

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ

YOL ÜST YAPISINDA ORTAYA ÇIKAN YENİLİKLER VE
KONYA MODELİ

Yüksek Lisans Tezi

MUSTAFA ARSLAN

KONYA, 2015

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ

YOL ÜST YAPISINDA ORTAYA ÇIKAN YENİLİKLER VE
KONYA MODELİ

Yüksek Lisans Tezi

MUSTAFA ARSLAN

Tez Danışmanı: YARD. DOÇ. DR. AYBIKE ÖNGEL

KONYA, Nisan 2015

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ

Tezin Adı: Yol Üst Yapısında Ortaya Çıkan Yenilikler ve Konya Modeli
Öğrencinin Adı Soyadı: Mustafa Arslan
Tez Savunma Tarihi: 07.04.2015

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanmıştır.

Doç.Dr. Nafiz ARICA
Enstitü Müdürü
İmza

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğunu onaylarım.

Yrd.Doç.Dr.Nilgün CAMKESEN
Program Koordinatörü
İmza

Bu Tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

_____ Jüri Üyeleri _____

_____ İmzalar _____

Tez Danışmanı
Yrd.Doç.Dr.Aybike ÖNGEL

Üye
Prof. Dr. Mustafa ILICALI

Üye
Doç. Dr. Halit ÖZEN

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Programına bizi teşvik eden, uygulamanın içinde olan bizlerin, bilgi ve birikimlerimizin önünü açan, mesleğimizde teorikle pratiği bir arada kullanma kabiliyeti kazandıran çok değerli hocam Sayın Prof. Dr. Mustafa ILICALI başta olmak üzere bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ilgi ve desteğini esirgemeyen, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temellere dayandırmamda yol gösteren Yrd. Doç. Dr. Aybike ÖNGEL'e teşekkür ederim. Ayrıca, arazi çalışmalarında ve laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan Konya Büyükşehir Belediyesi Yol Yapım Şube Müdürlüğü personeline, akademik çalışmalarda bilgi alışverişinde bulunduğumuz ve çalışmalarda yardımlarını esirgemeyen Selçuk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölüm Başkanı Prof. Dr. Osman Nuri ÇELİK ve Öğr. Gör. Dr. Mehmet Ali LORASOKKAY'a teşekkürlerimi sunarım.

Sevgili aileme desteklerinden dolayı minnettarım.

Konya, 2015

Mustafa ARSLAN

ÖZET

YOL ÜST YAPISINDA ORTAYA ÇIKAN YENİLİKLER VE KONYA MODELİ

Mustafa Arslan

Kentsel Sistemler ve Uygulama Yönetimi

Tez Yöneticisi: Yrd. Doç. Dr. Aybike Öngel

Nisan 2015, 125 Sayfa

Bu çalışmada, Konya Büyükşehir Belediyesi sorumluluk sahası içerisinde halihazır yolların kalitesini yükseltmek ve uzun süreli bakım gerektirmeyen çözümler üretmek amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, esnek yol üst yapısı aşınma tabakasında yaygın olarak kullanılan modifiye ve katkısız bitümlü sıcak karışımların tekerlek izi oluşma potansiyelleri incelenerek performans ölçütleri belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan, 50/70 penetrasyon dereceli katkısız bitümün Performans Sınıfı PG 64-22, yüzde 4.5 ve yüzde 5 SBS katkılı bitümün Performans Sınıfı ise PG 76-22 olarak bulunmuştur. Çalışma alanından alınan SBS katkılı karot numunelerin tekerlek izi oluşumu potansiyeline karşı direniminin geleneksel karışımlara göre daha yüksek olduğu ve kalıcı deformasyonlara karşı direncini önemli ölçüde artırdığı görülmüştür. Laboratuvarında Superpave “Gyratory Compactor” yoğurmalı presi kullanılarak üretilen SBS katkılı bitümlü sıcak karışım numuneleri, saf bitümlü karışım numunelerine göre yüzde 5 katkı oranında yüzde 114 ve yüzde 4,5 katkı oranında yüzde 109 daha fazla tekerlek izi performansı göstermiştir. SBS katkı maddelerinin bitümlü sıcak karışımlarda kullanılması yol kullanıcılarına ve kamuya uzun vadede önemli ekonomik yararlar sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Bitümlü Sıcak Karışım, Modifiye Bitüm, Konya, PG Sınıfı, Hamburg Tekerlek İzi.

ABSTRACT

EMERGING INNOVATIONS IN ROAD SUPERSTRUCTURE AND KONYA MODEL

Mustafa Arslan

Urban Systems and Application Management

Thesis Advisor: Assistant Professor Aybike Öngel

April 2015,125 pages

Rutting has been a major concern for the pavements of Konya Metropolitan Municipality due to high temperatures experienced during summer time and increasing traffic loads on highways. Modification of asphalt mix is a common solution for reducing rutting. Konya Metropolitan Municipality has constructed trial pavement sections with SBS modified asphalt. This study aims to evaluate the effects of SBS modification on rutting resistance. The rutting measurements were conducted both in the field and on the prepared specimens in the laboratory. Both the field and laboratory tests showed that the rutting depth can be reduced approximately by 50 percent using SBS modified (5 percent by mass) asphalt concrete.

Keywords: Bituminous Hot Mixture Modified Bitumen, Konya, PG Class, Hamburg Wheel Trail.

İÇİNDEKİLER

TABLolar	vii
ŞEKİLLER	viii
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	3
3. BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIMLAR	11
3.1 BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIMLARDAN BEKLENEN ÖZELLİKLER. 11	
3.1.1 Stabilite	12
3.1.2 Durabilite	12
3.1.3 Geçirimsizlik.....	14
3.1.4 İşlenebilirlik.....	14
3.1.5 Esneklik.....	14
3.1.6 Yorulma mukavemeti	15
3.1.7 Kayma direnci	15
3.2 BİTÜMÜN MODİFİKASYONU	16
3.2.1 Bitümlü Bağlayıcıların Modifiye Edilme Nedenleri.....	16
3.2.2 Bitüm Katkı Maddelerinde Aranan Özellikler	17
3.2.3 Modifiye Bitümlerde Aranan Özellikler	17
3.2.4 Bitümün Modifikasyonu İçin Kullanılan Katkılar	18
3.3 SUPERPAVE BAĞLAYICI ŞARTNAMESİ	19
3.4 TÜRKİYE COĞRAFİ BÖLGELER İÇİN PG BİTÜM	
SINIFLANDIRILMASI	23
4. ÇALIŞMA ALANI	31
4.1 KONYA BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ ASFALT UYGULAMALARI. 35	
4.2 TEST ALANLARININ SEÇİLMESİ	40
5. ARAZİ ÇALIŞMALARI	44
5.1 TEKERLEK İZİ KAROT NUMUNELERİNİN ALINMASI	44
6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	47
6.1 BİTÜMLÜ BAĞLAYICI PERFORMANS (PG) SINIFININ	
BELİRLENMESİ	47

6.2 HAMBURG TEKERLEK İZİ DENEYİ.....	52
6.3 SUPERPAVE YÖNTEMİ İLE DENEY NUMUNELERİNİN HAZIRLANMASI	57
7. BULGULAR	63
7.1 KAROT NUMUNELERİN TEKERLEK İZİ PERFORMANSI	64
7.2 LABORATUVAR NUMUNELERİNİN TEKERLEK İZİ PERFORMANSI.....	68
8. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	74
KAYNAKÇA	77
EKLER.....	82
EK A: ARAZİ ÇALIŞMALARI.....	82
EK B: KAROTLARIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ	100
EK C: KAROTLARIN VE LABORATUVAR NUMUNELERİNİN TEKERLEK İZİ DENEYİ SONRASI DURUMLARI.....	110
EK D:UYGULAMALARA AİT RESİMLER.....	126

TABLULAR

Tablo 1.1: Sath cinsine göre yol ağı.....	2
Tablo 3.1: Bitüm katkı maddelerinin genel sınıflandırması.....	19
Tablo 3.2: Superpave asfalt bağlayıcı testleri ve kullanım amaçları	20
Tablo 3.3: Kırıkkale, İzmit, Aliağa ve Batman rafinerileri bitümleri superpave sınıflama sonuçları	22
Tablo 3.4: İç Anadolu Bölgesi için PG değerleri.....	29
Tablo 4.1: Konya ili cinslerine göre motorlu araç sayısı, 2014	31
Tablo 4.2: Konya’ya ait yıllara göre en yüksek ve en düşük ortalama sıcaklık değerleri	34
Tablo 4.3: Çalışma yapılan yollardaki trafik değerleri, 2013	42
Tablo 6.1: Katkısız bitüm ve SBS “Kraton” katkılı modifiye bitüm PG sınıflandırması.....	48
Tablo 6.2: Karot numunelerin ortalama bitüm sonuçları.....	50
Tablo 6.3: Aşınma tabakası karot numunelerin ekstraksiyon sonrası elek analizi sonuçları	51
Tablo 6.4: Asfalt betonu sıkışma ve yüzey kalınlık özellikleri.....	51
Tablo 6.5: Aşınma tabakası karot numunelerin fiziksel özellikleri ve kontrolü	52
Tablo 6.6: Trafik seviyesine göre sıkıştırma parametreleri	58
Tablo 7.1: Karot alınan yollardaki trafik değerleri yerinde ölçülen ortalama tekerlek izi yükseklikleri.....	64
Tablo 7.2: Aşınma tabakaları karot numunelerin ortalama tekerlek izi derinlikleri (mm).....	65
Tablo 7.3: Katkılı ve katkısız karışım numunelerin fiziksel özellikleri.....	69
Tablo 7.4: Katkısız ve SBS katkılı karışım numunelerinde oluşan ortalama tekerlek izi derinlikleri (mm)	71

ŞEKİLLER

Şekil 3.1: Güvenilirlik.....	23
Şekil 3.2: Hava sıcaklıklarının seçimi.....	24
Şekil 3.3: Türkiye uzun yıllar maksimum sıcaklıklar haritası.	27
Şekil 3 4: Türkiye uzun yıllar minimum sıcaklıklar haritası.....	27
Şekil 4.1: Konya Yeni İstanbul ve Beyşehir çevreyolu caddesi	33
Şekil 4 2: Konya Büyükşehir Belediyesi'ne ait EMAK marka 240 ton/saat kapasiteli asfalt plenti.	35
Şekil 4.3: Konya Büyükşehir Belediyesi'ne ait WIBAU marka 160 ton/saat kapasiteli asfalt plenti.	35
Şekil 4.4: Konya Büyükşehir Belediyesi esnek üst yapı tabaka kalınlıkları örneği..	37
Şekil 4.5: Konya Büyükşehir Belediyesi'nce yapılan kentiçi yol örnekleri.	37
Şekil 4.6: Adana çevreyolu caddesinde katkısız bitümlü yapılmış kaplamada tekerlek izi.....	389
Şekil 4.7: Adana çevreyolu caddesinde katkısız bitümlü yapılmış kaplamada tekerlek izinin frezelenmiş hali.	38
Şekil 4.8: Çalışma alanlarının genel görünümünü anlatan uydu fotoğrafı.....	41
Şekil 4.9: Test alanlarında yapılan modifiye bitümlü asfalt tabaka kalınlıkları.	43
Şekil 4.10: Test alanlarında yapılan katkısız bitümlü asfalt tabaka kalınlıkları.	43
Şekil 5.1: Trafik ve iş güvenliğinin sağlanması.	45
Şekil 5.2: Karot numunelerin GPS ile koordinatların belirlenmesi ve ölçümlerin yapılması.	46
Şekil 5. 3 Deneysel çalışmada kullanılacak olan karot numuneler.....	46
Şekil 6.1: ASTM D 2172 Metot-B cam ekstraksiyon aleti.	50
Şekil 6.2: Aşınma tabakası bitümü alınmış karot numuneler.	50
Şekil 6.3: PAVELAB DWT Hamburg tekerlek izi cihazı.	53
Şekil 6.4: Hamburg tekerlek izi cihazı test numune kalıbının üstten görünümü.	54
Şekil 6.5: PAVELAB DWT tekerlek izi numune kalıpları.....	54
Şekil 6.6: Asfalt karot kesme makinesi.....	55
Şekil 6.7: Referans kalıba uygun hale getirilen karot numuneler ve kesitleri.	55
Şekil 6.8: Katkısız ve modifiye karot numunelerin Tekerlek izi deneyi sonrası durumu.	56

Şekil 6.9: Hamburg tekerlek izi cihazı deformasyon ölçer sensör.....	56
Şekil 6.10: Çalışmada kullanılan “GYROCOMP, Gyrotory Compactor” yoğurmalı presi.....	57
Şekil 6.11: “GYROCOMP, GyrotoryCompactor” yoğurmalı presi Bilgisayar yazılım programı.....	57
Şekil 6.12: Çalışmada kullanılan SBS (Kraton) katkı maddesi.....	59
Şekil 6.13: Superpave deney numunelerinin ve aparatların etüvde bekletilmesi.....	59
Şekil 6.14: Superpave deney numunelerinin mekanik karıştırıcıda karıştırılması.....	60
Şekil 6.15: Yoğurmalı sıkıştırıcıdan numunenin çıkarılması.....	60
Şekil 6.16: “Gyrotory Compactor”yoğurmalı sıkıştırıcıdan çıkarılan deney numuneleri.....	61
Şekil 6.17: Katkısız numunelerin tekerlek izi deneyi öncesi ve sonrası durumu.....	61
Şekil 6.18: Yüzde 4 SBS katkılı numunelerin tekerlek izi deneyi öncesi ve sonrası durumu.....	62
Şekil 6.19: Yüzde 4,5 SBS katkılı numunelerin Tekerlek izi deneyi öncesi ve sonrası durumu.....	
Şekil 6.20: Yüzde 5 SBS katkılı numunelerin Tekerlek izi deneyi öncesi ve sonrası durumu.....	62
Şekil 6.21: Katkısız ve SBS katkılı numunelerinTekerlek izi deneyi sonrası kesitleri	63
Şekil 7.1: Modifiye aşınma tabakası karot numunelerde devir sayısı ve sıcaklığa bağlı oluşan tekerlek izi derinliği.....	65
Şekil 7.2: Katkısız aşınma tabakası karot numunelerde devir sayısı ve sıcaklığa bağlı oluşan tekerlek izi derinliği.....	66
Şekil 7.3: Modifiye aşınma tabakası karot numunelerde oluşan ortalama tekerlek izi derinlikleri.....	67
Şekil 7.4: Katkısız aşınma tabakası karot numunelerde oluşan ortalama tekerlek izi derinlikleri.....	67
Şekil 7.5: Katkısız ve modifiye aşınma tabakası karot numunelerde oluşan ortalama tekerlek izi derinlikleri.....	68
Şekil 7.6: Referans kalıba uygun hale getirilen saf numuneler ve kesitleri.....	69
Şekil 7.7: Referans kalıba uygun hale getirilen %4 SBS katkılı numuneler ve kesitleri.....	69
Şekil 7.8: Referans kalıba uygun hale getirilen %4,5 SBS katkılı numuneler ve kesitleri.....	70

Şekil 7.9: Referans kalıba uygun hale getirilen %5 SBS katkılı numuneler ve kesitleri.....	70
Şekil 7.10: Katkısız ve SBS katkılı numunelerde devir sayısı ve sıcaklığa bağlı oluşan tekerlek izi derinliği.....	71
Şekil 7.11: Katkısız ve SBS katkılı karışım numunelerinin ortalama tekerlek izi derinlikleri.....	72

KISALTMALAR

AASHTO	:	Amerikan devlet otoyolu ve taşımacılık ofisleri derneği
AC	:	Asfalt Çimentosu
ADNKS	:	Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi
BBR	:	Eğilme kirişi reometre deneyi
BSK	:	Bitümlü sıcak karışım
DSR	:	Dinamik kayma remotresi deneyi
DTT	:	Direk çekme deneyi
ESDY	:	Eşdeğer Standart Dingil Yüğü
EVA	:	Etilen-Vinil -Asetat
KGM	:	Karayolları Genel Müdürlüğü
KTŞ	:	Karayolu Teknik Şartnamesi
PAV	:	Basınçlı yaşlandırma deneyi
PG	:	Performans derecesi
PI	:	Penetrasyon indeksi
PMB	:	Polimer modifiyeli bitüm
RTFOT	:	Dönmeli ince film halinde ısıtma deneyi
RV	:	Dönel vizkozimetre deneyi
SBS	:	Stiren-butadien-stiren
SEBS	:	Stiren-etilen-butadien-stiren
SHRP	:	Stratejik Karayolu Araştırma Programı
Superpave	:	Yüksek performanslı asfalt kaplama
TMA	:	Taş Mastik Asfalt
TÜPRAŞ	:	Türkiye Petrol Rafinerleri Anonim Şirketi
YOGT	:	Yıllık Ortalama Günlük Trafik

SEMBOLLER

Pratikbirim hacim ağırlığı (gr/cm^3)	:	D_p
Devir sayısı	:	D
Sıcaklık, $^{\circ}\text{C}$:	T
Minimum kaplama dizayn sıcaklığı, $^{\circ}\text{C}$:	T_{\min}
20 mm derinlikte maksimum kaplama dizayn sıcaklığı, $^{\circ}\text{C}$:	T_{\max}
Düşük hava sıcaklığı, $^{\circ}\text{C}$:	T_{hv}
7 gün ortalama yüksek hava sıcaklığı, $^{\circ}\text{C}$:	T_{h7}
Boşluk oranı	:	V_a
Bağlayıcı oranı	:	V_b

1. GİRİŞ

Tüm dünyada ve Türkiye’de yol üst yapısıyla ilgili olarak, sürüş güvenliği, konfor, ağır taşıt trafik yükünün taşınması, düşük bakım maliyeti amaçlanarak birçok iyileştirilmeler yapılmaktadır. Bu iyileştirme çalışmaları çoğunlukla esnek yol üst yapısında gerçekleşmektedir. Yol üst yapısının teşekkül etmesinde başta taşıt trafik yükü yoğunluğu olmak üzere yolun kullanım amacı, çevre etkisi, iklim gibi etmenler önem arz etmektedir. Yol esnek üst yapısında daha çok ihtiyaç durumuna göre katkısız asfalt betonu, modifiye bitümle yapılan asfalt betonu yada taş mastik asfalt betonu (TMA) kullanılmakta olup özel durumlarda farklı kaplama türleri de kullanılmaktadır. Günümüzde esnek üstyapı kaplamalarında kullanılmak üzere değişik modifiye edici katkı maddeleri kullanılmaktadır. Bitüm ve bitümlü sıcak karışımların (BSK) modifiye edilmeleriyle yol üstyapılarının oluklanma, sökülme, ondülasyon, düşük sıcaklık çatlakları vb. olumsuzluklara karşı daha dirençli olmaları amaçlanmaktadır.

Yollar, diğer mühendislik yapılarının çoğu ile kıyaslanmayacak kadar ağır ve hareketli yük taşırlar. Karayolu taşımacılığının ulaştırma sektörü içindeki payı giderek artan bir eğilim göstermektedir. Ulaşım türleri arasındaki ilişki yurt içi şehirlerarası yolcu ve yük taşımalarının dağılımı incelendiğinde, yolcu taşımacılığında yüzde 91,8 yük taşımacılığında ise yüzde 88,8 olan karayolunun payı, karayolu ile taşımacılığın diğer ulaştırma türlerinden daha çok talebi karşıladığını göstermektedir.

Türkiye İstatistik Kurumu’nun verilerine göre trafiğe kayıtlı araç sayısı 2014 Aralık ay sonu itibarıyla 18.828.721’dir. Trafiğe kayıtlı toplam taşıt sayısı içerisinde en önemli yer tutan yüzde 52 değeri ile otomobildir.

Ülkemizde yüzde 95’i asfaltla kaplı olan karayolu ağının yüzde 26’sı asfalt betonu olup geri kalan yüzde 69’luk kısmı hiçbir taşıma gücü olmayan sathi kaplama ile kaplıdır. Tablo 1.1’de ülkemizde satıh cinsine göre yol ağı ve toplam karayolu uzunluğu verilmiştir.

Tablo 1.1: Satih cinsine göre yol ağı

	Satih cinsine göre yol ağı (km)						
	Asfalt Betonu	Sathi Kaplama	Parke	Stabilize	Toprak	Geçit Vermez	Toplam
Otoyol	2155	--	--	--	--	--	2155
Devlet Yolları	13446	17415	72	67	29	251	31280
İl yolları	2476	26862	201	824	570	1541	32474
Toplam	18077	44277	273	891	599	1792	65909

Kaynak: Karayolları Genel Müdürlüğü, 01.01.2015

Konya Büyükşehir Belediyesi'nin yaptığı uygulamalar incelendiğinde, yıllık ortalama günlük trafik sayısı 7500 – 35000 araç/gün olan ve dingil yükünün fazla olduğu dış çevre yollarında modifiye bitümlü yapılan asfalt betonu kullanılırken, ağır taşıt trafiğinin az olduğu merkezdeki bağlantı yollarında ise katkısız asfalt betonu kullanılmaktadır.

Bu tez çalışmasında, Konya Büyükşehir Belediyesi sorumluluk sahası içerisinde halihazır yolların kalitesini yükseltmek ve daha az bakım gerektiren çözümler üretmek amaçlanmıştır. Bu bağlamda, Bitümlü Sıcak Karışım tabakalarının ömürlerinin uzun, bakım-onarım maliyetlerinin düşük, sürüş konforunun yüksek olması hedeflenmektedir. Bunun için trafik ve iklim koşullarına en uygun Bitümlü Sıcak Karışım tabakalarının seçilmesi, imalatların gerektiği gibi yapılması, bakım çalışmalarının zamanında ve doğru uygulanması gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda, karayollarımızda aşınma tabakasında yaygın olarak kullanılan modifiye bitümlü sıcak karışımların ve katkısız bitümlü sıcak karışımların tekerlek izi oluşma potansiyelleri incelenerek performans ölçütlerini belirlenmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Ilıcalı, 2001’de yapmış olduğu çalışmada, SBS’in bitümle karışımının temel olarak bir çözünme olayı olduğunu ve çözünmenin 180-190 °C de oluştuğunu belirlemiştir. Polimer, sıcak bitümle temas eder etmez bitümün belirli bir kısmını absorbe ederek çözeltinin içine karışmaktadır. Çözünme zamanı, polimerin partikül büyüklüğüne ve kullanılan ekipmana göre değişiklik göstermektedir. Düşük devirli bir karıştırıcıda bu çözünme olayı 5-8 saat gibi bir zaman almaktadır. Bu nedenle hızlı polimer modifiye bitüm (PMB) üretimi için 50 dakikada 10 ton PMB üretecek tesislerde bu üretim gerçekleştirilmektedir. SBS gibi katkı malzemelerinin özellikle büyük çaptaki projelerde kullanılması önemli ölçüde ilk maliyette artışa neden olduğunu vurgulamıştır.

Namlı, 2004’de yapmış olduğu çalışmada, yol üstyapısı esnek kaplamaların dizaynında kullanılan Marshall ve Superpave metodlarını karşılaştırmıştır. Her iki metodda kullanılan bitüme yüzde 5 oranlarında SBS Kraton Dİ 192 katkısı ilave etmiş ve Superpave numunelerinin Marshall' a göre daha esnek ve ekonomik olduğunu görmüştür.

Kumar ve ark., 2006’da yapmış oldukları çalışmalarında, SBS ve LDPE içeren karışımların performansları üzerine yapılan laboratuvar araştırmalarını sunmuştur. Modifiyeli bağlayıcı karışımların fiziksel ve mekanik özellikleri elde edilmiştir. Polimer modifiyeli karışımların dayanım özellikleri ve nem hassasiyeti üzerinde gelişme sağlanmıştır. Modifiye edilmemiş karışımlara göre daha iyi kalıcı deformasyon dayanımı ve dinamik sünme sonuçları bulunmuştur. 4,2 ve 4,6 kat daha yüksek ömürlü yorulma değerleri elde edilmiştir. Araştırmalarında asfalt karışım performansının polimer ilavesi ile artırılacağı görülmüştür. Bunun yanında kalıcı deformasyon ve hizmet ömrü de modifiye edilmemiş karışımlara göre daha iyi çıkmıştır. Polimer modifiye karışımlar yüksek yoğunluklu ve kaplama ısısının fazla olduğu yollarda tavsiye edilmektedir. SBS modifiyelerin hizmet ömrü ve oluklanma dayanımı LDPE’lerde daha iyi olduğunu belirlemişlerdir.

Lee ve Amirkhanian 2007’de yapmış oldukları çalışmalarında, sıkıştırma koşullarının bir fonksiyonu olarak kauçuk modifiyeli asfalt karışımların hacimsel ve tekerlek izi özellikleri üzerinde laboratuvar araştırması yürütmüşlerdir. Geleneksel, kauçuk ve SBS modifiyeli bağlayıcı ile superpave karışım tasarımı yapılarak optimum bitüm oranı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, sıkıştırma sıcaklıklarının kontrol ve SBS modifiyeli karışımlardan farklı olarak kauçuk modifiyeli karışımların hacimsel özelliklerini önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Genel olarak karışımların hava boşluğu içeriği sıkıştırma seviyelerinden etkilenmiştir. Daha yüksek hava boşluk oranına sahip kauçuk modifiyeli karışımların tekerlek izi direncinde olumsuz etkilere yol açtığını görmüşlerdir.

Tayfur ve ark., 2007’de yapmış oldukları çalışmada, kontrol ve modifiye asfalt karışımların mekanik özelliklerinin tespit edilmesini araştırıp, geleneksel ve 5 farklı modifiye asfalt sıcak karışımlar, kalıcı deformasyon dirençleri bakımından incelenmiştir. Amorf polifaolefin, selüloz fiber, poliolefin, bitümlü selüloz fiber ve SBS katkı olarak kullanılmıştır. SBS katkılı karışımların, tekerlek izi açısından en yüksek dirence sahip olduğu bulunmuştur. Tayfur ve ekibine göre, performans bakımından geleneksel karışımlara göre modifiyeli karışımlarda daha fazla kalıcı deformasyon direnci görülmüştür.

Kök, 2007’de yapmış olduğu çalışmada, bağlayıcı olarak AC 100-150, AC 75-100, AC 50-70 penetrasyonlu asfalt çimentoları ve ağırlıkça % 5 styrene butadiene styrene (SBS, Kraton D1011) katkılı AC 75-100 penetrasyonlu asfalt çimentoları kullanmıştır. Deneysel çalışmalarda, iki aşamalı karıştırma sistemi ile hazırlanmış numunelerin mekanik özelliklerinin geleneksel yöntemle hazırlanmış numunelerden yüksek ve birinci aşamada kullanılan bağlayıcının karışımın rijitliği üzerinde önemli derecede etkili olduğu tespit edilmiştir. Katkılı asfalt çimentosu ile hazırlanan numunelerin bütün deney yöntemlerinde en iyi sonucu verdiği, katkısız asfaltlar arasında ise en iyi sonuçların AC 75-100 asfalt çimentosu ile hazırlanan numunelerde olduğu tespit edilmiştir. İki aşamalı karıştırma sisteminin etkisinin, SBS ile modifiye edilen bağlayıcıyla hazırlanan karışımlarda normal karışımlara göre daha yüksek olduğunu belirlemiştir.

Ahmedzade ve Yılmaz 2007'de yapmış oldukları çalışmalarında, modifiyer olarak kullanılan SBS'nin, ısı duyarlılığı, rijitlik ve yaşlanma özellikleri üzerindeki etkileri incelendiğinde, modifikasyondaki SBS'in artmasına bağlı olarak bağlayıcı rijitliklerinin arttığı, ısıya karşı duyarlılığın ve yaşlanma etkisinin azaldığı görülmüştür.

Haiying ve ark., 2007'de yapmış oldukları çalışmalarında, yüksek sıcaklıktaki stiren-butadien-stirenol üçlü blok eş polimer (SBS) modifiyeli asfalt bağlayıcıların performansı, gama (γ) ışını altındaki vinil monomer ile SBS-g-M aşılmasının ilavesiyle önemli gelişmeler olabileceğini belirtmişlerdir. Aşılmadan önceki ve sonraki SBS modifiyeli asfalt bağlayıcıların dinamik mekanik özellikleri dinamik kesme reometresi ile tanımlanmıştır. SBS-g-M ilavesinin bağlayıcıların reolojik özelliklerinde büyük etkilere sahip olduğu bulunmuştur ve yüksek sıcaklık performansı, SBS modifiyeli asfalt bağlayıcı ile karşılaştırıldığında, sıcaklık hassasiyetindeki azalma sağlandığını belirlemişlerdir.

İskender, 2008'de yapmış olduğu çalışmada, katkısız, SBS elastomerik türde polimer katkılı, amin bileşimli soyulma önleyici katkılı Marshall briketlerine ve karot örneklerine üç farklı koşullandırma sistemi uygulanarak karışım performansının değerlendirilmesinde kullanılan dolaylı çekme mukavemeti, dolaylı çekme, tekrarlı sünme ve Fransız tekerlek izi deneyleri yaparak karışımlar çatlama direnci ve tekerlek izi oluşumu bağlamında değerlendirmiştir. Genel olarak, çatlama dolaylı çekme mukavemeti deneyine maruz kalmış örneklerde örneğin merkezinden başladığı, bazı örneklerde boşlukların birleşmesi şeklinde geliştiği, karot örneklerinde boşlukların küçük fakat sayıca çok oldukları, laboratuvar örneklerinin performansının arazi örneklerinininkinden daha iyi olduğu, katkıların karışımların tekerlek izi ve çatlama direncini önemli derecede artırdığını görmüştür.

Hussain, 2008'de yapmış oldukları çalışmada, modifiyeli ve modifiyesiz asfalt karışımların durabilitesini, Marshall ve tekerlek izi testi yoluyla tespit edilmiştir. Test sonuçları, asfalt bağlayıcı ve asfalt karışımların temel bütün özelliklerinde modifiye ilavesi ile iyileşmelerin olduğunu, iyileştirme derecesinin polimer ve bitüm/polimer oranı özelliklerine bağlı olduğunu görmüştür.

Yılmaz ve Kök 2008'de yapmış oldukları çalışmalarında, bitüm modifikasyonunda katkı maddesi olarak SBS kullanımının bitümlü bağlayıcının yüksek sıcaklık

performansına ve işlenebilirliğine etkisini araştırmıştır. Test sonuçlarından SBS oranı arttıkça karıştırma ve sıkıştırma sıcaklıklarının arttığı tespit edilmiş, dolayısıyla tekerlek izi oluşumuna karşı dayanım ve yüksek sıcaklıklarda elastiklik bakımından avantaj sağlanacağını tespit etmişlerdir.

Yılmaz ve Ahmedzade, 2008’de yapmış oldukları çalışmada, bitümlü bağlayıcıların kısa dönem yaşlanmasını laboratuvar ortamına yansıtmak amacıyla en çok kullanılan iki yöntem olan İnce Film Halinde Isıtma Deneyi (TFOT) ve Dönel İnce Film Halinde Isıtma Deneyi (RTFOT) yöntemleri karşılaştırılmıştır. B 160/220 ana bağlayıcısına dört farklı oranda (yüzde 1,5–3,0–4,5–6,0) Stiren-Butadiyen-Stiren (SBS) ilave edilerek modifiye bağlayıcılar hazırlanmıştır. Saf ve modifiye bağlayıcılar TFOT ve RTFOT yöntemleriyle yaşlandırılmıştır. Yaşlandırılmamış ve TFOT ile RTFOT yöntemleri ile yaşlandırılmış bağlayıcılara penetrasyon ve yumuşama noktası deneyleri uygulanmıştır. Ayrıca bağlayıcıların ısıya karşı duyarlılıkları ve yaşlandırma etkisiyle meydana gelen kütle kayıpları belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlardan yaşlandırmadan önce ve sonra SBS içeriği arttıkça bağlayıcıların yumuşama noktası değerlerinin arttığı, penetrasyon ve ısıya karşı duyarlılıklarının azaldığı belirlenmiştir. TFOT yönteminde RTFOT yöntemine göre daha fazla yaşlanma meydana geldiği, penetrasyon değerlerinin daha düşük, kütle kaybı ve yumuşama noktası değerlerinin ise daha yüksek olduğu, ısıya karşı duyarlılıklarının benzer olduğunu tespit etmişlerdir.

Keyf, 2010’da yapmış olduğu çalışmada, bitümün sıcaklığa karşı duyarlılığını azaltmak ve üst yapının hizmet ömrünü artırmak amacıyla bitüme katkı maddesi ekliyerek yeni asfalt bileşimi oluşturmuştur. Yeni bir katkı malzemesi olarak DUPONT firması tarafından geliştirilen elastomerik reaktif terpolimer olan ELVALOY RET kullanmıştır. Elvaloy RET ve SBS’in bitüme ilave edilmesiyle son üründe saf bitümlü bağlayıcıya göre penetrasyon değerinin azaldığı, penetrasyon indeksinin arttığı görülmüştür.

Namlı, R. 2011’de yapmış olduğu çalışmada, asfalt karışımlarının başarısını etkileyen önemli faktörlerden birisi de kullanılan bitümün niteliği olduğunu, saf bitüm kullanmakla bazen asfalt karışımlarından yeterli performans alınamadığını vurgulamıştır. Bu nedenle bitümün özelliklerini iyileştirmek için katkı malzemeleri kullanıldığını, çalışmasında SBS türü polimerlerin bitümde katkı malzemesi olarak

kullanımı araştırmıştır. SBS kullanımının birçok bakımdan bitüm ve dolayısıyla karışım üzerinde olumlu etki yaptığı görölmüştür.

Kök ve ark., 2011-a'da yapmış oldukları çalışmada, bitümlü sıcak karışımların performansını iyileştirmek amacıyla petrol kökenli bir kayaç olan asfaltit ve bitüm modifikasyonunda kullanımı yaygınlaşan stiren-butadien-stiren (SBS) katkı maddesi olarak kullanmışlardır. Asfaltit, karışıma filler oranının ağırlıkça yüzde50'si oranında, SBS ise bitümlü bağlayıcıya ağırlıkça yüzde 5 oranında ilave edilmiştir. Karışımlarda kullanılan orijinal bağlayıcı B 160/220, agrega ise kalker kökenlidir. Sonuçta modifiyeli karışımların mühendislik özelliklerinin kontrol numunesine göre önemli derecede iyileştiği, bu iyileşmenin deney yöntemleri arasında değişik sonuçlar gösterdiği, özellikle yorulma deneyinin katkı maddelerinin etkilerini belirlemede çok etkin olduğu, SBS ve asfaltitin birlikte kullanıldığı karışımların çok iyi performans sergilediği belirlenmiştir.

Kök ve ark., 2011-b'de yapmış oldukları çalışmada, B 160/220 bağlayıcısının yüzde 4 SBS ile modifikasyonunda, üç farklı karıştırma sıcaklığı, üç farklı karıştırma süresi ve üç farklı karıştırma hızı olmak üzere toplam 27 farklı kombinasyon denenmiştir. Bu şekilde elde edilen modifiye bağlayıcıların 135°C'deki dönel viskozite değerleri tespit edilmiştir. Deneyler sonucunda ele alınan parametreler içerisinde viskozite üzerinde en etkili parametrenin karıştırma hızı daha sonra ise karıştırma süresinin olduğu, sıcaklık artışının ise yüksek devir ve karıştırma süresinde ancak etkin olduğu tespit edilmiştir. En uygun karıştırma şartlarının 180°C, 60 dakika ve 1000 devir/dakika olduğu gözlenmiştir.

Alataş ve Kizirgil, 2012'de yapmış oldukları çalışmada, bitümlü bağlayıcıların agregayla karıştırma ve sıkıştırma sırasında doğru sıcaklığa sahip olmaları yapım kolaylığı ve kaplamaların ömrü açısından büyük öneme sahiptir. Bağlayıcı sıcaklıklarının düşük olması boşluk oranlarının fazla olmasına, yüksek olması ise bağlayıcının aşırı yaşlanmasına ve sıkışmanın fazla olmasına neden olmaktadır. Çalışmada saf ve iki farklı oranda SBS içeren bağlayıcılar değerlendirilmiştir. Öncelikle saf ve modifiye bitümlere kısa dönem yaşlanmadan önce ve sonra penetrasyon ve yumuşama noktası deneyleri uygulanmıştır. Böylece SBS katkı maddesinin bitümlü bağlayıcının kıvamı ve ısı hassasiyeti üzerindeki etkisi belirlenmiştir. Daha sonra saf ve

SBS modifiyeli bağlayıcıların agregayla karıştırma ve sıkıştırma sıcaklıkları, AASHTO TP48 standardına göre belirlenen dönel viskozimetre deney sonuçlarından faydalanılarak tespit edilmiştir. Dönel viskozimetre deneyleri sonucunda SBS içeriği arttıkça hem 135°C sıcaklıkta hem de 165°C sıcaklıkta bağlayıcıların viskozite değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Viskozite değerlerine bağlı olarak bağlayıcıların karıştırma ve sıkıştırma sıcaklıklarının arttığını tespit etmişlerdir.

Kuloğlu ve ark., 2013'de yapmış oldukları çalışmada, çeşitli katkı malzemelerinin Bitümlü Sıcak Karışımlarda modifiyer olarak kullanılmasını değerlendirmiştir. Genel olarak BSK'larda SBS katkı kullanılmasının, yapılan deneysel çalışmaların sonucunda, performans özellikleri bakımından daha iyi sonuç verdiğini belirlemişlerdir.

Kizirgil, 2013'de yapmış olduğu çalışmasında, bitüm modifikasyonunda Stiren-Butadien-Stiren (SBS) polimeri ve karışım modifikasyonunda uçucu kül birlikte kullanılarak, bitümlü sıcak karışımların mekanik özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Karışımların Marshall metodu ile belirlenen optimum bitüm içeriğinin, uçucu kül kullanımı ile azaldığı, SBS kullanımı ile ise arttığı tespit edilmiştir. Deneyler göz önünde bulundurulduğunda, hem SBS hem de uçucu kül kullanımı ile karışımların stabiliteilerinin, normal sıcaklıklardaki rijitliklerinin, nem hasarına karşı dayanımlarının, yorulma ömürlerinin ve kalıcı deformasyona karşı dayanımlarının arttığı belirlenmiştir. Ayrıca sadece bitüm modifikasyonunda yüzde 3 SBS kullanımı ve sadece filler olarak yüzde 6 uçucu kül kullanımının benzer sonuçlara sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu katkıların birlikte kullanımı ile de olumlu etkilerinin artacağı belirlenmiştir. Katkılar ayrı ayrı değerlendirildiğinde SBS'in uçucu küle göre daha etkin olduğu belirlenmiştir.

Özay ve Öztürk, 2013'de yapmış oldukları çalışmada, 50/70 penetrasyonlu bitümden, MD243 SBS (Stiren-Bütadien-Stiren) ve TPS (TafPack-Super) katkıları kullanılarak hazırlanan modifiye bitümler ile oluşturulan Poroz Asfalt karışımlarına; tekerlek izinde oturma, indirekt çekme mukavemeti, permeabilite, bitüm süzülme, parça kaybı (cantabro), soyulma ve tekrarlı yükler altında yorulmaya karşı dayanım deneyleri yapılarak her iki karışımın performansları karşılaştırılmıştır. MD 243 katkı ile hazırlanan karışımın bitüm süzülme değeri, TPS katkı ile hazırlanan karışımın bitüm süzülme değerine göre daha iyi sonuç vermiştir. TPS katkı ile hazırlanan karışımın MD 243 katkı ile hazırlanan karışıma göre donma-çözünme etkilerine daha duyarlı olduğu

belirlenmiştir. Tekerlek izinde oturma deneyi sonuçlarına göre; her iki poroz asfalt karışım tipi de olumlu sonuç vermiştir. TPS katkılı karışımın tekerlek izinde oturmaya karşı daha dayanıklı olduğu görülmüştür. TİO deneyi esnasında iki karışımın da yüksek sıcaklığa karşı hassas olduğu, yüksek sıcaklıkta numune yüzeylerinde agrega kopma ve sökülmelerinin olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle, poroz asfalt karışımların imalatında kullanılan bitümlü bağlayıcının yumuşama noktasının yüksek olmasına dikkat edilmesi gerektiğini belirtmiştir.

Yılmaz ve Ark., 2013’de yapmış oldukları çalışmada, üç farklı polimer katkılı bitümlü bağlayıcının, yüksek sıcaklık depolama stabilitesi özellikleri araştırılmıştır. Bu amaçla iki farklı tür stiren-butadien-stiren (SBSD), (SBSM) ve stiren-etilen-butadien-stiren (SEBS) katkı malzemesi olarak kullanılmıştır. Üç farklı oranda (yüzde2, 4 ve 6) SBS ve SEBS, 160/220 penetrasyonlu bitüme ilave edilerek modifiye bağlayıcılar elde edilmiştir. Saf ve modifiye bağlayıcılara; yumuşama noktası, dönel viskozimetre (RV) ve dinamik kayma reometresi (DSR) deneyleri uygulanarak katkı maddelerinin etkisi belirlenmiştir. Modifiye bağlayıcıların depolama stabilitesi deneyi EN 13399 standardına göre yapılmıştır. Depolama stabilitesi deneyleri sonucunda, elde edilen numunelere saf ve modifiye bağlayıcılara uygulanan deneyler yeniden uygulanmış ve modifiye bağlayıcıların depolanma özellikleri tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan, polimer oranı arttıkça viskozite, yumuşama noktası ve kompleks modülü (G^*) değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Depolama stabilitesi deneylerinden ve reolojik özelliklerin incelenmesinden en iyi sonuca SBSM katkı maddesinin sahip olduğu belirlemiştir.

Karakaş, 2014’de yapmış olduğu çalışmada, stiren-butadien-stiren (SBS) modifiyesinin, bitümlü sıcak karışımlarda katkı malzemesi olarak kullanımının etkisi araştırılmıştır. Tekerlek izi derinlikleri olarak katkısız BSK’lardaki tekerlek izi ölçümleri ortalama değeri, SBS katkılı sıcak karışımlardaki tekerlek izi ölçüm ortalamasına göre yaklaşık yüzde 50 daha fazla olduğu görülmüştür. Çekme dayanımı oranı deneyleri sonucunda, SBS kullanılmasıyla ve aylık periyotlar arttıkça karışımların çekme dayanımı değerlerinin arttığı belirlenmiştir. İndirekt çekme rijitlik modülü deneyleri sonucunda, SBS kullanıldıkça ve aylık zaman periyodu arttıkça karışımların rijitliğinin arttığı tespit edilmiştir. İndirekt çekme yorulma deneyleri sonucunda, SBS modifiyeli BSK’ların saf

BSK'lara göre yorulma ömürlerinin büyük olduğu, aylık periyotlar arttıkça yorulma ömrünün arttığını belirlemiştir.

Çeloğlu, 2014'de yapmış olduğu çalışmada, farklı doğal asfaltların ve stiren-butadien-stirenin (SBS) bitüm modifikasyonunda kullanımının etkileri incelenmiştir. Bağlayıcı deneyleri sonucunda PG 58-34 saf bitümüne yüzde 10,0 Amerika Gilsoniti (MB10yüzdeAG), yüzde 9,5 İran Gilsoniti (MB9.5yüzdeIG), yüzde60 Trinidad göl asfaltı (MB60yüzdeTLA) ve yüzde 3.8 SBS (MB3.8yüzdeSBS) ilave edilmesi ile istenen performans seviyesinin (PG 70-34) sağlandığı belirlenmiştir. Tasarım bitüm içeriğinde hazırlanan karışımlar üzerinde yapılan deneyler sonucunda MB60 yüzde TLA ile hazırlanan karışımların en yüksek rijitliğe, stabiliteye, çekme dayanımına, yorulma ve kalıcı deformasyona karşı dayanıma sahip olduğu belirlenmiştir. MB9.5 yüzde IG ve MB3.8 yüzde SBS ile hazırlanan karışımların ise en yüksek nem hasarına karşı dayanıma sahip olduğunu tespit etmiştir.

3. BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIMLAR

Ülkemizde bitümlü sıcak karışımlar yaygın olarak kullanılmakta olup her geçen gün artmaktadır. Bitümlü sıcak karışımlar hem bitümlü bağlayıcının hem de agreganın uygun ısıya kadar ısıtılıp uygun oranlarda plentte karışımı ile elde edilmekte ve yüksek standartlı esnek kaplamaların üst tabakalarında kullanılmaktadır. Bitümlü sıcak karışımlar; aşınma, binder ve bitümlü temel tabakalarında kullanılır. Trafik yüklerinin yarattığı gerilmelere ve çevresel etkilere doğrudan maruz olduklarından dolayı temel ve alttemel tabakalarına nazaran daha stabil ve durabil olmalıdırlar (Tunç, 2001).

Asfalt üst yapıların işleyişinin ölçülmesi, üst yapıda oluşabilecek tehlikeli duruma göre değerlendirilmektedir;

- i. Isıl çatlaklar (yüksek yada düşük sıcaklık çatlakları)
- ii. Yorulma çatlakları
- iii. Tekerlek izi yada kalıcı bozulmalardır.

Bunların dışında, nemden ileri gelen bozulmalar, sürtünme katsayısındaki azalma gibi sürüş güvenliğini azaltacak nedenler de üst yapının bozulması açısından tehlikeli olabilir. Ancak bugüne kadar yapılmış olan çalışmalar genelde yukarıda belirtilen üç tehlikeli durum için yapılmıştır. Tüm bunlara karşın yük ve çevre koşulları bakımından üst yapının işleyişi yada servis yeteneği indeksindeki azalma;

- i. Yorulma çatlakları
- ii. Isıl çatlaklar
- iii. Kalıcı bozulma
- iv. Nemden dolayı bozulma (İlıcılı ve ark., 2000).

3.1 BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIMLARDAN BEKLENEN ÖZELLİKLER

Hazırlanan ve yol üzerine serilen bitümlü karışımın bazı özellikleri sağlaması istenmektedir. Bunlar; (Önal ve Kahramangil, 2012).

- i. Stabilitite
- ii. Durabilite (Dayanıklılık)
- iii. Geçirimsizlik
- iv. İşlenebilirlik

- v. Esneklik
- vi. Yorulma mukavemeti
- vii. Kayma direnci olarak belirtilebilir.

3.1.1 Stabilite

Bitümlü sıcak karışımın stabilitesi, kaplamanın trafik yükleri altında oluşacak deformasyonlara karşı gösterdiği direnç olarak adlandırılır. Yani karışımın stabilitesi trafik yüklerini karşılayabilecek kadar yüksek olmalıdır. Stabilite ne kadar düşük olur ise trafik altında oluşabilecek deformasyonlar da o kadar fazla olacaktır. Stabil bir kaplama, tekrarlı trafik yükleri altında orjinal şeklini ve düzgünlüğünü sürdürebilmektedir. Stabil olmayan bir kaplamada ise tekerlek izleri ve sökülmeler oluşmaktadır (Tunç, 2004).

Ancak, çok düşük stabilite ne kadar istenmez ise çok yüksek stabilite de istenilmemektedir. Çünkü çok yüksek stabilitede esneklik kaybolacağından gerilmeler sonucu çatlaklar oluşmaktadır. Stabilite hem içsel sürtünmeye hem de kohezyona bağlıdır. İçsel sürtünme yüzey dokusuna, agrega gradasyonuna, dane şekline, karışım yoğunluğuna bitüm miktarı ile tipine bağlıdır. Stabilite karışımdaki agreganın içsel sürtünme ve içsel kenetlenme direncinin bir fonksiyonudur. Kohezyon, asfalt kaplama karışımının doğasında var olan içsel bağlayıcı kuvvettir. Bitüm, agrega daneleri arasında gelişen temas noktalarının sürdürülmesi görevini üstlenmektedir. Kohezyon, yükleme hızı, yüklenen alan ve sıcaklıkla ters orantılı olan bitüm viskozitesinin etkisi ile doğrudan değişiklik göstermekte olup, bitüm içeriğinin optimum seviyeye kadar yükselmesiyle yükselmekte, bu seviyeden sonra ise azalmaktadır (İsfalt, 2002).

3.1.2 Durabilite

Bir bitümlü kaplamanın durabilitesi trafik, su, hava ve sıcaklık değişikliklerinin etkilerine karşı göstermiş olduğu dirençtir. Diğer bir ifadeyle, karışımdaki bağlayıcı özelliklerinin değişmesine (oksidasyon vb.), agreganın kırılmasına ve bağlayıcının agrega yüzeyinden soyulmasına karşı göstermiş olduğu dirençtir. Yüksek durabilitenin elde edilmesi, yoğun granülometreli ve soyulma direnci yüksek agrega ile yüksek bitüm yüzdesi kullanılarak karışımın yüksek geçirimsizlik verecek şekilde dizayn edilip sıkıştırılması ile yapılabilir. Aşınma tabakasında daha sert bir agrega kullanılarak daha

yüksek bir dayanıklılık elde edilebilir. Düşük durabilitenin sebep ve etkileri aşağıda sıralanmıştır; (Ağar ve Umar, 1991).

- i. Bağlayıcı yüzdesinin düşük olması, kuru bir görünüş ve agreganın sökülmesine,
- ii. Soyulmaya karşı hassas agrega kullanılması, bağlayıcının agregadan soyulmasına ve sökülmesine,
- iii. Yetersiz sıkıştırma ve boşluk yüzdesinin yüksek olması asfaltın erken kırılması ve ayrışmasına neden olmaktadır.

Asfalt, sert ve kırılabilir hale geldiği zaman üzerine gelen gerilmelere çatlamadan karşı koyamadığında ve agrega yüzeyinden bitümün ayrılması sonucunda karışımın dayanımının düşmesiyle yük taşıma özellikleri azalmaktadır (Skok ve ark., 2000).

Durabilite genel olarak 3 yöntemle sağlanabilir. Bunlar; karışımda sağlam agrega kullanmak, maksimum bağlayıcı miktarı ve karışımı maksimum geçirimsizlik sağlayacak şekilde sıkıştırılmasıdır (Önal ve Kahramangil, 2012).

Karışımdaki bağlayıcı miktarı arttıkça durabilite artmaktadır. Çünkü agregaları saran bitüm film kalınlığı ne kadar kalın olursa, geçirimsizlik o kadar artacaktır ve dolayısıyla yaşlanma direnci artacaktır. Ancak, yapılan bir çalışmada, bitüm film kalınlığının belli bir değerin altında yaşlanmanın etkisinin arttığı, bu değerin üzerindeki değerlerde ise yaşlanmanın etkisinin değişmediği belirtilmiştir (Şengöz ve Ağar, 2005).

Karışımın yüzeyde tekerlerin sıkıştırdığı suyun etkisinde oluşan aşınma ise, karışımdaki boşluklar su ve hava girişine izin verecek kadar büyükse ve giren havadan dolayı karışım sertleşiyorsa, karışımda kullanılan bitüm ve agrega kimyasal olarak uyumlu değil ise ve bitüm film kalınlığı, karışımı tekerleklerin ve suyun aşındırıcı etkisinden koruyacak miktarda değil ise yüzeydeki aşınma olayı artmaktadır (Skok ve ark., 2000).

Karışımda ince agrega miktarı fazla olduğunda bitüm, bu ince agregaları emmektedir. Kaba agregalar ise yeterince bitüm ile sarılamamaktadır ve böylece durabilite sorunu oluşmaktadır. Bitüm film kalınlığı arttıkça durabilite artmaktadır. Ancak, bitümlü karışımda tekerlek izi oluşumuna neden olmadan, yeterli bir bitüm film kalınlığına

ulaşmak için uygun seviyede mineral agregalar arasında boşluk değeri (VMA) temin edilmesi gerekmektedir (Çubuk, 2007).

3.1.3 Geçirimsizlik

Geçirimsizlik, karışımın içine hava ve su girişine karşı koyma direncidir. Karışımın içindeki hava boşluklarının oranı ile ilişkili olup, boşluk oranı ve bu boşlukların birbiri ile irtibatı geçirimsizlik için önemlidir. Burada boşlukların boyutu, boşlukların birbiri ile bağlantı seviyeleri ve bunların kaplama yüzeyine ulaşip ulaşmadıkları su ve hava girişini etkiler. Geçirimsizlik artıkça hava ve suyun etkisi ile bitümün yaşlanması hızlanır ve soyulma mukavemeti azalır (Tunç, 2004).

3.1.4 İşlenebilirlik

İşlenebilirlik, karışımın karıştırılması ve sıkıştırılması sırasında karşılaşılan kolaylığın ölçüsü olarak ifade edilebilir ve karışımda kullanılan agrega granülometresi, agrega cinsi, bağlayıcı oranı, bağlayıcı sertliği, karıştırma ve sıkıştırma sıcaklığı, karıştırma ve sıkıştırma sırasındaki bağlayıcı viskozitesi gibi birçok etkene bağlıdır. İşlenebilirlik, karışım tasarım parametrelerinde, agregaların özellikleri ve bitümün viskozitesinde yapılacak değişikliklerle yükseltilebilir. Genelde her bitümlü sıcak karışımda, bitüm oranı artıkça karışımın işlenebilirlik özelliğinin de artışı ve bitüm viskozitesinin karışımın işlenebilirliğinde oldukça etkili olduğu bilinmektedir (Çelik, 2004).

Yapılan bazı araştırmalarda, bitümlü karışımlar ne kadar çok işlenebilir ise o kadar kolay sıkıştırılabilmekte, kolay sıkışan karışımların da trafik altında o kadar çabuk oluklanma olduğu tespit edilmiştir (Uluçaylı, 1998).

3.1.5 Esneklik

Esneklik, karışımın çatlama, eğilebilme ve temel ile alttemel tabakalarının uzun dönemli oturmalarına uyum sağlayabilme yeteneğini ifade etmektedir. Farklı oturmalar veya aşırı oturmalar kaplamaya yansyacağından çatlama meydana gelecektir. Genel olarak, bir kaplama karışımının esnekliği, yüksek bitüm içeriği ve nispeten açık boşluklu (gradasyonlu) agregalar ile geliştirilebilmektedir. Ancak, kaplamanın esnekliği artarsa stabilitesinin azalacağı, düşük esnekliğin de aşırı çatlama ile parçalanmalara neden olacağı göz önünde bulundurulmalıdır (Tunç, 2004).

3.1.6 Yorulma Mukavemeti

Bir karışımın yorulma mukavemeti, trafik yüklerinden kaynaklanan tekrarlı eğilmelere çatlama karşı koyabilme direnci olarak ifade edilebilir. Farklı yüklerden dolayı oluşacak farklı gerilmelerin yaratacağı farklı deformasyonlar karşısındaki yorulmanın tespiti stabil gerilme veya sabit deformasyon altında yapılmaktadır. Kaplamanın yeterli sıkışması yorulma mukavemetini artıran önemli bir unsurdur. Çünkü bitümlü kaplamanın rijitliği arttıkça yorulma mukavemeti de artmaktadır. Yetersiz sıkıştırma veya tasarım hatalarından dolayı yüksek hava boşluğuna sahip kaplamaların yorulma ömürleri düşüktür. Kaplamanın yaşlanması sonucu sertleşmesi de, yorulma mukavemetini azaltmaktadır (Harold ve ark., 1995).

Kaplamada meydana gelen yorulma çatlakları yavaş yavaş ve çok sayıda tekerrür eden trafik yükleri altında oluşmaktadır. Kaplama kalınlığının yetersiz olması ve zayıf alt tabakalar olması halinde, ağır yük altında aşırı deformasyon, kaplama altındaki yanal çekme gerilmelerine neden olacağından yorulma çatlakları oluşacaktır. Bu nedenle, kalın ve iyi destek alan kaplamalar ve çekme mukavemeti yüksek malzeme kullanmak yorulma çatlaklarını önleyecektir. Dolayısıyla yumuşak bitüm sert bitüme nazaran daha iyi yorulma özelliğine sahiptir. Karışımın rijitliği, yoğunluğu, kohezyonu, filler ve bitüm miktarı arttıkça yorulma mukavemeti önemli ölçüde artmakta ve yorulma çatlakları azalmaktadır (Tunç, 2004).

3.1.7 Kayma Direnci

Kayma direnci, kaplama ile teker arasında gerekli sürtünme kuvvetini ifade etmektedir. Agregalar arası içsel sürtünme, bitümün kohezyonu ve kıvamı kayma mukavemetini belirler. Uygun bitüm içerikleri ve pürüzlü yüzey dokusuna sahip agregalar, yüksek kayma direncine katkıda bulunan faktörlerdir. Sıkıştırılmış kaplama içindeki boşlukları dolduracak derecede bitümce zengin olan karışımlar, kismaya yatkındırlar. Kisma olayı ise bitümlü malzemenin trafik etkisi, iklim şartları ve uygulama hatalarından dolayı kaplamanın yüzeyine çıkması ve burada tamamen bitümden oluşan bir film tabakasının oluşmasıdır (Kuloğlu ve ark., 2004).

3.2 BİTÜMÜN MODİFİKASYONU

Bitümlü malzemeler reolojik özellikleri ve termal dirençleri ile geniş uygulama alanı bulmaktadırlar. Bitümlü kaplamaların gerek stabilite gerekse performans yönünden üstün nitelikli olması arzulanmaktadır. Ancak, bitümlü bağlayıcıların yol kaplamalarında bağlayıcı olarak tek başlarına kullanılması beraberinde çeşitli sorunlar getirmektedir. Ham petrol fiyatlarındaki artışlar, yüksek maliyetlerin daha ince kaplamaların tercih edilmesini doğurması, dolayısıyla kaplamaların hizmet ömürlerinin düşmesi, trafik yüklerinde meydana gelen önemli artışlar, deformasyonların oluşması ve bakım onarım maliyetlerinin yüksek oluşu gibi problemlere karşı dayanımların artırılmasının gerekliliği bu sorunlardan dolayı bitümlü bağlayıcıların performanslarının iyileştirilmesi için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır (Çubuk, 2007).

3.2.1 Bitümlü Bağlayıcıların Modifiye Edilme Nedenleri

Yol üst yapılarının yüksek sıcaklıklarda yeterli rijitliğe sahip olması tekerlek izi gibi deformasyonlara karşı direncin artmasını, düşük sıcaklıklarda ise yeterli esnekliğe sahip olması çatlamalara ve kırılmalara karşı direncin artmasını sağlayacaktır. Kaplamanın trafik yükleri altında yorulma nedeniyle meydana gelen çatlamlar ile su etkisiyle meydana gelen soyulmalara karşı dirençli olması ve kaplama yüzeyinde istenilen seviyede kayma direncinin elde edilerek sürüş emniyetinin sağlanması da yine bitümün modifiye edilmesinde amaçlanan hedefler arasındadır (Çubuk, 2007).

Genel olarak bitümün modifiye edilme sebepleri aşağıdaki gibi sıralanabilir: (Ertekin, 2003).

1. Düşük servis sıcaklıklarında daha esnek karışımlar elde etmek ve böylece kalıcı deformasyonları azaltmak,
2. Yüksek servis sıcaklıklarında daha sert karışımlar elde etmek ve böylece tekerlek izlerini azaltmak,
3. Kayma direnci yüksek yüzeyler elde etmek,
4. Karışımların stabilitesini ve mukavemetini artırmak,
5. Karışımların yorulma direncini artırmak,
6. Yaşlanmış bitümlü bağlayıcıları gençleştirmek,
7. Düşük kaliteli agregaları kullanılabilir hale getirmek,
8. Agregaların üzerinde daha kalın bağlayıcı filmleri oluşturarak, bağlayıcı ve agregaların birbirine yapışma özelliğini artırarak, soyulmayı azaltmak,

9. Akmayı ya da kusmayı azaltmak,
10. Yakıt dökülmelerine karşı direnci sağlamak,
11. Kaplama tabakalarının kalınlıklarını azaltmak ve daha ince aşınma tabakalarının kullanımını sağlamak,
12. Çatlakları geciktirmek,
13. Uygulama alanlarını artırmak,
14. Absorpsiyonu minimize etmek,
15. Kaplamaların performansını yükseltmek,
16. Kaplamaların uzun vadede ekonomik olmasını sağlamak

Bağlayıcıya veya karışıma çeşitli katkı maddeleri ilave edilmesiyle bu özellikler tam olmasa da kısmen sağlanabilmektedir.

3.2.2 Bitüm Katkı Maddelerinde Aranılan Özellikler

Bitümlü bağlayıcıların modifikasyonunda kullanılacak olan katkı maddelerinin uygulamada etkili, pratik ve ekonomik olması bakımından bazı koşulların sağlanması istenilmektedir;

1. Kolay elde edilebilmelidir,
2. Bitümle uyumsaldır,
3. Bitüm karışım sıcaklığında özelliğini kaybetmemelidir,
4. Bitüm ile homojen olarak karışabilmelidir,
5. Bitümün yüksek karıştırma ve serme sıcaklıklarında, çok fazla viskoz hale gelmeden akışkanlığa karşı direncinin artmasını sağlamalıdır,
6. Düşük sıcaklıklarda ise kaplamanın çok kırılmalı veya sert olmasını önlemelidir,
7. Uygun maliyette olmalıdır (İsfalt, 2001).

3.2.3 Modifiye Bitümlerde Aranılan Özellikler

Modifikasyonda kullanılacak katkı maddelerinin bitüm ile karıştırılmasından sonra, elde edilen modifiye bitümden beklenen özellikler ise şunlardır;

1. Depolama, uygulama ve hizmet sırasında sahip olduğu özelliklerini kaybetmemelidir,
2. İşlenebilirlik özelliğine sahip olmalıdır,

3. Depolama, uygulama ve hizmet sırasında fiziksel ve kimyasal olarak stabil olmalıdır,
4. Uygulama sıcaklıklarında püskürtülebilme ve agregayı sarabilme akışkanlığını sağlayabilmelidir (İsfalt, 2001).

3.2.4 Bitümün Modifikasyonu İçin Kullanılan Katkılar

Bitümlü bağlayıcıların modifikasyonunda pek çok katkı kullanılabilmektedir. Bitüm katkısı olarak kullanılabilen bu katkıların genel sınıflandırması Tablo 3.1'de görülmektedir (İsfalt, 2001).

Modifiye bitüm eldesinde kullanılan katkı malzemeleri günümüzde çeşitlilik arz etmekte olup, gelecekte daha da artacağı beklenmektedir. Kullanımı oldukça artan modifiye bitümler konusundaki çalışmalarda katkı maddesi olarak polimerlere ve kimyasal reaksiyon modifikasyonlarına ilginin arttığı görülmektedir. Polimer modifikasyonlarında plastiklerin, elastomerlerin, işlenmiş kauçukların ve fiberlerin ana modifikasyon başlıklarını oluşturduğu görülmektedir.

Tablo 3.1: Bitüm katkı maddelerinin genel sınıflandırması

Tip	Özellikler	Modifiyerlerin Bitümlü Bağlayıcının Kıvamına Etkisi	
1. Filler	*Mineral Filler: Taş tozu Kireç Portlant çimentosu Uçucu kül *Karbon siyahı *Sülfür	Sertleştirme	
2. Extender	*Sülfür *Ligrin (Odun özütü)	Sertleştirme	
3. Kauçuk a. Doğal lateks (Kauçuk ağacı özsuğu) b. Yapay lateks c. Blok copolymer d. İşlenmiş kauçuk	POLİMERLER * Doğal kauçuk * Strene butodien veya SBR *Strene-butodien-Strene veya SBS *Dönüştürülmüş kauçuk	Adezyon	
4. Plastik		*Polietilen * Polipropilen * Etivinil asetat, EVA * Polivinil clorür, PVC	Sertleştirme
5. Bileşim		* 3 ve 4'deki polimerlerin karışımı	Adezyon
6. Fiber	* Doğal: Asbest Taşyünü * Yapay: Polipropilen Polyester Fiberglas	Sertleştirme	
7. Oksidan	* Manganez tuzu	Sertleştirme	
8. Antioksidan	* Kurşun karışımları * Karbon * Kalsiyum tuzu	Yumuşatma	
9. Hidrokarbon	* Yeniden kullanma ve gençleştirme yağları * Sertleştirme ve doğal asfaltlar	Yumuşatma veya Sertleştirme	
10. Soyulma önleyici	* Aminler * Kireç	Yumuşatma	

Kaynak: İSFALT, 2001.

3.3 SUPERPAVE BAĞLAYICI ŞARTNAMESİ

Asfalt bağlayıcıları kıvamlılıkları yerine performans esasına dayalı olarak sınıflandırılmak amacıyla son yıllarda yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Bu amaçla Amerika'da Asfalt Enstitüsü tarafından SHRP (The Strategic Highway Research Program) için Superpave (Superior Performing Asphalt Pavements) adı altında bir sistem geliştirilmeye çalışılmaktadır. Asfalt bağlayıcıların fiziksel özelliklerini belirleyebilecek bir asfalt bağlayıcı sınıflandırılması yapılmaya çalışılmaktadır (Tunç, 2004).

Superpave yöntemi; ham, geri dönüşümlü, yoğun gradasyonlu, katkılı veya katkısız sıcak karışım asfaltlar ile mevcut tabakaların üzerine inşa edilen taş mastik asfalt (TMA) gibi çeşitli özel kaplama karışımlarına da uygulanabilir. Sistem, malzeme seçimi ve karışım dizaynı yoluyla kalıcı deformasyon, yorulma ve düşük sıcaklık çatlağı gibi bozulmaları doğrudan kontrol eder ve bağlayıcının uzun ve kısa dönem yaşlanması ile karışımın nem hassasiyetini açık bir şekilde dikkate almaktadır. Superpave karışım dizayn yönteminin amacı, servis ömrü boyunca tatmin edici performans özellikleri gösteren bir kaplama tabakasını oluşturan ekonomik bağlayıcı ve agrega karışımlarını elde etmektir (Kennedy ve ark., 1994).

Superpave yönteminin en önemli özelliği, deneylerin, standart deney sıcaklıklarında değil, kaplamanın hizmet vereceği bölgedeki sıcaklıklarda yapılarak asfaltın saha performansıyla doğrudan ilgili fiziksel ve reolojik özelliklerinin analitik deneylerle tespit edilmesi ve genel olarak saha performansının daha iyi ve gerçekçi olarak yansıtılmasıdır (Zaniewski ve Padula, 2003).

Superpave sistemindeki performans esaslı bağlayıcı şartnamesi, kaplamada meydana gelen kalıcı deformasyon, yorulma çatlağı ve düşük sıcaklık çatlaklarını azaltarak bağlayıcının performansını en üst düzeye çıkarmak ve ölçmek için tasarlanmıştır (Cominsky ve ark., 1994).

Aşağıda Tablo 3.2’de Superpave yönteminde kullanılan testler ve kullanım amaçları görülmektedir (Tunç, 2004).

Tablo 3.2: Superpave asfalt bağlayıcı testleri ve kullanım amaçları

Testler	Amaç
Dönel İnce Film Fırını (RTFOT)	Bağlayıcının sertleşme (yaşlanma) karakteristiklerini belirlemek
Basınçlı Yaşlandırma Kabı (PAV)	
Dinamik Kayma (Kesme) Reometresi (DSR)	Yüksek ve orta ısılarında bağlayıcının teker izi ve yorulma çatlağı direncini belirlemek
Dönel Viskozimetre (RV)	Yüksek ısılarında bağlayıcının özelliklerini ölçmek
Kiriş Eğme Reometresi (BBR)	Düşük ısılarında bağlayıcının düşük ısı çatlağı direncini belirlemek
Doğrudan Çekme (DTT)	

Kaynak: Tunç, 2004

Superpave yönteminde bağlayıcılar, farklı sıcaklık koşullarında gösterdikleri performanslara göre sınıflandırılır ve bu tür bağlayıcılara “Performance Grade” Performans Sınıfı veya Performans Dereceli asfalt adı verilir ve PG simgesi ile tanımlanmaktadır. Performans dereceli (PG) bağlayıcılar, PG 64–22 gibi bir terminoloji kullanılarak ifade edilirler. Burada ilk sayı olan 64, “yüksek sıcaklık derecesi” olarak isimlendirilir ve bu bağlayıcının gerekli fiziksel özelliklerini hizmet etmesi beklenen iklim koşullarındaki en yüksek kaplama sıcaklığı olan 64 °C’lik yüksek sıcaklığa kadar taşıdığı anlamına gelir. Benzer şekilde ikinci sayı (-22), “düşük sıcaklık derecesi” olarak isimlendirilir ve bağlayıcının gerekli fiziksel özellikleri -22 °C’lik düşük sıcaklığa kadar koruduğu anlamına gelir (McGennis ve ark., 1995).

Yüksek Performanslı Asfalt Kaplama (SUPERPAVE) bağlayıcı şartnamesinin en önemli özelliği, asfaltın ömrü boyunca karşı karşıya kalacağı üç kritik durumun deneylerle simüle edilmiş olmasıdır. Orijinal asfalt numunesi üzerinde uygulanan deneyler taşıma, depolama ve işlemeyi kapsayan ilk aşamayı temsil eder. İkinci aşama, karışım hazırlama ve serme sırasındaki asfaltı temsil eder. Döner ince film etüvünde asfalt, sıcaklık ve havaya maruz bırakılarak oksidasyonu sağlanır ve serme sırasındaki sertleşme tahmin edilir. Üçüncü aşama ise, bağlayıcının uzun süre sonundaki yaşlanmasıdır. Bu durum da, basınçlı oksidasyon deneyi ile simüle edilmektedir (Öztürk ve Çubuk, 2004).

Ülkemizde üretim yapan dört rafineriden (Kırıkkale, İzmit, Aliğa, Batman rafinerileri) farklı penetrasyon değerlerine sahip bitüm numunelerinden elde edilen deney sonuçları Tablo 3.3’de görülmektedir. Bu verilere göre Kırıkkale, İzmit ve Aliğa rafinerilerinde üretilen 50/70, 70/100 ve 160/220 sınıfı bitümlerin performans sınıfları sırasıyla, PG 64-22, PG 58-22 ve PG 52-28 olup; Batman rafinerisine ait aynı penetrasyon sınıfı bitümlerin performans sınıfları ise genel olarak bir üst sınıf, yani sırasıyla PG 70-22/28, PG 64-28 ve PG 58-28/34 bulunmuştur (Güngör ve Sağlık, 2009).

Tablo 3.3: Kırıkkale, İzmit, Aliğa ve Batman rafinerileri bitümleri superpave sınıflama sonuçları

BİTÜM		Orijinal Bitüm Deneyleeri					RTFOT Sonrası Bitüm Deneyleeri		PAV Sonrası Bitüm Deneyleeri									Sınıfı
Rafinerisi	Sınıfı	Penetrasyon	Yumuşama Noktası, °C	Brookfield viskozite, 135°C	DSR (G*/sinδ>1 kPa)		Kütle Kaybı, %	DSR (G*/sinδ>2.2 kPa)		DSR (G*.sinδ<500 0 kPa)		BBR (Eğilme Sünme Rijitliği)						
					Yenilme Sıcaklığı, °C	Sınıfı		Yenilme Sıcaklığı, °C	Sınıfı	Yenilme Sıcaklığı, °C	Sınıfı	S (≤300 Mpa)			m-değeri (≥0,300)			
												-12	-18	-24	-12	-18	-24	
Kırıkkale	50/70	63.5	49	365	66.8	64	0.05	67.5	64	20.5	22	162	320	-	0.32	0.27	-	PG 64-22
	70/100	84.3	47	306	63.2	58	0.06	64.9	64	21.7	22	130	275	-	0.33	0.28	-	PG 58-22
	160/220	181	40	179	53.8	52	-0.02	57.2	58	16.8	19	429	92.7	329	0.38	0.33	0.25	PG 52-28
İzmit	50/70	71	51	333	64.8	64	0.11	64.4	64	23.1	25	193	345	-	0.32	0.26	-	PG 64-22
	70/100	97	48	255	61.4	58	1.99	60.2	58	21.5	22	154	307	615	0.32	0.27	0.2	PG 58-22
	160/220	190	40	165	54.4	52	-0.01	53	52	18.4	19	-	205	352	-	0.32	0.29	PG 52-28
Aliğa	50/70	59	50	408	67.9	64	0.04	67	64	27.6	28	288	528	-	0.31	0.23	-	PG 64-22
	160/220	198	40	201	55.6	52	0.74	54.4	52	14.55	16	-	204	447	-	0.35	0.25	PG 52-28
Batman	50/70	70	51	539	70.8	70	-0.75	77.9	76	22.1	25	75.4	156	-	0.33	0.3	-	PG 70-22/28
	70/100	95	47	408	66.6	64	-1.1	73.4	70	19.5	22	-	136	244	-	0.27	0.27	PG 64-28
	160/220	184	40	235	60.6	58	-1.8	65.5	64	13.5	16	-	81.7	153	-	0.3	0.3	PG 58-28/34

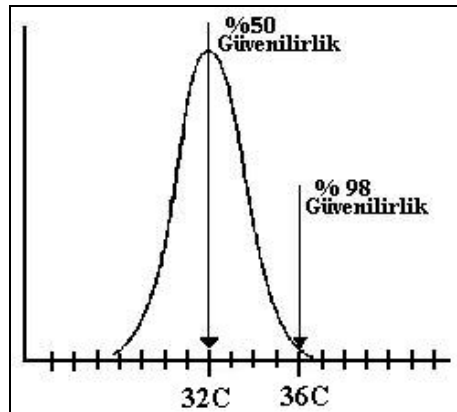
3.4 TÜRKİYE COĞRAFİ BÖLGELER İÇİN PG BİTÜM SINIFLANDIRILMASI

Meteorolojik veri tabanı: Yüksek performanslı asfalt kaplama (SUPERPAVE) yönteminde, bitüm sınıfı seçiminde meteorolojik veri tabanının önemi büyüktür. Meteorolojik veri tabanı oluşturmak üzere, meteoroloji istasyonlarında her yıl en yüksek 7 günlük sıcaklık periyodu ve en düşük bir günlük sıcaklık tespit edilir ve o istasyona ait ortalamalar ve standart sapmalar hem en yüksek 7 günlük periyot, hem de en düşük bir günlük sıcaklık için hesaplanır. Bu hesaplamalarda 20 yıldan az veriye sahip istasyonlar dikkate alınmamalıdır (Superpave Mix Design, 1996; Dinç, 1999).

Güvenilirlik: Güvenilirlik, bir yıl içerisinde aktüel sıcaklığın proje sıcaklığını geçmeme ihtimali olarak tanımlanmaktadır. Düşük ve yüksek sıcaklıkların seçiminde SHRP çok esnek bir özelliğe sahiptir. Örneğin, ortalama 7 günlük en yüksek sıcaklığı 32°C ve standart sapmanın 2°C olduğu bir bölgede, sıcaklıkların frekans dağılımı Şekil 3.1'deki gibi olur. Bu dağılıma göre bir yıl içinde sıcaklığın 32°C 'yi aşma ihtimali %50'dir. Sıcaklığın 36°C 'yi aşma ihtimali ise %2 olarak görülmektedir. Yani güvenilirlik %98 dir (Superpave Mix Design, 1996; Dinç 1999).

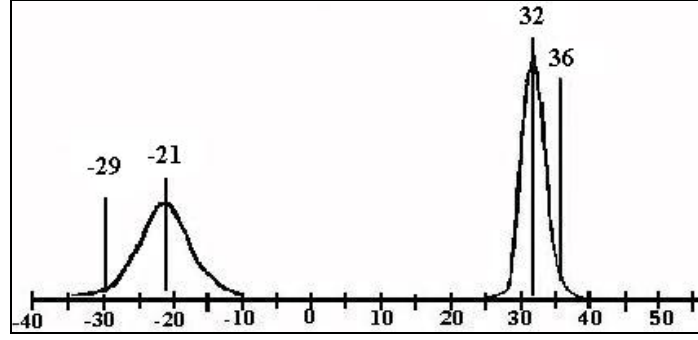
Hava sıcaklığının seçimi: Şekil 3.2'de iki tasarım hava sıcaklığının istatistiksel değişimi görülmektedir. Normal bir yaz döneminde, ortalama 7 günlük en yüksek hava sıcaklığı 32°C 'dir. Çok sıcak geçen bir yazda bu ortalama 36°C 'ye ulaşabilir. Benzer bir yaklaşım kış şartları için de uygulanırsa, 4°C 'lik bir standart sapma ile bölgenin 21°C 'lik bir ortalama en düşük sıcaklığa maruz olduğu görülür. Sonuç olarak, ortalama bir kış mevsiminde en düşük sıcaklık -21°C 'dir ve çok sert bir kış için bu değer -29°C olabilir (Superpave Mix Design, 1996; Dinç 1999).

Şekil 3.1: Güvenilirlik



Kaynak: Superpave Mix Design, 1996; Dinç 1999.

Şekil 3.2: Hava sıcaklıklarının seçimi



Kaynak: Superpave Mix Design, 1996; Dinç 1999.

Trafik hızına ve trafik sayısına göre seçim: Bağlayıcı seçiminde, kaplamanın hızlı hareket eden yüklere maruz kaldığı kabul edilmektedir. Yavaş hareket eden ağır trafik yüklerine maruz kaplamalar için seçilen PG grubunun bir üst grubu, duran yükler için ise iki üst grubu (yüksek sıcaklık) projede kullanılacak PG sınıfı bitüm olarak belirlenir. Bağlayıcı sınıfının düşük sıcaklıkla ilgili değeri değişmez. Yavaş hareket eden tasarım yükleri tırmanma şeridi, çok eğimli ve ağır trafik yüklerinin olduğu kent dışı ve kentsel yollar için uygulanabilir. Hareketsiz tasarım yükleri ağır taşıt otoparkları, yükleme-boşaltma platformları, otobüs durakları ve kavşaklar için uygulanabilir. Trafik sayısı, 10.000.000 standart Eşdeğer Dingil Yüğü (EDY) tekrür sayısından fazla ise bir üst grubun (yüksek sıcaklık) seçilmesinde projeciye inisiyatif kullanma hakkı verilmekle birlikte, 30.000.000'i aşan değerler için hesap sonucu bulunan grubun bir üst grubu seçilmelidir (Superpave Mix. Design, 1996; Superpave for the Generalist Engineer and Project Staff, 1997; Dinç 1999).

Hava sıcaklıklarının kaplama sıcaklıklarına dönüştürülmesi: Yüksek Performanslı Asfalt Kaplama (SUPERPAVE) yazılımı, kaplama yüzeyinden 2 cm alttaki en yüksek kaplama sıcaklığını ve kaplama yüzeyindeki en düşük sıcaklığı aşağıdaki formüllerle hesaplar (Superpave Mix Design, 1996; Dinç 1999).

Performans esaslı bitümlü bağlayıcıların sınıfının seçimi kaplamanın hizmet edeceği iklim koşulları esas alınarak yapılmaktadır. Bunun için kaplamanın sahip olacağı maksimum ve minimum sıcaklıklara göre bağlayıcı sınıfı seçilmektedir (AASHTO M320, 2003).

Maksimum kaplama dizayn ısısı ve minimum kaplama dizayn ısısı Formül 3.1 ve 3.2 ile belirlenmelidir (Superpave Mix Design, 2001);

$$T_{\min} = 0.859.T_{hv} + 1.7 \quad (3.1)$$

$$T_{\max} = (T_{h7} - 0.000618 En^2 + 0.2289 En + 42.2)(0.9545) - 17.78 \quad (3.2)$$

Burada;

T_{\min} = Minimum kaplama dizayn sıcaklığı, °C

T_{\max} = 20 mm derinlikte maksimum kaplama dizayn sıcaklığı, °C

T_{hv} = Düşük hava sıcaklığı, °C

T_{h7} = 7 gün ortalama yüksek hava sıcaklığı, °C

En = Enlem, derece

Bu hesaplamalar için yeterli verinin elde edilmesi veya bunun için yazılmış bilgisayar programı ile tayin edilmesi gereklidir. Zira performans esaslı bitümlerin sınıflaması için bitümün maruz kalacağı maksimum ve minimum sıcaklıklar esas alınmaktadır. Bu sıcaklıklar tespit edildikten sonra bağlayıcı sınıfı seçilmelidir. Daha sonra trafik hızı ve yükleme şartları için düzeltilmelidir. Yüksek sıcaklık tasarım şartlarında yükleme hızının kaplamanın performansı üzerindeki ilave etkileri göz önüne alınmalıdır.

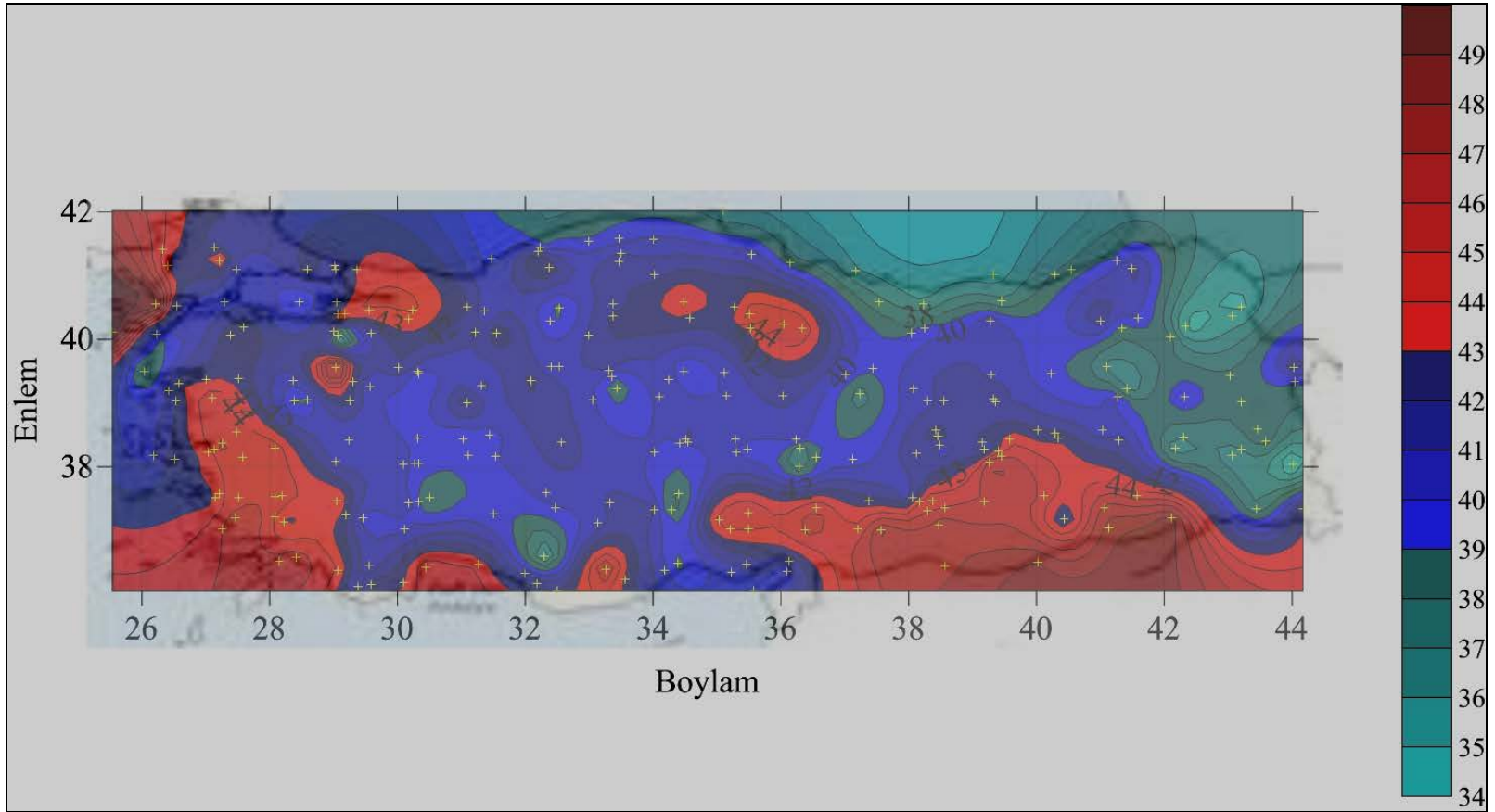
Performans esaslı bitümlü bağlayıcıların sınıfının seçimi kaplamanın hizmet edeceği iklim koşulları esas alınarak yapılmaktadır. Bunun için kaplamanın sahip olacağı maksimum ve minimum sıcaklıklara göre bağlayıcı sınıfı seçilmektedir (Cortizo ve ark., 2004) . Kaplama yüzeyinden 2 cm alttaki en yüksek kaplama sıcaklığı ve kaplama yüzeyindeki en düşük sıcaklık hesaplanır. Türkiye için bölgelere göre, uzun yıllar minimum ve maksimum sıcaklıklar haritası Şekil 3.3 ile Şekil 3.4’de verilmiştir.

Maksimum Kaplama Dizayn Isısı ve Minimum Kaplama Dizayn Isısı Formül 3.1 ve 3.2 ile belirlenmelidir. (Superpave Mix Design, 2001); formül 3.1 ve 3.2 deki hesaplamaları yapabilmek için istasyonların enlem bilgilerine ihtiyaç vardır. Biz çalışmalarımızı Konya genelinde yaptığımız için İç Anadolu’ya Ait PG değerleri üzerinde durduk. Verilen istasyon bilgileri son 20 yılı kapsayan bir yılda görülen maksimum 7 günlük sıcaklık verileri ortalamaları (T_{h7}) ile son 20 yılı kapsayan bir yılda görülen minimum sıcaklık verilerinin ortalamaları (T_{hv}) kullanılır. T_{\min} ve T_{\max} kaplama sıcaklıkları

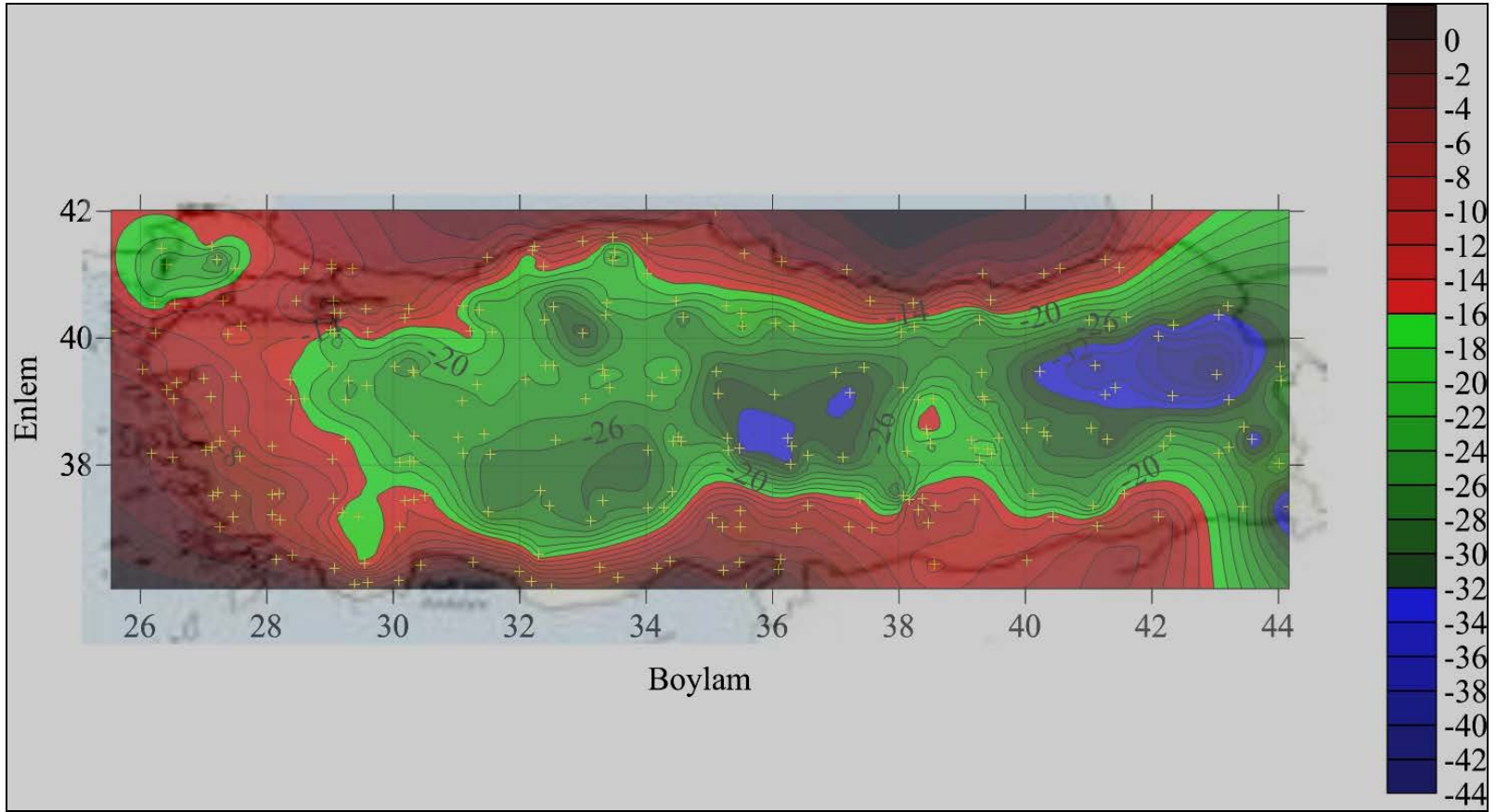
hesaplanır. Bağlayıcı seçiminde, kaplamanın hızlı hareket eden yüklere maruz kaldığı kabul edilmektedir. Yavaş hareket eden ağır trafik yüklerine maruz kaplamalar için seçilen PG grubunun bir üst grubu, duran yükler için ise iki üst grubu (yüksek sıcaklık) projede kullanılacak PG sınıfı bağlayıcı olarak belirlenir. Bitümlü bağlayıcı sınıfının düşük sıcaklıkla ilgili değeri değişmez. Yavaş hareket eden dizayn yükleri tırmanma şeridi, çok eğimli ve ağır trafik yüklerinin olduğu kent dışı ve kentsel yollar için uygulanabilir. Hareketsiz dizayn yükleri ağır taşıt otoparkları, yükleme-boşaltma platformları, otobüs durakları kavşaklar için uygulanabilir. Karadeniz Bölgesi için PG 58-22 sınıf, Marmara Bölgesi için PG 58-16 sınıf, Ege Bölgesi için PG 64-16 sınıf, Akdeniz Bölgesi için PG 64-16 sınıf, İç Anadolu Bölgesi için PG 64-22 sınıf, Doğu Anadolu Bölgesi için PG 70-28, Güneydoğu Anadolu Bölgesi için PG 70-10 sınıf bitüm kullanılması gerektiği tespit edilmiştir. Bu duruma göre genel olarak Türkiye'nin minimum ve maksimum PG sınıf haritası çıkarılmıştır.

Tablo 3.4'deki değerlere göre Konya için uygun PG değeri Konya'ya en yakın merkezi yerleşim yeri olan Çumra/Konya değeri olan 58-16 değeridir. İklim koşullarına göre uygun PG sınıfı seçilen bitüm gerektiğinde polimer katkılarla modifiye edilerek projesine uygun olarak tatbik edilir.

Şekil 3.3: Türkiye uzun yıllar maksimum sıcaklıklar haritası



Şekil 3.4: Türkiye uzun yıllar minimum sıcaklıklar haritası



Tablo 3.4: İç Anadolu Bölgesi için PG değerleri

Bölge	İstasyon Adı	İstasyon No	Enlem	Boylam	Yükseklik	Thv	Th7	öhv	öh7	Tmin	Tmaks	PG
İÇ ANADOLU	Çankırı	17080	40.37	33.37	751.00	-14.64	35.48	3.77	2.58	-11	56	58-16
	Sivas	17090	39.45	37.01	1285.00	-20.76	32.94	4.30	2.79	-16	53	58-22
	Eskişehir/Anadolu	17123	39.49	30.31	787.00	-15.97	33.44	3.94	2.86	-12	54	58-16
	Eskişehir/Bölge	17126	39.46	30.33	801.00	-12.39	32.60	3.64	2.19	-9	53	58-10
	Esenboğa/Meydan	17128	40.07	33.00	959.03	-19.26	33.05	5.51	2.49	-15	53	58-16
	Etimesgut/Meydan	17129	39.57	32.41	806.15	-13.17	35.63	3.76	2.31	-10	56	58-16
	Ankara/Bölge	17130	39.57	32.53	890.52	-11.59	30.29	3.66	2.43	-8	51	52-10
	Kırıkkale	17135	39.51	33.31	750.89	-11.24	30.95	4.17	2.55	-8	51	52-10
	Yozgat	17140	39.49	34.48	1298.43	-14.96	27.37	2.67	2.80	-11	48	52-16
	Kırşehir/Bölge	17160	39.09	34.10	1007.17	-15.71	33.79	4.12	2.35	-12	54	58-16
	Gemerek	17162	39.11	36.04	1171.00	-22.09	34.42	4.17	2.41	-17	55	58-22
	Cihanbeyli	17191	38.39	32.57	968.73	-16.35	34.68	3.48	2.56	-12	55	58-16
	Aksaray	17192	38.23	34.03	960.77	-15.38	34.26	4.47	2.15	-12	55	58-16
	Nevşehir	17193	38.37	34.42	1259.54	-16.27	32.58	3.33	2.67	-12	53	58-16
	Kayseri/Bölge	17196	38.43	35.29	1092.00	-20.46	34.70	4.27	2.44	-16	55	58-22
	Konya/Meydan	17244	37.59	32.33	1030.61	-15.22	34.11	3.91	2.35	-11	55	58-16
	Karaman	17246	37.12	33.13	1023.05	-18.10	34.76	4.57	2.24	-14	56	58-16
	Ereğli	17248	37.32	34.03	1042.00	-17.51	34.87	4.16	2.24	-13	56	58-16
	Niğde	17250	37.58	34.41	1210.50	-16.90	32.99	3.71	2.19	-13	54	58-16
	Çerkeş	17646	40.49	32.54	1126.00	-22.27	31.10	4.12	2.88	-17	51	52-22
İlgaz	17648	40.55	33.38	885.00	-15.21	33.51	3.06	2.71	-11	54	58-16	
Kızılcahamam	17664	40.28	32.39	1033.00	-15.81	32.77	3.07	2.67	-12	53	58-16	
Nallıhan	17679	40.11	31.22	650.00	-11.55	35.32	2.49	2.45	-8	55	58-10	
Beypazarı	17680	40.10	31.56	682.00	-10.70	36.22	3.09	2.55	-7	56	58-10	
Suşehri	17684	40.09	38.04	1163.00	-14.07	32.86	3.16	2.65	-10	53	58-16	

Sorgun	17712	39.48	35.11	1110.00	-19.72	32.53	5.11	3.00	-15	53	58-16
Zara	17716	39.54	37.45	1347.00	-23.63	32.45	4.73	2.76	-19	53	58-22
Sivrihisar	17726	39.27	31.32	1070.00	-13.12	33.00	3.39	2.23	-10	53	58-16
Polatlı	17728	39.35	32.09	886.00	-14.07	34.48	3.54	2.64	-10	55	58-16
Keskin	17730	39.41	33.35	1140.00	-13.22	31.98	2.75	2.50	-10	52	58-16
Çiçekdağı	17732	39.37	34.25	900.00	-14.45	34.01	3.69	2.61	-11	54	58-16
Divriği	17734	39.22	38.07	1120.00	-17.21	35.76	4.10	2.09	-13	56	58-16
Kulu	17754	39.05	33.05	1010.00	-16.41	33.99	3.25	2.48	-12	54	58-16
Boğazlıyan	17760	39.12	35.15	1067.00	-21.53	33.40	5.05	2.62	-17	54	58-22
Kangal	17762	39.14	37.23	1541.00	-25.84	32.18	4.23	2.18	-20	53	58-22
Yunak	17798	38.49	31.44	1140.00	-13.66	32.63	2.79	2.58	-10	53	58-16
Pınarbaşı	17802	38.43	36.24	1500.00	-23.20	31.60	3.71	3.35	-18	52	58-22
Ilgın	17832	38.17	31.54	1034.00	-17.94	33.39	4.07	2.32	-14	54	58-16
Avanos	17833	38.44	34.51	950.00	-15.45	35.84	4.61	2.30	-12	56	58-16
Ürgüp	17835	38.38	34.55	1060.00	-18.64	33.62	3.73	2.73	-14	54	58-16
Develi	17836	38.23	35.30	1180.00	-16.89	33.95	3.02	2.18	-13	55	58-16
Gölbaşı	17781	37.47	37.38	900.00	-10.13	37.80	2.52	1.63	-7	58	64-10
Seydişehir	17898	37.26	31.51	1131.00	-16.30	33.61	4.77	2.06	-12	55	58-16
Çumra/Konya	17900	37.35	32.47	1013.00	-17.01	34.05	3.88	2.27	-13	55	58-16
Karapınar	17902	37.43	33.32	1004.00	-18.85	34.84	4.39	2.35	-14	56	58-16
Hadim	17928	36.59	32.30	1552.00	-15.49	30.39	2.27	2.32	-12	52	58-16
Tomarza	17837	38.27	35.48	1397.00	-26.10	32.41	4.22	2.39	-21	53	58-22
Sarız	17840	38.29	36.30	1500.00	-23.14	31.21	2.88	2.27	-18	52	58-22
Doğanşehir	17872	37.52	38.06	1280.00	-20.00	34.36	4.42	2.22	-15	55	58-16
Ulukışla	17906	37.33	34.29	1453.00	-17.98	31.77	2.42	2.21	-14	53	58-16
Kaman	17756	39.22	33.43	1075.00	-14.47	31.92	3.53	2.75	-11	52	58-16

4. ÇALIŞMA ALANI

Konya Coğrafi olarak İç Anadolu Bölgesinin merkezinde yer alan karasal iklime sahip olan bir şehirdir ve 37.52 N ve 32.35 E arasında yer alır. Selçuklu Devleti'ne başkentlik yapmış olan Konya tarihi İpek Yolu üzerinde yer almakta olup şimdi de bu konumunu korumaktadır. Konya, Türkiye' nin ortasında bulunması nedeniyle trafikte adeta geçiş noktası konumundadır. Ankara, Antalya, Afyonkarahisar, Isparta, Aksaray, Karaman ve Niğde illerine bağlantılı olup, diğer illere de geçiş sağlayan bir kavşak konumdadır.

Yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve kar yağışlıdır. Şehir merkezi düzlük bir alana sahiptir. Rakım deniz seviyesinden 1015 m'dir. Nufusu; kent merkezinde, 2014 yılı Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) verilerine göre 1.220.793 kişi, İl genelinde ise 2.108.808 kişidir.

Konya Belediyesi 1989'da Büyükşehir Belediyesi olmuş ve üç merkez ilçe (Selçuklu, Meram, Karatay) bağlanmıştır. 6330 sayılı yeni Büyükşehir yasasıyla birlikte sınırları toplam 31 ilçeyi içine almış ve İl sınırları olmuştur. Konya'da trafiğe kayıtlı motorlu taşıt sayısı 2014 yılı Aralık ayı sonu itibariyle 611.130 taşıt olarak belirlenmiştir. 2014 yılı sonunda Konya İli cinslerine göre sınıflandırılmış motorlu araç sayısı Tablo 4.1'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1: Konya ili cinslerine göre motorlu araç sayısı, 2014

Araçlar	Konya
Otomobil	289.030
Minibüs	9.614
Otobüs	5.344
Kamyonet	94.410
Kamyon	32.770
Motosiklet	101.557
Özel Amaçlı Taşıt	1387
Traktör	77.018
Toplam	611.130

Konya Büyükşehir Belediyesi'ne ait merkezde 524 km yol ağı bulunmaktadır. Karayolları Genel Müdürlüğü'nün yeni çevre yolu projesini planlamasıyla birlikte mevcut çevre yollarını Konya Büyükşehir Belediyesi kendi yol ağına dahil etmiştir. Bu caddelerde altyapı çalışmaları tamamlanmış ve Bitümlü Sıcak Karışım kaplama mevcuttur. Konya Büyükşehir Belediyesi olarak ilk önce Beyşehir Çevre Yolu Caddesi ve Yeni İstanbul Caddesinde modifiye katkılı kaplama uygulaması başlatılmıştır. Daha sonra 2012 yılından itibaren diğer tüm çevre yollarında da bu uygulamaya ağırlık verilmiştir.

Konya İli Çevre yollarında Karayolları Genel Müdürlüğünce yapılan Trafik sayımları incelendiğinde (2013 YOGT); en yüksek trafik yoğunluğu Yeni İstanbul Caddesi (62.048) ve en düşük trafik yoğunluğu ise Aksaray Çevreyolu Caddesi (5.794)'dir.

Konya kent merkezinde yolların sadece Yeni İstanbul Caddesi üzerinde 6,5 km, Beyşehir Çevreyolu Caddesinde 2,5 km ve Aliyaizzetbegoviç Caddesinde 1,5 km olmak üzere toplam 10.5 km'lik bir yüksek eğime sahip (rampa) güzergah mevcuttur. Genel olarak düz bir alana sahip Konya kent merkezinde toplam yol ağının ancak yüzde 2'si yüksek eğimli güzergahtan oluşmaktadır (Şekil 4.1).

Aynı zamanda ağır taşıt trafik yüküne sahip ticari araçların yoğun olduğu çevre yolları üzerinde modern dönel kavşaklar düzenlenmiştir. Konya kent merkezinde mevcut Çevre Yolları üzerinde 8 adet modern dönel kavşak uygulaması yapılmıştır.

Kavşak içi yol uzunluğu toplamı yaklaşık 1,5 km olduğundan toplam yol uzunluğuna oranı oldukça düşüktür. Bu sebeple yapılan çalışmalarda yolun yüzde 95'inden fazlasını oluşturan eğimi olamayan düz kısımlar (aliynman) üzerinde güzergah seçimleri yapılmıştır. Bu güzergahlar yüzde 0.5 ile yüzde 2 lik bir eğime sahiptir. Bu durum aynı zamanda tekerlek izi oluşumunda yolun boyuna eğiminin, yatay ve düşey kurb ile kavşakların dolaylı etkilerinin olabileceği düşünülerek çalışma alanlarının eğimsiz ve düz (aliynman) yol kesimlerinden alınmıştır.

Şekil 4.1: Konya yeni İstanbul ve Beyşehir Çevreyolu Caddesi



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Konya da mevcut çevre yollarına ilave yeni bağlantı yolları açılmıştır. Bu ara bağlantı yolları ile transit taşıt trafiğinin kent merkezinden geçen çevre yolları yerine bu bağlantı yollarını kullanılması sağlanmıştır. Böylece, trafiğin yoğunluğunun azaltılması, ağır taşıt yüküne sahip ticari araçların yollara vereceği zararın azaltılması, korunmasız yol kullanıcıları olan yayalar ve bisiklet yollarının yoğun olduğu bu güzergahlarda kazaların önlenmesi amaçlanmıştır. Yeni İstanbul Caddesini Selçuk Üniversitesi Kampüsü'nden Ankara Caddesine ve 2. Organize Sanayi Bölgesi'ne Bağlayan Aliyaizzetbegoviç Caddesi, Aksaray Yolu Caddesini Ereğli Yolu Caddesine bağlayan Aslım ve Ünen Caddeleri bunlara örnek olarak verilebilir.

Konya karasal iklime sahiptir. Bu nedenle kışları kar yağışlı ve soğuktur. İklimin bu şekilde olması kışın düşük sıcaklıklara maruz kalan yol kaplamalarını olumsuz etkilemekte ve termal çatlaklar neden olmaktadır. Konya'ya ait yıllara göre en yüksek ve en düşük ortalama sıcaklık değerleri Tablo 4.2'de gösterilmiştir. Burada günümüze yakın en düşük sıcaklık 23.12.2002'de -22.4°C ve en yüksek sıcaklık değeri ise 30.07.2000'de 40.7°C olarak kaydedilmiştir.

Tablo 4. 2: Konya'ya ait yıllara göre en yüksek ve en düşük ortalama sıcaklık değerleri

Konya	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
	Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1954-2013)											
En Yüksek Sıcaklık (°C)	17.6	23.8	28.9	31.5	34.4	37.2	40.6	39.6	36.1	31.6	25.2	21.8
En Düşük Sıcaklık (°C)	-25.8	-26.5	-15.8	-8.6	-1.2	3.2	6.0	6.6	0.4	-7.6	-20.0	-22.4
Günlük Toplam En Yüksek Yağış Miktarı						Günlük En Hızlı Rüzgâr						
03.10.1980 64,5 kg/m ²						28.02.1989 122,4 km/sa						

Kaynak:<http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=KONYA>

4.1 KONYA BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ ASFALT UYGULAMALARI

Konya Büyükşehir Belediyesi ilk Bitümlü Sıcak Karışım asfalt uygulamalarına küçük ölçekli bir asfalt karışım tesisiyle 1950’de başlamıştır. 1979 yılında Wibau marka saatte 160 ton/saat kapasiteli ve 2012 de ise 240 ton/saat kapasiteli Emak marka bir plantle Bitümlü Sıcak Karışım üretime devam etmektedir. Konya Büyükşehir Belediyesi Bitümlü Sıcak Karışım tesisleri Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’de verilmiştir.

Şekil 4.2: Konya Büyükşehir Belediyesi’ne ait EMAK marka 240 ton/saat kapasiteli asfalt planti.



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil 4.3: Konya Büyükşehir Belediyesi’ne ait WIBAU marka 160 ton/saat kapasiteli asfalt planti.



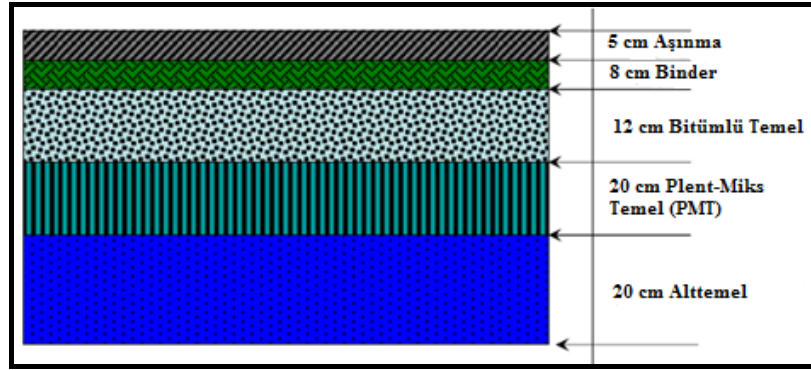
Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Konya Büyükşehir Belediyesi yıllık ortalama 350.000 ton kendi üretiminin yanında yüklenicilerden yaklaşık 300.000 ton olarak yaklaşık 650.000 ton ton asfalt serimi gerçekleştirmektedir. Yeni Büyükşehir yasasının çıkmasıyla ihaleye çıkılan 3 yeni Bitümlü Sıcak Karışım tesisleri ile bu rakamın 2015 yılı itibariyle ortalama 950.000 ton olması tahmin edilmektedir.

Konya Büyükşehir Belediyesi esnek üst yapı ve altyapı çalışması hakkında incelemeler yapılmıştır. Yapılan incelemelerde Konya Büyükşehir Belediyesince yol yapım çalışmalarında aşağıdaki tespitlerde bulunulmuştur.

Kent merkezinde yenilenmesi programa alınan caddelerde çalışma yapmadan önce kullanılacak kırmataşın ve bitümün özelliklerine göre dizayn yapılmaktadır. Mevcut taşıma kapasitesi çok düşük olan zeminlerde zemin iyileştirilmesi yapılmaktadır. Zeminin taşıma gücü kapasitesi (CBR) deneyi ile belirlendikten sonra trafik sayımı ve ağır taşıt yüzdesine bağlı olarak esnek üst yapı kalınlık hesabı yapılmaktadır. Buna uygun olarak alt temel, temel, bitümlü temel, Binder ve Aşınma tabakaları teşkil edilmektedir. Aynı şekilde her bir tabaka için sıkışma deneyleri ve dizayn uygunluk kontrolü yapılmaktadır. Esnek üst yapıda ağır taşıt trafiğinin yoğunluğu fazla olan çevre yollarında bitümlü temel uygulaması da yapılmaktadır. Ağır taşıt trafik yükünün çok az olduğu kent merkezindeki ikinci derece caddelerde ise bitümlü temel uygulaması yapılmamaktadır. Genel olarak esnek üst yapıda, Şekil 4.4'de gösterildiği gibi 20 cm Alttemel, 20 cm Temel tabakası, 12 cm Bitümlü Temel tabakası, 8 cm Binder tabakası ve 5 cm Aşınma tabakası uygulanmaktadır. Esnek üst yapı tabakalarında Marshall dizayn çalışması ve Karayolları Teknik Şartnamesine uygunluğunun kontrolü yapılmaktadır. Konya Büyükşehir Belediyesi'nce yapılan kentiçi yol örnekleri Şekil 4.5'de verilmiştir.

Şekil 4.4: Konya Büyükşehir Belediyesi esnek üst yapı tabaka kalınlıkları örneği



Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Şekil 4.5: Konya Büyükşehir Belediyesi'nce yapılan kentiçi yol örnekleri



Kaynak: Bu fotoğraflar Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Konya kent merkezinde yolların hizmet kabiliyeti indeksini azaltan ve kalıcı deformasyonlara neden olan olumsuz etkilerin başında taş kırma tesisleri ve stabilize (tüvenan) ocaklarından kent merkezine taşımalar ile kent merkezi ve civarından inşaat ve hafriyat atık sahasına yapılan taşımalar gelmektedir.

Bunun yanında kışları, kar yağışlı olması sebebiyle kar temizliği sırasında özellikle düşük sıcaklığın tesiriyle oluşan buzlanmaya karşı kullanılan tuz ve solüsyon uygulamasından olumsuz etkilendiği gözlemlenmiştir. Düşük sıcaklıkların tesiri ile de donma-çözülme sonucu kaplama yüzeyinde düşük sıcaklık çatlakları (termal çatlaklar) oluşmaktadır. Konya Büyükşehir Belediyesinin yol-bakım çalışmalarında, çevre yollarında daha önceden katkısız bitümlü karışımla yapılan kaplamalarda tekerlek izi yükseklikleri bir yıl içinde 2 cm'nin üzerine çıkan yol kesimlerinde asfalt kazıma makinaları ile müdahale edilmektedir. Üzerinden yaklaşık 3 yıl geçmiş olan kavşak yaklaşımından alınan tekerlek izi yükseklikleri yer yer 35 ile 40 mm arasında ölçülmüştür. Gözlem yapılan yerlerden Adana Çevre Yolu Caddesi üzerinde bulunan çalışma güzergahı yakınlarında mevcut kaplama yüzeyine ait 24 Aralık 2014'de çekilen fotoğrafı Şekil 4.6. ve Şekil 4.7'de verilmiştir.

Şekil 4.6: Adana Çevreyolu Caddesinde katkısız bitümlle yapılmış kaplamada tekerlek izi



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil 4.7: Adana Çevreyolu Caddesinde katkısız bitümle yapılmı kaplamada tekerlek izinin frezelenmiş hali



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Konya’da özellikle ağır taşıt trafik yükünün etkisi ile tekerlek izi oluşumlarını ve düşük sıcaklık altında meydana gelen bozulmaları en az seviyeye indirmek için esnek üst yapıda yüksek performanslı aşınma tabakası yapımına başlamıştır. Böylece, kaplamaların daha dayanıklı ve uzun ömürlü hale getirilmesini “Konya Büyükşehir Belediyesi Stratejik Plan (2015-2019)” içinde stratejik hedef olarak yer vermiştir.

Esnek üst yapıda yüksek performanslı kaplamalar yapılması için Ar-Ge faaliyetleri kapsamında modifiye edici farklı katkı malzemeleri denenmiş ve ağırlıklı olarak stiren-butadin-stiren (SBS) tercih edilmiştir. Kullanılan katkı maddesi, stiren-butadin-stiren (SBS) elastomeridir. Katılan polimer SBS blok kopolimeridir. SBS bitüme önceden katılarak, karıştırma yüksek sıcaklıklarda, özel modifiye bitüm tesislerinde gerçekleştirilmektedir. SBS bitüme, bitümün ağırlıkça yüzdesi olarak, yüzde4.5,5 oranlarında katılmaktadır.

Yapılan çalışmada Konya Büyükşehir Belediyesi Stratejik Plan (2015-2019) belirtilen; halihazır yolların kalitesini yükseltmek ve uzun süreli bakım gerektirmeyen çözümler üretmek hedefini gözeterek halihazır çevre yollarından ve şehir içi yollardan birbirine yakın özellikteki güzergah tespitleri yapılmış, tekerlek izi ölçümlerinin ve karotların alındığı kesimlerde kullanılan malzeme ve karışım özelliklerinin, kaplama tabakalarının yapımından önce hazırlanan Konya Büyükşehir Belediyesi, Yol Yapım Şube Müdürlüğü “Aşınma Dizayn” raporuna uygunluğunun araştırılması, modifiye katkılı bitümlü sıcak karışım ile katkısız bitümlü sıcak karışımların araziden alınan ve superpave yöntemiyle üretim yapılarak elde edilen numunelerinin tekerlek izi performanslarının karşılaştırılması ve sonuçlarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

4.2 TEST ALANLARININ SEÇİLMESİ

Çalışma test alanları, çevre yolları üzerinde ve kent içi yol güzergahlarından seçilmiştir. Esnek üst yapı aşınma tabakası modifiye katkılı bitümlü sıcak karışımla yapılan 3 adet ve katkısız bitümlü sıcak karışımla yapılan 3 adet olmak üzere 6 adet çalışma test alanı belirlenmiştir. Modifiye katkılı bitümlü sıcak karışımla yapılan test alanlarının tamamı çevre yolları üzerinden seçilmiştir. Katkısız bitümlü sıcak karışımla yapılan test alanlarından 1 tanesi çevre yolu üzerinde ve 2 tanesi ise birbirinin devamı niteliğinde olan kent içi yollardan seçilmiştir. Test alanlarının yerlerini gösterir uydu fotoğrafı Şekil 4.8’de görülmektedir.

Şekil 4.8: Çalışma alanlarının genel görünümünü anlatan uydu fotoğrafı



Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Test alanlarından çevre yolu üzerinde bulunan güzergahların hepsi yüksek standartlı üç şeritli bölünmüş yol olarak düzenlenmiştir. Kent içi test alanları olarak seçilen güzergahlar ise iki şeritli bölünmüş yol olarak düzenlenmiştir. Azerbaycan Caddesi (2 nolu Güzergah) dışında tüm seçilen test alanlarında esnek üst yapıda bitümlü temel tabakası kullanılmıştır. Test alanlarından Adana Çevre Yolu Caddesi ve yine Adana Çevre Yolu üzerinde bulunan Sedirler kavşağı girişinde bulunan güzergahta, inşaat ve hafriyat atık tesislerine yakın olduğundan denetim dışı kontrolsüz ağır taşıt trafik yüküne sahip araçların geçtiği bir güzergahtır. Ereğli Yolu Caddesi üzerinde bulunan test alanı kurumlara ait asfalt ve kırma taş depolama tesisleri güzergahında olduğundan yine denetim dışı kontrolsüz ağır taşıt trafik yüküne maruzdur. Antalya Çevre Yolu Caddesi üzerinde bulunan test alanı, özel firmalara ait taş ocakları, asfalt tesisleri güzergahında olduğundan, denetim dışı kontrolsüz ağır taşıt trafik yüküne maruzdur. Azerbaycan Caddesi üzerinde bulunan 1 ve 2 nolu test alanlarında yapılan trafik sayımları Tablo 4.3’de verilmiştir. Bu test alanı düşük trafik yoğunluğunun olduğu ve ağır taşıt trafik yüküne sahip araçların serbestçe giremediği bir güzergahtır. Çevre yollarında ağır taşıt trafik yüküne sahip araç sayısı fazla olmasının yanında, Büyükşehir Belediyesince “sabit ağırlık ve boyut kontrol istasyonu” kurma yetkisi olmadığından ağır taşıtların taşıma kapasitesinin çok üzerinde yük taşınması nedeniyle esnek yol üst yapısına olumsuz etki eden eşdeğer standart dingil yükü katsayısını artıracak tahmin edilmektedir.

Çalışma yapılan yollara ait Karayolları Genel Müdürlüğünün 2013 yılına ait YOGT verileri ve sayım yapılan taşıt sayıları Tablo 4.3’de verilmiştir.

Tablo 4.3: Çalışma yapılan yollardaki trafik değerleri, 2013

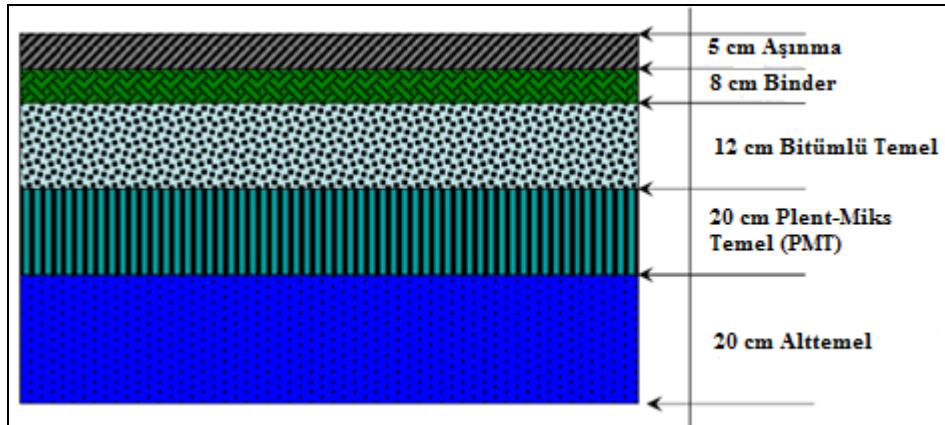
ADI	Karışım Türü	Toplam YOGT	Ağır tonajlı araç (Kamyon, Kamyon+ Romork) YOGT
Konya-Ereğli Yolu	Modifiye	8088	2950
Konya-Antalya Yolu	Modifiye	19113	3700
Konya-Adana Çevre Yolu	Modifiye	23920	4708
Azerbaycan Caddesi* (2 NoluGüzergah)	Katkısız	3568	610
Azerbaycan Caddesi* (1 NoluGüzergah)	Katkısız	3568	610
Konya-Sedirler Kavşağı	Katkısız	23920	4708

Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Test alanlarının seçiminde akma tekerlek izinin oluşmasının tamamlandığı yol kesimlerinin olmasına özen gösterilmiştir. Karot numunelerinin alındığı modifiye katkıli bitümlü sıcak karışımla aşınma tabakası yapılan, Ereğli Yolu Caddesi, Nisan 2013’de trafiğe açılmıştır. Yine modifiye katkıli bitümlü sıcak karışımla aşınma tabakası yapılan, Antalya Çevre Yolu Caddesi ve Adana Çevre Yolu Caddesi ise Ağustos 2013’de trafiğe açılmıştır. Katkısız bitümlü sıcak karışımla aşınma tabakası yapılan Azerbeycan Caddesi (1 ve 2 nolu Güzergah) ve Adana Çevre Yolu Caddesi üzerinde bulunan Sedirler Kavşağı giriş kısmında bulunan test alanı Haziran 2013’de trafiğe açılmıştır. Katkısız ve modifiye aşınma tabakalarından alınan Karot numuneler Ocak 2015’de alınmıştır.

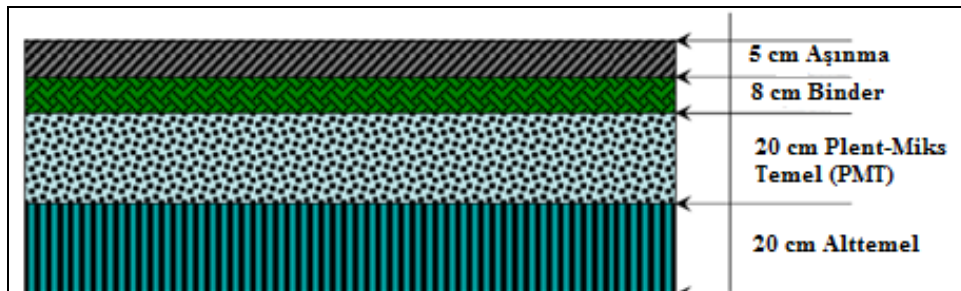
Çalışma yapılacak alanlardan modifiye katkıli bitümlü kaplama yapılan yollara ait asfalt tabaka kalınlıkları Şekil 4.9’da katkısız bitümlü kaplama yapılan asfalt tabaka kalınlıkları ise Şekil 4.10’da verilmiştir.

Şekil 4.9: Test alanlarında yapılan modifiye bitümlü asfalt tabaka kalınlıkları



Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Şekil 4.10: Test alanlarında yapılan katkısız bitümlü asfalt tabaka kalınlıkları



Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

5. ARAZİ ÇALIŞMALARI

Bu bölümde, test alanlarında bulunan gözlem noktalarında trafik sayımları, GPS cihazı ile koordinat tespiti, yerinde tekerlek izi ölçümleri ve karot numunelerin alınması ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Bu bağlamda öncelikle arazide tekerlek izi ölçümleri yapılmış, daha sonra test alanlarından alınan numuneler üzerinde Hamburg Wheel testi ile bundan sonraki performanslar karşılaştırılmıştır.

5.1 TEKERLEK İZİ KAROT NUMUNELERİNİN ALINMASI

Ülkemizde üstyapı kaplamalarında görülen başlıca bozulma tiplerinden tekerlek izi deformasyonları gerek trafik emniyeti açısından, gerekse artan bakım-onarım maliyeti nedenleri ile büyük sorunlar oluşturmaktadır. Esnek üstyapılarda yol boyunca düşey kalıcı deformasyon olarak görülen, önemli bozulma türlerinden birisi olan tekerlek izi oluşumu modifiye ve katkısız 24 adet karot numuneye Hamburg tekerlek izi cihazında uygulanarak, numunelerin tekerlek izi performansları belirlenmiştir.

Numune alınan gözlem noktaları, Konya Büyükşehir Belediyesi Stratejik Planda (2015-2019) belirtilen halihazır yolların kalitesini yükseltmek ve uzun süreli bakım gerektirmeyen çözümler üretmek kapsamında yer alan yol güzergahlarından olmasına dikkat edilmiştir. Tekerlek izi numunelerinin ve karotların alındığı kesimlerde kullanılan malzeme ve karışım özellikleri, kaplama tabakalarının yapımından önce hazırlanan Konya Büyükşehir Belediyesi, Yol Yapım Şube Müdürlüğü “Aşınma Dizayn” raporundan alınmıştır.

Çalışmada katkı maddesi olarak stiren-butadin-stiren (SBS) kullanılmıştır. Kullanılan katkı maddesi, stiren-butadin-stiren (SBS) elastomeridir. Katılan polimer SBS blok kopolimeridir. Stirenik kopolimerler SBS, SIS ve SE/BS olarak üç ana bölüme ayrılırlar. SBS bitüme önceden katılarak, karıştırma yüksek sıcaklıklarda, özel modifiye bitüm tesislerinde gerçekleştirilir. SBS bitüme, bitümün ağırlıkça yüzdesi olarak, yüzde 3 ile yüzde 7 arasında karıştırılabilir.

50/70 penetrasyonlu bitüme, karışım ağırlığının yüzde 5 ve yüzde 4.5 oranında “Kraton” önceden katılarak, karıştırma yüksek sıcaklıklarda özel modifiye bitüm tesislerinde gerçekleştirilmiş ve bu şekilde üretilen modifiye bitüm agregaya katılmıştır.

Konya Büyükşehir Belediyesi Stratejik Plan doğrultusunda seçilen yollardan modifiye ve katkısız aşınma tabakasından alınan karotların yerlerini gösterir uydu Fotoğrafları Ekler bölümünde (Ek:A) verilmiştir.

Seçilen güzergahlarda, trafik ve iş güvenliğini sağlamak için, uygun trafik işaretlemesi kullanılarak karot numunelerin alınacağı şerit trafiğe kapatılmıştır. Tekerlek izi deneyinde kullanılacak olan karot numuneleri yol kesimi üzerinde önce işaretlenmiş ve daha sonra karot kesme cihazı ile alınmıştır (Şekil 5.1).

Şekil 5.1: Trafik ve iş güvenliğinin sağlanması



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Tekerlek izi derinliğini ölçmek için 3 m uzunluğunda düz bir master kullanılmıştır. Bu master, kaplama üzerinde oluşan tekerlek izi üzerine enine yerleştirilerek maksimum tekerlek izi derinlikleri ölçülmüştür. Kaplama üzerinde oluşan tekerlek izi yükseklikleri dijital kumpas ile ölçümleri alınmış ve ortalama tekerlek izi yükseklikleri bulunmuştur. Ayrıca TOPCON marka GPS cihazı ile karot alınan yerlerin koordinatları belirlenmiştir (Şekil 5.2).

Şekil 5.2: Karot numunelerin GPS ile koordinatların belirlenmesi ve ölçümlerin yapılması



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Deneysel çalışmada kullanılan olan karot numuneler Şekil 5.3’de gösterilmiştir.

Şekil 5.3: Deneysel çalışmada kullanılacak olan karot numuneler



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu bölümde gözlem noktalarında kullanılan bitümün PG sınıfının belirlenmiştir. Araziden alınan karotların fiziksel özellikleri belirlenerek şartname kriterleri ile karşılaştırması yapılmıştır. Ayrıca karot numunelerine ve Superpave yöntemi ile hazırlanan tekerlek izi deney numunelerine gerçekleştirilen Hamburg Tekerlek İzi deneyi sonuçları ve değerlendirmesi yapılmıştır.

6.1 BİTÜMLÜ BAĞLAYICI PERFORMANS (PG) SINIFININ BELİRLENMESİ

Yüksek Performanslı asfalt kaplama (Superpave) yönteminde bitümler, sıcaklık koşullarında gösterdikleri performanslara göre sınıflandırılmıştır. Bu nedenle bu tür bitümlü bağlayıcılara "Performans Sınıfı (Performance Grade)" bitüm adı verilmiş ve PG simgesi ile tanımlanmıştır. Sistemde, bitümün tanımlanması için yapılan deneylerde bitümden beklenen özellikler aynıdır. Ancak bu özelliklerin beklendiği sıcaklıklar farklılık gösterir. Yani, performans sınıfı bitümlerde fiziksel özellikler sabit kalır ancak, bu özelliklerin elde edileceği sıcaklıklar bitümün kullanılacağı yerdeki iklim şartlarına göre farklılık gösterir (Öztürk ve Çubuk 2004).

Bu çalışmada, Türkiye Petrol Rafinerileri Anonim Şirketi (TÜPRAŞ) Kırıkkale rafinerisi tarafından üretilmiş olan 50/70 penetrasyon sınıfı bitümlü bağlayıcı kullanılmıştır. Kullanılan bitümlü bağlayıcının orijinal (katkısız) haldeki ve bitüm ağırlığının yüzde 5, yüzde 4.5 oranında "Kraton" katkıli modifiye bitümün Superpave sistemindeki performans seviyeleri Karayolları Genel Müdürlüğü bitümlü bağlayıcılar laboratuvarında belirlenmiştir. Konya Büyükşehir Belediyesi yol yapım çalışmalarında kullanılan katkısiz ve modifiye bitümlü bağlayıcının performans değerlerinin Karayolları Teknik Şartname (2013)'ye uygunluğu belirlenmiştir. Tablo 6.1'de katkısiz bitüm ve SBS "Kraton" katkıli modifiye bitüm için belirlenen PG sınıflandırmaları verilmiştir.

Tablo 6.1: Katkısız bitüm ve SBS “Kraton” katkıli modifiye bitüm PG sınıflandırması

BİTÜM		Orijinal Bitüm Deneyleri				RTFOT Sonrası Bitüm Deneyleri			RTFOT+PAV Sonrası Bitüm Deneyleri		
				DSR			DSR		DSR	BBR	
				(G*/sinδ>1kpa)			(G*/sinδ>2.2kpa)		(G*/sinδ<5000kpa)		
Rafinerisi ve Sınıfı	Penetrasyon	Yumuşama Noktası °C	Yenilme Sıcaklığı °C	Sınıfı	Kütle Kaybı, %	Yenilme Sıcaklığı °C	Sınıfı	Yenilme Sıcaklığı °C	Yenilme Sıcaklığı °C	PG SINIFI	
Kırıkkale B 50/70 Saf Bitüm	54	44	68	64	0,01	67,2	64	25,6	-12	PG 64-22	
% 5 Kraton D 1192 ES”katılı	34	72,6	79,4	76	-0,06	79,6	76	25,7	-12	PG 76-22	
% 4,5 Kraton D 1192 ES”katılı	37	55,2	74,4	76	-0,07	76,8	76	27,0	-12	PG 76-22	
KTŞ, 2013 Modifiye Bitüm	20-70	67	76	76	0,8	76	76	31,0	-12	PG 76-22	

Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Bu çalışmada RTFOT yöntemiyle yaşlandırılmış, 50/70 penetrasyon sınıfı saf bitümün performans sınıfı PG 64-22 ve SBS “Kraton” katkıli modifiye bitümün performans sınıfı ise PG 76-22 olarak belirlenmiştir. Termal çatlama yönünden, 50/70 penetrasyon sınıfı katkısiz bitüm ve yüzde 5, yüzde 4.5 “Kraton” katkıli modifiye bitüm -22 °C ye kadar direnç gösterebilmektedir. Kaplamanın, yorulma çatlağı oluşumuna karşı dayanımı olan orta sıcaklık performans sınıfı ise saf ve katkıli bitümlü bağlayıcıda PG 26 olarak belirlenmiştir. 2012 yılında yayımlanan, Karayolları Genel Müdürlüğü Bitümlü Sıcak Karışım kaplamalı yollar için bitüm sınıfı haritalarına göre Konya ve bölgesi için PG 58-16, PG58-22, PG 64-16 ve PG 64-22 olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan katkısiz ve modifiyeli bitümlü bağlayıcıların Konya ve bölgesi uygun olduğu görülmüştür.

Aşınma tabakasından alınan karot numuneler üzerinde; imalat sırasında karışımdaki bitüm miktarının şartname limitleri bitüm değerine uygunluğunun kontrol edilmesi, karışımların gradasyonlarının belirlenmesi, sıkışmış tabakanın hava boşluklarının belirlenmesi ve yollardaki sıkışmanın kontrolü yapılarak şartname kriterleri ile kıyaslanmıştır.

Karot numunelerinin içindeki bitümlü bağlayıcı oranının tespiti ASTM D 2172 Metot-B'ye göre Şekil 6.1'de görülen cam ekstraksiyon aleti kullanılarak bitüm oranı bulunmuş ve sonuçları Tablo 6.2'de verilmiştir. Karot numunelerin bitüm oranları, aşınma tabakası KTŞ (2013), şartname limitleri (Yüzde Bitüm: 4,00-7,00) kriterlerini sağlamaktadır. Bitümü alınmış karot numunelerinin bir bölümü Şekil 6.2'de görülmektedir.

Şekil 6.1: ASTM D 2172 Metot-B cam ekstraksiyon aleti



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil 6.2: Aşınma tabakası bitümü alınmış karot numuneler



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Tablo 6.2: Karot numunelerin ortalama bitüm sonuçları

Adı	Katkı Oranı	Ortalama Bitüm (Yüzde)
Konya-Ereğli Caddesi	%5 Modifiye	4.05
Konya-Antalya Çevre Yolu	%5 Modifiye	4.35
Konya-Adana Çevre Yolu	%4.5 Modifiye	4.36
Azerbeycan Caddesi (2 Nolu Güzergah)	Katkısız	4.54
Azerbeycan Caddesi (1 Nolu Güzergah)	Katkısız	4.17
Konya-Sedirler Kavşağı Girişi	Katkısız	4.08

Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Aşınma tabakası karot numuneler üzerinde karışım gradasyonunun uygunluğunu kontrol etmek amacıyla ekstraksiyon sonrası elek analizi yapılmış ve sonuçları Tablo 6.3’de verilmiştir. Katkısız ve modifiye aşınma tabakasından alınan karot numunelerin ekstraksiyon sonrası agrega granülometri eğrileri ve Karayolları Teknik Şartnamesi (2013), Aşınma Tabakası “TİP-I” limitleri ile karşılaştırması Ekler bölümünde (Ek:B) verilmiştir.

Tablo 6.3: Aşınma tabakası karot numunelerin ekstraksiyon sonrası elek analizi sonuçları

ELEK AÇIKLIĞI (mm)	Konya Ereğli Caddesi %5 Modifiye	Antalya Çevre Yolu %5 Modifiye	Adana Çevre Yolu %4.5 Modifiye	Azerbeycan Caddesi (2 Nolu Güzergah) Katkısız	Azerbeycan Caddesi (1 Nolu Güzergah) Katkısız	Sedirler Kavşağı Girişi Katkısız	ŞARTNAME LİMİTLERİ TİP-I	
							100	100
19,0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100	100
12,5	94,67	95,23	90,03	88,73	92,24	83,35	88	100
9,5	89,85	84,73	80,48	81,70	84,00	73,21	72	90
4,75	54,99	54,48	60,78	64,61	54,53	50,87	42	52
2,0	27,83	35,40	34,95	36,17	31,02	30,59	25	35
0,425	9,64	17,75	15,26	13,88	14,53	15,00	10	20
0,180	5,92	12,98	10,49	9,45	11,27	10,80	7	14
0,075	3,05	6,11	4,43	4,25	7,51	4,78	3	8

Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Karayolları Teknik Şartnamesi 2013’de; 10-15 cm çapındaki karot numunelerin ortalama değer olarak yoğunluğu, işyeri karışım yoğunluğunun Binder ve Aşınma tabakası için yüzde 98’inden daha düşük olmaması ve yolun hiçbir kesiminde %100’den daha fazla sıkışma olmaması istenmektedir. Aşağıda Tablo 6.4’de asfalt betonu sıkışma ve kalınlık kriterleri verilmiştir.

Tablo 6.4: Asfalt betonu sıkışma ve yüzey kalınlık özellikleri

Özellikler	Bitümlü Temel Tabakası	Binder Tabakası	Aşınma Tabakası
Sıkışma, işyeri karışım yoğunluğunun %’si <ul style="list-style-type: none"> Karot Sıkışma (tek değer olarak) Karot Sıkışma (ortalama değer olarak) 	> 96 > 98	> 96 98 - 100	> 97 98 - 100
Sıkışmış tabakanın hava boşluğu, <ul style="list-style-type: none"> Ortalama % maksimum 	-	< 7	< 6
Sıkışmış tabakanın kalınlık (h) toleransları <ul style="list-style-type: none"> tek değer olarak ortalama değer olarak 	± 0,1 h h - (h + 0,1h)	± 0,1 h h - (h + 0,1h)	± 0,1 h h - (h + 0,1h)
Yüzey düzgünlüğü (mm/4 m)	< 10	< 5	< 5

Kaynak: Karayolları Teknik Şartnamesi, 2013

Aşınma tabakalarından alınan karot numunelerinin ortalama yoğunluğu, sıkışma yüzdesi, boşluk oranı ve karot yükseklikleri Tablo 6.5’de verilmiştir.

Tablo 6.5: Aşınma tabakası karot numunelerin fiziksel özellikleri ve kontrolü

ADI	Katkı Oranı	Özgül Ağırlık (Dp)	Sıkışma (%)	Boşluk, Vh (%)	Yükseklik (mm)
Konya-Ereğli Caddesi	%5 Modifiye	2,332	97,18	4,42	54,96
Konya-Antalya Çevre Yolu	%5 Modifiye	2,347	97,80	3,80	53,91
Konya-Adana Çevre Yolu	%4.5 Modifiye	2,431	99,88	4,32	54,51
Azerbeycan Caddesi (2 Nolu Güzergah)	Katkısız	2,329	97,05	4,54	53,63
Azerbeycan Caddesi (1 Nolu Güzergah)	Katkısız	2,306	96,06	5,51	57,95
Konya-Sedirler Kavşağı Girişi	Katkısız	2,403	98,71	5,44	55,77

Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

6.2 HAMBURG TEKERLEK İZİ DENEYİ

Tekerlek izi deneyi kullanılmasındaki amaçlar; karışımların tekerlek izi oluşum potansiyellerini incelemek, farklı karışımların performanslarını karşılaştırmak, performans ölçütlerini belirlemek ve arazide oluşabilecek tekerlek izi miktarlarını tahmin etmektir.

Hamburg tekerlek izi cihazı, sıcak su içerisine batırılmış asfalt betonu numunelerinin yüzeyleri boyunca, çelik bir tekerleğin hareketiyle oluşan tekerlek izi ve su hasarının birleştirilmiş etkilerini ölçmektedir. Tekerlek geçiş sayısı 10.000’den sonra bazı karışım numunelerinin sudan dolayı hasara uğradıkları görülmüştür. Şekil 1’de görülen cihaz 1970’de Esso A.G. tarafından Hamburg da geliştirilmiştir (Romero ve Stuart, 1998).

Hamburg tekerlek izi deneyinde numuneler, kalıbın üst kenarıyla aynı yükseklikte olmalıdır. İhtiyaç duyulursa, numunenin altına konulması için çelik plakalar kullanılabilir. Kalıplar çelik plaka üzerine konulur. Hamburg tekerlek izi deneyinde en çok kullanılan deney sıcaklığı 50 °C’dir. Temelde kullanılacak karışımlar için 40 °C kullanılır. Su sıcaklığı 45 dakikada 50 °C’ye ulaşır. Numuneler en az 30 dakika deney sıcaklığında koşullandırılır ve suyun sıcaklığı sabit tutulur. Tekerlek izi derinliği otomatik ve sürekli olarak 0,01 mm hassasiyetle ölçülür. Her bir 20, 50, 100 veya 200 geçişte oluşan tekerlek izi derinlikleri alınabilir. 20.000 tekerlek geçişi yaklaşık 6,5 saat

sürer. Bununla birlikte, numunelerin birindeki tekerlek izi derinliği 20 mm'yi aşarsa, cihaz otomatik olarak durmaktadır (URL:1).

Deneysel çalışmalar, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Ulaştırma laboratuvarında bulunan Şekil 6.3'de görülen Controls marka "77-PV31A05 PAVELAB DWT Hamburg Type double Wheel tracker" tipi deney cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tekerlek izi deneyinde aynı anda iki numune test edilebilmektedir.

Şekil 6.3: PAVELAB DWT Hamburg tekerlek izi cihazı



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

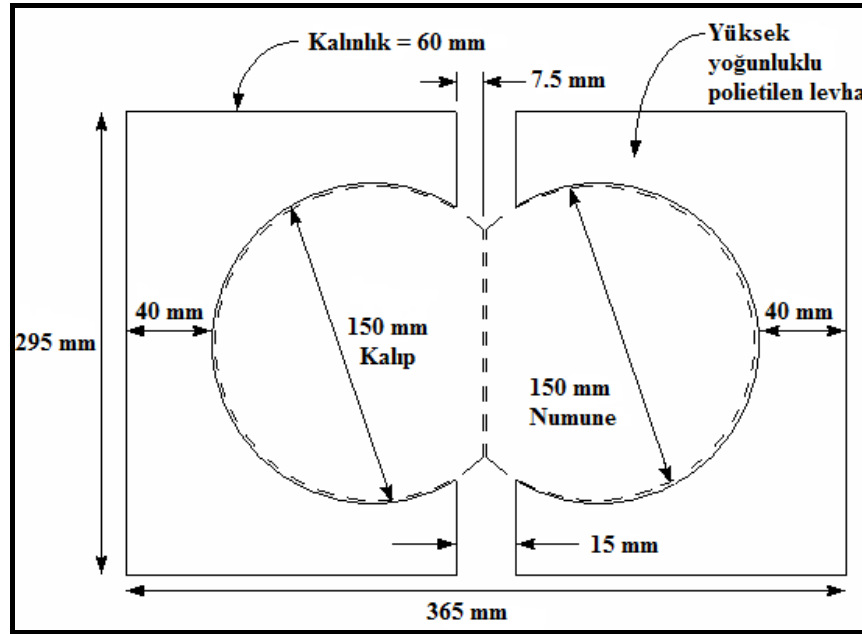
Hamburg Tekerlek İzi deneyi için AASHTO T324 metodu kullanılmıştır. Deneyler, yollarda görülebilecek ortam ve hizmet (servis) sıcaklığı olarak, 50 °C sıcaklıkta yapılmıştır. Başlangıçta karot numunelerin pekleşmesi ve düzgün bir yüzeye sahip olması için 25 °C'de 100 devir, laboratuvarında Superpave Gyratory Compactor" yağurmalı presi kullanılarak üretilen numunelere ise 25 °C'de 1000 devir uygulanmıştır.

Aşınma tabakası karot numuneleri ve Superpave "Gyratory Compactor" yağurmalı presi kullanılarak üretilen numunelere deneye başlamadan önce 30 dakika test

sıcaklığında suda bekletilerek koşullandırılmıştır. Hızı 26 devir/dakika olan tekerlere 705 N yük uygulanmıştır. Deneysel çalışmada karot numunelere 10.000 devir bir başka deyişle 20.000 tekerlek geçiş sayısı uygulanmıştır.

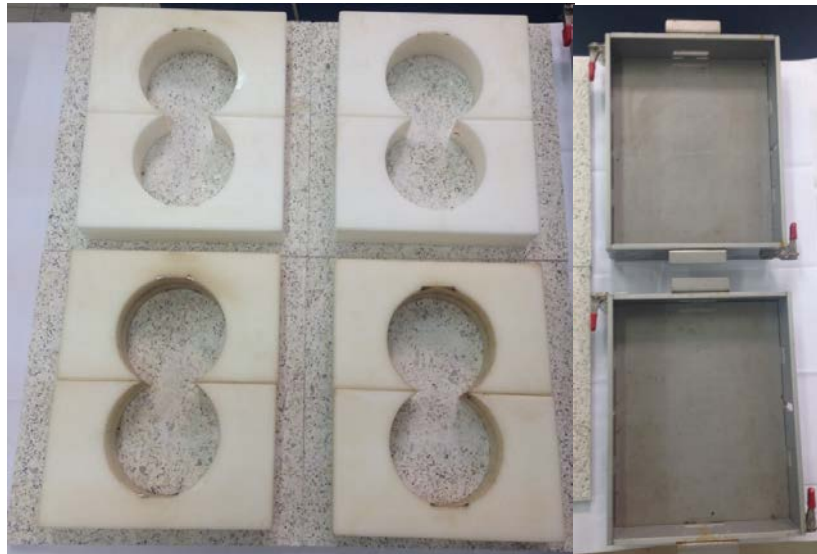
Tekerlek izi deneyi için, 150 mm çapa sahip karot numuneler için aşığıda Şekil 6.4. ve Şekil 6.5’de görülen tekerlek izi numune kalıbı referans alınmıştır.

Şekil 6.4: Hamburg tekerlek izi cihazı test numune kalıbının üstten görünümü



Kaynak: Pavelab DWT kullanıcı el kitabı

Şekil 6.5: PAVELAB DWT tekerlek izi numune kalıpları



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Aşınma tabakalarından alınan 150 mm çapa sahip karot numuneler, önce tekerlek izi deneyi için Şekil 6.6'da görülen asfalt kesme makinesinde 60 mm kalınlık ve numune kenarlarından 7.5 mm kesilerek uygun boyutlara getirilmiştir.

Şekil 6.6: Asfalt karot kesme makinesi



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil 6.7'de bir bölümü görülen numuneler referans kalıbına uygun hale getirildikten sonra kesin boyutları dijital kumpas ile hassas bir şekilde ölçülmüştür.

Şekil 6.7: Referans kalıba uygun hale getirilen karot numuneler ve kesitleri



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Modifiye ve katkısız karot numunelerin PAVELAB DWT Hamburg tekerlek izi deneyi sonrası durumu aşağıda Şekil 6.8’de gösterilmiştir.

Şekil 6.8: Katkısız ve modifiye karot numunelerin tekerlek izi deneyi sonrası durumu



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Numunelerde meydana gelen tekerlek izi derinlikleri Şekil 6.9’da görülen sensör ile otomatik olarak ölçülmektedir.

Şekil 6.9: Hamburg tekerlek izi cihazı deformasyon ölçer sensör



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

6.3 SUPERPAVE YÖNTEMİ İLE DENEY NUMUNELERİNİN HAZIRLANMASI

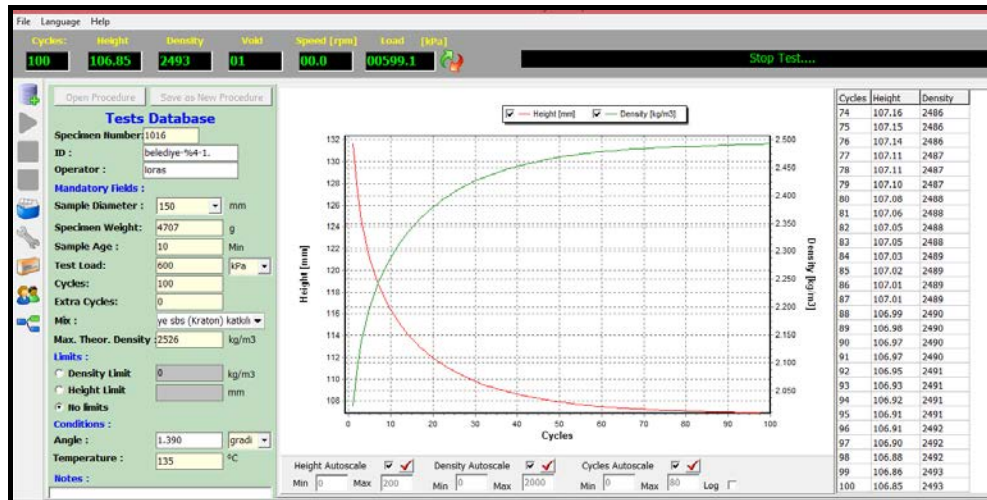
Çalışmada kullanılacak tekerlek izi deney numuneleri Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği, Ulaştırma laboratuvarında bulunan Controls marka “GYROCOMP, Gyrotory Compactor” yağurmalı presi kullanılarak hazırlanmıştır. Cihaz, 0,5-1,5° aralığında yağurma açısına sahip, yağurma hızı 30 devir/dakika, yağurma basıncı 0–700 kPa olarak ayarlanabilen ve 100 mm ile 150 mm’lik numune hazırlamaya elverişlidir. Deneysel çalışmada kullanılan yağurmalı pres Şekil 6.10’de gösterilmiştir. Ayrıca cihaza ait bir yazılım programı mevcuttur ve işlemler anında bilgisayara aktarılmaktadır (Şekil 6.11).

Şekil 6.10: Çalışmada kullanılan “GYROCOMP, GyrotoryCompactor” yağurmalı presi



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir

Şekil 6.11: “GYROCOMP, GyrotoryCompactor” yağurmalı presi bilgisayar yazılım programı



Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır

Sıkıştırma enerjisinin birfonksiyonu olan yoğurma sayısı; tasarım eşdeğerteke dingil yükü (ETDY) ve yolun sınıfına bağılı olarak sıkıştırma parametreleri Tablo 6.6'da görülmektedir (Superpave-2000, 1999).

Tablo 6.6: Trafik seviyesine göre sıkıştırma parametreleri

Dizayn Trafik (ETDY), milyon	Sıkıştırma Parametreleri			Tipik Karayolu Uygulamaları
	Nini	Ndes	Nmaks	
< 0,3	6	50	75	Çok az trafik kapasiteli yollar
0,3-3	7	75	115	Orta trafikli şehir yolları
3-30	8	100	160	Yüksek trafikli şehir yolları ile çift yönlü, çok şeritli yollar
> 30	9	125	205	Ağır kamyon trafiğine maruz kalan çok şeritli, ağır trafik yoğunluklu yollar

Kaynak: Superpave 2000, 1999

Superpave sisteminde sıkıştırma enerjisi, yoğurma sayısının (N_{des}) bir fonksiyonu olarak alınmaktadır. N_{ini} sayısı karışımın sıkışabilirliğini, N_{maks} sayısı ise karışımın ulaşabileceği maksimum yoğunluğu tespit etmek için kullanılmaktadır.

Çalışmada, kabul edilen 3–30 milyon eşdeğer tek dingil yükü tekerrür sayısına göre sıkıştırma parametreleri; $N_{ini} = 8$, $N_{des} = 100$ ve $N_{maks} = 160$ olarak alınmıştır. Tasarım agrega gradasyonuna göre hazırlanan karışımlar optimum bitüm içeriğinde toplam 8 asfalt karışım numunesi hazırlanmıştır. Modifiye edici katkı maddelerinin kullanım amacı, bitümlü bağlayıcı ve karışımların davranışlarının iyileştirilmesidir.

Çalışmada, Şekil 6.12'de verilen ve bitümün modifikasyonunda yaygın olarak kullanılan termoplastik polimerlerden stiren-butadien-stiren (SBS) katkı maddesi kullanılmıştır. Karışım için; 50/70 penetrasyonlu saf bitüm ve %4 - %4,5 - %5 oranlarında SBS (Kraton) katkılı modifiye bitüm bağlayıcısı kullanılarak karışım numuneleri hazırlanmıştır.

Şekil 6.12: Çalışmada kullanılan SBS (Kraton) katkı maddesi



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Tekerlek İzi deneyinde kullanılacak numuneler hazırlanırken;

1. Dizayn agrega gradasyonuna göre gerekli tartımlar yapılarak, 4500 gr agrega ile 115 mm \pm 5 mm yüksekliğinde numuneler üretilmiştir. Çalışmada, kullanılan bitümlü bağlayıcı uygun karışım sıcaklığında agregayla birlikte ısıtıldıktan sonra agrega ve bitüm mekanik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Ayrıca, Sıkıştırma kalıbı, tepsisi ve diğer sıkıştırma aparatları sıkıştırma işleminden 1 saat öncesi etüve yerleştirilmiştir (Şekil 6.13-Şekil 6.14).

Şekil 6.13: Superpave deney numunelerinin ve aparatların etüve bekletilmesi



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil 6.14: Superpave deney numunelerinin mekanik karıştırıcıda karıştırılması



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir

2. Yoğurmalı sıkıştırıcının çalışmasıyla ilgili ayarlar yapılarak (açı, basınç, sıkışma sayısı vb.) bilgisayar yazılım programına aktarılmıştır. Sıkıştırma için kullanılan kalıp ve diğer parçalar yağlandıktan sonra kalıbın altına ve karışım kalıba doldurulduktan sonra üzerine kağıt konularak yoğurmalı sıkıştırıcının numune haznesine bırakılmıştır. Sıkıştırmada seçilen yük 600kpa uygulanarak, sıkışma yüksekliği ve diğer bilgiler bilgisayar yazılım programı tarafından kaydedilmiştir. Sıkışma sayısı kadar dönme gerçekleşince yoğurmalı sıkıştırıcı cihazı otomatik olarak işlemi durdurmuştur. Kalıp cihazdan dışarıya alındıktan sonra, sıkıştırılan numunenin bozulmaması için kalıp biraz soğuduktan sonra numunenin üzerindeki ve altındaki kağıtlar çıkartılmıştır (Şekil 6.15).

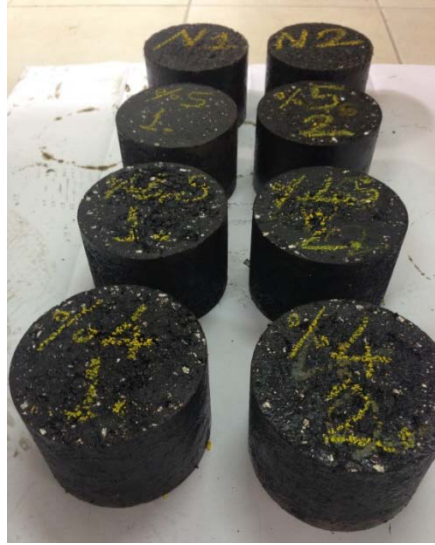
Şekil 6.15: Yoğurmalı sıkıştırıcıdan numunenin çıkarılması



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir

3. Bu işlemin ardından kalıptan çıkartılan deney numunelerine tebeşir yardımıyla numunelerin katkı oranları ve isimleri yazılmıştır. Şekil 6.16’da “Gyratory Compactor” yoğurmalı sıkıştırıcıdan çıkan katkısız ve SBS (Kraton) katkılı bitümlü sıcak karışım deney numuneleri görülmektedir.

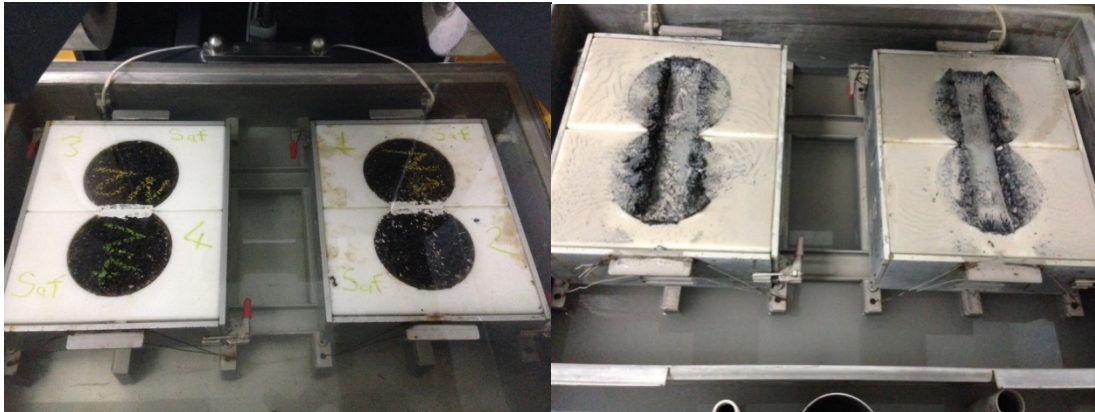
Şekil 6.16: “Gyratory Compactor”yoğurmalı sıkıştırıcıdan çıkarılan deney numuneleri



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir

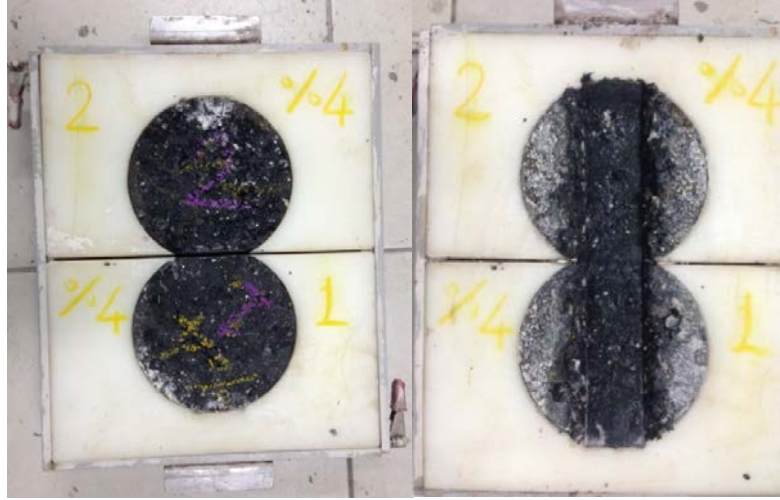
PAVELAB DWT Hamburg tekerlek izi cihazında saf ve SBS (Kraton) katkılı bitümlü sıcak karışım numunelerinin deney öncesi ve deney sonrası durumları Şekil 6.17 ile Şekil 6.21’de verilmiştir.

Şekil 6.17: Katkısız numunelerin tekerlek izi deneyi öncesi ve sonrası durumu



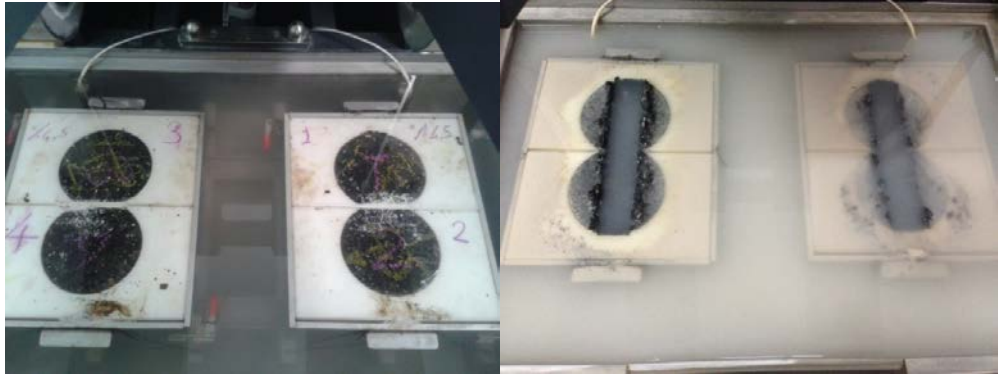
Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir

Şekil 6.18: Yüzde 4 SBS katkılı numunelerin tekerlek izi deneyi öncesi ve sonrası durumu



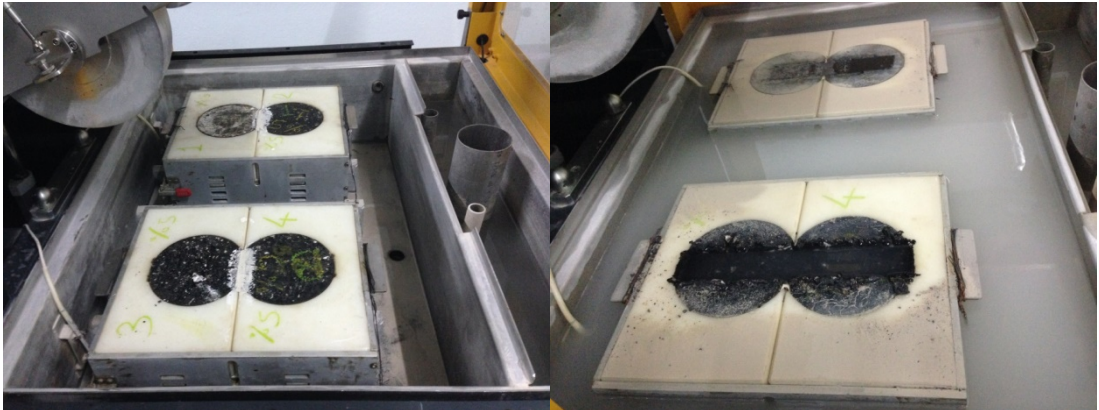
Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir

Şekil 6.19: Yüzde 4,5 SBS katkılı numunelerin tekerlek izi deneyi öncesi ve sonrası durumu



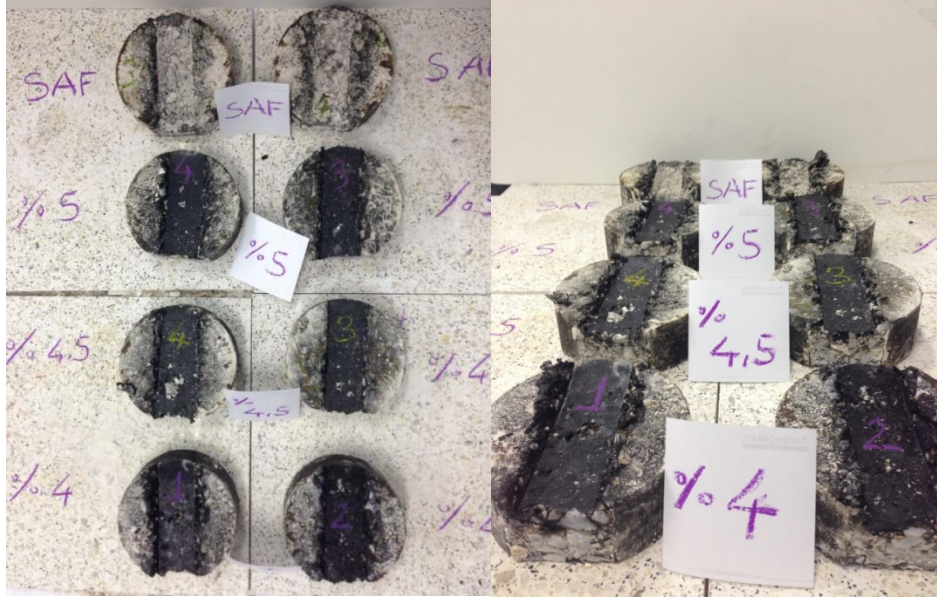
Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir

Şekil 6.20: Yüzde 5 SBS katkılı numunelerin tekerlek izi deneyi öncesi ve sonrası durumu



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir

Şekil 6. 11: Katkısız ve SBS katkıli numunelerin tekerlek izi deneyi sonrası kesitleri



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir

7. BULGULAR

7.1 KAROT NUMUNELERİN TEKERLEK İZİ PERFORMANSI

Karot alınan yerlerde KGM (2013) yılına ait YOGT değerleri ve yerinde ölçülen tekerlek izi yükseklikleri Tablo 7.1’de görülmektedir.

Tablo 7.1: Karot alınan yollardaki trafik değerleri yerinde ölçülen ortalama tekerlek izi yükseklikleri

ADI	Yapım Tarihi	EDY	Katkı Oranı	Toplam YOGT	Ağır tonajlı araç (Kamyon, Kamyon+ Romork) YOGT	Ortalama Tekerek İzi Yüksekliği (mm)
Konya-Ereğli Yolu Caddesi	Nisan 2013	5.846.528	%5	8088	2950	4.31
Konya-Antalya Çevre Yolu	Ağustos 2013	7.823.504	%5	19113	3700	4.28
Konya-Adana Çevre Yolu	Ağustos 2013	9.871.680	%4,5	23920	4708	6.20
Azerbeycan Caddesi* (2 Nolu Güzergah)	Haziran 2013	1.535.376	Katkısız	3568	610	3.60
Azerbeycan Caddesi* (1 Nolu Güzergah)	Haziran 2013	1.535.376	Katkısız	3568	610	3.40
Konya-Sedirler Kavşağı Girişi	Haziran 2013	9.871.680	Katkısız	23920	4708	11,58

Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

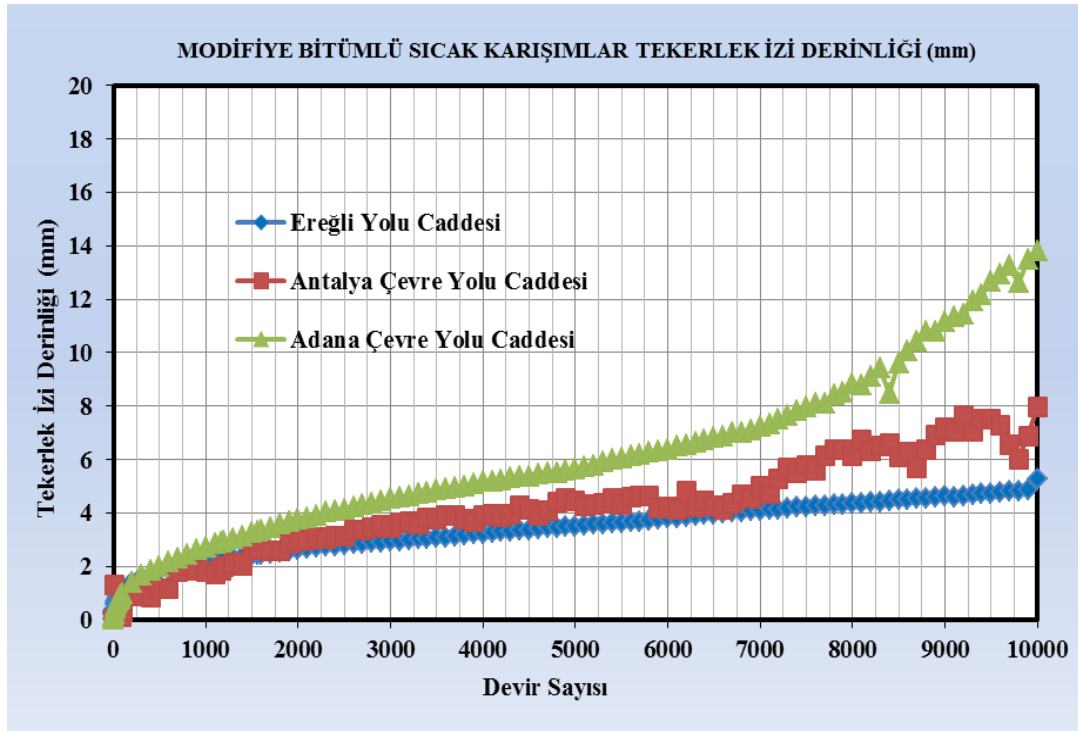
Esnek üstyapılarda yol boyunca düşey kalıcı deformasyon olarak görülen, önemli bozulma türlerinden birisi olan tekerlek izi oluşumu modifiye ve katkısız 24 adet karot numuneye Hamburg tekerlek izi cihazında uygulanarak, numunelerin tekerlek izi performansları belirlenmiştir. Trafik ve su etkisi asfalt betonu kaplamalarının bozulmasında en önemli faktörlerdendir. Deney başladıktan sonra, 100, 300, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000 ve 10000 devirlerde otomatik sensörden alınan karot numunelerinin 50 °C’deki ortalama tekerlek izi derinlikleri Tablo 7.2’de, grafikleri ise Şekil 7.1 ve Şekil 7.2’de verilmiştir.

Tablo 7.2: Aşınma tabakaları karot numunelerinin ortalama tekerlek izi derinlikleri (mm)

Konya-Ereğli Caddesi Modifiye Aşınma Tabakası (%5 SBS “Kraton” katkı)												
Devir Sayıları												
100	300	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
1,131	1,561	1,797	2,160	2,627	2,940	3,215	3,512	3,794	4,109	4,363	4,620	5,256
Konya-Antalya Çevre Yolu Caddesi Modifiye Aşınma Tabakası (%5 SBS “Kraton” katkı)												
Devir Sayıları												
100	300	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
0,300	1,053	1,167	1,794	2,925	3,455	3,887	4,459	4,244	5,018	6,118	7,193	7,966
Konya-Adana Çevre Yolu Caddesi modifiye aşınma tabakası (%4.5 SBS “Kraton” katkı)												
Devir Sayıları												
100	300	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
0,987	1,659	2,006	2,732	3,750	4,549	5,162	5,624	6,379	7,229	8,817	11,176	13,790
Azerbaycan Caddesi Aşınma Tabakası-2 nolu Güzerğah (Katkısız)												
Devir Sayıları												
100	300	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
0,878	1,299	1,729	2,378	2,907	3,568	4,315	5,014	6,348	9,421	12,982	14,591	15,266
Azerbaycan Caddesi Aşınma Tabakası-1 nolu Güzerğah (Katkısız)												
Devir Sayıları												
100	300	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
1,019	1,565	1,988	3,130	4,601	5,696	6,337	7,208	7,988	8,695	10,596	12,993	16,673
Sedirler Kavşağı Girişi Aşınma Tabakası (Katkısız)												
Devir Sayıları												
100	300	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
1,566	2,595	3,231	4,261	5,487	6,393	7,172	8,166	10,238	13,882	16,662	17,307	17,738

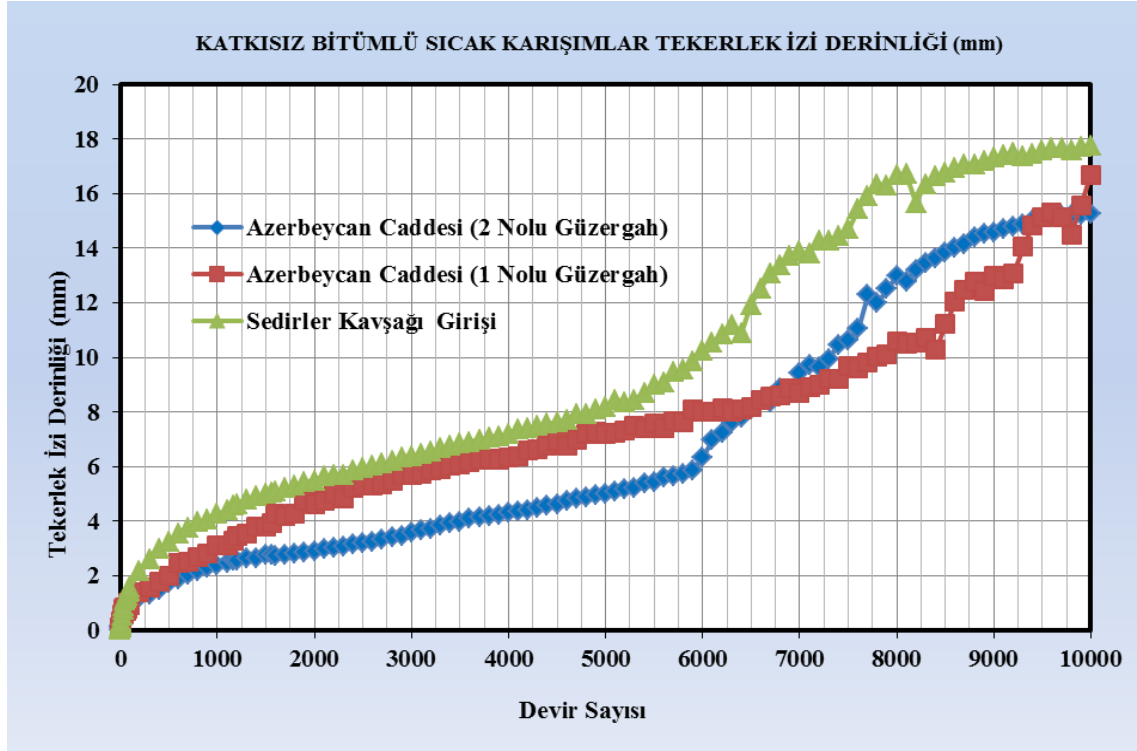
Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Şekil 7.1: Modifiye aşınma tabakası karot numunelerde devir sayısı ve sıcaklığa bağlı oluşan tekerlek izi derinliği



Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Şekil 7.2: Katkısız aşınma tabakası karot numunelerinde devir sayısı ve sıcaklığa bağlı oluşan tekerlek izi derinliği

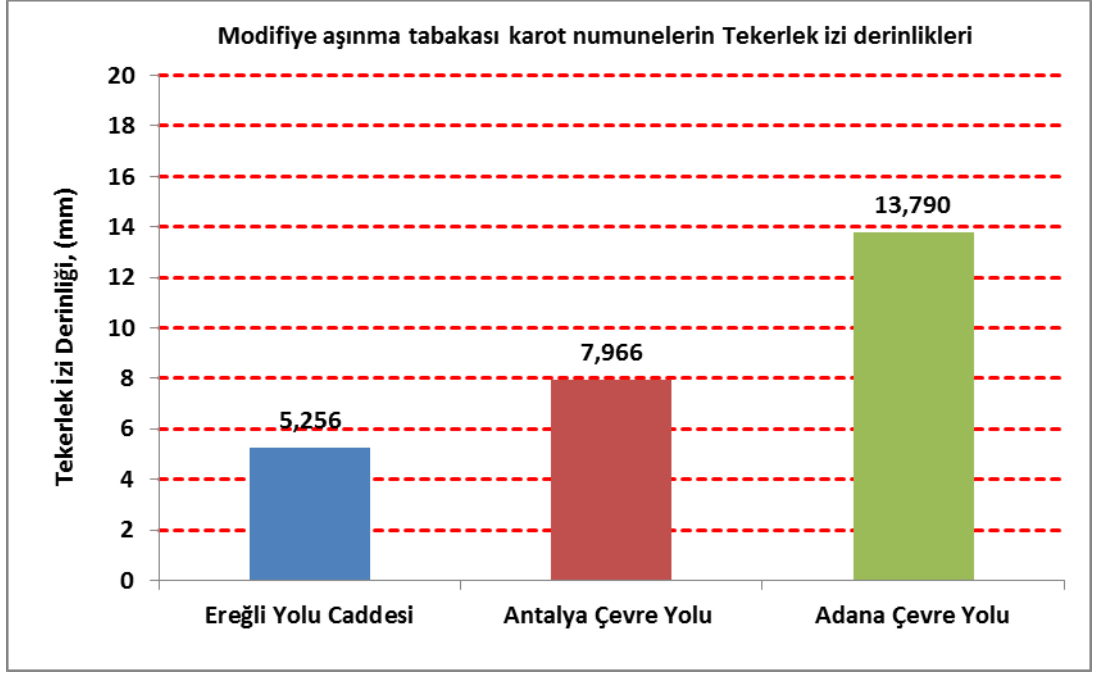


Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Çalışmada karot numunelerinin tekerlek izi dirençlerini incelemek amacıyla AASHTO T324 metoduna göre deneyler yapılmıştır. Controls marka “77-PV31A05 PAVELAB DWT Hamburg Type double Wheel tracker” tipi deney cihazı kullanılarak gerçekleştirilen, modifiye aşınma tabakası karot numunelerinin 10.000 devir (20.000 tekerlek geçişi) sonunda plastik deformasyonlara karşı dayanıklı olduğu görülmüştür. SBS katkılı karot numunelerinin sıcaklık ve su etkisinden etkilenmediği, tekerlek izi oluşumuna ve soyulmaya karşı daha dirençli olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum SBS katkılı asfalt kullanımının katkısız asfalt kullanımına göre tekerlek izi oluşumu açısından daha etkin olduğunu göstermektedir. Özellikle katkısız aşınma tabakasından alınan karot numuneleri deneysel çalışma sırasında sıcaklık ve su etkisine karşı daha duyarlı olduğu gözlenmiştir.

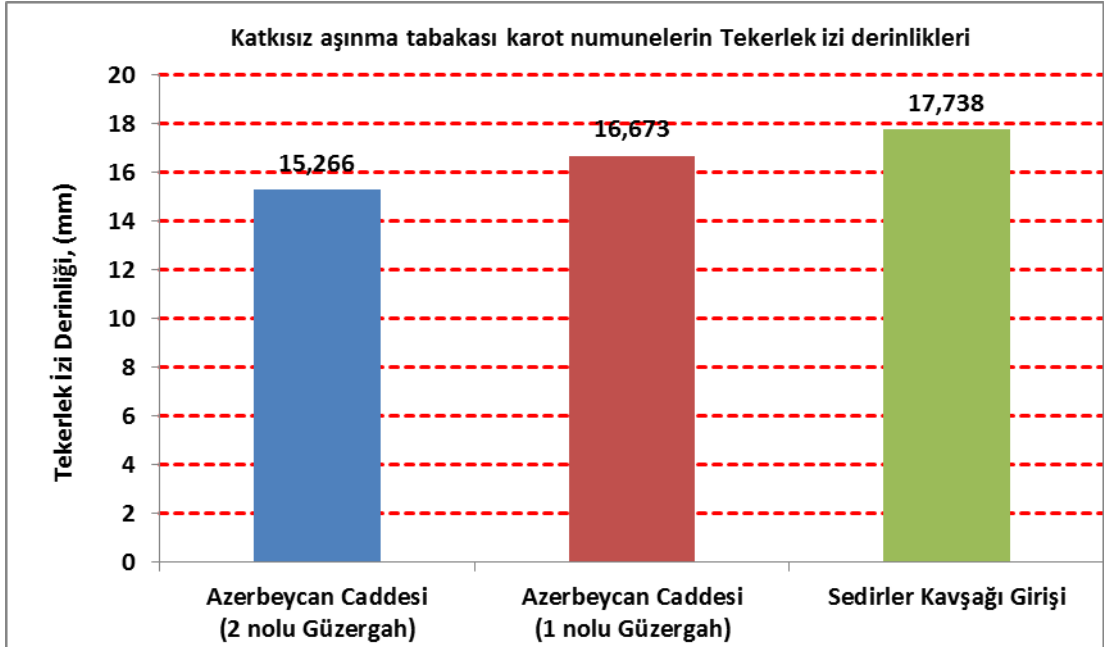
Hamburg tekerlek izi deneyi, modifiye ve katkısız karot numunelerin deney sonuçlarının değerlendirilmesinde 20000 geçişte oluşan tekerlek izi derinlikleri Şekil 7.3–Şekil 7.5’de gösterilmiştir.

Şekil 7.3: Modifiye aşınma tabakası karot numunelerinde oluşan ortalama tekerlek izi derinlikleri



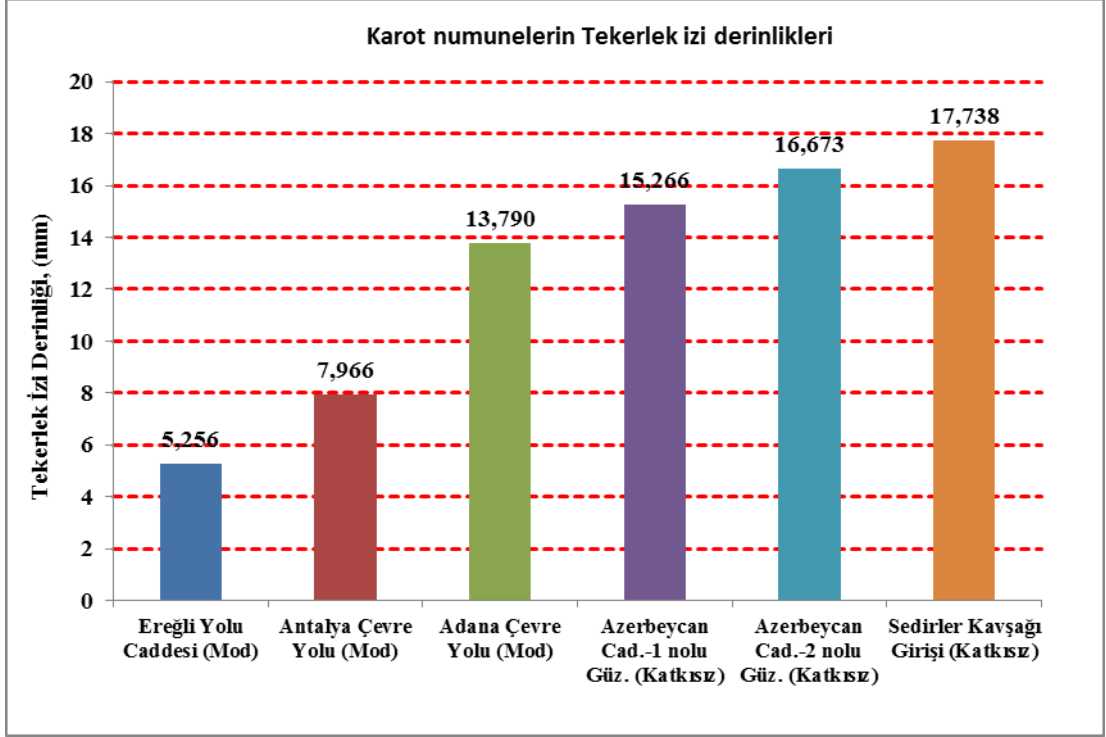
Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Şekil 7.4: Katkısız aşınma tabakası karot numunelerinde oluşan ortalama tekerlek izi derinlikleri.



Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Şekil 7.5: Katkısız ve modifiye aşınma tabakası karot numunelerinde oluşan ortalama tekerlek izi derinlikleri



Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Şekildeki değerler incelendiğinde, SBS (Kraton) katkılı karışımların tekerlek izi oluşumu potansiyeline karşı direniminin katkısız karışımlara göre daha yüksek olduğu ve kalıcı deformasyonlara karşı direncini önemli ölçüde artırdığı görülmüştür.

7.2 LABORATUVAR NUMUNELERİNİN TEKERLEK İZİ PERFORMANSI

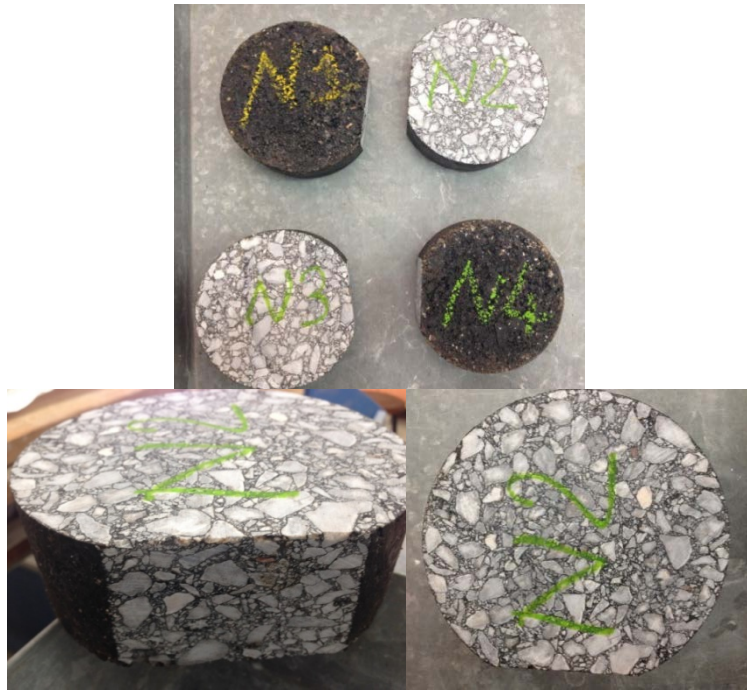
Saf ve SBS (Kraton) katkılı bitümlü sıcak karışım numuneleri, gradasyona uygun olarak optimum bitüm içeriklerinde hazırlanan 8 adet numunenin ortalama yükseklikleri ve D_p (Pratik Birim Hacim Ağırlıkları) aşağıda Tablo 7.3’de verilmiştir. Referans kalıbına uygun hale getirilen numuneler Şekil 7.6 - Şekil 7.9’da görülmektedir.

Tablo 7. 3 Katkılı ve Katkısız Karışım Numunelerin Fiziksel Özellikleri

Karışım Tipi	Numune No	Ort. Yükseklik (mm)	D _p (kg/m ³)	V _h (%)
Saf	1	106,76	2488	3,95
	2	106,71	2490	4,01
% 4 SBS (Kraton) katkılı	1	106,85	2493	3,96
	2	106,42	2501	3,84
% 4.5 SBS (Kraton) katkılı	1	107,03	2496	3,85
	2	106,64	2501	3,66
% 5 SBS (Kraton) katkılı	1	103,93	2513	4,00
	2	106,56	2502	3,72

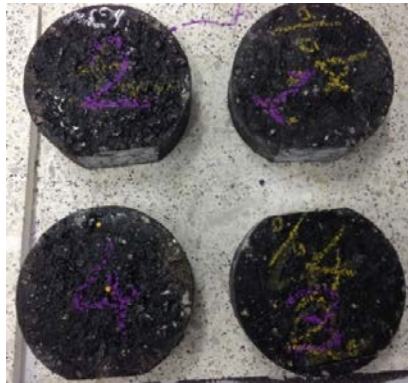
Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Şekil 7.6: Referans kalıba uygun hale getirilen saf numuneler ve kesitleri



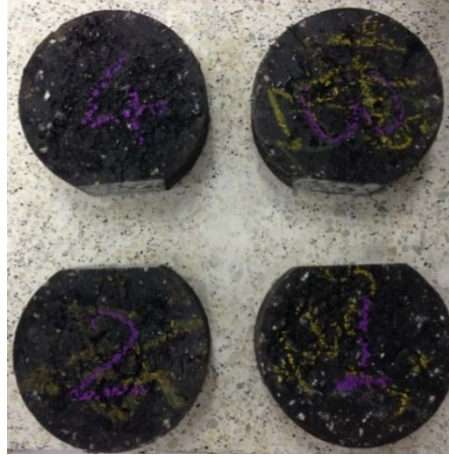
Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil 7.7: Referans kalıba uygun hale getirilen yüzde 4 SBS katkılı numuneler ve kesitleri



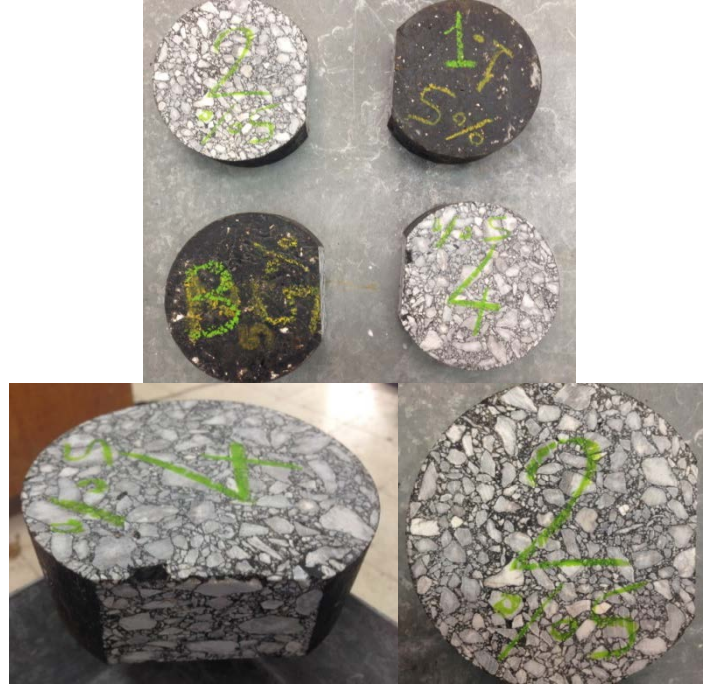
Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil 7.8: Referans kalıba uygun hale getirilen yüzde 4,5 SBS katkı numuneler ve kesitleri



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil 7.9: Referans kalıba uygun hale getirilen yüzde 5 SBS katkı numuneler ve kesitleri



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

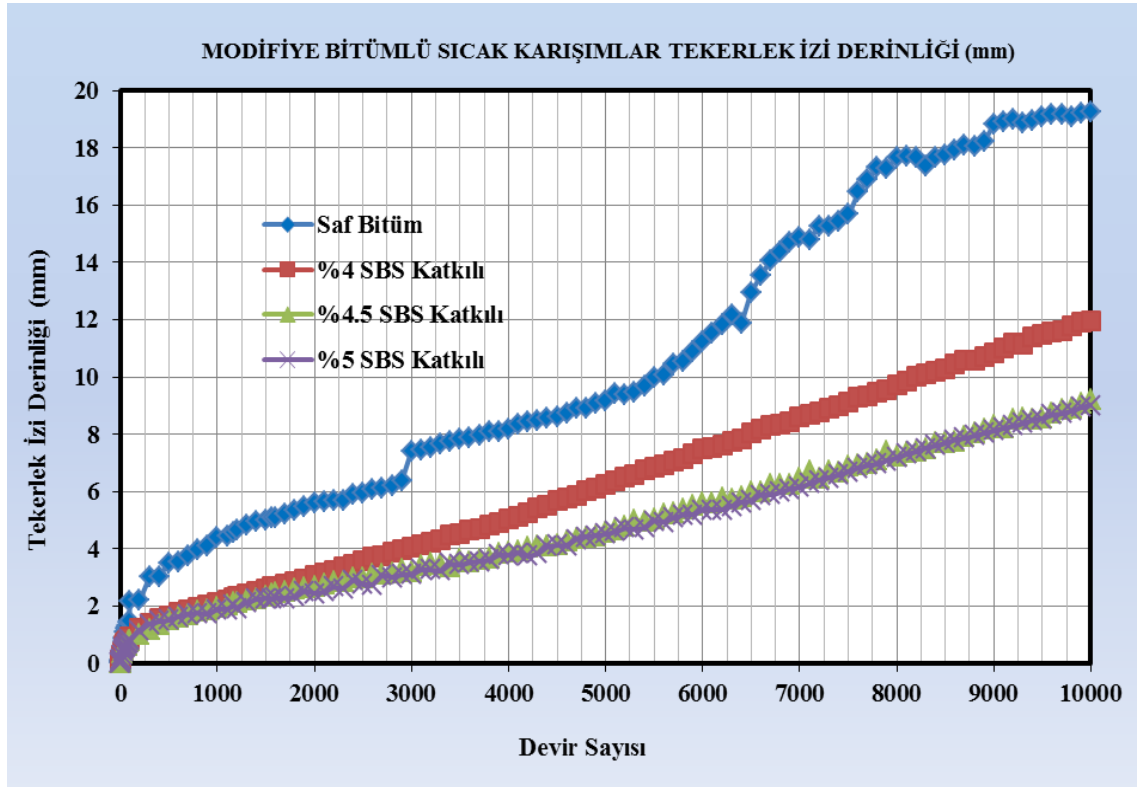
Deney başladıktan sonra, 100, 300, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000 ve 10000 devirlerde otomatik sensörden alınan karot numunelerinin 50 °C'deki ortalama tekerlek izi derinlikleri Tablo 7.4'de, grafikleri ise Şekil 7.10'da verilmiştir.

Tablo 7.4: Katkısız ve SBS katkıli karışım numunelerinde oluşan ortalama tekerlek izi derinlikleri (mm)

Karışım Tipi	Devir Sayısı												
	100	300	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
Saf Bitüm	2,186	3,015	3,511	4,401	5,617	7,393	8,172	9,166	11,238	14,882	17,662	18,807	19,238
% 4 SBS katkıli	0,937	1,384	1,655	2,142	3,062	4,050	5,037	6,231	7,478	8,621	9,731	10,836	11,950
%4,5 SBS katkıli	0,784	1,157	1,508	1,961	2,694	3,125	3,902	4,580	5,601	6,452	7,216	8,284	9,225
% 5 SBS katkıli	0,822	1,357	1,508	1,871	2,435	3,103	3,769	4,518	5,352	6,148	7,183	8,122	9,007

Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Şekil 7.10: Katkısız ve SBS katkıli numunelerde devir sayısı ve sıcaklığa bağlı oluşan tekerlek izi derinliği



Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

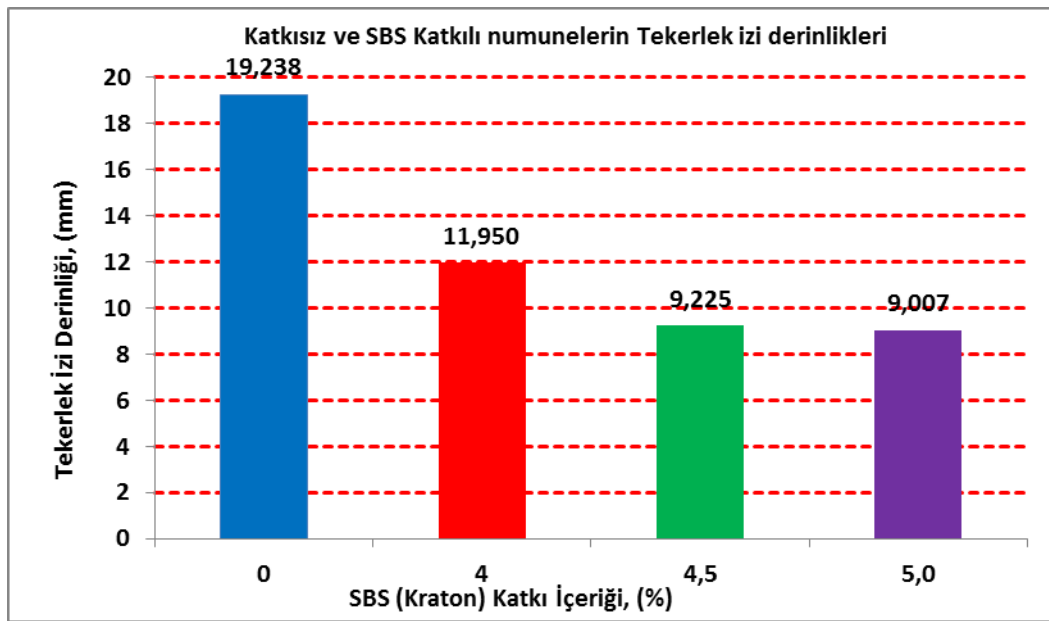
Trafik ve su etkisi asfalt betonu kaplamalarının bozulmasında en önemli faktörlerdendir. Tekerlek izi deneyinde, tekerlek geçişleri ile birlikte su hasarı da deformasyonların artmasında etkili olmuştur. Su, bitüm ile agrega arasındaki adezyonu zayıflatarak deformasyonları hızlandırmaktadır.

Hamburg tekerlek izi cihazında 50 °C incelenen tekerlek izi oluşma potansiyelleri incelendiğinde, en yüksek tekerlek izi miktarı 19,238 mm ile katkısız bitümlü sıcak

karışım numunelerinde görülmüştür. En az tekerlek izi miktarı ise 9,007 mm ile %5 SBS (Kraton) katkıli modifiye bitümlü sıcak karışım numunelerinde gözlenmiştir. Tekerlek izi deneylerinde, SBS (Kraton) katkıli bağlayıcı modifikasyonunun olumlu etkisi görülmüştür.

Çalışmada, katkıli ve katkısiz bitümlü sıcak karışım tiplerinin PAVELAB DWT Hamburg tekerlek izi cihazında incelenen tekerlek izi oluşma potansiyelleri 50°C sıcaklıklar esas alınarak karşılaştırılmıştır. Katkısiz ve SBS katkıli bitümlü sıcak karışımların 50°C sıcaklıklardaki tekerlek izi performansları aşağıda Şekil 7.11’de görülmektedir.

Şekil 7.11: Katkısiz ve SBS katkıli karışım numunelerinin ortalama tekerlek izi derinlikleri



Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

SBS (Kraton) katkıli bitümlü sıcak karışım numuneleri, saf bitümlü karışım numunelerine göre; yüzde 5 katkı oranında yüzde 114, yüzde 4,5 katkı oranında yüzde 109 ve yüzde 4 katkı oranında yüzde 61 daha fazla tekerlek izi performansı göstermiştir. yüzde 5 ve yüzde 4,5 SBS (Kraton) katkıli bitümlü sıcak karışım numunelerinin tekerlek izi performansları birbirine yakın çıkmıştır. Deney 20000 teker geçişi yada 20 mm deformasyon ile sınırlandırılmış ve bütün numuneler 20 mm deformasyona ulaşmadan 20000 teker geçişini sağlamıştır.

Plastik deformasyonlara karşı dayanım açısından iyi bir gösterge kabul edilen, tekerlek izi deneyi sonucunda, SBS (Kraton) katkılı modifiye bitümlü sıcak karışımların geleneksel karışımlara göre üstün performans sağladığı açıkça görülmektedir. Kalıcı deformasyonlara karşı en dayanıklı karışım tipinin yüzde 5 SBS ve yüzde 4,5 SBS modifiye bitümlü aşınma karışımı olduğu görülmektedir.

8. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında, karayollarında aşınma tabakasında yaygın olarak kullanılan katkısız Bitümlü Sıcak Karışım ile modifiye Bitümlü Sıcak Karışımların arazideki ve laboratuvar koşullarında üretilen numunelerin tekerlek izi oluşma potansiyelleri incelenmiş, sonuçlar ve değerlendirmeler aşağıda verilmiştir:

- a. Konya Büyükşehir Belediyesinin yol-bakım çalışmalarında, çevre yollarında katkısız bitümlü karışımla yapılan kaplamalarda tekerlek izi yükseklikleri bir yıl içinde 2 cm'nin üzerine çıktığı gözlenirken, modifiye bitümlü sıcak karışımlarla yapılan kaplamalarda ise trafik ve yol güvenliğini tehlikeye düşürecek olumsuzluk gözlenmemiştir. Bu durum modifiye bitümlü sıcak karışımların esnek üst yapılara olumlu katkı sağladığı kanaatini oluşturmuştur.
- b. Konya Büyükşehir Belediyesi Stratejik Plan (2015-2019) belirtilen halihazır yolların kalitesini yükseltmek ve uzun süreli bakım gerektirmeyen çözümler üretmek amacı dikkate alındığında, BSK tabakalarının ömürlerinin uzun, bakım-onarım maliyetlerinin düşük, sürüş konforunun yüksek olması hedeflenmektedir. Bunun için trafik ve iklim koşullarına en uygun BSK tabakalarının seçilmesi, imalatların gerektiği gibi yapılması, bakım çalışmalarının zamanında ve doğru uygulanması gerekmektedir.
- c. Test alanlarında yapılan gözlemlerde katkısız bitümlü yapılan Bitümlü Sıcak Karışımlara göre, SBS katkı maddeli Bitümlü Sıcak Karışımlarda daha az kalıcı deformasyonlar görülmüştür.
- d. SBS katkı maddeli Bitümlü Sıcak Karışımların kullanılmasının en önemli nedeni; yüksek sıcaklık ve ağır trafik yükleri altında, tekerlek izi oluşumuna karşı yüksek dayanımlı olmasıdır. SBS katkı maddelerinin Bitümlü Sıcak Karışımlarda kullanılması yol kullanıcılarına ve kamuya uzun vadede önemli ekonomik yararlar sağlamaktadır.

- e. Bitümlü Sıcak Karışım maliyetleri incelendiğinde her türlü işçilik, malzeme, makine, alet ve edevat masrafları dahil olmak üzere; 1 ton katkısız aşınma tabakası yerinde uygulama fiyatı Konya Merkezde 2014 yılı ihale teklif birim fiyatı 98 TL, yüzde 5 SBS katkılı aşınma tabakası 125 TL'dir. Yapılan gözlemlerde, SBS katkılı modifiye bitümlü sıcak karışımların bakım aralıkları 4-7 yıl iken katkısız bitümlü sıcak karışımlarda bakım aralığı Eşdeğer Standart Dingil Yüğü tekerrür sayısına göre 1 yıla kadar düştüğü görülmüştür.
- f. SBS katkı maddeli bitümlü sıcak karışımların birim fiyatı standart katkısız asfalt betonuna göre, ortalama yüzde 27 oranında daha yüksek olmasına rağmen, yol ömrü boyunca yama ve bakım maliyeti dikkate alındığında avantajlı bir esnek kaplama olduğu görülmektedir. Bakım sıklığı, bakım maliyeti, bakım sırasında trafiğe ve çevreye etkisi göz önüne alındığında SBS katkılı karışımlar daha uzun servis ömrü sağlamaktadır.
- g. Superpave sistemindeki performans seviyeleri 50/70 penetrasyon sınıfı saf bitüm ve yüzde 4.5, yüzde 5.0 SBS katkılı modifiye bitüm için belirlenmiştir. 50/70 penetrasyon dereceli katkısız bitümün Performans Sınıfı PG 64-22, yüzde 4.5 ve yüzde 5 SBS katkılı bitümün Performans Sınıfı ise PG 76-22 olarak bulunmuştur. Kaplamanın, yorulma çatlağı oluşumuna karşı dayanımı olan orta sıcaklık performans sınıfı ise saf ve katkılı bitümlü bağlayıcılarda PG 26 olarak belirlenmiştir.
- h. 2012 yılında yayımlanan, Karayolları Genel Müdürlüğü Bitümlü Sıcak Karışım kaplamalı yollar için bitüm sınıfı haritalarına göre Konya ve bölgesi için PG 58-16, PG58-22, PG 64-16 ve PG 64-22 olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan 50/70 penetrasyon sınıfı bitümlü bağlayıcıların Konya ve bölgesi uygun olduğu görülmüştür.
- i. Karot numunelerinin tekerlek izi dirençleri AASHTO T324 metoduna göre belirlenmiştir. Modifiye aşınma tabakası karot numunelerinin 10.000 devir (20.000 tekerlek geçişi) sonunda plastik deformasyonların önlenmesinde, katkısız karışımlara göre yaklaşık yüzde 160 oranında performans sağladığı görülmüştür. Deneysel çalışma sırasında, SBS katkılı karot numunelerinin sıcaklık ve su

etkisinden etkilenmediği, tekerlek izi oluşumuna ve soyulmaya karşı daha dirençli olduğu gözlemlenmiştir. Katkısız aşınma tabakasından alınan karot numuneleri ise sıcaklık ve su etkisine karşı daha duyarlı olduğu görülmüştür.

- j. Superpave sisteminde “Gyratory Compactor” yoğurmalı presi kullanılarak laboratuvarında üretilen, SBS katkılı karışımların tekerlek izi oluşumu potansiyeline karşı direniminin katkısız karışımlara göre daha yüksek olduğu ve kalıcı deformasyonlara karşı direncini önemli ölçüde artırdığı görülmüştür. SBS katkılı bitümlü sıcak karışım numuneleri, saf bitümlü karışım numunelerine göre; yüzde 5 katkı oranında yüzde 114, yüzde 4,5 katkı oranında yüzde 109 ve yüzde 4 katkı oranında yüzde 61 daha iyi tekerlek izi performansı göstermiştir.
- k. Çevre yollarında ağır taşıt trafik yüküne sahip araç sayısı fazla olmasının yanında, Büyükşehir Belediyesince “sabit ağırlık ve boyut kontrol istasyonu” kurma yetkisi olmadığından ağır taşıtların taşıma kapasitesinin çok üzerinde yük taşınması nedeniyle esnek yol üst yapısına olumsuz etki eden eşdeğer standart dingil yükü katsayısını artıracığı tahmin edilmektedir.

Test alanlarında yapılan çalışmanın aynı yöntemle yaygınlaştırılarak tüm caddeleri kapsayacak genel bir durum haritasının çıkarılması, bundan sonra yapılacak esnek yol üst yapısı bakım-onarım-iyileştirmelerde daha isabetli kararlar ve ilmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

Kitaplar

- Ağar, E. ve Umar, F., (1991). *Yol Üstyapısı*, İstanbul Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul.
- Cominsky, R.J., Huber, G.A., Kennedy, T.W., Anderson, M., (1994). *The Superpave Mix Design Manual for New Construction and Overlays*, SHRP-A-407, National Research Council, Washington, DC, 184p.
- Harold, R., Paul, P. E., Chris, P. E., (1995). *Pavement distress, Technical Assistance Report*, Louisiana Transportation Research Center, Louisiana, 12-16.
- Ilıcalı, M., Tayfur, S., & Özen, H. (2000). The Effects of SBS Additives on The Properties of Bituminous Binders. EUROASPHALT&EUROBITUME Congress Spain. EUROASPHALT&EUROBITUME. EUROASPHALT&EUROBITUME.
- McGennis, R.B., Anderson, R.M., Kennedy, T.W., Solaimanian, M., (1995). *Background of Superpave Asphalt Mixture Design and Analysis*, U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, Publication No: FHWA-SA-95-003, 172p.
- Önal, M. A., Kahramangil, M., (2012). *Bitümlü Karışımlar Laboratuvar El Kitabı*, Karayolları Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Romero, P. and Stuart, K., (1998). *Evaluating Accelerated Rut Testers, Public Roads*, 62, n1,50-55. September, 2000.
- Skok, E. A., Chadbourn, B.A., Crow, B. L., Spindler, S., (2000). *The effect of voids in mineral aggregate (VMA) on hot-mix asphalt pavements*, MN/RC 2000-13, Minnesota Department of Transportation Research Service, Minnesota, 1-13.
- Superpave-2000, (1999). *Improved Standards for a New Millennium*, Canadian Strategic Highway Research Program (C-SHRP), C-SHRP Technical Brief # 17, Ontario, 8p.
- Tunç, A., (2001). *Yol Malzemeleri ve Uygulamaları*, Atlas Yayınları, İstanbul.
- Tunç, A., (2004). *Esnek Kaplama Malzemeleri El kitabı*, Asil Yayın Dağıtım, Ankara.

Sürelî Yayınlar

- Ahmedzade, P. ve Yılmaz, M., (2007). Stiren-Butadien-Stiren Modifikasyonunun Bitümlü Bağlayıcıların Isı Duyarlılığı, Rijitlik ve Yaşlanma Özellikleri Üzerindeki Etkisi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11 (3): 232-238.
- Alataş, T. ve Kizirgil, M.E. (2012). Saf ve Polimer Modifiyeli Bitümlü Bağlayıcıların Karıştırma ve Sıkıştırma Sıcaklıklarının Dönel Viskozimetre Deneyi İle Belirlenmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 28(3):249-256.
- Cominsky, R.J., Huber, G.A., Kennedy, T.W., Anderson, M., (1994). *The Superpave Mix Design Manuel for New Construction and Overlays*, SHRP-A-407, National Research Council, Washington, DC, 184p.
- Çelik, O. N., (2004). *Bitümlü sıcak karışımların işlenebilirliği*, 4. Ulusal Asfalt Sempozyumu, Ankara, 181-187.
- Çeloğlu, M.E. (2014). Farklı Doğal Asfaltların Bitüm ve Bitümlü Sıcak Karışımların Özelliklerine Etkileri. *Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ.
- Çubuk M., (2007). Doktora Tezi, *Katkı Maddeleri İle Bitümün Reolojik Özelliklerinin Geliştirilmesi ve Esnek Kaplama Malzeme Oluşumunda Problemlerin Giderilmesi*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ertekin, S. B., (2003). *Polyefin katkıların asfaltın kıvamı ve yumuşama noktasına etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 19-52.
- Güngör, A., G., Sağlık, A., 2009, Türkiye Bitümlerinin Performans Sınıflarının Belirlenmesi, 18-19 Kasım 2009, 5. *Ulusal Asfalt Sempozyumu ve Sergisi, KGM Toplantı Salonu*, Ankara.
- Haiying, F., Leidong, X., Daying, D., Li, L., Yu, M., and Yao, S., (2007). Storage Stability And Compatibility Of Asphalt Binder Modified By Sbs Graft Copolymer, *Construction and Building Materials*, 21 (7): 1528-1533.
- Hussain, M.H.M., Ghaly, N.F. and Ibrahim, I.M., (2008). Modified Hot Mix Asphalt for Road Maintenance, *World Applied Sciences*, Journal 5 (2): 236-245.
- İlcalı, M., Tayfur, S., & Özen, H. (2000). The Effects of SBS Additives on The Properties of Bituminous Binders. EUROASPHALT&EUROBITUME Congress Spain. EUROASPHALT&EUROBITUME. EUROASPHALT&EUROBITUME.
- İsfalt, (2001). *Asfalt ve Uygulamaları*, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İSFALT Bilimsel Yayın No:1, İstanbul.

- İsfalt, (2002). *Asfalt El Kitabı*, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İSFALT Bilimsel Yayın No:2, , ISBN: 975-8183-01-X, İstanbul.
- İskender, E. (2008). Koşullandırma Sistemlerinin Geleneksel ve Modifiye Asfalt Karışımlar Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması. *Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon.
- Karakaş, A.S. (2014). Bitümlü Sıcak Karışımların Trafik Etkisi Altında Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. *Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ.
- Kennedy, T.W., Huber, G.A., Harrigan, E.T., Cominsky, R.J., Hughes, C.S., Quintus, H.V., Moulthrop, J.S., (1994). *Superior Performing Asphalt Pavements (Superpave): The Product of SHRP Asphalt Research Program*, SHRP-A-410, National Research Council, Washington, DC, 170p.
- Keyf, S. (2010). SBS ve Reaktif Terpolimer İle Modifiye Edilmiş Bitümde Penetrasyon ve Penetrasyon İndeksinin İncelenmesi. *Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi Sigma* 28, 26-34.
- Kizirgil, E. (2013). Stiren-Butadien-Stiren ve Uçucu Külün Birlikte Kullanılmasının Bitümlü Sıcak Karışımların Mekanik Özelliklerine Etkisi. *Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ.
- Kök, B.V. (2007). Bitümlü Sıcak Karışımların Üretiminde Yeni Bir Karıştırma Yönteminin Araştırılması. *Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ.
- Kök, B.V., Yılmaz, M. ve Kuloğlu, N. (2011-a). Asfaltit ve SBS Modifiyeli Bitümlü Sıcak Karışımların Mekanik Özelliklerinin Değerlendirilmesi. *Politeknik Dergisi Journal of Polytechnic*. Cilt:14 Sayı: 3 s. 193-197.
- Kök, B.V., Yılmaz, M., Kuloğlu, N. ve Şengür, A. (2011-b). Değişik Şartlarda Hazırlanmış SBS Modifiyeli Bitümün Viskozitesinin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi. *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*, Elazığ, Turkey.
- Kuloğlu, N., Karakaş, A.S., Kök, B.V. ve Yılmaz, M., (2013). Bitümlü Sıcak Karışımlarda Katkı Kullanımının Değerlendirilmesi, *6. Mühendislik ve Teknoloji Sempozyumu*, Çankaya Üniversitesi, Ankara, syf. 73-77.
- Kuloğlu, N., Kök, B. V., Öndaş, M., (2004). *Sathi kaplamalarda kusma olayına etki eden faktörler*, 4. Ulusal Asfalt Sempozyumu, Ankara, 141-148.
- Kumar, P., Chandra, S. and Bose, S., (2006). Strength Characteristics of Polymer Modified Mixes, *The International Journal of Pavement Engineering*, Vol. 7, No. 1, 63-71.

- Lee, S.J. and Amirkhanian, S.N., (2007). Laboratory Study of The Effects of Compaction on the Volumetric and rutting properties of CRM asphalt mixtures, *Journal of Materials in Civil Engineering*, 19 (12): 1079-1089.
- Namlı, R. (2004). Yol Üst Yapısı Esnek Kaplamaların Superpave ve Marshall Metodları İle Analizi ve Karşılaştırılması. *Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ.
- Namlı, R. (2011). SBS Türü Polimerlerin Sıcak Asfalt Karışımında Katkı Olarak Kullanılması. *e-Journal of New World Sciences Academy Engineering Sciences*, 1A0185, 6, (2), 663-671.
- Özay O. ve Öztürk, E.A. (2013). Modifiye Edilmiş Poroz Asfalt Karışımların Performansı. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*. Cilt 28, No 3, 577-586.
- Öztürk, E.A. ve Çubuk, M.K. (2004). *Karayolu Esnek Üstyapı Tasarımında Yeni Bir Yöntem: Yüksek Performanslı Asfalt Kaplama*, Gazi Üniv. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 19, No 2, 175-184.
- Superpave mix design, (2001). Asfalt İnstitüte, Superpave Series No:2,20
- Şengöz, B., Ağar, E., (2005). *Asfalt film kalınlığının bitümlü karışımların yaşlanmasına etkisi*, İTÜ Dergisi, 4 (1), 71-82.
- Tayfur, S., Ozen, H. and Aksoy, A., (2007). Investigation of Rutting Performance of Asphalt Mixtures Containing Polymer Modifiers, *Construction and Building Materials*, 21, 328-337.
- Uluçaylı, M., (1998). *Modifiye bitüm ve modifikasyon katkıların kullanımı*, 2.Ulusal Asfalt Sempozyumu, Ankara, 15-18.
- Yılmaz, M. ve Ahmedzade P. (2008). Saf ve Sbs Modifiyeli Bitümlü Bağlayıcıların Kısa Dönem Yaşlanmadan Sonraki Özelliklerinin İki Farklı Yaşlandırma Yöntemi Kullanılarak İncelenmesi. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*. Cilt 23, No 3, 569-575.
- Yılmaz, M., Kök, B.V., Kuloğlu, N. ve Alataş, T. (2013). Elastomer Türü Polimerler İle Modifiye Edilmiş Bitümlü Bağlayıcıların Depolama Stabilitelerinin ve Reolojik Özelliklerinin İncelenmesi. *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*. Cilt: 15 Sayı: 1 sh. 67-77.
- Yılmaz, M., ve Kök, B.V., (2008). Stiren-Butadien-Stiren Modifiyeli Bitümlü Bağlayıcıların Superpave Sistemine Göre Yüksek Sıcaklık Performans Seviyesinin ve İşlenebilirliğinin Belirlenmesi, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak.*, 23 (4): 811-819.
- Zaniewski, J.P. and Padula, M., (2003). *Automation of the Superpave Mix Design Process for the West Virginia Division of Highways*, Asphalt Technology Program, West Virginia, 154p.

Diğer Yayınlar

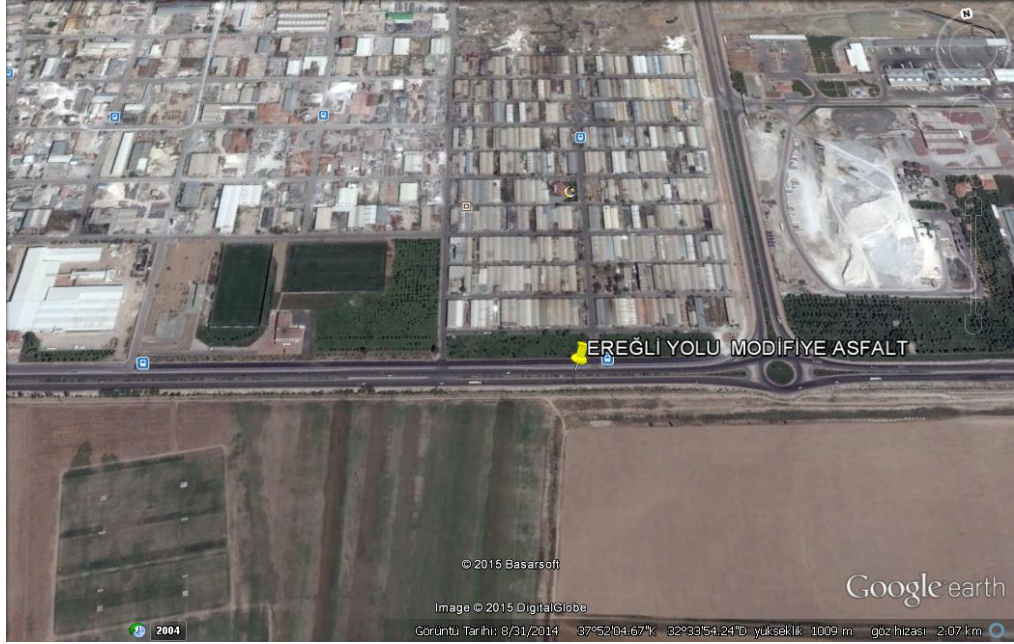
URL1: <http://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/98julaug/evaluating.cfm>
(Ziyaret Tarihi 28.02.2015)

EKLER

Ek A: ARAZİ ÇALIŞMALARI

Konya-Ereğli Yolu (Modifiye Aşınma Tabakası)

Şekil Ek A.1: Karot alınan yerlerin uydu fotoğrafı



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek A.2: Karot yerlerinin işaretlenmesi



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek A.3: Karot numunelerin alınması



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek A.4: Trafik ve iş güvenliğinin sağlanması



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek A.5: Mastar ile tekerlek izi derinliğinin ölçülmesi



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil EkA6: Karot numunelerin GPS ile koordinatların belirlenmesi



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Tablo Ek A.1: Konya-Ereğli Yolu modifiye aşınma tabakası karot numunelerin koordinatları ve tekerlek izi yükseklikleri

NO	ŞERİT	KOORDİNAT(y-x)	TEKERLEK İZİ YÜKSEKLİĞİ
1	SOL	461807.924-4192827.500	2.80 mm
2	SOL	461766.998-4192835.203	3.00 mm
3	SOL	461731.369-4192842.080	3.90 mm
4	SOL	461698.628-4192878.267	6.00 mm
5	SOL	461684.246-4192851.092	5.85 mm
Ortalama ölçülen tekerlek izi yüksekliği			4.31 mm

Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Konya-Antalya Yolu (Modifiye Aşınma Tabakası)

Şekil Ek A.7: Karot alınan yerlerin uydu fotoğrafı



Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Şekil Ek A.8: Karot yerlerinin işaretlenmesi



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek A.9: Karot numunelerin alınması



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek A.10: Trafik ve iş güvenliğinin sağlanması



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek A.11: Mastar ile tekerlek izi derinliğinin ölçülmesi



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek A.12: Karot numunelerin GPS ile koordinatların belirlenmesi



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

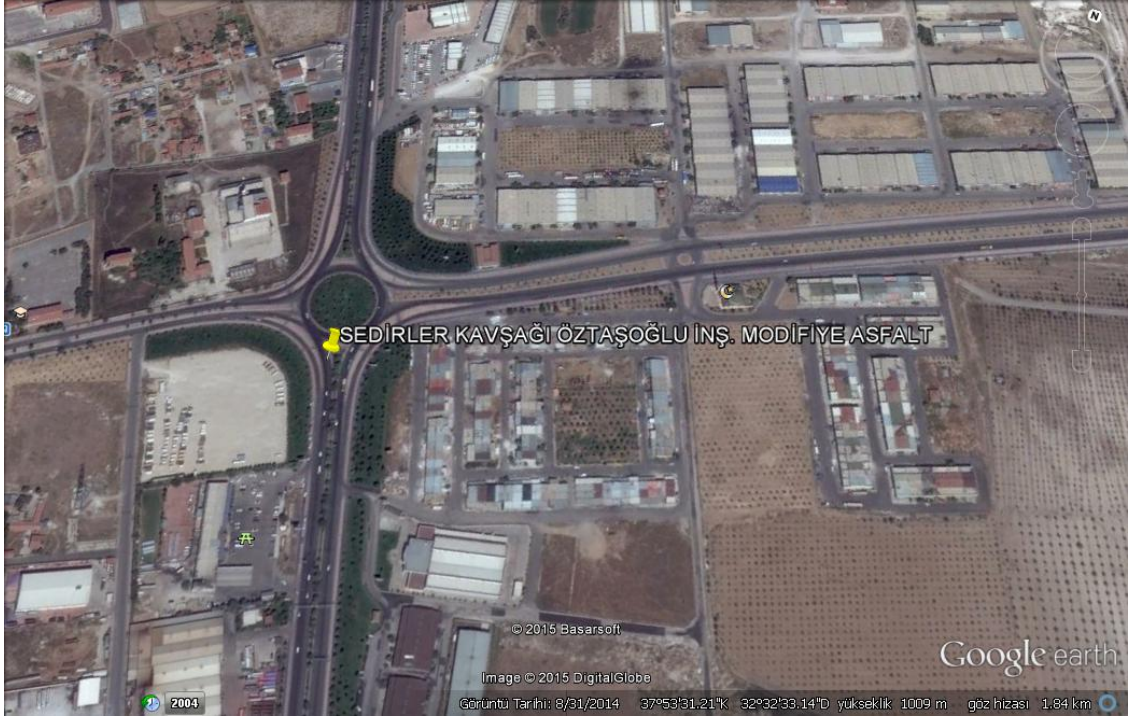
Tablo Ek A.2: Konya-Antalya Çevre Yolu modifiye aşınma tabakası karot numunelerin koordinatları ve tekerlek izi yükseklikleri

NO	ŞERİT	KOORDİNAT(y-x)	TEKERLEK izi YÜKSEKLİĞİ
1	SOL	456991.667-4188508.112	3.50 mm
2	SOL	456962.257-4188503.187	3.70 mm
3	SOL	456942,812-4188500,451	4.40 mm
4	SOL	456921.878-4188497.646	4.50 mm
5	SOL	456900.993-4188495.240	5.30 mm
Ortalama ölçülen tekerlek izi yüksekliği			4.28 mm

Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Konya-Adana Çevre Yolu Caddesi (Modifiye Aşınma Tabakası)

Şekil Ek A.13: Karot alınan yerlerin uydu fotoğrafı



Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Şekil Ek A.14: Karot yerlerinin işaretlenmesi



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek A.15: Karot numunelerin alınması



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek A.16: Trafik ve iş güvenliğinin sağlanması



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek A.17: Mastar ile tekerlek izi derinliğinin ölçülmesi



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek A.18: Karot numunelerin GPS ile koordinatların belirlenmesi



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

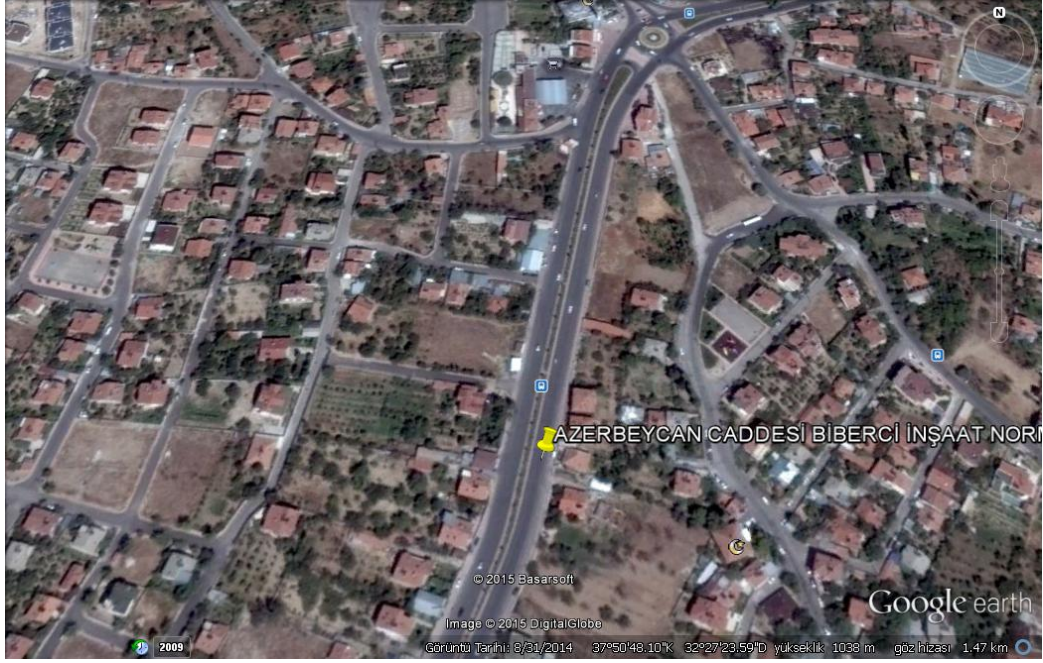
**Tablo Ek A.3: Konya Adana Çevre Yolu Caddesi Modifiye Aşınma Tabakası
Karot Numunelerin Koordinatları ve Tekerlek İzi Yükseklikleri**

NO	ŞERİT	KOORDİNAT(y-x)	TEKERLEK İZİ YÜKSEKLİĞİ
1	SOL-Antalya gidiş	459569.063-4195486.190	7,10 mm
2	SOL-Antalya gidiş	459571.686-4195479.379	6,00 mm
3	SOL-Antalya gidiş	459573.530-4195474.354	5,60 mm
4	SAĞ-Aslıma gidiş	459641.120-4195633.841	6,10 mm
5	SAĞ-Aslıma gidiş	459646.158-4195635.932	6,20 mm
Ortalama ölçülen tekerlek izi yüksekliği			6.20 mm

Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Konya-Azerbeycan Caddesi (2 Nolu Güzergâh-Katkısız Aşınma Tabakası)

Şekil Ek A.19: Karot alınan yerlerin uydu fotoğrafı



Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Şekil Ek A.20: Karot yerlerinin işaretlenmesi



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek A.21: Karot numunelerin alınması



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek A.22: Trafik ve iş güvenliğinin sağlanması



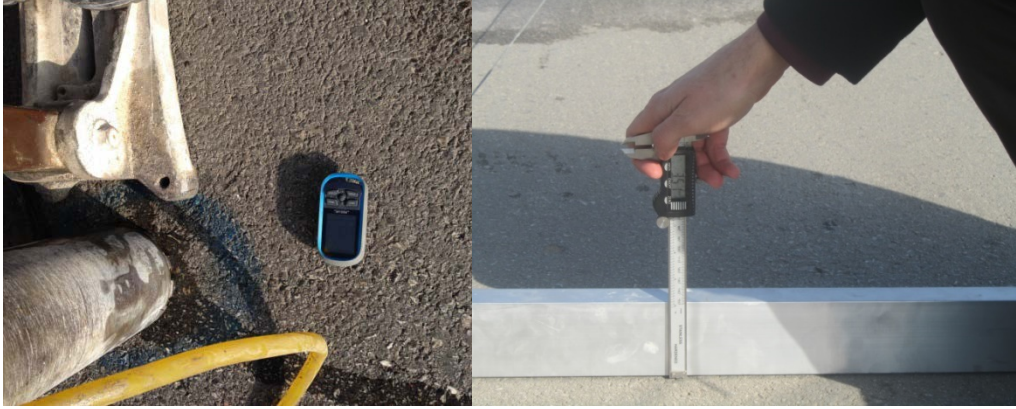
Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek A.23: Master ile tekerlek izi derinliğinin ölçülmesi



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek A.24: Karot numunelerin GPS ile koordinatların belirlenmesi



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

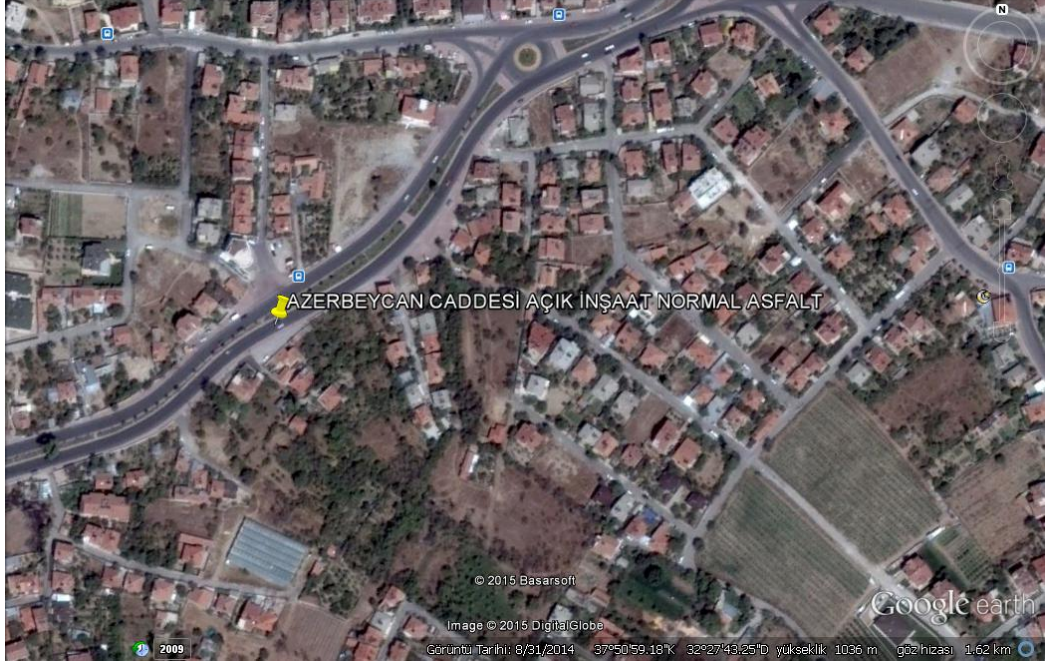
Tablo Ek A.4: Azerbaycan Caddesi Normal Aşınma Tabakası Karot Numunelerin Koordinatları ve Tekerlek İzi Yükseklikleri (2 Nolu Güzergah)

NO	ŞERİT	KOORDİNAT(y-x)	TEKERLEK İZİ YÜKSEKLİĞİ
1	SOL – SAĞ	452035.861-4190195.147	5.50 mm
2	SOL – SAĞ	452039.193-4190207.803	5.80 mm
3	SOL – SAĞ	452040.667-4190213.529	1.70 mm
4	SOL – SAĞ	452045.397-4190229.663	3.80 mm
5	SOL – SAĞ	452047.875-4190237.459	1.20 mm
Ortalama ölçülen tekerlek izi yüksekliği			3.60 mm

Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Konya-Azerbeycan Caddesi (1 Nolu Güzergâh-Katkısız Aşınma Tabakası)

Şekil Ek A.25: Karot alınan yerlerin uydu fotoğrafı



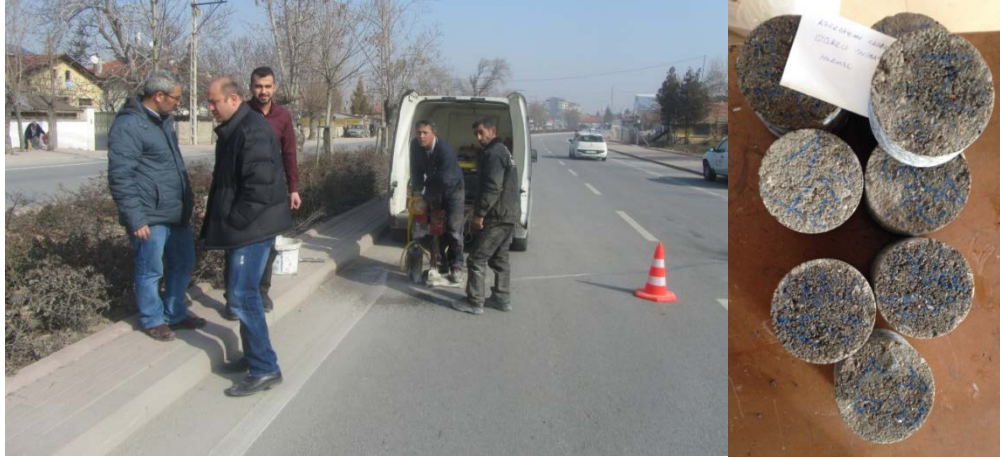
Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Şekil Ek A.26: Karot yerlerinin işaretlenmesi



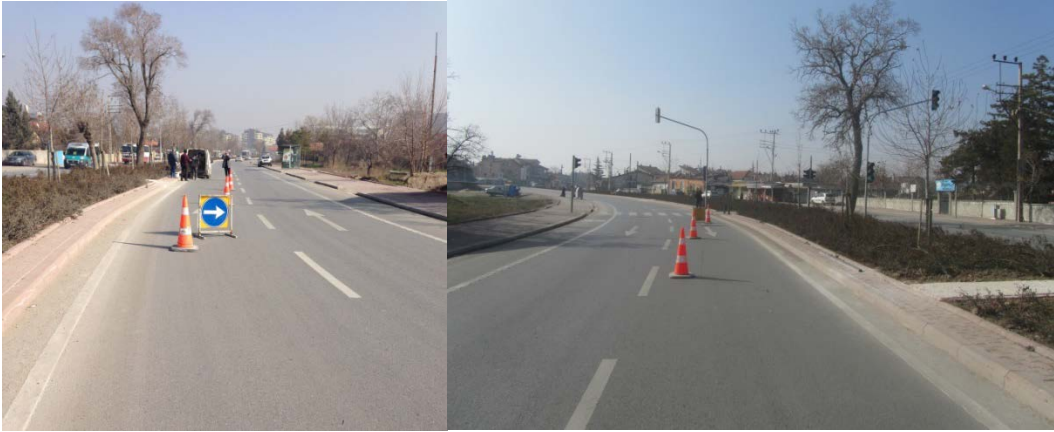
Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek A.27: Karot numunelerin alınması



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek A.28: Trafik ve iş güvenliğinin sağlanması



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek A.29: Master ile tekerlek izi derinliğinin ölçülmesi



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek A.30: Karot numunelerin GPS ile koordinatların belirlenmesi



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

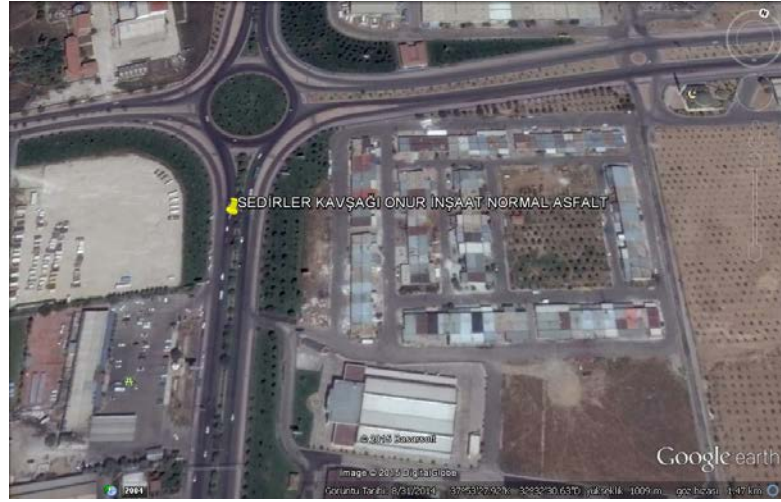
Tablo Ek A.5: Azerbaycan Caddesi Normal Aşınma Tabakası Karot Numunelerin Koordinatları ve Tekerlek İzi Yükseklikleri (1 Nolu Güzergah)

NO	ŞERİT	KOORDİNAT(y-x)	TEKERLEK İZİ YÜKSEKLİĞİ
1	SOL – SAĞ	452855.177-4191317.186	2.40 mm
2	SOL – SAĞ	452864.310-4191323.862	3.90 mm
3	SOL – SAĞ	452873.567-4191330.450	3.80 mm
4	SOL – SAĞ	452882.047-4191336.507	3.50 mm
5	SOL – SAĞ	452891.539-4191343.215	3.40 mm
Ortalama ölçülen tekerlek izi yüksekliği			3.40 mm

Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Konya-Sedirler Kavşağı Girişi (Katkısız Aşınma Tabakası)

Şekil Ek A.31: Karot alınan yerlerin uydu fotoğrafı



Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Şekil Ek A.32: Karot yerlerinin işaretlenmesi



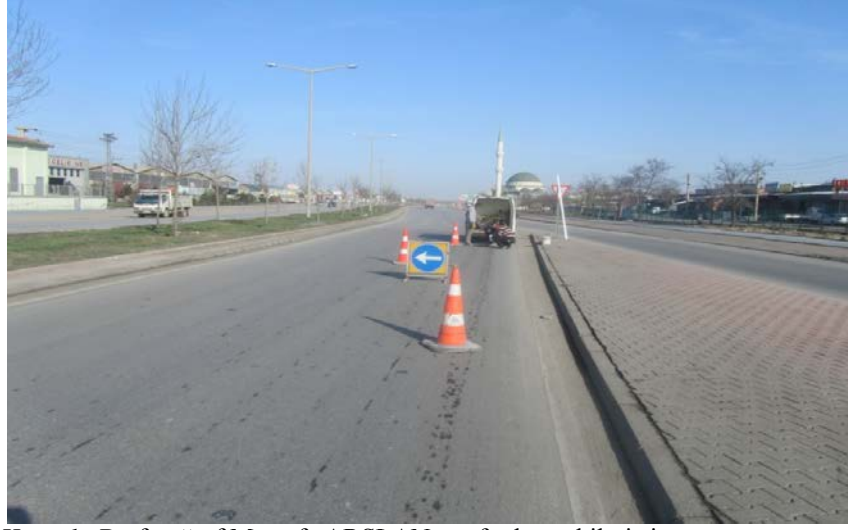
Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek A.33: Karot numunelerin alınması



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek A.34: Trafik ve iş güvenliğinin sağlanması



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek A.35: Master ile tekerlek izi derinliğinin ölçülmesi



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek A.36: Karot numunelerin GPS ile koordinatların belirlenmesi



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Tablo Ek A.6: Sedirler Kavşağı girişi normal aşınma tabakası karot numunelerin koordinatları ve tekerlek izi yükseklikleri

NO	ŞERİT	KOORDİNAT(y-x)	TEKERLEK İZİ YÜKSEKLİĞİ
1	SOL	459575.580-4195468.848	12,70 mm
2	SOL	459577.884-4195462.959	12,60 mm
3	SOL	459580.556-4195456.199	11,60 mm
4	SOL	459655.378-4195639.707	10,75 mm
5	SOL	459660.215-4195641.928	10,25 mm
Ortalama ölçülen tekerlek izi yüksekliği			11.58 mm

Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

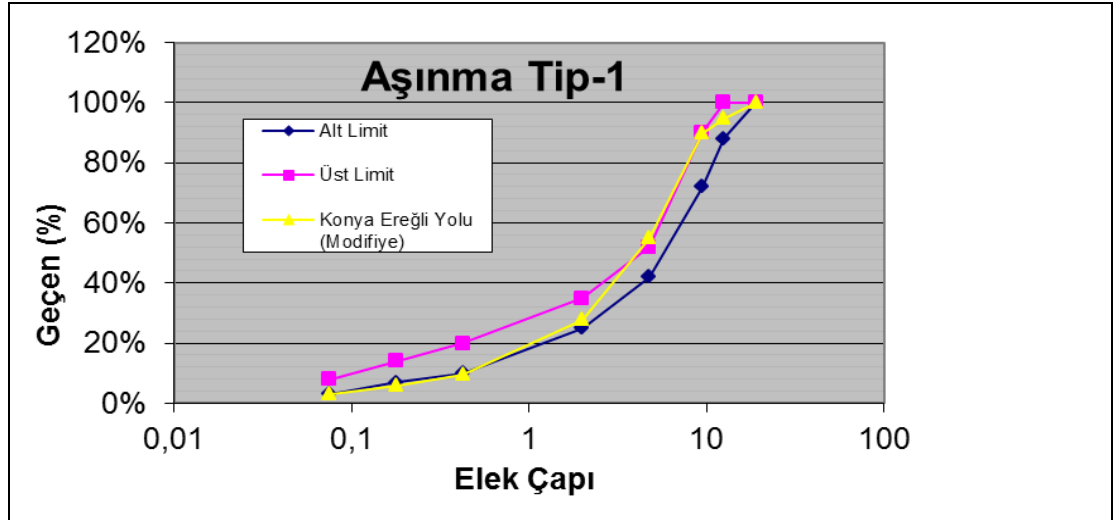
Ek B: KAROTLARIN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Tablo Ek B.1: Konya-Ereğli Yolu modifiye aşınma tabakası karot numune ekstraksiyon sonrası elek analizi sonuçları

ELEK ÇAPI (MM)	DARA (GR)	DARA + MALZ. (GR)	ELEK ÜSTÜNDE KALAN (GR)	ELEKTEN GEÇEN (GR)	ELEKTEN GEÇEN (%)
19	444	444	0	1182	100,00
12,5	385	448	63	1119	94,67
9,5	469	526	57	1062	89,85
4,75	408	820	412	650	54,99
2	394	715	321	329	27,83
0,425	343	558	215	114	9,64
0,180	355	399	44	70	5,92
0,075	366	400	34	36	3,05
PAN	308	344	36	0	0,00
TOPLAM	3472	4654	1182		

Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Şekil Ek B.1: Ereğli Yolu modifiye aşınma tabakası karot numune ekstraksiyon sonrası granülometri eğrisi



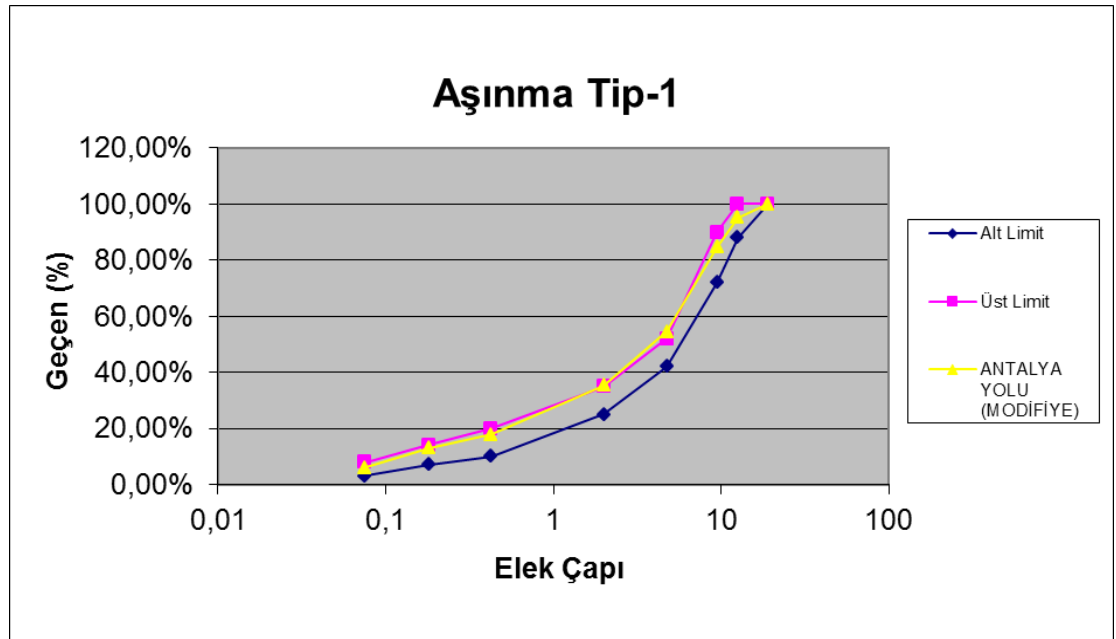
Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Tablo Ek B.2: Konya-Antalya Çevre Yolu Modifiye Aşınma Tabakası Karot Numune Ekstraksiyon Sonrası Elek Analizi Sonuçları

ELEK ÇAPI (MM)	DARA (GR)	DARA + MALZ. (GR)	ELEK ÜSTÜNDE KALAN (GR)	ELEKTEN GEÇEN (GR)	ELEKTEN GEÇEN (%)
19	444	456	12	1048	100,00
12,5	385	435	50	998	95,23
9,5	469	579	110	888	84,73
4,75	408	725	317	571	54,48
2	394	594	200	371	35,40
0,425	343	528	185	186	17,75
0,180	355	405	50	136	12,98
0,075	366	438	72	64	6,11
PAN	308	360	52	12	1,15
TOPLAM	3472	4520	1048		

Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Şekil Ek B.2: Antalya Yolu modifiye aşınma tabakası karot numune ekstraksiyon sonrası granülometri eğrisi



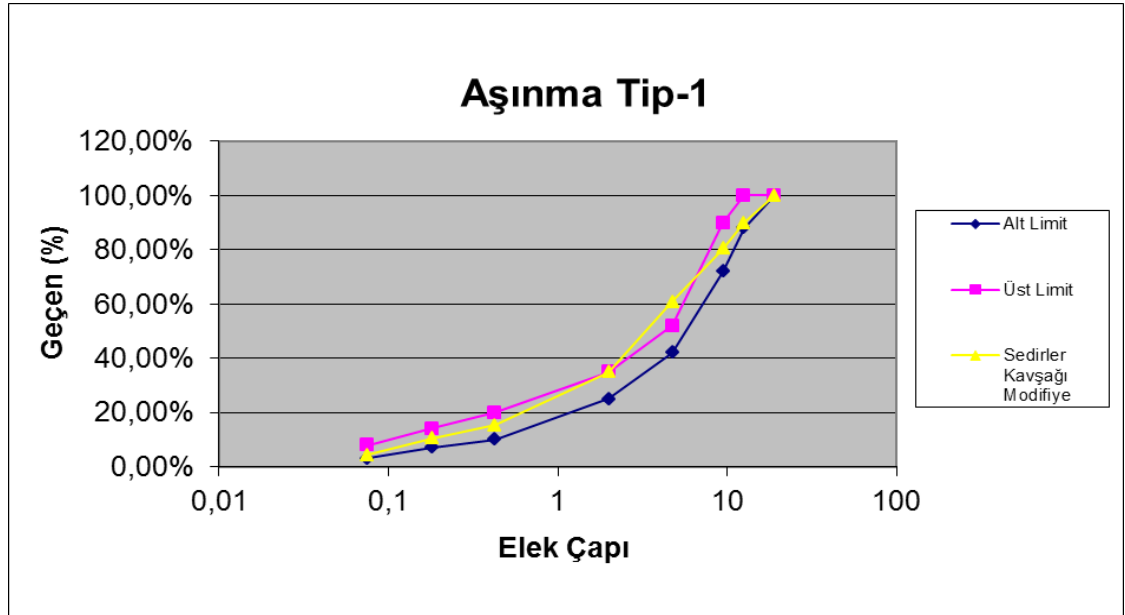
Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Tablo EkB3: Konya Adana Çevre Yolu Caddesi Modifiye Aşınma Tabakası Karot Numune Ekstraksiyon Sonrası Elek Analizi Sonuçları

ELEK ÇAPI (MM)	DARA (GR)	DARA + MALZ. (GR)	ELEK ÜSTÜNDE KALAN (GR)	ELEKTEN GEÇEN (GR)	ELEKTEN GEÇEN (%)
19	444	444	0	1173	100,00
12,5	385	502	117	1056	90,03
9,5	469	581	112	944	80,48
4,75	408	639	231	713	60,78
2	394	697	303	410	34,95
0,425	343	574	231	179	15,26
0,180	355	411	56	123	10,49
0,075	366	437	71	52	4,43
PAN	308	360	52	0,00	0,00
TOPLAM	3472	4645	1173		

Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Şekil Ek B.3: Konya Adana Çevre Yolu Caddesi modifiye aşınma tabakası karot numune ekstraksiyon sonrası granülometri eğrisi



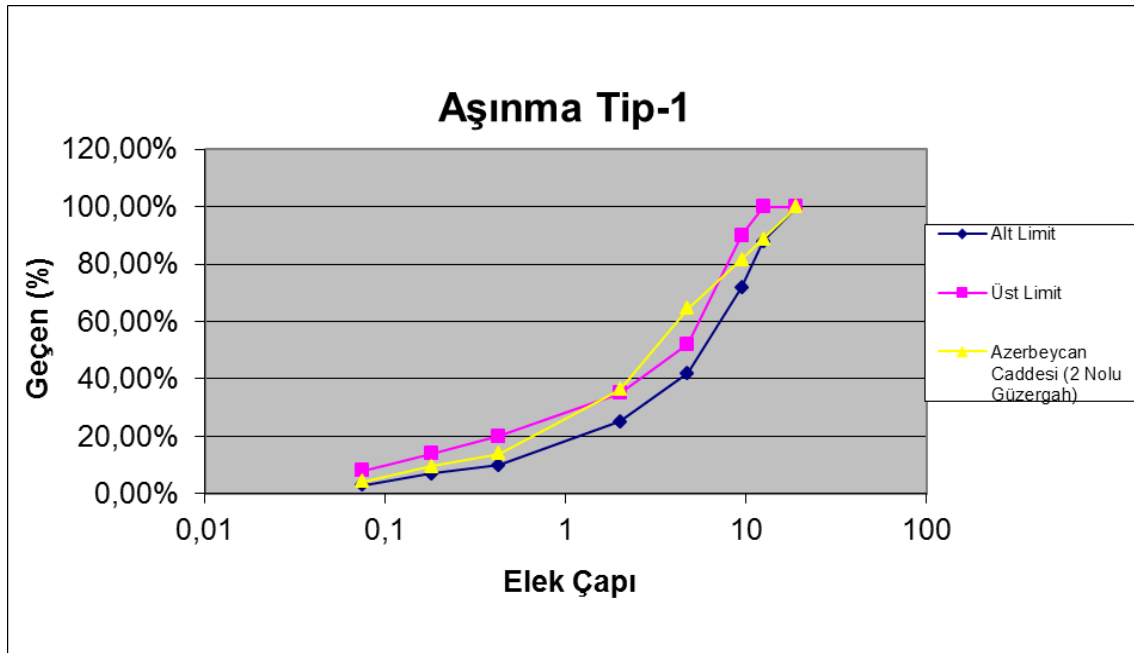
Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

**Tablo Ek B.4: Azerbaycan Caddesi (2 Nolu Güzergah) Normal Aşınma Tabakası
Karot Numune Ekstraksiyon Sonrası Elek Analizi Sonuçları**

ELEK ÇAPI (MM)	DAR A (GR)	DARA + MALZ. (GR)	ELEK ÜSTÜNDE KALAN (GR)	ELEKTEN GEÇEN (GR)	ELEKTEN GEÇEN (%)
19	444	458	14	1153	100,00
12,5	385	515	130	1023	88,73
9,5	469	550	81	942	81,70
4,75	408	605	197	745	64,61
2	394	722	328	417	36,17
0,425	343	600	257	160	13,88
0,180	355	406	51	109	9,45
0,075	366	426	60	49	4,25
PAN	308	343	35	14,00	1,21
TOPLAM	3472	4625	1153		

Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

**Şekil Ek B.4: Azerbaycan Caddesi (2 nolu Güzergah) normal aşınma tabakası
karot numune ekstraksiyon sonrası granülometri eğrisi**



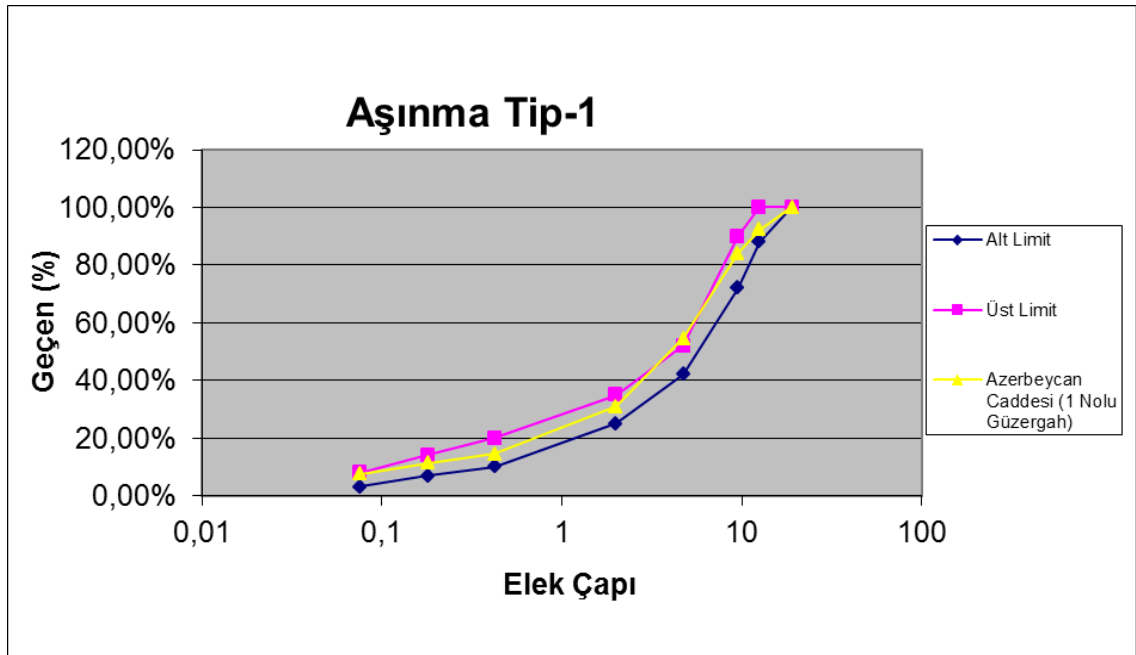
Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Tablo Ek B.5: Azerbaycan Caddesi (1 Nolu Güzergah) normal aşınma tabakası karot numune ekstraksiyon sonrası elek analizi sonuçları

ELEK ÇAPI (MM)	DARA (GR)	DARA + MALZ. (GR)	ELEK ÜSTÜNDE KALAN (GR)	ELEKTEN GEÇEN (GR)	ELEKTEN GEÇEN (%)
19	444	444	0	1225	100,00
12,5	385	480	95	1130	92,24
9,5	469	570	101	1029	84,00
4,75	408	769	361	668	54,53
2	394	682	288	380	31,02
0,425	343	545	202	178	14,53
0,180	355	395	40	138	11,27
0,075	366	412	46	92	7,51
PAN	308	400	92	0,00	0,00
TOPLAM	3472	4697	1225		

Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Şekil Ek B.5: Azerbaycan Caddesi (1 nolu Güzergah) normal aşınma tabakası karot numune ekstraksiyon sonrası granülometri eğrisi



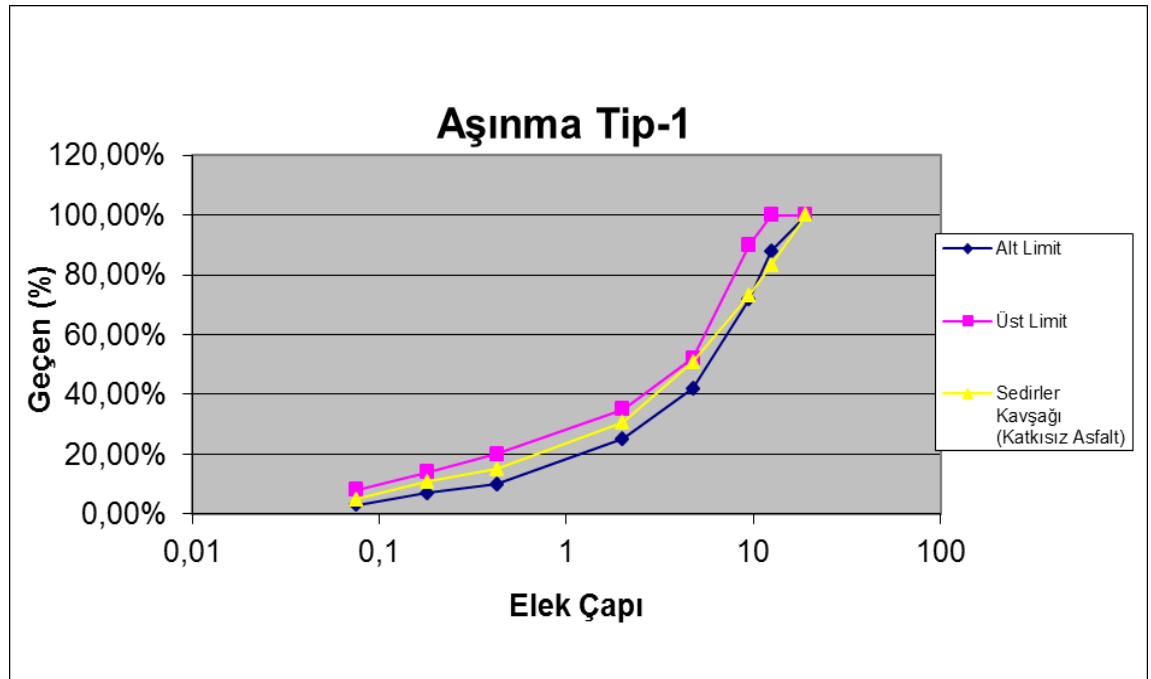
Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Tablo Ek B.6: Sedirler Kavşağı girişi normal aşınma tabakası karot numune ekstraksiyon sonrası elek analizi sonuçları

ELEK ÇAPI (MM)	DARA (GR)	DARA + MALZ. (GR)	ELEK ÜSTÜNDE KALAN (GR)	ELEKTEN GEÇEN (GR)	ELEKTEN GEÇEN (%)
19	444	457	13	1213	100,00
12,5	385	587	202	1011	83,35
9,5	469	592	123	888	73,21
4,75	408	679	271	617	50,87
2	394	640	246	371	30,59
0,425	343	532	189	182	15,00
0,180	355	406	51	131	10,80
0,075	366	439	73	58	4,78
PAN	308	353	45	13,00	1,07
TOPLAM	3472	4685	1213		

Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Şekil Ek B.6: Sedirler Kavşağı girişi normal aşınma tabakası karot numune ekstraksiyon sonrası granülometri eğrisi



Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Tablo Ek B.7: Konya-Ereğli Yolu modifiye aşınma tabakası karot numunelerin fiziksel özellikler ve kontrolü

Karot No	Havada	Sudaki	Doy. Yüz.	Hacim	Hacim	Sıkışma, %	Vh, Boşluk	YÜKSEKLİKLER,mm			
	Ağırlık,g	Ağırlık,g	Ağırlık,g	cm ³	Özg. Ağırlık	YolDp/Lab.Dp*100	(Lab.Dt-Yol Dp)/Lab.Dt	1	2	3	ortlm
	A	C	B	V	Dp						
1	1987,5	1139,5	1988,7	849,2	2,340	97,52	4,08	57,84	55,15	56,93	56,64
2	1908,6	1089,0	1915,8	826,8	2,308	96,18	5,39	52,81	52,65	54,70	53,39
3	2063,3	1186,0	2068,6	882,6	2,338	97,41	4,19	57,15	56,36	58,24	57,25
4	1880,8	1083,5	1886,5	803,0	2,342	97,59	4,01	53,01	52,28	52,37	52,55
Ortalama					2,332	97,18	4,42	54,96			

Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Tablo Ek B.8: Konya-Antalya Çevre Yolu modifiye aşınma tabakası karot numunelerin fiziksel özellikler ve kontrolü

Karot No	Havada	Sudaki	Doy. Yüz.	Hacim	Hacim	Sıkışma, %	Vh, Boşluk	YÜKSEKLİKLER,mm			
	Ağırlık,g	Ağırlık,g	Ağırlık,g	cm ³	Özg. Ağırlık	YolDp/Lab.Dp*100	(Lab.Dt-Yol Dp)/Lab.Dt	1	2	3	ortlm
	A	C	B	V	Dp						
1	2110,8	1221,5	2120,4	898,9	2,348	97,84	3,76	54,90	57,72	57,81	56,81
2	1871,8	1093,0	1899,9	806,9	2,320	96,66	4,93	56,10	54,99	53,02	54,70
3	1915,1	1115,0	1925,4	810,4	2,363	98,46	3,15	53,14	53,87	53,55	53,52
4	1852,2	1084,0	1869,6	785,6	2,358	98,24	3,37	50,58	50,91	50,27	50,59
Ortalama					2,347	97,80	3,80	53,91			

Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Tablo Ek B.9: Konya Adana Çevre Yolu modifiye aşınma tabakası karot numunelerin fiziksel özellikler ve kontrolü

Karot No	Havada	Sudaki	Doy. Yüz.	Hacim	Hacim	Sıkışma, %	Vh, Boşluk	YÜKSEKLİKLER,mm			
	Ağırlık,g	Ağırlık,g	Ağırlık,g	cm ³	Özg. Ağırl	YolDp/Lab.Dp*100	(Lab.Dt-Yol Dp)/Lab.Dt	1	2	3	ortlm
	A	C	B	V	Dp						
1	2095,7	1248,0	2098,9	850,9	2,463	101,19	3,07	55,55	52,82	55,21	54,53
2	2101,6	1248,0	2105,4	857,4	2,451	100,70	3,54	54,91	55,23	55,95	55,36
3	2041,6	1201,0	2044,6	843,6	2,420	99,43	4,76	53,91	54,25	55,42	54,53
4	1988,4	1163,5	1995,3	831,8	2,390	98,21	5,92	54,63	52,17	54,02	53,61
Ortalama					2,431	99,88	4,32	54,51			

Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Tablo Ek B.10: Azerbaycan Caddesi normal aşınma tabakası karot numunelerin fiziksel özellikler ve kontrolü (2nolu güzergah)

Karot No	Havada	Sudaki	Doy. Yüz.	Hacim	Hacim	Sıkışma, %	Vh, Boşluk	YÜKSEKLİKLER,mm			
	Ağırlık,g	Ağırlık,g	Ağırlık,g	cm ³	Özg. Ağırl	YolDp/Lab.Dp*100	(Lab.Dt-Yol Dp)/Lab.Dt	1	2	3	ortlm
	A	C	B	V	Dp						
1	2002,6	1153,5	2012,9	859,4	2,330	97,09	4,50	56,12	55,84	54,15	55,37
2	1832,4	1054,5	1841,6	787,1	2,328	97,00	4,59	53,58	49,84	51,01	51,48
3	1824,6	1042,5	1828,8	786,3	2,320	96,69	4,90	50,74	52,96	50,82	51,51
4	1988,0	1142,0	1992,4	850,4	2,338	97,41	4,19	54,68	58,15	55,71	56,18
Ortalama					2,329	97,05	4,54	53,63			

Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Tablo Ek B.11: Azerbaycan Caddesi normal aşınma tabakası karot numunelerin fiziksel özellikleri ve kontrolü (1 Nolu Güzergah)

Karot No	Havada	Sudaki	Doy. Yüz.	Hacim	Hacim	Sıkışma, %	Vh, Boşluk	YÜKSEKLİKLER,mm			
	Ağırlık,g	Ağırlık,g	Ağırlık,g	cm ³	Özg. Ağırlık	YolDp/Lab.Dp*100	(Lab.Dt-Yol Dp)/Lab.Dt	1	2	3	ortlm
	A	C	B	V	Dp						
1	2027,3	1167,5	2048,8	881,3	2,300	95,85	5,72	58,41	57,94	56,87	57,74
2	2046,7	1179,0	2069,0	890,0	2,300	95,82	5,75	57,32	57,87	57,84	57,68
3	2053,3	1188,5	2075,4	886,9	2,315	96,46	5,12	58,71	58,26	57,59	58,19
4	2062,6	1188,5	2082,6	894,1	2,307	96,12	5,45	58,51	58,03	58,10	58,21
Ortalama					2,306	96,06	5,51	57,95			

Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Tablo Ek B.12: Sedirler Kavşağı Girişi normal aşınma tabakası karot numunelerin fiziksel özellikleri ve kontrolü

Karot No	Havada	Sudaki	Doy. Yüz.	Hacim	Hacim	Sıkışma, %	Vh, Boşluk	YÜKSEKLİKLER,mm			
	Ağırlık,g	Ağırlık,g	Ağırlık,g	cm ³	Özg. Ağırlık	YolDp/Lab.Dp*100	(Lab.Dt-Yol Dp)/Lab.Dt	1	2	3	ortlm
	A	C	B	V	Dp						
1	2090,5	1229,0	2092,7	863,7	2,420	99,44	4,75	55,43	56,20	56,36	56,00
2	2035,7	1198,0	2037,4	839,4	2,425	99,64	4,56	53,54	55,57	55,59	54,90
3	2082,3	1212,0	2084,2	872,2	2,387	98,09	6,04	56,45	55,75	56,90	56,37
4	2038,2	1183,0	2040,2	857,2	2,378	97,69	6,42	56,80	55,96	54,67	55,81
Ortalama					2,403	98,71	5,44	55,77			

Tablo Ek B.13: Saf bitüm numunelerin fiziksel özellikleri ve kontrolü

Karot No	Havada	Sudaki	Doy.Yüz.	Hacim	Hacim	Vh, Boşluk	Ort. Yükseklik
	Ağırlık,g	Ağırlık,g	Ağırlık,g	cm ³	Özg.Ağırl		
	A	C	B	V	Dp		
1	2204,5	1319,5	2211,0	891,5	2,473	4,01	52,04
2	2247,0	1345,5	2253,0	907,5	2,476	3,88	
3	2206,0	1319,5	2211,5	892,0	2,473	3,99	
4	2273,5	1360,0	2279,5	919,5	2,473	4,02	

Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Tablo Ek B.14: Yüzde 4 SBS (Kraton D1101) katkıli bitüm numunelerin fiziksel özellikleri ve kontrolü

Karot No	Havada	Sudaki	Doy.Yüz.	Hacim	Hacim	Vh, Boşluk	Ort. Yükseklik
	Ağırlık,g	Ağırlık,g	Ağırlık,g	cm ³	Özg.Ağırl		
	A	C	B	V	Dp		
1	2249,5	1355,0	2265,5	910,5	2,471	4,09	52,17
2	2239,5	1348,5	2252,5	904,0	2,477	3,83	
3	2241,0	1349,5	2253,5	904,0	2,479	3,77	
4	2255,0	1351,5	2262,5	911,0	2,475	3,91	

Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Tablo Ek B.15: Yüzde 4.5 SBS (Kraton D1101) katkıli bitüm numunelerin fiziksel özellikleri ve kontrolü

Karot No	Havada	Sudaki	Doy.Yüz.	Hacim	Hacim	Vh, Boşluk	Ort. Yükseklik
	Ağırlık,g	Ağırlık,g	Ağırlık,g	cm ³	Özg.Ağırl		
	A	C	B	V	Dp		
1	2245,0	1349,0	2255,5	906,5	2,477	3,86	51,92
2	2213,5	1328,0	2221,5	893,5	2,477	3,83	
3	2245,0	1349,0	2253,5	904,5	2,482	3,65	
4	2246,0	1349,0	2254,0	905,0	2,482	3,66	

Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

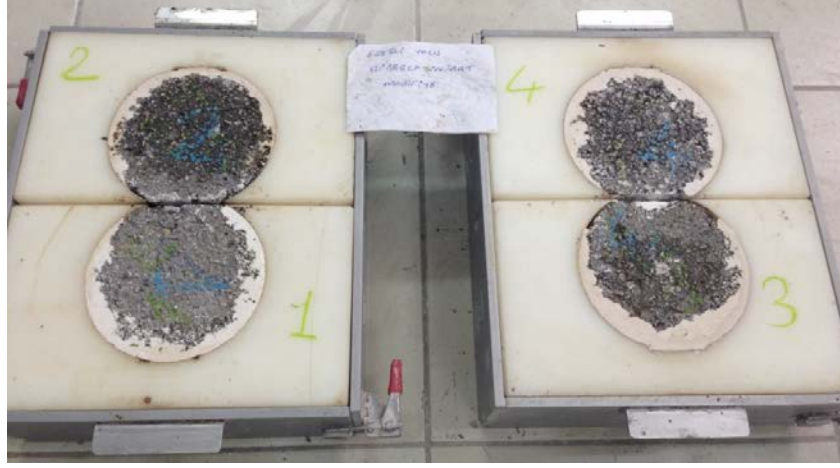
Tablo EkB16: Yüzde 5 SBS (Kraton D1101) katkıli bitüm numunelerin fiziksel özellikleri ve kontrolü

Karot No	Havada	Sudaki	Doy.Yüz.	Hacim	Hacim	Vh, Boşluk	Ort. Yükseklik
	Ağırlık,g	Ağırlık,g	Ağırlık,g	cm ³	Özg.Ağırl		
	A	C	B	V	Dp		
1	2007,5	1204,0	2016,0	812,0	2,472	4,03	52,25
2	2312,0	1387,0	2321,5	934,5	2,474	3,96	
3	2265,0	1362,0	2274,0	912,0	2,484	3,59	
4	2153,5	1293,5	2163,0	869,5	2,477	3,85	

Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Ek C : KAROTLARIN VE LABORATUVAR NUMUNELERİNİN TEKERLEK İZİ DENEYİ SONRASI DURUMLAR

Şekil Ek C.1: Konya Ereğli Yolu modifiye aşınma tabakası karot numunelerin tekerlek izi deneyi öncesi durumu



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek C.2: Konya Ereğli Yolu modifiye aşınma tabakası karot numunelerin tekerlek izi deneyi sonrası durumu



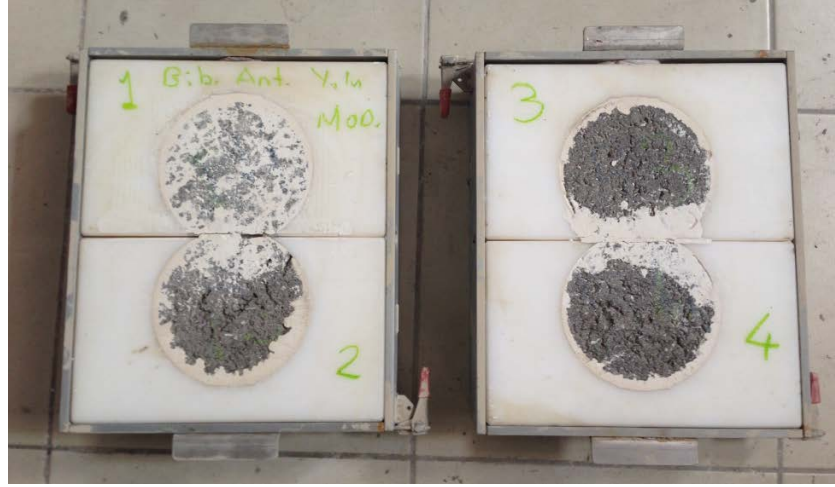
Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek C.3: Konya Ereğli Yolu tekerlek izi deneyi sonrası karot numunelerde oluşan tekerlek izi derinliği



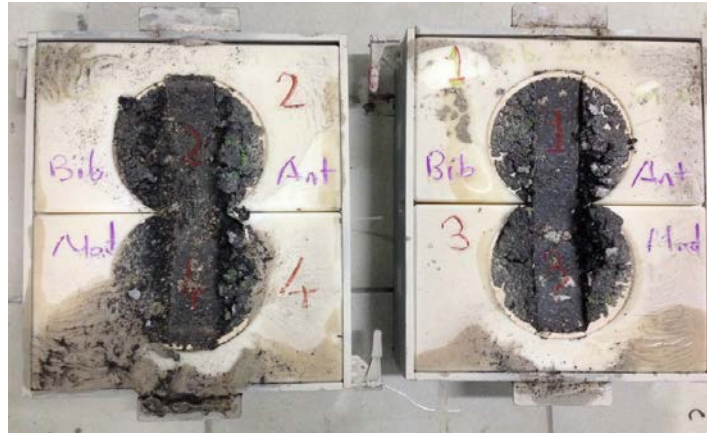
Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek C.4: Konya Antalya Yolu modifiye aşınma tabakası karot numunelerin tekerlek izi deneyi öncesi durumu



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek C.5: Konya Antalya Yolu modifiye aşınma tabakası karot numunelerin tekerlek izi deneyi sonrası durumu



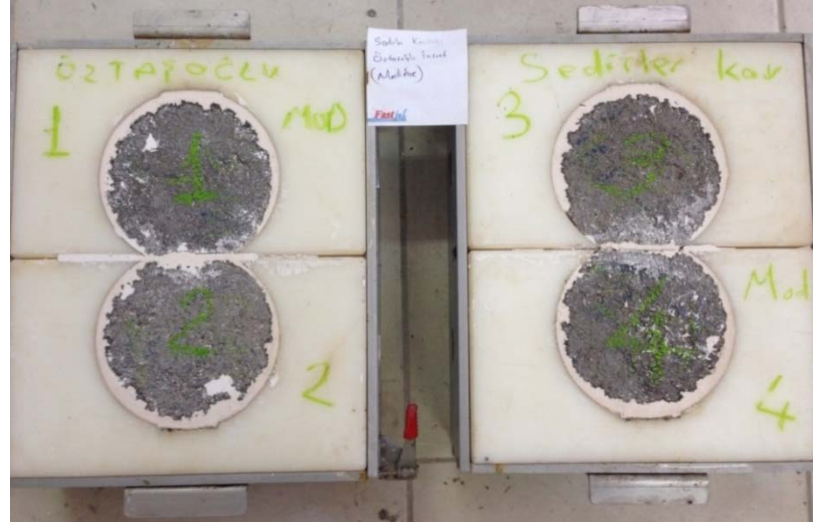
Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek C.6: Tekerlek izi deneyi sonrası karot numunelerde oluşan tekerlek izi derinliği



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

**Şekil Ek C.7: Konya Adana Çevre Yolu modifiye aşınma tabakası
karot numunelerin tekerlek izi deneyi öncesi durumu**



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

**Şekil Ek C.8: Konya Adana Çevre Yolu modifiye aşınma tabakası
karot numunelerin tekerlek izi deneyi sonrası durumu**



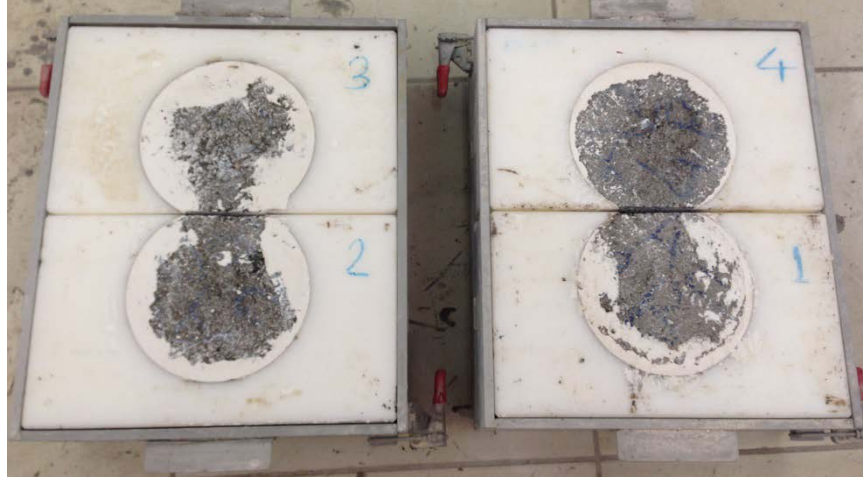
Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

**Şekil Ek C.9: Tekerlek izi deneyi sonrası karot numunelerde
oluşan tekerlek izi derinliği**



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek C.10: Konya Azerbaycan Caddesi normal aşınma tabakası karot numunelerinin tekerlek izi deneyi öncesi durumu



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek C.11: Konya Azerbaycan Caddesi normal aşınma tabakası karot numunelerinin tekerlek izi deneyi sonrası durumu



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek C.12: Tekerlek izi deneyi sonrası karot numunelerinde oluşan tekerlek izi derinliği



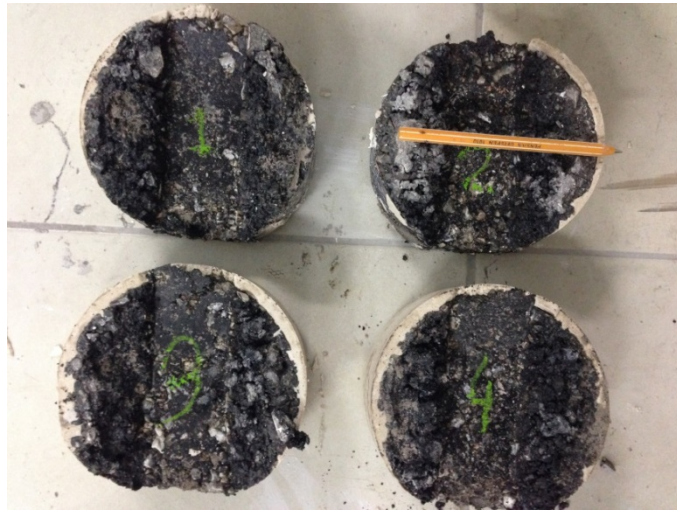
Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek C.13: Konya Azerbaycan Caddesi normal aşınma tabakası karot numunelerinin tekerlek izi deneyi öncesi durumu (1 nolu güzergah)



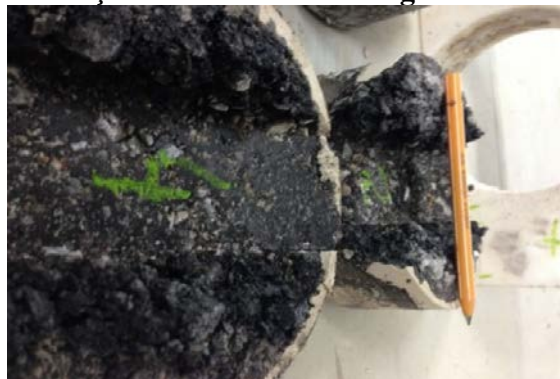
Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek C.14: Konya Azerbaycan Caddesi normal aşınma tabakası karot numunelerinin Tekerlek izi deneyi sonrası durumu (1 nolu güzergah)



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek C.15. Tekerlek izi deneyi sonrası karot numunelerinde oluşan tekerlek izi derinliği



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek C.16: Konya Sedirler Kavşağı katkısız aşınma tabakası karot numunelerin tekerlek izi deneyi öncesi durumu



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek C.17: Konya Sedirler Kavşağı katkısız aşınma tabakası karot numunelerin tekerlek izi deneyi sonrası durumu



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Şekil Ek C.18: Tekerlek izi deneyi sonrası karot numunelerde oluşan tekerlek izi derinliği



Kaynak: Bu fotoğraf Mustafa ARSLAN tarafından çekilmiştir.

Tablo Ek C.1: Karot Numunelerin Devir Sayıları ve Tekerlek İzi Derinlikleri

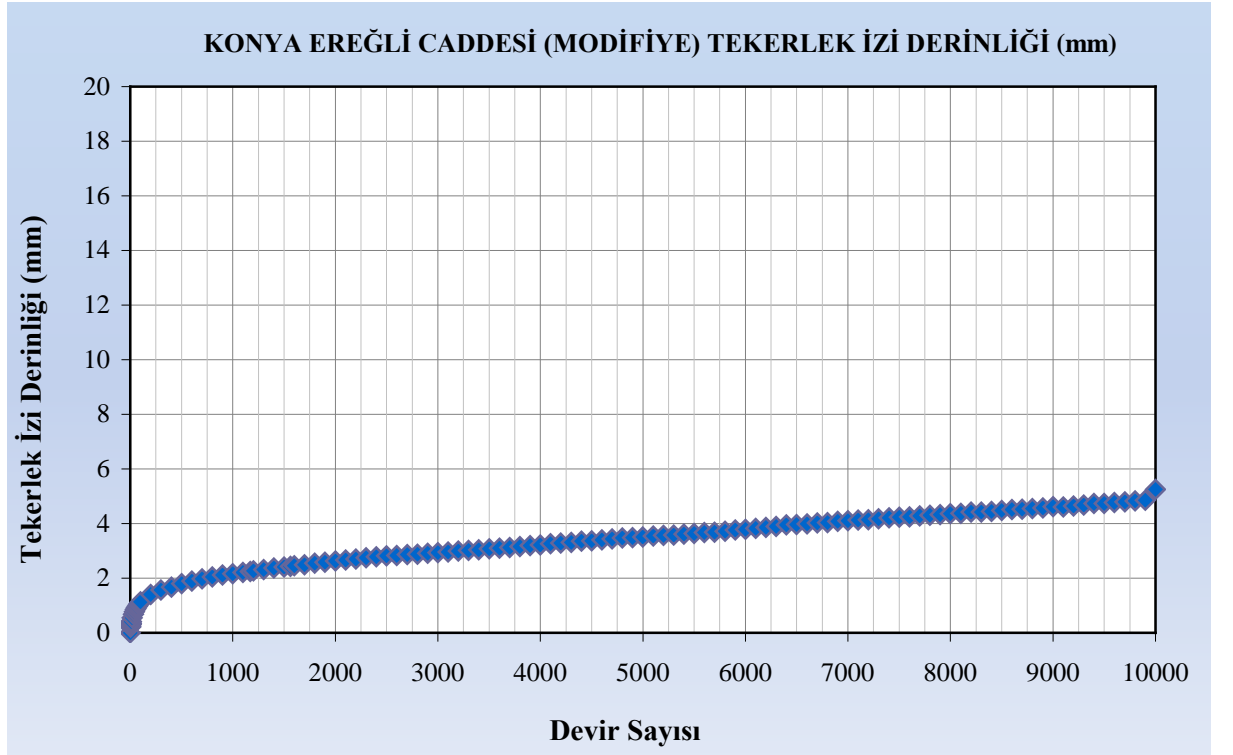
	Ereğli Yolu	Antalya Yolu	Adana Çevre Yolu	Azarbeycan (2)	Azarbeycan (1)	Sedirler Kavşağı
Devir	Tekerlek izi derinliği (mm)	Tekerlek izi derinliği (mm)	Tekerlek izi derinliği (mm)	Tekerlek izi derinliği (mm)	Tekerlek izi derinliği (mm)	Tekerlek izi derinliği (mm)
1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,208	0,042	0,109	0,114	0,102	0,023
3	0,231	-0,969	0,136	0,157	0,116	0,085
4	0,298	-0,372	0,160	0,221	0,145	0,133
5	0,295	-0,618	0,181	0,281	0,142	0,123
6	0,314	-0,767	0,211	0,344	0,207	0,174
7	0,352	-0,018	0,238	0,348	0,265	0,212
8	0,340	1,291	0,244	0,361	0,178	0,290
9	0,408	-0,258	0,269	0,408	0,308	0,297
10	0,408	-0,348	0,289	0,381	0,329	0,294
20	0,548	-1,408	0,434	0,569	0,578	0,554
30	0,674	-0,443	0,527	0,596	0,584	0,730
40	0,773	-0,741	0,628	0,639	0,790	0,868
50	0,848	-0,262	0,700	0,710	0,835	1,079
60	0,912	-0,786	0,754	0,747	0,696	1,192
70	0,974	-0,457	0,815	0,791	0,792	1,282
80	1,037	-0,494	0,883	0,811	1,016	1,398
90	1,078	0,099	0,930	0,838	0,924	1,452
100	1,131	0,300	0,987	0,878	1,019	1,566
200	1,405	0,889	1,387	1,158	1,373	2,173
300	1,561	1,053	1,659	1,299	1,565	2,595
400	1,677	0,852	1,845	1,477	1,759	2,999
500	1,797	1,167	2,006	1,729	1,988	3,231
600	1,893	1,149	2,183	1,879	2,448	3,535
700	1,982	1,787	2,306	2,043	2,518	3,739
800	2,042	2,041	2,455	2,163	2,664	3,955
900	2,111	1,855	2,612	2,293	2,817	4,057
1000	2,160	1,794	2,732	2,378	3,130	4,261
1100	2,210	1,724	2,839	2,478	3,120	4,404
1171	2,245	1,838	2,911	2,542	3,268	4,549
1200	2,265	1,987	2,939	2,570	3,458	4,615
1300	2,315	2,123	3,031	2,632	3,539	4,792
1400	2,369	2,048	3,137	2,652	3,812	4,928
1500	2,411	2,604	3,249	2,765	3,787	4,994
1561	2,433	2,631	3,304	2,748	3,934	5,047
1600	2,451	2,925	3,353	2,742	4,287	5,080
1700	2,491	2,594	3,466	2,779	4,187	5,193
1800	2,548	2,569	3,586	2,791	4,261	5,311
1900	2,579	2,861	3,661	2,840	4,727	5,446
2000	2,627	2,925	3,750	2,907	4,601	5,487
2100	2,671	3,003	3,830	2,976	4,732	5,642
2200	2,706	3,089	3,918	3,003	4,999	5,686
2300	2,753	3,046	4,027	3,078	4,811	5,685
2400	2,783	3,108	4,066	3,150	5,230	5,867
2500	2,820	3,106	4,147	3,197	5,297	5,927
2600	2,835	3,369	4,234	3,235	5,292	6,040
2700	2,865	3,340	4,305	3,309	5,355	6,104
2800	2,882	3,433	4,372	3,412	5,471	6,196
2900	2,915	3,545	4,442	3,467	5,685	6,332
3000	2,940	3,455	4,549	3,568	5,696	6,393

3100	2,962	3,630	4,580	3,684	5,730	6,447
3200	2,991	3,690	4,652	3,729	5,878	6,535
3300	3,022	3,566	4,730	3,851	5,916	6,674
3400	3,043	3,794	4,768	3,909	6,035	6,745
3500	3,078	3,769	4,865	3,983	6,073	6,844
3600	3,103	3,881	4,913	4,077	6,155	6,897
3700	3,121	3,895	4,957	4,125	6,245	6,982
3800	3,159	3,782	5,020	4,168	6,276	7,078
3900	3,197	3,672	5,108	4,243	6,239	7,109
4000	3,215	3,887	5,162	4,315	6,337	7,172
4100	3,257	3,949	5,203	4,376	6,394	7,348
4200	3,291	3,878	5,228	4,418	6,586	7,421
4300	3,315	3,953	5,321	4,489	6,616	7,476
4400	3,353	4,247	5,347	4,564	6,775	7,572
4500	3,371	4,115	5,374	4,634	6,932	7,624
4600	3,409	3,892	5,477	4,749	6,747	7,722
4700	3,433	4,084	5,503	4,810	6,972	7,922
4800	3,469	4,424	5,507	4,885	7,184	7,910
4900	3,488	4,532	5,578	4,970	7,257	8,086
5000	3,512	4,459	5,624	5,014	7,208	8,166
5100	3,540	4,280	5,714	5,095	7,224	8,443
5200	3,572	4,293	5,775	5,156	7,316	8,360
5300	3,585	4,360	5,916	5,230	7,476	8,455
5400	3,616	4,561	6,022	5,375	7,413	8,700
5500	3,632	4,327	6,039	5,434	7,557	8,972
5600	3,674	4,581	6,158	5,586	7,416	9,066
5700	3,685	4,620	6,192	5,625	7,670	9,464
5800	3,724	4,632	6,274	5,746	7,602	9,537
5900	3,766	4,186	6,302	5,874	8,077	9,863
6000	3,794	4,244	6,379	6,348	7,988	10,238
6100	3,827	4,115	6,491	6,972	8,014	10,532
6200	3,865	4,798	6,540	7,247	8,153	10,830
6300	3,895	4,242	6,645	7,602	7,994	11,187
6400	3,950	4,450	6,733	7,784	8,099	10,866
6500	3,962	4,264	6,831	8,083	8,174	11,923
6600	3,993	4,152	6,869	8,392	8,443	12,524
6700	4,026	4,381	7,000	8,354	8,551	13,065
6800	4,035	4,680	7,010	8,848	8,601	13,352
6900	4,086	4,521	7,109	8,665	8,866	13,715
7000	4,109	5,018	7,229	9,421	8,695	13,882
7100	4,126	4,721	7,339	9,719	8,912	13,810
7200	4,140	5,269	7,522	9,619	9,001	14,256
7300	4,172	5,676	7,633	9,932	9,220	14,269
7400	4,212	5,521	7,826	10,459	9,225	14,444
7500	4,239	5,769	7,953	10,605	9,694	14,689
7600	4,248	5,581	8,093	11,052	9,601	15,451
7700	4,285	6,153	8,097	12,294	9,821	15,914
7800	4,302	6,383	8,431	11,986	10,032	16,321
7900	4,328	6,357	8,497	12,506	10,091	16,296
8000	4,363	6,118	8,817	12,982	10,596	16,662
8100	4,376	6,730	8,781	12,776	10,493	16,708
8200	4,417	6,323	9,102	13,201	10,535	15,660
8300	4,416	6,523	9,415	13,461	10,713	16,349
8400	4,447	6,609	8,476	13,646	10,299	16,658
8500	4,475	6,089	9,626	13,847	11,224	16,758
8600	4,512	6,269	10,076	14,005	12,027	16,943
8700	4,524	5,686	10,431	14,157	12,468	17,083
8800	4,550	6,363	10,786	14,403	12,784	17,073
8900	4,577	6,929	10,796	14,552	12,423	17,210

9000	4,620	7,193	11,176	14,591	12,993	17,307
9100	4,608	7,062	11,367	14,711	12,871	17,418
9200	4,645	7,633	11,431	14,809	13,080	17,479
9300	4,676	7,055	11,924	14,873	14,042	17,388
9400	4,731	7,533	12,171	14,993	14,837	17,465
9500	4,742	7,501	12,667	15,088	15,131	17,569
9600	4,776	7,275	12,966	15,148	15,287	17,651
9700	4,801	6,570	13,251	15,174	15,152	17,659
9800	4,825	6,008	12,621	15,205	14,497	17,571
9900	4,849	6,893	13,483	15,204	15,547	17,717
10000	5,256	7,966	13,790	15,266	16,673	17,738

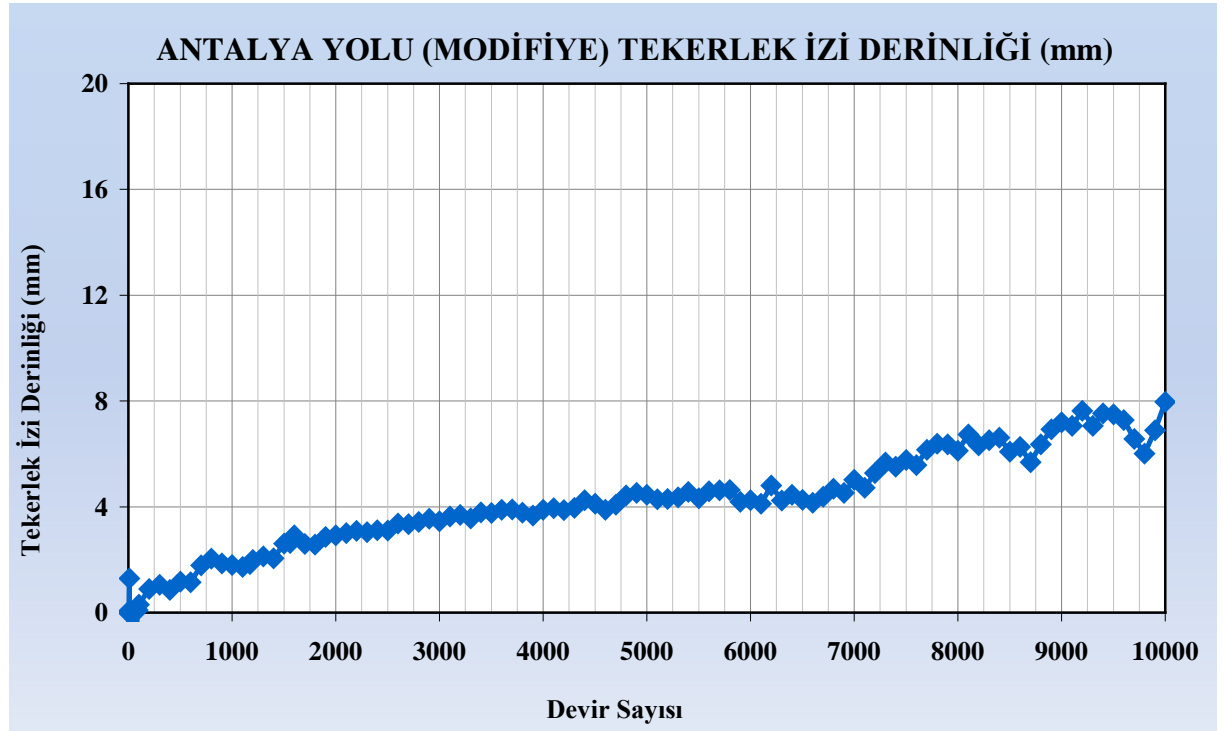
Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Şekil Ek C.19: Konya Ereğli Caddesi modifiye aşınma tabakası karot numunelerinde devir sayısı ve sıcaklığa bağlı oluşan tekerlek izi derinliği



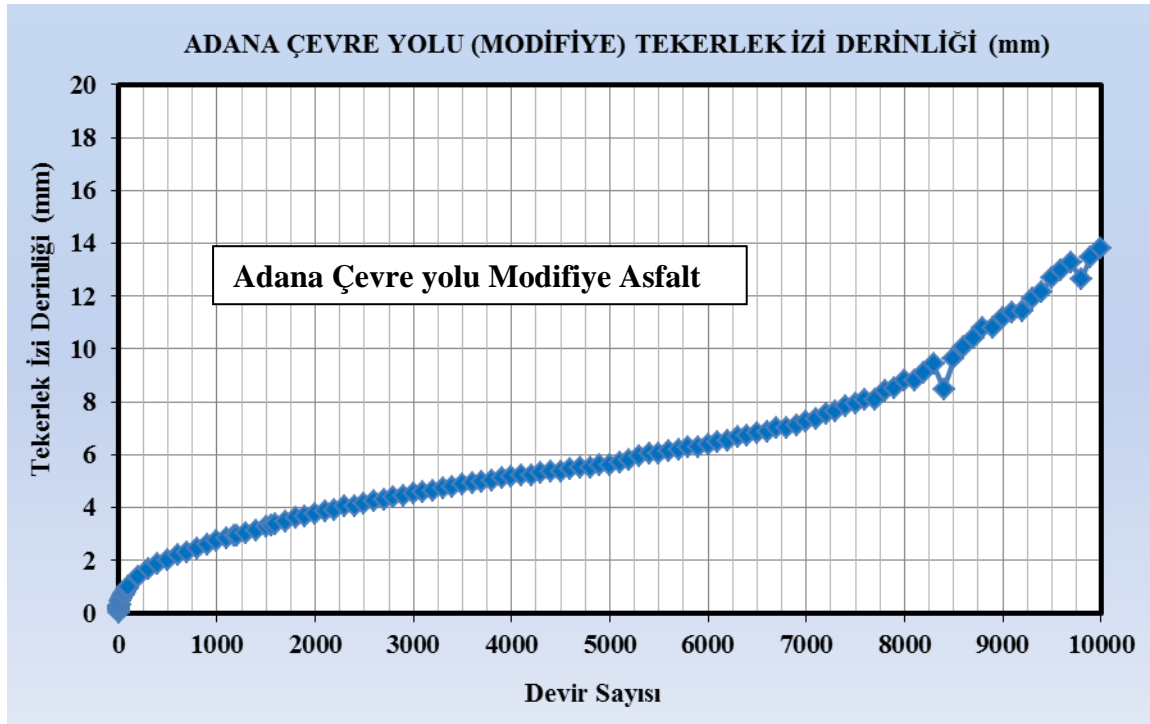
Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Şekil Ek C.20. Konya Antalya Yolu modifiye aşınma tabakası karot numunelerinde devir sayısı ve sıcaklığa bağlı oluşan tekerlek izi derinliği



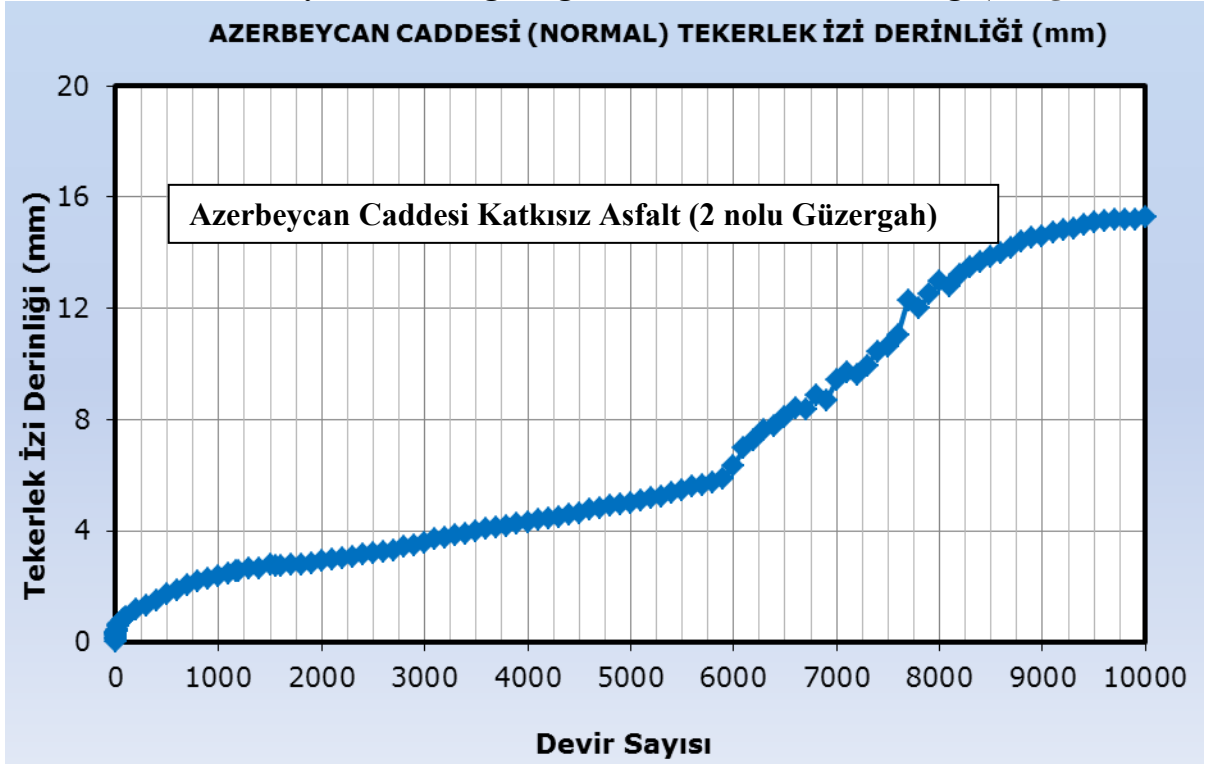
Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Şekil Ek C.21: Konya Sedirler Kavşağı modifiye aşınma tabakası karot numunesi devir sayısı ve sıcaklığa bağlı oluşan tekerlek izi derinliği



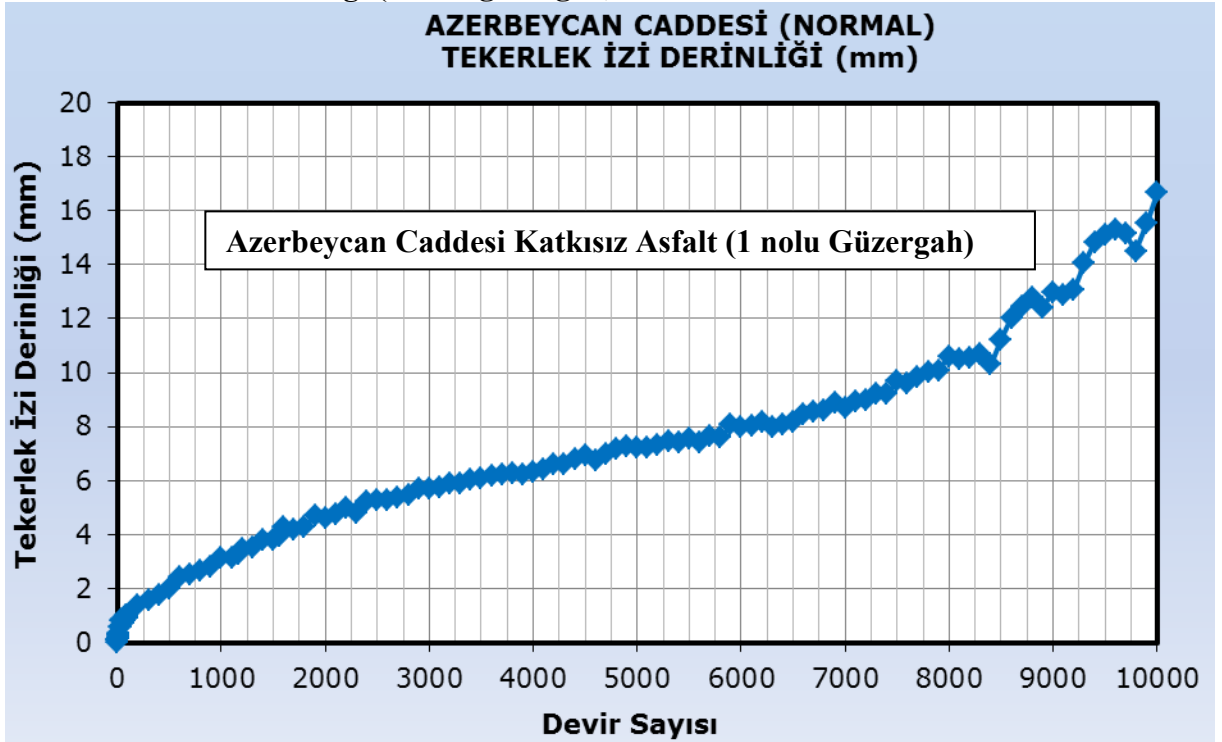
Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Şekil Ek C.22: Konya Azerbaycan Cad. normal aşınma tabakası karot numunesi devir sayısı ve sıcaklığa bağlı oluşan tekerlek izi derinliği (2 n. güz.)



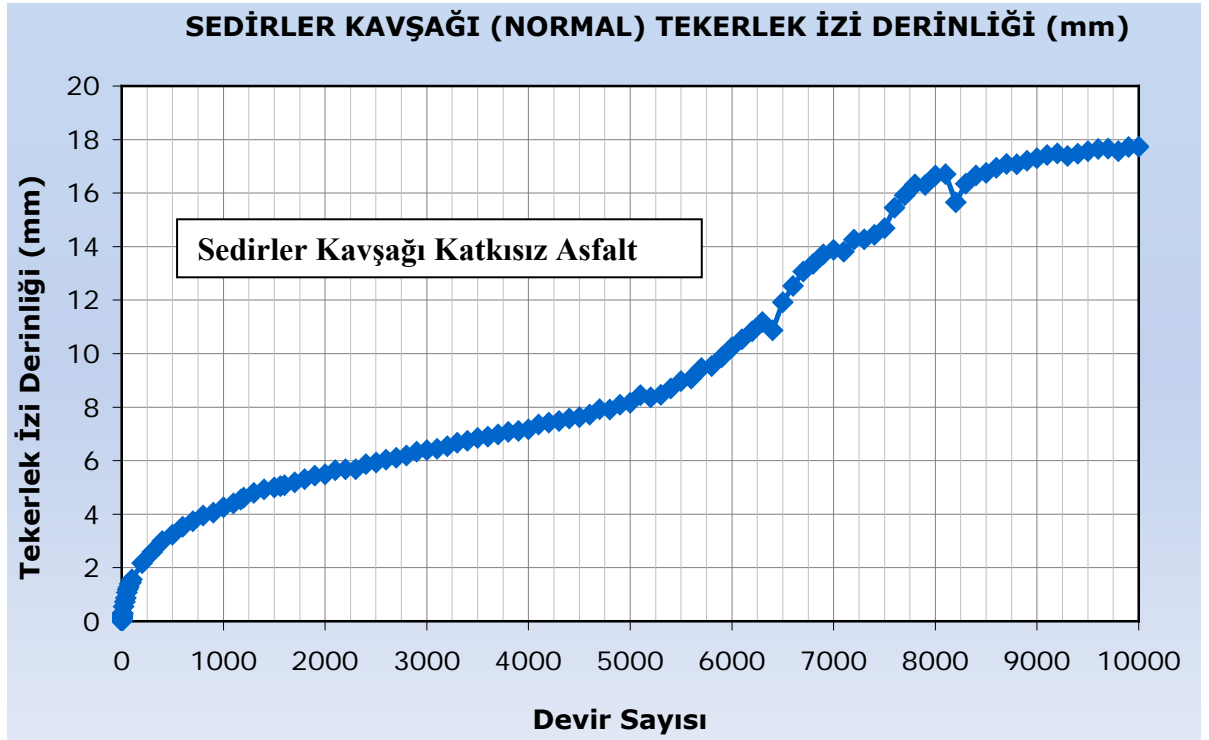
Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Şekil Ek C.23: Konya Azerbaycan Caddesi normal aşınma tabakası karot numunelerde devir sayısı ve sıcaklığa bağlı oluşan tekerlek izi derinliği (1 nolu güzergah)



Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Şekil Ek C.24: Sedirler Kavşağı normal aşınma tabakası karot numunelerinde devir sayıları ve sıcaklığa bağlı oluşan tekerlek izi derinliği



Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Tablo Ek C.2: Laboratuvar numuneleri devir sayıları ve tekerlek izi derinlikleri

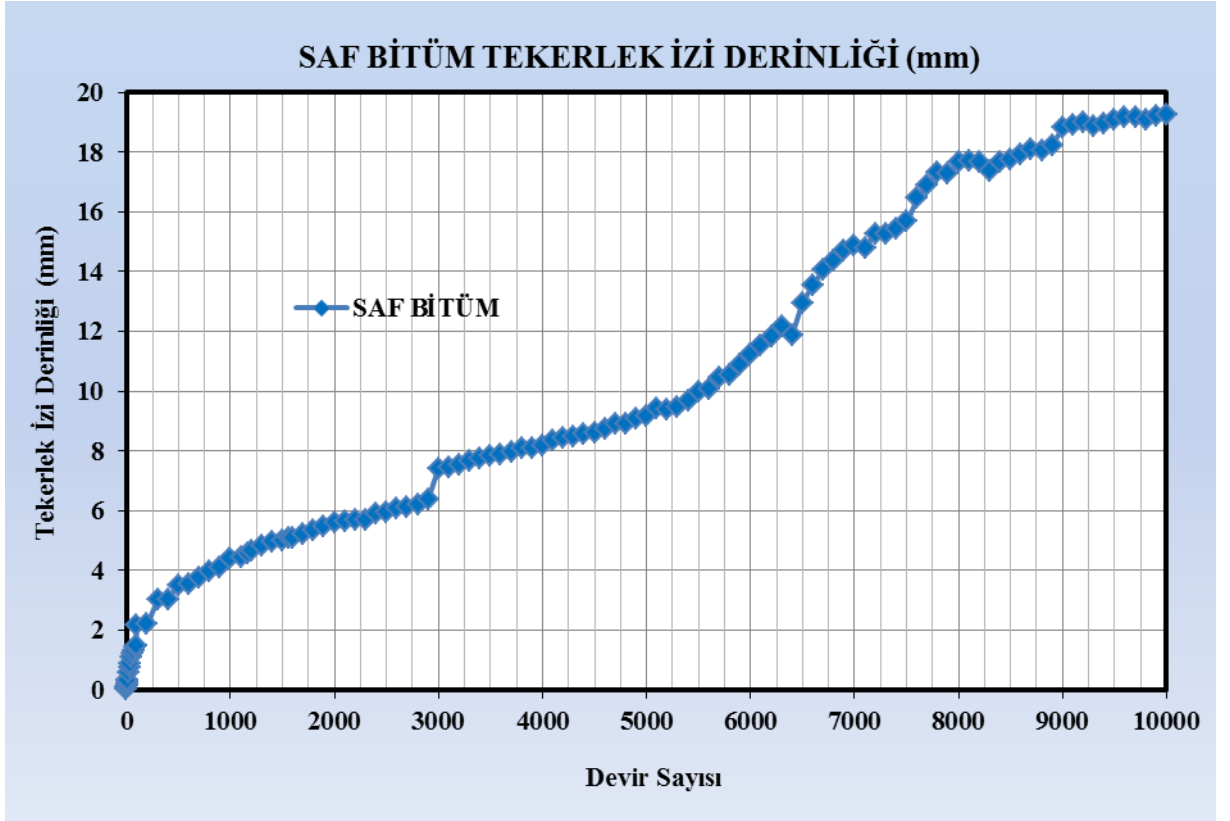
Devir	Saf Bitüm	%4 SBS Katkılı	%4.5 SBS Katkılı	%5 SBS Katkılı
	Tekerlek izi derinliği (mm)	Tekerlek izi derinliği (mm)	Tekerlek izi derinliği (mm)	Tekerlek izi derinliği (mm)
1	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,043	0,083	-0,053	0,004
3	0,105	0,114	-0,007	-0,179
4	0,153	0,141	0,010	0,035
5	0,143	0,170	0,032	-0,010
6	0,194	0,184	0,036	-0,646
7	0,232	0,210	0,103	0,089
8	0,310	0,235	0,053	0,142
9	0,317	0,245	0,076	0,089
10	0,314	0,264	0,093	0,093
20	0,574	0,413	0,354	0,288
30	0,750	0,526	0,442	0,418
40	0,888	0,616	0,557	0,492
50	1,099	0,691	0,617	0,527
60	1,212	0,745	0,602	0,572
70	1,302	0,804	0,625	0,651
80	1,418	0,848	0,758	0,724
90	1,472	0,894	0,775	0,802
100	2,186	0,937	0,784	0,822

200	2,193	1,211	1,023	1,137
300	3,015	1,384	1,157	1,357
400	3,019	1,548	1,327	1,462
500	3,511	1,655	1,508	1,508
600	3,555	1,762	1,615	1,625
700	3,759	1,850	1,704	1,705
800	3,975	1,965	1,802	1,749
900	4,077	2,041	1,878	1,721
1000	4,401	2,142	1,961	1,871
1100	4,424	2,222	2,046	1,884
1171	4,569	2,308	2,100	2,024
1200	4,635	2,321	2,117	1,910
1300	4,812	2,423	2,217	2,114
1400	4,948	2,505	2,271	2,248
1500	5,014	2,603	2,351	2,265
1561	5,067	2,666	2,412	2,235
1600	5,100	2,685	2,461	2,285
1700	5,213	2,781	2,499	2,265
1800	5,331	2,868	2,573	2,316
1900	5,466	2,957	2,652	2,510
2000	5,617	3,062	2,694	2,435
2100	5,662	3,165	2,768	2,489
2200	5,706	3,247	2,834	2,671
2300	5,705	3,358	2,848	2,609
2400	5,887	3,470	2,978	2,908
2500	5,947	3,583	2,977	2,745
2600	6,060	3,690	3,094	2,743
2700	6,124	3,767	3,111	3,086
2800	6,216	3,877	3,134	2,989
2900	6,352	3,949	3,270	3,106
3000	7,393	4,050	3,215	3,103
3100	7,447	4,154	3,393	3,273
3200	7,535	4,247	3,481	3,276
3300	7,674	4,320	3,459	3,226
3400	7,745	4,465	3,355	3,495
3500	7,844	4,528	3,615	3,446
3600	7,897	4,645	3,553	3,523
3700	7,982	4,720	3,645	3,548
3800	8,078	4,848	3,653	3,604
3900	8,109	4,919	3,848	3,779
4000	8,172	5,037	3,902	3,769
4100	8,348	5,142	3,938	3,851
4200	8,421	5,244	4,064	3,733
4300	8,476	5,407	4,087	3,825
4400	8,572	5,495	4,076	4,083
4500	8,624	5,665	4,160	4,140
4600	8,722	5,774	4,249	4,112
4700	8,922	5,874	4,366	4,331
4800	8,910	6,012	4,402	4,399
4900	9,086	6,109	4,447	4,441
5000	9,166	6,231	4,580	4,518
5100	9,443	6,390	4,640	4,592
5200	9,360	6,518	4,775	4,737
5300	9,455	6,608	5,006	4,661
5400	9,700	6,748	4,956	4,730
5500	9,972	6,845	5,027	4,961
5600	10,066	6,945	5,210	4,915
5700	10,464	7,059	5,268	5,074

5800	10,537	7,149	5,387	5,182
5900	10,863	7,336	5,511	5,182
6000	11,238	7,478	5,601	5,352
6100	11,532	7,551	5,606	5,362
6200	11,830	7,622	5,764	5,356
6300	12,187	7,731	5,720	5,476
6400	11,866	7,844	5,800	5,606
6500	12,923	8,038	6,002	5,675
6600	13,524	8,160	6,002	5,869
6700	14,065	8,291	6,253	5,896
6800	14,352	8,339	6,233	5,968
6900	14,715	8,433	6,251	6,085
7000	14,882	8,621	6,452	6,148
7100	14,810	8,684	6,704	6,280
7200	15,256	8,766	6,479	6,383
7300	15,269	8,918	6,701	6,471
7400	15,444	8,993	6,672	6,571
7500	15,689	9,105	6,880	6,683
7600	16,451	9,276	6,923	6,804
7700	16,914	9,344	6,964	6,910
7800	17,321	9,482	7,097	6,973
7900	17,296	9,561	7,392	7,081
8000	17,662	9,731	7,216	7,183
8100	17,708	9,865	7,342	7,312
8200	17,660	10,008	7,390	7,387
8300	17,349	10,103	7,500	7,509
8400	17,658	10,179	7,709	7,598
8500	17,758	10,299	7,699	7,684
8600	17,943	10,437	7,766	7,802
8700	18,083	10,579	7,920	7,866
8800	18,073	10,569	8,061	7,942
8900	18,210	10,720	8,165	8,028
9000	18,807	10,836	8,284	8,122
9100	18,918	11,014	8,212	8,207
9200	18,979	11,185	8,519	8,289
9300	18,888	11,131	8,545	8,387
9400	18,965	11,397	8,515	8,478
9500	19,069	11,479	8,558	8,537
9600	19,151	11,550	8,754	8,676
9700	19,159	11,631	8,846	8,733
9800	19,071	11,775	8,914	8,821
9900	19,217	11,926	9,059	8,932
10000	19,238	11,950	9,225	9,007

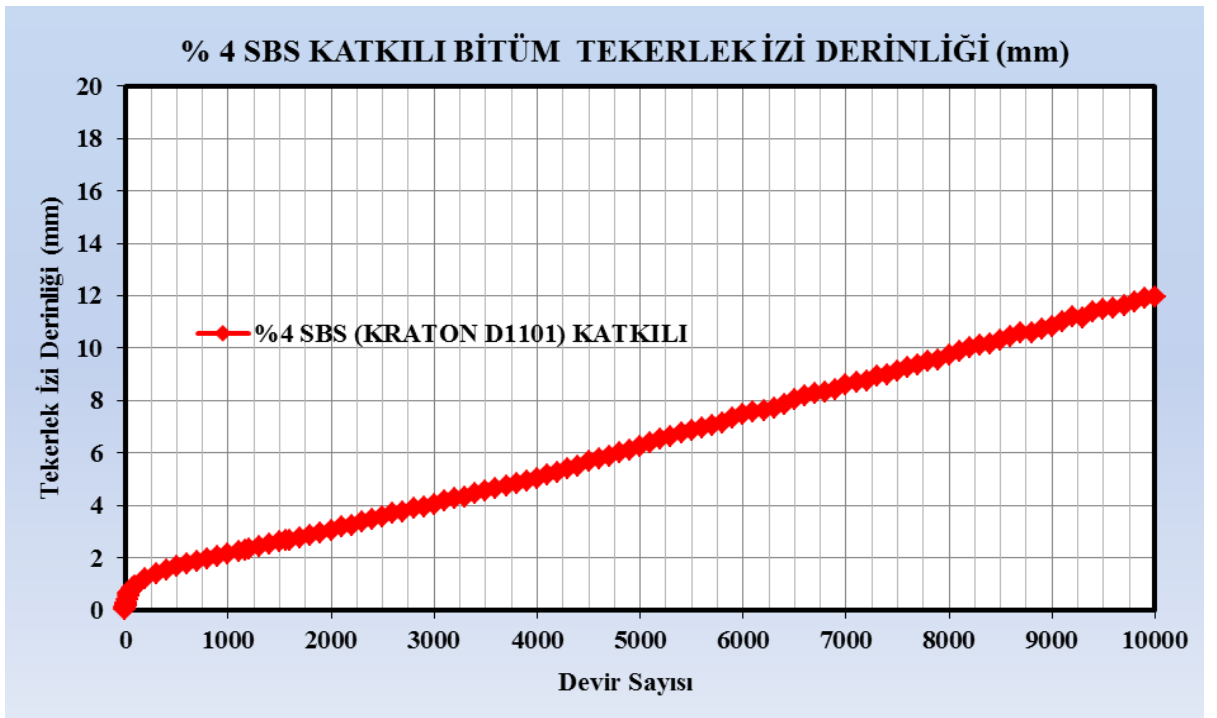
Kaynak: Bu tablo Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Şekil Ek C.25. Saf bitüm numunelerinde oluşan ortalama tekerlek izi derinlikleri



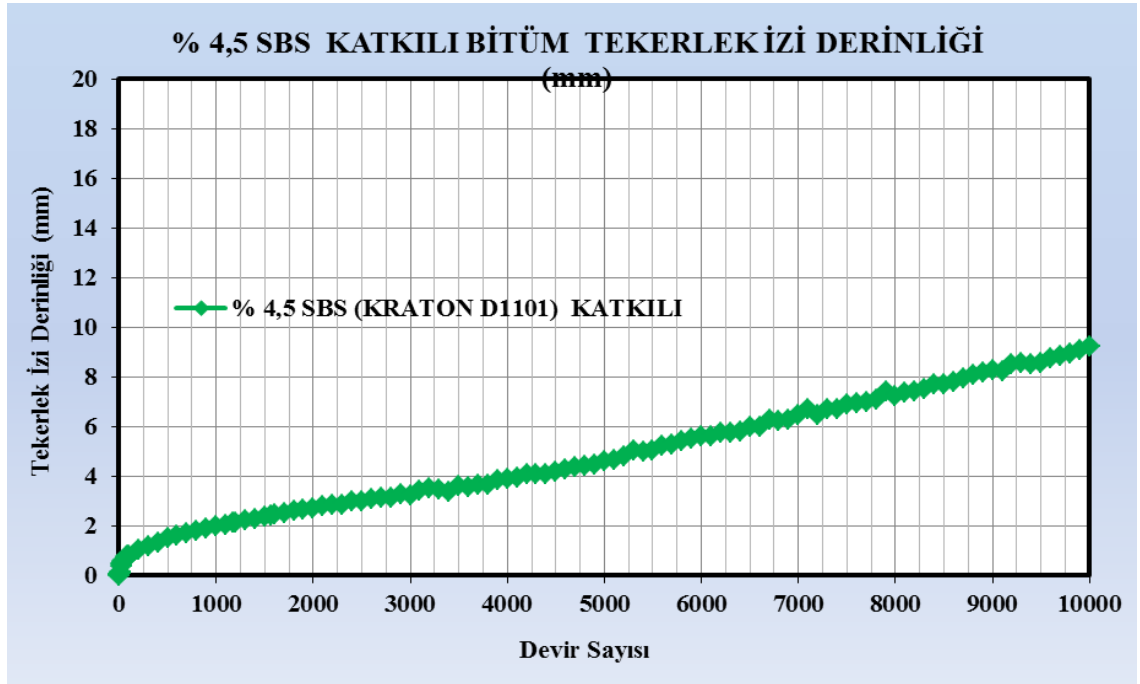
Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Şekil Ek C.26: Yüzde4 SBS (Kraton D1101) katkılı bitüm numuneleri ortalama tekerlek izi derinlikleri



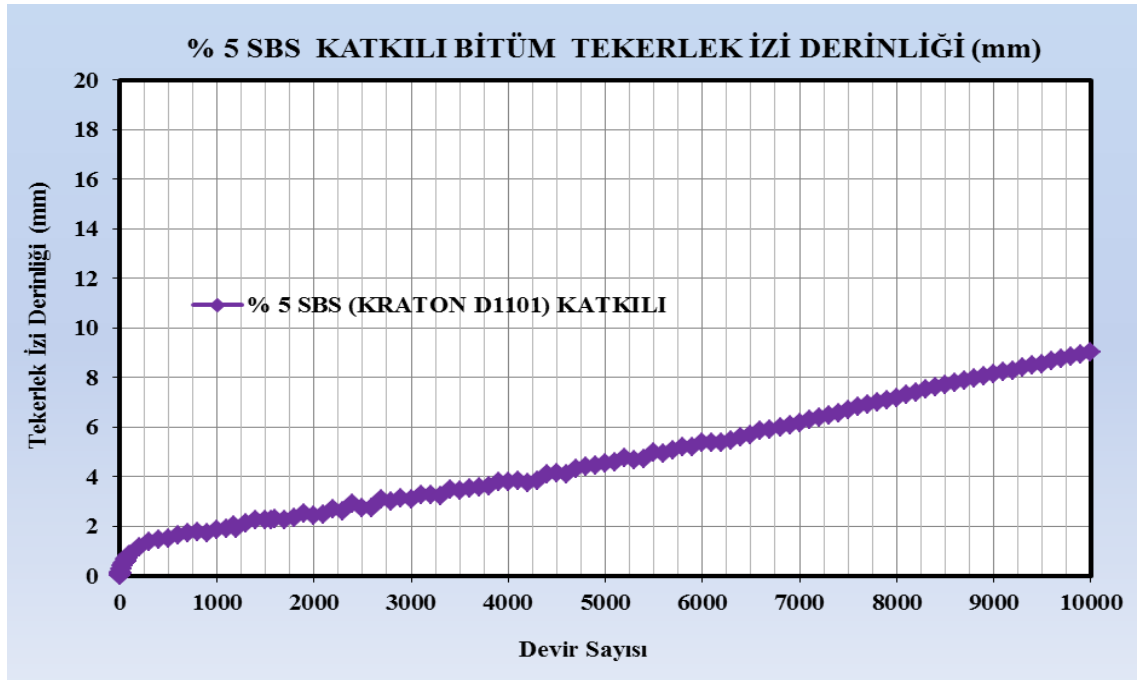
Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Şekil Ek C.27: Yüzde4,5 SBS (Kraton D1101) katkıli bitüm numuneleri ortalama tekerlek izi derinlikleri



Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Şekil Ek C.28: Yüzde5 SBS (Kraton) katkıli bitüm numuneleri ortalama tekerlek izi derinlikleri



Kaynak: Bu şekil Mustafa ARSLAN tarafından hazırlanmıştır.

Ek D: UYGULAMALARA AİT RESİMLER

Bu bölümde verilen resimler Mustafa ARSLAN'a ait fotoğraf albümünden alınmıştır.











