesi

Bitümlü karışım üretim sıcaklıklarını düşürmek amacıyla ilk çalışma 1956 yılında Iowa Devlet Üniversitesi'nde Prof. Csanyi tarafından yapılmıştır [32]. Bu çalışmada Csanyi, sahada metal bir koşullandırma kabini tasarlamıştır. Bu kabinde iki giriş, bir de çıkış bölümleri bulunmaktadır. Giriş bölümlerinin birinden sıcak bitüm verilmekte, diğerinden kabin içine soğuk su ilave edilmektedir. Kabin içerisine püskürtülen soğuk su, sıcak bitümü köpükendirerek bitümün viskozitesini düşürmektedir. Elde edilen köpükendirilmiş bitüm ile karışım hazırlanmıştır[33].

Bir sonraki önemli çalışmayı ise 1970 yılında Chevron yapmıştır ve geliştirdiği yöntemler sayesinde asfalt emülsiyonları ile hazırlanan bitümlü karışımlara ait tasarım ve üretim işlerinde uyulması gereken bazı önemli kuralları belirlemiştir [34].

Daha sonraki yıllarda yapılan çalışmalarda ise, asfalt emülsiyonları kullanılarak hazırlanan bitümlü karışımların daha düşük sıcaklıklarda da hazırlanabildiği ve böylelikle taşıma maliyetlerinin de daha düşük olacağı vurgulanmıştır [35].

BIK üretimindeki ilk deneme çalışmaları 1995-1999 arasında Almanya ve Norveç' te gerçekleştirilmiştir [36]. Zeolit katkısı 1995 yılında Almanya' da geliştirilmiştir. Norveç'te 1996 yılında Shell ve Kolo Veidekke köpürtme tekniğini kullanılarak BIK teknolojisi üzerine çalışmalara başlanmıştır. BIK' ların ilk uygulama testleri 1997 yılında başlanmış olup, karışıma FT- parafin vaksı (Sasobit) eklenerek uygulama yapılmıştır. 1999 yılında ise Zeolit (Aspha-min®) bitümlü karışıma eklenerek köpürtme tekniği uygulanmıştır[28,29].

Son dönemde, Avrupa' da ve ABD'nin birçok eyaletinde BIK katkıları kullanılarak üretilen esnek kaplamalar üzerine hem laboratuvar deneyleri hem de arazi çalışmaları yoğun olarak uygulanmaktadır [37].

3.2. Bitümlü Ilık Karışım Üretim Teknolojisi

BIK' ların üretim amaçlarından biride karıştırma - sıkıştırma sıcaklıklarını düşürerek viskoziteyi azaltmaktır. Ayrıca daha düşük sıcaklıklarda agrega nemlenmesini düzenlemektir. Bunun için farklı ürünler geliştirilmiştir. BIK' ların üretme teknolojisine ve kullanılan katkı maddesine göre, kimyasal katkıların eklenmesi ile elde edilen ılık karışımlar (emülsifikasyon katkıları veya polimerleri), organik katkıların eklenmesi ile elde edilen ılık karışımlar (Fischer-Tropsch sentez vaksları, yağlı asit amidleri ve Montan vaksları) ve köpüklendirme teknikleri ile üretilen ılık karışımlar (su içeren katkıları ve direkt su enjeksiyonu) olmak üzere 3 ana başlıkta sınıflandırılmaktadır [38].

3.2.1. Kimyasal Katkılar

BIK' larda kullanılan kimyasal katkıları, bitümün viskozitesini düşürmesinden ziyade, düşük karışım sıcaklıklarında bitümün kaplama kapasitesini geliştirmeyi hedeflemektedir[29,36]. Kimyasal katkıları karışım hazırlanmadan ve önce su ile karıştırılmadan bitüme doğrudan eklenmektedir. Bitümün ağırlıkça % 3' ü kadar bir oranda eklenen bu kimyasal katkıları, bitüm ile agreganın ara yüzeyindeki sürtünme kuvvetlerini azaltmaktadır. Karışımın sıcaklığını 15-30 °C' den (Revix®) 50-75 °C 'ye (Evotherm) kadar düşürmektedir. Kimyasal katkıları ABD' de yaygın olarak

kullanılmaktadır. Ancak bu ürünler çok yeni olduklarından araştırma çalışmaları devam etmektedir[29,38].

3.2.2. Organik Katkılar

Organik katkılar bitüm içinde çözülebilen parafin içermektedirler.-Karışımın karıştırma – sıkıştırma sıcaklıklarını düşürmek amacıyla kullanılmaktadır. Sıcaklık, vaksların erime noktası üzerine çıktığı zaman, genellikle bitümün viskozitesi düşmektedir [38,39].Ancak vaksın erime noktası, servis sıcaklıklarından daha düşükse bu durum kaplamalarda sorunlara yol açabilmektedir. Doğru vaksın seçilmesi, düşük sıcaklıklarda asfaltın gevremesini en az seviyeye indirmektedir [38,40]. Organik katkılar, bitümün ağırlığının %2-4 oranında eklenmekte ve karışımın sıcaklığını 20 – 30 °C düşürülmesini sağlamaktadır [38].

Viskoziteyi düşürmek amacıyla kullanılan organik katkılar; Fischer - Tropsch vaksı (Sasobit), Yağlı asit amidleri ve Montan vakslarıdır. FT – Parafin (Sasobit®) yaygın olarak kullanılmaktadır.

3.2.3. Köpüklendirme Tekniği

Köpüklendirme tekniği iki farklı şekilde yapılmaktadır.

- Su tutma özelliğine sahip bir katkı maddesi ilavesi
- Bitüme doğrudan su enjeksiyonu [41]

3.2.3.1. Su Tutma Özelliğine Sahip Bir Katkı Maddesi İlavesi

Bu yöntemde, bitümün içerisine yüksek su tutma özelliğine sahip malzeme eklenerek suyun buharlaşması sağlanmaktadır. Sentetik zeolit, alüminyum silikatların bir birleşimi olup, yapısında su moleküllerini tutacak hava boşlukları vardır. Sentetik zeolit bünyesinde % 20 kristal su bulundurmakta ve sıcaklığın etkisi ile buharlaşmaktadır. Oluşan buhar, bitümü köpüklendirerek kısa süreliğine hacim artışı oluşturmakta ve viskoziteyi düşürmektedir. Bu durum karışımın işlenebilirliğini arttırmakta ve agregaların bitüm ile kaplanmasını kolaylaştırmaktadır [42]. Bu

yöntem kullanılarak karışım hazırlanırken, su tutma özelliğine sahip katkı maddesi karışıma, ya bitümlerle aynı anda ya da bitümlerden çok kısa süre önce eklenmelidir.

3.2.3.2. Bitüme Doğrudan Su Enjeksiyonu

Bu teknoloji de az miktarda su, sıcak bitüme doğrudan veya karışım hazırlanırken eklenmektedir. Su, agreganın bitüm ile kaplanmasını sağlayan önemli bir faktördür[43]. Su bazlı teknolojilerde, köpürtme oluşturabilmek için gerekli olan su, özel püskürtme uçlarıyla doğrudan sıcak bitüme enjekte edilmektedir [38]. Bitüme doğrudan su püskürtme tekniğinde, ekipmanlar farklı olsa da temel prensip aynıdır. Ekipmanlarda iki giriş ve bir çıkış olmak üzere 3 ağız bulunmaktadır. Kabindeki girişin birinden sıcak bitüm enjekte edilirken, diğer girişten soğuk su püskürtülmektedir. Su, sıcak bitümlerle temas ettiğinde sıcaklığın etkisi ile aniden buharlaşır. Suyun aniden genişmesi bitümü ani ve kısa süreli olarak bir köpüklenme oluşturarak hacim artışına neden olmaktadır. Kabindeki üçüncü ağızdan ise köpükendirilmiş bitümün tahliyesi yapılmakta ve elde edilen bitüm ile agrega karıştırılarak karışım hazırlanmaktadır [44]. Köpükendirilmiş bitümün viskozite düşürülmekte ve karışımın işlenebilirliği arttırılmaktadır. Böylelikle düşük karıştırma – sıkıştırma sıcaklığında agregaların tamamen bitüm ile kaplanmasını kolaylaştırmaktadır. Fakat süre kısıtlı olduğu için kısa sürede karışım hazırlanmalı ve serilip ve sıkıştırılması yapılmalıdır[38]. Köpükendirme tekniğinde karışım sıcaklığı yaklaşık 30°C'ye kadar azalmakta ve bitüm genişlerken, viskozitesi düşürülmekte ve karışımın daha kolay işlenebilirliği sağlanmaktadır [43].

3.3. Bitümlü Ilık Karışımların Avantajları

Yapılan çalışmalar BIK' ların pek çok avantajları olduğunu göstermektedir. BIK' ların avantajları aşağıda açıklanmıştır.

3.3.1. Uygulama Kolaylığı

BIK' ların, BSK' lara göre daha düşük karıştırma - sıkıştırma sıcaklıklarında üretilmesi bitümün viskozitesini düşürerek işlenebilirliğini arttırmaktadır. Karışım işlenebilirliğinin artması, agregaların bitümlerle tamamen kaplanmasını ve daha kolay sıkıştırılmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda karışım sıcaklığının azalması, bitümün

yaşlanmasını da azaltmaktadır [36]. Viskozitenin azalmasına bağlı olarak, kaplama mevsimi genişleyebilmekte, daha uzun mesafelere taşınabilmekte ve sıkıştırma için gerekli olan silindir gücünde azalabilmektedir [45]. Ayrıca, karışımın karıştırma - sıkıştırma sıcaklıklarının düşük olması daha soğuk havalarda uygulama yapmaya imkân sağlamaktadır[36]. Yapımı tamamlanan kaplama trafiğe daha erken açılmaktadır.

3.3.2. Çevresel Faydalar

BSK' ların üretimi sırasında açığa çıkan sera gazı emisyonları, en önemli çevresel sorunlardan biridir. Dünyada çevre bilincinin artması ile çevre kirliliğine önlem almak amacıyla 1992 yılında Birleşmiş Milletlerin çevre müzakereleri ve 1986 yılındaki asfalt dumanına maruz kalma limitlerinde kalma önerisi ile Alman Bitüm Formu düzenlenmiştir. Yine Birleşmiş Milletlerin 1997 yılında sera gazı emisyonlarını 1990 yılı seviyesine düşürmek için Kyoto Protokolünü imzalamışlardır. Çalışmalarda, BIK üretimi sırasında açığa çıkan emisyon gazları BSK' ların üretimi sırasında açığa çıkan emisyon gazlarına göre önemli derecede daha az olduğu gözlemlenmiştir [45]. Karışımların farklı karıştırma - sıkıştırma sıcaklıklarında açığa çıkardıkları emisyon gazlarının oranları da değişmektedir. Yapılan çalışmada, 80 °C' nin altındaki sıcaklıklarda bitüm emisyonu olmadığı, 150 °C civarında ise emisyonların sadece 1 mg/s civarında olduğu gözlemlenmiştir. Önemli ölçümlerin ise 180 °C' de kaydedildiği belirtilmektedir. Bu nedenle sıcaklığın düşürülmesiyle sera gazı emisyonlarında önemli bir düşüş elde edilmektedir [38].

BIK' ların BSK' lara göre, karbon dioksit (CO₂) salınımında % 31 oranında azalma, karbon monoksit (CO) salınımında % 29 oranında azalma ve NO_x salınımında ise % 62 oranında bir azalma sağlanmaktadır[46].

3.3.3. Ekonomik Faydalar

BIK' lar BSK' lara göre daha düşük sıcaklıklarda üretilmesi enerji tüketiminin azalması demektir. Enerji tüketiminin azalması, hem enerjinin korunmasını sağlamakta hem de karışımın üretim ve uygulama maliyetlerini düşürmektedir[46].

Çalışmalar BIK' ların BSK' lara göre % 60-80 enerji tasarrufu sağladığını göstermektedir. Üretim sıcaklıklarının azalmasının bir diğer faydası da, karıştırma tesisinin daha az aşınmasıdır. Ayrıca BIK' ların işlenebilirliğinin artması ile geri dönüştürülmüş asfaltın (RAP) kullanımı %50' nin üzerinde artmaktadır. RAP kullanımı ile başlangıç maliyetlerinin düşürüleceği, doğal kaynakların korunacağı ve kullanım sorunlarını ortadan kaldırılacağı iddia edilmektedir. BIK' lar enerji tüketiminde belirli bir azalma ortaya çıkarmış olsa da kullanılan katkı maddelerin telif hakları, modifikasyon ekipmanları ve kullanılan katkıları, karışımın maliyetini artırmaktadır. Fakat bitümün yaşlanmasının azaltılmasının sonucu olarak uzun dönem performansına ulaşırsa BIK teknolojileri için önemli tasarrufları oluşturabilir.[38,45, 47].

3.3.4. İnsan Sağlığını Koruma

BSK' ların karıştırması ve sıkıştırması sırasında doğaya salınan sera gazı emisyonları çevresel anlamda karşılaşılan en önemli sorunlardan biri olarak ortaya çıkmaktadır. BIK' lar ile BSK' lar karşılaştırıldığında, koku, duman ve poliaromatik hidrokarbonların (PAH) emisyonlarında % 30 ile % 50 arasında değişen azalmaların olduğu kanıtlanmıştır [43].Karıştırma - sıkıştırma sıcaklıklarının azalması ile çevreye ve insan sağlığına zararlı gazların salınmasında önemli oranda azaltmalar görülmektedir[46].Alman Bitüm Formunda yapılan çalışmalarda karıştırma sıcaklıkları 130 °C olan BIK' lar ile karıştırma sıcaklıkları 160 °C olan BSK' ların sera gazı salınımları karşılaştırıldığında BIK' ların, BSK' ların sera gazı salınımlarının yarısı kadar zararlı gaz saldıkları görülmüştür [36]. Böylelikle düşük sıcaklıkta hazırlanan karışımlar, çevreye ve insan sağlığına daha az zararlı olmaktadır. Bu durum işçilerin çalışma koşullarını iyileştirmektedir. Ayrıca bir başka faydası da, sera gazı emisyonlarının azaltılmasına bağlı olarak kentsel bölgelerde de tesis kurabilme olanağı sunmasıdır [38,45].

3.4. Bitümlü İlk Karışımların Sakıncaları

BIK teknolojisi, düşük sıcaklıklarda önemli gelişmeler ortaya koymuş olsa da aynı zamanda endişeleri de beraberinde getirmektedir. Bu endişelerin temelinde

BIK' ların performansı ve uygulanması sırasında oluşabilecek olumsuzluklar gelmektedir. Bu sorunların bazıları aşağıda verilmiştir.

3.4.1. Nem Duyarlılığı

BIK' ların düşük karıştırma-sıkıştırma sıcaklığında üretilmesi neme bağlı hasarları arttırabilmektedir. Nem hasarının iki nedeni olduğu söylenebilir. İlk olarak düşük karıştırma-sıkıştırma sıcaklıklarında agreganın tamamen kurutulmaması ile ortaya çıkmaktadır. Nem duyarlılığını önlemek için uygun karışım tasarımı kullanılmalıdır. Soyulmayı önleme yöntemleri arasında, soyulma önleyici maddeler yaygın olarak kullanılmaktadır. En sık kullanılan soyulma önleyici madde sönmüş kireçtir. Karışıma eklendiğinde nem hasarını azaltabilmektedir[38,47]. Nem hasarına yol açan ikinci neden ise bu soyulma önleyici maddelerin kullanımından kaynaklanmaktadır. Bitüme sıvı soyulma önleyici madde ilave edilerek agregaya ve su içeren katkı ile karışım hazırlandığında bu bileşenler arasında kimyasal reaksiyon sonucu karıştırma sıcaklığı (110 °C kadar) artabilmektedir. Bu durum karışımın bağlanmasını zayıflatabilmektedir[38,48]. BIK' lara RAP eklenmesi nem duyarlılığı performansını geliştirebilmekte ve tekerlek izi oluşumunu önleyebilmektedir [38,49].

3.4.2. Uzun Dönem Performansı

BIK' lar kaplamanın kullanım ömrü boyunca istenilen performansı göstermezse, çevresel faydaları ve enerji tasarrufu olmayacaktır. Bu teknolojilerin kullanımının yeni olması ve saha uygulamalarının yaygın olmaması nedeniyle, uzun dönem performansı hakkında değerlendirme yapmak mümkün görünmemektedir. Bu zamana kadar ABD' de yapılan testlerde olumsuz uzun dönem performans verilerine rastlanılmamıştır [38,50].

3.4.3. BIK Katkılarının Çevresel Kirlilik Etkileri

BIK teknikleri kimyasal katkıların kullanımını içerse de, bunların çevresel tehlike oluşturup oluşturmadığı belirsizdir [38].

4. KARAYOLLARINDA KAR VE BUZLANMA İLE MÜCADELE

Kış mevsiminde karayollarında karşılaşılan en büyük problem kar ve buzlanma gibi doğal iklim olaylarıdır. Trafik seyrini devam ettirilmesi ve yollardan beklenen hizmet düzeyini düşürmeden araçların emniyetli bir şekilde dolaşımının sağlanması ve kar yağışı ve buzlanma sonucunda yol ile taşıt tekerlekleri arasındaki sürtünmenin azalması ile oluşacak trafik kazalarını önlenmesi amacıyla kar ve buzlanma ile mücadele çalışmaları yapılmaktadır.

Karayollarına yağış olarak ve/veya sürüntü ile gelen kar sürücülerin görüş kabiliyetini azaltmakta ve yol yüzeyinde biriktiğinde tehlike oluşturmaktadır. Yol kaplamasında kar kalınlığı 5 cm'yi aştığında, kar ve buzlanma kontrol çalışmalarına başlanması gerekmektedir. Kar yağışı ve buzlanmanın görüldüğü iklim koşullarına sahip birçok ülkede, karayollarından sorumlu kurumlar, kış bakımı çerçevesi içerisinde kar ve buz kontrolü programları geliştirmişlerdir. Kar kontrolü programı; gerekli görülen yerlere kar siperleri yapılması sayesinde karın yol platformunda birikmesinin engellenmesini ve yağın karın kar makinalarıyla yol yüzeyinden mekanik olarak uzaklaştırılmasını içermektedir. Buz kontrolü programı ise, son yıllarda buzlanma önleyici (anti-icing) ve buzlanma giderici (de-icing) olmak üzere iki ayrı yaklaşım olarak ele alınmaktadır. Koruyucu bakım olarak da ifade edebileceğimiz buzlanma önleyici kontrol, sıvı, katı veya ıslatılmış katı kimyasal maddelerin, buzlanmadan önce uygun zaman ve gerekli koşullarda başlanarak, yol yüzeyine periyodik olarak uygulanmasından ibarettir. Geleneksel buzlanma giderici kontrolde ise, buzlanma görüldükten sonra aynı kimyasal maddelerin aşındırıcılarla birlikte uygulanması işlemleri bulunmaktadır [51].

4.1. Kar Kontrol Çalışmaları

Kar kontrolü programı; gerekli görülen yerlere kar siperleri yapılması sayesinde karın yol platformunda birikmesinin engellenmesini ve yağın karın kar makinalarıyla yol yüzeyinden mekanik olarak uzaklaştırılmasını içermektedir. Yağış ve sürüklenme ile yola gelen karın kalınlığı 5 cm'yi aştığında, yoldaki trafik akışı bu durumdan etkilenmekte ve seyir zorlaşmaktadır. Kalınlık 10 cm'ye ulaştığında ise, otomobil ve benzeri küçük araçların yolda kalması ve yolu kapatması olasıdır. Bu nedenle iki

şekilde kontrol çalışması yapılması gerekmektedir. Öncelikle sürüklenme ile yola gelen karları engellemek için gerekli yerlere kar siperleri yapılmalıdır. İkinci olarak, kar kalınlığına göre seçilecek makinelerle yoldaki kar platformdan uzaklaştırılmalıdır[51].

4.1.1. Kar Siperleri ile Kar Kontrolü

Yolun bitişiğindeki arazide bulunan kar, hakim rüzgarın etkisiyle sürüklenerek yola gelip birikmekte yolun kapamasını neden olmakta ya da yolu tehlikeli hale getirmektedir. Bu durumları önlemek amacıyla yol kenarlarına kar siperleri yapılmaktadır. Kar siperleri, çelik tel üzerine plastik kaplı, zincir ağırları içerisindeki plastik lamaları birbiri ile uyumlu bir şekilde bütünleştiren esnek bir konstrüsiyona sahip; farklı yüksekliklerde ve istenilen uzunlukta üretilebilen sistemlerdir. Kar kontrol çalışmalarında kar siperleri, uygun ve ekonomik bir çözüm olarak uygulanmakta olup aşağıda belirtilen avantajları vardır[51,52].

- Hafif, taşınabilir ve maliyeti düşüktür.
- Karayolları ve benzeri alanlarda kar tutma mesafesinden dolayı kamulaştırma bedelinde %50 ye varan değerlerde tasarruf sağlar.
- Yer ve yön değiştirme kolaylığına sahiptir.
- Kapasitesi tespit edilip sabit olarak hesaplanabilir.
- Çift kat takviyeli ve uzun ömürlüdür.
- Hızlı ve kolay monte edilir.

4.1.2. Kar Makineleri ve Ekipmanları ile Kar Kontrolü

Yol platformuna yağış yoluyla veya kar siperlerini aşarak gelen kar, çeşitli makine ve ekipmanlar kullanılarak temizlenmektedir. Kar kontrol çalışmalarının hızlı yürütülmesi gerekmektedir. Böylece karın sıkışarak buzlaşması önlenmektedir. Bahar mevsiminde, özellikle asfalt kaplamalarda karşılaşılan kaplama bozuklukları, karın kaplama yüzeyinden zamanında uzaklaştırılmamasından kaynaklanmaktadır. Çünkü kar suyu çatlaklardan taban zeminine kadar sızarak kaplamanın bozulmasına sebep olmaktadır. Kar uzaklaştırma işlemine yalnızca kaplama yüzeyi değil banketler

de temizleninceye kadar devam edilmelidir. Bu şekilde yolun üst yapı elemanları, kar suyunun zararlı etkisinden korunması sağlanmaktadır. Ayrıca kar, deverli kurbaların yüksek tarafındaki banketlerde bırakılmamalıdır. Kar suyunun akışını kolaylaştırmak için, hendekler ve drenaj kanalları daima kontrol altında tutulmalıdır[51].

4.2. Buzlanma ile Mücadele

Kar yüksekliği yol platformunda 5 cm olduğunda başlanması gerekmektedir. Aksi halde kar trafik altında sıkışarak buzlaşmaktadır. Ayrıca yol yüzeyindeki nem ve su, hava sıcaklığı 0 °C' nin altında olduğunda buzlanmaya başlar. Donmuş karı ve yol yüzeyindeki nem ve sudan dolayı oluşan buz eritmek için, suyun donma noktasını düşüren kimyasal maddeler kullanılmaktadır.

Buzlanma ile mücadelede kullanılan kimyasal maddelerin, buzlanmayı önleyici (anti-icing) ve buzlanmanın giderilmesi (de-icing) olmak üzere iki çeşit uygulanma yöntemleri vardır. Buzlanmayı önleyici çalışmalar karın yüzeye yapışmasının veya buzlaşmasının önlenmesine yöneliktir. Yağış başlamadan önce veya başladıktan sonra yol yüzeyine uygulanmakta, karın yüzey ile bir bağ kurması engellemektedir. Kar yağışı sırasında kimyasal maddenin periyodik olarak uygulanarak etkisini sürdürmesi sağlanmalıdır. Kimyasal madde uygulamadan önce karı veya gevşek buz yoldan temizleyerek kimyasal maddenin aşırı seyreltik hale gelmesini önlemek gerekmektedir [51].

Buzlanmanın giderilmesi çalışmaları ise, yüzeyde oluşan buz eritmek amacıyla yapılmaktadır. Buzlanmanın giderilmesi işleminde, birçok durumda kuru katı kimyasal maddelerin kullanılması daha etkili olmaktadır. Malzeme kaybına engel olmak ve tuzun çözülmesini başlatmak için yüzeyin nemli olması gerekmektedir. Katı kimyasal maddelerin etkili olabilmesi için, ilk müdahale, yeteri miktarda kar birikimi olduktan sonra, sert kar veya buz tabakası oluşmadan önce uygulanmalıdır. Bakım ekibi, bunu gerçekleştirebilecek malzeme ve ekipmana sahip olmalıdır. Daha sonraki müdahalelerde katı kimyasal maddelerin etkili olabilmesi, yine yağışın devamında oluşan neme ve birikmeye bağlı olmaktadır. Yeterli nem veya birikme olmaması malzeme kaybına yol açmaktadır. Buzlanmanın önlenmesi veya

buzlanmanın giderilmesi işlemlerinde en çok kullanılan katı kimyasal madde, sodyum klorür (kaya tuzu) dür [51].

Ayrıca buz tutan yollara kaymayı önleyecek amacıyla aşındırıcı ve pürüzlülüğü arttırıcı malzemeler sermek de genel bir mücadele yöntemidir [12].

Kimyasal maddelerin yol yüzeyine uygulama miktarlarına dikkat edilmelidir. Eğer çok fazla kimyasal madde kullanılırsa yol yüzeyinde hepsi çözünmez ve gereğinden fazla tuz harcanmış olmaktadır. Çok az kullanılırsa da istenilen donma noktasını düşüremez ve kar ve buzu eritmede etkisiz kalmaktadır.

Kar ve buz kontrolünde etkili bir çözüm bulmak, değişkenlerin çokluğundan dolayı kolay değildir. Farklı hava durumları, üstyapı sıcaklığı, üstyapı tipi, ortam sıcaklığı, trafik hacmi, taşıt hızları, rüzgar yönü ve hızı, yağış tipi, topografya, göl veya okyanus etkisi, bölgelerin güneş görmesi bu faktörlerdendir. Bu etkenlerin çeşitliliğinden dolayı kar ve buzlanma mücadelesinde farklı kimyasallar değişik yöntemler ile kullanılmaktadır[53].

4.3. Kar ve Buzlanma ile Mücadelede Kullanılan Kimyasal Maddeler

Kış bakım çalışmalarında kar ve buzlanma ile mücadelede en çok kullanılan bazı kimyasallar maddeler şunlardır:

4.3.1. Sodyum Klorür (NaCl)

Ülkemizde kış bakım çalışmalarında en yaygın kullanılan kimyasal maddedir. Ülkemizde rezervlerinin fazla olması ve depolama kolaylığı nedeniyle diğer buz çözücü kimyasallara göre daha ekonomik olması, uygulama kolaylığı, suyun donma noktasını düşürmede etkili olması ve uzun süre etkisini sürdürmesi nedeniyle tercih edilmektedir. Ancak içerdiği klorür, metal aksamli köprülerin metal elemanlarını korozyona uğratmakta ve beton yollarda ise çatlaklardan süzülerek donatının paslanmasına yol açmaktadır.

Kullanılacak NaCl, TS 13158' e göre kirli beyazdan kahverengiye kadar değişen renklerde, iri veya ince taneli, homojen görünümde olmalı, gevşek ve akıcı olmalı,

topaklaşma görülmemeli, elle sıkıştırıldığında topaklaşma oluşmamalı ve gözle görülebilir yabancı madde içermemelidir[12] .

NaCl, -21 °C kadar kullanılabilir. Ancak NaCl çözeltisinin tekrar katı hale yani kristalleşmeye başlama noktası -21 °C sıcaklıkta olsa da -13° C sıcaklığın altında kullanılması ekonomik yönünden tercih edilmez. Kullanılacak tuz miktarı mahalli şartlara göre farklılık göstermektedir. Uygulamacılar, mahallerinde yaptıkları gözlemlere göre tuz miktarını tayin etmelidirler. Eğer tuzda yeteri miktarda ince tanecikler (0.2-1 mm) varsa, trafik yoğunluğu çok olan yollara yağmur yağmazsa iki günde bir serilen 5-15 gr/m² tuz, hem kırıktan dolayı oluşan buzlanmayı hem de karın yol yüzeyine yapışmasını önlemektedir. Yüzeyin buzlanmasını önlemek için m²' ye 5-15 gr atılmalıdır. Buz teşekkül etmiş ve sıcaklık -4 °C ile -21 °C arasında ise m²' ye 10-20 gr tuz atılmalıdır[19]. Buz teşekkül ettiği zaman eşit zaman aralıklar ile bu miktar 4 defa uygulanmaktadır. Sıcaklıklara göre 1 kg NaCl' ün eriteceği buz miktarı Tablo 4.1' de verilmiştir.

Tablo 4.1 Sıcaklıklara göre 1 Kg NaCl' ün Eritebileceği Buz Miktarı [53,54]

Sıcaklık (°C)	-1	-4	-7	-12	-18
Eriyen bu miktarı (kg)	46.3	14.3	8.6	4.9	3.7

4.3.2. Kalsiyum Klorür (CaCl₂)

Diğer kimyasal maddelere göre eridiği zaman çevreye ısı verdiği için, en düşük sıcaklıklarda buz çözmede en iyi çalışan maddelerden biridir. Soda sanayinde yan ürün olarak elde edilmektedir [13]. Su içinde hızlı ve kolay bir şekilde erimektedir. -29 °C'ye kadar düşük sıcaklıkta uygulanabilmektedir. CaCl₂ ve MgCl₂ de bir Ca ve Mg iyonuna karşılık iki Cl iyonu serbest bırakır. Bu sayede kar ve buz eritmede hızlı ve etkili, fakat çevreye daha zararlı olmaktadır. CaCl₂ ve MgCl₂ uygulandıktan sonra yol yüzeyinde temizlenmesi zor ve kaygan bir kalıntı bırakmaktadır[53].

4.3.3. Magnezyum Klorür (MgCl₂)

Kimyasal bir madde olan MgCl₂' ün buz çözme özelliği bulunmaktadır. -15 °C sıcaklığa kadar etken olmaktadır[12]. Karayollarında buzlanma önleyici ve buz çözücü olarak sıvı MgCl₂ kaya tuzu yerine kullanılmaktadır. Kış aylarında sıvı MgCl₂ kuru yol zeminine yağıştan önce veya ıslak yol zeminine donma noktasından önce püskürtülerek buzun veya karın birbirine yapışmasını ve yola bağlanmasını engellemektedir. Buzlanma önleyici olarak kullanıldığında MgCl₂' ün korozivitesi, çözeltiye eklenen diğer kimyasallarla düşürülebilmektedir[55].

4.3.4. Potasyum Klorür (KCl)

Kimyasal bir madde olan KCl' ün buz çözme özelliği vardır. Yaklaşık -15 °C sıcaklığa kadar etken olmaktadır. Toprağa ve suya geçerek alkaliliğini arttırmaktadır. Metali ve betonu korozyona uğratarak zarar vermektedir[12].

4.3.5. Üre CO (NH₂)

Gübre olarak kullanılan ürenin buz çözme özelliği vardır. Yaklaşık -15 °C sıcaklığa kadar etken olmaktadır.-15 °C' den daha düşük sıcaklıklarda iyi sonuç vermez. Klorür içeren diğer tuzlara göre, metallere ve betona koroziv etkisi yoktur. Bu nedenle köprüler, viyadükler ve hava alanlarında kullanılabilir. Fakat çevre açısından yol kenarındaki bitkilerin aşırı büyümesine neden olmakta ve canlılar için zararlı olan NH⁺4 iyonunu oluşturmaktadır [12].

4.3.6. Kalsiyum Magnezyum Asetat (CMA) ve Potasyum Asetat

Düşük sıcaklıklarda buz çözme özelliğine sahiptir. Metal, beton ve çevreye karşı düşük koroziv etkisi nedeniyle son zamanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Yaklaşık -20 °C' ye sıcaklığa kadar etken olmaktadır. Diğer tuzlara göre pahalıdır[12]. Yağıştan önce uygulanması buzun yüzeye yapışmasını etkili biçimde önlemektedir[53].

5. DENEYSEL ÇALIŞMA

Tez çalışmasının deney aşamasında, BSK ve bitüme ticari vaks olan Sasobit® eklenecek modifiye edilen BIK ile numuneler üretilmiştir. Her iki tür bitümlü karışım ile hazırlanan numunelerden referans numuneleri bırakılarak aşındırıcı çevre şartları olarak saf su ve farklı konsantrasyondaki (%0.8, %1.6, %2.1, %6.5 ve %10.4) kimyasal buz çözücü olan NaCl çözeltilerine 7 gün boyunca maruz bırakılmışlardır. Marshall stabilite, akma değerleri ve ultra ses hızları ölçülmüştür.

75 darbe uygulanarak her iki tür bitümlü karışım için 21' şer adet olmak üzere toplamda 42 numune üretilmiştir. Marshall deneyi için hazırlanan BSK numuneleri "BSK" ve Sasobit® katkılı BIK numuneleri "BIK" olarak isimlendirilmiştir.

Deneysel çalışmalarda kullanılan NaCl çözeltileri aşağıdaki etkenler dikkate alınarak belirlenmiştir.

1. Genel olarak buz teşekkül ettikten sonra m²' ye 80 gr tuz dökülmektedir [19].
2. Karın mekanik araçlarla kürenerek yolun temizlenmesi sırasında, yol kaplamasında temizlenmeyen birkaç cm yüksekliğinde kar kalmakta ve bu kar trafiğin etkisi ile buzlaşmaktadır[12].
3. Kar ve buzlanma ile mücadelede NaCl,-12 °C altındaki sıcaklıklarda etkisini yitirmekte [19], yaklaşık -8 °C sıcaklığa kadar etken olmaktadır [12].
4. Tablo 4.1' de verilen 1 kg tuzun belirtilen hava sıcaklıklarına göre erittiği buz miktarları dikkate alınmıştır.

Buna göre, 80 gr tuzun, 0.5 cm ve 1 cm kalınlıklarındaki buz tabakalarını eritmesi sonucunda sırası ile %1.6 ve % 0.8 oranında tuzlu çözelti oluşturmaktadır. Tablo 4.1 'de 1 kg tuzun -1 °C, -4 °C ve -7 °C de erittiği buz miktarlarına göre, sırası ile %2.1, % 6.5 ve % 10.4 oranlarında NaCl çözeltileri oluşmaktadır. 2. Maddeye göre ilk buzlaşmanın 1 cm' ye kadar olmasından dolayı NaCl' ün 0.5 cm ve 1 cm. buz kalınlıklarındaki etkisi ile 3. Maddeye göre -8 °C sıcaklığa kadar etken olmasından dolayı NaCl' ün -7 °C sıcaklığa kadar etkisi araştırılmıştır.

5.1. Bitüm ve Bitüme Uygulanan Deneyler

BSK elde etmek için 70/100 penetrasyona sahip bitüm kullanılmıştır. Bu tez çalışmasında “KB” olarak isimlendirilmiştir. Seçilen agrega tipi ve gradasyonu için genel olarak kullanılan optimum bitüm oranı bu çalışmada kullanılmıştır [56]. BIK üretilirken KB’ e Sasobit® eklenmiş ve “KB+%4S” olarak isimlendirilmiştir. KB ve KB+%4S’ nin temel özellikleri; penetrasyon deneyi, yumuşama noktası deneyi ve dönel viskozimetre deneyi yapılarak belirlenmiştir.

5.1.1. Modifiye Bitümün Elde Edilmesi

KB’ e ağırlıkça %4 oranda Sasobit® eklenmiştir. Bitümler ilk olarak 155 °C sıcaklıktaki etüvde 3 saat bekletilmiştir. İlave edilecek Sasobit® vaksı, etüvde ısıtılmış olan bitüme eklenip spatula ile karıştırıldıktan sonra tekrar etüve konulmuştur. Yarım saat etüvde bekletildikten sonra, etüvden çıkartılmış ve sasobitin bitümün içinde homojen şekilde dağılması için mikser ile 2 dakika saat yönünde 2 dakika saat yönüne ters olarak karıştırılmıştır. Oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır.

5.1.2. Dönel Viskozimetre Deney Sonucu

Deneyin sonucunda bitümün viskozitesi belirlenerek, hazırlanacak karışımların karıştırma-sıkıştırma sıcaklık aralığı tespit edilmiştir. Bu deney, Brookfield viskozimetresi ile yapılmış olup, bitümlerin 135 °C ve 165 °C sıcaklıklardaki viskoziteleri belirlenmiştir. Bitümlerin viskozite değerleri Tablo 5.1’ de verilmiştir.

Tablo 5.1 Bitümlerin Dönel Viskozimetre Test Sonuçları

Bitüm	135 °C (Pa-s)	165 °C (Pa-s)
KB	0.310	0.0929
KB+%4 S	0.233	0.075

Bitüme eklenen Sasobitin, viskoziteyi arttırdığı gözlemlenmiştir. Hazırlanacak olan karışımların karıştırma - sıkıştırma sıcaklık aralığı, dönel viskozimetre test sonucuna göre belirlenmiş ve Tablo 5.2’ de verilmiştir.

Tablo 5.2 Karışımların Karıştırma - Sıkıştırma Sıcaklıkları

Bitüm	Karıştırma Sıcaklığı(°C)	Sıkıştırma Sıcaklığı (°C)
KB	150	137.5
KB+%4 S	143.3	130.2

Bitüme eklenen Sasobit, karışımların karıştırma-sıkıştırma sıcaklıklarını katkısız bitüme göre azaltmıştır.

5.1.3. Penetrasyon ve Yumuşama Noktası Deneyleri

KB ve KB+%4 S bitüme penetrasyon ve yumuşama noktası deneyleri uygulanarak, bitümlerin penetrasyon ve yumuşama noktaları belirlenmiştir. Deneyin sonuçları Tablo 5.3' de verilmiştir.

Tablo 5.3 Penetrasyon ve Yumuşama Noktası Deney Sonuçları

Bitüm	Penetrasyon (mm)	Yumuşama Noktası (°C)
KB	96	44.4
KB+%4 S	65	82

Deneylerin sonucunda Sasobitin, bitümün penetrasyon değerini düşürdüğü ve yumuşama noktasını arttırdığı gözlemlenmiştir.

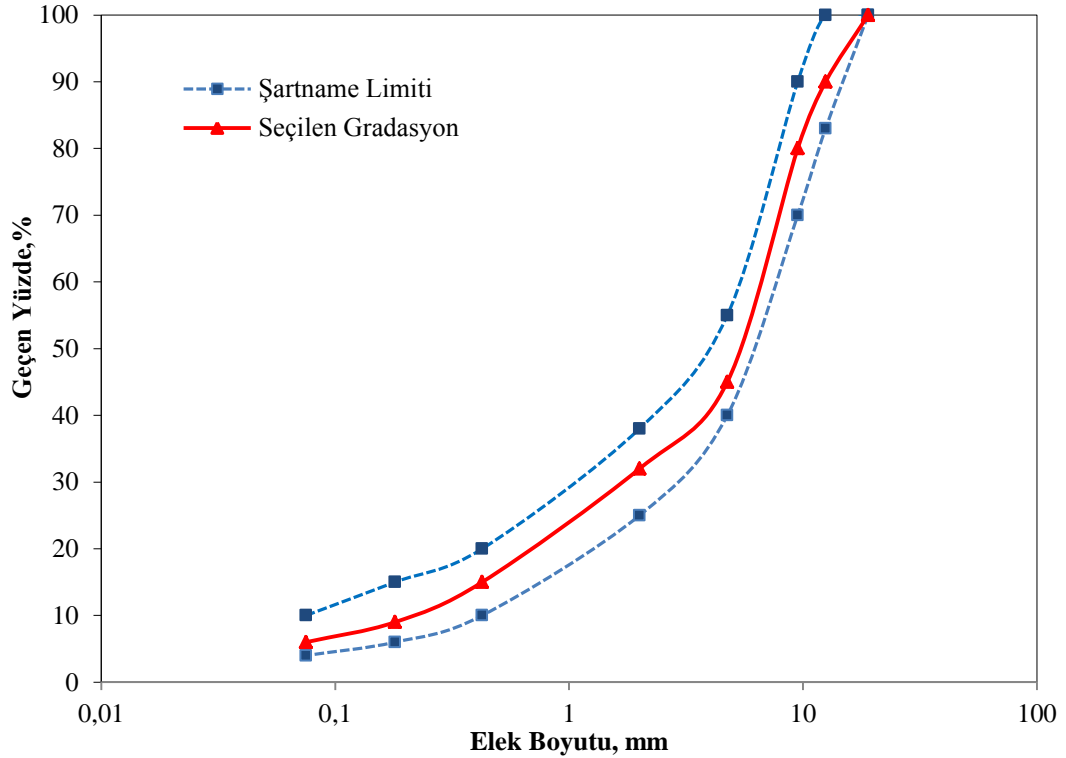
5.2. Agreganın Tipi ve Özellikleri

Kaplama malzemesi olarak kullanılacak agreganın belirli şartları sağlaması gerekmektedir. Deneyde kullanılan Yenifakılı Büyüköz (Kalker) agregasının fiziksel özellikleri Tablo 5.4' de verilmiştir. Tablo 5.4' den de görüldüğü gibi deneylerde kullanılacak agrega şartnameye uygundur.

Tablo 5.4 Deneyde kullanılacak Agreganın Özellikleri

Deney Adı	Deney	Şartname (Aşınma)
Aşınma kaybı (%) (Los Angeles)	27.0	≤ 30.0
Sağlamlık kaybı (%) (Magnezyum Sülfat ile)	11.1	≤ 18.0
Metilen Mavisini, g/kg	0.75	≤ 1.5
Kaba agrega su emme (%)	0.73	≤ 2.0

Deneyle K.G.M. Karayolları Teknik Şartnamesine göre Aşınma Tabakası Tip-1 gradasyon sınırları kullanılmış olup, agreganın gradasyon grafiği Şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1 Seçilen Agrega Gradasyonu ve Şartname Limiti

5.3. Marshall Deneyi için Karışımların Hazırlanması

Marshall stabilite ve akma değerleri belirlenecek olan numunelere her iki tarafına 75 darbe uygulanarak üretilmiştir. Deneyde kullanılacak Marshall deneyinin şartname değerleri Tablo 5.5’ de verilmiştir.

Tablo 5.5 Asfalt Betonlu Tasarım Kriterleri [19]

ÖZELLİKLER	AŞINMA TİP-1,TİP-2		Deney Standardı
	Min.	Maks.	
Briket Yapımında Uygulanacak Darbe Sayısı	75		TS EN 12697-30
Marshall Stabilitesi, kg	900	-	TS EN 12697-34
Boşluk, %	3	5	TS EN 12697-8
Asfaltla Dolu Boşluk, %	65	75	TS EN 12697-8
Akma, mm	2	4	TS EN 12697-34
Filler/Bitüm Oranı	-	1.5	
Bitüm (Ağırlıkça 100' e)	4.0	7.0	TS EN 12697-1

Marshall deneyi için kullanılacak olan agrega, seçilen gradasyon limitine göre tartılıp toplam 1200 gr agrega karışıma hazır hale getirilmiştir. Toplam agrega ağırlığının % 4.1' i kadar bitüm kullanılmıştır. KB ve KB+%4 S bitüm ile 21 şer adet olmak üzere toplam 42 adet deney numunesi hazırlanmıştır.

5.3.1. Sıkıştırılmış Bitümlü Karışımların Doygun – Yüzey Kuru Numunelerle Hacim Özgül Ağırlığı Hesaplanması (AASHTO T - 166)

Bu metot, sıkıştırılmış bitümlü karışımların hacim özgül ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bulunacak hacim özgül ağırlığı, hava boşluğu yüzdesinin hesaplanmasında yararlanılmaktadır [13]. Deney AASHTO T – 166' ya göre yapılmıştır.

Oda sıcaklığında 24 saat bekletilen numunelerin kuru ağırlıkları tartılarak kaydedilir (A). Tartılan numuneler 25 ± 1 °C su içine bırakılır. 5 dakika bekletildikten sonra su içine yerleştirilmiş ve teraziye askı çengeli ile bağlanmış tel sepetin içine konularak tartılır ve kaydedilir (C). Sudan çıkarılan numuneler nemli bir havlu ile hızlıca yüzeyleri kurularak tartılır ve kaydedilir (B). Aşağıda ki formül ile hacim özgül ağırlıkları hesaplanır.

$$\text{Hacim Özgül Ağırlık} = \frac{A}{B - C}$$

A: Kuru numunenin ağırlığı, gr

B: Doygun, yüzey kuru numune ağırlığı, gr

C: Numunenin sudaki ağırlığı, gr

Deney sonucu, üç ondalık haneli rakam ile gösterip, malzemenin hacim özgül ağırlığı olarak kaydedilir[13].

5.3.2. Marshall Numunelerinin Maksimum Teorik Özgül Ağırlık Hesaplamaları (ASTM-D2041)

Bu metot, sıkıştırılmamış bitümlü kaplama karışımların maksimum teorik özgül ağırlığının tayinini kapsamaktadır. Bu metot ile tanımlanan maksimum teorik özgül ağırlık, 25 °C’ deki malzemenin kütlelerinin, malzemeye eşit hacimdeki ve aynı sıcaklıktaki suyun kütlesine oranıdır [13].

Şartnamede belirtilen ağırlıkta hazırlanan karışım sıkıştırılmadan soğumaya bırakılmıştır. Piknometrenin tespit çizgisine kadar 25±4 °C’ deki saf su ile doldurulmuştur. Piknometreye 15± 2 dakika vakum uygulanarak suyun içindeki hava boşaltılmış ve boşalan hava yerine de tespit çizgisine kadar su doldurularak havası alınmış suyun ağırlığı tartılarak kaydedilmiştir. Piknometredeki su boşaltılmış ve piknometrenin darası tartılarak kaydedilmiştir. Boşalan piknometreye, soğuyan ve toprakları ufalanan karışım konularak kuru ağırlığı tartılmış ve kaydedilmiştir. Havası alınmış su, karışımla dolu olan piknometreye doldurularak 15± 2 dakika vakum uygulanmıştır. Piknometre tespit çizgisine kadar su ile doldurularak tartılmış ve kaydedilmiştir. Karışımın maksimum teorik özgül ağırlıkları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır[13].

$$G_{mm} = \frac{C-A}{(C-A)-(D-B)}$$

A: Piknometrenin boş ağırlığı, gr

B: Piknometrenin 25 °C’ de havası alınmış su ile dolu ağırlığı, gr

C: Piknometre + numune ağırlığı, gr

D: 25 °C sıcaklıktaki numune ve havası alınmış su dolu piknometre ağırlığı, gr

Hesaplanan maksimum teorik özgül ağırlık değeri numunelerin boşluk oranının belirlenmesinde kullanılmıştır. BIK ve BSK ile üretilen Marshall numunelerinin fiziksel özellikleri sırası ile Tablo 5.6 ve Tablo 5.7’ de verilmiştir.

Tablo 5.6 Bitümlü Ilık Karışım ile Hazırlanan Marshall Numunelerinin Fiziksel Özellikleri

No	Deneş Şartı	Kuru Ağırlık, A	Sudaki Ağırlık, C	Doygun Yüzey Kuru, B	$G_{mb} = \frac{A}{B-C}$ (gr/cm ³)	Gmm	Vh (%)	Vhort (%)
BIK-1	Saf Su	1238.7	731.7	1242.7	2.424	2.525	4.0	4.2
BIK-2		1242.9	731.5	1246.6	2.413		4.4	
BIK-3		1243.3	732.5	1246.3	2.420		4.2	
BIK-4	%0.8	1243.2	729.4	1245.3	2.410		4.6	4.2
BIK-5		1242.3	729.5	1245.6	2.407		4.7	
BIK-6		1241.9	735.3	1244.9	2.437		3.5	
BIK 7	%1.6	1237.1	731.0	1241.3	2.424		4.0	4.0
BIK-8		1240.9	734.1	1244.9	2.429		3.8	
BIK-9		1241.3	732.2	1245.1	2.420		4.2	
BIK-10	%2.1	1243.6	730.1	1246.9	2.406		4.7	4.2
BIK-11		1239.5	731.7	1243.8	2.420		4.1	
BIK-12		1239.2	732.3	1242.5	2.429		3.8	
BIK-13	%6.5	1237.8	730.4	1242.1	2.419		4.2	4.6
BIK-14		1243.1	726.9	1245.1	2.399		5.0	
BIK-15		1241.3	730.2	1245.2	2.410		4.5	
BIK-16	%10.4	1239.7	726.4	1243.2	2.399		5.0	5.4
BIK-17		1241.6	726.1	1246.5	2.386		5.5	
BIK-18		1243.5	726.4	1247.9	2.384		5.6	
BIK-19	Referans	1242.5	734.9	1246.8	2.427		3.9	4.4
BIK-20		1241.2	729.1	1244.6	2.408		4.6	
BIK-21		1244.4	730.0	1247.0	2.407		4.7	

Tablo 5.7 Bitümlü Sıcak Karışım ile Hazırlanan Marshall Numunelerinin Fiziksel Özellikleri

No	Deney Şartı	Kuru Ağırlık, A	Sudaki Ağırlık, C	Doygun Yüzey Kuru, B	$G_{mb} = \frac{A}{B-C}$ (gr/cm ³)	Gmm	Vh (%)	Vhort (%)
BSK-1	Saf Su	1237.3	726.5	1242.4	2.398	2.525	5.0	4.7
BSK-2		1241.7	726.0	1246.0	2.388		5.4	
BSK-3		1240.0	734.2	1243.3	2.436		3.5	
BSK-4	%0.8	1242.0	738.5	1245.7	2.449		3.0	3.7
BSK-5		1242.4	734.8	1246.0	2.430		3.8	
BSK-6		1240.9	729.5	1243.4	2.415		4.4	
BSK-7	%1.6	1240.0	725.5	1243.0	2.396		5.1	4.6
BSK-8		1241.4	736.1	1245.2	2.438		3.4	
BSK-9		1245.2	727.5	1247.3	2.396		5.1	
BSK-10	%2.1	1237.1	723.1	1239.7	2.395		5.2	4.3
BSK-11		1244.2	736.8	1250.8	2.421		4.1	
BSK-12		1237.0	733.7	1241.1	2.438		3.5	
BSK-13	%6.5	1242.8	727.8	1245.8	2.399		5.0	4.1
BSK-14		1240.6	734.7	1245.3	2.430		3.8	
BSK-15		1238.4	733.7	1242.1	2.436		3.5	
BSK-16	%10.4	1241.7	733.9	1246.4	2.423		4.1	4.0
BSK-17		1240.1	731.4	1243.0	2.424		4.0	
BSK-18		1237.5	731.7	1241.2	2.429		3.8	
BSK-19	Referans	1241.9	736.9	1245.7	2.441		3.3	4.0
BSK-20		1244.2	732.8	1247.7	2.416		4.3	
BSK-21		1240.8	729.8	1243.3	2.416		4.3	

5.4. Marshall Stabilitesi ve Akma Deneyi

Bu metot, Marshall aleti yardımıyla bitümlü karışımlar ile hazırlanan silindirik briketlerin yanal yüzeylerine yükleme yaparak plastik akmaya karşı direncinin ölçümünü kapsamaktadır[13]. Hazırlanan numunelerin yükseklikleri ve çapları ölçülmüş ve ultra ses hız ölçümleri yapıldıktan sonra 60 ± 1 °C' ye kadar ısıtılan su banyosunda 30 dakika bekletilmişlerdir. Marshall cihazına yerleştirilip 50.8 mm hız ile yükleme yapılarak stabilite ve akma değerleri belirlenmiştir. Yüksekliği 63.5 mm den farklı olan deney numunelerine Marshall stabilite düzeltme katsayıları

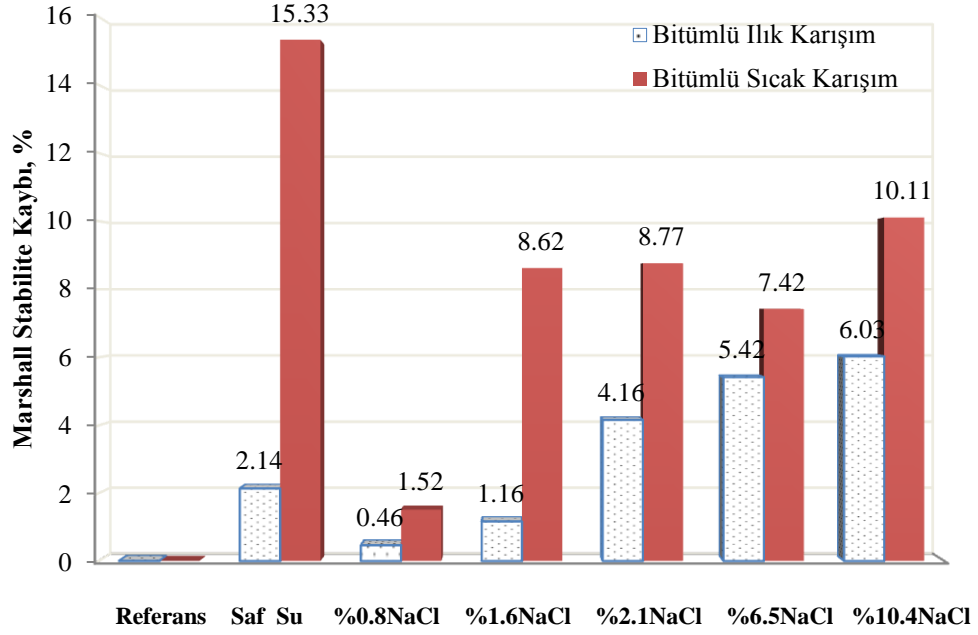
uygulanarak[13] düzeltilmiş stabilite değerleri belirlenmiştir. BIK ve BSK ile üretilen Marshall numunelerinin stabilite ve akma değerleri sırası ile Tablo 5.8 ve Tablo 5.9’ da verilmiştir. BIK ve BSK ile üretilen Marshall numunelerinin kayıp stabilite değerleri Şekil 5.2’ de gösterilmiştir.

Tablo 5.8 BIK ile Hazırlanan Marshall Numunelerinin Stabilite ve Akma Değerleri

No	Deney Şartı	Deney Sonrası İht	Stabilite, kgf	Düzeltilme Katsayısı	Düzeltilmiş Stabilite, kgf	Ortalama Stabilite, kgf	Akma, mm	Ortalama Akma, mm
BIK-1	Saf Su	63.15	1590	1.009	1604.310	1600.347	3.7	3.1
BIK-2		63.78	1594	0.993	1582.842		2.7	
BIK-3		63.73	1622	0.995	1613.890		3.0	
BIK-4	%0.80	63.20	1542	1.008	1554.336	1627.741	3.3	3.2
BIK-5		63.60	1676	0.998	1672.648		3.3	
BIK-6		63.33	1648	1.005	1656.240		3.0	
BIK 7	%1.60	63.45	1530	1.002	1533.060	1616.303	3.0	3.0
BIK-8		63.15	1678	1.009	1693.102		3.3	
BIK-9		63.63	1626	0.998	1622.748		2.7	
BIK-10	%2.10	64.18	1592	0.984	1566.528	1567.245	3.4	3.0
BIK-11		63.73	1582	0.995	1574.090		2.8	
BIK-12		63.48	1558	1.002	1561.116		2.7	
BIK-13	%6.50	63.90	1496	0.990	1481.040	1546.710	2.8	2.9
BIK-14		63.58	1650	0.999	1648.350		3.0	
BIK-15		63.93	1526	0.990	1510.740		2.8	
BIK-16	%10.40	62.95	1470	1.014	1490.580	1536.771	3.2	3.1
BIK-17		63.98	1604	0.989	1586.356		2.5	
BIK-18		64.03	1552	0.988	1533.376		3.5	
BIK-19	Referans	63.20	1660	1.008	1673.280	1635.327	2.8	2.8
BIK-20		63.75	1588	0.994	1578.472		2.5	
BIK-21		63.30	1646	1.005	1654.230		3.0	

Tablo 5.9 BSK ile Hazırlanan Marshall Numunelerinin Stabilite ve Akma Değerleri

No	Deneş Şartı	Deneş Sonrası İort	Stabilite, kgf	Düzeltime Katsayısı	Düzeltilmiş Stabilite, kgf	Ortalama Stabilite, kgf	Akma, mm	Ortalama Akma, mm
BSK-1	Saf Su	63.95	1442	0.989	1426.14	1411.61	2.9	3.0
BSK-2		63.18	1424	1.009	1436.82		3.1	
BSK-3		63.68	1376	0.997	1371.87		3.0	
BSK-4	%0.80	63.18	1634	1.009	1648.71	1641.91	3.1	3.3
BSK-5		63.43	1682	1.003	1687.05		3.4	
BSK-6		63.35	1586	1.003	1589.97		3.4	
BSK-7	%1.60	63.18	1526	1.009	1539.73	1523.43	3.2	3.2
BSK-8		63.10	1466	1.010	1480.66		3.0	
BSK-9		63.03	1530	1.013	1549.89		3.4	
BSK-10	%2.10	62.98	1628	1.014	1650.79	1521.05	3.2	3.1
BSK-11		63.38	1466	1.004	1471.86		3.0	
BSK-12		64.00	1458	0.988	1440.50		3.0	
BSK-13	%6.50	63.35	1560	1.004	1566.24	1543.52	3.0	2.8
BSK-14		63.35	1418	1.004	1423.67		2.8	
BSK-15		62.98	1618	1.014	1640.65		2.7	
BSK-16	%10.40	63.78	1572	0.994	1562.57	1498.68	3.2	3.0
BSK-17		63.33	1466	1.005	1473.33		3.2	
BSK-18		63.25	1450	1.007	1460.15		2.7	
BSK-19	Referans	63.05	1704	1.012	1724.45	1667.19	3.0	3.3
BSK-20		63.73	1594	0.995	1586.03		3.3	
BSK-21		63.18	1676	1.009	1691.08		3.7	

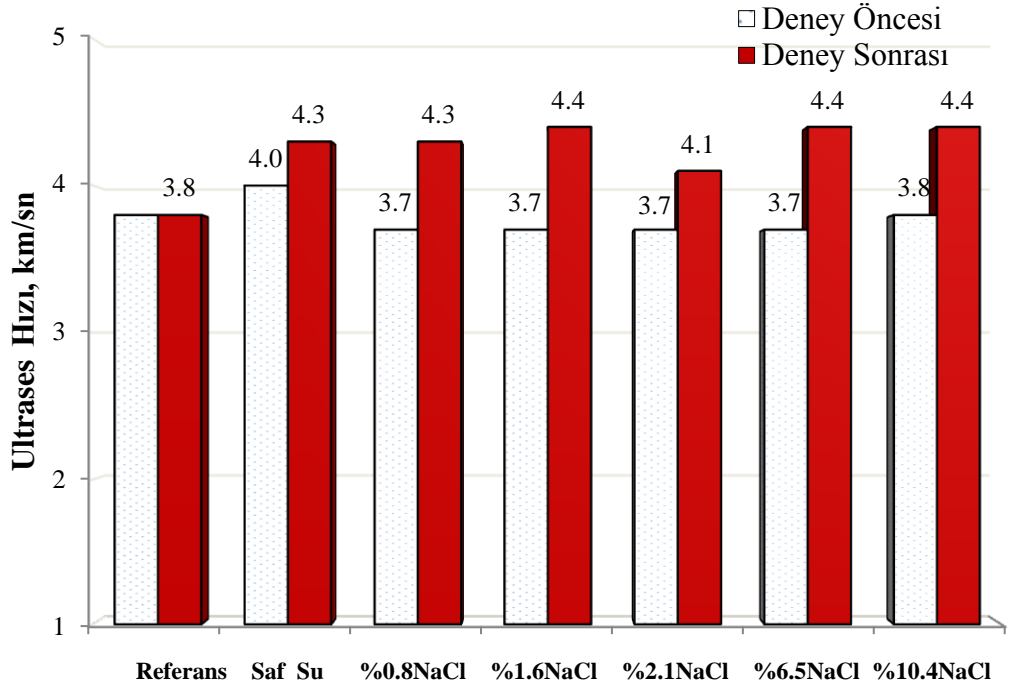


Şekil 5.2. Numunelerin Kayıp Marshall Stabilite Yüzde Değerleri

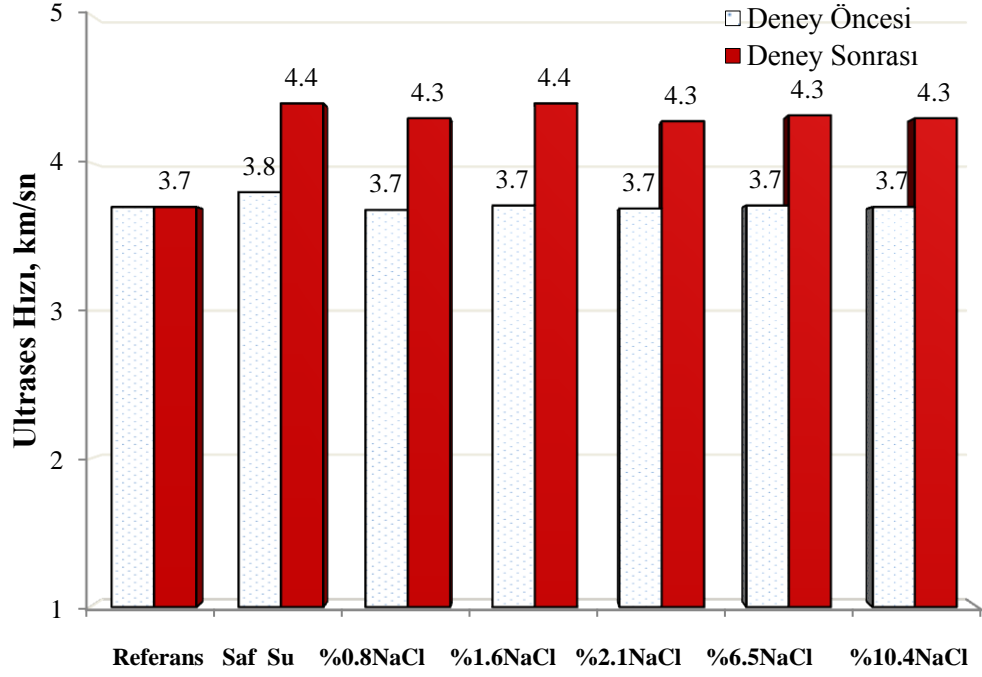
Tablo 5.8, Tablo 5.9, Şekil 5.2’ de görüldüğü üzere BIK ile üretilen numunelerin BSK ile üretilen numunelere göre aşındırıcı çevre şartlarına karşı dirençleri daha yüksektir. Sasobit, karışımın viskozitesini düşürmekte böylelikle daha kolay işlenebilmektedir. Karışım daha iyi sıkıştırıldığı için karışımın yoğunluğu artmaktadır. Artan yoğunluğun, numuneleri aşındırıcı çevre şartlarına karşı dirençli hale getirerek numunelerin stabiliteyi yükselttiği düşünülmektedir. BSK’ lar ile üretilen numuneler arasında kayıp Marshall stabilitesi, en yüksek kayıp ile saf su ortamına maruz bırakılan numunelerde ortaya çıkmıştır. En etkili ve yaygın olarak kullanılan aşındırıcı bileşen çözülmüş oksijendir. Suyun hangi halinde olursa olsun içindeki oksijen yapıları aşındırıcı faktörlerden biri olarak bilinmektedir. Çözülmüş oksijen seviyesi arttıkça tuzluluk seviyesi düşer [57]. Yani saf suda daha fazla çözülmüş oksijen bulunmaktadır. Bu nedenle saf suyun daha fazla aşındırıcı etki yaptığı düşünülmektedir. BIK’ lar ile üretilen numuneler arasında ise kayıp Marshall stabilitesi, en yüksek kayıp ile %10.4 konsantrasyonlu NaCl çözelti ortamına maruz bırakılan numunelerde ortaya çıkmıştır.

5.5. Ultra Ses Hız Ölçümü

Ultra ses hız ölçümü, BIK ve BSK ile hazırlanan Marshall numunelerinin aşındırıcı çevre şartlarına maruz bırakıldıktan sonra içyapısında değişiklik olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Laboratuvar ortamında Proceq markalı cihaz ile yapılmıştır. BIK ve BSK ile üretilen Marshall numunelerinin ultra ses hız değişimleri sırası ile Şekil 5.3 ve Şekil 5.4' de gösterilmiştir.



Şekil 5.3 BIK ile Hazırlanan Marshall Numunelerinin Ultrases Hız Değerleri



Şekil 5.4. BSK ile Hazırlanan Marshall Numunelerinin Ultrases Hız Değerleri

Şekil 5.3 ve Şekil 5.4 'de görüldüğü üzere numunelerin aşındırıcı çevre şartlarına maruz bırakıldıktan sonra yapılan ölçümlerde ultra ses hızlarında artış olduğu görülmektedir. Saf su ve NaCl çözeltisi iletkenliği arttırdığından ve saf su ve NaCl çözeltisine maruz bırakılan numunelerin kuru numunelere göre iletkenliği artacağı için ultrases hızları da artmıştır.

6. SONUÇ

70/100 penetrasyonlu bitüme ağırlığının %4 oranında Sasobit® eklenerek vaks katkılı bitüm hazırlanmıştır. BSK ve BIK numuneleri üretilirken aynı agrega gradasyonu ve aynı optimum bitüm oranı kullanılmıştır. Hazırlanan karışımlar ile üretilen numuneler, aşındırıcı çevre şartlarına karşı dirençlerinin belirlenmesi için saf su ve NaCl çözeltilerine maruz bırakılmışlardır. Marshall stabilite ve akma değerleri belirlenmiştir. Ayrıca numunelerin içyapısında değişiklik olup olmadığını tespit etmek amacıyla da ultra ses hız ölçümleri yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışma sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Sasobit içeren bitümün katkısız bitüme göre, karıştırma-sıkıştırma sıcaklığının azaldığı, penetrasyonunun azaldığı ve yumuşama noktasının arttığı görülmüştür.
2. BSK ve BIK ile hazırlanan referans numuneler karşılaştırıldığında, stabilite değerlerinin birbirine yakın olduğu, akma değerlerinin ise BSK' ların yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Numuneler aşındırıcı çevre şartlarına maruz bırakıldıktan sonra, BIK ile üretilen numunelerin BSK ile üretilen numunelerine göre, kayıp stabilite değerlerinin daha düşük olduğu; akma değerlerinin arttığı görülmüştür. Sasobitin, stabilite değerini geliştirdiği gözlemlenmiştir.
3. BSK' lar ile üretilen numunelerin stabilite değerleri incelendiğinde, Marshall stabilite ve akma değerlerinde ki azalma en fazla saf su ortamına maruz bırakılan numunelerde ortaya çıkmıştır. Öyle ki, en etkili ve yaygın olarak kullanılan aşındırıcı bileşen çözünmüş oksijendir. Suyun hangi halinde olursa olsun içindeki oksijen yapıları yok eden faktörlerden biri olarak bilinir. Çözünmüş oksijen seviyesi arttıkça tuzluluk seviyesi düşer [57]. Yani saf suda daha fazla çözünmüş oksijen bulunur. Bu nedenle saf suyun daha fazla aşındırıcı etki yaptığı düşünülmektedir. NaCl çözeltilerine maruz bırakılan numuneler incelendiğinde ise NaCl oranı arttıkça stabilite değerlerinin düştüğü görülmüştür. Bunun nedeni de Cl iyonlarının aşındırıcı etkisinden olabileceği düşünülmektedir.

4. BIK ile üretilen numuneler incelendiğinde Marshall stabilitesinde ki en fazla düşüşün %10.4 konsantrasyonlu NaCl çözeltisinde meydana geldiği görülmektedir. NaCl bünyesinde bulunan klor iyonları yapılarda aşındırıcı etki yapmaktadır. NaCl konsantrasyonu arttıkça aşındırıcı etkisi de artmaktadır. Yani beklenildiği gibi %10.4 konsantrasyonundaki NaCl çözeltisi daha fazla aşındırıcı yapmaktadır. Saf suyun daha fazla aşındırıcı etkiye sahip olması gerekirken %0.80 ve %1.60 konsantrasyonlu NaCl çözeltilerinin, daha az aşındırıcı etki yaptığı görülmektedir. Bu numunelerin saf suya maruz kalan numunelere göre stabilite değerleri daha yüksek olmuştur. Akma değerlerinde ise artış meydana gelmiştir.
5. Numunelerin ultrases hızları incelendiğinde BIK ile üretilen numunelerin BSK ile üretilen numunelere göre az değişim olduğu gözlemlenmiştir. Sasobitin, numunelerin içyapısındaki aşındırıcı etkileri azaltabileceği düşünülmektedir.

Özetle, yapılan deneysel çalışma sonucunda BIK ile üretilen numunelerin aşındırıcı çevre şartlarına karşı (buz çözücü olarak NaCl kullanıldığında), BSK ile üretilen numunelere göre dirençli oldukları görülmüştür.

KAYNAKLAR

1. Karayolları Ulaşım İstatistikleri, Türkiye İstatistik Kurumu Ulaştırma İstatistikleri (2014 TUİK), T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü Trafik Güvenliği Dairesi Başkanlığı Ulaşım Etütleri Şubesi Müdürlüğü, 2014.
2. Fındık S., Saltan M., Hafif Agregaların Esnek Üstyapı Alt Temelinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi, Antalya, 22-23-24 Eylül, 2005.
3. Sağlık, A., Güngör, A. G., Karayolları Genel Müdürlüğü Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi, Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı Üstyapı Şubesi Müdürlüğü, 148s, Ankara, 2000.
4. Kennedy, T. W., N. Turnham, J. A. Epps, C. W. Smoot, F. M. Young, J. W. Button, and C. D. Zeigler, Evaluation of Methods for Field Applications of Lime to Asphalt Concrete Mixtures, Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists, Vol. 52, pp. 508–534,1983.
5. Karakaş A.,S., Bitümlü Sıcak Karışımların Trafik Etkisi Altında Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 2014.
6. Umar, F., Ağar, E., Yol Üstyapısı, 339 s, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1991.
7. Ilıcalı, M., 1988. Karayolu Üstyapısında Erdemir Cürufunun Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 1988.
8. Çetin, S., Afyonkarahisar Bölgesi Volkanik Kayaçların Sıcak Karışım Asfalt Kaplamalarında Agregalar Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, 2007.
9. Görkem, İ. Ç., Orta Sıcaklıktaki Asfalt Karışımlarının Performanslarının Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 2014.
10. Altıok, Ş., AVCI, B. E., Kar ve Buz Mücadelesinde Kullanılan Kimyasalların Esnek Üstyapıya Etkileri, 6. Ulusal Asfalt Sempozyumu ve Sergisi, Ankara,27-28 Kasım, 2013.
11. Balbay A., Toprak Kaynaklı Isı Pompası Sisteminin Yollardaki Kar ve Buzu Eritmek için Kullanılmasının Deneysel ve Teorik Olarak Araştırılması, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 2007.
12. Özcan, E., Güngör, N., Şen, H., Kimya Laboratuvar Şefliği Tanıtım El Kitabı, s. 160, K.G.M. Malzeme Laboratuvarları Şubesi Müdürlüğü, Ankara, 1995.

13. Önal, M. A., Kahramangil M., K.G.M. Bitümlü Karışımlar Laboratuvar El Kitabı, 200s, Karayolları Genel Müdürlüğü Matbaası, Ankara, 1993.
14. Kandhal, P.S., Parker, F., Mallick, R.B., Aggregate Tests for Hot Mix Asphalt: State of Practice, NCAT Report No.97-06, Auburn, November, 1997.
15. Tunç, A. , Yol Malzemeleri ve Uygulamaları, Atlas Yayıncılık, İstanbul, Temmuz 2001.
16. Whiteoak, D., Read, J., Shell Bitüm El Kitabı, Lav, A., H., Lav, M., A., İstanbul Büyükşehir Belediyesi İstanbul Asphalt Fabrikaları sanayi ve Ticaret A.Ş., İstanbul, 2004.
17. Balta, İ., Bitümlü Sıcak Karışımların Sudan Kaynaklanan Bozulmalara Karşı Duyarlılığı, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2004.
18. Ilıcalı, M., Asphalt ve Uygulamaları, İSFALT Bilimsel Yayın, No:1, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul, 2001.
19. K.G.M. Karayolu Teknik Şartnamesi, s. 753, Karayolları Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 2006.
20. Ilıcalı, M., Asphalt Kaplamalar, İstanbul Asphalt Sanayi ve Ticaret A.Ş Yayınları, Yayın No: 1, İstanbul, 2001.
21. Tunç, A., Esnek Kaplama Malzemeleri El Kitabı, s. 352, Asil Yayın Dağıtım, Ankara, 2004.
22. Zaimoğlu, F., Beton Asphalt Kaplamalarda Rijitlik Modülünün Shell Metodu ve İndirek Çekme Metodu ile Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2005.
23. Kurtis, K., Asphalt and Asphalt Concrete, Schooll of Civil Engineering Georgia Institute of Technology Atlanta, Georgia, 2003.
24. Taşdemir, Y., Bitümlü Kaplamaların Termal Davranışlarının Performans Testleriyle İncelenmesi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2003.
25. Kirizgil, M. E., Stiren – Butadien-Stiren ve Uçucu Külün Birlikte Kullanılmasının Bitümlü Sıcak Karışımların Mekanik Özelliklerine Etkisi, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2013.
26. Gardiner, S.M., Brown, E.R., Segregation in Hot-Mix Asphalt Pavements, National Cooperative Highway Research Program, NCHRP Report 441, Auburn, 2000.
27. Aglan, H., Othman, A., Figueroa, L., Rollings, R., Effect of Styrene-Butadiene-Styrene Block Copolymer on Fatigue Crack Propagation Behavior of Asphalt

- Concrete Mixtures, pp. 178-186, Transportation Research Record, Washington, 1993.
28. Bueche, N., Warm Asphalt Bituminous Mixture With Regards to Energy, Emissions and Performance, Researchers Seminar, Ecole Poly Technique Federale de Laussane, Switzerland, 2009.
 29. Bayazıt M., Bitümlü Ilık karışımların Neme Karşı Hassasiyetlerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bozok Üniversitesi, Yozgat, 2012.
 30. Zelelew, H., Paugh, C., Corrigan, M., Belagutti, S., Ramakrishnareddy, J., Laboratory Evaluation of The Mechanical Properties of Plant-Produced Warm-Mix Asphalt Mixtures, pp. 49-70, Road Materials and Pavement Design, Volume 14, Issue 1, 2013.
 31. Carbognani, L., DeLima, L., Orea, M., Ehrmann, U., Studies on Large Crude Oil Alkanes. II. Isolation and Characterization of Aromatic Waxes and Waxy Asphaltenes, Petroleum Science and Technology, 18(5&6), 607-634, Venezuela, 2000.
 32. Chowdhury, A., Button, W.J., A Review of Warm Mix Asphalt, Teksas A&M Üniversitesi Yayınları, Teksas, 2008.
 33. Csanyi, L.H., Foamed Asphalt in Bituminous Paving Mixes, pp. 108-122, Highway Research Board Bulletin, Issue Number: 160, Washington, 1956.
 34. Chevron, U.S.A., Inc. Asphalt Division, Bitumuls Mix Manual, California, 1977.
 35. Kuennen, T., Warm Mixes Are a Hot Topic, Better Roads, Better Roads, Illinois, June 2004.
 36. Croteau, J-M., Tessier, B., Warm Mix Asphalt Technologies: a Road Builder's Perspective, "Warm Asphalt Technology as a Sustainable Strategy for Pavements", Annual Conference of the Transportation Association, Canada, 2001.
 37. Zettler, R., Warm Mix Stands Up to Its Trials, pp. 16-18, Journal of Better Roads, Volume: 76 Issue Number: 2, 2006.
 38. Rubio, M.C., Warm Mix Asphalt: an Overview, Journal of Cleaner Production, 24, 76-84, 2012.
 39. Devivere, M.V., Barthel, W., Marchand, J.P., Warm Asphalt Mixes by Adding Aspha-Min® A Syntetic Zeolite, Eurovia GmbH, www.aspha-min.com.
 40. Shang, L., et al., Pyrolyzed Wax from Recycled Cross-linked Polyethylene as Warm Mix Asphalt (WMA) Additive for SBS Modified Asphalt, pp. 886-891, Construction and Building Materials, Volume: 25, Issue Number: 2, 2011.

41. Larsen, O.R., Warm Asphalt Mix With Foam: WAM-Foam, Thèmes Techniques Publishing, Kolo Veidekke, Norveç, 2001.
42. Butz, T., Rahimian, I., Hildebrand, G., Modification of Road Bitumen With the Fischer-Tropsch Paraffin Sasobit®, Journal of Applied Asphalt Binder Technology, Volume: 1, Issue Number: 2, pp.70-86, 2001.
43. Temren, Z., , Ilık Karışım Asfalt Uygulamaları ve Performansı, 5. Ulusal Asfalt Sempozyumu, Yollar Türk Milli Komitesi Ankara, ss.50 -60, Kasım 2009.
44. Zaumanis, M., Warm Mix Asphalt Investigation, Master of Science Thesis, Riga Technical University, Denmark, 2010.
45. Kristjansdottir, O., Warm Mix Asphalt for Cold Weather Paving, Master of Science in Civil Engineering, University of Washington, Washington, 2006.
46. Larsen, O.R., Moen, O., Robertus, C., Koenders, B.G., WAM-Foam Asphalt Production at Lower Operating Temperatures as an Environmental Friendly Alternative to HMA. Proceedings of The 3rd Eurasphalt & Eurobitume Congress, Vienna, May 2004.
47. Xiao, F., Amirkhanian, S.N., Effects of Liquid Antistrip Additives on Rheology and Moisture Susceptibility of Water Bearing Warm Mixtures, Construction and Building Materials, Volume 24, Issue 9, pp.1649-1655, September 2010.
48. Smith, B.S., Design and Construction of Pavements in Cold Regions: State of the Practice, Master of Science, Brigham Young University, Provo, December 2006.
49. Hill, B., Performance Evaluation of Warm Mix Asphalt Mixtures Incorporating Reclaimed Asphalt Pavement. PhD Thesis, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, Illinois, 2011.
50. Chowdhury, A., Button, J.W., A Review of Warm Mix Asphalt, Texas Transportation Institute – Technical Report 473700-00080-1, College Station, USA, 2008.
51. Açar, E., Kutluhan, S., Karayollarında Kış Bakımı – Kar ve Buz Kontrolü. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, İstanbul Bülten 76. Sayısı, İstanbul, 2005.
52. <http://www.okimayinsaait.com.tr/karsiperi.html>
53. Kuloğlu, N., Kök, B., V., Kara Yollarında Kar ve Buz Mücadelesinde Kullanılan Tuzun Beton Asfalt Kaplamaya Etkisi, Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17 (1), 87-96, 2005.
54. Karayolları Teknik Bülteni, Sayı.48, 1972.

55. <http://akbelkimya.com.tr/magnezyum-klorur-232-urun>
56. Taşdemir, Y., Kolay, E., Bayazıt, M., Küçük, G., Agregaların Polimer ile Modifiye Edilmiş Bitümlü Ilık Karışımların suya Bağlı Bozulmaları Üzerindeki Etkisi, Proje Kodu: B.Ü. BAB 2013MMF A/59, Bozok Üniversitesi, 2015.
57. Özgan E., Serin S., Gerengi H., Arslan İ., Multi-Faceted Investigation of The Effect of De-Icer Chemicals on The Engineering Properties of Asphalt Concrete, Cold Region Science and Technology, Volume 87, 59-67, March 2013.

ÖZGEÇMİŞ

Hatice KÖSE, 1983 yılında Tokat' ta doğmuştur. İlk ve ortaöğrenimlerini sırasıyla Dereköy Kasabası İlköğretim Okulu'nda, Tokat İmam Hatip Ortaokulu'nda ve Tokat İmam Hatip Lisesi' nde tamamlamıştır.

2002 yılında arasında Gaziosmanpaşa Üniversitesi Zile Meslek Yüksekokulu İnşaat programından mezun olmuştur. 2011 yılında Erciyes Üniversitesi Yozgat Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliğinden mezun olmuştur. 2012 yılında Yozgat Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim dalında Doç. Dr. Yüksel TAŞDEMİR' in danışmanlığında yüksek lisansa başlamıştır.

KÖSE halen Bozok Üniversitesi Rektörlüğü Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığında İnşaat Mühendisi olarak görev yapmaktadır.

Adres : Erdoğan Akdağ Kampüsü Bozok Üniversitesi Rektörlüğü Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı YOZGAT

Telefon : 0507-239 82 20

e-mail : hatice.kose@bozok.edu.tr