

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KUZEY MARMARA OTOYOLU PROJESİ KAPSAMINDA TAŞ  
MASTİK ASFALT (TMA) UYGULAMALARI, PERFORMANSLARININ  
KARŞILAŞTIRILMASI VE MALİYET ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İrfan ŞANLIER**

**Enstitü Anabilim Dalı : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**  
**Enstitü Bilim Dalı : ULAŞTIRMA**  
**Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi İrfan PAMUK**

**Aralık 2018**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KUZEY MARMARA OTOYOLU PROJESİ KAPSAMINDA TAŞ  
MASTİK ASFALT (TMA) UYGULAMALARI, PERFORMANSLARININ  
KARŞILAŞTIRILMASI VE MALİYET ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**


**İrfan ŞANLIER**

**Enstitü Anabilim Dalı** : İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ  
**Enstitü Bilim Dalı** : ULAŞTIRMA

Bu tez 26/12/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

  
**Dr. Öğr. Üyesi**  
**İrfan PAMUK**  
**Jüri Başkanı**

  
**Doç. Dr.**  
**Hakan GÜLER**  
**Üye**

  
**Doç. Dr.**  
**Salih Taner YILDIRIM**  
**Üye**

## BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.



İrfan ŞANLIER  
26/12/2018

## TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım süresince bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, araőtırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aőamalarında yardımlarını esirgemeyen, titizlikle beni yönlendiren değerli danıőman hocam Dr. Öğr. Üyesi İrfan PAMUK'a teőekkürlerimi sunarım.

Akademik çalıőmalarıma destek olan, laboratuvar olanakları ve literatür konusunda yardımlarını esirgemeyen değerli çalışma arkadaşlarım Ar-Ge Baőmühendisimiz Sayın Mehmet TOKGÖZ'e, Üstyapı Geliştirme Őube Müdürümüz Sayın Muhammet KOMUT'a, YTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümünde görev yapan lisans hocam Doç. Dr. Halit ÖZEN'e, Karayolları Genel Müdürlüğü, 1.(İstanbul) Bölge Müdürlüğü laboratuvarları çalıőanlarına, yüksek lisans tezimi bitirmem için sürekli destek olan, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan anneme, babama, kardeőlerime, sevgili eőim Tülay'a ve biricik kızım Zehra'ya en içten kalbi duygularıyla teşekkür ederim.



# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR .....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	ix
TABLolar LİSTESİ .....	xi
ÖZET .....	xiii
SUMMARY .....	xiv

## BÖLÜM 1.

GİRİŞ.....	1
------------	---

## BÖLÜM 2.

ESNEK ÜSTYAPININ GENEL ESASLARI .....	4
2.1. Yol Altyapısı .....	4
2.2. Yol Üstyapısı .....	4
2.2.1. Rijit üstyapı .....	4
2.2.2. Esnek üstyapı .....	5
2.3. Esnek Üstyapı Tabakaları .....	6
2.4. Bitümlü Karışımlarda Kullanılan Malzemeler .....	8
2.4.1. Agregalar.....	8
2.4.2. Bitümlü bağlayıcılar .....	9
2.4.2.1. Bitümler (asfalt çimentoları) .....	10
2.4.2.2. Sıvı petrol asfaltları (katbekler) .....	12
2.4.2.3. Bitüm emülsiyonları .....	12
2.4.2.4. Modifiye bitümler .....	13
2.5. Kauçuk Asfalt Karışımlar .....	14

2.6. Bitümlü Sıcak Karışımlar .....	15
2.7. Esnek Üstyapı Tasarımında Kullanılan Yöntemler .....	16
2.7.1. Ampirik yöntemler .....	16
2.7.1.1. AASHTO-72 Esnek Üstyapı Tasarım Yöntemi .....	17
2.7.1.2. Rode Note 29 Tasarım Yöntemi .....	17
2.7.1.3. Kaliforniya Taşıma Oranı Yöntemi .....	17
2.7.2. Ampirik- analitik yöntemler .....	18
2.7.2.1. AASHTO-86 Esnek Üstyapı Tasarım Yöntemi .....	18
2.7.2.2. AASHTO-93 Esnek Üstyapı Tasarım Yöntemi .....	19
2.7.2.3. AASHTO-02 Esnek Üstyapı Tasarım Yöntemi .....	19
2.7.2.4. Asfalt Enstitüsü Yöntemi.....	20
2.7.3. Analitik yöntemler .....	20
2.7.3.1. Shell Esnek Üstyapı Tasarım Yöntemi.....	21
2.8. Esnek Üstyapıların Projelendirilmesi (AASHTO-93) .....	21

### BÖLÜM 3.

TAŞ MASTİK ASFALT (TMA) KARIŞIMLAR .....	28
3.1. Taş Mastik Asphalt (TMA) Tanımı .....	28
3.2. Taş Mastik Asphalt Uygulamalarının Tarihçesi .....	30
3.3. Dünyada TMA Üretimi .....	31
3.4. Türkiye’de TMA Üretimi .....	32
3.5. TMA’nın Avantajları .....	33
3.6. TMA’nın Dezavantajları .....	34
3.7. TMA Karışımların Maliyeti .....	35
3.8. TMA’nın Kullanım Alanları .....	36
3.9. TMA’nın Kullanılmasının Uygun Olmadığı Alanlar .....	36
3.10. TMA Karışım Dizaynı .....	37
3.11. TMA Karışımların Üretilmesi .....	38
3.12. TMA Karışımların Serilmesi ve Sıkıştırılması .....	39
3.13. TMA Karışımlarda Kalite Kontrolü .....	41
3.14. TMA Karışımlara Uygulanan Deneyler .....	42
3.14.1. Bitüm süzülme deneyi .....	42

3.14.2. Kum yama deneyi .....	42
3.14.3. Tekerlek izinde oturma (TİO) deneyi .....	43
3.14.3.1. Fransız tekerlek izi cihazı (LCPC) .....	44
3.14.4. İndirekt çekme mukavemeti (İÇM) deneyi .....	47
3.14.5. Yorulma direnci (YD) deneyi .....	51

#### BÖLÜM 4.

TAŞ MASTİK ASFALT PROJE ÇALIŞMASI .....	54
4.1. Proje ve Üstyapı Tasarımı .....	54
4.1.1. Kuzey Marmara Otoyolu (KMO) Projesi .....	54
4.1.2. Üstyapı tasarımı .....	57
4.2. Taş Mastik Asfalt Karışım Tasarımı .....	58
4.2.1. Tasarımda kullanılan malzemeler .....	58
4.2.1.1. Agregaların özellikleri .....	58
4.2.1.2. Bitümlü bağlayıcı özellikleri .....	61
4.2.1.3. Katkı maddeleri ve özellikleri .....	61
4.2.1.3.1. Kraton D1192 .....	62
4.2.1.3.2. tecRoad .....	63
4.2.1.3.3. Viatop .....	64
4.3. Taş Mastik Asfalt Karışımları .....	66
4.3.1. [ÇTO+NB] karışım dizaynı .....	67
4.3.2. [ÇTO+PMB] karışım dizaynı .....	67
4.3.3. [ÇTO+KMB] karışım dizaynı .....	68
4.3.4. [UTO+NB] karışım dizaynı .....	68
4.3.5. [UTO+PMB] karışım dizaynı .....	69
4.3.6. [UTO+KMB] karışım dizaynı .....	69
4.4. TMA Karışımlara Uygulanan Performans Deneyleri .....	70
4.4.1. Tekerlek izinde oturma (TİO) deneyi .....	70
4.4.2. İndirekt çekme mukavemeti (İÇM) deneyi .....	72
4.4.3. Yorulma direnci (YD) deneyi .....	74

## BÖLÜM 5.

ÜSTYAPI TASARIMI VE MALİYET ANALİZİ .....	78
5.1. Üstyapı Tasarımının Yapılması .....	78
5.1.1. Proje üstyapı tabaka kalınlıkları .....	80
5.1.2. Önerilen üstyapı modeli ve tabaka kalınlıkları .....	81
5.2. Aşınma Tabakaları Maliyet Analizleri .....	83
5.3. Üstyapı Maliyet Analizleri .....	87

## BÖLÜM 6.

SONUÇ .....	92
KAYNAKLAR .....	95
EKLER .....	98
ÖZGEÇMİŞ .....	139

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

a	:Tabaka (izafi mukavemet) katsayısı
AASHTO	:American Association of State Highway and Transportation Officials
AB	:Asfalt betonu
APA	:Asphalt Pavement Analyzer
B	:Bitüm (asfalt çimentosu)
BSK	:Bitümlü sıcak karışım
CBR	:California Bearing Ratio (Kaliforniya Taşıma Oranı)
ÇBGT	:Çimento-bağlayıcılı granüler temel
ÇTO	:[Çiftalan (ince ve kaba agrega) + Akdağlar (filler)] taş ocağı
D	:Tabaka kalınlığı
D <sub>o</sub>	:Dairenin ortalama çapı
D <sub>p</sub>	:Pratik birim hacim ağırlık
DSR	:Dinamik kayma reometresi
D <sub>t</sub>	:Teorik birim hacim ağırlık
E*	:Dinamik modül
EAPA	:European Asphalt Pavement Association
EICM	:Geliştirilmiş entegre iklim modeli
EN	:European norm
ESDY	:Eşdeğer standart dingil yükü
GT	:Granüler temel
IRI	:International Roughness Index
ITS	:Indirect tensile strenght
İÇM	:İndirekt Çekme Mukavemeti
İSFALT	:İstanbul Asfalt Fabrikaları Sanayi ve Ticaret A.Ş.
k	:Derinlik düzeltme faktörü
KGM	:Karayolları Genel Müdürlüğü

KMB	:Kauçuk modifiye bitüm
KMO	:Kuzey Marmara Otoyolu
KTŞ	:Karayolu Teknik Şartnamesi
LCPC	:Laboratoire Central des Ponts et Chaussees
LL	:Likit limit
m	:Granüler tabakaların drenaj katsayısı
$M_R$	:Esneklik Modülü
MTD	:Mean texture depth (ortalama doku derinliği)
NAPA	:The National Asphalt Pavement Association
NB	:Normal, katkısız, geleneksel bitüm
P	:Yük
pen	:Bitümlü bağlayıcının penetrasyonu
PI	:Plastisite indisi
PMAT	:Plent-miks alttemel
PMB	:Polimer modifiye bitüm
PMT	:Plent-miks temel
$P_o$	:Başlangıç servis kabiliyeti
PSI	:Hizmet yeteneği (servis kabiliyeti) indeksi
$P_t$	:Son servis kabiliyeti
R	:Güvenilirlik
SBD	:Serbest basınç dayanımı
SBS	:Styrene-butadiene-styrene
SMA	:Stone mastic asphalt
SN	:Üstyapı sayısı
$S_o$	:Toplam standart sapma
SPDM	:Shell Pavement Design Manual
$S_t$	:İndirekt çekme mukavemeti (İÇM)
t	:Numune kalınlığı
$T_{8,2}$	:Toplam eşdeğer standart dingil yükü sayısı
TEF	:Taşıt eşdeğerlik faktörü
TİO	:Tekerlek izinde oturma
TMA	:Taş mastik asfalt

$t_p$	:Günlük proje trafiği
$T_p$	:Toplam proje trafiği
TS	:Türk Standardı
TSR	:Tensile strenght ratio (çekme mukavemeti oranı)
UTO	:[Uskumruköy (ince ve kaba agregası) + Akdağlar (filler)] taş ocağı
V	:Hacim
VBA	:Visual Basic for Application
$V_f$	:Asfaltla dolu boşluk yüzdesi
$V_h$	:Karışım içindeki hava boşluk yüzdesi
VMA	:Agrega daneleri arasındaki boşluk yüzdesi
$W_a$	:Optimum bitüm yüzdesi
$W_{opt}$	:Optimum rutubet yüzdesi
YD	:Yorulma direnci
YİD	:Yap-işlet-devret modeli
$Z_R$	:Normal standart sapma
$\Delta PSI$	:Servis kabiliyetindeki azalma miktarı ( $P_o-P_t$ )
$\eta$	:Hesap şeridi faktörü

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Rijit üstyapı kesiti .....	4
Şekil 2.2. Esnek üstyapı kesiti .....	5
Şekil 2.3. Rijit ve esnek üstyapılarda gerilme dağılımı .....	5
Şekil 2.4. Esnek üstyapı malzemelerinin tekrarlı yükler altındaki davranışı .....	24
Şekil 3.1. TMA yapısı.....	28
Şekil 3.2. TMA ve klasik asfalt betonu yüzey dokuları .....	29
Şekil 3.3. Asfalt karışımların tipik granülometri eğrileri .....	29
Şekil 3.4. TMA karışımlarda stabilite .....	30
Şekil 3.5. TMA karışım dizaynı akış şeması .....	37
Şekil 3.6. TMA üretim zinciri .....	39
Şekil 3.7. TMA karışımların sıkıştırma enerjisi-karışım sıcaklığı arasındaki ilişki	41
Şekil 3.8. Kum yama deneyi .....	43
Şekil 3.9. Fransız tekerlek izi cihazı (LCPC) .....	44
Şekil 3.10. LCPC tabaka sıkıştırıcısı .....	44
Şekil 3.11. Tekerlek izi ölçümü ve ölçüm alınan standart 15 nokta .....	47
Şekil 3.12. İÇM deneyinde kullanılan yükleme ünitesi .....	49
Şekil 3.13. İÇM numuneleri, yük uygulanması ve yükleme şartları .....	50
Şekil 3.14. Yorulma direnci deney cihazları .....	51
Şekil 3.15. Yorulma direnci (fatigue) deney numunesi .....	52
Şekil 3.16. Dört nokta eğilmeli tekrarlı yorulma deney aleti çalışma prensibi .....	53
Şekil 4.1. Kuzey Marmara Otoyolu Projesi .....	55
Şekil 4.2. Anayol tip enkesiti .....	56
Şekil 4.3. İncelenen yol kesimi, Odayeri Kavşağı-Garipçe arası (Km: 62+000 - 87+000) .....	56
Şekil 4.4. Proje kapsamında uygulanan üstyapı tabakaları ve kalınlıkları .....	57
Şekil 4.5. Agrega karışım granülometrileri ve şartname değerleri grafiği .....	61



Şekil 4.6. Kraton D1192 katkı maddesinin görünüşü .....	62
Şekil 4.7. tecRoad katkı maddesinin görünüşü .....	64
Şekil 4.8. Viatop katkı maddesinin görünüşü .....	64
Şekil 4.9. TMA aşınma tabakası karışım dizaynlarına ait TİO değerleri (%) .....	71
Şekil 4.10. TMA aşınma tabakası karışım dizaynlarına ait İÇM değerleri .....	73
Şekil 4.11. TMA aşınma tabakası karışım dizaynlarına ait İÇM Oranları (%) .....	73
Şekil 4.12. TMA aşınma tabakası karışımların deformasyon değişimine göre tekrarlı yük sayıları .....	75
Şekil 4.13. TMA aşınma tabakası karışımların deformasyon değişimine göre harcanan enerji .....	76
Şekil 4.14. TMA aşınma tabakası karışımların deformasyon değişimine göre rijitlik değişimi (%) .....	76
Şekil 5.1. MsExcel - VBA uygulaması / Üstyapı tasarım denkleminde kullanılan verilerin girildiği ara yüz .....	78
Şekil 5.2. MsExcel - VBA Uygulaması / Üstyapı tabakaları, özellikleri ile gerekli SN (üstyapı sayısı) ve tabaka kalınlıklarının hesaplandığı ara yüz .....	79
Şekil 5.3. MsExcel - VBA uygulaması / Gerekli SN ve mevcut SN (üstyapı sayısı) arasındaki farkın ve tabaka kalınlıklarının kontrol edildiği ara yüz .....	79
Şekil 5.4. MsExcel - VBA uygulaması / Önerilen üstyapı tabaka kalınlıklarının hesaplandığı ara yüz .....	82
Şekil 5.5. Aşınma tabakalarının 1 ton maliyeti (serme-sıkıştırma dahil) .....	84
Şekil 5.6. Aşınma tabakalarının 1 m <sup>2</sup> maliyeti (serme-sıkıştırma dahil) .....	85

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Esnek üstyapı tabakaları fiziksel özellikleri .....	8
Tablo 2.2. Modifiye bitümlerde kullanılan ana katkılar .....	14
Tablo 2.3. Kauçuk asfalt karışımların özellikleri (KTŞ, Kısım 418) .....	14
Tablo 2.4. Esnek üstyapı analiz süresinin seçimi .....	22
Tablo 3.1. Avrupa ülkelerinde BSK kullanımı .....	31
Tablo 3.2. Avrupa ülkelerinde TMA kullanımı .....	32
Tablo 3.3. Türkiye’de BSK ve TMA kullanımı .....	33
Tablo 3.4. TMA ve yoğun granülometrilili sıcak karışımların yıllık maliyetlerinin karşılaştırılması .....	35
Tablo 3.5. TMA dizayn kriterleri (KTŞ, Kısım 408) .....	38
Tablo 3.6. TMA tabaka kalınlıkları, sıkışma yüzdeleri ve sıkışmış tabakaların hava boşlukları .....	40
Tablo 3.7. TMA kalite kontrol deneyleri .....	41
Tablo 3.8. Kullanımı yaygın olan tekerlek izi cihazları ve özellikleri .....	45
Tablo 4.1. TMA karışım çalışmalarında kullanılan malzeme bileşenleri .....	58
Tablo 4.2. Agregada temininde kullanılan taş ocakları .....	58
Tablo 4.3. Kaba agregalara uygulanan deney sonuçları .....	59
Tablo 4.4. İnce agregalara uygulanan deney sonuçları .....	59
Tablo 4.5. Fillere uygulanan deney sonuçları .....	59
Tablo 4.6. Agregada karışım oranları .....	60
Tablo 4.7. Agregada karışım granülometreleri .....	60
Tablo 4.8. Bitüm deney sonuçları .....	61
Tablo 4.9. Katkı maddeleri ve özellikleri .....	62
Tablo 4.10. Kraton D1992 teknik özellikleri .....	63
Tablo 4.11. PMB’nin fiziksel özellikleri (Kraton D1192 katkılı) .....	63
Tablo 4.12. tecRoad teknik özellikleri .....	64

Tablo 4.13. Selülozik elyaf özellikleri .....	65
Tablo 4.14. TMA aşınma tabakası (Tip-1) karışım dizaynları .....	66
Tablo 4.15. [ÇTO+NB], TMA aşınma tabakası karışım dizaynı .....	67
Tablo 4.16. [ÇTO+PMB], TMA aşınma tabakası karışım dizaynı .....	67
Tablo 4.17. [ÇTO+KMB], TMA aşınma tabakası karışım dizaynı .....	68
Tablo 4.18. [UTO+NB], TMA aşınma tabakası karışım dizaynı .....	68
Tablo 4.19. [UTO+PMB], TMA aşınma tabakası karışım dizaynı .....	69
Tablo 4.20. [UTO+KMB], TMA aşınma tabakası karışım dizaynı .....	69
Tablo 4.21. TMA aşınma tabakası karışım dizaynlarına ait TİO değerleri (%) .....	70
Tablo 4.22. TİO deney sonuçlarının karşılaştırılması .....	71
Tablo 4.23. TMA aşınma tabakası karışım dizaynlarına ait İÇM değerleri ve İÇM Oranları (%) .....	72
Tablo 4.24. İÇM ve İÇM oranlarına (%) ait KTS sınır değerleri .....	72
Tablo 4.25. İÇM deney sonuçlarının karşılaştırılması .....	74
Tablo 4.26. TMA aşınma tabakası karışım dizaynına ait yorulma direnci deney sonuçları .....	74
Tablo 4.27. Yorulma direnci deney sonuçlarının karşılaştırılması .....	77
Tablo 5.1. Üstyapı tasarım denkleminde kullanılan veriler .....	80
Tablo 5.2. Üstyapı tabakaları ve özellikleri .....	80
Tablo 5.3. Proje üstyapı tabaka kalınlıkları .....	81
Tablo 5.4. Önerilen üstyapı tabaka kalınlıkları .....	82
Tablo 5.5. Aşınma tabakalarının maliyetleri (serme-sıkıştırma dahil) .....	84
Tablo 5.6. TMA aşınma tabakalarının maliyet analizi .....	86
Tablo 5.7. PMB ve KMB'li TMA aşınma tabakalarının maliyet analizi .....	86
Tablo 5.8. Geleneksel AB ve TMA aşınma tabakalarının maliyet analizi .....	87
Tablo 5.9. İncelenen yol kesimi için üstyapı tabakalarına ait karışımların serim genişlikleri .....	87
Tablo 5.10. Üstyapı tabakalarının ve üstyapının toplam maliyeti .....	89
Tablo 5.11. Üstyapı tipleri maliyet analizi .....	91

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Taş mastik asfalt, TMA, tekerlek izi, yorulma, indirekt çekme mukavemeti

Bu çalışmada, KGM (Karayolları Genel Müdürlüğü) tarafından ihale edilen “Kuzey Marmara Otoyolu Projesi, Odayeri-Paşaköy Kesimi İşi” kapsamında Odayeri Kavşağı-Garipçe arasında (Km:62+000–87+000) yapılan taş mastik asfalt (TMA) uygulaması incelenmiştir.Çiftalan ve Uskumruköy taş ocaklarından elde edilen agregalar ile katkısız bitüm, polimer modifiye bitüm ve granüler kauçuk modifiye bitüm kullanılarak yapılan 6 farklı TMA aşınma tabakası karışımları irdelenmiştir. TMA karışımlarına ait malzeme (agrega, bitüm) deneyleri, Marshall Karışım Dizayn değerleri (hava boşluğu, agrega daneleri arası boşluk, optimum bitüm miktarı vb.), tekerlek izinde oturma deneyi, indirekt çekme mukavemeti deneyi ve yorulma direnci deneyi sonuçları karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçların Karayolları Teknik Şartnamesi ile uygunluğu, bu değerlerin kaplamanın fiziksel özellikleri ve performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ayrıca incelemesi yapılan yol kesimine (Odayeri Kavşağı-Garipçe arası) ait üstyapı tasarımına alternatif olarak bir üstyapı modeli önerilmiş, tasarımları yapılan aşınma tabakalarının ve üstyapı modellerinin (proje ve önerilen) maliyet analizleri yapılmıştır.

6 farklı TMA aşınma tabakası karışımları içerisinde; tekerlek izi oluşumlarına ve sudan kaynaklanan bozulmalara karşı en iyi performansı Uskumruköy taş ocağı kullanılarak elde edilen polimer modifiye bitüm katkılı TMA karışımı göstermiştir. Uskumruköy taş ocağı kullanılarak elde edilen kauçuk modifiye bitümlü TMA karışımların, katkısız bitümlü TMA karışımlara oranla çok daha fazla sayıda tekrarlı yüke karşı koyarak yorulma direnci bakımından iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Katkı kullanılarak hazırlanan 4 farklı TMA aşınma tabakası karışımlarından en avantajlı fiyatın Uskumruköy taş ocağı kullanılarak elde edilen polimer modifiye bitüm katkılı TMA karışıma ait olduğu görülmüştür. İncelemesi yapılan yol kesimine ait üstyapı tasarımına alternatif olarak önerilen üstyapı modelinin uygulanması halinde üstyapı maliyetinde tasarruf sağlanacağı anlaşılmaktadır.

# **STONE MASTIC ASPHALT (SMA) APPLICATIONS WITHIN THE SCOPE OF THE NORTHERN MARMARA HIGHWAY PROJECT, PERFORMANCE COMPARISONS AND COST ANALYSIS**

## **SUMMARY**

Keywords: Stone Mastic Asphalt, SMA, rutting, fatigue, indirect tensile strength

In this study, the application of Stone Mastic Asphalt (SMA) made between Odayeri Junction - Garipçe (Km:62+000–87+000) under the scope of "Northern Marmara Highway Project, Odayeri-Paşaköy Section Work" tendered by GDH (General Directorate of Highway) has been examined. The aggregates obtained from Çiftalan and Uskumruköy quarries and 6 different SMA surface layer mixtures which were made by using unmodified bitumen, polymer modified bitumen and granular rubber modified bitumen were examined. The experiments of materials which belong to SMA mixtures (aggregate, bitumen), Marshall Mixture Design values (i.e. air voids, voids between mineral aggregates and optimum bitumen quantity), rutting, indirect tensile strength test and fatigue resistance test results were compared. The suitability of the results with Technical Specification of Highways (published by the General Directorate of Highways) data and the effects of these values on the physical properties and performance of the asphalt layer were investigated. Moreover, a pavement model was proposed as an alternative to the pavement design of the road section (Odayeri Intersection-Garipçe) and the cost analysis of the surface (SMA) layers and the pavement models (project and proposed) were made.

In 6 different SMA surface layer mixtures; the best performance against rutting and the imperfections caused by water showed the SMA mixture obtained by using polymer modified bitumen and Uskumruköy quarry. Rubber modified bituminous SMA mixtures obtained by using Uskumruköy quarry were found to have good results in terms of fatigue resistance by counteracting more repetitive load than unmodified bitumen SMA mixtures. It was discovered that the most advantageous price of the 4 different additive including SMA surface layer mixtures is SMA mixture obtained by using polymer modified bitumen and Uskumruköy quarry. As an alternative to the pavement design of the road section investigated, it is understood that the pavement cost will be saved if the proposed pavement model is applied.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Karayolları Genel Müdürlüğü'nün (KGM) 2017-2021 Stratejik Planında “Artan yük ve yolcu taşımacılığı talebini karşılayacak güvenli ve konforlu karayolları yapmak ve geliştirmek” amaçlanmaktadır. Ülkemizde 2017 yılı itibariyle üstyapı yüzey durumuna bakıldığında; yaklaşık 67119 km uzunluğundaki karayolu ağının 22950 km'si (%34) bitümlü sıcak karışım (BSK) kaplamalıdır.

Taş mastik asfalt (TMA) bir bitümlü sıcak karışım (BSK) türü olup, ilk kez Almanya'da 1960'lı yılların sonlarına doğru kullanılmaya başlanmıştır. TMA, ülkemizde 1999 yılından itibaren uygulanmaktadır.

KGM, 2009 yılında yayınladığı 95 sayılı iç genelge ile sorumluluğundaki BSK'lı yolların hizmet ömrünü uzatmak, işletme maliyetleri azaltmak, dayanımını, kaymaya karşı direncini ve sürüş konforunu artırmak amacıyla ağır taşıt trafiği yüksek olan yol kesimlerinde TMA aşınma tabakası kullanımının yaygınlaşmasını hedeflemiştir.

Türkiye'de taşımacılığın (yolcu ve yük) yaklaşık %90'ı karayolları üzerinde yapılmaktadır. Ağır taşıt trafiği ve aşırı yüklerden kaynaklanan tekerlek izi oluşumları ülkemiz yollarında meydana gelen sebeplerin en başında meydana gelmektedir. Otoyol, devlet ve il yollarının yanında şehir içi yollarda, kavşaklarda, trafik ışıklarının bulunduğu yol kesimlerinde ve otobüs durakları gibi yerlerde taşıtların fren, dur kalk yapmaları gibi nedenlerden dolayı yol üstyapısı kaplama tabakalarında plastik deformasyonlar ortaya çıkmaktadır.

Tasarım ve uygulama hataları, ağır taşıt trafiği, aşırı yükler ve tekerrür sayıları, durağan yükler tekerlek izi oluşumlarına neden olan en önemli faktörlerdir. Günümüzde ticari taşıt sayılarının artması, bunlara ait dingil sistemlerinin ve

sayılarının, tekerlek özelliklerinin ( çift tekerlek yerine geniş tabanlı tek tekerlek kullanılması ve lastik iç basınçlarının artması) değişmesi nedeniyle tekerlek izi oluşumları çözülmesi gereken bir problem haline gelmiştir.

Tekerlek izi oluşumları nedeniyle meydana gelen oturmalar yolun enine düzgünlüğünün bozulmasına neden olmaktadır. Bu durum sürüş konforu ve trafik güvenliği açısından büyük bir sorun oluşturmaktadır. Yağışlı havalarda tekerlek izi oluşan kesimlerde su birikmekte, biriken bu sular araç tekerleğinin su filmi üzerinde kaymasına (su kayağı etkisi), soğuk havalarda buzlanmaya ve fren mesafesinin uzamasına neden olmaktadır. Ayrıca tekerlek izi nedeniyle yolun enine düzgünlüğünün bozulması taşıtların şerit değiştirmeleri sırasında kontrolden çıkmalarına sebep olmaktadır.

Bu tez kapsamında; KGM tarafından ihale edilen “Kuzey Marmara Otoyolu Projesi, Odayeri-Paşaköy Kesimi İşi” kapsamında Odayeri Kavşağı-Garipçe arasında (Km: 62+000 – 87+000) yapılan TMA uygulaması incelenmiştir.

Çalışmalarda, Çiftalan ve Uskumruköy taş ocaklarından temin edilen ince-kaba agregalar ve Akdağlar taş ocağından temin edilen filler ile “katkısız bitüm”, “polimer modifiye bitüm” ve “granüler kauçuk modifiye” bitüm kullanılarak yapılan 6 farklı TMA aşınma tabakası karışımları irdelenmiştir.

TMA karışımlarına ait malzeme (agrega, bitüm) deneyleri, Marshall Karışım Dizayn değerleri (hava boşluğu, agrega daneleri arası boşluk, optimum bitüm miktarı vb.), tekerlek izinde oturma (TİO) deneyi, indirekt çekme mukavemeti (İÇM) deneyi ve yorulma direnci (YD) deneyi sonuçları karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçların KTŞ verileri ile uygunluğu, bu değerlerin kaplamanın fiziksel özellikleri ve performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Ayrıca incelemesi yapılan yol kesimine (Odayeri Kavşağı-Garipçe arası) ait üstyapı tasarımına alternatif olarak bir üstyapı modeli önerilmiş, tasarımları yapılan aşınma

tabakalarının ve üstyapı modellerinin (proje ve önerilen) maliyet analizleri yapılmıştır.



## BÖLÜM 2. ESNEK ÜSTYAPININ GENEL ESASLARI

### 2.1. Yol Altyapısı

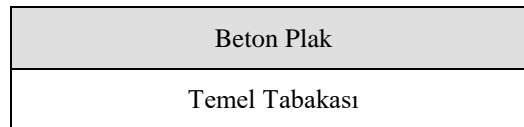
Yol altyapısı yolun projesinde yer alan toprak işleri (dolgu, yarma, zayıf zemin kazısı vb.) ve sanat yapısı (köprü, tünel, hidrolik menfez, istinat duvarı vb.) işlerini içerir. Yol altyapısı yol üstyapısının tasarımını doğrudan etkilediği için şartnamelerde belirtilen esaslara uygun olarak imal edilmelidir [1, 2].

### 2.2. Yol Üstyapısı

- Trafik yüklerini taşırlar.
- Tesviye tabakası (taban zemini) üzerine yerleştirilirler.
- Tabakalı yol yapısıdır [3].

#### 2.2.1. Rijit üstyapı

Yüksek eğilme mukavemetine sahip beton plak vasıtasıyla trafik yüklerini taban zeminine dağıtan üstyapı tipidir. Taban zemininin dayanımına bağlı olarak beton plağın altına temel tabakası yapılabilir. Beton plağın elastisite modülünün taban zemininkinden daha büyük olmasından dolayı beton plak elastik zemine oturan bir kiriş gibi çalışır. Rijit üstyapılarda trafik yükleri esnek üstyapılara oranla daha geniş bir alana yayılarak taban zeminine aktarılırlar. Rijit üstyapı Şekil 2.1.'de gösterilmektedir [1, 3].



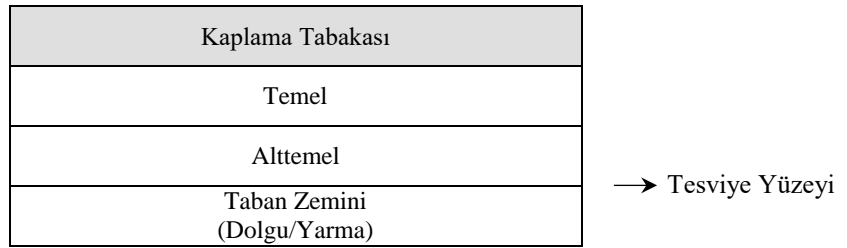
Şekil 2.1. Rijit üstyapı kesiti [1]

### 2.2.2. Esnek üstyapı

Trafik yüklerini taban zeminine aktaran ve sürekli olarak her noktada tesviye yüzeyi ile sıkı temas sağlayan üstyapı tipidir. Stabiliteleri;

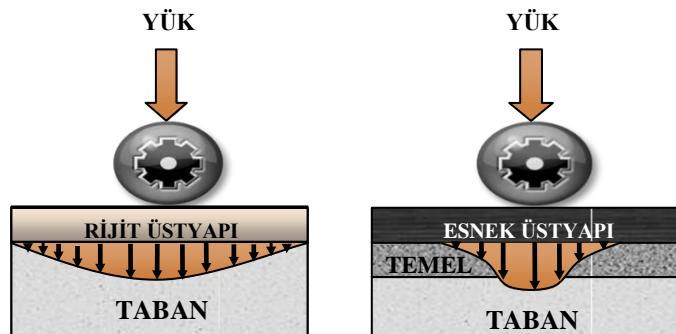
- Agrega kenetlenmesine,
- Agrega danelerinin içsel sürtünmelerine,
- Kohezyona bağlıdır.

Esnek üstyapılar belirli özelliklere sahip malzemelerden oluşmuş tabakalı yapılardır. Tabaka kalınlıkları taban zemininin taşıma gücü ve trafik yüklerine bağlı olarak tasarlanır. Esnek üstyapılarda gerilme değeri en üst tabakadan aşağıya doğru inildikçe azalır. Tabakalarda kullanılan malzemelerin fiziksel özellikleri bu gerilme dağılımı dikkate alınarak belirlenir. Esnek üstyapı kesiti Şekil 2.2.'de gösterilmektedir [1, 3].



Şekil 2.2. Esnek üstyapı kesiti [1]

Esnek ve rijit üstyapılar, trafik yükünü taban zeminine iletme şekilleri (Şekil 2.3.) yönünden farklılık gösterir [4].



Şekil 2.3. Rijit ve esnek üstyapılarda gerilme dağılımı [4]

### 2.3. Esnek Üstyapı Tabakaları

Esnek üstyapılar kaplama, temel ve alttemel tabakalarından oluşur. Bu tabakalar çekme gerilmeleri yüksek olmayan malzemelerden meydana gelmektedir [3].

#### 1. Kaplama tabakası:

Esnek üstyapının en üst tabakasıdır. Asfalt betonu (AB) veya yüzeysel (sathi) kaplamadan oluşur. Kaplama tabakasının görevleri;

- Kaymaya karşı direnci arttırmak.
- Taşıt trafiğinin aşındırma ve mevsim koşullarının ayrıştırıcı etkisine karşı koyarlar.
- Yağmur sularının yol yüzeyinden ulaştırılmasını sağlarlar.
- İyi bir sürüş konforu sağlarlar [3].

#### 2. Temel tabakası:

Taban zemini veya alttemel tabakası üzerine inşa edilirler. Görevleri;

- Kaplama tabakasından gelen yükleri taşımak, yükleri alttemel ya da taban zeminine aktarmak.
- İyi bir drenaj kabiliyetine sahip olmak.
- Soğuk havalarda don etkisini azaltmak [1, 3].

Temel tabakaları 3 farklı şekilde imal edilmektedir.

1. Granüler temel (GT)
2. Plent-miks temel (PMT)
3. Çimento-bağlayıcı granüler temel (ÇBGT)

### 3. Alttemel Tabakası:

Taban zemini üzerine inşa edilen üstyapı tabakasıdır. Görevleri;

- Temel tabakasından gelen yükleri taşımak ve taban zeminine aktarmak.
- İyi bir drenaj kabiliyetine sahip olmak.
- Soğuk havalarda don etkisini azaltmak [3].

### Tesviye (Taban) Yüzeyi:

Esnek üstyapı tabakalarının ve banketlerin oturduğu, altyapı tabakasının üst yüzeyidir [3].

### Taban Zemini:

Yarma ve dolgularda üstyapıdan gelen yükleri taşıyacak bir derinliğe (20-80 cm) kadar devam eden, tesviye yüzeyi altında kalan kısımdır. Üstyapı tabakalarının kalınlıklarına etki eden en önemli faktörlerden biri taban zemininin taşıma gücüdür (CBR: Kaliforniya Taşıma Oranı) [3].

### Koruyucu (seçme) malzeme:

Zayıf taban zeminleri yerine taban zemininin taşıma gücünü artırmak için şartnamesine uygun özellik ve kalınlıktaki malzeme tabakasıdır. Mevcut taban zeminlerine oranla daha iyi bir drenaj kabiliyeti sağlarlar ve soğuk havalarda don etkisini azaltırlar. Eğer koruyucu malzeme temin etmek mümkün değilse kireç, çimento veya diğer katkı maddeleri ile zemin iyileştirmeleri yapılabilir [2, 3].

Esnek üstyapıların fiziksel özellikleri Tablo 2.1.'de verilmektedir. MS: Marshall Stabilitesi değerini (kg), CBR: Kaliforniya Taşıma Oranını, SBD: Serbest basınç dayanımını, a katsayıları ise tabakaların izafi mukavemet katsayılarını, bir anlamda tabakaların yapımında kullanılan malzemedeki taşıma gücünü ifade eder [2].

Tablo 2.1. Esnek üstyapı tabakaları fiziksel özellikleri [2]

Tabaka Tipi	MS	CBR	SBD	<sup>a</sup> katsayısı
a) Kaplama Tabakası				
Taş Mastik Asfalt (TMA)				0,44
Asfalt Betonu Aşınma	> 900			0,42
Asfalt Betonu Binder	> 750			0,4
Bitümlü Temel	> 600			0,36
b) Temel Tabakası				
Çimento Bağ.- Granüler Temel (ÇBGT)			35-55	0,23
Plent-miks Temel (PMT)		> 120		0,15
Granüler Temel (GT)		> 100		0,14
c) Alttemel Tabakası				
Kırmataş Alttemel		> 50		0,13
Kum-Çakıl Alttemel		> 30		0,11

## 2.4. Bitümlü Karışımlarda Kullanılan Malzemeler

Bitümlü karışımlarda kullanılan malzemeler;

- Agregalar
- Bitümlü Bağlayıcılar olmak üzere iki grupta toplanır.

### 2.4.1. Agregalar

Bitümlü sıcak karışımların ağırlıkça %90-95'ini, hacimsel olarak ise %80-85'ini agregalar oluşturmaktadır. Agregaların fiziksel özellikleri bitümlü sıcak karışım tabakaları için ayrı ayrı önemlidir [5].

Agregaların elde edilmelerine göre sınıflandırılması:

1. Doğal agregalar (magmatik, tortul, metamorfik)
2. Yapay agregalar (cüruf, klinker, çimento)

Agregaların granülometrilerine göre sınıflandırılması [6]:

1. Kaba agrega : 4,75 mm elek üzerinde kalan
2. İnce agrega : 4,75 mm ile 0,075 mm elek arasında kalan
3. Mineral filler : 0,075 mm elekten geçen

Bitümlü karışımlarda kullanılacak agregalar seçilirken, malzemenin maliyeti, kalitesi ve üretilmesi gibi faktörler dikkate alınır. Bitümlü karışımlarda kullanılan agregaların aşağıda belirtilen fiziksel özellikleri sağlaması gerekmektedir [1].

- Granülometrisi ve maksimum dane boyutu: Agregaların granülometrisi ve maksimum dane boyutu kullanılacağı tabakanın karışım tipine göre belirlenir.
- Temiz olup olmaması: Agregalar içerisinde yumuşak ve dayanıksız parçalar, kil, organik madde ve diğer zararlı maddeler bulunmamalıdır.
- Dane şekli: Köşeli ve kırılmış daneli agregaların kullanımı tercih edilmelidir. Agregaların dane şekli, karışımların stabilitesini, işlenebilirliğini ve sıkıştırılmasını etkiler.
- Danelerin yüzey yapısı: Agregaların pürüzlü bir yüzeye sahip olmaları karışım tabakalarının kayma gerilmelerine karşı dirençli olmalarını sağlar.
- Gözeneklilik: Karışımlarda agrega-bitüm adezyonunu sağlamak için agregaların bir miktar gözenekli olması istenir. Agregaların gözenekliliği, agreganın bitüm absorpsiyonunu dolayısıyla karışım içindeki bitüm yüzdesini etkiler.
- Sağlamlık (Durabilite): Agregalar sağlam ve dayanıklı danelerden oluşmalıdır.
- Soyulma dayanımı (Bitümlü kaplanabilme): Bitümlü karışımlarda su etkisi ile bitümlü bağlayıcının agrega yüzeyinden ayrılmaması gerekir. Soyulma mukavemeti düşük olan agregalar bitümlü bağlayıcıya özel katkı maddeleri ilave edilerek kullanılabilir.

#### 2.4.2. Bitümlü bağlayıcılar

Bitüm, “doğal kökenli hidrokarbonların bir karışımı veya pirojenik kökenli hidrokarbonların bir karışımı ya da bunların her ikisinin bir kombinasyonu olup çok

defa bunların sıvı, yarı-katı ve katı olabilen, metal dışı türevleri ile bir arada bulunan, yapıştırıcı özellikleri olan ve karbon disülfürde tamamen çözünen madde” olarak tanımlanır [1].

Bitümlü bağlayıcılar asfaltlar ve katranlar olmak üzere iki kısma ayrılırlar.

#### 1. Asfaltlar

- a. Doğal asfaltlar : Kaya ve göl asfaltları.
- b. Yapay asfaltlar : Ham petrolün damıtılmasından elde edilirler.

#### 2. Katranlar

Kömürün ve odunun damıtılmasından (kapalı bir sistem içerisinde) elde edilirler [1].

#### 2.4.2.1. Bitümler (asfalt çimentoları)

Bitümlü karışımların stabiliteleri ve içsel sürtünme dirençleri agrega tarafından, kohezyonları ise bitümlü bağlayıcı tarafından sağlanmaktadır. Bitümler;

- Agrega danelerini birbirine kenetleyerek trafik yüklerinin etkisiyle danelerin dağılmalarını önlerler.
- Karışımların hava boşluklarını doldurarak geçirimsiz olmalarını sağlarlar.
- Bitüm tarafından sağlanan kohezyon karışımların stabilitelerini artırır.
- Kaplama tabakalarında meydana getirdikleri düzgün yüzeyler iyi bir sürüş konforu sağlanmasına neden olur.
- Bitümlü karışımlarda bağlayıcı olarak ağırlıkça %5-7, hacimce %13-15 oranlarında kullanılırlar [4].

Bitümlerin sınıflandırılmasında genellikle penetrasyon değerleri kullanılır. Amerika’da sınıflandırma viskozite değerlerine göre yapılmakta olup, son yıllarda superpave sistemde performans derecesine göre sınıflandırma yapılmaktadır [1].

Bitümlü bağlayıcının dayanıklılığı veya stabilitesi bitümün sertleşmeye karşı gösterdiği mukavemet olarak ifade edilmektedir. Bitümlerin dayanıklılığı karışımların performanslarını doğrudan etkilemektedir. Bitümde “Yaşlanma”; bitümlü bağlayıcıların çeşitli faktörlerden (oksidasyon, iklim koşulları, zaman vb.) dolayı sertleşmesi ve kırılgan hale gelmesidir. Bitümde yaşlanma kısa ve uzun dönemli olur [7].

#### 1. Kısa dönem yaşlanma

Bitümlü sıcak karışımın üretilmesi sırasında bitümlü bağlayıcıda meydana gelen yaşlanmadır. Karışımın sıcaklığının yüksek olduğu aşamada, agrega etrafını film tabakası gibi saran bitümde hızlı bir oksidasyon reaksiyonu ortaya çıkar.

#### 2. Uzun dönem yaşlanma

Bitümlü karışımların ömrü boyunca devam eden yaşlanma türüdür. Oksidasyon sertleşmesi su ve hava nedeniyle sürekli olarak devam eder.

Bitümlü bağlayıcıların yaşlanmasının nedenleri [4] :

##### a. Oksidasyon

Bitümlü bağlayıcıların yapısında hidrokarbonlar bulunmaktadır. Zamanla karbonlar oksijenle birleşerek oksitlenme meydana gelir. Bu durum bitümün moleküler ağırlığının artmasına neden olur. Sonuçta bitümün viskozitesi ve sertliği artar.

##### b. Polimerleşme

##### c. Sineris

##### d. Tiksotropi

##### e. Uçucu madde kaybı

##### f. Parçalanma



#### 2.4.2.2. Sıvı petrol asfaltları (katbekler)

Katbekler, bitümlere benzin, gazyağı ve bakiye yağ karıştırılması ile elde edilirler.

- Çabuk kür alan sıvı petrol asfaltları, bitüme benzin katılarak elde edilirler.
- Orta hızda kür alan sıvı petrol asfaltları, bitüme gazyağı katılarak elde edilirler.
- Yavaş kür alan sıvı petrol asfaltları, bitüme bakiye yağ katılarak elde edilirler.

#### 2.4.2.3. Bitüm emülsiyonları

Emülsiyon; birbiri içinde çözünmeyen ve karışmayan sıvıların, bazı kimyasal maddeler (emülgatör) aracılığı ile homojen bir şekilde karışmasıdır. Bitüm emülsiyonlarında bitüm küreciklerinin su içerisinde homojen bir şekilde dağıtılmasıyla ( dağıtılan faz: bitüm, dağıtan faz: su) meydana gelir. Bitümün su içerisinde dağıtılmasıyla elde edilen emülsiyon uzun ömürlü olmaz. Kısa bir süre sonra bitüm kürecikleri birbirine yapışır ve sudan uzaklaşır. Emülsiyon verici madde (emülgatör) kullanılmasıyla bitüm kürecikleri çevresinde emülgatör filmi oluşturularak küreciklerin kendi aralarında birleşmesi önlenir [1].

Bitüm emülsiyonları, içeriğindeki emülgatör cinsine bağlı olarak;

- Anyonik,
- Katyonik bitüm emülsiyonları olarak iki sınıfa ayrılırlar.

Bitüm emülsiyonu, yolun yüzeyine uygulandığında ya da agrega ile karıştırıldığında kesilme olayı meydana gelir. Emülgatörlerin ortamdan ayrılmasıyla bitüm kürecikleri agregaların üzerine yapışırlar. Bitüm emülsiyonları kesilme hızlarına göre;

- Çabuk,
- Orta,
- Yavaş hızda kesilen bitüm emülsiyonları olmak üzere üç sınıfa ayrılırlar [1].

#### 2.4.2.4. Modifiye bitümler

Modifiye bitümler, normal bitüme (asfalt çimentosu) kimyasal katkıları eklenerek, bitümün fiziksel ve mekanik özelliklerinin değiştirilmesi ile hazırlanırlar. Modifiye bitümler ya işyerinden uzakta merkezi bir plant tesisinde ya da özel mobil ünitelerde üretilirler. Modifiye bitümlerin ve karışımların kullanım amaçları aşağıda özetlenmiştir [1].

1. Düşük sıcaklıklar için daha yumuşak karışımlar elde etmek ve tabakadaki çatlakları azaltmak.
2. Yüksek sıcaklıklar için daha sert karışımlar elde etmek ve tekerlek izi oluşumlarını azaltmak.
3. Yapım sıcaklıklarında viskoziteyi düşürerek işlenebilirliği arttırmak.
4. Karışımın dayanımını ve stabilitesini arttırmak.
5. Bitümlü bağlayıcının ömrünü uzatmak.
6. Soyulma mukavemetini arttırmak.
7. Bitümün karışım içerisinde kusmasını azaltmak.
8. Geliştirilmiş çatlak dolgusu özelliği sağlamak.
9. Kaplama tabakalarının daha az kalınlıkta yapılmasını sağlamak.
10. Kaplama tabakasının ömür-döngü maliyetini azaltmak.

İstenilen özelliklere uygun modifiye bitüm tipi seçimi, karışımın yapılacağı yolun trafik değerleri ve bölgenin iklim koşulları dikkate alınarak yapılır. Çeşitli katkıları kullanılarak istenilen özellikleri sağlayan modifiye bitüm üretilmesi mümkündür. Modifiye bitümlerde kullanılan kimyasal katkıları Tablo 2.2.'de verilmektedir.

Tablo 2.2. Modifiye bitümlerde kullanılan ana katkılar [1]

Elastomerik Termoplastik Polimerler	
Styrene - Butadiene - Styrene Copolymer	SBS
Styrene - Isoprene - Styrene Copolymer	SIS
Styrene - Butadiene	SB
Random Copolymer	SBR
Plastomerik Termoplastik Polimerler	
Ethylene - Vinyl Acetate Copolymer	EVA
Ethylene - Mehtyl Acrylate Copolymer	EMA
Ethylene - Butyl Acrylate Copolymer	EBA
Polyisobutylene	PIB
Latex	
Plychloroprene	
SBR	
Natural Rubber	
Crumb Rubber	

## 2.5. Kauçuk Asfalt Karışımlar

Atık lastiklerden üretilen kauçuk esaslı granüler ürünlerin bitümlü karışıma plentte ilave edilmesiyle (karışımın modifiye edilmesi) elde edilen karışımlardır. Karışımı modifiye edici katkı maddesinin içerisindeki kauçuğun en az %35'i karışımda çözünmelidir.

Kauçuk asfalt karışımları hangi tabakada kullanılacaksa o tabakanın şartnamesinde verilen tasarım kriterlerine uygun olmalıdır. Bu karışımlar Tablo 2.3.'te verilen özellikleri sağlamalıdır [8].

Tablo 2.3. Kauçuk asfalt karışımların özellikleri (KTŞ, Kısım 418) [8]

Özellikler	Şartname Limitleri	Deney Standardı
Tekerlek izinde oturma (30.000 devirde ,60 °C'de), %	maks.5	TS EN 12697-22
İndirek Çekme Mukavemeti, (kg/cm <sup>2</sup> )	min.5	AASHTO T 283
İndirek Çekme Mukavemeti Oranı, %	min. 80	

## 2.6. Bitümlü Sıcak Karışımlar (BSK)

Bitümlü sıcak karışım (BSK); sıcak agrega karışımının, ısıtılmış bitümlü bağlayıcı ile asfalt plantinde homojen olarak karıştırılması ile elde edilir. Sıcak karışım asfalt yaygın olarak karışımda kullanılan agreganın granülometrisine ve kullanım amacına göre dört farklı şekilde sınıflandırılırlar [1].

### 1. Açık granülometrilik karışımlar

Bu tür karışımlarda ince agrega oranı az, hava boşluğu yüzdesi fazladır. Poroz asfalt bu tür karışımlara örnek olarak verilebilir.

### 2. Kesikli granülometrilik karışımlar

Malzeme, belirli elek aralarında fazla iken belirli elek aralıklarında ise çok az ya da hiç yoktur. Bu tür karışımlar pürüzlü bir yüzey oluştururlar. Bunlara, TMA örnek olarak verilebilir.

### 3. Yoğun granülometrilik karışımlar

Agrega granülometrisi düşük boşluk verecek şekilde süreklilik gösterir. Yüzey pürüzlülüğü azdır. Bunlara, asfalt betonu tabaka karışımları (bitümlü temel, binder, aşınma) ve bitümlü makadam örnek verilebilir. Asfalt betonu genel anlamı ile aşınma ve binder tabakasını veya bunların her ikisini birden kapsar. Ülkemizde genel olarak kullanılan bitümlü sıcak karışım tipidir.

### 4. Harç tipi karışımlar

İnce malzeme oranı fazla ve kaba malzeme, ince malzeme-bitüm karışımı içinde dağılmış haldedir. Bu karışımlarda boşluk oranı düşük, pürüzlülük azdır. Beton ve çelik köprüler üzerinde kullanılabilen bu tür kaplamalara mastik asfalt örnek olarak verilebilir.

Bitümlü sıcak karışımların özellikleri aşağıda verilmektedir [1].

- a. Stabilité
- b. Durabilite
- c. Geçirimsizlik
- d. İşlenebilirlik
- e. Esneklik
- f. Yorulmaya karşı direnç
- g. Kaymaya karşı direnç

## **2.7. Esnek Üstyapı Tasarımında Kullanılan Yöntemler**

Esnek üstyapıların tasarımında;

1. Ampirik,
2. Ampirik-analitik,
3. Analitik olmak üzere üç farklı yöntem kullanılmaktadır.

Ampirik yöntemler, bilgi birikim ve deneme (deney) yoluyla elde edilen deneyimlere dayanmaktadır. Bu yöntem, farklı ve değişken şartlar için uygun sonuç vermemektedir. Analitik yöntemler ise malzemelerin fiziksel özelliklerini kullanmakta, analiz yapmaktadır. Bu yöntemle her türlü şartlarda uygun sonuç alınabilmektedir [9].

### **2.7.1. Ampirik yöntemler**

Ampirik yöntemlere göre esnek üstyapının tasarımı;

- Tabakalarda kullanılan malzemelerin fiziksel özelliklerine,
- Taban zemininin taşıma gücüne,
- Üstyapının hizmet ömrü boyunca maruz kalacağı taşıt trafiği yüklerine bağlı olarak yapılmaktadır.

“AASHTO-72, Kaliforniya Taşıma Oranı ve Rode Note 29” esnek üstyapıların tasarımında uzun yıllar kullanılmış ampirik yöntemlerdir [9, 10].

#### **2.7.1.1. AASHTO-72 Esnek Üstyapı Tasarım Yöntemi**

Bu yöntemde üstyapının tasarımı;

- Taşıtların dingil yükleri ve tekerrür sayılarının üstyapıya olan etkilerini,
- Tabakalarda kullanılan malzemelerin fiziksel özelliklerini,
- Taban zemininin taşıma gücünü esas almaktadır.

AASHTO-72’de esnek üstyapının tasarımında kullanılan denklem, AASHTO’nun deneme yoluyla elde edilen deneylerdeki gözlem ve ölçümlerine bakılarak elde edilmiştir [10, 11].

#### **2.7.1.2. Rode Note 29 Tasarım Yöntemi**

Üstyapının tasarımı;

- Taban zemininin taşıma gücünü,
- Kullanılan bitümlü malzemelerin fiziksel özelliklerini esas almaktadır.

Bu yöntem, Kaliforniya Taşıma Oranı Yöntemi ile benzerlikler göstermektedir. Esnek üstyapıların tasarımında kullanılan analitik yöntemlerin ortaya çıktığı döneme kadar İngiltere’de kullanılmıştır [9].

#### **2.7.1.3. Kaliforniya Taşıma Oranı Yöntemi**

Bu tasarım yöntemi;

- Taban zemininin taşıma gücünü,
- Kullanılan granüler malzemelerin taşıma gücünü esas almaktadır.

Bu yöntemde, taşıtların dingil yüklerine bağlı olarak belirlenen taban zemininin taşıma gücü, üstyapının toplam kalınlığı ile ilişkilendirilmektedir [9].

### **2.7.2. Ampirik-analitik yöntemler**

AASHTO, trafik hacimlerinin, taşıt hızlarının ve özellikle ağır taşıt trafiğinin artmasına karşın üstyapının hizmet kabiliyetini sürdürebilmesi için esnek üstyapıların tasarımında kullanılan ampirik yöntemleri analitik bir yaklaşımla geliştirerek değişikliğe gitmiştir [12].

“AASHTO-86, AASHTO-93, AASHTO-02 ve Asphalt Enstitüsü Yöntemi” esnek üstyapıların tasarımında kullanılan ampirik-analitik yöntemlerdir.

#### **2.7.2.1. AASHTO-86 Esnek Üstyapı Tasarım Yöntemi**

AASHTO-72 yöntemine bazı ilaveler yapılarak, ASHTO-86 tasarım yöntemi elde edilmiştir.

- Bu yöntemde üstyapıda kullanılan tabakaların fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla esneklik modülü ( $M_R$ ) ilave edilmiştir. Burada temel amaç gerçekçi bir deney modeli oluşturmaktır.
- Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR) ve güvenilirliğe (R) bağlı olarak bulunan tabaka katsayıları, esneklik modülüne ( $M_R$ ) göre tekrar tanımlanmıştır.
- Nem ve ısı gibi çevresel faktörler rehberine ilave edilerek daha rasyonel sonuçlar elde edilmesi amaçlanmıştır.
- Güvenilirlik kavramı rehberine ilave edilerek üstyapıların risk analizi ve değerlendirmelerinin yapılmasına imkân tanınmıştır [12].

### 2.7.2.2. AASHTO-93 Esnek Üstyapı Tasarım Yöntemi

Bu yöntemde, AASHTO-86 yöntemi gözden geçirilmiş, tasarım konusunda herhangi bir değişikliğe gidilmemiştir. Esnek üstyapı tasarımına etki eden faktörler aşağıda verilmiştir [5, 12].

- Trafik koşulları; taşıt yükleri ve dingil tekerrür sayıları, taşıtların dingil sistemleri, araç tekerlek sayıları, lastik basınçları ve ebatları, şerit ve yöne bağlı trafik hacimleri vb.
- Çevre ve iklim koşulları; karayolunun geometrik özellikleri, yeraltı su seviyesi, drenaj, yüksek ve düşük sıcaklık şartları, ısı değişimleri vb.
- Taban zemini, üstyapı tabakalarının fiziksel özellikleri; taban zemininin taşıma gücü (CBR), tabakaların esneklik modülleri ( $M_R$ ) vb.

### 2.7.2.3. AASHTO-02 Esnek Üstyapı Tasarım Yöntemi

AASHTO-93 yöntemine bazı ilaveler yapılarak bu yöntem elde edilmiştir.

- AASHTO-93'e göre daha detaylı çalışmalar yapılmıştır. Değişik bölge ve yol kesimleri için sürekli deney, gözlem ve analizler yapılmıştır. Bu yöntem üstyapı tasarımında detaylı verilerin yanında ampirik formüllerinde kullanılmasına imkan vermektedir.
- Bu yöntem modifiye edici katkı maddelerin kullanımına imkân sağlamıştır.
- EICM (Geliştirilmiş Entegre İklim Modeli) programı ile iklim ve çevre etkilerinin üstyapıya etkisi ortaya konmuştur. EICM, tek boyutlu ısı ve nem akışı programıdır. Bir üstyapının hizmet ömrü boyunca, üstyapı tabakalarının ve taban zemininin nem ve sıcaklık değerlerini bütün yönleriyle ele alan iklim modelleme aracıdır.
- Tasarımda yolun geometrik düzgünlüğü (IRI) dikkate alınmaktadır.
- Üstyapının tasarımında taşıt kompozisyonu, dingil ve aks sistemleri, tekerlek sayıları ve lastik iç basınçları dikkate alınan parametrelerdendir [12].



#### 2.7.2.4. Asfalt Enstitüsü Yöntemi

Bu tasarım yönteminin diğer üstyapı tasarım yöntemlerinden farkı üstyapı tabakalarının hepsinin bitümlü karışımdan meydana gelmesidir.

- Üstyapı kalınlığı azdır. Çünkü bitümlü tabakaların tabaka katsayıları yüksek olduğundan dolayı yük taşıma güçleri ve yükleri yayma kabiliyetleri granüler tabakalara göre daha yüksektir.
- Bu yöntemle esnek üstyapının tasarımı için yorulma ve plastik deformasyonlar esas alınarak bazı abaklar geliştirilmiştir.
- Yöntemde taban zeminindeki, temel tabakalarındaki mevsimsel ısı ve nem değişimleri dikkate alınmıştır [12].

#### 2.7.3. Analitik yöntemler

Analitik yaklaşım (yöntem), yol esnek üstyapı tasarımının diğer mühendislik yapıları (köprü, bina vb.) gibi düşünülerek yapılmasıdır. Analitik yöntemin temel basamakları aşağıda açıklandığı şekildedir.

- a. Üstyapı gerçeğe yakın bir şekilde basitleştirilerek modellenir.
- b. Üstyapıya gelecek trafik yükleri belirlenir.
- c. Üstyapı tabakalarının fiziksel özellikleri ve kalınlıkları belirlenir.
- d. Kritik noktalarda oluşan gerilme, şekil ve yer değiştirmelerin tespiti için yapısal analizler yapılır.
- e. Bulunan değerler izin verilen şartname sınır değerleri ile karşılaştırılarak üstyapı tasarımının uygunluğu belirlenir.
- f. Uygun bir üstyapı tasarımı elde edene kadar c, d ve e adımları tekrarlanır.
- g. Üstyapının maliyet analizi yapılır [12].

Analitik yöntemin çeşitli şekilleri bulunmaktadır. Bunlardan biri grafiklere dayalı olan Shell Pavement Design Manual (SPDM- Shell Üstyapı Tasarım El Kitabı) diğeri Nottingham Üniversitesi'nin geliştirdiği bilgisayar programlarıdır.

### 2.7.3.1. Shell Esnek Üstyapı Tasarım Yöntemi

Shell Üstyapı Tasarım El Kitabı (SPDM), 1978 yılında yayımlanarak 1985 yılında çeşitli ilavelerle güncellenmiştir.

- Bu kitapta esnek üstyapı bilgisayar programları yardımıyla analiz edilmiştir. Ayrıca üstyapı tasarım yöntemi grafikler, şekiller ve tablolar halinde kitap içeriğinde yer almaktadır. Bu el kitabı ve tasarım yöntemi taban zemininin üzerine oturan üç tabakalı bir esnek üstyapıyı esas almaktadır.
- Bu yöntemde tabakaları oluşturan malzemelerin fiziksel özellikleri Young Elastisite Modülü ve Poisson Oranı ile belirlenmiştir.
- Yöntemde amaç, trafik yüklerine bağlı olarak alttemel tabakası ile taban zemini arasındaki deformasyon oluşumunu ve bitümlü tabakalarda yapısal çatlak oluşumlarını engelleyecek tasarımı yapmaktır.

### 2.8. Esnek Üstyapıların Projelendirilmesi (AASHTO-93)

Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberine [2] göre, esnek üstyapılarda proje aşamaları:

- Üstyapı proje süresinin (performans periyodu) belirlenmesi:

Proje süresi (performans periyodu), yolun başlangıç servis kabiliyetinden ( $P_0$ ) son servis kabiliyetine ( $P_t$ ) düşüncüye kadar geçen yıl sayısı olarak tanımlanır. Başka bir deyişle, yolun trafiğe açılışı ile ilk takviye tabakasının yapılacağı ana kadar geçen süredir. Ya da iki takviye tabakası arasındaki süre olarak da alınabilir.

Türkiye'de edinilen tecrübelerle göre proje süresinin, yeni yapılan yollarda asfalt betonu kaplamalı yollar için 20 yıl, sathi kaplamalı yollar için ise 10 yıl alınması; mevcut asfalt betonu kaplamalı yolların takviye projelerinde ise 10 yıl alınması önerilmektedir.

- Üstyapı analiz süresinin belirlenmesi:

Analiz süresi; ilk inşaat ve ileride yapılacak takviye dâhil olmak üzere, değişik projelendirmelerin ekonomik karşılaştırmalarının yapıldığı zaman süresidir. Diğer bir deyişle, performans periyotlarının toplamıdır.

Analiz süresi, AASHTO'ya uygun olarak Tablo 2.4.'ten seçilmektedir. Ancak; bu rehber kapsamında analiz süresinin, proje süresine eşit alınarak BSK kaplamalı yollar için 20 yıl, sathi kaplamalı yollar için ise 10 yıl alınması önerilmektedir.

Tablo 2.4. Esnek üstyapı analiz süresinin seçimi [2]

Yolun Sınıfı	Analiz Süresi (Yıl)
Otoyollar ve Devlet Yolları	20-50
Sathi Kaplamalı Yollar	10-20

- Üstyapıya gelen trafik yüklerinin belirlenmesi:

Üstyapı projelendirmesinde, üstyapı kalınlıklarını belirleyen faktörlerin en önemlilerinden biri trafik yükleridir. Projelendirme amacıyla, karayolu üzerinden geçen çeşitli dingil yükleri 8,2 ton eşdeğer standart dingil yükü (ESDY) tekerrür sayısına çevrilerek trafik yükleri bulunur. Üstyapı projelendirmesinde, proje süresi boyunca hesap şeridinden geçen toplam ESDY tekerrür sayısı bilinmelidir. Bu nedenle, proje süresince hesap şeridinden geçecek taşıtların sayıları trafik analizleri ile bulunmalıdır. Projenin ilk senesi için tahmin edilen trafik sayıları ve yıllık trafik artış yüzdesi kullanılarak, ilgili formüllerle, proje süresi için ortalama günlük proje trafiği ( $t_p$ ) ve toplam proje trafiği ( $T_p$ ) hesaplanır.

Bundan sonra taşıt eşdeğerlik faktörü (TEF), trafik yönü sayısı ( $i$ ) ve hesap şeridi faktörü ( $\eta$ ) belirlenerek proje süresi boyunca yoldan geçecek hesap şeridine düşen toplam standart dingil yükü tekerrür sayısı ( $T_{8,2}$ ) hesaplanır.

- Güvenilirliğin belirlenmesi:

Güvenilirlik (R); Üstyapının belirlenen proje süresi boyunca, hakim trafik ve çevre koşulları altında yoldan beklenen proje şartlarını karşılama olasılığıdır.

- Servis (hizmet) kabiliyetinin belirlenmesi:

Üstyapının belirli bir gözleme anında yüksek hız ve hacimdeki taşıt trafiğine hizmet etme kabiliyeti olup 0 ile 5 arasında değişen değerle tanımlanır. 5 en fazla, 0 en düşük hizmet kabiliyeti indeksini belirler.

- Yol malzemelerinin taşıma güçlerinin belirlenmesi (CBR,  $M_R$ ):

- a. Kaliforniya Taşıma Oranı'nın (CBR) belirlenmesi

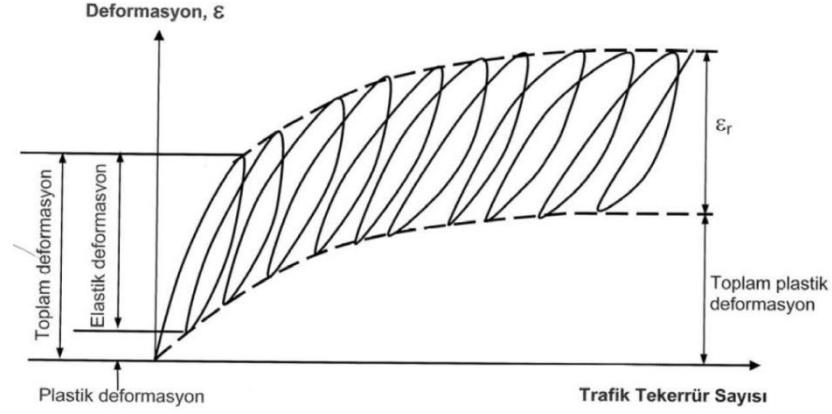
Temel, alttemel ve taban zemininin taşıma gücünü belirleyen deney ve deney sonucu hesaplanan % cinsinden değer.

- b. Esneklik modülünün ( $M_R$ ) belirlenmesi

Yeni üstyapı şartnamelerinde, elastik teoriyi esas alan esneklik modülü değeri dikkate alınarak üstyapılar projelendirilmektedir. Bu yöntemde malzemelerin doğrudan mukavemeti yerine tekrar eden yükler altında esneklik modülü tayin edilmektedir.

Esneklik modülü, elastik teorinin uygulaması olup, üstyapı malzemelerinin statik yükten ziyade tekerrür eden trafik yükleri altındaki esneklik modülünün tespiti için geliştirilmiş bir yaklaşımdır. Üstyapı malzemeleri normal olarak elastik değildir ve her yük tekrarından sonra bir miktar plastik (kalıcı) deformasyon gösterirler. Bununla beraber, eğer trafik yükü malzemenin mukavemetine nazaran küçük ise, belirli miktarda yük tekerrüründen sonra malzeme elastik davranış göstermeye başlar.

Esnek üstyapı malzemelerinin tekrarlı yükler altındaki davranışı Şekil 2.4.'teki gibidir.



Şekil 2.4. Esnek üstyapı malzemelerinin tekrarlı yükler altındaki davranışı [2]

Granüler malzemelerin esneklik modülü ( $M_R$ ) aşağıdaki eşitlik Denklem 2.1 kullanılarak hesap edilir.

$$1750.(D_{BSK} + k)^{0,436} \cdot (CBR)^{0,4} \cdot \left( \frac{1}{1 + \log(\text{No.200})} \right)^{0,35 \cdot [(LL) \cdot (PI) + 0,1]^{0,06}} \cdot \left( \frac{\gamma_{maks.}^2}{(\text{No.4})} \right)^{0,09 \cdot (\omega_{opt.})} \quad (2.1)$$

Burada;

$M_R$  : Esneklik modülü, psi

$D_{BSK}$  : BSK tabakalarının toplam kalınlığı, cm

CBR : Kaliforniya taşıma oranı, %

$\omega_{opt}$  : Optimum rutubet, %

$\gamma_{maks}$  : Maksimum kuru birim hacim ağırlık, gr/cm<sup>3</sup>

LL : Likit limit, %

PI : Plastisite indisi, %

No.200: 200 no'lu elekten geçen malzeme yüzdesi

No.4 : 4 no'lu elekten geçen malzeme yüzdesi

k : Derinlik düzeltme faktörü, cm

BSK tabakalarının esneklik modülü ise Marshall Stabilitesi (MS) ile korelasyon yapılarak veya aşağıdaki Denklem 2.2 kullanılarak yaklaşık olarak tahmin edilebilir.

$$\log E^* = 3,75 + 0,029.(No.200) - 0,00177.(No.200)^2 - 0,0028.(No.4) - 0,058.V_h - 0,8.\left(\frac{V_b}{V_b+V_h}\right) + \left(\frac{3,87 - 0,0021.(No.4) + 0,004.\left(\frac{No.3}{8}\right) - 0,000017.\left(\frac{No.3}{8}\right)^2 + 0,0055.\left(\frac{No.3}{4}\right)}{1 + e^{-2,56 + 0,89.\log(\text{pen}) - 0,015.[\log(\text{pen})]^2}}\right) \quad (2.2)$$

Burada;

$E^*$  : Dinamik modül, psi

$V_h$  : BSK boşluk oranı, %

$V_b$  : BSK bitüm yüzdesi, %

pen : Bitümlü bağlayıcının penetrasyonu, 0,1 mm

No.200: 200 no'lu elekten geçen malzeme yüzdesi

No.4 : 4 no'lu elek üzerinde kalan malzeme yüzdesi

No.3/8 : 3/8 no'lu elek üzerinde kalan malzeme yüzdesi

No.3/4 : 3/4 no'lu elek üzerinde kalan malzeme yüzdesidir.

- Çevresel etkiler ve drenaj faktörlerinin belirlenmesi:

Alttemel ve temel tabakalarına ait drenaj katsayıları malzeme cinsine göre belirlenir.

Üstyapının dona karşı korunmasının gerekliliği araştırılır.

- Üstyapı sayısının (SN) belirlenmesi:

Üstyapı kalınlıklarının hesaplanması için üstyapı sayısı (SN) aşağıdaki Denklem 2.3'te verilen tasarım denkleminde hesap edilerek bulunur.

$$\log(T_{8,2}) = Z_R.S_o + 9,36.\log(SN+1) - 0,20 + \frac{\log\left(\frac{P_o - P_t}{4,2 - 1,5}\right)}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32.\log(M_R) - 8,07 \quad (2.3)$$

Burada;

- $T_{8.2}$  : Toplam ESDY tekerrür sayısı  
 $\Delta PSI$  : Servis kabiliyetindeki azalma miktarı (  $P_o - P_t$  )  
 $Z_R$  : Normal Standart Sapma  
 $S_o$  : Toplam Standart Sapma  
 $SN$  : Üstyapı Sayısı, inç  
 $M_R$  : Esneklik Modülü, psi

Böylece üstyapı tabakalarının kalınlıklarının hesaplanması için gerekli SN (üstyapı sayısı) bulunmuş olur.

- Üstyapı sayısı (SN) yardımı ile tabaka kalınlıklarının belirlenmesi:

Hesaplanan ve gerekli olan SN'e göre aşağıda verilen Denklem 2.4 sağlanacak şekilde her bir tabaka kalınlığı seçilir. Tabaka kalınlıklarının seçiminde minimum kalınlıklar ve ekonomiklik göz önünde bulundurulur.

$$SN = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot D_3 \cdot m_3 \quad (2.4)$$

Bu denklemde;

- $a_1, a_2, a_3$  :Sırasıyla kaplama, temel ve alttemel tabakalarının izafi mukavemet katsayıları  
 $m_2, m_3$  :Granüler tabakaların drenaj katsayısı  
 $D_1, D_2, D_3$  :cm cinsinden sırasıyla kaplama, temel ve alttemel tabaka kalınlıkları

- İzafi mukavemet katsayılarının belirlenmesi:

Üstyapı sayısını (SN) gerçek kalınlığa dönüştürmek için üstyapıda kullanılan her bir malzemeye bir katsayı verilmektedir. Bu tabaka katsayısı, SN ile kalınlık arasındaki

ampirik bağıntıyı ifade eder ve üstyapının bir bileşimi olarak malzemenin taşıma gücünün bir ölçüsüdür.

Granüler malzemelerin (temel, alttemel, üstyapı tabanı) izafi mukavemet katsayısı söz konusu tabakanın esneklik modülüne bağlı olarak aşağıdaki Denklem 2.5'ten bulunabilir.

$$a_i = 0,0045 \cdot \sqrt[3]{M_{Ri}} \quad (2.5)$$

Bu denklemden;

$a_i$  : Söz konusu granüler tabakanın izafi mukavemet katsayısı

$M_{Ri}$  : Söz konusu granüler tabakanın esneklik modülü, psi

BSK tabakalarının izafi mukavemet katsayısı ise esneklik modülü veya Marshall Stabilitesi değerine göre abaklar yardımıyla bulunabilir

- Tabaka kalınlıklarının kontrol edilmesi:

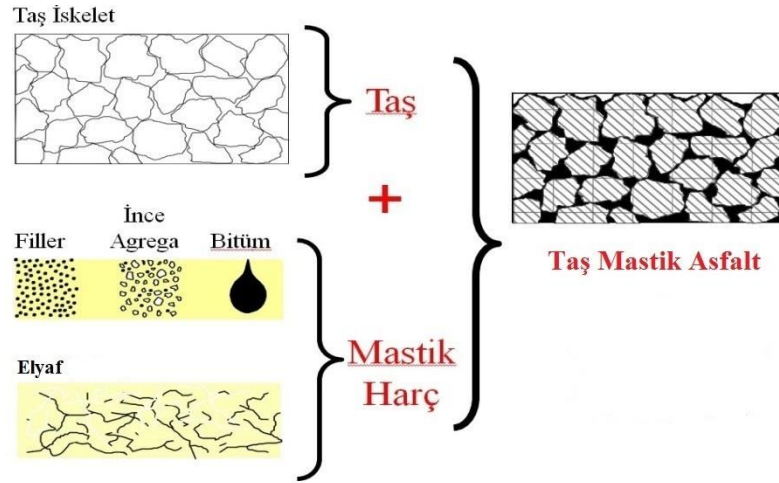
Kum-çakıl alttemel tabakasının minimum kalınlığı 20 cm, kırmataş alttemel tabakasının minimum kalınlığı ise 15 cm olmalıdır. Minimum granüler ve plent-miks temel kalınlığı 15 cm, çimento bağlayıcılı granüler temel kalınlığı 20 cm. ve sıcak karışım bitümlü temel kalınlığı ise 8 cm olmalıdır [2].



## BÖLÜM 3. TAŞ MASTİK ASFALT (TMA ) KARIŞIMLAR

### 3.1. Taş Mastik Asfalt (TMA) Tanımı

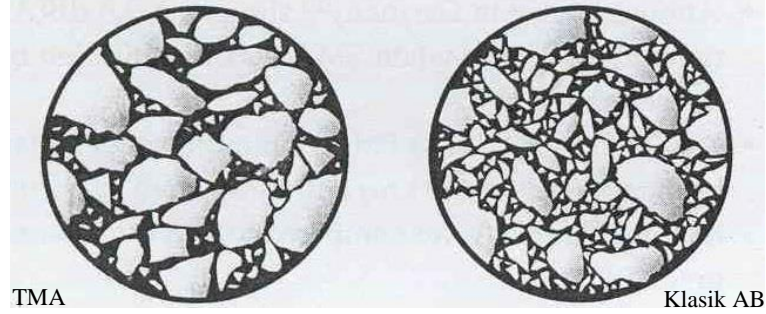
TMA, kaba agregadan meydana gelmiş taş iskelet ile boşlukları dolduran mastik harcın birleşmesiyle meydana gelen sıcak karışımdır. TMA'nın yapısı Şekil 3.1.'de gösterilmektedir. Mastik harç, içerisinde ince agregalar, filler, bitüm ve elyaf bulunmaktadır. Bu karışımlarda stabilite kaba agregaların birbirine temas ederek kenetlenmesi ile meydana gelmektedir. TMA karışımlarda hava boşluklarının yüksek olması nedeniyle ihtiyaç duyulan bitüm oranı yüksektir. Bitüm oranının yüksek olması TMA karışımların stabilitesini ve plastik deformasyonlara karşı dayanımını artırır. Ayrıca bitümün ve bitüm+fillerin karışım içerisinde süzülmesini önlemek için elyaf katkı kullanılır. [1].



Şekil 3.1. TMA yapısı

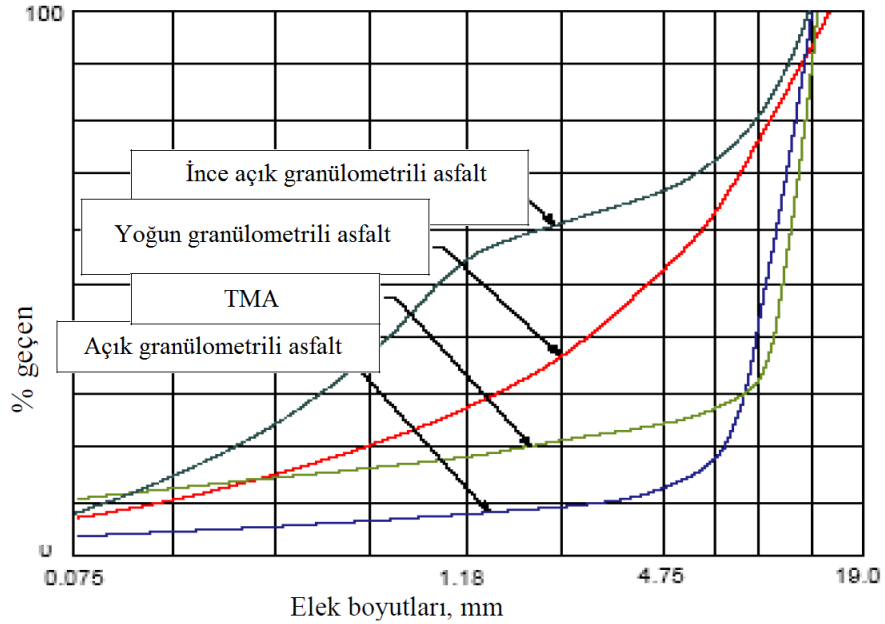
TMA, yüksek kaba agregalar granülometrisi (dane boyutu dağılımı), filler ve bağlayıcı içeriğine sahip boşluklu bir sıcak karışım olarak, geleneksel asfalt karışımlardan

ayrılır. TMA ile klasik asfalt betonu arasındaki yüzey dokusu farklılıkları Şekil 3.2.'de görülmektedir [13].



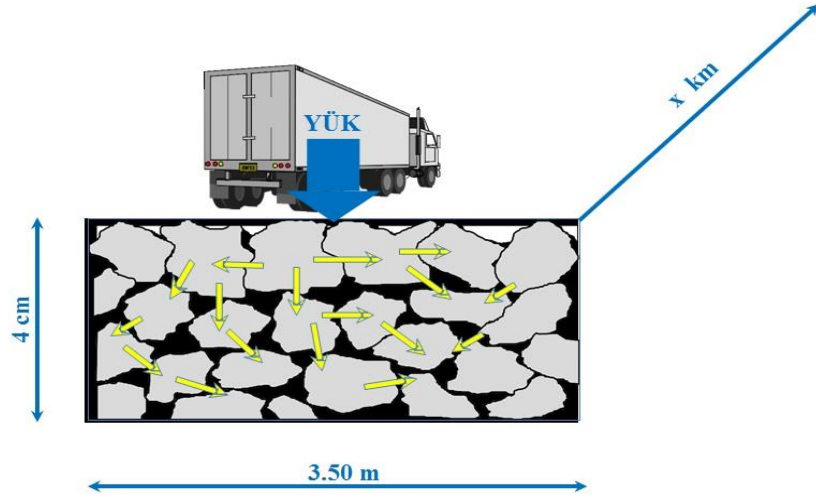
Şekil 3.2. TMA ve klasik asfalt betonu yüzey dokuları [13]

TMA, taştan taşa temas ile dayanımın, zengin bağlayıcı harcıyla da durabilitenin sağlanmasına dayalı sağlam, stabil ve tekerlek izi oluşumuna dayanıklı bir karışımdır. Asfalt karışımların tipik granülometri eğrileri ise Şekil 3.3.'te gösterilmektedir [14].



Şekil 3.3. Asfalt karışımların tipik granülometri eğrileri [14]

TMA karışımlarda stabilite, Şekil 3.4.'te görüldüğü gibi taş iskelet yapının kendi içsel sürtünme kuvvetlerinin etkisiyle, yükü birbirleri üzerinde dağıtma özellikleri ile sağlanmaktadır.



Şekil 3.4. TMA karışımlarda stabilite

### 3.2. Taş Mastik Asfalt Uygulamalarının Tarihçesi

TMA, Almanya'da çivili kar lastiklerinin yol üst yapısında meydana getirdiği kalıcı deformasyonları önlemek amacıyla 1960'lı yılların sonlarında geliştirilmeye başlanmış bir bitümlü sıcak karışım tipidir. Almanya'dan sonra Fransa, Hollanda, İsveç ve İsviçre'de kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde Avrupa ülkeleri başta olmak üzere gelişmiş dünya ülkelerinde artarak kullanılmaya devam etmektedir. Avrupa'da çivili lastik kullanımı, kuzeyinde bulunan İskandinav ülkeleri haricinde 1975 yılında yasaklanmıştır. Bu yıllarda başta Almanya olmak üzere bazı Avrupa ülkelerinde TMA karışımların üretilmesine bir süre ara verilmiştir. Ancak Almanya'da sanayinin gelişmesine paralel olarak, ağır taşıt trafiğinin ve dingil yüklerinin artması nedeniyle tekerlek izi oluşumları şeklinde yollarda bozulmaların meydana geldiği tespit edilmiştir. Bunun sonucunda TMA karışımlar Almanya'da yeniden kullanılmaya başlanmış ve 1984 yılında teknik şartnamelere dahil edilmiştir [1, 15, 16].

ABD’de ise ağır taşıt trafiği ile birlikte yasal dingil yüklerinin artması, lastik iç basınçlarının artması, tekerlek genişliklerinin azalması ile kaplama-tekerlek arasındaki temas alanının azalması sonucu yük basıncının artması nedeniyle tekerlek izi oluşumu yolların bozulmasında en önemli faktör haline gelmiştir. Amerikalı uzmanlar tekerlek izi oluşumlarına ve kalıcı deformasyonlara karşı dayanıklı karışımlar elde etmek için çalışmalara başlamış, Almanya’da kullanılan TMA karışımları incelemiştir. Uzmanlar Almanya’da kullanılan TMA karışımların yüksek stabiliteye sahip olduklarını ve kalıcı deformasyonlara karşı iyi sonuçlar verdiklerini 1991 yılında kendi ülkelerinde deneme kesimi yaparak test etmişlerdir. Alınan olumlu sonuçlardan sonra TMA karışımların Amerika’da yaygın olarak kullanılmasına devam edilmiştir [17].

### 3.3. Dünyada TMA Üretimi

Bazı Avrupa ülkelerinde, 2010 ve 2015 yılları arasında kullanılan bitümlü sıcak karışım (BSK) ve taş mastik asfalt (TMA) miktarları Tablo 3.1.’de ve Tablo 3.2.’de verilmektedir [18].

Tablo 3.1. Avrupa ülkelerinde BSK kullanımı [18]

Ülke	BSK x 10 <sup>6</sup> (milyon) ton					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Almanya	45,0	50,0	41,0	41,0	39,0	39,0
Avusturya	8,2	8,0	7,2	7,0	7,2	7,2
Belçika	4,8	5,9	5,6	5,3	5,2	5,0
Çekya	6,2	5,8	5,6	5,4	6,4	8,0
Finlandiya	4,9	5,0	4,5	4,5	4,7	5,4
Hollanda	9,5	9,6	9,2	9,7	9,0	8,0
İspanya	34,4	29,3	19,5	13,2	14,5	16,4
İsveç	7,9	8,1	7,7	7,6	8,5	8,2
İtalya	29,0	28,0	23,2	22,3	22,3	23,1
<b>Türkiye</b>	<b>35,3</b>	<b>43,5</b>	<b>38,4</b>	<b>46,2</b>	<b>30,9</b>	<b>37,9</b>

Tablo 3.2. Avrupa ülkelerinde TMA kullanımı [18]

Ülke	TMA (BSK içerisindeki)											
	2010		2011		2012		2013		2014		2015	
	ton (10 <sup>6</sup> )	% TMA	ton (10 <sup>6</sup> )	% TMA	ton (10 <sup>6</sup> )	% TMA	ton (10 <sup>6</sup> )	% TMA	ton (10 <sup>6</sup> )	% TMA	ton (10 <sup>6</sup> )	% TMA
Almanya	4,950	11,0	4,500	9,0	4,100	10,0	4,100	10,0	3,900	10,0	4,290	11,0
Avusturya	0,328	4,0	0,072	0,9	0,065	0,9	0,091	1,3	0,108	1,5	0,353	4,9
Belçika	0,662	13,8	0,979	16,6	0,969	17,3	0,731	13,8	0,692	13,3	0,855	17,1
Çekya	0,329	5,3	0,278	4,8	0,235	4,2	0,351	6,5	0,333	5,2	0,408	5,1
Finlandiya	0,314	6,4	0,470	9,4	0,405	9,0	0,509	11,3	0,611	13,0	0,734	13,6
Hollanda	0,950	10,0	0,854	8,9	0,920	10,0	0,873	9,0	0,900	10,0	0,880	11,0
İspanya	1,445	4,2*	1,699	5,8	0,117	0,6	0,040	0,3	0,044	0,3	0,197	1,2
İsveç	1,185	15,0	1,215	15,0	1,540	20,0	1,900	25,0	2,125	25,0	2,050	25,0
İtalya	0,580	2,0	0,560	2,0	0,464	2,0	0,335	1,5	0,223	1,0	0,231	1,0*
<b>Türkiye</b>	<b>2,118</b>	<b>6,0</b>	<b>1,305</b>	<b>3,0</b>	<b>1,152</b>	<b>3,0</b>	<b>2,310</b>	<b>5,0</b>	<b>0,773</b>	<b>2,5</b>	<b>0,910</b>	<b>2,4</b>

\* : Tahmini veri

Veriler aşınma tabakası dikkate alınarak elde edilmiştir.

### 3.4. Türkiye’de TMA üretimi

Türkiye’de ilk TMA uygulamalarına 1998 yılında Karayolları Genel Müdürlüğü’nün (KGM) sorumluluğunda başlanmış olmakla beraber bu TMA’lı kesimler 1999 yılından itibaren taşıt trafiğine açılmıştır.

KGM, 1997 yılında Alman TMA şartnamesinden faydalanarak Türkiye için geçerli ilk TMA şartnamesini yayımlamıştır. KGM, 2002 yılında Yollar Fenni Şartnamesi’ne yaptığı bir ek ile aşınma tabakası ile ilgili şartnameyi revize etmiştir. Bu yıllarda TMA, maliyetinin yüksekliği, modifiye bitüm imalatında ve teminindeki zorluklar, konunun yükleniciler tarafından iyi anlaşılabilmesi, yeni birim fiyat tespitinde karşılaşılan zorluklar gibi nedenlerle birkaç istisna dışında yaygın olarak uygulanamamıştır. Türkiye’de ilk TMA deneme kesimleri, Ankara-Polatlı-Sivrihisar devlet yolu (1999), Bala Ayrımı - Kulu Ayrımı devlet yolu (1999) kesimleridir. Deneme kesimi dışındaki uygulamalar, Tarsus-Adana-Gaziantep otoyolu, Pozantı-Tarsus otoyolu, Tarsus-Mersin otoyolu, İzmir Çevre otoyolu, Gebze-İzmit otoyolu, Haydarpaşa-Gebze ekspres yolu, Antalya-Alanya devlet yolu, Adana-Tarsus-Mersin devlet yoludur [7].

İsfalt A.Ş., TMA üretimi çalışmalarına 2003 yılında başlamıştır. İlk olarak Küçükçekmece Çobançeşme kavşağı ve Bakırköy’de Ataköy kavşağı yapılmıştır (2003). 2007 yılında metrobüs hattı Avcılar-Cevizlibağ kesimi yapılmıştır. 2008 yılında metrobüs hattı Cevizlibağ-Zincirlikuyu arası ile Vatan Caddesi ve Millet Caddesi yapılmıştır. 2009 yılında metrobüs hattı Zincirlikuyu-Söğütluçeşme arası yapılmıştır [7].

Türkiye’de 2006 ve 2015 yılları arasında kullanılan BSK ve TMA miktarları Tablo 3.3.’te verilmektedir [18].

Tablo 3.3. Türkiye’de BSK ve TMA kullanımı [18]

Türkiye		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
BSK	x 10 <sup>6</sup> ton	18,9	22,2	26,6	23,1	35,3	43,5	38,4	46,2	30,9	37,9
TMA (BSK içerisindeki)		0,019	0,044	0,106	0,462	2,118	1,305	1,152	2,310	0,773	0,910
TMA, %	%	0,1	0,2	0,4	2,0	6,0	3,0	3,0	5,0	2,5	2,4

### 3.5. TMA’nın Avantajları

Taş mastik asfalt karışımların avantajları [19] :

- Yüksek stabilite ve tekerlek izi oluşumu şeklindeki plastik deformasyonlara karşı yüksek dayanım sağlarlar.
- Kesikli bir granülometriye sahip olmaları nedeniyle kayma dirençleri yüksektir. Fren mesafesini kısaltarak sürüş güvenliğini arttırmaları.
- Kaplama tabakası üzerinde, yağışlı havalarda su nedeniyle oluşan film tabakası oluşumunu azaltırlar.
- Kaplama üzerindeki yatay trafik işaretlerinin görünürlüğünü arttırmaları.
- Geceleyin taşıtlara ait far ışıklarının yansıma yapmasını azaltırlar.
- Taşıtların kaplama üzerinde düşük gürültü ile geçmesini sağlarlar.

- Bu karışımların durabiliteleri yüksek olup hizmet ömürleri uzundur.
- Çok düşük sıcaklık şartlarında kılcal çatlakların meydana gelmesini geciktirirler.
- Stabilitelerinin ve durabilitelerinin diğer sıcak karışımlara oranla daha yüksek olması nedeniyle daha az bakım ve onarım gerektirirler.

### 3.6. TMA'nın Dezavantajları

TMA'nın kendine has birleşimi ve malzeme özelliği nedeni ile üretim, nakliye ve serme açılarından bazı önemli olumsuz tarafları da bulunmaktadır. Bunlar ana hatları ile şu şekilde sıralanabilir [14]:

- Yüksek oranda bağlayıcı ve filler ile stabilize edici katkı gereksinimi nedeniyle maliyeti daha yüksektir.
- Ekstra filler eklenmesi gerektiğinden daha uzun karıştırma süresi nedeniyle plant verimliliği daha düşüktür.
- TMA yapımından sonra bağlayıcının yüzeyde toplanmaması için 40-60°C'ye kadar soğumadan yolun trafiğe açılmaması gerektiğinden yolun daha uzunca bir süre taşıt trafiğine kapanmasına neden olur.
- Yüzeyde biriken kalın bağlayıcı filmi trafikle yok oluncaya kadar tabakanın başlangıç kayma direnci daha düşük olabilir. Bu nedenle trafiğe açılmadan önce ince temiz bir mıcırın yüzeye atılması veya düşük hızla seyir için sürücülerin işaretlerle uyarılması gerekebilir.
- TMA yapımında üretim, taşıma ve serme sıkıştırma işlemleri büyük bir itina gerektirir.
- Polimer modifiye bitüm kullanıldığında asfaltın sıcaklığı daha yüksek olması gerektiğinden taşıma mesafesine sınırlamalar getirilebilir.
- TMA diğer asfalt karışımlarına göre daha sert ve işlenebilirliği düşüktür. Bu nedenle özellikle modifiye bitüm kullanıldığında karışımın sıkıştırılması daha zordur ve sıkışma süresi daha kısadır.
- Yüksek yoğunluklu bağlayıcı (genellikle modifiye bitümlerde) ve mastik içindeki elyaftan dolayı, karışım sıcaklığı artar. Geleneksel BSK'lara nazaran, TMA çok sıcak bitümlü karışım olup karışım sıcaklığı 170-190°C arasındadır.

### 3.7. TMA Karışımların Maliyeti

TMA karışımının maliyeti, klasik yoğun granülometrilik karışımlara göre %20-25 oranında daha yüksektir. Elyaf, modifiye bitüm ve daha yüksek bitüm içeriğinin getirdiği ilave maliyetler, TMA maliyetinin yüksek olmasının önemli nedenleridir. Ancak klasik karışımların kullanılmasının mümkün olduğu kesimlerde daha az miktarda TMA kullanılarak maliyetler dengelenmektedir. Maliyet artışındaki önemli etkilere rağmen, TMA'nın yüksek performansı ve uzun hizmet ömrü nedeniyle sağladığı başlıca faydaları dikkate alarak, TMA'nın maliyetinin uygun olduğu anlaşılmaktadır.

ABD'de Georgia Ulaştırma İdaresince yapılan ömür döngü maliyet analizinde, mevcut beton kaplama üzerine takviye olarak kullanılan TMA ile yoğun granülometrilik sıcak karışım asfalt karşılaştırılmıştır. Analizde, yoğun granülometrilik sıcak karışım asfalt ile TMA'da bakım onarım aralığı sırasıyla, 7,5 ve 10 yıl olarak alınmıştır. Ayrıca, Avrupa'da elde edilen deneyimlere göre, genellikle TMA kaplamanın beklenen ömrünün klasik karışımdan %30-40 daha uzun olduğu kabulüyle karşılaştırmalar yapılmıştır. İki karışımın karşılaştırılmasında, genellikle kabul edilen 30 yıllık hizmet ömrü esas alınmıştır. Yıllık maliyet karşılaştırması sonuçları Tablo 3.4.'te verilmektedir [14].

Tablo 3.4. TMA ve yoğun granülometrilik sıcak karışımların yıllık maliyetlerinin karşılaştırılması [14]

Kaplama tipi	Bakım-Onarım aralıkları, yıl	Yıllık maliyet, \$
Yoğun granülometrilik sıcak karışım asfalt (Klasik)	7,5	79.532
TMA	10	50.095

Yapılan analizle, TMA'nın ömür boyu maliyetinin önemli ölçüde düşük olduğu açık bir şekilde görülmektedir. Ayrıca, TMA ve klasik karışım için esas alınan 7,5 ve 10 yıllık bakım ve onarım aralıklarının gerçekte beklenenden oldukça kısa olduğu da dikkate alınmalıdır [14].



### 3.8. TMA'nın Kullanım Alanları

TMA'nın potansiyel kullanım alanları aşağıda belirtilmiştir [14, 20] :

- Yüksek tekerlek basıncına maruz kaplamalı yollarda (kavşaklar, otobüs durakları, kamyon terminalleri).
- Yüksek hızlı trafiğe maruz otoyollarda ve yarış pistlerinde.
- Havaalanı pist kaplamalarında.
- Köprü döşemelerinin kaplamalarında.
- Çivili lastik aşınmasına karşı direnç gerektiren kesim kaplamalarında (çivili lastik kullanımının yasal olduğu ülkelerde).
- Tipik olmayan TMA'lar; TMA binder tabakası, sessiz kaplamalar, renkli TMA, tipik olmayan TMA tabakalarına örnek olarak gösterilebilir.

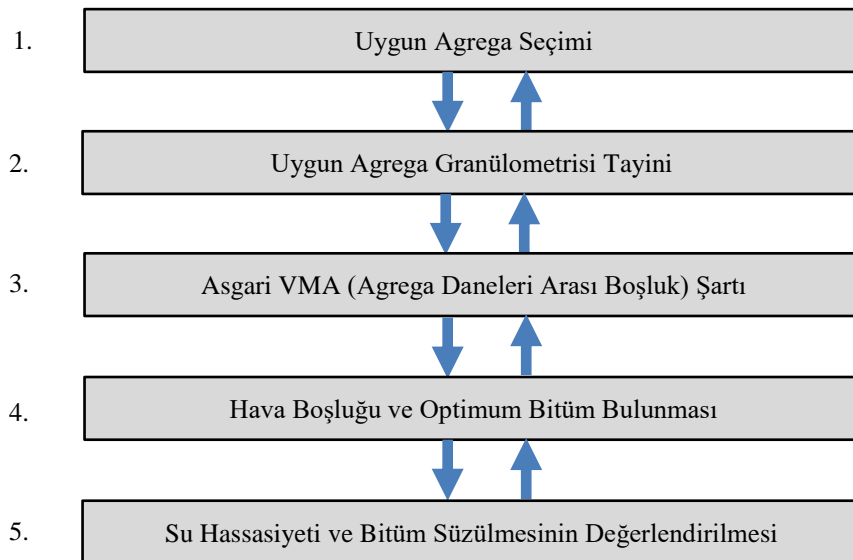
### 3.9. TMA'nın Kullanılmasının Uygun Olmadığı Alanlar

Aşağıda belirtilen durumlarda TMA kullanılması problemlere neden olabilmektedir [14] :

- Serme ve sıkıştırma araçlarının giremediği küçük alanlar TMA kullanımına uygun değildir.
- Yapım ekibi TMA'nın kritik serme sıkıştırma süresi nedeniyle yeterli deneyim ve donanımına sahip olmalıdır. Gerekli deneyim kazanılmadan kesinlikle TMA uygulanmamalıdır.
- TMA, iyi bir basınç dayanımı için taştan taşa temasın sağlandığı bir karışım tipidir. Taşların üst yüzeylerini örten mastik harçla özel bir yüzey dokusu sağlanmaktadır. Yatay kurplarda kamyonların dönüşlerinde yüzeyde oluşturduğu kesme kuvvetlerine karşı sağladığı direnç daha az olduğundan, tekerleklerin yüzeyde oluşturduğu kesme kuvvetiyle taşların üzerindeki harç sıyrılmaktadır. Bu nedenle keskin kurplarda TMA kullanılması önerilmez, bu kesimlerde yoğun granülometrilik asfalt karışımları (klasik) daha uygundur.

### 3.10. TMA Karışım Dizayını

TMA karışım dizaynının birinci esası, iri agregaların teması ile elde edilen ve genellikle taştan taşa temas olarak tanımlanan kaba agreganın iskeletinin öncelikle sağlanmasıdır. Karışım dizaynının ikinci esası ise, istenilen kıvamı sağlayan yeterli harcın oluşturulmasıdır. Yeterli harç kıvamının sonucu olarak elde edilen iyi bir TMA karışımı, oldukça yüksek bitüm içeriği gerektirir. Bu nedenle, agreganın daneleri arasındaki boşluk (VMA) ve bitüm içeriği klasik karışımlar için verilen asgari miktarın çok üzerindedir. İyi bir TMA karışımı elde etmek için Şekil 3.5.'te verilen dizayn aşamaları takip edilmelidir [14].



Şekil 3.5. TMA karışım dizaynı akış şeması [14]

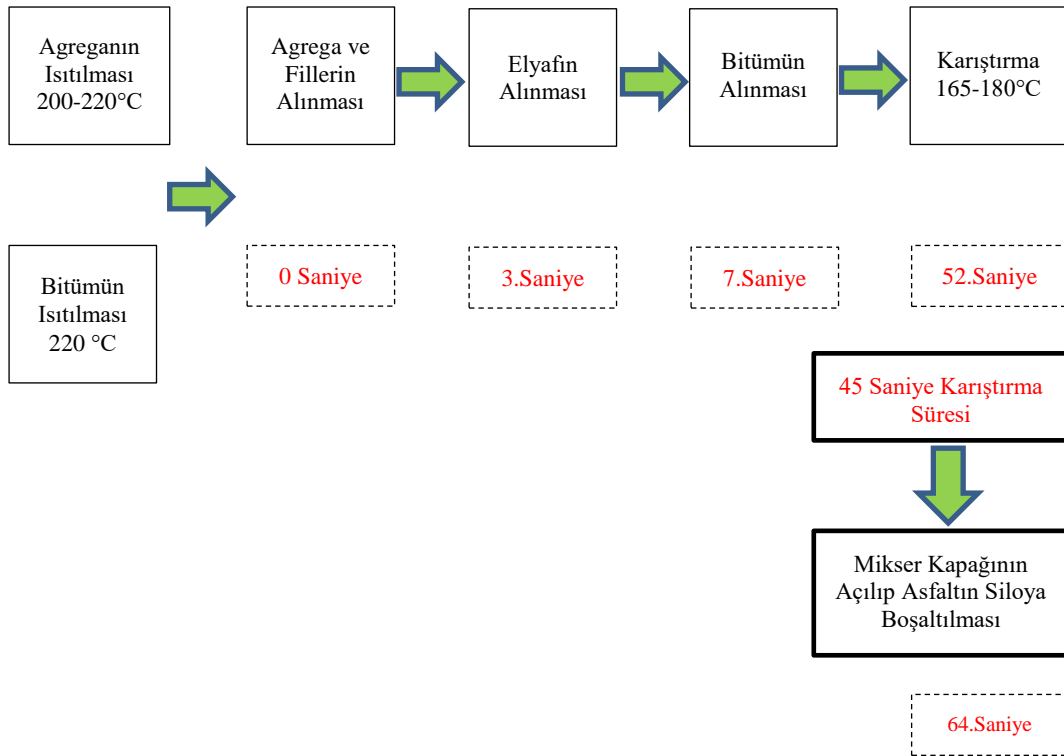
Karayolları Teknik Şartnamesinde (KTŞ) [8] TMA karışım dizaynı için Marshall Karışım Dizaynı Yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde, normal bitümlü karışım numuneleri  $135^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 'de, modifiye bitümlü karışım numuneleri  $145 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 'de numunenin her iki yüzeyine 50 darbe uygulanarak hazırlanmaktadır. KTŞ'ye göre TMA karışımının dizayn değerleri Tablo 3.5.'te verilmektedir.

Tablo 3.5. TMA dizayn kriterleri (KTŞ, Kısım 408) [8]

Özellikler	Şartname Limitleri		Deney Standartı
	TMA Aşınma	TMA Binder	
Briket Yapımında Uygulanacak Darbe Sayısı	50	50	TS EN 12697-30
Hava Boşlukları, (%)	2 - 4	3 - 4	TS EN 12697-8
Sıcak İklim Bölgelerinde Hava Boşlukları, (%)	3 - 4		
Agrega Daneleri Arası Boşluk (VMA), (%) min.	Tip -1	16	TS EN 12697-8
	Tip -2	17	
Bitümlü bağlayıcı, (%) min.	Tip -1	5,8	TS EN 12697-1
	Tip -2	6,5	
İndirekt Çekme Mukavemeti (İÇM) Oranı, min. %	80	80	AASHTO T 283
Tekerlek İzinde Oturma (30.000 devirde , 60 °C'de), (%) maks.	6	6	TS EN 12697-22
Elyaf Miktarı, %	0,3 - 1,0	0,2 - 0,8	
Schellenberger Bitüm Süzülme Deneyi, (%) maks.	0,3	0,3	TS EN 12697-18

### 3.11. TMA Karışımların Üretilmesi

TMA karışımların hazırlanmasında üretim aşamaları bir zincir oluşturur. Bu üretim zincirinde süreler ve sıcaklıklar önemlidir. Bunlara azami düzeyde uyulması üretim kalitesini artırır. TMA üretim süreci Şekil 3.6.'da gösterilmektedir [21].



Şekil 3.6. TMA üretim zinciri [21]

TMA karışımların üretilmesi sırasında dikkat edilecek hususlar [8]:

- Karışımın, karıştırma sıcaklığı 165-180°C sıcaklıkları arasında olmalıdır.
- Elyaf, karıştırıcıya üniform bir şekilde silodan otomatik olarak verilmelidir. Elyafın karışıma eklenme zamanı ve karıştırma süresi elyaf üreticisinin önerdiği şekilde olmalıdır.
- Modifiye bitüm kullanılması veya karışımın plentte modifiye edilmesi halinde karışımın; karıştırma süreleri ve sıcaklığı katkı üreticisinin önerilerine göre ayarlanmalıdır.

### 3.12. TMA Karışımların Serilmesi ve Sıkıştırılması

TMA karışımların serilip-sıkıştırılmasında dikkat edilmesi gereken hususlar [8] :

- Karışım, sericiye verildiğinde sıcaklığı minimum 145°C olmalıdır. Karışımı sermek için çevre sıcaklığı gölgede minimum 10°C olmalıdır.

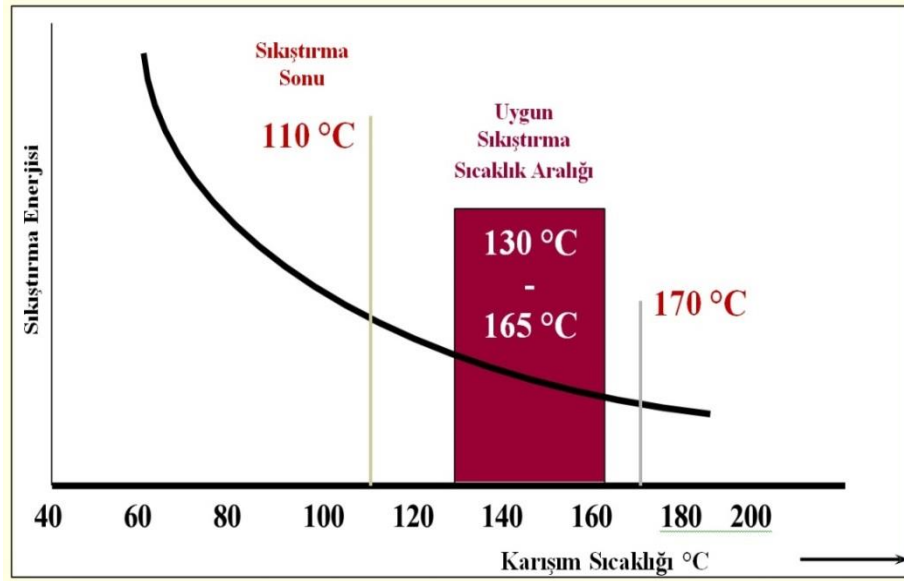
- Serilen karışım her bir serici için statik ağırlığı minimum 10 ton olan en az 2 adet çelik bantlı silindir kullanılarak sıkıştırılmalıdır. Silindirler, en fazla 100 m'lik mesafe içinde çalışmalıdır.
- Sıkıştırma esnasında vibrasyon uygulanmamalıdır. TMA üzerinde lastik tekerlekli silindirler kullanılmayacaktır.
- Serilen karışımın sıcaklığı 115°C'nin altına düşmeden sıkıştırma işlemi sonlandırılmalıdır.
- Modifiye bitüm kullanılması veya karışımın plentte modifiye edilmesi halinde karışımın; sıkıştırma sıcaklıkları katkı üreticisinin önerilerine göre ayarlanmalıdır.
- TMA tabaka kalınlıkları, sıkışma yüzdeleri ve sıkışmış tabakaların hava boşlukları Tablo 3.6.'da verilmektedir.

Tablo 3.6. TMA tabaka kalınlıkları, sıkışma yüzdeleri ve sıkışmış tabakaların hava boşlukları [8]

Tabaka Adı	Kalınlık	Sıkışma	Boşluk
Aşınma (Tip-1)	35-50 mm	min.%98 maks.%100	%5
Aşınma (Tip-2)	25-40 mm	min.%98 maks.%100	%5
Binder	60-100 mm	min.%98 maks.%100	%5,5

Klasik, yoğun granülometrilik karışımlar, 5 cm'lik sıkıştırılmış kalınlığı elde edebilmek için 6,35 cm kalınlığında serilirler ve kalınlığın 2,5 cm'si başına 0,64 cm sıkıştırılırlar. Buna başparmak kuralı denir. Diğer yandan TMA karışımlar, yoğun granülometrilik karışımların yarısı kadar sıkıştırılır. TMA karışımları, açık granülometrilik karışımlar gibi davranır ve kalınlığın 2,5 cm'si başına 0,32 cm sıkıştırılırlar [22].

TMA karışımların sıkıştırma enerjisi ile karışım sıcaklığı arasındaki ilişkisi Şekil 3.7.'de grafik halinde gösterilmektedir [19].



Şekil 3.7. TMA karışımların sıkıştırma enerjisi-karışım sıcaklığı arasındaki ilişki [19]

### 3.13. TMA Karışımlarda Kalite Kontrolü

KTŞ'ye göre [8], TMA'nın uygulanması sırasında kullanılan malzemeleri ve imalatı kontrol etmek amacıyla belirli aralıklarla yapılması gereken kalite kontrol deneyleri bulunmaktadır. Bu deneyler ve sıklıkları Tablo 3.7.'de verilmektedir.

Tablo 3.7. TMA kalite kontrol deneyleri [8]

Amacı	Deney Adı	Deney Sıklığı
Dizayn için agrega üretilmesi	Elek Analizi (Yaş metot)	Kaba ve orta agrega için 200 m <sup>3</sup> ince agrega için 100 m <sup>3</sup> 'de bir.
Konkasörde agrega üretiminin kontrolü	Elek Analizi (Yaş metot)	min. 400 m <sup>3</sup> 'de bir
Sıcak silo granülometri kontrolü	Elek Analizi (Yaş metot)	min. günde bir kez
Karışımın fiziksel özelliklerinin kontrolü	Bitüm yüzdesi, briket birim hacim ağırlığı, akma ve V <sub>b</sub> , V <sub>f</sub> , VMA hesapları	min. günde iki kez
Segregasyon olup olmadığının tespiti	Bitüm %'si ve granülometri	min. günde iki kez
Tabakanın sıkışma ve kalınlık kontrolü	Karot birim hacim ağırlığı tayini	min. her 250 ton'dan bir çift

### 3.14. TMA Karışımlara Uygulanan Deneyler

#### 3.14.1. Bitüm süzülme deneyi

Bu deney, bitümlü sıcak karışım içindeki bitümlü bağlayıcının ne kadarının karışım içinden süzülerek dışarı çıktığını belirlemek amacıyla yapılır. Almanyalı uzman Schellenberger tarafından geliştirilmiş bir deney yöntemidir [7].

Deneyin yapılışı;  $135^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 'de hazırlanan 1000 gr TMA karışımı 1000 ml'lik cam behere konularak 0,1 gr hassasiyetinde tartılır. Beher, üzeri kapatıldıktan sonra 1 saat + 1dk süre ile  $170^{\circ}\text{C}$  sıcaklıktaki etüvde bekletilir. Bu sürenin sonunda etüvden çıkartılır ve karışım beheri sarsmadan boşaltılır, boşaltılan kısım 0,1 gr hassasiyette tartılır ve ağırlık kaybı yüzde olarak hesaplanır. KTŞ'ye göre bitümün süzülmesi maksimum % 0,3 olmalıdır [8].

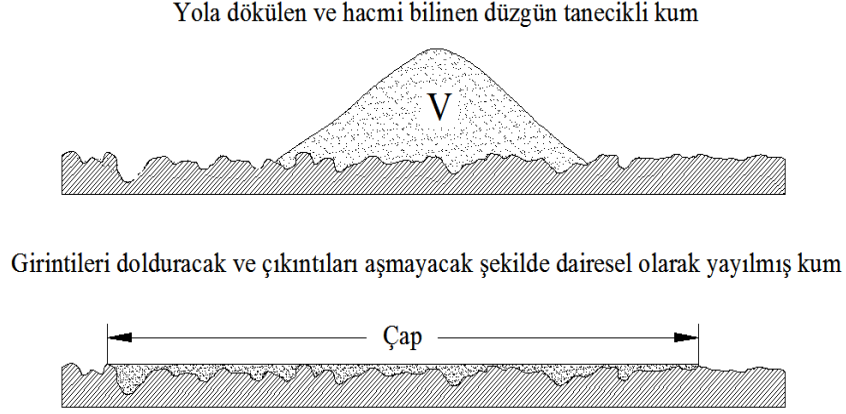
#### 3.14.2. Kum yama deneyi

İngiltere'de geliştirilen bu deneyin amacı, yol kaplaması yüzey doku derinliğini belirlemektir. Boyutları standartlaştırılmış ve hacmi bilinen bir miktar kum (British Standard 598'e göre 50 ml) kaplamanın girintilerini dolduracak, çıkıntılarını aşmayacak şekilde, bir kauçuk ayak yardımıyla, yüzey üzerine dairesel olarak yayılır. Dairenin ortalama çapı ( $D_0$ ) ölçülür. Kumun hacminin ( $V$ ) dairenin alanına oranına "Kum yüksekliği (HS)" denir. Elde edilen değerler 0,5-5,0 mm arasında değişmektedir. Kum yama yöntemi çoğunlukla kullanılmakla birlikte, bu yöntem ile ilgili bazı sınırlamalar ve ulusal farklılıklar mevcuttur. Bunlar, yöntemin ıslak koşullar altında kullanımının zor olması, zayıf üretilebilirlik, kullanılan kum dane dağılımı, kumun yayılma şekli vb. şeklinde sıralanabilmektedir. Deney prensibi ve uygulaması Şekil 3.8.'de gösterilmektedir.

Kum yama yöntemi, oldukça basit olmasına karşın yüzey doku derinliğinin az olduğu yollarda doğru sonuçlar vermediği bilinmektedir. Bu deneyden elde edilen veri yüzeyin "ortalama doku derinliği-mean texture depth (MTD)" değeridir.

Kaplama yüzeyinin ortalama doku derinliği Denklem 3.1 kullanılarak hesap edilir [23].

$$MTD = [ 40 \times V ] / [ \pi \times (D_o)^2 ] \quad (3.1)$$



Şekil 3.8. Kum yama deneyi [23]

KTŞ'ye [8] göre sıkıştırmadan sonra, Kum Yama Yöntemi (Sand Patch Method) ile ölçülen yüzey doku derinliği;

- TMA Tip-1 > 1,0 mm
- TMA Tip-2 > 0,8 mm olacaktır.

### 3.14.3. Tekerlek izinde oturma (TİO) deneyi

Bitümlü sıcak karışımların tekerlek izi oluşumları şeklindeki kalıcı deformasyonlara karşı performansını ölçmek için yapılan deneydir. Bu deney için farklı özelliklerde deney cihazları geliştirilmiş olup bunlardan bazıları;

- Fransız tekerlek izi cihazı (LCPC),
- Hamburg tekerlek izi cihazı,
- Georgia (yeni modeli APA-Asphalt Pavement Analyzer) tekerlek izi cihazı,
- İngiliz tekerlek izi cihazı, olup bu cihazların özellikleri Tablo 3.8.'de verilmektedir.



Bu cihazlarla numune test edilirken, numune üzerine sabit sıcaklıkta sabit bir yük uygulanır. Trafik, sıcaklık ve çevre koşullarındaki iklimsel ve mevsimsel değişiklikler dikkate alınmaz. Bu veriler esnek üstyapıların analitik yöntemle yapılan tasarımlarında kullanılmaz. Ayrıca bu veriler AASHTO tasarım yöntemi kullanılarak tasarımları yapılan, esnek üstyapılara ait tabakaların esneklik modüllerinin ve tabaka katsayılarının belirlenmesinde kullanılmaz. Bu verilerin kullanılmamasının nedeni, numune içerisindeki gerilme durumu ile değerlerinin karmaşık olması ve bilinmemesinden kaynaklanmaktadır [24].

### 3.14.3.1. Fransız tekerlek izi cihazı (LCPC)

Bu cihazla, sabit bir sıcaklıkta, hareketli lastik tekerleğin numuneler üzerinde oluşturduğu tekerlek izi oluşumu şeklindeki kalıcı deformasyonlar belirlenir. Fransız tekerlek izi cihazı üzerinde iki tane hareketli tekerlek vardır. Aynı anda iki farklı numune deneye tabi tutulabilir. Laboratuvar ortamında hazırlanan karışımlar tabaka sıkıştırıcısı kullanılarak sıkıştırılır ve deneye hazır numuneler elde edilir. Tabaka sıkıştırıcısında kullanılan tekerlek ile deney cihazında kullanılan tekerlekler aynı özelliklere sahiptir. Fransız tekerlek izi cihazı Şekil 3.9.'da, tabaka sıkıştırıcısı Şekil 3.10.'da gösterilmektedir.



Şekil 3.9. Fransız tekerlek izi cihazı (LCPC) [24]



Şekil 3.10. LCPC tabaka sıkıştırıcısı [24]

Tablo 3.8. Kullanımı yaygın olan tekerlek izi cihazları ve özellikleri [24]

	LCPC Fransız Tekerlek İzi	Hamburg Tekerlek İzi	APA Tekerlek İzi	İngiliz Tekerlek İzi	
Yükleme Durumu	Uygulanan Yük	5.000 ± 50 N (1124 lb) (510 kg)	685 N (154 lb) (70 kg)	445 – 1.112 N (100–250 lb) (45-113kg)	1.000 N (225 lb) (102 kg)
	Tek. İç Basıncı Değme Basıncı	0,60 ± 0,03 MPa (87 PSI)	Ort. Değme Basıncı: 0,73 MPa (106 PSI)	Silindir Basıncı: 0,691,38MPa (100- 200PSI)	80 IRHD (Lastik Sertlik Derecesi)
	Tek.Ortalama Geçiş Hızı	7 km/sa (67 devir/dakika - 380 mm)	1,1 km/sa (53 devir/dakika – 230 mm)	2,2 km/sa	10-30 devir/dakika – 230 mm
Tekerlek Tipi	Basıncılı Lastik Tekerlek	Çelik Tekerlek	Basıncılı Silindir Üzerinde Konkav Çelik Tekerlek	Lastik Bandaşlı Çelik Tekerlek	
Tekerlek Boyutları	Çap: 415 mm Genişlik: 110 mm	Çap: 204 mm Genişlik: 47 mm	Basıncılı Silindirin Çapı: 25 – 38 mm	Çap: 203 mm Genişlik: 50 mm	
Numune Tipi	Prizmatik (Plak)	Prizmatik (Plak) Silindirik	Prizmatik (Plak) Silindirik	Prizmatik (Plak) Silindirik	
Numune Boyutları	500x180x20 ~ 100 mm	320x260x40 ~ 120 mm Sil. Çap: 250 mm	300x125x75 mm Sil. Çap: 115-150 mm	305x305x50 ~ 80 mm Sil. Çap: 200 mm	
Sıcaklık Sınırları	30 – 70°C	25 – 70°C	4 – 72°C	20 – 70°C	
Deney Ortamı	Kuru	Kuru ve Suda	Kuru ve Suda	Kuru	
Kontrol ve Veri Toplama	Otomatik Kontrol Veri Toplama: Elle Ölçüm	Bilgisayar Kontrollü Veri Toplama: Otomatik	Bilgisayar Kontrollü Veri Toplama: Otomatik	Bilgisayar Kontrollü Veri Toplama: Otomatik	
Numune Hazırlama veya Sıkıştırma	Numune hazırlayıcı var Sıkıştırma: Lastik tekerlekle	Numune hazırlayıcı var Sıkıştırma: Yoğ. sıkıştırıcı	Numune hazırlayıcı var Yoğ., Marshall, Titr. sıkıştırıcı	30 kg'lık silindire laboratuvarında sıkıştırma	
Aynı Anda Test Edilebilen Numune Sayısı	2 Prizmatik (Plak)	2 Prizmatik (Plak) veya 2 Silindirik	3 Prizmatik (Plak) veya 6 Silindirik	1 Prizmatik (Plak) veya 1 Silindirik	
Yapılan Deneyler	Tekerlek İzi	Tekerlek İzi	Tekerlek İzi, Yorulma, Nem Hassasiyeti	Tekerlek İzi	

Bu deney cihazıyla, laboratuvar ya da plent ortamında hazırlanan karışım numunelerine ve uygulaması yapılmış kaplama tabakasına ait numunelere de deney yapılabilir. Kaplama tabakasından kesilerek elde edilen numune boyutları ile deneyde kullanılan çelik kap boyutları arasında  $\pm 5$  mm civarında fark olmalıdır [24].

Fransız tekerlek izi cihazı (LCPC) kullanılarak TİO deneyinin yapılması [7, 24] ;

- Hazırlanan karışımdan iki adet numune hazırlanır.
- Hazırlanan bu numuneler 50 x 18 x 10 cm ebatlarındaki çelik kapların içerisine yerleştirilir.
- Karışım numuneleri tabaka sıkıştırıcısında 20-25 dakika süre ile sıkıştırılır. Bu sırada ısıtma işlemi uygulanmaz.
- Sıkıştırma süresince düşey kuvvetler, tekerlek iç basınçları ve tekerlek pozisyonları farklı olmalıdır.
- Karışımın sıkıştırılmasında, başlangıçta uygulanan düşey kuvvet ve tekerlek iç basıncı düşük olmalıdır. Burada amaç karışımın çelik kaptan dışarı yayılmasını önlemektir.
- Sıkıştırma işleminin en sonunda numune üzerine çelik bir plaka yerleştirilerek tekerleğin birkaç devir daha yapmasıyla numune yüzeyinin düzgün hale getirilmesi sağlanır.
- Sıkıştırılarak deneye hazır hale getirilen bu numuneler oda sıcaklığında 7 gün süre ile bekletilir.
- Deneye başlamadan önce hazırlanan numunelerin pratik birim hacim ağırlıkları ( $D_p$ ) hesaplanır.
- Hazırlanan bu numuneler tekerlek izi cihazına yerleştirilir.
- Numunelere uygulanan tekerlek yükleri eşit olmalıdır. Asimetrik basınçlar meydana gelmemelidir.
- Başlangıçta numuneye 15~25°C sıcaklıkta yaklaşık 15 dakika süreyle 1000 devir (soğuk devir) uygulanır. Burada amaç tabaka karışımının üzerinde daha düzgün bir yüzey elde etmek amacıyla sıkıştırılmasıdır.
- Bundan sonra her iki numune üzerinden 15 farklı standart noktadan hassas bir ölçüm cihazı ( 0,1 mm hassasiyetinde) ile tekerlek izi derinlikleri ölçülerek ortalama tekerlek izi oluşumu milimetre cinsinden tespit edilir. Buradaki asıl

amaç daha sonraki devirlerde yapılacak derinlik ölçümleri için referans yüzeyi belirlemektir.

- Daha sonra numuneler  $60\pm 2^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta 12 saat süreyle bekletilir.
- Sonra numuneler  $60^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta sırayla 1.000, 2.000, 2.000, 5.000, 20.000, 20.000 devir toplamda 50.000 devir yaptırılarak deney sonlandırılır.
- Her grup devir sonunda Şekil 3.11.'de gösterilen 15 farklı standart noktadan tekerlek izi derinlikleri ölçülerek ortalama tekerlek izi oluşumu milimetre cinsinden belirlenir.



Şekil 3.11. Tekerlek izi ölçümü ve ölçüm alınan standart 15 nokta [24]

#### 3.14.4. İndirekt çekme mukavemeti (İÇM) deneyi

İndirekt çekme mukavemeti (indirect tensile strength-ITS) deneyi sıkıştırılmış bitümlü karışımların sudan veya nemden kaynaklanan bozulmalara karşı direncini tespit etmek amacıyla yapılır.

Bu deneyle laboratuvar ortamında ve plent tesisinde hazırlanan karışım numuneler test edilebileceği gibi, uygulaması yapılmış üstyapı kaplama tabakalarından alınan karot numuneler de test edilebilir. Deney “AASHTO T 283” standardına göre yapılmaktadır. Bu deney yapımında genellikle 4 inç kalınlığında numuneler kullanılmakla birlikte karışımdaki maksimum dane çapına göre 2,5 inç ve 6 inç kalınlığındaki numuneler de kullanılabilir.

Yükleme şeritlerinin; bir yüzeyi konkav diğer yüzeyi düz, genişlikleri 4 ve 6 inç kalınlığındaki numuneler için sırasıyla 13/19 cm, uzunluğu numune kalınlığından

fazla, konkav yüzeyinin eğrilik yarıçapı numunenin yarıçapına eşit, kenarları yuvarlatılmış olmalıdır [7, 25].

İndirekt çekme mukavemeti (İÇM) deneyinin yapılması;

- Marshall Karışım Dizaynına göre 6 adet briket numunesi hazırlanır.
- Kalıptan çıkarılan numuneler 3-4 gün arası süreyle oda sıcaklığında bekletilirler.
- Deney numunelerinin pratik birim hacim ağırlıkları ( $D_p$ ), yükseklikleri ve hava boşlukları hesaplanır.
- Her bir grubun ortalama hava boşluğu yaklaşık eşit olacak şekilde üçerli iki gruba (koşulsuz/koşullu) ayrılırlar.

Koşulsuz gruba ayrılmış numuneler için deneye devam edilmesi;

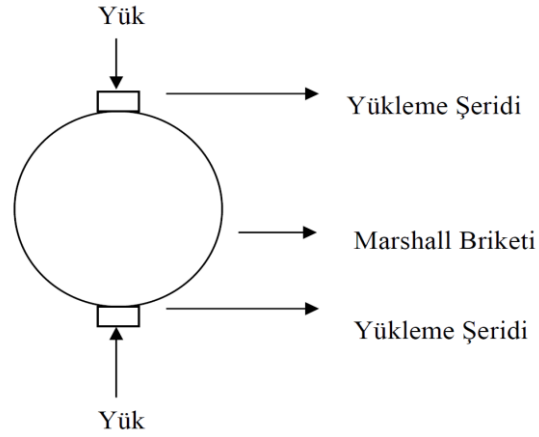
- Bu gruptaki numuneler deneye tabi tutuluncaya kadar oda sıcaklığında sızdırmaz plastik torbalarda saklanmalıdır.
- Daha sonra bu numuneler 2 saat süreyle 25°C sıcaklıktaki su içerisinde bekletilirler.
- Sonrasında koşulsuz numuneler sırasıyla deney cihazına yerleştirilirler.
- Briket numunelerine yük, numunelerin çapı boyunca uygulanır (Şekil 3.12. ve Şekil 3.13.).
- Her bir numuneye uygulanacak yük, deney cihazının başlığının dakikada 2 inç (51 mm) olacak şekilde hareket etmesi ile meydana gelir.
- Maksimum yük değerine ulaşıldığında briket numunesi daha fazla yükü taşıyamaz ve çap boyunca çatlaklar meydana gelir.
- Deney cihazının göstergesinden okunan maksimum yük değeri kaydedilir ve Denklem 3.2 kullanılarak İÇM (İndirekt Çekme Mukavemeti) değerleri hesaplanır.



Şekil 3.12. İÇM deneyinde kullanılan yükleme ünitesi [7]

Koşullu gruba ayrılmış numuneler için deneye devam edilmesi;

- Bu gruptaki numuneler sırayla vakum kabının içine yerleştirilirler.
- Vakum kabı, numunenin yüzeyini en az 25 mm geçecek şekilde oda sıcaklığındaki damıtılmış su ile doldurulur.
- Daha sonra 20 inç-Hg civarında 5 dakika süre ile kısmi vakum uygulanır.
- Vakum kesilir ve briket numunesinin suya doymun hale gelmesi için 30 dakika su içerisinde kalması sağlanır.
- Briketlerin hava boşluklarının %55-80 arasında suya doymun olması sağlanır. Bu oran %55'ten küçükse daha fazla vakum ve daha fazla zaman uygulayarak işlemler tekrarlanır. Eğer bu oran %80'den fazla ise numune hasar görmüş olduğundan dışarı atılır. Bu durumda daha az vakum ve daha az zaman uygulayarak işlem tekrarlanır.
- Doymun hale gelen numuneler, içinde 10 ml su bulunan plastik torbaların içine yerleştirilir. Torbaların ağızları sıkıca kapatıldıktan sonra bu numuneler 16 saat süreyle  $-18\pm 3^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta derin dondurucuda bekletilirler.
- Numuneler derin dondurucudan çıkarılarak  $60\pm 1^{\circ}\text{C}$  sıcaklıktaki su banyosunda 24 saat süreyle bekletilirler.
- Daha sonra numuneler  $25\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  sıcaklıktaki su banyosunda 2 saat süreyle bekletilirler.
- Koşullu numuneler sırayla deney cihazına yerleştirilir ve deneye koşulsuz numunelerdeki gibi aynen devam edilir [7, 25].



Şekil 3.13. İÇM numuneleri, yük uygulanması ve yüklenme şeritleri [7]

İndirekt çekme mukavemeti Denklem 3.2 kullanılarak hesaplanır [7].

$$S_t = \frac{0,062659.P}{t} \quad (3.2)$$

Burada;

P : Maksimum yük, kg

t : Numune kalınlığı (yüksekliği), cm

$S_t$  : İndirekt çekme mukavemeti (indirect tensile strength), kg/cm<sup>2</sup> dir.

İndirekt çekme mukavemeti oranı (tensile strength ratio-TSR); bitümlü karışımların suyun ve nemin etkisine karşı direncinin sayısal indeksi olup koşullandırılmış numunelerin ortalama indirekt çekme mukavemetlerinin koşulsuz numunelerin ortalama indirekt çekme mukavemetlerine olarak ifade edilir. Bu oran Denklem 3.3 kullanılarak hesap edilir.

$$\text{İndirekt çekme mukavemeti oranı, \%} = \frac{S_2}{S_1} \quad (3.3)$$

Burada;

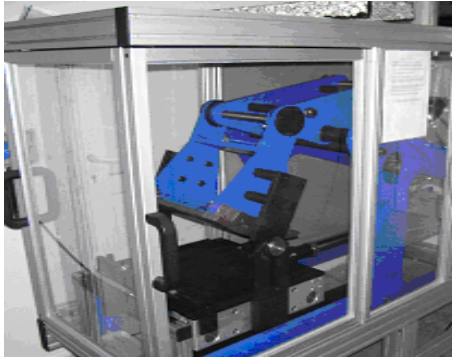
$S_1$  : Koşulsuz grubun ortalama indirekt çekme mukavemeti.

$S_2$  : Koşullandırılmış grubun ortalama indirekt çekme mukavemeti.

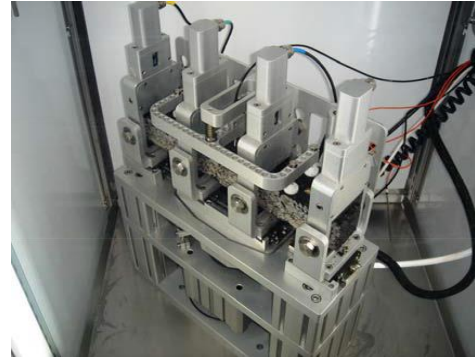
### 3.14.5. Yorulma direnci (YD) deneyi

Bu deney, sıkıştırılmış bitümlü sıcak karışımların tekrarlı yükler altında yorulmaya karşı direncini (fatigue) belirlemek amacıyla yapılır. Deney “TS EN 12697-24” standardına göre yapılmaktadır.

2 adet, 40 x 30,5 x 5 cm ebatlarında sıkıştırılmış 2 adet bitümlü sıcak karışım tabakasından 40 x 5 x 5 cm ebatlarında numuneler kesilerek yorulma direnci deneyine tabi tutulurlar. Önceden seçilerek sabitlenen birim deformasyon değerleri ile  $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$  ortam sıcaklığında yapılan deney sonucunda; uygulanan tekrarlı yük sayısı, numunenin rijitlik yüzdesindeki değişim ve harcanan toplam enerji gibi veriler elde edilir. Yorulma direnci deneyi için numune sıkıştırıcısı ve yorulma direnci deney cihazı Şekil 3.14.’te gösterilmektedir [7].



a) Deney numuneleri sıkıştırıcısı



b) Dört-nokta eğilmeli tekrarlı yük uygulayan yorulma deney cihazı

Şekil 3.14. Yorulma direnci deney cihazları [7]

Yorulma direnci (YD) deneyinin yapılması [7];

- Marshall Karışım Dizaynına uygun olarak hazırlanan karışımlar 40 x 30,5 x 5 cm ebatlarındaki çelik kapların içerisine konarak sıkıştırılır.

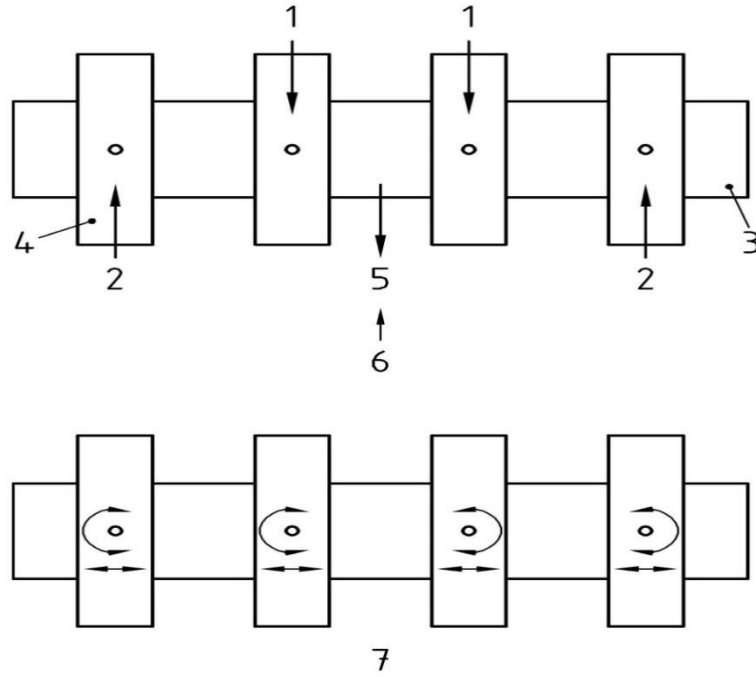


- İki adet sıkıştırılmış sıcak karışım numunesi hazırlanır.
- Sıkıştırılan sıcak karışım tabakası numuneleri oda sıcaklığında 1 gün süreyle bekletilir.
- Çelik kaptan çıkarılan sıcak karışım tabakaları 40 x 5 x 5 cm ebatlarında kesilerek deney numuneleri hazırlanır (Şekil 3.15.).



Şekil 3.15. Yorulma direnci (fatigue) deney numunesi [7]

- Deney numunelerinin pratik birim hacim ağırlıkları ( $D_p$ ) hesaplanır.
- Hazırlanan numuneler deney öncesinde 20°C sıcaklıkta 1 saat süreyle iklimlendirme kabininde tutulurlar.
- Numuneler sırayla yorulma direnci cihazına yerleştirilir ve numune tutucularla sabitlenirler.
- Deney cihazının çalışma prensibi Şekil 3.16.'da görüldüğü gibidir.
- Deney cihazı, numuneye saniyede 20 kez yük verecek şekilde ayarlanır.
- İstenilen sabit birim deformasyon değerlerinde deney başlatılır. Standartta 200, 300 ve 500 birim deformasyon değerleri tavsiye edilir.
- Numunenin başlangıç rijitlik değeri cihazın göstergesinde okunur ve kaydedilir.
- Numuneye belirli sayıda tekrarlı yük uygulanırken cihaz tarafından numunenin rijitlik değeri göstergede hesaplanır.



Şekil 3.16. Dört nokta eğilmeli tekrarlı yorulma deney aleti çalışma prensibi [7]

1. Uygulanan yük 2. Reaksiyon(tepki) 3. Numune 4. Numune tutucular 5. Defleksiyon  
6. Orijinal pozisyona dönüş isteği 7.Serbestçe dönebilen ve yük aktarabilen

- Deney iki şekilde sonlanır;

1. Durum: Uygulanan tekrarlı yük sayısına bağlı olarak numunenin başlangıç rijitlik değerinin (MPa olarak) %50'sini kaybettiği anda cihaz otomatik olarak yük uygulamasını keserek deneyi durdurur.
2. Durum: Numune başlangıçta sahip olduğu rijitlik değerinin % 50'sini 2 milyon tekrarlı yük sayısına kadar kaybetmez ve cihaz otomatik olarak durmaz, bu durumda deney standardında belirtildiği üzere 2 milyon tekrarlı yük sayısına ulaşıncaya kadar operatör tarafından deney sonlandırılır ve 2 milyon tekrarlı yük sayısındaki numunenin rijitliği ve başlangıç rijitliğine göre % değişimi deney sonucu olarak alınır.

## **BÖLÜM 4. TAŞ MASTİK ASFALT PROJE ÇALIŞMASI**

Bu bölümde; “Kuzey Marmara Otoyolu Projesi, Odayeri-Paşaköy Kesimi İşi” kapsamında, Odayeri Kavşağı-Garipçe (Km:62+000-87+000) arasında yapılan TMA aşınma tabakası karışım dizaynları ve performansları incelenmiştir.

Bu güzergâh kesiminde, Çiftalan ve Uskumruköy taş ocaklarından temin edilen ince-kaba agregalar ve Akdağlar taş ocağından temin edilen filler ile “katkısız bitüm”, “polimer modifiye bitüm” ve “granüler kauçuk modifiye bitüm” kullanılarak yapılan 6 farklı TMA aşınma tabakası karışım dizaynları yapılmıştır.

TMA karışımlarına ait malzeme (agrega, bitüm) deneyleri, Marshall Karışım Dizayn değerleri (hava boşluğu, agrega daneleri arası boşluk, optimum bitüm miktarı vb.), tekerlek izinde oturma (TİO) deneyi, indirekt çekme mukavemeti (İÇM) deneyi ve yorulma direnci (YD) deneyi sonuçları ile karşılaştırılmaktadır.

TMA aşınma tabakası karışım dizaynlarına ait malzeme deneyleri, Marshall Karışım Dizaynı için gerekli olan deneyler ve performans deneyleri KGM, 1.Bölge Müdürlüğü (İstanbul) laboratuvarları kullanılarak yapılmıştır. Bazı deneyler için de İsfalt A.Ş.’nin laboratuvarı kullanılmıştır.

### **4.1. Proje ve Üstyapı Tasarımı**

#### **4.1.1. Kuzey Marmara Otoyolu (KMO) Projesi**

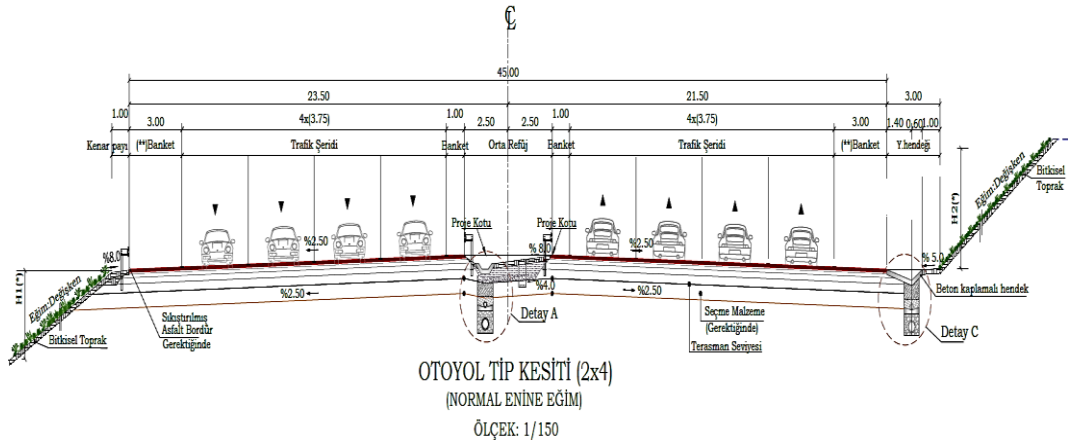
Kuzey Marmara Otoyolu (KMO) Projesi, Odayeri-Paşaköy Kesimi; 1973 yılında hizmete açılan (15 Temmuz Şehitler Köprüsü) ile 1988 yılında hizmete açılan Fatih Sultan Mehmet Köprüsünde, kapasitesinin üzerindeki taşıt trafiğini rahatlatmak ve İstanbul’un ulaşım sorununu giderebilmek için yap-işlet-devret (YİD) modeli ile

20.04.2012 günü ihale edilen ve Yavuz Sultan Selim Köprüsü'nü de kapsayan bir otoyolu projesidir. Bu proje, ülkemizin en büyük şehirlerini ve sanayi bölgelerini içerisinde barındıran Marmara Bölgesinin mevcut ulaşım ağları üzerindeki trafik yoğunluğunu rahatlatarak, Yavuz Sultan Selim Köprüsü ve bağlantı yolları ile entegre edilerek ekonomik, kültürel, turistik ve sosyal fayda sağlayacak bir altyapı yatırımdır.

Bu projeye; Edirne-Ankara Otoyolu, İstanbul-İzmir Otoyolu ve İstanbul-Çanakkale Otoyolu ile birleşerek komşu şehirlere ulaşım süresi azalacak, Marmara Bölgesinin kuzeyinde oluşacak ticari alanla ülke ekonomisine katkı sağlanacaktır. Mevcut ulaşım ağları ve özellikle İstanbul Boğazı geçişlerinde kapasitenin üzerinde olan trafik hacmi azalacak, dolayısıyla trafik yoğunluğunun neden olduğu artan yakıt tüketimi, çevre kirliliği gibi olumsuz etkiler en aza indirilecektir. Kuzey Marmara Otoyolu Projesine ait güzergâh Şekil 4.1.'de, anayol tip enkesiti Şekil 4.2.'de verilmektedir.

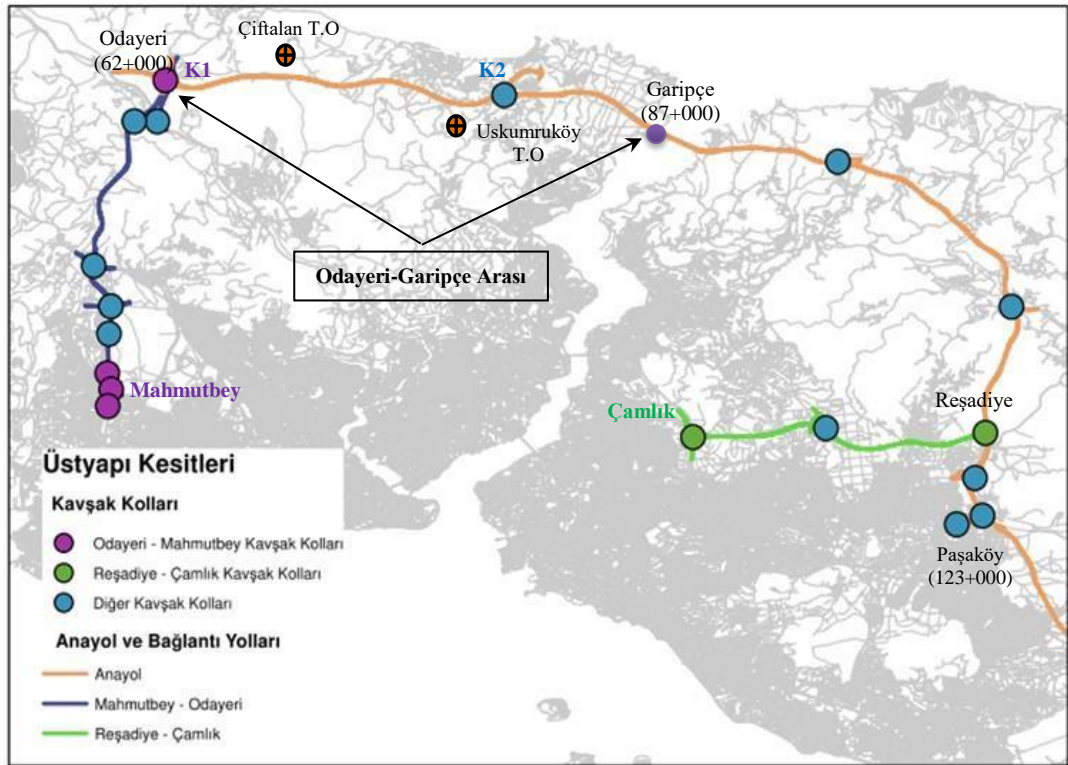


Şekil 4.1. Kuzey Marmara Otoyolu Projesi



Şekil 4.2. Anayol tip enkesiti

Bu tez kapsamında incelemesi yapılan yol kesimi Odayeri Kavşağı-Garıpçe (Km:62+000-87+000) arası olup anayol, bağlantı kolları, kavşaklar ve taş ocakları Şekil 4.3.'te gösterilmektedir.



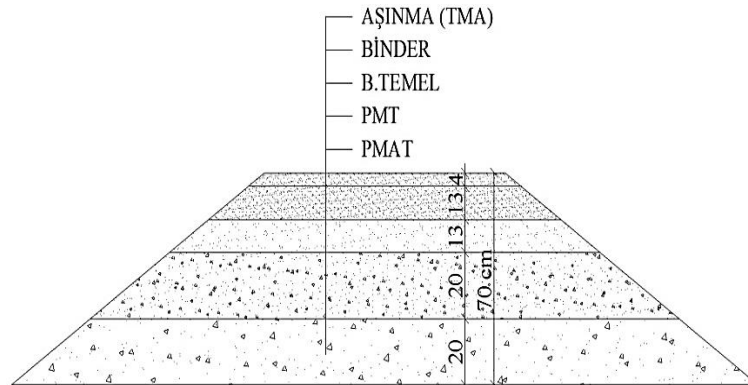
Şekil 4.3. İncelenen yol kesimi, Odayeri Kavşağı-Garıpçe arası (Km:62+000-87+000)

#### 4.1.2. Üstyapı tasarımı

“Kuzey Marmara Otoyolu Projesi, Odayeri-Paşaköy Kesimi” işine ait üstyapı tasarım raporu Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ulaştırma Anabilim Dalı tarafından hazırlanmıştır [26].

Bu raporla; incelemesi yapılan yol kesimine ait üstyapı tasarımına esas veriler (trafik tahmini, malzeme özellikleri, taban zemini, drenaj vb.) elde edilmiştir. Trafik tahmininde İstanbul Ulaşım Ana Planı verileri, yeni yapılacak Üçüncü Havalimanı kargo verileri ve Atatürk Havaalanı kargo verileri dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. İncelenen yol kesimine ait üstyapıya etki eden bu verilerle birlikte AASHTO-93 tasarım yöntemi ve KGM'nin hazırlamış olduğu Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi [2] kullanılarak, üstyapı tabaka kalınlıkları belirlenmiştir.

Proje kapsamında uygulanan üstyapı tabakaları ve kalınlıkları Şekil 4.4.'te verilmektedir.



Şekil 4.4. Proje kapsamında uygulanan üstyapı tabakaları ve kalınlıkları

## 4.2. Taş Mastik Asfalt Karışım Tasarımı

### 4.2.1. Tasarımda kullanılan malzemeler

TMA karışım dizaynı çalışmalarında kullanılan malzeme bileşenleri Tablo 4.1.'de verilmektedir. Agregaya ve bitüm ile ilgili deneyler EK 1'de sunulmaktadır.

Tablo 4.1. TMA karışım çalışmalarında kullanılan malzeme bileşenleri

Agrega		Bitüm	Katkı Maddeleri		
Kaba ve İnce Agregaya	Filler		Kraton D1992	tecRoad	Viatop
Çiftalan ve Uskumruköy taş ocakları	Akdağlar taş ocağı	B 50-70 (Tüpraş-İzmit)	Elastomerik Termoplastik Polimer	Granüler Kauçuk Modifiye Bitüm	Elyaf/Selülozik Fiber

#### 4.2.1.1. Agregaların özellikleri

Yol kaplamalarında kullanılan agregalar, performanstan sorumlu başlıca bileşendir. TMA aşınma tabakalarında, genel olarak %70-80 oranında kaba agregaya kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan taş ocaklarına ait bilgiler Tablo 4.2.'de verilmektedir.

Tablo 4.2. Agregaya temininde kullanılan taş ocakları

Taşocağı Adı	Mevkii	Cinsi	Üretim
Çiftalan	İncelemesi yapılan yol güzergâhı üzerinde Km: 68+000	Meta Kumtaşı <sup>(1)</sup>	İnce/Kaba Agregaya
Uskumruköy	İncelemesi yapılan yol güzergâhı üzerinde Km: 77+000	Bazalt+Andezit <sup>(2)</sup>	İnce/Kaba Agregaya
Akdağlar*	İstanbul/Sarıyer-Cendere	Kalker	Filler*

(1) : Yüksek sıcaklık ve basınç altında başkalaşmış kum taşı (2) : Magmatik

Kaba agregalara; Los Angeles aşınma kaybı, dayanıklılık, soyulma mukavemeti, cilalanma değeri, yassılık indeksi ve özgül ağırlık ve su absorpsiyon deneyleri yapılmıştır. Kaba agregaya uygulanan deney sonuçları Tablo 4.3.'te verilmektedir.

Tablo 4.3. Kaba agregalara uygulanan deney sonuçları

Özellik	Taş Ocakları		KTŞ Sınır Değerleri
	Çiftalan	Uskumruköy	
Parçalanma Direnci (Los Angeles), Kayıp (%)	13	15	Maks. % 25
MgSO <sub>4</sub> ile Dayanıklılık, Kayıp (%)	3	3	Maks. % 14
Yassılık İndeksi, (%)	12,24	12,24	Maks. % 25
Cilalanma Değeri, (%)	51,6	51,6	Min. % 50
Soyulma Mukavemeti, (%)	85-90	85-90	Min. % 60
Kil Topak. ve Ufalanabilir Daneler, (%)	-	-	Bulunmayacak
Zahiri Özgül Ağırlık, (gr/cm <sup>3</sup> )	2,767	2,809	
Hacim Özgül Ağırlık, (gr/cm <sup>3</sup> )	2,711	2,757	
Su Absorbsiyonu, (%)	0,75	0,66	Maks. % 2

İnce agregalara ise plastisite indisi (PI), özgül ağırlık ve su absorpsiyonu (Tablo 4.4.) fillere ise zahiri özgül ağırlık deneyleri yapılmıştır (Tablo 4.5.).

Tablo 4.4. İnce agregalara uygulanan deney sonuçları

Özellik	Taş Ocakları		KTŞ Sınır Değerleri
	Çiftalan	Uskumruköy	
Plastisite İndisi (PI), (%)	NP	NP	NP
Su Absorbsiyonu, (%)	0,94	0,78	Maks.%2
Organik Madde, (% 3 NaOH ile)	Negatif	Negatif	Negatif
Zahiri Özgül Ağırlık, (gr/cm <sup>3</sup> )	2,774	2,817	
Hacim Özgül Ağırlık, (gr/cm <sup>3</sup> )	2,703	2,756	

Tablo 4.5. Fillere uygulanan deney sonuçları

Özellik	Taş Ocakları	
	Çiftalan	Uskumruköy
Zahiri Özgül Ağırlık, (gr/cm <sup>3</sup> )	2,791	2,749

Çiftalan ve Uskumruköy taş ocaklarına ait konkasör tesislerinden üretilen (3/4" — 1/2") , (1/2" — No.4) , (No.4 — 0) dane boyutlu agregalar ile Akdağlar taş ocağına ait filler kullanılarak üretilen TMA aşınma tabakası (Tip-1) karışım dizaynları için agrega karışım oranları, granülometrileri Tablo 4.6. ve Tablo 4.7.'de verilmekte olup, agrega karışım granülometri eğrileri Şekil 4.5.'te gösterilmektedir.

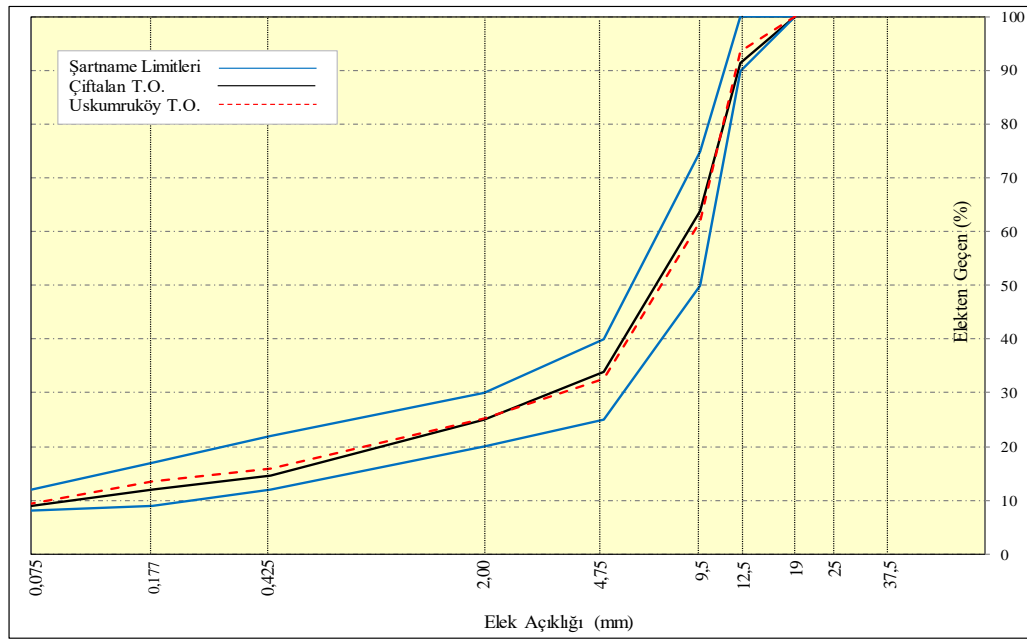


Tablo 4.6. Agrega karışım oranları

Elek Aralığı		Karışım Oranları %	
		Çiftalan	Uskumruköy
19-12,5 mm	(3/4 "-1/2 ")	12	11
12,5-4,75 mm	(1/2 "-No.4)	55	58
4,75-0 mm	(No.4-0)	28	23
0,075-0 mm	(No.200-0)/ Filler	5	8

Tablo 4.7. Agrega karışım granülometreleri

Elek Açıklığı		% Geçen			
		Çiftalan	Uskumruköy	KTŞ TMA Aşınma (Tip-1) Şartname	
inç.	mm	Karışım		Min.	Maks.
3/4 "	19	100,0	100,0	100	100
1/2 "	12,5	91,5	93,5	90	100
3/8 "	9,5	63,9	62,0	50	75
No.4	4,75	33,8	32,6	25	40
No.10	2	24,9	25,3	20	30
No.40	0,425	14,6	16,0	12	22
No.80	0,177	11,9	13,4	9	17
No.200	0,075	9,0	9,4	8	12
Kaba Agrega Oranı		66,2	67,4		
İnce Agrega Oranı		24,8	23,2		
Toplam Filler		9	9,4		
Toplam Karışım		100	100		



Şekil 4.5. Agrega karışım granülometreleri ve şartname değerleri grafiği

#### 4.2.1.2. Bitümlü bağlayıcı özellikleri

Bu çalışmada bağlayıcı olarak İzmit-Tüpraş rafinerisinden temin edilen 50/70 penetrasyonlu bitüm kullanılmıştır. Katkısız normal bitüme uygulanan standart asfalt deneyleri sonucu elde edilen değerler Tablo 4.8.'de verilmektedir.

Tablo 4.8. Bitüm deney sonuçları

	Çiftalan	Uskumruköy	KTŞ Şartname Limitleri
Özgül Ağırlık, (gr/cm <sup>3</sup> )	1,034	1,027	
Penetrasyon, 25°C, 100 gr, 5 sn, (1/10 mm)	58,7	58,7	50-70
Yumuşama Noktası, (°C)	48,4	48,4	46-54

#### 4.2.1.3. Katkı maddeleri ve özellikleri

Kullanılan katkı maddeleri, özellikleri ve karışıma veya bitüme ilave edilen miktarlar Tablo 4.9.'da verilmektedir.

Tablo 4.9. Katkı maddeleri ve özellikleri

Katkı Maddesi	Özellikleri	İlave Şekli ve Katkı Oranı
Kraton D1192	[Elastomerik termoplastik polimer] [SBS / Styrene-Butadiene-Styrene]	- Polimer modifiye bitüm üretim tesisinde B 50/70 bitüme, bitüm ağırlığının %4,5'i oranında ilave edilerek bitüm modifiye edilmiştir (PMB 76-16).
tecRoad	[Granüler kauçuk modifiye bitüm]	- Asfalt plantinde direkt olarak karışıma B 50/70 bitüm ağırlığının %15'i kadar ilave edilmiştir. - Katılan katkı (tecRoad) miktarı kadar optimum bitüm miktarından düşülmüştür.
Viatop	[Elyaf/Selülozik]	- Silodan direkt olarak karıştırıcıya karışım ağırlığının %0,35'i kadar ilave edilmiştir. - Granüler kauçuk modifiye bitümlü TMA karışımlarında kullanılmamıştır.

#### 4.2.1.3.1. Kraton D1192

Kraton D1192, SBS (styrene-butadiene-styrene) blok kopolimeridir. Burada bitüm ile en iyi bağı kurabilen SBS kopolimeri seçilmiştir. SBS bitüme önceden katılarak, karıştırma işlemi yüksek sıcaklıklarda ve özel modifiye bitüm üretim tesislerinde gerçekleştirilir. Bu ürünün ülkemizdeki kullanımı; bitüme, bitüm ağırlığının %4-5'i arasında katılarak imal edilmesi şeklindedir. Kraton D1192 katkı maddesi Şekil 4.6.'da gösterilmekte olup ürüne ait teknik özellikler Tablo 4.10.'da verilmektedir [27].



Şekil 4.6. Kraton D1192 katkı maddesinin görünüşü [27]

Tablo 4.10. Kraton D1192 teknik özellikleri [27]

Özgül Ağırlık, gr/cm <sup>3</sup>	0,94
Kütle Ağırlık, ton/m <sup>3</sup>	0,40
Çekme Gerilmesi, MPa	33
Kopma Uzaması, %	1000
Sertlik, Shore A (15 sec)	70
Erime Akış Hızı, g/10 min.	< 1

Polimer modifiye bitüm üretilmesi çalışmalarında bitüme, bitüm ağırlığının %4,5 ve %5'i oranlarında Kraton D1192 katılarak elde edilen modifiye bitüm numuneleri üzerinde yapılan deneyler EK 3'te sunulmaktadır. Elde edilen deney sonuçlarına (Tablo 4.11.) göre %4,5 katkı oranı ile üretilen polimer modifiye bitüm numunesi PMB 76-16 kriterlerini sağlamaktadır.

Tablo 4.11. PMB'nin fiziksel özellikleri (Kraton D1192 katkılı)

Deney Adı	Birim	Katkı Oranı	KTŞ
		% 4.5	Sınır Değerleri [PMB 76-16]
Penetrasyon (25°C, 100g, 5sn)	0,1 mm	45	25-55
Yumuşama Noktası	°C	72,8	Min. 65
Kuvvetli Ölçümlü Düktilite (25°C'de, 5cm/dk)	J	-	Min. 0,5
Elastik Geri Dönme (25°C)	%	97,5	Min. 60
Parlama Noktası	°C	329	Min. 220
Özgül Ağırlık	gr/cm <sup>3</sup>	1,027	1,0-1,1
Dinamik Kesme Reometresi (DSR) G*/Sinδ > 1kPa)	Yenilme Sıcaklığı °C	78,3	Min. 76

#### 4.2.1.3.2. tecRoad

tecRoad katkı maddesi kullanılarak bitüm modifiye edilebileceği gibi asfalt plentinde direkt karışıma ilave edilerek karışımın modifiye edilmesi sağlanabilir. Granüler malzemeler içinde kauçuk, bitüm ve know how malzeme barındırırlar. tecRoad katkı maddesi Şekil 4.7.'de gösterilmekte olup ürüne ait teknik özellikler Tablo 4.12.'de verilmektedir [28].



Şekil 4.7. tecRoad katkı maddesinin görünüşü [28]

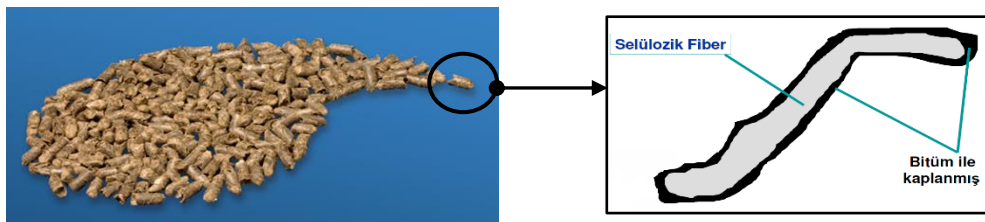
Tablo 4.12. tecRoad teknik özellikleri [28]

Bitüm Oranı, %	40-44
Kauçuk Oranı, %	38-42
Know How Malzeme Oranı, %	13-17
İşlem Sıcaklığı, °C (Asfalt Plenti Mikserinde)	140-200
Özgül Ağırlık, gr/cm <sup>3</sup>	1,00-1,04
Dane Büyüklüğü, mm	0,0-20,00

tecRoad bitümü modifiye eden bir katkı olarak kullanılmadığı için kauçuk modifiye bitüm özellikleri için deneyler yapılmamıştır.

#### 4.2.1.3.3. Viatop

Elyaflar yüksek bitümlü bağlayıcı içeriğinde drenaj önleyici katkı maddesi olarak kullanılırlar. Bitümün karışım içerisinde süzülmesini önlerler. Viatop selülozik elyaf 3 boyutlu biber ağna sahip olduğundan karışım içinde bulunan mastik harcın akışkanlığı (yüksek viskozite) azalır. Buradaki fiberler bitümle kaplıdır. Viatop selülozik elyaf katkı maddesi Şekil 4.8.'de gösterilmektedir [29].



Şekil 4.8. Viatop katkı maddesinin görünüşü [29]

KTŞ'ye [8] göre; elyaf stabilizör, selüloz veya mineral elyaf olmalıdır. TMA karışımında elyaf, karışım ağırlığının %0,3–1,0 arasında belirlenmelidir. Selülozik elyaf özellikleri Tablo 4.13.'te verilen özelliklere uygun olmalıdır.

Tablo 4.13. Selülozik elyaf özellikleri [8]

Kül Muhtevası	% 18 ± % 5
PH	7,5 ± % 1
Yağ Absorbsiyonu	Elyaf Ağırlığının 5 ± 1 katı
Nem Absorbsiyonu	Ağırlıkça % 5

Granüler kauçuk modifiye bitüm kullanılarak elde edilen TMA karışımlara selülozik elyaf ilave edilmemiştir. Çünkü bu karışımların bitüm süzülmesi KTŞ sınır değerleri (maksimum %0,30) içerisinde kalmaktadır.

### 4.3. Taş Mastik Asfalt Karışımları

Çiftalan, Uskumruköy taş ocaklarından temin edilen ince-kaba agregalar ve Akdağlar taş ocağından temin edilen filler ile katkısız bitüm, polimer modifiye bitüm ve granüler kauçuk modifiye bitüm kullanılarak yapılan 6 farklı TMA aşınma tabakası (Tip-1) karışım dizaynları EK 1’de sunulmaktadır. TMA aşınma tabakası karışım dizaynları Tablo 4.14.’te verilmektedir.

Tablo 4.14. TMA aşınma tabakası (Tip-1) karışım dizaynları

Katkı Cinsi	Adı [Agrega+Bağlayıcı]	Wa (%)	Katkı Maddeleri	
		Optimum Bitüm	Oran	Oran
1	Katkısız	[ÇTO+NB]	–	–
2	Kraton D1192	[ÇTO+PMB]	6,40	B x %4,5
3	tecRoad	[ÇTO+KMB]	–	B x %15
4	Katkısız	[UTO+NB]	–	–
5	Kraton D1192	[UTO+PMB]	6,15	B x %4,5
6	tecRoad	[UTO+KMB]	–	B x %15

[ÇTO] : [Çiftalan (ince ve kaba agregası) + Akdağlar (filler)] taş ocağı

[UTO] : [Uskumruköy (ince ve kaba agregası) + Akdağlar (filler)] taş ocağı

NB : Normal, katkısız, geleneksel bitüm (B 50/70)

PMB : Polimer modifiye bitüm (Kraton D1192 katkılı)

KMB : Kauçuk modifiye bitüm (TMA karışımına direkt ilave edilen, tecRoad)

% W<sub>a</sub> : Optimum bitüm (toplam agregası karışımına ilave edilen bağlayıcı)

B : Bitüm (asfalt çimentosu)

#### 4.3.1. [ÇTO+NB] karışım dizaynı

Marshall Karışım Dizaynı yöntemine göre optimum bitüm %6,40 olarak bulunmuştur. ÇTO ve katkısız bitüm kullanılarak üretilen TMA aşınma tabakası karışımı ile ilgili sonuçlar Tablo 4.15.'te verilmektedir.

Tablo 4.15. [ÇTO+NB], TMA aşınma tabakası karışım dizaynı

Özellikler	Dizayn	KTŞ Kısım 408 Şartname Limitleri
Optimum Normal Bitüm, % [Ağırlıkça]	6,40	Min 5,8
Elyaf Miktarı, % [Ağırlıkça]	0,35	(0,3 - 1,0)
Schellenberger Bitüm Süzülme Deneyi, % [Ağırlıkça]	0,205	Maks.0,30
Boşluk, % (Hava Boşlukları)	3,20	2 - 4
VMA, % (Agrega Daneleri Arası Boşluk)	16,20	Min.16
Pratik Birim Hacim Ağırlık, $D_p$ (gr/cm <sup>3</sup> )	2,422	

#### 4.3.2. [ÇTO+PMB] karışım dizaynı

ÇTO ve polimer modifiye bitüm kullanılarak üretilen TMA aşınma tabakası karışımı ile ilgili sonuçlar Tablo 4.16.'da verilmektedir.

Tablo 4.16. [ÇTO+PMB], TMA aşınma tabakası karışım dizaynı

Özellikler	Dizayn	KTŞ Kısım 408 Şartname Limitleri
Optimum Modifiye Bitüm, % [Ağırlıkça]	6,40	Min 5,8
Elyaf Miktarı, % [Ağırlıkça]	0,35	(0,3 - 1,0)
Schellenberger Bitüm Süzülme Deneyi, % [Ağırlıkça]	0,205	Maks.0,30
Boşluk, % (Hava Boşlukları)	3,20	2 - 4
VMA, % (Agrega Daneleri Arası Boşluk)	16,20	Min.16
Pratik Birim Hacim Ağırlık, $D_p$ (gr/cm <sup>3</sup> )	2,422	



### 4.3.3. [ÇTO+KMB] karışım dizaynı

ÇTO ve granüler kauçuk modifiye bitüm kullanılarak üretilen TMA aşınma tabakası karışımı ile ilgili sonuçlar Tablo 4.17.'de verilmektedir.

Tablo 4.17. [ÇTO+KMB], TMA aşınma tabakası karışım dizaynı

Özellikler	Dizayn	KTŞ Kısım 408 Şartname Limitleri
A-Optimum Bitüm, % [Ağırlıkça]	6,40	Min 5,8
B-Karışıma Giren Katkı Miktarı, $B = A \times 0,15$	0,96	
C-Karışıma Eklenen Bitüm, $C = A - B$	5,44	
D-Katkıdan Gelen Bitüm, $D = B \times 0,43$	0,41	
E-Karışımdaki Reel Bitüm %, $E = C + D$	5,85	
Schellenberger Bitüm Süzülme Deneyi, % [Ağırlıkça]	-	Maks.0,30
Boşluk, % (Hava Boşlukları)	3,09	2 - 4
VMA, % (Agrega Daneleri Arası Boşluk)	16,09	Min.16
Pratik Birim Hacim Ağırlık, $D_p$ (gr/cm <sup>3</sup> )	2,425	

### 4.3.4. [UTO+NB] karışım dizaynı

Marshall Karışım Dizaynı yöntemine göre optimum bitüm %6,15 olarak bulunmuştur. UTO ve katkısız bitüm kullanılarak üretilen TMA aşınma tabakası karışımı ile ilgili sonuçlar Tablo 4.18.'de verilmektedir.

Tablo 4.18. [UTO+NB], TMA aşınma tabakası karışım dizaynı

Özellikler	Dizayn	KTŞ Kısım 408 Şartname Limitleri
Optimum Normal Bitüm, % [Ağırlıkça]	6,15	Min 5,8
Elyaf Miktarı, % [Ağırlıkça]	0,35	(0,3 - 1,0)
Schellenberger Bitüm Süzülme Deneyi, % [Ağırlıkça]	0,205	Maks.0,30
Boşluk, % (Hava Boşlukları)	3,27	2 - 4
VMA, % (Agrega Daneleri Arası Boşluk)	16,10	Min.16
Pratik Birim Hacim Ağırlık, $D_p$ (gr/cm <sup>3</sup> )	2,452	

#### 4.3.5. [UTO+PMB] karışım dizaynı

UTO ve polimer modifiye bitüm kullanılarak üretilen TMA aşınma tabakası karışımı ile ilgili sonuçlar Tablo 4.19.'da verilmektedir.

Tablo 4.19. [UTO+PMB], TMA aşınma tabakası karışım dizaynı

Özellikler	Dizayn	KTŞ Kısım 408 Şartname Limitleri
Optimum Modifiye Bitüm, % [Ağırlıkça]	6,15	Min 5,8
Elyaf Miktarı, % [Ağırlıkça]	0,35	(0,3 - 1,0)
Schellenberger Bitüm Süzülme Deneyi, % [Ağırlıkça]	0,205	Maks.0,30
Boşluk, % (Hava Boşlukları)	3,27	2 - 4
VMA, % (Agrega Daneleri Arası Boşluk)	16,10	Min.16
Pratik Birim Hacim Ağırlık, $D_p$ (gr/cm <sup>3</sup> )	2,452	

#### 4.3.6. [UTO+KMB] karışım dizaynı

UTO ve granüler kauçuk modifiye bitüm kullanılarak üretilen TMA aşınma tabakası karışımı ile ilgili sonuçlar Tablo 4.20.'de verilmektedir.

Tablo 4.20. [UTO+KMB], TMA aşınma tabakası karışım dizaynı

Özellikler	Dizayn	KTŞ Kısım 408 Şartname Limitleri
A-Optimum Bitüm, % [Ağırlıkça]	6,15	Min 5,8
B-Karışıma Giren Katkı Miktarı, $B = A \times 0,15$	0,92	
C-Karışıma Eklenen Bitüm, $C = A - B$	5,23	
D-Katkıdan Gelen Bitüm, $D = B \times 0,43$	0,40	
E-Karışımındaki Reel Bitüm, $E = C + D$	5,63	
Schellenberger Bitüm Süzülme Deneyi, % [Ağırlıkça]	0,190	Maks.0,30
Boşluk, % (Hava Boşlukları)	3,22	2 - 4
VMA, % (Agrega Daneleri Arası Boşluk)	16,03	Min.16
Pratik Birim Hacim Ağırlık, $D_p$ (gr/cm <sup>3</sup> )	2,453	

#### 4.4. TMA Karışımlara Uygulanan Performans Deneyleri

TMA aşınma tabakası karışım dizaynlarına uygulanan; tekerlek izinde oturma (TİO), indirekt çekme mukavemeti (İÇM) ve yorulma direnci (YD) deneylerine ait sonuçlar EK 2’de sunulmaktadır.

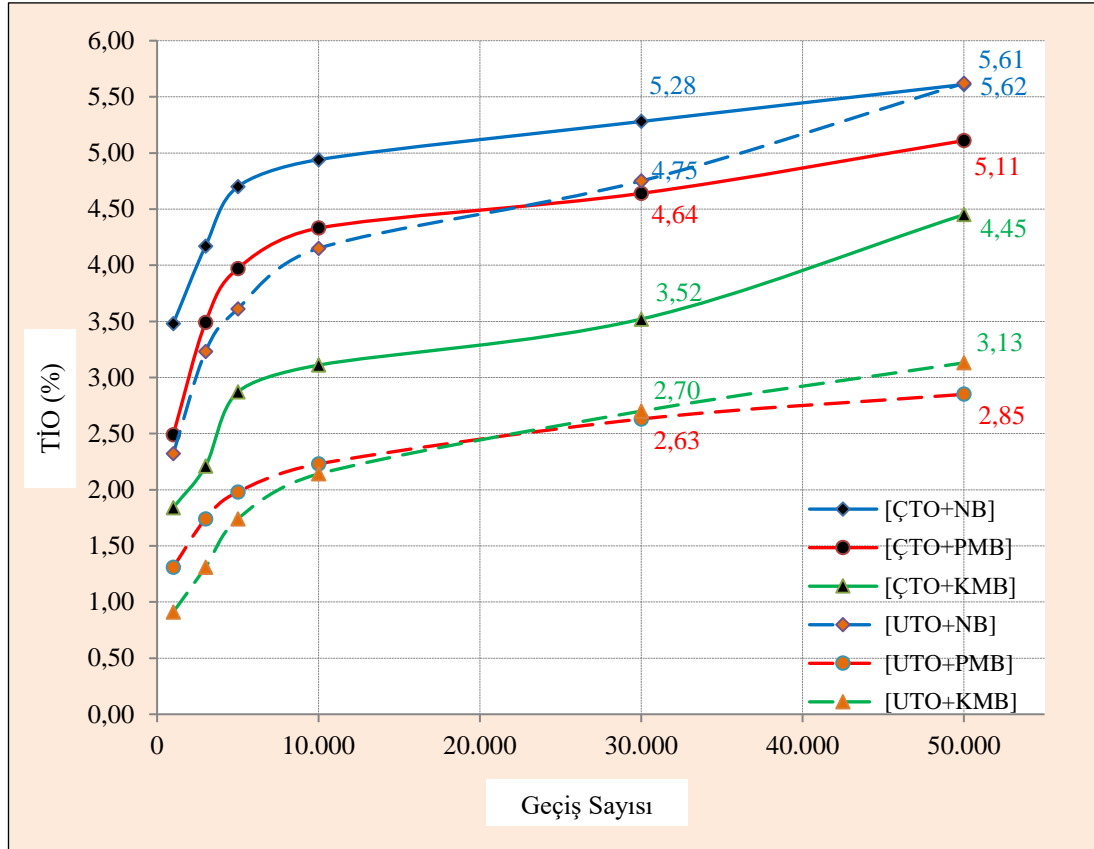
##### 4.4.1. Tekerlek izinde oturma (TİO) deneyi

Karışım dizaynları yapılan TMA aşınma tabakalarına ait tekerlek izinde oturma (TİO) deney sonuçları Tablo 4.21.’de verilmekte, Şekil 4.9.’da grafik üzerinde gösterilmektedir.

Tablo 4.21. TMA aşınma tabakası karışım dizaynlarına ait TİO değerleri (%)

Karışım Dizaynları	[ÇTO+NB]	[ÇTO+PMB]	[ÇTO+KMB]	[UTO+NB]	[UTO+PMB]	[UTO+KMB]
Geçiş/Devir Sayısı						
Tekerlek İzinde Oturma (%)						
1.000	3,48	2,49	1,84	2,32	1,31	0,91
3.000	4,17	3,49	2,21	3,23	1,74	1,31
5.000	4,70	3,97	2,87	3,61	1,98	1,74
10.000	4,94	4,33	3,11	4,15	2,23	2,14
<b>30.000</b>	<b>5,28</b>	<b>4,64</b>	<b>3,52</b>	<b>4,75</b>	<b>2,63</b>	<b>2,70</b>
50.000	5,61	5,11	4,45	5,62	2,85	3,13
KTŞ						
Kısım 408, Kısım 418 Şartname Değerleri*	6	6	5	6	6	5

\*(30.000 devirde, 60 °C’de) (%), Maks.)



Şekil 4.9. TMA aşınma tabakası karışım dizaynlarına ait TİO değerleri (%)

Tekerlek izinde oturma deneyi sonuçlarının karşılaştırılması Tablo 4.22.'de verilmektedir.

Tablo 4.22. TİO deneyi sonuçlarının karşılaştırılması

- Her iki taş ocağından elde edilen 6 farklı TMA aşınma tabakası karışım tipi de KTŞ'de verilen 30.000 devirde oluşacak maksimum % 6 (bu değer kauçuk asfalt karışımlar için maks. %5) değerinden küçüktür.
- Uygulamada yapılacak TMA karışımlarında tasarım değerlerine uyulduğu sürece (optimum bitüm %'si ve pratik birim hacim ağırlık ( $D_p$ ) değerleri) tekerlek izi oluşumunun küçük değerlerde kalacağı anlaşılmaktadır.
- Uskumruköy taş ocağı kullanılarak elde edilen TMA karışımların, Çiftalan taş ocağı kullanılarak elde edilen TMA karışımlarına oranla TİO oluşumlarına karşı daha iyi performans gösterdiği anlaşılmaktadır. Her iki taş ocağı kullanılarak hazırlanan karışımlarda, kaba agrega oranları birbirine çok yakın olmasına rağmen Uskumruköy taş ocağı kullanılarak elde edilen TMA karışımların TİO oluşumlarına karşı daha iyi performans göstermesinin nedeni taş ocağının "Bazalt ve Andezit" kökenli olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çiftalan taş ocağı "Meta Kumtaşı (yüksek sıcaklık ve basınç altında başkalaşmış kum taşı)" kökenlidir.
- Tüm karışımlar içerisinde TİO oluşumlarına karşı en iyi performansı Uskumruköy taş ocağı kullanılarak elde edilen polimer modifiye bitüm katkılı TMA karışımı [UTO+PMB] göstermiştir (%2,63).

#### 4.4.2. İndirekt çekme mukavemeti (İÇM) deneyi

TMA aşınma tabakası karışım dizaynlarına ait İÇM deney sonuçları ve KTŞ sınır değerleri Tablo 4.23. ve Tablo 4.24.'te verilmektedir.

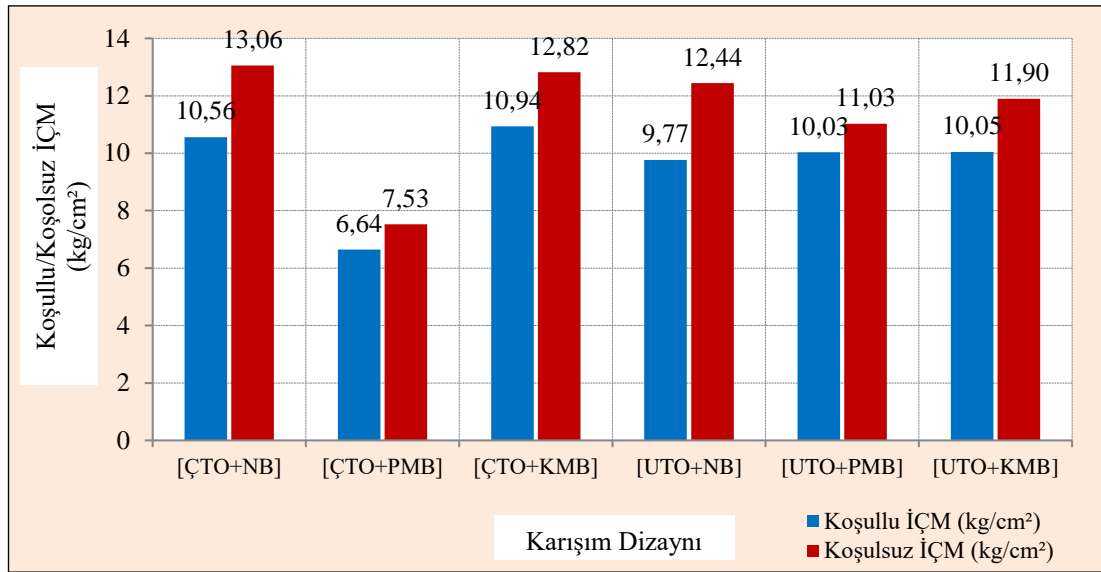
Tablo 4.23. TMA aşınma tabakası karışım dizaynlarına ait İÇM değerleri ve İÇM oranları (%)

Karışım Dizaynları	[ÇTO+NB]	[ÇTO+PMB]	[ÇTO+KMB]	[UTO+NB]	[UTO+PMB]	[UTO+KMB]
Koşullu İÇM (kg/cm <sup>2</sup> )	10,56	6,64	10,94	9,77	10,03	10,05
Koşulsuz İÇM (kg/cm <sup>2</sup> )	13,06	7,53	12,82	12,44	11,03	11,90
İÇM Oranları, %	80,90	88,20	85,30	78,50	90,90	84,50

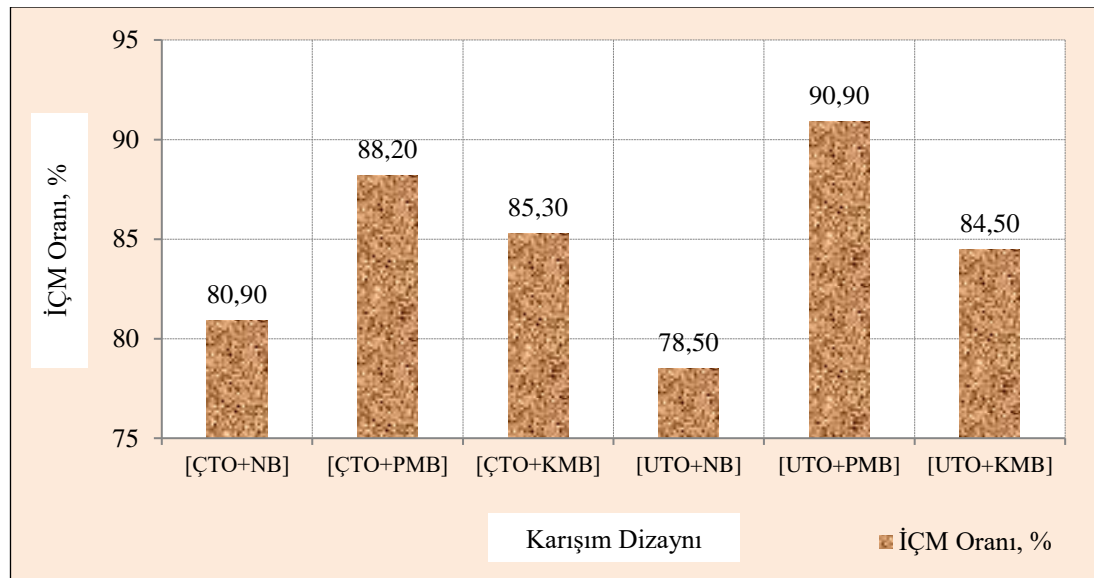
Tablo 4.24. İÇM ve İÇM oranlarına (%) ait KTŞ sınır değerleri

Özellikler	Kısım 408 TMA Aşınma (Normal Bitüm& Modifiye Bitümlü)	
		Kısım 418 Kauçuk Asfalt Karışımlar
Koşullu İÇM (kg/cm <sup>2</sup> )	—	Min. 5
Koşulsuz İÇM (kg/cm <sup>2</sup> )	—	Min. 5
İÇM Oranları, %	Min. %80	Min. %80

Çiftalan ve Uskumruköy taş ocağı kullanılarak hazırlanan 6 farklı TMA aşınma tabakası karışım dizaynlarına ait İÇM deney sonuçları Şekil 4.10. ve Şekil 4.11.'de grafik üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 4.10. TMA aşınma tabakası karışım dizaynlarına ait İÇM değerleri



Şekil 4.11. TMA aşınma tabakası karışım dizaynlarına ait İÇM Oranları (%)

İndirekt çekme mukavemeti deney sonuçlarının karşılaştırılması Tablo 4.25.'te verilmektedir.

Tablo 4.25. İÇM deney sonuçlarının karşılaştırılması

- 6 farklı TMA aşınma tabakası karışımından yalnızca birinin İÇM Oranı (Uskumruköy taş ocağından elde edilen katkısız bitümlü TMA karışımı [UTO+NB] için %78,50 KTŞ'deki sınır değeri olan %80'den küçüktür. Diğer 5 farklı karışım için İÇM Oranları %80'den büyüktür.
- Karışımlar içerisinde, sudan kaynaklanan bozulmalara karşı en iyi performansı Uskumruköy taş ocağı kullanılarak elde edilen polimer modifiye bitüm katkılı TMA karışımı [UTO+PMB] göstermiştir (%90,9).
- Polimer modifiye bitüm katkılı TMA karışımların, kauçuk modifiye bitümlü TMA karışımlara oranla İÇM Oranı (%) bakımından daha iyi performans gösterdiği görülmektedir.

#### 4.4.3. Yorulma direnci (YD) deneyi

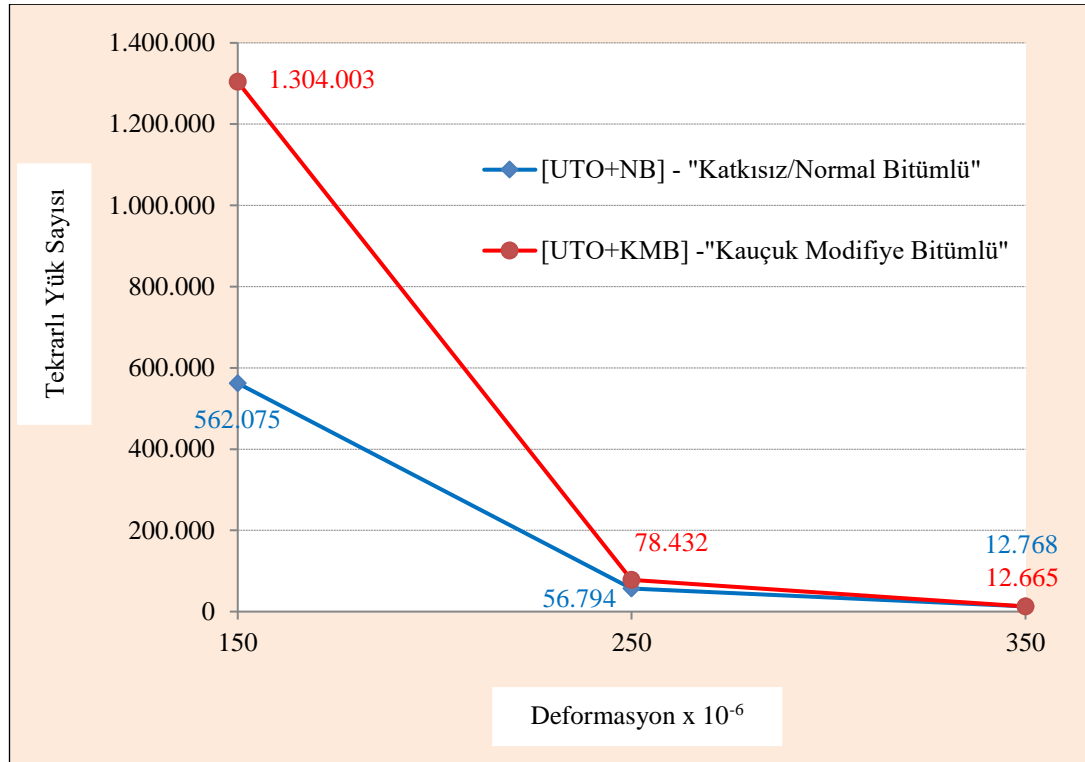
Bu deney Uskumruköy taş ocağı kullanılarak hazırlanan katkısız bitümlü [UTO+NB] ve %12 granüler modifiye kauçuk bitüm (tecRoad) katkılı [UTO+KMB] karışım tiplerine ait TMA aşınma tabakası karışım dizaynlarının, tekrarlı yük altında yorulmaya karşı dirençlerinin incelenmesi amacıyla yapılmıştır.

Deneyleerde  $150 \times 10^{-6}$ ,  $250 \times 10^{-6}$ ,  $350 \times 10^{-6}$  birim deformasyon (strain) seviyesinde çalışılmıştır. Numunelerin rijitlik değerinin değişimi sırasındaki harcanan toplam enerji ( $\text{MJ/m}^3$ ) olarak verilmiştir. Deney standartta belirtilen koşullarda, iklimlendirme kabiniinde  $20^\circ\text{C}$  sıcaklıkta ve 10 Hz frekans aralığında gerçekleştirilmiştir. Yorulma direnci deney sonuçları Tablo 4.26.'da verilmektedir.

Tablo 4.26. TMA aşınma tabakası karışım dizaynına ait yorulma direnci deney sonuçları

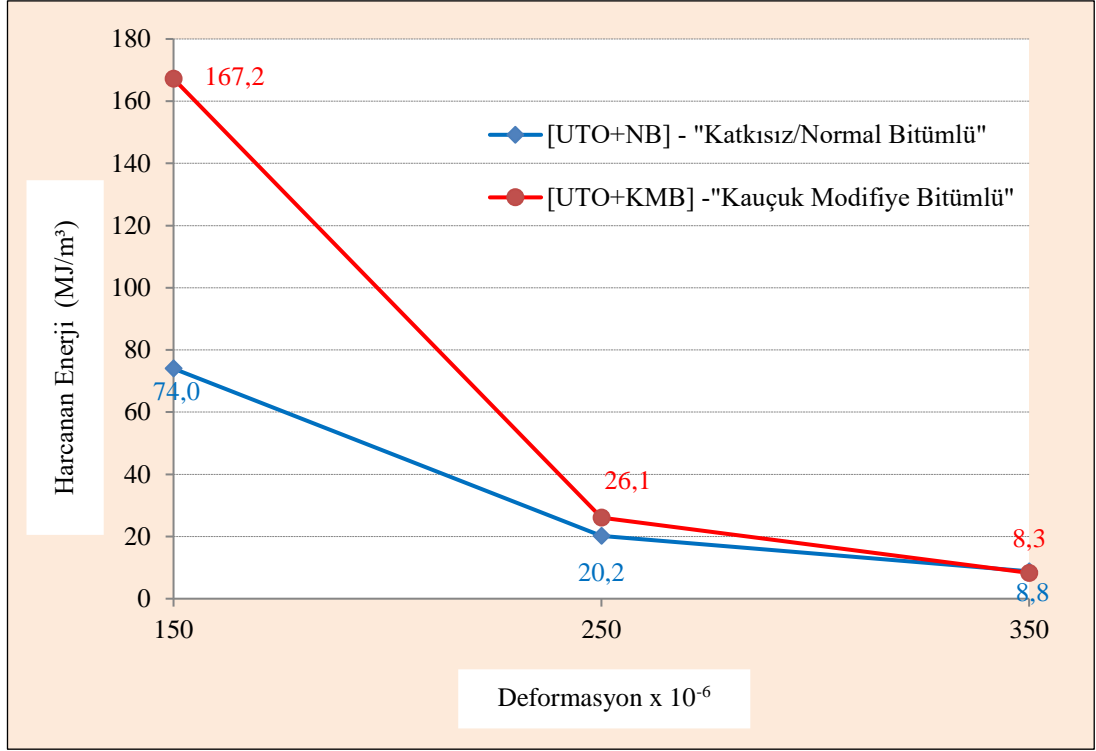
Karışım Dizaynı	Uygulanan Birim Deformasyon (Strain) ( $\times 10^{-6}$ )	Başlangıç Rijitliği (Stiffness) (MPa)	Deney Sonu Rijitlik (Stiffness) (MPa)	Rijitlik %'si Değişimi	Harcanan Toplam Enerji ( $\text{MJ/m}^3$ )	Deney Sonu Yük Tekrar Sayısı
[UTO+NB] "Katkısız/Normal Bitümlü"	150	6.930,89	3.463,82	50	74,00	562.075
	250	5.918,23	2.958,52	50	20,20	56.794
	350	6.389,25	3.272,06	50	8,80	12.768
[(UTO+KMB) "% 12 Kauçuk Modifiye Bitümlü"	150	7.575,80	3.628,70	50	167,20	1.304.003
	250	6.645,70	3.322,10	50	26,10	78.432
	350	6.003,50	3.001,00	50	8,30	12.665

Uskumruköy taş ocağı, TMA aşınma tabakası karışım dizaynına ait Tablo 4.26.'da verilen yorulma direnci deney sonuçları ile ilgili olarak deformasyon değişimine göre tekrarlı yük sayıları Şekil 4.12.'de, deformasyon değişimine göre harcanan enerji Şekil 4.13.'te ve deformasyon değişimine göre rijitlik yüzdesindeki değişim grafik olarak Şekil 4.14.'te gösterilmektedir.

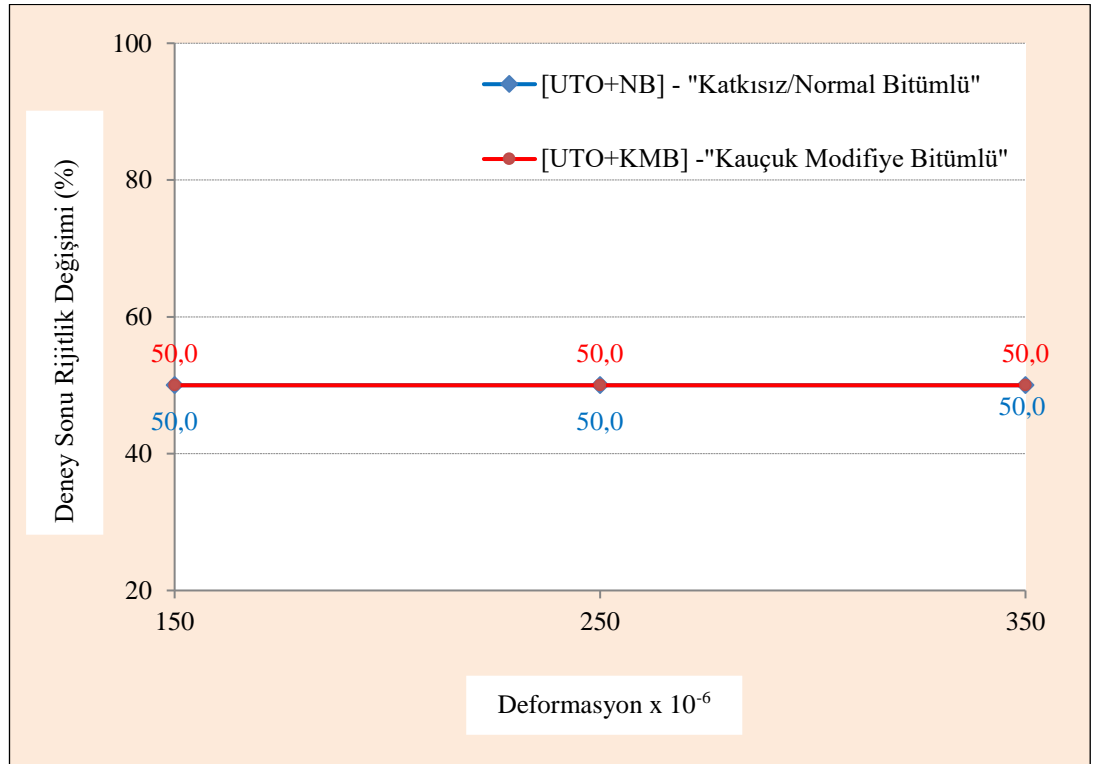


Şekil 4.12. TMA aşınma tabakası karışımların deformasyon değişimine göre tekrarlı yük sayıları





Şekil 4.13. TMA aşınma tabakası karışımların deformasyon değişimine göre harcanan enerji



Şekil 4.14. TMA aşınma tabakası karışımların deformasyon değişimine göre rijitlik değişimi (%)

Yorulma direnci deney sonuçlarının karşılaştırılması Tablo 4.27.'de verilmektedir.

Tablo 4.27. Yorulma direnci deney sonuçlarının karşılaştırılması

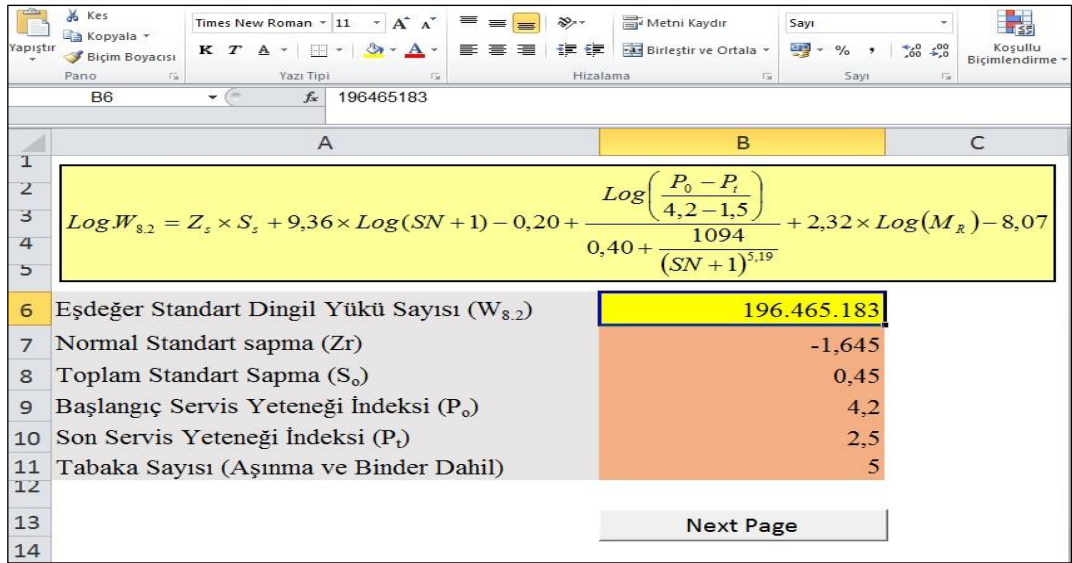
- 
- Uskumruköy taş ocağı kullanılarak elde edilen kauçuk modifiye bitümlü TMA karışımların, katkısız bitümlü TMA karışımlara oranla çok daha fazla sayıda tekrarlı yüke karşı koyarak iyi değerler verdiği ve çok daha fazla enerjiyi üzerinde sönmüleyebildiği görülmüştür.
  - Başka bir deyişle; granüler kauçuk modifiye bitümlü TMA karışımlar rijitliğinin %50'sini katkısız bitümlü TMA karışımlara göre daha büyük enerji sönmüleyerek ve daha fazla sayıda tekrarlı yüke karşı koyarak kaybetmektedirler.
-

## BÖLÜM 5. ÜSTYAPI TASARIMI VE MALİYET ANALİZİ

Bu bölümde incelemesi yapılan yol kesimine (Odayeri Kavşağı-Garipçe arası) ait üstyapı tasarımına alternatif olarak bir üstyapı modeli önerilmiş, ayrıca tasarımları yapılan aşınma tabakalarının ve üstyapı modellerinin (proje ve önerilen) maliyet analizleri yapılmıştır.

### 5.1. Üstyapı Tasarımının Yapılması

Üstyapı tasarımı AASHTO-93 tasarım yöntemine göre KGM'nin hazırlamış olduğu Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi [2] esas alınarak yapılmıştır. Söz konusu yöntem için, üstyapı tasarım raporu çalışmasına özel olarak, MsExcel Spreadsheet üzerinde, Visual Basic programlama dili kullanılarak Visual Basic for Application (VBA) ile bir uygulama hazırlanmıştır. Uygulamaya ait görseller Şekil 5.1., Şekil 5.2. ve Şekil 5.3.'te verilmektedir.



	A	B	C
1			
2	$\text{Log } W_{8.2} = Z_s \times S_s + 9,36 \times \text{Log}(SN + 1) - 0,20 + \frac{\text{Log}\left(\frac{P_0 - P_f}{4,2 - 1,5}\right)}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 \times \text{Log}(M_R) - 8,07$		
3			
4			
5			
6	Eşdeğer Standart Dingil Yükü Sayısı ( $W_{8.2}$ )	196.465.183	
7	Normal Standart sapma ( $Z_r$ )	-1,645	
8	Toplam Standart Sapma ( $S_o$ )	0,45	
9	Başlangıç Servis Yeteneği İndeksi ( $P_o$ )	4,2	
10	Son Servis Yeteneği İndeksi ( $P_f$ )	2,5	
11	Tabaka Sayısı (Aşınma ve Binder Dahil)	5	
12			
13			
14			

Şekil 5.1. MsExcel - VBA uygulaması / Üstyapı tasarım denkleminde kullanılan verilerin girildiği ara yüz

A		B		C	D	E	F	G	H	I	J
Tabaka No	Tabaka İsmi	Tabaka Mr (psi)	Tabaka Mukavemet Katsayısı (a)	Tabaka Drenaj Katsayısı (m)		Hesaplanan W8.2	Gerekli SN	Kalınlık (cm)			
1	Aşınma (TMA)		0,44	1	Calculate			4	Kontrol		
2	Binder		0,40	1				13			
3	Bitümlü Temel		0,36	1		196.473.500	<b>11,370</b>	13			
4	Plentmix Temel	43.000	0,15	1		196.468.526	<b>12,412</b>	20			
5	Plentmix Alttemel	33.266	0,13	1		196.484.219	<b>15,437</b>	20			
6	Taban Zemini	16.800						70			
7											
8											
9											

Şekil 5.2. MsExcel - VBA Uygulaması / Üstyapı tabakaları, özellikleri ile gerekli SN (üstyapı sayısı) ve tabaka kalınlıklarının hesaplandığı ara yüz

B		C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Tabaka İsmi	Tabaka Mr (psi)	Tabaka Mukavemet Katsayısı (a)	Tabaka Drenaj Katsayısı (m)		Hesaplanan W8.2	Gerekli SN	Kalınlık (cm)		Mevcut SN	Yığılımlı SN	Mevcut ve Gerekli SN Farkı	
Aşınma (TMA)		0,44	1	Calculate			4	Kontrol	1,760	<b>1,760</b>		
Binder		0,40	1				13		5,200	<b>6,960</b>		
Bitümlü Temel		0,36	1		196.473.500	<b>11,370</b>	13	4,680	<b>11,640</b>	0,270		
Plentmix Temel	43.000	0,15	1		196.468.526	<b>12,412</b>	20	3,000	<b>14,640</b>	2,228		
Plentmix Alttemel	33.266	0,13	1		196.484.219	<b>15,437</b>	20	2,600	<b>17,240</b>	1,803		
Taban Zemini	16.800						70					

Şekil 5.3. MsExcel - VBA uygulaması / Gerekli SN ve mevcut SN (üstyapı sayısı) arasındaki farkın ve tabaka kalınlıklarının kontrol edildiği ara yüz

### 5.1.1. Proje üstyapı tabaka kalınlıkları

Üstyapı tabaka sayısının (SN) hesaplanmasına esas olan veriler, Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberinde [2] tanımlandığı şekilde alınmış ve Tablo 5.1.'de gösterilmiştir. Eşdeğer standart dingil yükü (ESDY) tekrür sayısı, üstyapı tasarım raporunda [26] verilen trafik tahminlerine göre hesaplanarak 196.465.183 olarak bulunmuştur.

AASHTO-93 tasarım yöntemi, temel olarak;

$$\log(T_{8,2}) = Z_R \times S_o + 9,36 \times \log(SN+1) - 0,20 + \frac{\log\left(\frac{P_o - P_t}{4,2 - 1,5}\right)}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \times \log(M_R) - 8,07$$

eşitliğini (Denklem 2.3) esas almaktadır.

Tablo 5.1. Üstyapı tasarım denkleminde kullanılan veriler

$T_{8,2}$ : Toplam ESDY tekrür sayısı	:	196.465.183
Normal Standart sapma ( $Z_R$ )	:	-1,645
Toplam Standart Sapma ( $S_o$ )	:	0,45
Başlangıç Servis Yeteneği İndeksi ( $P_o$ )	:	4,2
Son Servis Yeteneği İndeksi ( $P_t$ )	:	2,5

İncelemesi yapılan kesime ait yol üstyapısı aşınma, binder, bitümlü temel, plent-miks temel (PMT) ve plent-miks alttemel (PMAT) olmak üzere 5 farklı tabaka olarak inşa edilmiş olup bu tabakalara ait özellikler Tablo 5.2.'de verilmektedir.

Tablo 5.2. Üstyapı tabakaları ve özellikleri

Tabaka No	Tabaka İsmi	Tabaka $M_R$ (psi)	Tabaka Mukavemet Katsayısı (a)
1	Aşınma (TMA)		0,44
2	Binder		0,40
3	Bitümlü Temel		0,36
4	PMT	43.000	0,15
5	PMAT	33.266	0,13
	Taban Zemini	16.800	

Yukarıdaki veriler kullanılarak, Karayolları Esnek Üstyapı Projelendirme Rehberine [2] göre, gerekli üstyapı sayısı (SN) bulunmuş ve üstyapı tabaka kalınlıkları belirlenmiştir (Tablo 5.3.).

Tablo 5.3. Proje üstyapı tabaka kalınlıkları

Tabaka No	İsmi	Hesaplanan ESDY (T <sub>8,2</sub> )	Gerekli SN	Kalınlık (cm)	Mevcut SN	Yığılımlı SN	Mevcut ve Gerekli SN Farkı
1	Aşınma (TMA)			<b>4</b>	1,760	1,760	
2	Binder			<b>13</b>	5,200	6,960	
3	Bitümlü Temel	196.473.500	11,370	<b>13</b>	4,680	11,640	0,270
4	PMT	196.468.526	12,412	<b>20</b>	3,000	14,640	2,228
5	PMAT	196.484.219	15,437	<b>20</b>	2,600	17,240	1,803
			Toplam	<b>70</b>			

### 5.1.2. Önerilen üstyapı modeli ve tabaka kalınlıkları

İncelemesi yapılan yol kesimine ait üstyapı tasarımının, parametreleri (ESDY, normal ve toplam standart sapma, başlangıç-son servis yeteneği indeksi) ve tabaka özellikleri (esneklik modülü, tabaka mukavemet katsayısı, drenaj katsayısı, vb.) kullanılarak bir üstyapı tasarımı yapılmıştır. Üstyapı kalınlıkları MsExcel ortamında, Visual Basic programlama dili kullanılarak hazırlanan VBA (Visual Basic for Application) uygulaması üzerinde hesap edilerek bulunmuştur (Şekil 5.4.).

Tabaka No	Tabaka İsmi	Tabaka Mr (psi)	Tabaka Mukavemet Katsayısı (a)	Tabaka Drenaj Katsayısı (m)		Hesaplanan W8.2	Gerekli SN	Kalınlık (cm)		Mevcut SN	Yığılımlı SN	Mevcut ve Gerekli SN Farkı
1	Aşınma (TMA)		0,44	1	Calculate			4	Kontrol	1,760	1,760	
2	Binder		0,40	1				7		2,800	4,560	
3	Bitümlü Temel		0,36	1		196.473.500	11,370	19		6,840	11,400	0,030
4	Plentmix Temel	43.000	0,15	1		196.468.526	12,412	20		3,000	14,400	1,988
5	Plentmix Alttemel	33.266	0,13	1		196.484.219	15,437	20		2,600	17,000	1,563
6	Taban Zemini	16.800						70				

Şekil 5.4. MsExcel - VBA uygulaması / Önerilen üstyapı tabaka kalınlıklarının hesaplandığı ara yüz

Hesaplama sonucu bulunan önerilen üstyapı tabaka kalınlıkları Tablo 5.4.'te verilmektedir.

Tablo 5.4. Önerilen üstyapı tabaka kalınlıkları

Tabaka No	İsmi	Hesaplanan ESDY $T_{8,2}$	Gerekli SN	Kalınlık (cm)	Mevcut SN	Yığılımlı (SN)	Mevcut ve Gerekli SN Farkı
1	Aşınma (TMA)			4	1,760	1,760	
2	Binder			7	2,800	4,560	
3	Bitümlü Temel	196.473.500	11,370	19	6,840	11,400	0,030
4	PMT	196.468.526	12,412	20	3,000	14,400	1,988
5	PMAT	196.484.219	15,437	20	2,600	17,000	1,563
				Toplam	70		

## 5.2. Aşınma Tabakaları Maliyet Analizleri

İncelemesi yapılan yol kesiminin üstyapı tasarımında [26] TMA aşınma tabakasının kalınlığı 4 cm olarak hesaplanmıştır. Eğer TMA aşınma tabası yerine geleneksel asfalt betonu (AB) aşınma tabakası kullanılmış olsaydı tabaka kalınlığı;

Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi Kullanılarak [2] ;

$$[SN]_{TMA} = [a]_{TMA} \times [D]_{TMA} \text{ ve } [SN]_A = [a]_A \times [D]_A$$

SN : Üst yapı sayısı (inç)

a : İzafi mukavemet katsayısı

D : Tabaka kalınlığı (cm)

A : Asfalt betonu aşınma tabakası (klasik)

TMA : Taş mastik asfalt aşınma tabakası

$[a]_{TMA} : 0,44$

$[a]_A : 0,42$

$$[a]_{TMA} \times [D]_{TMA} = [a]_A \times [D]_A$$

$$0,44 \times 4 = 0,42 \times [D]_A$$

$[D]_A = 4,19 \text{ cm}$  (güvenlik için bir üst kalınlık seçilir)

$[D]_A = 5 \text{ cm}$  olarak bulunur.

Ayrıca Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberinde [2], geleneksel asfalt betonu (AB) aşınma tabakası kalınlığının minimum 5 cm kalınlığında yapılması önerilmektedir.

Karayolları Genel Müdürlüğü'nün "2017 Yılı Yol, Köprü, Bitümlü Kaplamalar ve Trafik İşlerine Ait Birim Fiyat Listesi" [30] kullanılarak incelemesi yapılan yol kesimine ait 6 farklı TMA ve geleneksel asfalt betonu (AB) aşınma tabakası karışımlarının ton ve m<sup>2</sup> başına düşen serme-sıkıştırma dahil maliyetleri EK 4'te sunulmuş olup, Tablo 5.5.'te verilmektedir.



Tablo 5.5. Aşınma tabakalarının maliyetleri (serme- sıkıştırma dahil)

Aşınma Tabakası ve Kalınlığı (cm)	Çiftalan Taş Ocağı		Uskumruköy Taş Ocağı	
	[ TL/ton ]	[ TL/m <sup>2</sup> ]	[ TL/ton ]	[ TL/m <sup>2</sup> ]
A – 5 / NB	140,22	17,03	150,57	18,49
TMA – 4 / NB	178,88	17,33	174,31	17,10
TMA – 4 / PMB	220,27	21,34	215,39	21,13
TMA – 4 / KMB	250,52	24,30	242,87	23,83

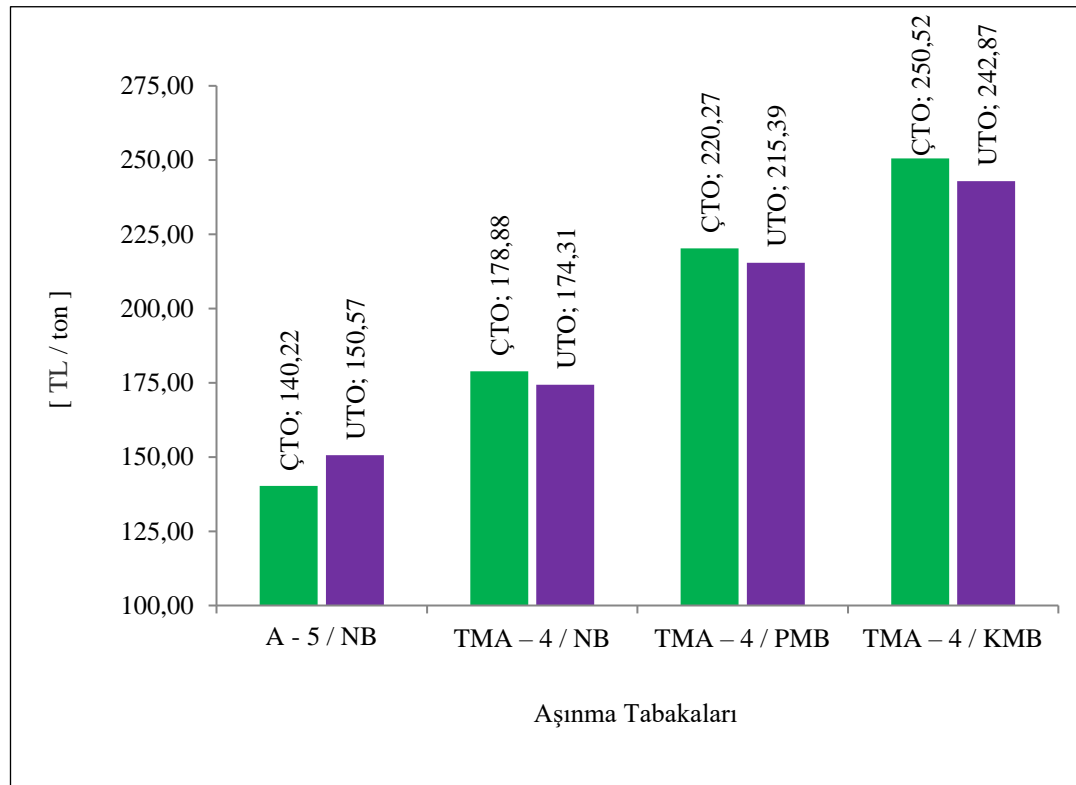
A – 5 / NB : Katkısız bitümle ile imal edilen klasik AB aşınma tabakası (5 cm sıkışmış kalınlık)

TMA – 4 / NB : Katkısız bitümle ile imal edilen TMA aşınma tabakası (4 cm sıkışmış kalınlık)

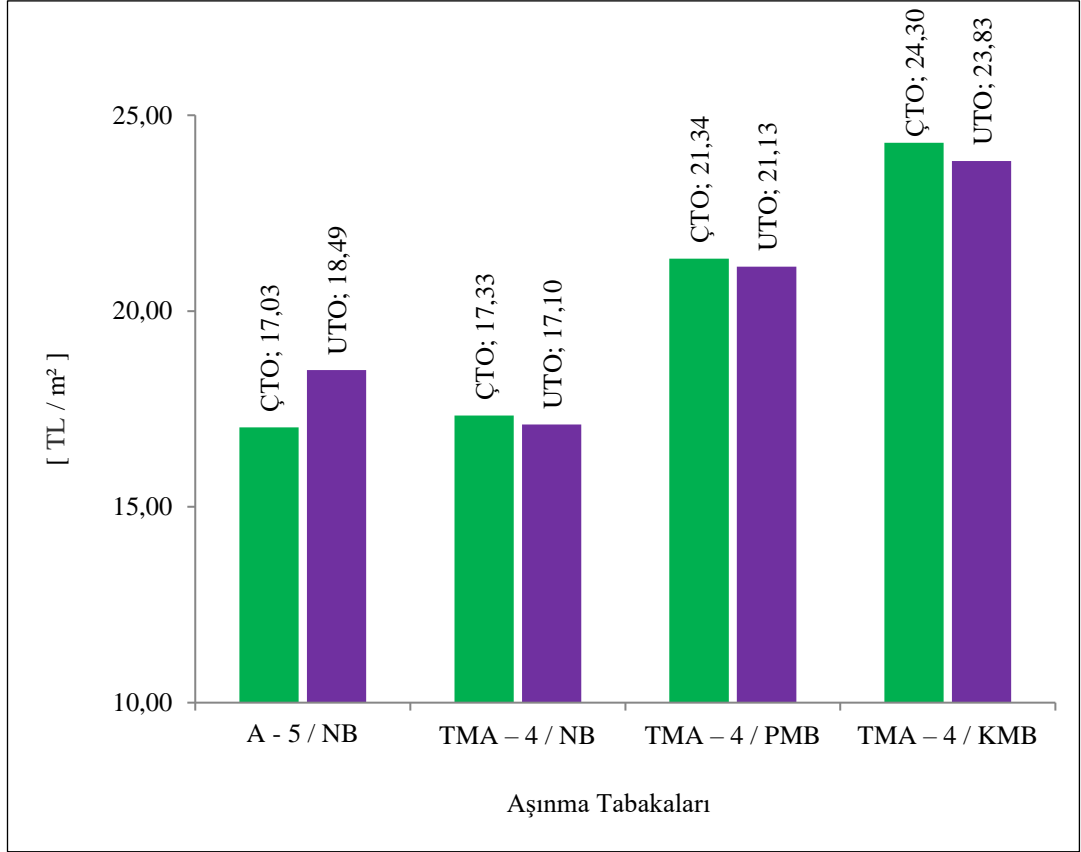
TMA – 4 / PMB : Polimer modifiye bitüm ile imal edilen TMA aşınma tabakası (4 cm sıkışmış kalınlık)

TMA – 4 / KMB : Kauçuk modifiye bitüm ile imal edilen TMA aşınma tabakası (4 cm sıkışmış kalınlık)

İncelemesi yapılan kesimde kullanılan aşınma tabakalarına ait ton ve m<sup>2</sup> başına düşen karşılaştırmalı fiyatlar (serme-sıkıştırma dahil) Şekil 5.5. ve Şekil 5.6.'da grafik halinde gösterilmektedir.



Şekil 5.5. Aşınma tabakalarının 1 ton maliyeti (serme-sıkıştırma dahil)



Şekil 5.6. Aşınma tabakalarının 1 m<sup>2</sup> maliyeti (serme-sıkıştırma dahil)

Aşınma tabakalarının maliyet analizi sonuçlarına göre;

TMA aşınma tabakalarının hepsi 4 cm kalınlıkta serilip sıkıştırıldığından karışımların kendi aralarındaki maliyet analizleri ton cinsinden yapılmıştır.

- 6 farklı TMA aşınma tabakası için; Uskumruköy taş ocağı kullanılarak elde edilen karışımların, Çiftalan taş ocağı kullanılarak elde edilen benzer karışımlara oranla %2-3 daha az maliyetli olduğu görülmektedir (Tablo 5.6.).

Tablo 5.6. TMA aşınma tabakalarının maliyet analizi

	ÇTO	UTO	TMA aşınma tabakalarının maliyet oranları (%)
	[A]	[B]	[B/A]
Aşınma Tabakası ve Kalınlığı (cm)	[ TL/ton ]	[ TL/ton ]	[ % ]
TMA – 4 / NB	178,88	174,31	97,45
TMA – 4 / PMB	220,27	215,39	97,78
TMA – 4 / KMB	250,52	242,87	96,95

- 4 farklı katkılı TMA aşınma tabakası karışımından en avantajlı fiyatın polimer modifiye bitüm katkılı TMA karışımının [UTO+PMB] olduğu görülmektedir (215,39 TL/ton).
- Polimer modifiye bitüm katkılı TMA karışımların, kauçuk modifiye katkılı TMA karışımlara oranla %11-12 daha az maliyetli olduğu görülmektedir (Tablo 5.7.).

Tablo 5.7. PMB ve KMB'li TMA aşınma tabakalarının maliyet analizi

		ÇTO	UTO
		[ TL/ton ]	[ TL/ton ]
TMA – 4 / PMB	[A]	220,27	215,39
TMA – 4 / KMB	[B]	250,52	242,87
PMB ve KMB'li TMA aşınma tabakalarının maliyet oranları (%)	[A/B]	87,93	88,69

- Geleneksel asfalt betonu (AB) aşınma tabakalarının, TMA aşınma tabakalarına oranla ton bakımından %22-44, m<sup>2</sup> bakımından %2-30 daha az maliyetli olduğu görülmektedir (Çiftalan taş ocağı için) (Tablo 5.8.).
- AB ve TMA aşınma tabakalarının m<sup>2</sup> maliyetlerinin ton maliyetlerine oranla maliyetlerinin birbirlerine daha yakın olması tabaka kalınlıklarından (5 cm ve 4 cm) kaynaklanmaktadır.

Tablo 5.8. Geleneksel AB ve TMA aşınma tabakalarının maliyet analizi

	ÇTO		(AB) ve TMA aşınma tabakalarının maliyet oranları	
	[A]	[B]	[140,22/A <sub>i</sub> ]	[17,03/B <sub>i</sub> ]
Aşınma Tabakası ve Kalınlığı (cm)	[ TL/ton ]	[ TL/m <sup>2</sup> ]	[ % ]	[ % ]
A – 5 / NB	140,22	17,03	100,00	100,00
TMA – 4 / NB	178,88	17,33	78,39	98,27
TMA – 4 / PMB	220,27	21,34	63,66	79,80
TMA – 4 / KMB	250,52	24,30	55,97	70,08

### 5.3. Üstyapı Maliyet Analizleri

Bu kısımda; incelemesi yapılan yol kesimine ait proje kapsamında uygulanan üstyapı ile önerilen üstyapı tipinin maliyet analizleri yapılmıştır. Çalışmada Çiftalan taş ocağı kullanılarak hazırlanan üstyapı tabakalarına ait karışım dizaynları esas alınmıştır. Üstyapı tabakalarının kalınlıklarına göre serim genişlikleri değişken olup incelenen anayol kesimi için üstyapı tabakalarına ait karışımların serim genişlikleri Tablo 5.9.'da verilmiştir.

Tablo 5.9. İncelenen yol kesimi için üstyapı tabakalarına ait karışımların serim genişlikleri

ÜSTYAPI	Tabaka Adı	Tabaka Kalınlığı	Üstyapı Kalınlığı	Serim Genişliği (Tek Yön)	Toplam Serim Genişliği (Çift Yön)
		(cm)		(m)	(m)
				[A]	[B] = 2 x [A]
PROJE KAPSAMINDA UYGULANAN	Aşınma (TMA)	4		19,00	38,00
	Binder	13		19,18	38,36
	Bitümlü Temel	13	70	19,54	39,08
	PMT	20		19,90	39,80
	PMAT	20		20,40	40,80
ÖNERİLEN	Aşınma (TMA)	4		19,00	38,00
	Binder	7		19,18	38,36
	Bitümlü Temel	19	70	19,42	38,84
	PMT	20		19,90	39,80
	PMAT	20		20,40	40,80

Karayolları Genel Müdürlüğü'nün "2017 Yılı Yol, Köprü, Bitümlü Kaplamalar ve Trafik İşlerine Ait Birim Fiyat Listesi" [30] kullanılarak üstyapı (proje kapsamında uygulanan ve önerilen) tabakalarına ait karışımların m<sup>2</sup> ve ton başına düşen serme-sıkıştırma dahil maliyetleri EK 4'te sunulan fiyat analizleri ile hesaplanarak Tablo 5.10.'da verilmektedir.

Tablo 5.10.'da;

- TMA – 4 / PMB : Polimer modifiye bitüm ile imal edilen TMA aşınma tabakası (4 cm sıkışmış kalınlık)
- B – 13 / NB : Katkısız bitümle ile imal edilen klasik AB binder tabakası (13 cm sıkışmış kalınlık)
- BT – 13 / NB : Katkısız bitümle ile imal edilen klasik AB bitümlü temel tabakası (13 cm sıkışmış kalınlık)
- B – 7 / NB : Katkısız bitümle ile imal edilen klasik AB binder tabakası (7 cm sıkışmış kalınlık)
- BT – 19 / NB : Katkısız bitümle ile imal edilen klasik AB bitümlü temel tabakası (19 cm sıkışmış kalınlık)

Tablo 5.10. Üstyapı tabakalarının ve üstyapının toplam maliyeti

ÜSTYAPI	Tabaka Adı	Tabaka Kalınlığı	Üstyapı Kalınlığı	Dizayn Adı	Üstyapı Tabaka Maliyetleri			
		(cm)			[ TL/m <sup>2</sup> ]	[ TL/ton ]	[ TL/km ]	[ TL/25 km ]
					[C]	[D]	[E] = [B]x[C]x1000	[G] = [E] x 25
PROJE KAPSAMINDA UYGULANAN	Aşınma (TMA)	4		TMA - 4 / PMB	21,34	220,27	810.920	20.273.000
	Binder	13		B - 13 / NB	41,41	130,76	1.588.488	39.712.200
	Bitümlü Temel	13	70	BT - 13 / NB	38,58	120,98	1.507.706	37.692.650
	PMT	20		PMT	18,6	39,05	740.280	18.507.000
	PMAT	20		PMAT	16,23	34,96	662.184	16.554.600
	Proje Üstyapı Toplam Maliyeti:						<b>5.309.578</b>	<b>132.739.450</b>
ÖNERİLEN	Aşınma (TMA)	4		TMA - 4 / PMB	21,34	220,27	810.920	20.273.000
	Binder	7		B - 7 / NB	22,26	130,76	853.894	21.347.350
	Bitümlü Temel	19	70	BT - 19 / NB	56,56	120,98	2.196.790	54.919.750
	PMT	20		PMT	18,6	39,05	740.280	18.507.000
	PMAT	20		PMAT	16,23	34,96	662.184	16.554.600
	Önerilen Üstyapı Toplam Maliyeti:						<b>5.264.068</b>	<b>131.601.700</b>

Üstyapı maliyet analizi sonuçlarına göre;

- Karayolları Teknik Şartnamesinde bitümlü sıcak karışımların bir defada serilip-sıkıştırılmış tabaka kalınlığının karışım içindeki en büyük dane boyutunun ( $D_{max}$ ) 1,5 katından az, 3 katından fazla olamayacağı belirtilmektedir. Bitümlü temel tabakası için  $D_{max} = 37,5$  mm ve uygun sıkıştırma kalınlığı  $6 \leq h$  (cm)  $\leq 12$  arasında, binder tabakası için  $D_{max} = 25$  mm olup uygun sıkıştırma kalınlığı  $4 \leq h$  (cm)  $\leq 8$  arasındadır.
- Proje kapsamında kullanılan üstyapının toplam kalınlığı; MsExcel ortamında, Visual Basic programlama dili kullanılarak hazırlanan VBA (Visual Basic for Application) uygulaması üzerinde hesap edilerek 70 cm bulunmuş olup (Tablo 5.10.), asphalt betonu binder ve bitümlü temel tabaka kalınlıkları 13'er cm'dir. Binder tabakası 2, bitümlü temel tabakası 2 defada serilip sıkıştırılmıştır.
- Öneri üstyapının toplam kalınlığı; VBA uygulaması üzerinden hesap edilerek 70 cm bulunmuştur (Tablo 5.10.). Asphalt betonu binder tabakasının 7 cm, bitümlü temel tabakasının 19 cm olarak yapılması durumunda, binder tabakasının 1, bitümlü temel tabakasının 2 defada serilip sıkıştırılması gerekmektedir.
- İncelemesi yapılan anayol kesimine (Km: 62+000-87+000) ait proje kapsamında uygulanan üstyapının toplam maliyeti 132.739.450 TL, öneri üstyapı modelinin toplam maliyeti 131.601.700 TL'dir. 13 cm binder tabakasının yerine 7 cm binder ve 13 cm bitümlü temel tabakası yerine 19 cm bitümlü temel tabakası yapılması halinde üstyapı maliyetinde kilometre başına 45.510 TL, incelenen yol kesimi içinse 1.137.750 TL (%1,00) tasarruf sağlanacağı anlaşılmaktadır (Tablo 5.11.).

Tablo 5.11. Üstyapı tipleri maliyet analizi

	Proje Kapsamında Uygulanan Üstyapı	Önerilen Üstyapı	Üstyapıda Sağlanan Tasarruf	
Üstyapı Maliyeti	[A]	[B]	[C] = [B] - [A]	[C/A], %
(TL/km)	5.309.578	5.264.068	45.510	1,00
(TL/25 km)	132.739.450	131.601.700	1.137.750	

- Toplam üstyapı maliyetinde sağlanan bu tasarrufun nedenleri; bitüm yüzdeleri ve tabakaların serme sıkıştırma sayılarından kaynaklanmaktadır. Çiftalan taş ocağı kullanılarak yapılan bitümlü temel karışım dizaynında bitüm yüzdesi %4,05, binder tabakası dizaynında ise bitüm yüzdesi %4,45'tir.



## BÖLÜM 6. SONUÇ

Çalışmalarda, Çiftalan ve Uskumruköy taş ocaklarından temin edilen ince-kaba agregalar ile Akdağlar taş ocağından temin edilen filler ile katkısız bitüm, polimer modifiye bitüm ve granüler kauçuk modifiye bitüm kullanılarak yapılan 6 farklı TMA aşınma tabakası karışım dizaynlarına tekerlek izinde oturma, indirekt çekme mukavemeti ve yorulma direnci deneyleri yapılarak birbirlerine göre performansları incelenmiş, ayrıca incelemesi yapılan yol kesimine (Odayeri Kavşağı-Garipçe arası) ait üstyapı tasarımına alternatif olarak bir üstyapı modeli önerilmiş, tasarımları yapılan aşınma tabakalarının ve üstyapı modellerinin (proje ve önerilen) maliyet analizleri yapılmıştır.

Tekerlek izinde oturma (TİO) deneyi sonuçlarına göre; her iki taş ocağından elde edilen 6 farklı TMA aşınma tabakası karışım tipi de KTSŞ'de [8] verilen 30.000 devirde oluşacak maksimum % 6 (bu değer kauçuk asfalt karışımlar için maks. %5) değerinden küçüktür. Uygulamada yapılacak TMA karışımlarında dizayn değerlerine uyulduğu sürece (optimum bitüm %'si ve pratik özgül ağırlık ( $D_p$ ) değerleri) tekerlek izi oluşumunun küçük değerlerde kalacağı anlaşılmaktadır. Tüm karışımlar içerisinde TİO oluşumlarına karşı en iyi performansı Uskumruköy taş ocağı kullanılarak elde edilen polimer modifiye bitüm katkılı TMA karışımı [UTO+PMB] göstermiştir.

İndirekt Çekme Mukavemeti (İÇM) deney sonuçlarına göre; karışımlar içerisinde, sudan kaynaklanan bozulmalara karşı en iyi performansı Uskumruköy taş ocağı kullanılarak elde edilen polimer modifiye bitüm katkılı TMA karışımı [UTO+PMB] göstermiştir. Polimer modifiye bitüm katkılı TMA karışımların, kauçuk modifiye bitümlü TMA karışımlara oranla İÇM Oranı (%) bakımından daha iyi performans gösterdiği görülmektedir.

Yorulma Direnci deney sonuçlarına göre; Uskumruköy taş ocağı kullanılarak elde

edilen kauçuk modifiye bitümlü TMA karışımların, katkısız bitümlü TMA karışımlara oranla çok daha fazla sayıda tekrarlı yüke karşı koyarak iyi değerler verdiği ve çok daha fazla enerjiyi üzerinde sönümleyebildiği görülmüştür. Başka bir deyişle; kauçuk modifiye bitümlü TMA karışımlar rijitliğinin %50'sini katkısız bitümlü TMA karışımlara göre daha büyük enerji sönümleyerek ve daha fazla sayıda tekrarlı yüke karşı koyarak kaybetmektedirler.

Aşınma tabakalarının maliyet analizi sonuçlarına göre; 6 farklı TMA aşınma tabakası için; Uskumruköy taş ocağı kullanılarak elde edilen karışımların, Çiftalan taş ocağı kullanılarak elde edilen benzer karışımlara oranla %2-3 daha az maliyetli olduğu görülmektedir. 4 farklı katkıli TMA aşınma tabakası karışımından en avantajlı fiyatın Uskumruköy taş ocağı kullanılarak elde edilen polimer modifiye bitüm katkıli TMA karışımın [UTO+PMB] olduğu görülmektedir. Polimer modifiye bitüm katkıli TMA karışımların, kauçuk modifiye katkıli TMA karışımlara oranla % 11-12 daha az maliyetli olduğu görülmektedir.

Üstyapı maliyet analizi sonuçlarına göre; incelemesi yapılan anayol kesimine (Km: 62+000-87+000) ait proje kapsamında uygulanan üstyapının toplam maliyeti 132.739.450 TL, öneri üstyapı modelinin toplam maliyeti 131.601.700 TL'dir. 13 cm binder tabakasının yerine 7 cm binder ve 13 cm bitümlü temel tabakası yerine 19 cm bitümlü temel tabakası yapılması halinde üstyapı maliyetinde kilometre başına 45.510 TL, incelenen yol kesimi içinse 1.137.750 TL (%1,00) tasarruf sağlanacağı anlaşılmaktadır.

Sonuç olarak çalışmamızdan elde edilen önemli bulgular şu şekilde özetlenebilir:

- a. 6 farklı TMA aşınma tabakası karışımları içerisinde; tekerlek izi oluşumlarına ve sudan kaynaklanan bozulmalara karşı en iyi performansı Uskumruköy taş ocağı kullanılarak elde edilen polimer modifiye bitüm katkıli TMA karışımı göstermiştir.
- b. Uskumruköy taş ocağı kullanılarak elde edilen kauçuk modifiye bitümlü TMA karışımların, katkısız bitümlü TMA karışımlara oranla çok daha fazla sayıda tekrarlı yüke karşı koyarak yorulma direnci bakımından iyi sonuçlar verdiği

görülmüştür.

- c. Katkı kullanılarak hazırlanan 4 farklı TMA aşınma tabakası karışımlarından en avantajlı fiyatın Uskumruköy taş ocağı kullanılarak elde edilen polimer modifiye bitüm katkılı TMA karışıma ait olduğu görülmüştür.
- d. İncelemesi yapılan yol kesimine ait üstyapı tasarımına alternatif olarak üstyapı modelinin uygulanması halinde üstyapı maliyetinde tasarruf sağlanacağı anlaşılmaktadır.
- e. Araştırmada elde edilen bulgulara göre; 6 farklı TMA aşınma tabakası karışımları içerisinde Uskumruköy taş ocağı kullanılarak elde edilen polimer modifiye bitüm katkılı TMA karışımın performans bakımından en iyi, maliyet açısından en avantajlı karışım tipi olduğu sonucuna varılmıştır.

Ülkemizde yük taşımacılığının yaklaşık %90'ının karayolları üzerinde yapıldığı, ayrıca ağır taşıt trafiğinin fazla olduğu ve diğer gelişmiş ülkelerle kıyaslanmayacak kadar aşırı yüklemeler sonucu, 'tekerlek izi oluşumu' şeklindeki bozulma türünün yaygın olarak görüldüğü dikkate alındığında, yollarımızda bu türden bozulmaları geciktirecek TMA karışımlarının kullanımı gerekli görülmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Orhan, F., Bitümlü Karışımlar Laboratuvar Çalışmaları, KGM, Ar-Ge Dairesi Başkanlığı, Üstyapı Geliştirme Şubesi Müdürlüğü Yayınları, 1-38, 2012.
- [2] Sağlık, A., Güngör, A. G., Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi, KGM, Ar-Ge Dairesi Başkanlığı, Üstyapı Geliştirme Şubesi Müdürlüğü Yayınları, 3-33, 2008.
- [3] Açar, E., Süttaş, İ., Öztaş, G., Beton Yollar, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi Yayınları, 1-50, 1998.
- [4] Tunç, A., Kaplama Malzemeleri El Kitabı, 1. Baskı, Asil Yayın Dağıtım, 1-258, 2004.
- [5] Tunç, A., Kaplama Mühendisliği ve Uygulamaları, 1. Baskı, Asil Yayın Dağıtım, 1-252, 2004.
- [6] Ilıcalı, M., Tayfur, S., Özen, H., Sönmez, İ. ve Eren, K., Asfalt ve Uygulamaları, Yıldız Teknik Üniversitesi Yayın Merkezi Başkanlığı, 22-37, 2001.
- [7] Kaşak, S., Taş mastik asfalt karışımında katkı maddeleri olarak fiber yerine diatomit'in uygulanabilirliğinin araştırılması, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2007.
- [8] Karayolları Teknik Şartnamesi, KGM Yayınları, 2013.
- [9] Whiteoak, D., ed. Lav, A. H., Lav, A., Shell Bitüm El Kitabı, 1.Baskı, İsfalt Yayınları, 253-283, 2004.
- [10] AASHTO, AASHTO Interim Guide for Design of Pavement Structures, 1972.
- [11] Kök, B. V., Kuloğlu, N., Esnek üstyapıların tasarımlarında AASHTO-72 ve AASHTO-86 yöntemlerinin analitik ve ekonomik olarak karşılaştırılması, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitü Dergisi, 23(1-2) : 136-148, 2007.
- [12] Kök, E., Karayolu ve havaalanı üstyapı tasarım yöntemleri, karşılaştırması ve Türkiye uygulamaları, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2008.

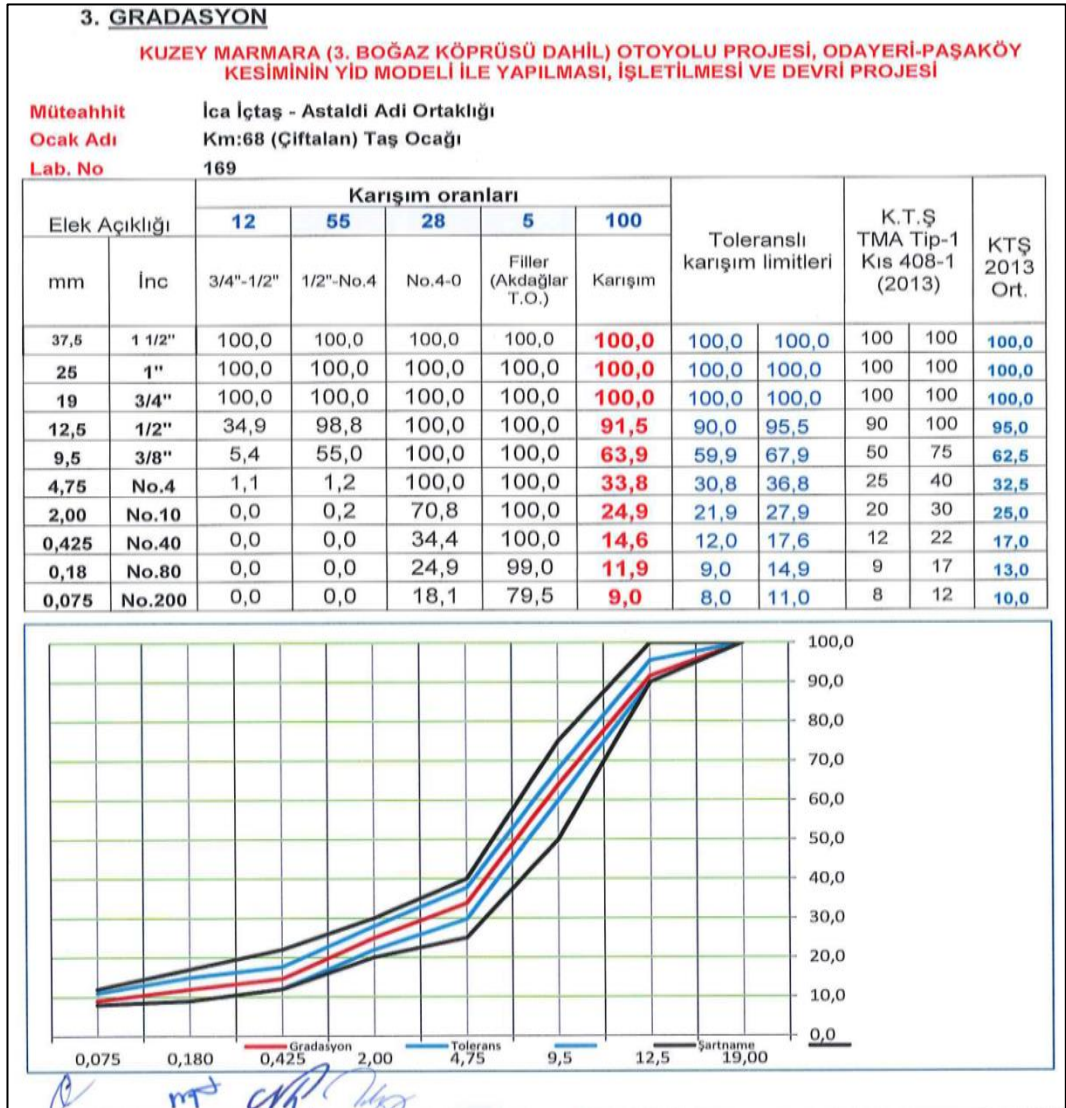
- [13] NAPA, Designing and Constructing SMA Mixtures-State-of-the-Practice, Quality Improvement Series 122, 1-43, 2002.
- [14] Temren, Z., Taş Mastik Asfalt Dizaynı, Üretimi ve Uygulamaları, Asfalt Müteahhitleri Derneği (ASMÜD) Yayınları, 3-35, 2009.
- [15] Harris, B. M., Stuart, K. D., Analysis of mineral fillers and mastics used in stone matrix asphalt, Association of Asphalt Paving Technologists, 64(1) : 44-46, 1995.
- [16] Scherocman, J. A., Mix Design, Production and Compaction of- Stone Mastic Asphalt Pavements, Annual Meeting of the American Association, USA, 1-16, 1993.
- [17] Tayfur, S., Taş mastik asfalt (SMA) kaplamalar için uygun karışımların araştırılması ve bir hizmet ömrü bedeli geliştirilmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi, 2001.
- [18] www.eapa.org, Erişim Tarihi: 01.10.2017, EAPA (European Asphalt Pavement Association)
- [19] ed. Temren, Z., Ağır Yüklere Maruz Üstyapılar Taş Mastik Asfalt-SMA, Asfalt Müteahhitleri Derneği (ASMÜD) Yayınları, 5-19, 2005.
- [20] Yardım, M. S. ve Arslan, F., Türkiye’de taş mastik asfalt kullanımı ve literatür üzerine bir değerlendirme, 6. Ulusal Asfalt Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Ankara, 61-73, 2013.
- [21] Arslan, F., Taş mastik karışımlarda İstanbul çevresindeki Cebeci-dolamitli kireçtaşı, Gölcük kumtaşı ve Karatepe-bazaltı kullanımının incelenmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 2014.
- [22] Taşdemir, Y., Stone mastik asfalt karışımların etüdü, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, 1998.
- [23] Kaçmaz, B., Yol kaplama yüzeylerinde mikro-makro pürüzlülük değişkenlerin yol güvenliği açısından incelenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi, 2014.
- [24] Kutluhan, S., Bitümlü sıcak karışımlarda tekerlek izi oluşumunun modellenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi, 2008.

- [25] Önal, M. A. ve Kahramangil, M., Bitümlü Karışımlar Laboratuvar El Kitabı, KGM, Ar-Ge Dairesi Başkanlığı, Üstyapı Geliştirme Şubesi Müdürlüğü Yayınları, 7-200, 2012.
- [26] Özen, H. ve Yardım, M. S., Üçüncü Boğaz Köprüsü ve Kuzey Marmara Otoyolu Projesi Trafik Tahmini ve Üstyapı Tasarımı, Yıldız Teknik Üniversitesi, Döner Sermaye İşletme Müdürlüğü Yayınları, 1-105, 2015.
- [27] [www.kraton.com](http://www.kraton.com), Erişim Tarihi: 01.09.2017
- [28] [www.rubbertec.org](http://www.rubbertec.org), Erişim Tarihi: 02.09.2017
- [29] [www.jrs.eu](http://www.jrs.eu), Erişim Tarihi: 02.09.2017
- [30] KGM, 2017 Yılı Yol, Köprü, Tünel, Bitümlü Kaplamalar, Bakım ve Trafik İşlerine Ait Birim Fiyat Listesi Kitabı, KGM Yayınları, 1-41, 2017.

## EKLER

### EK 1: Marshall Karışım Dizaynları

#### [ÇTO+NB] ve [ÇTO+PMB], TMA Karışım Dizaynı



#### 4. AGREGA VE BİTÜM DENEY SONUÇLARI

Dizayn gradasyonuna uygun olarak hazırlanan agregalara yapılan deneyler ile bitüme ait deneylerin sonuçları aşağıda verilmektedir.

Lab. No: 169

Ocak Adı	Km:68 (Çiftalan) Taş Ocağı				
Kayanın cinsi	Bazalt+Andezit (MAGMATİK)				
	Kaba Agregası	İnce Agregası	Filler	ŞARTNAME LİMİTLERİ	Deney Standardı
Hacim Özgül Ağırlığı	2,711	2,703		Kaba ve İnce Agregası Abs.Şartname Lim.	TS EN 1097-6
Zahiri Özgül Ağırlığı	2,767	2,774	2,791		
Absorpsiyon %	0,75	0,94		≤ 2,0	ASTM D-2041
Karışımın Efektif Özgül Ağırlığı (deneyle)			2,752		
Karışımın Efektif Özgül Ağırlığı (hesapla)			2,743		
Cilalanma Değeri %			51,6	≥ 50	TS EN 1097-8
Hava Tesirlerine Karşı Dayanıklılık, (MgSO <sub>4</sub> ile kayıp) %			3,0	≤ 14	TS EN 1367-2
Parçalanma Direnci (Los Angeles), % Kayıp			13	≤ 25	AASHTO T-96
Yassılık İndeksi, %			12,24	≤ 25	BS 812
Soyulma Mukavemeti (gönderilen bitüm ile) %			85 - 90	≥ 60 ≥ 80	KTŞ Kısım 403 Ek-A
Plastisite İndeksi %			N.P.	NP	TS 1900-1
Kil Topakları ve Ufanabilir Daneler %			-	Bulunmayacak	ASTM C-142
Organik Madde, (% 3 NaOH ile)			Negatif	Negatif	TS EN 1744-1 Madde 15-1
Bitüm Özgül Ağırlığı (TÜPRAŞ 50/70)			1,034		TS 1087
Bitüm Penetrasyonu, dmm			58,7	50-70	TS EN 1426
Yumuşama Noktası, °C			48,4	46-54	TS EN 1427
Metilen Mavisli Deneyi %	(Taş Tozuna Yapılan)		1,5	≤ 1,5 (MB <sub>1,5</sub> ) ≤ 3,0 (MB <sub>3,0</sub> )	TS EN 933-9
	Kırılıp dövülerek elde edilen			≤ 3,0 (MB <sub>3,0</sub> )	

*mt CR*

#### 5. MARSHALL DİZAYN SONUÇLARI

KUZEY MARMARA (3. BOĞAZ KÖPRÜSÜ DAHİL) OTOYOLU PROJESİ, ODAYERİ – PAŞAKÖY (3. BOĞAZ KÖPRÜSÜ DAHİL) KESİMİNİN YİD MODELİ İLE YAPILMASI, İŞLETİLMESİ VE DEVİR PROJESİ

Bitüm Penetrasyonu	: 58,7	Kaba Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G <sub>k-h</sub>	: 2,711	Gef-deney	: 2,752
Bitüm Özgül Ağırlığı, G <sub>b</sub>	: 1,034	Kaba Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G <sub>k-z</sub>	: 2,767	Gef-hesap	: 2,743
Agreganın Bitüm Absorpsiyonu P <sub>ba</sub>	: 0,38	İnce Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G <sub>i-h</sub>	: 2,703	Karışım. Micr	: 1100 gr
Agreganın Efektif Özg. Ağırlığı, G <sub>ef</sub>	: 2,743	İnce Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G <sub>i-z</sub>	: 2,774	Darbe Sayısı	: 50
Agreganın Hacim Özg. Ağırlığı, G <sub>sb</sub>	: 2,716	Fillerin Zahiri Özgül Ağırlığı, G <sub>r-z</sub>	: 2,791	%A=Agrega Hacim %si	82,97
Agreganın Zahiri Özg. Ağırlığı, G <sub>sa</sub>	: 2,771			%B=Bitüm Hacim %si	14,09
				%H=Hava Hacim %si	3,20

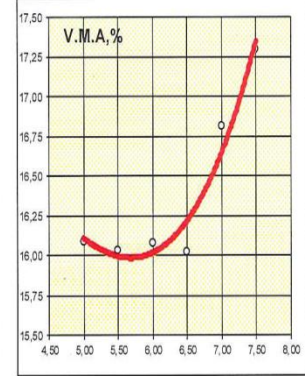
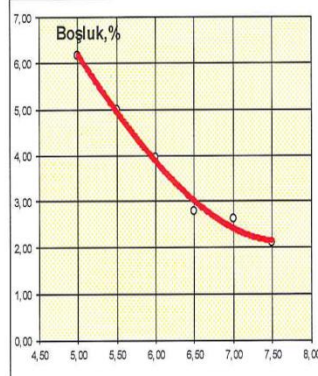
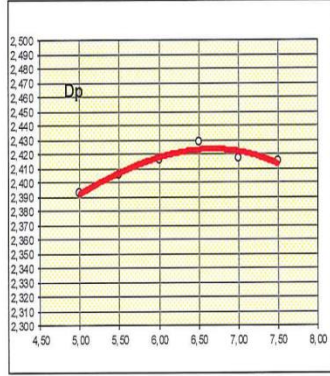
Müteahhit: İCA İÇTAŞ - ASTALDI ADI ORTAKLIĞI  
Ocak Adı: Km:68 (Çiftalan) Taş Ocağı TMA (ELYAF ile)  
Lab.No: 169

No	BİTÜM		Sıcaklık °C	YÜKSEKLİKLER,mm				Havadaki Ağırlık,g A	Sudaki Ağırlık,g C	Doy.Yüz Ağırlık,g B	Hacim cm <sup>3</sup> V	Hacim Özg. Ağırlık D <sub>p</sub>	Maks. Tec Özgül Ağ. D <sub>t</sub>	% Boşluk V <sub>h</sub>	% V.M.A
	W <sub>a</sub> ,%	g		1	2	3	ortm								
1	5,00	55,0	135	63,6	63,6	63,2	63,5	1155,9	678,5	1161,5	483,0	2,393			
2	5,00	55,0	135	63,5	63,4	63,3	63,4	1160,0	681,1	1165,7	484,6	2,394			
3	5,00	55,0	135	63,6	63,7	63,0	63,4	1151,7	675,8	1157,3	481,5	2,392			
												2,393	2,550	6,17	16,09
4	5,50	60,5	135	62,7	62,5	62,6	62,6	1159,3	681,4	1163,3	481,9	2,406			
5	5,50	60,5	135	62,5	62,2	62,4	62,4	1155,1	678,5	1158,7	480,2	2,405			
6	5,50	60,5	135	62,9	62,7	62,8	62,8	1163,5	684,3	1167,8	483,5	2,406			
												2,406	2,533	5,01	16,03
7	6,00	66,0	135	62,7	62,7	62,6	62,7	1162,4	684,1	1164,9	480,8	2,418			
8	6,00	66,0	135	62,5	62,6	62,3	62,5	1162,3	684,2	1164,6	480,4	2,419			
9	6,00	66,0	135	62,8	62,7	62,8	62,8	1162,5	683,0	1165,2	482,2	2,411			
												2,416	2,515	3,95	16,08
10	6,50	71,5	135	62,3	62,1	62,8	62,4	1174,2	693,2	1176,3	483,1	2,431			
11	6,50	71,5	135	62,5	62,2	62,6	62,4	1177,1	695,6	1180,1	484,5	2,430			
12	6,50	71,5	135	62,1	62,0	62,9	62,3	1171,3	690,8	1173,4	482,6	2,427			
												2,429	2,499	2,78	16,02
13	7,00	77,0	135	62,7	62,8	62,6	62,7	1170,7	688,2	1172,5	484,3	2,417			
14	7,00	77,0	135	62,8	62,9	62,8	62,8	1177,3	692,0	1179,2	487,2	2,416			
15	7,00	77,0	135	62,5	62,7	62,3	62,5	1164,0	684,4	1165,8	481,4	2,418			
												2,417	2,482	2,62	16,82
16	7,50	82,5	135	62,5	62,5	62,5	62,5	1174,1	689,8	1176,1	486,3	2,414			
17	7,50	82,5	135	62,3	62,5	62,6	62,5	1176,4	691,4	1178,7	487,3	2,414			
18	7,50	82,5	135	62,6	62,5	62,3	62,5	1171,8	688,2	1173,4	485,2	2,415			
												2,415	2,466	2,09	17,30
6,40	OPTİMUM BİTÜM SONUÇLARI (Crafikten)											2,422	2,502	3,18	16,15
6,40	OPTİMUM BİTÜM SONUÇLARI (Hesapla Gef_hesapla)											2,422	2,495	2,94	16,2
6,40	OPTİMUM BİTÜM SONUÇLARI (Hesapla Gef_deneyle)											2,422	2,502	3,20	16,2
TMA DİZAYN KRİTERLERİ														2 - 4	min16



6. GRAFİKLER

## KUZey MARMARA (3. BOĞAZ KÖPRÜSÜ DAHİL) OTOYOLU PROJESİ, ODAYERİ – PAŞAKÖY (3. BOĞAZ KÖPRÜSÜ DAHİL) KESİMİNİN YİD MODELİ İLE YAPILMASI, İŞLETİLMESİ VE DEVRİ PROJESİ



*Emin YÖNTER*



**TÜRKAK**  
TÜRK AKREDİTASYON KURUMU  
TURKISH ACCREDITATION AGENCY  
tarafından akredite edilmiş

Deney Raporu  
Test Report

AB-0487-T  
160/169/  
BK/1/1  
22.02.2016

Sayfa 7 / 7  
Page 7 of 7

7. SONUÇ

Yüklenici İca İçtaş & Astaldi Adi Ortaklığı'nın taahhüdü altında çalışmalarına devam edilen "Kuzey Marmara (3. Boğaz Köprüsü Dahil) Otoyolu Projesi, Odayeri – Paşaköy (3. Boğaz Köprüsü Dahil) Kesiminin YİD Modeli ile Yapılması, İşletilmesi ve Devri Projesi" kapsamında, Km:68 Çiftalan Taş Ocağı Agregası ve Akdağlar Taş Ocağından alınan Extra Filler ile TMA (Tıp-1) Tabakası Dizaynı hazırlanmıştır.

Marshall Metodu'na göre 2x50 darbeyle, 135 °C de yapılan dizayn sonucunda, Optimum Bitüm kuru agregaya göre ağırlıkça %'e 6,4 (100 gr. Kuru agrega + 6,40 gr.bitüm ve % 0,35 elyaf) olarak bulunmuştur. Optimum bitümdeki diğer sonuçlar aşağıda verilmektedir.

## TMA TİP-1 DİZAYNI

Lab. No: 169	Dizayn	Şartname
Dizayna Göre Optimum Bitüm	6,40	≥ 5,8
Elyaf Miktarı, %	0,35	(0,3-1,0)
Schellenberger Bit. Süzülme Deneyi, %	0,205	≤ 0,3
Boşluk, %	3,20	2-4
V.M.A., %	16,2	≥ 16

Yukarıda verilen dizayn sonuçları plentin çalışmasına esas olacaktır. Karışımın fiziksel özelliklerinin dizayna uygunluğunun ve sıkışmasının kontrolünde, şantiyede KTŞ 2013 Kısım 408.04.02 (TMA) için hazırlanan İşyeri Karışım Formülüne göre bulunan Dp esas alınacaktır.

Deneyi Yapan  
Test performed by

*Emin YÖNTER*  
Emin YÖNTER  
Lab. Teknisyeni

Kontrol Eden  
Controlled by

*mpadak*  
Melek PADAK  
Zem. Mek. ve Tün. Müh.

Onay  
Approval

*Nursal Hacıosmanoğlu*  
Nursal HACIOSMANOĞLU  
Üstyapı Geliştirme Şefi

*Mehmet Tokgöz*  
Mehmet TOKGÖZ  
Araştırma ve Geliştirme  
Başmühendisi

## [ÇTO+KMB], TMA Karışım Dizaynı

## TECROAD KAUÇUK KATKILI MARSHALL PİRİKETLERİ

(22.02.2016 tarih ve 169 sayılı TMA Tip-1 Dizayn Raporuna Uygun Olarak Hazırlanan)



KUZEY MARMARA (3. BOĞAZ KÖPRÜSÜ DAHİL ) OTOYOLU PROJESİ, ODAYERİ-PAŞA (3. BOĞAZ KÖPRÜSÜ DAHİL ) KESİMİ

Bitüm Penetrasyonu	: 58,7	Kaba Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, Gk-h	✓ 2,711	Gef-deney	: 2,752
Bitüm Özgül Ağırlığı, Gb	: 1,034	Kaba Agreganın Zahirî Özgül Ağırlığı, Gk-z	✓ 2,767	Gef-hesap	: 2,743
Agreganın Bitüm Absorpsiyonu Pba	: 0,38	İnce Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, Gf-h	✓ 2,703	Karışım. Mcr	: 1100 gr
Agreganın Etkelî Özg. Ağırlığı, Gef	: 2,743	İnce Agreganın Zahirî Özgül Ağırlığı, Gf-z	✓ 2,774	Darbe Sayısı	: 50
Agreganın Hacim Özg. Ağırlığı, Gsb	: 2,716	Fillerin Zahirî Özgül Ağırlığı, Gf-z	✓ 2,791	%Va=Agrega Hacim %'si	:
Agreganın Zahirî Özg. Ağırlığı, Gsa	: 2,771			%Vb=Bitüm Hacim %'si	:
				%Vh=Hava Hacim %'si	:

Müteahhit : İCA İÇTAŞ - ASTALDI ADI ORTAKLIĞI  
Ocak Adı : Km:68 ( Çiftalan ) Taş Ocağı TMA (ELYAF ile)

Lab.No : 169 22.02.2016 tarihli dizayn raporu ile (3 adet opt.bitüm %15'i kadar tecRoad kauçuk katkı piriket)

No	BITÜM		Sıcaklık °C	YÜKSEKLİKLER,mm				Havada	Sudaki	Doy.Yüz	Hacim	Hacim	Maks.Teo	%	%
	Wa,%	g		1	2	3	ortlm	Ağırlık,g	Ağırlık,g	Ağırlık,g	cm <sup>3</sup>	Özg.Ağırlık	Özgül Ağırlık	Boşluk	V.M.A
10	6,40	70,4	150	62,3	62,1	62,4	62,3	1169,1	691,4	1173,4	482,0	2,426			
11	6,40	70,4	150	62,9	63,0	62,4	62,8	1171,2	691,7	1175,0	483,3	2,423			
12	6,40	70,4	150	62,7	62,8	62,9	62,8	1169,8	691,3	1173,7	482,4	2,425			
												2,425	2,502	3,09	16,09
6,40	OPTİMUM BITÜM SONUÇLARI (Gratikon)										2,422	2,502	3,18	16,15	
6,40	OPTİMUM BITÜM SONUÇLARI (Hesapla Gef_hesapla)										2,422	2,486	2,94	16,2	
6,40	OPTİMUM BITÜM SONUÇLARI (Hesapla Gef_deneyle)										2,422	2,502	3,20	16,2	
TMA DIZAYN KRİTERLERİ													2 - 4	min16	

6,40 opt. Bitümün %15 i kadar tecRoadlu piriketler (opt.bit. %15 azaltılarak)

Orj. Elyaf dizayn (22.02.2016)

## TECROAD KAUÇUK KATKILI MARSHALL PİRİKETLERİ


Lab.No: 169

	Opt. Bitümün %15 i kadar TecRoad kauçuk katkı piriketler (Opt.bitüm %15 azaltılarak)	DİZAYN	ŞARTNAME
A- Dizayna Göre Optimum Bitüm	6,40	6,40	Min 5,8
B- Karışıma Eklenen Bitüm (50/70) B = A-(Ax0,15) veya B = A-C	5,44	-	
C- Karışıma Konan Katkı Mik. (Bitümün % 15 i) C = (A x0,15)	0,96	-	
D- Katkıdan gelen bitüm (Üreticinin bildirdiği) D = (C x 0,43)	0,41	-	
E- Karışımındaki Reel Bitüm (% e) E = (B+D)	5,85	6,40	
Schellenberger Bit. Süzülme Deneyi %	-	0,205	Maks.0,3
İndirekt Çekme Mukavemeti(İÇM) Oranı,min. %	-	-	
Boşluk, %	3,09	3,20	2-4
V.M.A, %	16,09	16,2	Min. 16
Pratik özgül ağırlık, Dp	2,425	2,422	-

Nursal HACIOSMANOĞLU  
Üstyapı Geliştirme Şefi

Mehmet TOKBOZ  
AR-GE Başmühendisi

## [ÇTO+ NB]'li Asfalt Betonlu Aşınma, Binder ve Bitümlü Temel Karışım Dizaynı

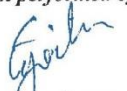



	<b>TÜRKAK</b> <b>TÜRK AKREDİTASYON KURUMU</b> TURKISH ACCREDITATION AGENCY <i>tarafından akredite edilmiş</i>	AB-0487-T
	<i>Deney Raporu</i> Test Report	160/285/ BK/1/1
		11.04.2016
		Sayfa 5 / 5 Page 5 of 5

**5- SONUÇ:**

AR-GE Başmühendisliği Laboratuvarına getirilen Km: 68 Çiftalan Taş Ocağına ait agregalara, firma tarafından hazırlanmış olan Aşınma Tabakası Tip-1 Dizaynının kontrolü amacıyla fiziki deneyler yapılmış olup sonuçlar KTŞ 2013 Kısım 407 Aşınma Tabakası kriterlerine uygundur. Elek analizi sonucu bulunan gradasyon; dizayn toleransları içinde kalmaktadır. Ayrıca optimum bitümlü laboratuvarımızda hazırlanmış olan kontrol piriketlerinin sonuçları aşağıdaki tabloda verilmiş olup dizayna uygun bulunmuştur.

Bu durumda yüklenici İCA İctaş – Astaldi İş Ortaklığı taahhüdünde bulunan “Kuzey Marmara (3. Boğaz Köprüsü Dâhil) Otoyolu Projesi, Odayeri–Paşaköy (3. Boğaz Köprüsü Dâhil) Kesiminin Yap-İşlet-Devret Projesi” için; 15/03/2016 tarihinde İCA İctaş – Astaldi İş Ortaklığı tarafından hazırlanmış olan **“Aşınma Tabakası Tip-1 Marshall Dizayn Raporu”** kullanılabilir.

	Dizayn (15/03/2016 tarihinde firma tarafından hazırlanan)	Kontrol Piriket Değerleri	Şartname (KTŞ 2013)
Optimum Bitüm %'e	5,0	5,0	± 0,2
Hacim Özgül Ağırlık, Dp	2,429	2,434	
Boşluk, %	4,10	3,91	3-5
V.M.A, %	14,4	14,20	14-16
Asfalt Dolu Boşluk, %	71,3	72,4	65-75

<i>Deneyi Yapan</i> <i>Test performed by</i>  <b>Emine YÖNTER</b> Lab. Teknisyeni	<i>Kontrol Eden</i> <i>Controlled by</i>  <b>Melek PATAK</b> Zem. Mek. ve Tün. Müh.	<i>Kontrol Eden</i> <i>Controlled by</i>  <b>Nursal HACIOSMANOĞLU</b> Üstyapı Geliştirme Şefi	<i>Onay</i> <i>Approval</i>  <b>Mehmet TOKGÖZ</b> Araştırma ve Geliştirme Başmühendisi
--	--	---	--



TÜRKAK  
TÜRK AKREDİTASYON KURUMU  
TURKISH ACCREDITATION AGENCY  
tarafından akredite edilmiş

AB-0487-T  
160/1232/  
BK/2/2  
25.02.2016

Deney Raporu  
Test Report

Sayfa 7 / 7  
Page 7 of 7

## 7. SONUÇ

Yüklenici İCA İçtaş – Astaldi Adi Ortaklığı'nın taahhüdü altında çalışmalarına devam edilen "Kuzey Marmara (3. Boğaz Köprüsü Dâhil) Otoyolu Projesi, Odayeri-Paşaköy (3. Boğaz Köprüsü Dâhil) Kesiminin Yap-İşlet-Devret Projesi" için Km:68 Çiftalan Taş Ocağı'ndan alınarak Araştırma ve Geliştirme Başmühendisliği laboratuvarına gönderilen agregalar ve AC 50/70 bitüm ile Binder Tabakası Dizaynı hazırlanmıştır.

Marshall Metoduna göre 2x75 darbeyle, 145 °C sıcaklıkta yapılan dizayn sonucunda, Optimum Bitüm kuru agregaya göre ağırlıkça %'e 4,45 (100 gr. Kuru agrega + 4,45 bitüm) olarak bulunmuştur. Optimum bitümdeki diğer sonuçlar aşağıda verilmektedir.

Lab. No: 1232	BİNDER DİZAYNI	
	Dizayn	Şartname
Dizayna Göre Optimum Bitüm	4,45	± 0,2
Pratik Özgül Ağırlık	2,436	
Boşluk, %	4,76	4-6
Asfalt Dolu Boşluk, %	65,2	60-75
V.M.A, %	13,7	13-15
Stabilite kg.	1193	≥ 750
Akma, mm.	2,68	2-4
İndirekt Çekme Mukavemeti (İÇM) Oranı, min.	94,1	≥ 80

Yukarıda verilen dizayn sonuçları plentin çalışmasına esas olacaktır. Karışımın fiziksel özelliklerinin dizayna uygunluğunun ve sıkışmasının kontrolünde, şantiyede KTŞ 2013 Kısım 407.04.02 (Binder) için hazırlanan İşyeri Karışım Formülüne göre bulunan Dp esas alınacaktır.

Deneyi Yapan  
Test performed by

Emin YÖNTER  
Lab. Teknisyeni

Kontrol Eden  
Controlled by

Melek PADAK  
Zem. Mek. ve Tün. Müh.

Nursal HACIOSMANOĞLU  
Üstyapı Geliştirme Şefi

Onay  
Approval

Mehmet TOKGÖZ  
Araştırma ve Geliştirme  
Başmühendisi





TÜRKAK  
TÜRK AKREDİTASYON KURUMU  
TURKISH ACCREDITATION AGENCY  
tarafından akredite edilmiş

AB-0487-T  
160/1232/  
BK/1/2  
25.02.2016

Deney Raporu  
Test Report

Sayfa 7 / 7  
Page 7 of 7

### 7. SONUÇ

Yüklenici İCA İçtaş – Astaldi Adi Ortaklığı' nın taahhüdü altında çalışmalarına devam edilen 'Kuzey Marmara (3. Boğaz Köprüsü Dâhil) Otoyolu Projesi, Odayeri – Paşaköy Kesiminin Yap-İşlet-Devret Projesi' için, Km:68 Çiftalan Taş Ocağı' ndan alınarak Araştırma ve Geliştirme Başmühendisliği laboratuvarına gönderilen agregalar ve AC 50/70 bitüm ile **Bitümlü Temel Tabakası** Dizaynı hazırlanmıştır.

Marshall Metoduna göre 2x75 darbeyle, 150 °C sıcaklıkta yapılan dizayn sonucunda, Optimum Bitüm kuru agregaya göre ağırlıkça %'e 4,05 (100 gr. Kuru agrega + 4,05 bitüm) olarak bulunmuştur. Optimum bitümdeki diğer sonuçlar aşağıda verilmektedir.

Lab. No: 1232	BİTÜMLÜ TEMEL DİZAYNI	
	Dizayn	Şartname
Dizayna Göre Optimum Bitüm	4,05	± 0,3
Pratik Özgül Ağırlık	2,453	
Boşluk, %	4,81	4-6
Asfalt Dolu Boşluk, %	63,0	55-75
V.M.A, %	13,0	12-14,5
Akma, mm.	2,77	2-5
Stabilite kg.	1245	≥ 600
İndirekt Çekme Mukavemeti (İÇM) Oranı, min. %	83,1	Min. 80

Yukarıda verilen dizayn sonuçları plentin çalışmasına esas olacaktır. Karışımın fiziksel özelliklerinin dizayna uygunluğunun ve sıkışmasının kontrolünde, şantiyede KTŞ 2013 Kısım 406.04.02 (Bitümlü Temel) için hazırlanan İşyeri Karışım Formülüne göre bulunan Dp esas alınacaktır.

Deneyi Yapan  
Test performed by

Emin YÖNTER  
Lab. Teknisyeni

Kontrol Eden  
Controlled by

Melek PADAK  
Zem. Mek. ve Tün. Müh.

Onay  
Approval

Nursal HACIOSMANOĞLU  
Üstyapı Geliştirme Şefi

Mehmet TOKGÖZ  
Araştırma ve Geliştirme  
Başmühendisi

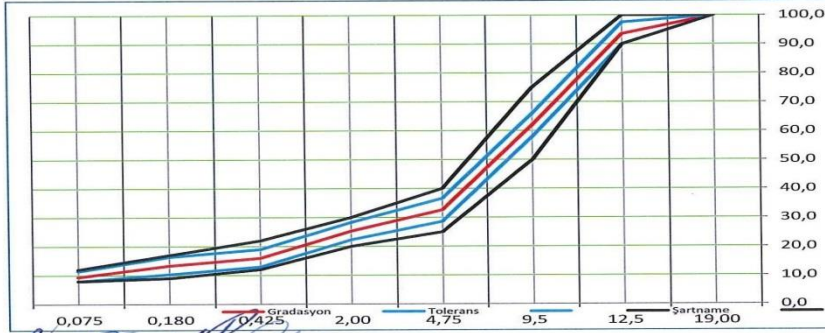
## [UTO+NB] ve [UTO+PMB], TMA Karışım Dizaynı

## 3. GRADASYON

Kuzey Marmara (3. Boğaz Köprüsü Dahil) Otoyolu Projesi, Odayeri - Paşaköy Kesimi YİD Modeli İle Yapılması, İşletilmesi ve Devri Projesi

Müteahhit Ocak Adı **İca İçtaş - Astaldi Adi Ortaklığı**  
 Km:77 (Uskumruköy) Taş Ocağı TMA (Elyaf ile)  
 Lab. No **1182**

Elek Açıklığı	Karışım oranları						Toleranslı karışım limitleri	K.T.Ş TMA Tip-1 Kıs 408-1 2013		Ort.		
	11	58	23	8	100							
mm	İnc	3/4"-1/2"	1/2"-No.4	No.4-0	Filler (Akdağlar T.O.)	Karışım						
37,5	1 1/2"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100	100	100,0	
25	1"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100	100	100,0	
19	3/4"	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100	100	100,0	
12,5	1/2"	45,7	99,1	100,0	100,0	100,0	93,5	90,0	90	100	95,0	
9,5	3/8"	1,5	53,1	100,0	100,0	100,0	62,0	58,0	66,0	50	75	62,5
4,75	No.4	0,2	2,7	100,0	100,0	100,0	32,6	29,6	35,6	25	40	32,5
2,00	No.10	0,0	0,0	75,2	100,0	100,0	25,3	22,3	28,3	20	30	25,0
0,425	No.40	0,0	0,0	34,7	100,0	100,0	16,0	13,0	19,0	12	22	17,0
0,18	No.80	0,0	0,0	25,6	93,5	100,0	13,4	10,4	16,4	9	17	13,0
0,075	No.200	0,0	0,0	12,9	80,8	100,0	9,4	8,0	11,4	8	12	10,0



## 4. AGREGA VE BİTÜM DENEY SONUÇLARI

Dizayn gradasyonuna uygun olarak hazırlanan agregalara yapılan deneyler ile bitüme ait deneylerin sonuçları aşağıda verilmektedir.

Lab. No **1182**

Ocak Adı		Km:77 (Uskumruköy) Taş Ocağı TMA (Elyaf ile)			
Kayanın cinsi		Bazalt+Andezit (MAGMATİK)			
	Kaba Agrega	İnce Agrega	Filler	ŞARTNAME LİMİTLERİ	Deney Standardı
Hacim Özgül Ağırlığı	2,757	2,756		Kaba ve İnce Agrega	TS EN 1097-6
Zahiri Özgül Ağırlığı	2,809	2,817	2,749	Abs.Şartname Lim.	
Absarbsiyonu %	0,66	0,78		≤ 2,0	
Karışımın Efektif Özgül Ağırlığı (deneyle)			2,787		ASTM D-2041
Karışımın Efektif Özgül Ağırlığı (hesapla)			2,784		
Cırlanma Değeri %			51,6	≥ 50	TS EN 1097-8
Hava Tesirlerine Karşı Dayanıklılık, (MgSO4 ile kayıp) %			3,0	≤ 14	TS EN 1367-2
Parçalanma Direnci (Los Angeles), % kayıp			15	≤ 25	AASHTO T-96
Yassılık İndeksi, %			12,24	≤ 25 ≥ 60	BS 812
Soyulma Mukavemeti (gönderilen bitüm ile) %			85 - 90	≥ 60 Min 80	KTŞ Kısım 403 Ek-A
Plastisite İndeksi %			N.P.	NP	TS 1900-1
Kil Topakları ve Ufanabilir Daneler %			-	Bulunmayacak	ASTM C-142
Organik Madde, (% 3 NaOH ile)			Negatif	Negatif	TS EN 1744-1 Madde 15-1
Bitüm Özgül Ağırlığı (TÜPRAŞ 50/70)			1,027		TS 1087
Bitüm Penetrasyonu, dmm			58,7	50-70	TS EN 1426
Yumuşama Noktası, °C			48,4	46-54	TS EN 1427
Metilen Mavisli Deneyi %	(Taş Tozuna Yapılan)		1,5	≤ 1,5 (MB <sub>1,5</sub> )	TS EN 933-9
	Kırılıp dövülerek elde edilen			≤ 3,0 (MB <sub>3,0</sub> )	



## 5. MARSHALL DİZAYN SONUÇLARI

### KUZEY MARMARA (3. BOĞAZ KÖPRÜSÜ DAHİL) OTOYOLU PROJESİ, ODAYERİ – PAŞAKÖY (3. BOĞAZ KÖPRÜSÜ DAHİL) KESİMİNİN YİD MODELİ İLE YAPILMASI, İŞLETİLMESİ VE DEVİRİ PROJESİ

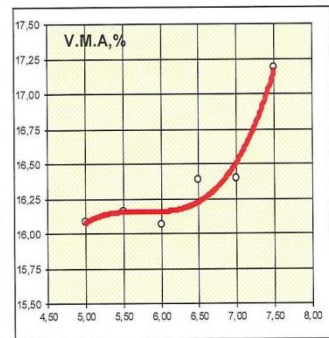
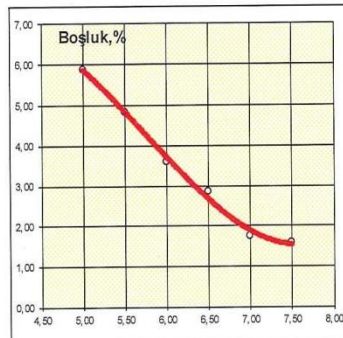
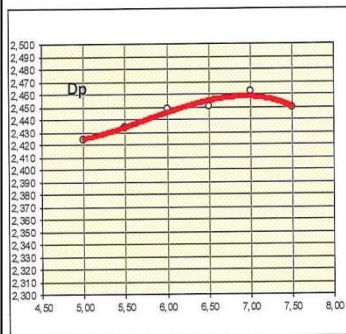
Bitüm Penetrasyonu	: 58,7	Kaba Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G <sub>k-h</sub>	2,753	Gef-deney	: 2,787
Bitüm Özgül Ağırlığı, G <sub>b</sub>	: 1,027	Kaba Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G <sub>k-z</sub>	2,823	Gef-hesap	: 2,784
Agreganın Bitüm Absorpsiyonu P <sub>ba</sub>	: 0,43	İnce Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, G <sub>i-h</sub>	2,750	Karışım. Micr	: 1100 gr
Agreganın Etkelilif Özg. Ağırlığı, G <sub>ef</sub>	: 2,784	İnce Agreganın Zahiri Özgül Ağırlığı, G <sub>i-z</sub>	2,824	Darbe Sayısı	: 50
Agreganın Hacim Özg. Ağırlığı, G <sub>sb</sub>	: 2,752	Fillerin Zahiri Özgül Ağırlığı, G <sub>r-z</sub>	2,749	%Va=Agrega Hacim %'si	: 82,97
Agreganın Zahiri Özg. Ağırlığı, G <sub>sa</sub>	: 2,816			%Vb=Bitüm Hacim %'si	: 13,83
				%Vh=Hava Hacim %'si	: 3,27

Müteahhit **ICA İÇTAŞ - ASTALDI ADI ORTAKLIĞI**  
 Ocak Adı **Km:77 (Uskumruköy) Taş Ocağı TMA (Elyaf ile)**  
 Lab. No **1182**

No	BITÜM		Sıcaklık °C	YÜKSEKLİKLER,mm				Havadaki Ağırlık,g A	Sudaki Ağırlık,g C	Doy.Yüz Ağırlık,g B	Hacim cm <sup>3</sup> V	Hacim Özg.Ağırl D <sub>p</sub>	Maks.Ted Özgül Ağ. D <sub>t</sub>	% Boşluk V <sub>h</sub>	% V.M.A
	W <sub>a</sub> ,%	g		1	2	3	ortlm								
1	5,00	55,0	135	63,3	63,2	63,2	63,2	1154,0	682,8	1159,4	476,6	2,421			
2	5,00	55,0	135	63,2	63,5	63,4	63,4	1154,4	684,8	1160,1	475,3	2,429			
3	5,00	55,0	135	63,1	63,0	63,2	63,1	1153,2	681,2	1156,9	475,7	2,424			
												2,425	2,576	5,88	16,09
4	5,50	60,5	135	62,9	62,8	63,0	62,9	1156,0	684,6	1160,3	475,7	2,430			
5	5,50	60,5	135	62,6	62,5	62,4	62,5	1159,2	687,3	1162,2	474,9	2,441			
6	5,50	60,5	135	62,1	62,3	62,0	62,1	1157,2	684,2	1160,2	476,0	2,431			
												2,434	2,558	4,85	16,17
7	6,00	66,0	135	62,2	62,8	62,6	62,5	1166,4	691,1	1168,8	477,7	2,442			
8	6,00	66,0	135	62,2	62,0	62,2	62,1	1164,7	690,9	1166,2	475,3	2,450			
9	6,00	66,0	135	62,2	62,3	62,2	62,2	1167,7	693,5	1169,6	476,1	2,453			
												2,448	2,540	3,62	16,08
10	6,50	71,5	135	62,0	62,3	62,1	62,1	1172,7	695,8	1174,1	478,3	2,452			
11	6,50	71,5	135	62,0	62,1	62,0	62,0	1171,4	694,1	1172,6	478,5	2,448			
12	6,50	71,5	135	62,1	62,3	62,2	62,2	1173,2	695,3	1173,9	478,6	2,451			
												2,450	2,523	2,87	16,40
13	7,00	77,0	135	61,3	61,5	61,4	61,4	1173,1	696,6	1173,6	477,0	2,459			
14	7,00	77,0	135	61,5	61,7	61,6	61,6	1177,8	699,9	1178,3	478,4	2,462			
15	7,00	77,0	135	61,1	61,2	61,3	61,2	1174,6	698,6	1175,3	476,7	2,464			
												2,462	2,506	1,75	16,41
16	7,50	82,5	135	61,3	61,5	61,5	61,4	1181,2	702,0	1182,6	480,6	2,458			
17	7,50	82,5	135	61,6	61,4	61,5	61,5	1178,0	696,4	1178,3	481,9	2,444			
18	7,50	82,5	135	61,2	61,3	61,1	61,2	1179,6	697,8	1179,9	482,1	2,447			
												2,450	2,489	1,58	17,20
6,15	OPTIMUM BITÜM SONUÇLARI (Grafikten)											2,452	2,535	3,30	16,17
6,15	OPTIMUM BITÜM SONUÇLARI (Hesapla Gef <sub>f</sub> hesapla)											2,452	2,533	3,20	16,1
6,15	OPTIMUM BITÜM SONUÇLARI (Hesapla Gef <sub>f</sub> deneyle)											2,452	2,535	3,27	16,1
TMA DİZAYN KRİTERLERİ														2-4	min16

## 6. GRAFİKLER

### Kuzey Marmara (3. Boğaz Köprüsü Dahil) Otoyolu Projesi, Odayeri-Paşaköy Kesimi YİD Modeli İle Yapılması, İşletilmesi ve Devri Projesi



*[Handwritten signature]*



**TÜRKAK**  
**TÜRK AKREDİTASYON KURUMU**  
 TURKISH ACCREDITATION AGENCY  
 tarafından akredite edilmiş

AB-0487-T  
 160/1182/  
 BK/1/1  
 22.02.2016

Deney Raporu  
 Test Report

Sayfa 7 / 7  
 Page 7 of 7

## 7. SONUÇ

Yüklenici İca İçtaş & Astaldi Adi Ortaklığı'nın taahhüdü altında çalışmalarına devam edilen "Kuzey Marmara (3. Boğaz Köprüsü Dahil) Otoyolu Projesi, Odayeri – Paşaköy (3. Boğaz Köprüsü Dahil) Kesiminin YİD Modeli İle Yapılması, İşletilmesi ve Devri Projesi" kapsamında, Km:77 Uskumruköy Taş Taş Ocağı agregası ve Akdağlar Taş Ocağından alınan extra filler ile TMA (Tip-1) Tabakası Dizaynı hazırlanmıştır.

Marshall Metoduna göre 2x50 darbeyle, 135 °C de yapılan dizayn sonucunda, Optimum Bitüm kuru agregaya göre ağırlıkça %'e 6,15 (100 gr. Kuru agregası + 6,15 gr.bitüm ve % 0,35 elyaf) olarak bulunmuştur. Optimum bitümdeki diğer sonuçlar aşağıda verilmektedir.

### TMA DİZAYNI

Lab. No: 1182	Dizayn	Şartname
Dizayna Göre Optimum Bitüm	6,15	Min 5,8
Elyaf Miktarı %	0,35	(0,3-1,0)
Pratik Özgül Ağırlık Dp, (gr./cm <sup>3</sup> )	2,452	
Schellenberger Bit. Süzülme Deneyi %	0,205	Maks.0,3
Boşluk, %	3,27	2-4
V.M.A, %	16,1	Min. 16

Yukarıda verilen dizayn sonuçları plentin çalışmasına esas olacaktır. Karışımın fiziksel özelliklerinin dizayna uygunluğunun ve sıkışmasının kontrolünde, şantiyede KTŞ 2013 Kısım 408.04.02 (TMA) için hazırlanan İşyeri Karışım Formülüne göre bulunan Dp esas alınacaktır.

Deneyi Yapan  
 Test performed by

  
 Emin YÖNTER  
 Lab. Teknisyeni

Kontrol Eden  
 Controlled by

  
 Melek PADAK  
 Zem. Mek. ve Tün. Müh.

Onay  
 Approval

  
 Nursal HACIOSMANOĞLU  
 Üstyapı Geliştirme Şefi

  
 Mehmet TOKGÖZ  
 Araştırma ve Geliştirme  
 Başmühendisi



## [UTO+KMB], TMA Karışım Dizaynı

## TECROAD KAUÇUK KATKILI MARSHALL PİRİKETLERİ

(04.03.2016 tarih ve 1182 sayılı TMA Tip-1 Dizayn Raporuna Uygun Olarak Hazırlanan)



KUZEY MARMARA (3. BOĞAZ KÖPRÜSÜ DAHİL ) OTOYOLU PROJESİ (Avrupa KESİMİ )

Bitüm Penetrasyonu	: 58,7	Kaba Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, Gk-h	2,753	Gef-deneysel	: 2,787
Bitüm Özgül Ağırlığı, Gb	: 1,027	Kaba Agreganın Zahirî Özgül Ağırlığı, Gk-z	2,823	Gef-hesap	: 2,784
Agreganın Bitüm Absorpsiyonu Pba	: 0,43	İnce Agreganın Hacim Özgül Ağırlığı, Gi-h	2,750	Karşım. Micir	: 1100 gr
Agreganın Effektiv Özg. Ağırlığı, Gef	: 2,784	İnce Agreganın Zahirî Özgül Ağırlığı, Gi-z	2,824	Darbe Sayısı	: 50
Agreganın Hacim Özg. Ağırlığı, Gsb	: 2,752	Fillerin Zahirî Özgül Ağırlığı, Gf-z	2,749	%Va=Agrega Hacim %'si	:
Agreganın Zahirî Özg. Ağırlığı, Gsa	: 2,816			%Vb=Bitüm Hacim %'si	:
				%Vh=Hava Hacim %'si	:

Müteahhit : İCA İÇTAŞ - ASTALDI ADI ORTAKLIĞI

Ocak Adı : Km:77 ( Üskümrü Köy ) Taş Ocağı TMA (Elyaf ile)

Lab.No : 1182 04.03.2016 tarihli ve 1182 sayılı dizayn raporu ile (3 adet opt.bit.ün % 15i kadar TecRoad kauçuk katkı piriket)

No	BİTÜM		Sıcaklık °C	YÜKSEKLİKLER,mm				Havada	Sudaki	Doy.Yüz	Hacim	Hacim	Maks.Teo.	%	%
	Wa,%	g		1	2	3	ortm	Ağırlık,g	Ağırlık,g	Ağırlık,g	cm³	Özg.Ağırlık	Özgül Ağırlık	Boşluk	V.M.A
							A	C	B	V	Dp	Dt	Vh		
7	6,15	67,7	150	62,7	62,8	62,9	62,8	1165,4	694,2	1169,5	475,3	2,452			
8	6,15	67,7	150	62,6	62,9	63,0	62,8	1165,0	695,9	1170,3	474,4	2,456			
9	6,15	67,7	150	62,7	62,8	63,1	62,9	1169,0	696,1	1172,9	476,8	2,452			
												2,453	2,535	3,22	16,03
OPTIMUM BITÜM SONUÇLARI (Grafikten)											2,452	2,535	3,30	16,17	
OPTIMUM BITÜM SONUÇLARI (Hesapla - Gef-hesapla)											2,452	2,533	3,20	16,1	
OPTIMUM BITÜM SONUÇLARI (Hesapla - Gef-deneysel)											2,452	2,535	3,27	16,1	
TMA DİZAYN KRİTERLERİ													2-4	min16	

6,15 opt. Bitümün %15 i kadar TecRoadlu piriketler (opt.bit. %15 azaltılarak 29.02.2016)

Orj. Elyafli dizayn (22.02.2016)

## TECROAD KAUÇUK KATKILI MARSHALL PİRİKETLERİ

Lab.No: 1182	Opt. Bitümün %15 i kadar TecRoad kauçuk katkı piriketler (Opt.bitüm %15 azaltılarak)	DİZAYN	ŞARTNAME
A- Dizayna Göre Optimum Bitüm %'e	6,15	6,15	Min 5,8
B- Karışıma Eklenen Bitüm (50/70) B = A-(A x 0,15) veya B = A-C	5,23	-	
C- Karışıma Konan Katkı Mik. (Bitümün % 15 i) C = (A x 0,15)	0,92	-	
D- Katkıdan gelen bitüm (Üreticinin bildirdiği) D = (C x 0,43)	0,40	-	
E- Karışımındaki Reel Bitüm (% e) E = (B+D)	5,62	6,15	
Schellenberger Bit. Süzülme Deneyi %	0,190	0,205	Maks.0,3
İndirekt Çekme Mukavemeti (İÇM) Oranı, min. %	-	-	
Boşluk, %	3,22	3,27	2-4
V.M.A, %	16,03	16,1	Min. 16
Pratik özgül ağırlık, Dp	2,453	2,452	-

Nursal HACIOSMANOĞLU  
Üstyapı Geliştirme Şefi

Mehmet YILMAZ  
AR-GE Başmühendisi

## [UTO+ NB]'li Asfalt Betonunu Aşınma, Binder ve Bitümlü Temel Karışım Dizaynı



TÜRKAK  
TÜRK AKREDİTASYON KURUMU  
TURKISH ACCREDITATION AGENCY  
tarafından akredite edilmiş

AB-0487-T  
160/829/  
BK/1/1-R.01  
01.02.2016

Deney Raporu  
Test Report

Sayfa 7 / 7  
Page 7 of 7

### 7. SONUÇ

Yüklenici İCA İÇTAŞ – ASTALDI ADI ORTAKLIĞI taahhüdünde bulunan "Kuzey Marmara (3. Boğaz Köprüsü dahil) Otoyol Projesi, Odayeri-Paşaköy (3.Boğaz Köprüsü dahil) Kesimi YİD Modeli İle Yapılması, İşletilmesi ve Devri İşi" için **Km:77 Uskumruköy Taş Ocağı** agregası ile **Aşınma Tabakası** Tip-2 Dizaynı hazırlanmıştır.

Marshall Metoduna göre 2x75 darbeyle yapılan dizayn sonucunda, Optimum Bitüm kuru agregaya göre ağırlıkça %'e 5,80 (100 gr. Kuru agregası + 5,80 bitüm) olarak bulunmuştur. Optimum bitümdeki diğer sonuçlar aşağıda verilmektedir

Asfalt Betonunu Dizayn Kriterleri (Aşınma TİP-2)	Dizayn	Şartname
Bitüm (ağırlıkça, 100'e)	5,80	± % 0,2
Pratik Özgül Ağırlık	2,456	
Stabilite kg.	1281	Min. 900
Boşluk, %	4,09	3-5
Asfalt Dolu Boşluk, %	74,3	65 - 75
V.M.A, %	15,9	14 - 16
Akma, mm.	2,94	2 - 4

Deneyi Yapan  
Test performed by

Emin YÖNTER  
Lab. Teknisyeni

Kontrol Eden  
Controlled by

Nürsal HACIOSMANOĞLU  
Üstyapı Geliştirme Şefi

Onay  
Approval

Mehmet TOKGÖZ  
Araştırma ve Geliştirme  
Başmühendisi

## 1 – GİRİŞ :

“Kuzey Marmara (3. Boğaz Köprüsü dahil) Otoyol Projesi, Odayeri-Paşaköy (3.Boğaz Köprüsü dahil) Kesimi” işi kapsamında Avrupa Yakasında kullanılmak üzere Km:77+000 taş ocağı (Uskumruköy Cıvarı) na ait agregalar ile Asfalt Betonlu Binder Tabakası Karışım Dizaynının yapılması istenmiştir.

## 2 – YAPILAN ÇALIŞMALAR (Karışım Oranları-Karışım Gradasyonu-Tolerans Limitleri) :

Dizaynda, Km:77+000 Taş ocağı (Uskumruköy Cıvarı) na ait konkasör tesislerinde üretilen (1"-3/4"), (3/4" – 1/2"), (1/2" – No.4) ve (No.4 – 0) dane boyutu grubu agregalar ile yapılan elek analizi ve kalite kontrol amaçlı fiziki deneyler tablolarda verilmektedir.

g GZ CR


## 4- KARIŞIMIN DENEY SONUÇLARI (Uskumruköy -AB Binder)

Marshall Metoduna göre 2x75 darbeyle yapılan dizayn sonucunda, Optimum Bitüm kuru agregaya göre ağırlıkça % (100 gr. Kuru agrega + 4,65 bitüm) olarak bulunmuştur. Optimum bitümdeki diğer sonuçlar aşağıda verilmektedir.

	Dizayn	Şartname
Dizayna Göre Optimum Bitüm	4,65	± 0,2
Pratik Özgül Ağırlık	2,466	
Stabilite kg.	1532	Min. 750
Boşluk, %	4,78	4-6
Asfalt Dolu Boşluk, %	66,0	60-75
V.M.A, %	14,1	13-15
Akma, mm	3,45	2-4

  
Emine YÖNTER  
Lab.Teknisyeni

  
Gizem Tuğçe ÇİL  
Kimya Mühendisi  
(UBM Müşavirlik)

  
Nursal HACIOSMANOĞLU  
Üstyapı Gel.Şefi

  
Hüseyin ÇELİK  
Arazi Müh.  
Ar-Ge Başmühendisi a.



## 1 – GİRİŞ :

"Kuzey Marmara (3. Boğaz Köprüsü dahil) Otoyol Projesi, Odayeri-Paşaköy (3.Boğaz Köprüsü dahil) Kesimi" işi kapsamında Avrupa Yakasında kullanılmak üzere Km:77+000 taş ocağı (Uskumruköy Cıvartı)' na ait konkasör tesislerinde üretilmiş 4'er tip agrega ile Asfalt Betonlu Bitümlü Temel Tabakası Karışım Dizaynının yapılması istenmiştir.

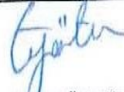
## 2 – YAPILAN ÇALIŞMALAR (Karışım Oranları-Karışım Gradasyonu-Tolerans Limitleri) :

Dizaynda, Km:77+000 Taş ocağı (Uskumruköy Cıvartı)' na ait konkasör tesislerinde üretilen (1 1/2"-3/4"), (3/4" – 1/2"), (1/2" – No.4) ve (No.4 – 0) dane boyutu grubu agregalar ile yapılan elek analizi ve kalite kontrol amaçlı fiziki deneyler tablolarda verilmektedir.

## 4- KARIŞIMIN DENEY SONUÇLARI (Uskumruköy-AB Bitümlü Temel)

Marshall Metoduna göre 2x75 darbeyle yapılan dizayn sonucunda, Optimum Bitüm kuru agregaya göre ağırlıkça % (100 gr. Kuru agrega +4,5 bitüm) olarak bulunmuştur. Optimum bitümdeki diğer sonuçlar aşağıda verilmektedir.

	Dizayn	Şartname
Dizayna Göre Optimum Bitüm	4,50	± 0,3
Pratik Özgül Ağırlık	2,442	
Stabilite kg.	1101	Min. 600
Boşluk, %	5,03	4-6
Asfalt Dolu Boşluk, %	64,3	55-75
V.M.A, %	14,1	12-14,5
Akma, mm.	2,91	2-5



Emin YÖNTER  
Lab.Teknisyeni



Gizem Tuğçe ÇİL  
Kimya Mühendisi  
(UBM Müşavirlik)



Nursal HACIOSMANOĞLU  
Üstyapı Gel.Şefi

M. Fatih DOK  
Ar-Ge Başmühendisi

## EK 2: Karışım Dizaynlarına Ait Performans Deney Sonuçları

### [ÇTO+NB], [ÇTO+PMB] ve [ÇTO+KMB]'li TMA Aşınma Tabakası Karışımlarına Ait Performans Deney Sonuçları

Sayfa 2 / 5 Page 2 of 5	<b>Karayolları Genel Müdürlüğü</b> <b>Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı</b> <b>Bitümlü Karışımlar Laboratuvarı</b> Vecdi Diker Eğitim ve Araştırma Merkezi 06790 Etimesgut/ ANKARA	ARGE-0-BK 155-91654 -BK-1/1 31.03.2016		
	<b>Deney Raporu</b> <b>Test Report</b>			
<b>Raporun Tarihi</b> : 31.03.2016 <b>Yazarın Adı Soyadı:</b> Hakan ORAL <b>Gönderildiği Yer</b> : Karayolları 1. Bölge Müdürlüğü <b>Konusu</b> : <b>Tekerlek İzinde Oturma, İÇM Deneyleri</b> <b>Lab No</b> : 21-29 <b>İlgi</b> : 04.03.2016 tarih ve 26402216-160/91654 sayılı yazı				
<p>İlgi yazı ile yapım çalışmaları devam eden Kuzey Marmara (3. Boğaz Köprüsü Dahil) Otoyolu Projesi Odayeri-Paşaköy (3. Boğaz Köprüsü Dahil) Kesimi YİD Modeli ile Yapılması, İşletilmesi ve Devri İş Kapsamında Km:68+000 Çiftalan T.O. Agregası ve Akdağlar T.O. filleri ile hazırlanan TMA dizaynına uygun karışım numuneleri ve tecRoad kauçuk katkısı eklenerek hazırlandığı beyan edilen katkılı karışım numuneleri laboratuvarımıza getirilerek <b>İndirekt Çekme Mukavemeti(İÇM) ve Tekerlek İzinde Oturma(TİO) deneylerinin yapılması talep edilmiştir.</b></p> <p>Sıcak Karışım numunelerine talep edilen deneyler yapılarak sonuçları aşağıdaki tablolarda verilmiştir.</p>				
<b>İÇM DENEYİ (KATKISIZ)</b>				
	<b>DENEY ADI</b>	<b>Dp (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Vh (%)</b>	<b>DENEY SONUCU (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
	Koşullu İÇM	2,443	2,34	10,56
	Koşulsuz İÇM	2,443	2,34	13,06
	Çekme Mukavemeti Oranı, %			<b>80,9</b>

Sayfa 3 / 5 Page 3 of 5	<b>Karayolları Genel Müdürlüğü</b> <b>Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı</b> <b>Bitümlü Karışımlar Laboratuvarı</b> Deney Raporu Test Report	ARGE-0-BK 155-91654 -BK-1/1 31.03.2016	
	<b>TİO DENEYİ (KATKISIZ)</b>		
	<b>% Sıkışma</b>	<b>%100</b>	
	<b>Dp</b>	<b>2,422</b>	
<b>TİO</b>	<b>Geçiş Sayısı</b>	1000	3,48
		3000	4,17
		5000	4,70
		10000	4,94
		30000	<b>5,28</b>
		50000	5,61

Geçiş Sayısı	Sol (% TİO)	Sağ (% TİO)
0	3,50	3,50
1000	4,50	4,50
3000	4,70	4,50
5000	4,70	4,50
10000	5,28	4,50
30000	5,77	4,78
50000	6,29	4,92

**Karayolları Genel Müdürlüğü**  
**Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı**  
**Bitümlü Karışımlar Laboratuvarı**  
Deney Raporu  
Test Report

ARGE-Ü-BK  
155-91654  
-BK-1/1  
31.03.2016

**İÇM DENEYİ-TECROAD KATKILI (Optimum Bitüm %15 Oranında Azaltıldığı Beyan Edilen)**

DENEY ADI	Dp (g/cm <sup>3</sup> )	Vh (%)	DENEY SONUCU (kg/cm <sup>2</sup> )
Koşullu İÇM	2,458	1,74	10,94
Koşulsuz İÇM	2,458	1,78	12,82
Çekme Mukavemeti Oranı, %			85,3

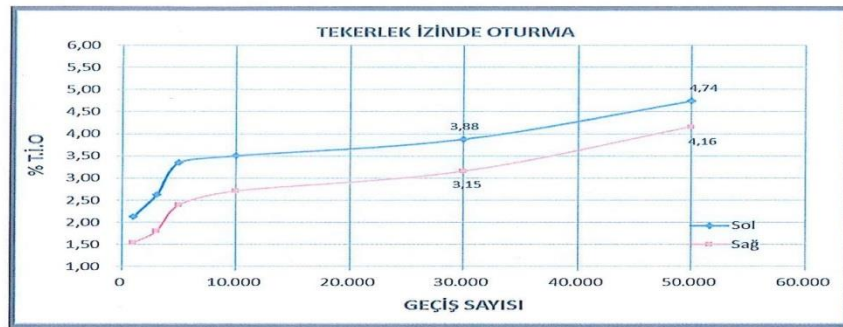
**TİO DENEYİ-TECROAD KATKILI (Optimum Bitüm %15 Oranında Azaltıldığı Beyan Edilen)**

TİO	% Sıkışma		%
	Dp	Geçiş Sayısı	
			%99
			2,425
	1000		1,84
	3000		2,21
	5000		2,87
	10000		3,11
	30000		3,52
	50000		4,45

**Karayolları Genel Müdürlüğü**  
**Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı**  
**Bitümlü Karışımlar Laboratuvarı**  
Deney Raporu  
Test Report

ARGE-Ü-BK  
155-91654  
-BK-1/1  
31.03.2016

**TİO DENEYİ-TECROAD KATKILI (Optimum Bitüm %15 Oranında Azaltıldığı Beyan Edilen)**



Hakan ORAL  
Bitümlü Karışımlar Müh.

Savaş Nedim TUTAN  
Bitümlü Karışımlar Şefi

Muhammet KOMUT  
Üstyapı Geliştirme Şb. Md.





Deney Raporu  
Test Report

B01.ARŞ.BK  
155/731/  
BK/1/1  
19.07.2016

Sayfa 2 / 2  
Page 2 of 2

Laboratuvar No	731
Raporun Tarihi	19.07.2016
Yazarın Adı Soyadı	Nursal HACIOSMANOĞLU
Konusu	İndirekt Çekme Mukavemeti (İÇM) Deneyi
Numunenin Kaynağı	Avrupa Yakası Kısım E1-E2 için Km:68 Taş Ocağı TMA Tip 1-A Dizaynı ile hazırlanan 8 adet marshall briketi.

Deney Adı	D <sub>p</sub>	Boşluk V <sub>h</sub>	Deney Sonucu (kg / cm <sup>2</sup> )
Koşullu İÇM	2,422	3,15	6,64
Koşulsuz İÇM	2,422	3,18	7,53
Çekme Mukavemeti Oranı, %			88,2

Yüklenici İCA İçtaş – Astaldi İş Ortaklığı' nın taahhüdü altında yapım çalışmaları devam eden "Kuzey Marmara (3. Boğaz Köprüsü Dâhil) Otoyolu Projesi, Odayeri – Paşaköy (3. Boğaz Köprüsü Dâhil) Kesiminin Yap-İşlet-Devret Projesi" kapsamında, Km:68 Taş Ocağı agregası ile Modifiye Bitümlü (Kraton D1192) TMA Tip 1-A Dizaynına göre hazırlanan 8 adet Marshall briketine İÇM deneyi yapılmış olup sonucu yukarıdaki tabloda gösterilmiştir. Deney sonucu KTŞ 2013 Kısım 408' e uygundur.

Deneyi Yapan  
Test performed by

Emin YÖNTER  
Lab.Teknisyeni

Kontrol Eden  
Controlled by

Melek PADAK  
Zem. Mek. ve Tün. Müh.

Nursal HACIOSMANOĞLU  
Üstyapı Geliştirme Şefi

Onay  
Approval

Mehmet TOKGÖZ  
Araştırma ve Geliştirme  
Başmühendisi

**Karayolları Genel Müdürlüğü**  
**Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı**  
**Bitümlü Karışımlar Laboratuvarı**  
Vecdi Diker Eğitim ve Araştırma Merkezi  
06790 Etimesgut/ ANKARA

ARGE-Ü-BK  
155-125844  
-BK-1/1  
05.04.2016

**Deney Raporu**  
**Test Report**

**Raporun Tarihi** : 05.04.2016  
**Yazarın Adı Soyadı**: Hakan ORAL  
**Gönderildiği Yer** : Karayolları 1. Bölge Müdürlüğü  
**Konusu** : Tekerlek İzinde Oturma, İÇM Deneyleri  
**Lab No** : 33-34  
**İlgi** : 29.03.2016 tarih ve 26402216-155/E.125844 sayılı yazı

İlgi yazı ile yapım çalışmaları devam eden Kuzey Marmara (3. Boğaz Köprüsü Dahil) Otoyolu Projesi Odayeri-Paşaköy (3. Boğaz Köprüsü Dahil) Kesimi YİD Modeli ile Yapılması, İşletilmesi ve Devri İşi Kapsamında Km:68+000 Çiftalan T.O. ve Km:77 Uskumruköy T.O. agregaları ile %4,5 Kraton D1192 katkılı PMB 76-16 sınıfına uygun olduğu belirtilen bitümlü bağlayıcı ile dizaynlarına uygun olarak hazırlandığı beyan edilen karışım numuneleri laboratuvarımıza getirilerek Tekerlek İzinde Oturma(TİO) deneylerinin yapılması talep edilmiştir.

Sıcak Karışım numunelerine talep edilen Tekerlek İzinde Oturma Deneyleri yapılmış olup, sonuçları aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

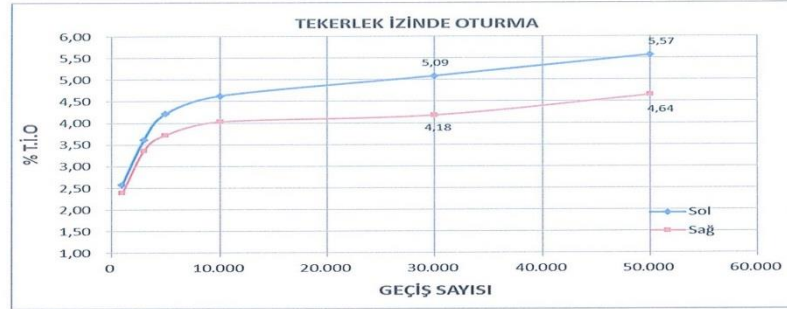
**TİO DENEYİ KM:68 ÇİFTALAN T.O.**

TİO	% Sıkışma		KTŞ Kısım 408 Tablo 408-9 Şartname Değeri
	Dp	%98	
Geçiş Sayısı	1000	2,49	Maks. 6 (%)
	3000	3,49	
	5000	3,97	
	10000	4,33	
	30000	4,63	
	50000	5,11	

**Karayolları Genel Müdürlüğü**  
**Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı**  
**Bitümlü Karışımlar Laboratuvarı**  
Deney Raporu  
Test Report

ARGE-Ü-BK  
155-125844  
-BK-1/1  
05.04.2016

**TİO DENEYİ KM:68 ÇİFTALAN T.O. (PMB 76-16)**



Hakan ORAL  
Bitümlü Karışımlar Müh.

Savaş Nedim TUTAN  
Bitümlü Karışımlar Şefi

Muhammet KOMUT  
Üstyapı Geliştirme Şb. Md.



## [UTO+NB], [UTO+PMB] ve [UTO+KMB]'li TMA Aşınma Tabakası Karışımlarına Ait Performans Deney Sonuçları

**Karayolları Genel Müdürlüğü**  
**Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı**  
**Bitümlü Karışımlar Laboratuvarı**  
Vecdi Diker Eğitim ve Araştırma Merkezi  
06790 Etimesgut/ ANKARA

ARGE-Ü-BK  
155-91652  
-BK-1/1  
31.03.2016

Sayfa 2 / 5  
Page 2 of 5

**Deney Raporu**  
**Test Report**

**Raporun Tarihi** : 31.03.2016  
**Yazarın Adı Soyadı**: Hakan ORAL  
**Gönderildiği Yer** : Karayolları 1. Bölge Müdürlüğü  
**Konusu** : **Tekerlek İzinde Oturma, İÇM Deneyleri**  
**Lab No** : 27-28  
**İlgi** : 04.03.2016 tarih ve 26402216-160/91652 sayılı yazı

İlgi yazı ile yapım çalışmaları devam eden Kuzey Marmara (3. Boğaz Köprüsü Dahil) Otoyolu Projesi Odayeri-Paşaköy (3. Boğaz Köprüsü Dahil) Kesimi YİD Modeli ile Yapılması, İşletilmesi ve Devri İş Kapsamında Km:77+000 Uskumruköy T.O. Agregası ve Akdağlar T.O. filleri ile hazırlanan TMA dizaynına uygun karışım numuneleri ve tecRoad kauçuk katkısı eklenerek hazırlandığı beyan edilen katkılı karışım numuneleri laboratuvarımıza getirilerek **İndirekt Çekme Mukavemeti(İÇM) ve Tekerlek İzinde Oturma(TİO)** deneylerinin yapılması talep edilmiştir.

Sıcak Karışım numunelerine talep edilen deneyler yapılarak sonuçları aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

**İÇM DENEYİ (KATKISIZ)**

DENEY ADI	Dp (g/cm <sup>3</sup> )	Vh (%)	DENEY SONUCU (kg/cm <sup>2</sup> )
Koşullu İÇM	2,464	2,79	9,77
Koşulsuz İÇM	2,464	2,80	12,44
Çekme Mukavemeti Oranı, %			78,5

**Karayolları Genel Müdürlüğü**  
**Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı**  
**Bitümlü Karışımlar Laboratuvarı**  
Deney Raporu  
Test Report

ARGE-Ü-BK  
155-91652  
-BK-1/1  
31.03.2016

Sayfa 3 / 5  
Page 3 of 5

**TİO DENEYİ (KATKISIZ)**

TİO	% Sıkışma		%100
	Dp		
	Geçiş Sayısı	1000	2,452
		3000	2,32
		5000	3,23
		10000	3,61
		30000	4,15
		50000	4,75
		50000	5,62

**TEKERLEK İZİNDE OTURMA**

Hakan ORAL  
Bitümlü Karışımlar Müh.

Savaş Nedim TUTAN  
Bitümlü Karışımlar Şefi

Muhammet KOMUT  
Üstyapı Geliştirme Şb. Md.

**Karayolları Genel Müdürlüğü**  
**Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı**  
**Bitümlü Karışımlar Laboratuvarı**  
Deney Raporu  
Test Report

ARGE-Ü-BK

155-91652  
-BK-1/1

31.03.2016

**İÇM DENEYİ-TECROAD KATKILI** (Optimum Bitüm %15 Oranında Azaltıldığı Beyan Edilen)

DENEY ADI	Dp (g/cm <sup>3</sup> )	Vh (%)	DENEY SONUCU (kg/cm <sup>2</sup> )
Koşullu İÇM	2,463	2,85	10,05
Koşulsuz İÇM	2,465	2,74	11,90
Çekme Mukavemeti Oranı, %			84,5

**TİO DENEYİ-TECROAD KATKILI** (Optimum Bitüm %15 Oranında Azaltıldığı Beyan Edilen)

TİO	% Sıkışma		%99
	Dp		
Geçiş Sayısı	1000		0,91
	3000		1,31
	5000		1,74
	10000		2,14
	30000		2,70
	50000		3,13

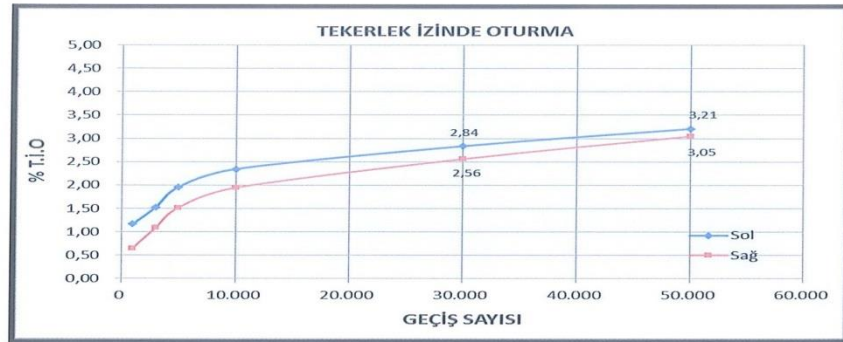
**Karayolları Genel Müdürlüğü**  
**Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı**  
**Bitümlü Karışımlar Laboratuvarı**  
Deney Raporu  
Test Report


ARGE-Ü-BK

155-91652  
-BK-1/1

31.03.2016

**TİO DENEYİ-TECROAD KATKILI** (Optimum Bitüm %15 Oranında Azaltıldığı Beyan Edilen)



  
Hakan ORAL  
Bitümlü Karışımlar Müh.

  
Savaş Nedim TUTAN  
Bitümlü Karışımlar Şefi

  
Muhammet KOMUT  
Üstyapı Geliştirme Şb. Md.



Deney Raporu  
Test Report

B01.ARŞ.BK  
155/710/  
BK/1/1  
19.07.2016

Sayfa 2 / 2  
Page 2 of 2

Laboratuvar No	710
Raporun Tarihi	19.07.2016
Yazanın Adı Soyadı	Nursal HACIOSMANOĞLU
Konusu	İndirekt Çekme Mukavemeti (İÇM) Deneyi
Numunenin Kaynağı	Avrupa Yakası Kısım E1-E2 için <b>Km:77 Taş Ocağı TMA Tip 1-A</b> Dizaynı ile hazırlanan 6 adet marshall briketi

Deney Adı	D <sub>p</sub>	Boşluk V <sub>h</sub>	Deney Sonucu (kg / cm <sup>2</sup> )
Koşullu İÇM	2,457	3,07	10,03
Koşulsuz İÇM	2.457	3,08	11,03
Çekme Mukavemeti Oranı, %			90,9

Yüklenici İCA İçtaş – Astaldi İş Ortaklığı' nın taahhüdü altında yapım çalışmaları devam eden "Kuzey Marmara (3. Boğaz Köprüsü Dâhil) Otoyolu Projesi, Odayeri – Paşaköy (3. Boğaz Köprüsü Dâhil) Kesiminin Yap-İşlet-Devret Projesi" kapsamında, Km:77 Taş Ocağı agregası ile Modifiye Bitümlü (Kraton D1192) TMA Tip 1-A Dizaynına göre hazırlanan 6 adet Marshall briketine İÇM deneyi yapılmış olup sonucu tabloda gösterilmiştir. Deney sonucu KTŞ 2013 Kısım 408' e uygundur. ✓

Deneyi Yapan  
Test performed by

Erkin YÖNTER  
Lab.Teknisyeni

Kontrol Eden  
Controlled by

Melek PADAK  
Zem. Mek. ve Tün. Müh.

Onay  
Approval

Mehmet TOKGÖZ  
Araştırma ve Geliştirme  
Başmühendisi

Nursal HACIOSMANOĞLU  
Üstü yapı Geliştirme Şefi

**Karayolları Genel Müdürlüğü**  
**Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı**  
**Bitümlü Karışımlar Laboratuvarı**  
Deney Raporu  
Test Report

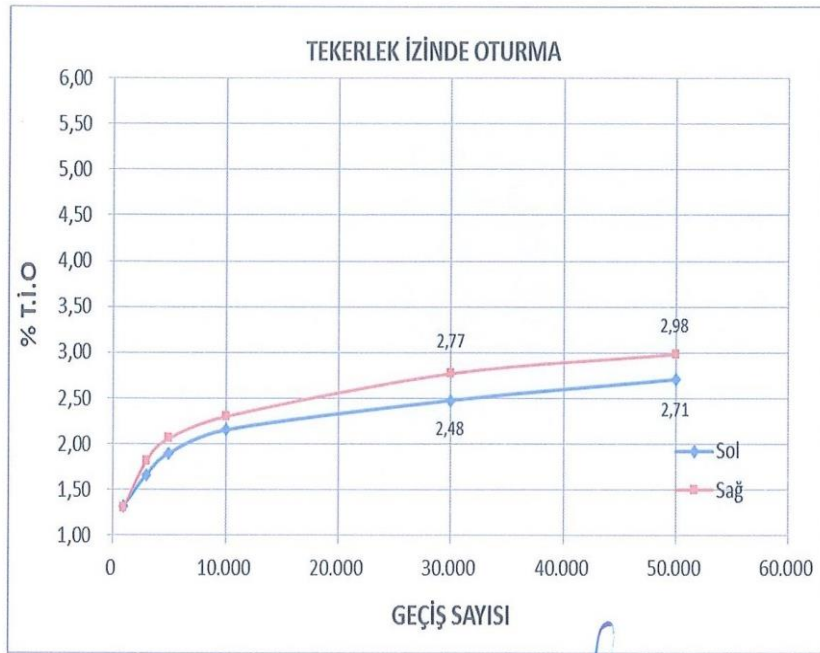
ARGE-Ü-BK

155-125844  
-BK-1/1

05.04.2016

**TİO DENEYİ KM:77 USKUMRUKÖY T.O. (PMB 76-16)**

TİO	% Sıkışma		KTŞ Kısım 408 Tablo 408-9 Şartname Değeri
	Dp	%99	
Geçiş Sayısı	1000	1,31	Maks. 6 (%)
	3000	1,74	
	5000	1,98	
	10000	2,23	
	30000	2,63	
	50000	2,85	



  
Hakan ORAL  
Bitümlü Karışımlar Müh.

  
Savaş Nedim TUTAN  
Bitümlü Karışımlar Şefi

  
Muhammet KOMUT  
Üstyapı Geliştirme Şb./Md.



**İSFALT**  
**Kayıt : 241-1**  
**Tarih: 07.09.2015**

#### 4 NOKTA FATIGUE (YORULMA ) TEST SONUÇLARI

Yorulma deneyleri TS EN 12697-24 standardı D prosedürüne göre, prizmatik şekilli numuneler üzerinde dört nokta eğme yöntemi ile yapılmıştır. Dizayna göre hazırlanmış karışımlar plaka sıkıştırıcı ile 320x260x50 mm boyutlarında sıkıştırılıp, karışım soğuduktan sonra 400x50x50 mm boyutlarında, kenara gelen kısımlar atılarak, kiriş şeklinde deney numuneleri kesilmiştir. Deney standartta belirtilen koşullarda ,iklimlendirme kabininde 20°C sıcaklıkta ve 10 Hz frekans aralığında gerçekleştirilmiştir.

Deneylerde  $150 \times 10^{-6}$ ,  $250 \times 10^{-6}$  ve  $350 \times 10^{-6}$  birim deformasyon(strain) seviyesinde çalışılmıştır. 18 adet TECROAD Katkılı numune üzerinde yapılan deneyin ortalama sonuçları Tablo1'de, verilmiştir.

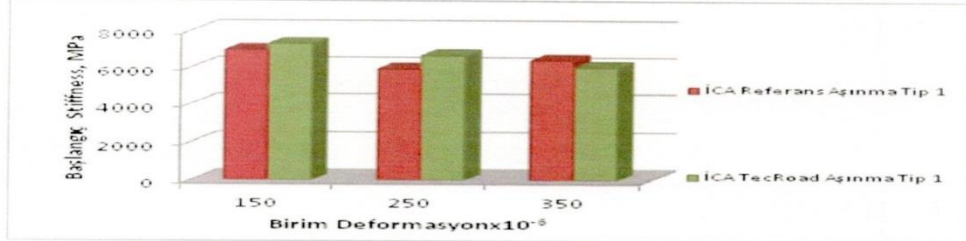
**Tablo 1- Yorulma Test Sonuçları Uskumruköy , TMA aşınma tabakası (Tip-1) (%12 tecroad katkı)**

Numune	Birim Deformasyon	Frekans Hz	Sıcaklık °C	Başlangıç Stiffness Mpa	Deney Sonu Stiffness Mpa	Stiffness Değişimi %	Harcanan Toplam Enerji MJ/m3	Yük Tekrar Sayısı
TECROAD Katkılı Aşınma Tip1	150	10	20	7275,8	3628,7	50,0	167,2	1304003
	250	10	20	6645,7	3322,1	50,0	26,1	78432,0
	350	10	20	6003,5	3001,0	50,0	8,3	12665

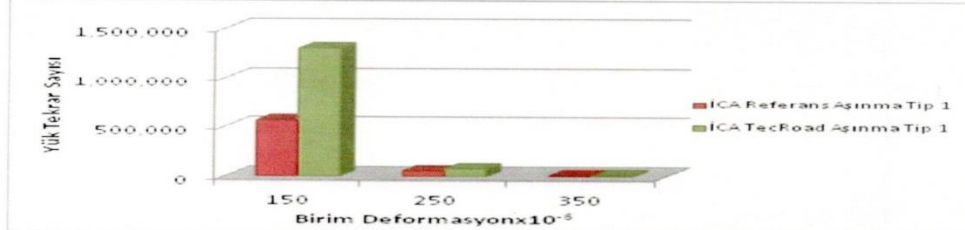
**Referans Aşınma Tip1 ve TECROAD Katkılı Aşınma Tip1 Karışımı Yorulma Test Sonuçları**

	Birim Deformasyon	Frekans Hz	Sıcaklık °C	Başlangıç Stiffness Mpa	Deney Sonu Stiffness Mpa	Stiffness Değişimi %	Harcanan Toplam Enerji MJ/m3	Yük Tekrar Sayısı
Referans Aşınma Tip1	150	10	20	6930,8	3463,8	50	74,0	562075
	250	10	20	5918,2	2958,5	50	20,2	56794
	350	10	20	6389,2	3272,0	50	8,8	12768
TECROAD Katkılı Aşınma Tip1	150	10	20	7275,8	3628,7	50,0	167,2	1304003
	250	10	20	6645,7	3322,1	50,0	26,1	78432,0
	350	10	20	6003,5	3001,0	50,0	8,3	12665

**Grafik 1 Başlangıç Stiffness Değerlerine Göre Birim Deformasyonlar**



**Grafik 2 Yük Tekrar Sayılarına Göre Birim Deformasyonlar**



Deney Yapan

Yasin BAYRAKLI  
 Laboratuvar Elemanı

Gözetim Yapan



Engin KÜSE  
 Laboratuvar Mühendisi

Onay

Dr.Hikmet ERKAN  
 Kalite Yönetim ve AR-GE  
 Müdürü

## EK 3: Modifiye Bitüm Deney Sonuçları

## Polimer Modifiye Bitüm Deney Sonuçları

Sayfa 3/3 Page 3 of 3		<b>Karayolları Genel Müdürlüğü</b> <b>Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı</b> <b>Bitümlü Bağlayıcılar Laboratuvarı</b>		AB-0059-T		
				E.125847 BB-1/1		
				04/16		
Raporun Tarihi : 20.04.2016		Rafinerinin Adı* :				
Numune Cinsi : Polimer Modifiye Bitüm Numuneleri		Bitüm penetrasyonu* :				
Numuneyi Gönderen : Karayolları 1. Bölge Müdürlüğü		Bitüm yumuşama nokt. : -				
Alındığı Yer : -		Polimer adı ve tipi* : Kraton D1192				
Kullanılacağı Yer : Kuzey Marmara (3.Boğaz Köprüsü Dahil) Otoyolu Projesi, Odayeri-Paşaköy (3.Boğaz Köprüsü Dahil) Kesiminin YİD Modeli ile Yapılması, İşletilmesi ve Devri Projesi işi 3.Boğaz Köprüsü TMA imalatı		Polimer %'si* : % 4.5, %5.0				
Lab. No : 36, 37		Kullanılan plent : -				
*: Bilgiler üretici firma tarafından verilmiştir.						
Sıra No	DENEY ADI	STANDARDI	BİRİM	SONUÇLAR		PMB Şartnamesi 76-16
				36	37	
				%4.5	%5.0	
1	PENETRASYON (25°C,100g,5sn.)	TS EN 1426	0,1mm	45	41	25-55
2	YUMUŞAMA NOKTASI	TS EN 1427	°C	72,8	77,4	≥ 65
3	KUVVET ÖLÇÜMLÜ DÜKTİLİTE (25°C'de, 5cm/dk)	TS EN 13589	J	-	-	≥ 0,5
4	ELASTİK GERİ DÖNME (25°C)	TS EN 13398	%	97,5	96	≥ 60
5	PARLAMA NOKTASI	TS EN ISO 2592	°C	329	320	≥ 220
6	ÖZGÜL AĞIRLIK	TS EN 15326	g/cm <sup>3</sup>	1,027	1,028	1,0-1,1
7	DİNAMİK KESME REOMETRESİ (DSR) (G*/sinδ >1kPa)	Yenilme Sıcaldığı TS EN 14770	°C	78,3	81,7	≥ 76
8	DEPOLAMA STABİLİTESİ	TS EN 13399				
8,1	YUMUŞAMA NOKTASINDAKİ ARTMA	TS EN 1427	°C	0,8	0	≤ 5
8,2	PENETRASYON FARKI	TS EN 1426	0,1mm	1	1	≤ 9
9	DÖNMELİ İNCE FİLM ETÜVÜ DENEYİ	TS EN 12607-1				
9,1	KÜTLE DEĞİŞİMİ		%	0,007	0,030	≤ 0,8
9,2	YUMUŞAMA NOKTASINDAKİ ARTMA		°C	-	-	≤ 8
9,3	YUMUŞAMA NOKTASINDAKİ AZALMA	TS EN 1427	°C	2,8	4	≤ 5
9,4	KALICI PENETRASYON	TS EN 1426	%	62,2	65,9	≥ 45
9,5	DİNAMİK KESME REOMETRESİ (DSR) (G*/sinδ >2,2kPa)	Yenilme Sıcaldığı TS EN 14770	°C	77,9	79,5	≥ 76
10	RTFOT+PAV İle Yaşılandırılmış Modifiye Bitüme Yapılan Deneyler	TS EN 14769				
10,1	DSR (G*/sinδ <5000kPa)	Yenilme Sıcaldığı TS EN 14770	°C	25,7	25,8	≤ 34
10,2	KIRIŞ EĞME REOMETRESİ (BBR) Eğilme-Sünme Sertliği (S≤300 MPa, m≥0,300)	Yenilme Sıcaldığı TS EN 14771	°C	-12	-12	≤ -6
 Kazım DEĞİRMENCI Laboratuvar Teknisyeni		 Kutsel Kübra ÇALIŞKAN Bitümlü Bağlayıcılar Müh.				

## EK 4: Fiyat Analizleri ve Tarifleri

GENEL FİYAT ANALİZİ								
Poz No:	Analizin Adı :					Ölçü Birimi		
A - 5 / NB / ÇTO	Katkısız bitüm (NB) ile, 5 cm sıkışmış kalınlıkta , 1 m <sup>2</sup> klasik asfalt betonu (AB) aşınma tabakası (Tip-1) yapılması (Çiftalan Taş Ocağı kullanılarak)					m <sup>2</sup>		
						<b>2017 Yılı Raiçleri İle</b>		
Poz No:	C İ N S İ				Birim	Miktarı	Br. Fiyatı	Tutarı
KGM/6405	5 cm sıkışmış kalınlıkta 1 m <sup>2</sup> asfalt betonu (AB) aşınma tabakası yapılması (kırılmış ve elenmiş ocak taşı ile) (Tip-1) (Kar ve Genel Masrafsız)				m <sup>2</sup>	1,00000	6,01	6,01
4300	İnşaat bünyesine giren B 50/70 bitüm zati bedel <sup>(2)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız)				ton	0,00578	1.205,00	6,96
07.006/K	Bitümün rafineriden asfalt plentine nakli (Kar ve Genel Masrafsız) F=K*(0,0007xM+0,01)xA / K=245 TL, M=125 KM, A=1				ton	0,00578	23,89	0,14
07.006/K	Bitümlü sıcak karışımın asfalt plentinden yola nakli <sup>(1)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız) F=K*(0,0007xM+0,01)xA / K=245 TL, M=10 KM, A=1				ton	0,12145	4,17	0,51
TOPLAM:								13,62
KÂR VE GENEL MASRAF %25 :								3,41
<b>TL/ m<sup>2</sup> - FİYATI :</b>								<b>17,03</b>
<b>TL/ ton - FİYATI :</b>								<b>140,22</b>
Çiftalan Taş Ocağı ve Katkısız Bitümlü “ [ÇTO + NB]” Asfalt Betonu (AB) Aşınma Tabakası (Tip-1) Dizaynı								
		Wa		Katkı Mad.				
Dizayn	Agrega+Bağlayıcı	Optimum Bitüm						
		Oran	Simge	Oran	Simge			
Katkısız	(ÇTO+NB)	%'e 5,00	NB	-	-			
						<b>Dp = 2,429 ton/m<sup>3</sup></b>		
Toplam Karışım: 100 gr kuru agrega karışımı + 5,00 gr normal bitüm = 105 gr								
(1) 1 m <sup>2</sup> - 5 cm sıkışmış kalınlık = [0,05*1*1]*2,429 = 0,12145 ton (Σ Sıcak Karışım)								
(2) B 50/70 Tüpraş/İzmit Fiyatı (09.2017) (KDV Hariç) : <b>1.205 TL/ton</b>								
<b>Birim Fiyat Tarifi:</b> Katkısız bitüm (NB) ile, .....cm sıkışmış kalınlıkta , 1 m <sup>2</sup> klasik asfalt betonu (AB) aşınma, binder ve bitümlü temel tabakası yapılması işlerine ait "Birim Fiyat Tarifi" sayfası ekinde sunulmuştur.								

GENEL FİYAT ANALİZİ									
Poz No:	Analizin Adı :					Ölçü Birimi			
TMA – 4 / NB / ÇTO	Katkısız bitüm (NB) ile, 4 cm sıkışmış kalınlıkta , 1 m <sup>2</sup> TMA aşınma tabakası (Tip-1) yapılması (Çiftalan Taş Ocağı kullanılarak)					m <sup>2</sup>			
						<b>2017 Yılı Rayıçları İle</b>			
Poz No:	C İ N S İ				Birim	Miktarı	Br. Fiyatı	Tutarı	
KGM/6454	4 cm sıkışmış kalınlıkta TMA aşınma tabakası yapılması (Tip-1) (kırılmış ve elenmiş ocak taşı ile) (Kar ve Genel Masrafsız)				m <sup>2</sup>	1,00000	5,31	5,31	
4300	İnşaat bünyesine giren B 50/70 bitüm zati bedeli <sup>(2)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız)				= $[6,40/106,40]*0,09688$ =0,00583 ton (5,83 kg)	ton	0,00583	1.205,00	7,03
07.006/K	Bitümün rafineriden asfalt plentine nakli (Kar ve Genel Masrafsız) F=K*(0,0007xM+0,01)xA / K=245 TL, M=125 KM, A=1				F=245*(0,0007+125+0,01)*1 F=23,89 TL	ton	0,00583	23,89	0,14
ELYAF Viatop Premium	Elyaf (Seliözük fiber) katkı malz.zati bedeli <sup>(3)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız)				= $[0,35/100]*0,09688$ =0,00034 ton (0,34 kg = 340 gr)	ton	0,00034	2.880,00	0,98
07.006/K	Bitümlü sıcak karışımın asfalt plentinden yola nakli <sup>(1)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız) F=K*(0,0007xM+0,01)xA / K=245 TL, M=10 KM, A=1				F=245*(0,0007+10+0,01)*1 F=4,17 TL	ton	0,09688	4,17	0,40
TOPLAM:								13,86	
KÂR VE GENEL MASRAF %25 :								3,47	
<b>TL/ m<sup>2</sup> - FİYATI :</b>								<b>17,33</b>	
<b>TL/ton - FİYATI :</b>								<b>178,88</b>	
Çiftalan Taş Ocağı ve Katkısız Bitümlü “ [ÇTO + NB]” TMA Aşınma Tabakası (Tip-1) Dizaynı									
Dizayn	Agrega+Bağlayıcı	Wa Optimum Bitüm		Katkı Mad.		Elyaf		<b>Dp = 2,422 ton/m<sup>3</sup></b>	
		Oran	Simge	Oran	Simge	Oran	Simge		
1	Katkısız	(ÇTO+NB)	%'e 6,40	NB	-	-	K % 0,35	EL	
Toplam Karışım: 100 gr kuru agrega karışımı + 6,40 gr normal bitüm + (106,40) gr x % 0,35 Elyaf									
(1) 1 m <sup>2</sup> - 4 cm sıkışmış kalınlık = $[0,04*1*1]*2,422 = 0,09688$ ton (Σ Sıcak Karışım)									
(2) B 50/70 Tüpraş/İzmit Fiyatı (09.2017) (KDV Hariç) : <b>1.205 TL/ton</b>									
(3) Elyaf (Viatop-Premium) Fiyatı (09.2017) (KDV Hariç): <b>720 €/ton</b> € - Kur: <b>4,00 TL</b>									
<b>Birim Fiyat Tarifi:</b> Katkısız bitüm (NB) ile, 4 cm sıkışmış kalınlıkta , 1 m <sup>2</sup> TMA aşınma tabakası (Tip-1) yapılması işine ait "Birim Fiyat Tarifi" sayfası ekinde sunulmuştur.									



GENEL FİYAT ANALİZİ									
Poz No:	Analizin Adı :					Ölçü Birimi			
TMA – 4 / PMB / ÇTO	<b>Polimer modifiye bitüm (PMB) ile ,4 cm sıkışmış kalınlıkta , 1 m<sup>2</sup> TMA aşınma tabakası (Tip-1) yapılması (Çiftalan Taş Ocağı kullanılarak)</b>					m <sup>2</sup>			
						<b>2017 Yılı Rayiçleri İle</b>			
Poz No:	C İ N S İ				Birim	Miktarı	Br. Fiyatı	Tutarı	
KGM/6454/M	4 cm sıkışmış kalınlıkta TMA aşınma tabakası yapılması (Tip-1) (kırılmış ve elenmiş ocak taşı ve modifiye bitüm ile) (Kar ve Genel Masrafsız)				m <sup>2</sup>	1,00000	6,25	6,25	
	Özel plentle polimer modifiye bitüm hazırlanması (bitüm+polimer katkı)							= $[6,40/106,40]*0,09688$ =0,00583 ton (5,83 kg)	
4300	İnşaat bünyesine giren B 50/70 bitüm zati bedeli <sup>(2)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız)				ton	0,00557	1.205,00	6,71	
07.006/K	Bitümün rafineriden asfalt plentine nakli (Kar ve Genel Masrafsız) F= $K*(0,0007xM+0,01)xA$ / K=245 TL, M=125 KM, A=1				ton	0,00557	23,89	0,13	
KATKI PMB/Kraton D1192	Modifiye edici katkı malzemesinin zati bedeli <sup>(3)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız)				ton	0,00026	10.000,00	2,60	
ELYAF Viatop Premium	Elyaf (Seliulozik fiber) katkı malz.zati bedeli <sup>(4)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız)				ton	0,00034	2.880,00	0,98	
07.006/K	Bitümlü sıcak karışımın asfalt plentinden yola nakli <sup>(1)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız) F= $K*(0,0007xM+0,01)xA$ / K=245 TL, M=10 KM, A=1				ton	0,09688	4,17	0,40	
TOPLAM:								17,07	
KÂR VE GENEL MASRAF %25 :								4,27	
TL/ m <sup>2</sup> - FİYATI :								21,34	
TL/ton - FİYATI :								220,27	
Çiftalan Taş Ocağı ve Polimer Modifiye Bitümlü “ [ÇTO + PMB]” TMA Aşınma Tabakası (Tip-1) Dizaynı									
Dizayn		Agrega+Bağlayıcı		Wa Optimum Bitüm		Katkı Mad.		Elyaf	
				Oran	Simge	Oran	Simge	Oran	Simge
2	PMB'li	(ÇTO+PMB)		%'e 6,40	PMB	B % 4,5	SBS	K % 0,35	EL
<b>Dp = 2,422 ton/m<sup>3</sup></b>									
Toplam Karışım: 100 gr kuru agregaya karışımı + 6,40 gr modifiye bitüm (% 4,5 Kraton D1192 ile) + (106,40) gr x % 0,35 Elyaf									
(1) 1 m <sup>2</sup> - 4 cm sıkışmış kalınlık = $[0,04*1*1]*2,422 = 0,09688$ ton =96,88 kg (Σ Sıcak Karışım)									
(2) B 50/70 Tüpraş/İzmit Fiyatı (09.2017) (KDV Hariç) : <b>1.205 TL/ton</b>									
(3) Kraton D1192 Katkı Fiyatı (09.2017) (KDV Hariç) : <b>2.500 €/ton</b>									
(4) Elyaf (Viatop-Premium) Fiyatı (09.2017) (KDV Hariç): <b>720 €/ton € - Kur:4,00 TL</b>									
<b>Birim Fiyat Tarifi:</b> Polimer ve kauçuk modifiye bitüm ile, 4 cm sıkışmış kalınlıkta , 1 m <sup>2</sup> TMA aşınma tabakası (Tip-1) yapılması işlerince ait "Birim Fiyat Tarifi" sayfası ekinde sunulmuştur.									

Poz No:	Analizin Adı :					Ölçü Birimi											
<b>TMA – 4 / KMB / ÇTO</b>	<b>Kauçuk modifiye bitüm (KMB) ile ,4 cm sıkışmış kalınlıkta , 1 m<sup>2</sup> TMA aşınma tabakası (Tip-1) yapılması (Çiftalan Taş Ocağı kullanılarak)</b>					m <sup>2</sup>											
<b>2017 Yılı Raiçleri İle</b>																	
Poz No:	C İ N S İ				Birim	Miktarı	Br. Fiyatı	Tutarı									
KGM/6454/M	4 cm sıkışmış kalınlıkta TMA aşınma tabakası yapılması (Tip-1) (kırılmış ve elenmiş ocak taşı ve kauçuk modifiye bitüm ile) (Kar ve Genel Masrafsız)				m <sup>2</sup>	1,00000	6,25	6,25									
	Özel plentte polimer modifiye bitüm hazırlanması				Kauçuk esash granüler ürünler plent tesisine direkt ilave edilmiştir.	-	-										
4300	İnşaat bünyesine giren B 50/70 bitüm zati bedeli <sup>(2)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız)				= $[6,40/106,40]*0,097*0,85$ =0,00496 ton (4,96 kg)	ton	0,00496	1.205,00	5,98								
07.006/K	Bitümün rafineriden asfalt plentine nakli (Kar ve Genel Masrafsız) F= $K*(0,0007xM+0,01)xA$ / K=245 TL, M=125 KM, A=1				F= $245*(0,0007+125+0,01)*1$ F=23,89 TL	ton	0,00496	23,89	0,12								
KATKI KMB/TecRoad	Modifiye edici katkı malzemesinin zati bedeli <sup>(3)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız)				= $[6,40/106,40]*0,097*0,15$ =0,00088 ton (0,88 kg = 880 gr)	ton	0,00088	7.600,00	6,69								
ELYAF	Elyaf (Selülozik fiber) katkı malz.zati bedeli <sup>(4)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız)				Elyaf'a gerek yok	ton	-	-									
07.006/K	Bitümlü sıcak karışımın asfalt plentinden yola nakli <sup>(1)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız) F= $K*(0,0007xM+0,01)xA$ / K=245 TL, M=10 KM, A=1				F= $10*(0,0007+10+0,01)*1$ F=4,17 TL	ton	0,09700	4,17	0,40								
TOPLAM:								19,44									
KÂR VE GENEL MASRAF %25 :								4,86									
TL/ m <sup>2</sup> - FİYATI :								<b>24,30</b>									
TL/ton - FİYATI :								<b>250,52</b>									
Çiftalan Taş Ocağı ve Kauçuk Modifiye Bitümlü “ [ÇTO + KMB]” TMA Aşınma Tabakası (Tip-1) Dizaynı																	
Dizayn		Agrega+Bağlayıcı		Wa Optimum Bitüm		Katkı Mad.		Elyaf									
				Oran		Simge		Oran		Simge							
6		Kauçuklu		(ÇTO+KMB)		%e 6,40		KMB		B % 15		TR*		-		-	
*tecRoad, drekt asfalt plentine; bitümlü sıcak karışıma B 50/70 bitümün % 15'i ( B % 15) kadar ilave edilmiş ve katılan tecRoad kadar optimum normal bitüm miktarından düşülmüştür.																	
(1) 1 m <sup>2</sup> - 4 cm sıkışmış kalınlık = $[0,04*1*1]*2,425 = 0,09700$ ton =97 kg (Σ Sıcak Karışım)																	
(2) B 50/70 Tüpraş/İzmit Fiyatı (09.2017) (KDV Hariç) : <b>1.205 TL/ton</b>																	
(3) Kauçuk Modifiye Bitüm (TecRoad) (09.2017) (KDV Hariç) : <b>1.900 €/ton</b>																	
(4) Elyaf (Viatop-Premium) Fiyatı (09.2017) (KDV Hariç) : <b>720 €/ton</b> € - Kur: <b>4,00 TL</b>																	
<b>Birim Fiyat Tarifi:</b> Polimer ve kauçuk modifiye bitüm ile ,4 cm sıkışmış kalınlıkta , 1 m <sup>2</sup> TMA aşınma tabakası (Tip-1) yapılması işlerine ait "Birim Fiyat Tarifi" sayfası ekinde sunulmuştur.																	

GENEL FİYAT ANALİZİ									
Poz No:	Analizin Adı :					Ölçü Birimi			
<b>A - 5 / NB / UTO</b>	Katkısız bitüm (NB) ile, 5 cm sıkışmış kalınlıkta , 1 m <sup>2</sup> klasik asfalt betonu (AB) aşınma tabakası (Tip-1) yapılması (Uskumruköy Taş Ocağı kullanılarak)					m <sup>2</sup>			
<b>2017 Yılı Raiçleri İle</b>									
Poz No:	C İ N S İ				Birim	Miktarı	Br. Fiyatı	Tutarı	
KGM/6405	5 cm sıkışmış kalınlıkta 1 m <sup>2</sup> asfalt betonu (AB) aşınma tabakası yapılması (kırılmış ve elenmiş ocak taşı ile) (Tip-1) (Kar ve Genel Masrafsız)				m <sup>2</sup>	1,00000	6,01	6,01	
4300	İnşaat bünyesine giren B 50/70 bitüm zati bedeli <sup>(2)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız)				= $[5,8/105,8]*0,12280$ =0,00673 ton (6,73 kg)	ton	0,00673	1.205,00	8,11
07.006/K	Bitümün rafineriden asfalt plentine nakli (Kar ve Genel Masrafsız) F=K*(0,0007xM+0,01)xA / K=245 TL, M=125 KM, A=1				F=245*(0,0007+125+0,01)*1 F=23,89 TL	ton	0,00673	23,89	0,16
07.006/K	Bitümlü sıcak karışımın asfalt plentinden yola nakli <sup>(1)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız) F=K*(0,0007xM+0,01)xA / K=245 TL, M=10 KM, A=1				F=245*(0,0007+10+0,01)*1 F=4,17 TL	ton	0,12280	4,17	0,51
TOPLAM:								14,79	
KÂR VE GENEL MASRAFLAR %25 :								3,70	
<b>TL/ m<sup>2</sup> - FİYATI :</b>								<b>18,49</b>	
<b>TL/ton - FİYATI :</b>								<b>150,57</b>	
Uskumruköy Taş Ocağı ve Katkısız Bitümlü " [UTO + NB]" Asfalt Betonu (AB) Aşınma Tabakası (Tip-1) Dizaynı									
Dizayn	Agrega+Bağlayıcı	Wa Optimum Bitüm		Katkı Mad.		<b>Dp = 2,456 ton/m<sup>3</sup></b>			
		Oran	Simge	Oran	Simge				
Katkısız	(UTO+NB)	%'e 5,80	NB	-	-				
Toplam Karışım: 100 gr kuru agrega karışımı + 5,80 gr normal bitüm									
(1) 1 m <sup>2</sup> - 5 cm sıkışmış kalınlık = $[0,05*1*1]*2,456 = 0,12280$ ton (Σ Sıcak Karışım)									
(2) B 50/70 Tüpraş/İzmit Fiyatı (09.2017) (KDV Hariç) : <b>1.205 TL/ton</b>									
<b>Birim Fiyat Tarifi:</b> Katkısız bitüm (NB) ile, .....cm sıkışmış kalınlıkta, 1 m <sup>2</sup> klasik asfalt betonu (AB) aşınma, binder, bitümlü temel tabakası yapılması işlerine ait "Birim Fiyat Tarifi" sayfası ekinde sunulmuştur.									

GENEL FİYAT ANALİZİ																															
Poz No:	Analizin Adı :					Ölçü Birimi																									
TMA – 4 / NB / UTO	Katkısız bitüm (NB) ile, 4 cm sıkışmış kalınlıkta , 1 m <sup>2</sup> TMA aşınma tabakası (Tip-1) yapılması (Uskumruköy Taş Ocağı kullanılarak)					m <sup>2</sup>																									
						<b>2017 Yılı Rayıçleri İle</b>																									
Poz No:	C İ N S İ				Birim	Miktarı	Br. Fiyatı	Tutarı																							
KGM/6454	4 cm sıkışmış kalınlıkta TMA aşınma tabakası yapılması (Tip-1) (kırılmış ve elenmiş ocak taşı ile) (Kar ve Genel Masrafsız)				m <sup>2</sup>	1,00000	5,31	5,31																							
4300	İnşaat bünyesine giren B 50/70 bitüm zati bedeli <sup>(2)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız)				= $[6,15/106,15]*0,09810$ = $0,00568$ ton (5,68 kg)	ton	0,00568	1.205,00	6,84																						
07.006/K	Bitümün rafineriden asfalt plentine nakli (Kar ve Genel Masrafsız) $F=K*(0,0007xM+0,01)xA / K=245 TL, M=125 KM, A=1$				$F=245*(0,0007+125+0,01)*1$ $F=23,89 TL$	ton	0,00568	23,89	0,14																						
ELYAF Viatop Premium	Elyaf (Seltülozik fiber) katkı malz.zati bedeli <sup>(3)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız)				= $[0,35/100]*0,09810$ = $0,00034$ ton (0,34 kg = 340 gr)	ton	0,00034	2.880,00	0,98																						
07.006/K	Bitümlü sıcak karışımın asfalt plentinden yola nakli <sup>(1)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız) $F=K*(0,0007xM+0,01)xA / K=245 TL, M=10 KM, A=1$				$F=245*(0,0007+10+0,01)*1$ $F=4,17 TL$	ton	0,09810	4,17	0,41																						
TOPLAM:								13,68																							
KÂR VE GENEL MASRAF %25 :								3,42																							
TL/ m <sup>2</sup> - FİYATI :								17,10																							
TL/ton - FİYATI :								174,31																							
Uskumruköy Taş Ocağı ve Katkısız Bitümlü “ [UTO + NB]” TMA Aşınma Tabakası (Tip-1) Dizaynı																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Dizayn</th> <th rowspan="2">Agrega+Bağlayıcı</th> <th colspan="2">Wa</th> <th colspan="2">Katkı Mad.</th> <th colspan="2">Elyaf</th> </tr> <tr> <th>Oran</th> <th>Simge</th> <th>Oran</th> <th>Simge</th> <th>Oran</th> <th>Simge</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4</td> <td>Katkısız</td> <td>(UTO+NB)</td> <td>%'e 6,15</td> <td>NB</td> <td>-</td> <td>-</td> <td>K % 0,35</td> <td>EL</td> </tr> </tbody> </table>									Dizayn	Agrega+Bağlayıcı	Wa		Katkı Mad.		Elyaf		Oran	Simge	Oran	Simge	Oran	Simge	4	Katkısız	(UTO+NB)	%'e 6,15	NB	-	-	K % 0,35	EL
Dizayn	Agrega+Bağlayıcı	Wa		Katkı Mad.		Elyaf																									
		Oran	Simge	Oran	Simge	Oran	Simge																								
4	Katkısız	(UTO+NB)	%'e 6,15	NB	-	-	K % 0,35	EL																							
<b>Dp = 2,452 ton/m<sup>3</sup></b>																															
Toplam Karışım: 100 gr kuru agrega karışımı + 6,15 gr normal bitüm + (106,15) gr x % 0,35 Elyaf																															
(1) 1 m <sup>2</sup> - 4 cm sıkışmış kalınlık = $[0,04*1*1]*2,452 = 0,09810$ ton (Σ Sıcak Karışım)																															
(2) B 50/70 Tüpraş/İzmit Fiyatı (09.2017) (KDV Hariç) : <b>1.205 TL/ton</b>																															
(3) Elyaf (Viatop-Premium) Fiyatı (09.2017) (KDV Hariç): <b>720 €/ton € - Kur: 4,00 TL</b>																															
<b>Birim Fiyat Tarifi:</b> Katkısız bitüm (NB) ile, 4 cm sıkışmış kalınlıkta , 1 m <sup>2</sup> TMA aşınma tabakası (Tip-1) yapılması işine ait "Birim Fiyat Tarifi" sayfası ekinde sunulmuştur.																															

GENEL FİYAT ANALİZİ									
Poz No:	Analizin Adı :					Ölçü Birimi			
<b>TMA – 4 / PMB / UTO</b>	<b>Polimer modifiye bitüm (PMB) ile ,4 cm sıkışmış kalınlıkta , 1 m<sup>2</sup> TMA aşınma tabakası (Tip-1) yapılması (Uskumruköy Taş Ocağı kullanılarak)</b>					<b>m<sup>2</sup></b>			
						<b>2017 Yılı Raiçleri İle</b>			
Poz No:	C İ N S İ				Birim	Miktarı	Br. Fiyatı	Tutarı	
KGM/6454/M	4 cm sıkışmış kalınlıkta TMA aşınma tabakası yapılması (Tip-1) (kırılmış ve elenmiş ocak taşı ve modifiye bitüm ile) (Kar ve Genel Masrafsız)				m <sup>2</sup>	1,00000	6,25	6,25	
	Özel plentte polimer modifiye bitüm hazırlanması (bitüm+polimer katkı)				= $[6,15/106,15]*0,09810$ =0,00568 ton (5,68 kg)				
4300	İnşaat bünyesine giren B 50/70 bitüm zati bedeli <sup>(2)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız)				=0,00568*[95,5/100] =0,00542 ton (5,42 kg)	ton	0,00542	1.205,00	6,53
07.006/K	Bitümün rafineriden asfalt plentine nakli (Kar ve Genel Masrafsız) F= $K*(0,0007xM+0,01)xA$ / K=245 TL, M=125 KM, A=1				F=245*(0,0007+125+0,01)*1 F=23,89 TL	ton	0,00542	23,89	0,13
KATKI PMB/Kraton D1192	Modifiye edici katkı malzemesinin zati bedeli <sup>(3)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız)				=0,00568*[4,5/100] =0,00026 ton (0,26 kg = 260 gr)	ton	0,00026	10.000,00	2,60
ELYAF Viatop Premium	Elyaf (Selülozik fiber) katkı malz.zati bedeli <sup>(4)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız)				= $[0,35/100]*0,09810$ =0,00034 ton (0,34 kg = 340 gr)	ton	0,00034	2.880,00	0,98
07.006/K	Bitümlü sıcak karışımın asfalt plentinden yola nakli <sup>(1)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız) F= $K*(0,0007xM+0,01)xA$ / K=245 TL, M=10 KM, A=1				F=245*(0,0007+10+0,01)*1 F=4,17 TL	ton	0,09810	4,17	0,41
TOPLAM:								16,90	
KÂR VE GENEL MASRAF %25 :								4,23	
TL/ m <sup>2</sup> - FİYATI :								21,13	
TL/ton - FİYATI :								215,39	
Uskumruköy Taş Ocağı ve Modifiye Bitümlü “ [UTO + PMB]” TMA Aşınma Tabakası (Tip-1) Dizaynı									
Dizayn	Agrega+Bağlayıcı	Wa Optimum Bitüm		Katkı Mad.		Elyaf		<b>Dp = 2,452 ton/m<sup>3</sup></b>	
		Oran	Simge	Oran	Simge	Oran	Simge		
5	PMB'li (UTO+PMB)	%'e 6,15	PMB	B % 4,5	SBS	K % 0,35	EL		
Toplam Karışım: 100 gr kuru agrega karışımı + 6,15 gr modifiye bitüm (% 4,5 Kraton D1192 ile) + (106,15) gr x % 0,35 Elyaf									
(1) 1 m <sup>2</sup> - 4 cm sıkışmış kalınlık = $[0,04*1*1]*2,452 = 0,09810$ ton =98,10 kg (Σ Sıcak Karışım)									
(2) B 50/70 Tüpraş/İzmit Fiyatı (09.2017) (KDV Hariç) : <b>1.205 TL/ton</b>									
(3) Kraton D1192 Katkı Fiyatı (09.2017) (KDV Hariç) : <b>2.500 €/ton</b>									
(4) Elyaf (Viatop-Premium) Fiyatı (09.2017) (KDV Hariç): <b>720 €/ton € - Kur:4,00 TL</b>									
<b>Birim Fiyat Tarifi:</b> Polimer ve kauçuk modifiye bitüm ile, 4 cm sıkışmış kalınlıkta, 1 m <sup>2</sup> TMA aşınma tabakası (Tip-1) yapılması işlerine ait "Birim Fiyat Tarifi" sayfası ekinde sunulmuştur.									

GENEL FİYAT ANALİZİ								
Poz No:	Analizin Adı :					Ölçü Birimi		
<b>TMA – 4 / KMB / UTO</b>	<b>Kauçuk modifiye bitüm (KMB) ile ,4 cm sıkışmış kalınlıkta , 1 m<sup>2</sup> TMA aşınma tabakası (Tip-1) yapılması (Uskumruköy Taş Ocağı kullanılarak)</b>					<b>m<sup>2</sup></b>		
						<b>2017 Yılı Rayiçleri İle</b>		
Poz No:	C İ N S İ				Birim	Miktarı	Br. Fiyatı	Tutarı
KGM/6454/M	4 cm sıkışmış kalınlıkta TMA aşınma tabakası yapılması (Tip-1) (kırılmış ve elenmiş ocak taşı ve kauçuk modifiye bitüm ile) (Kar ve Genel Masrafsız)				m <sup>2</sup>	1,00000	6,25	6,25
	Özel plentte polimer modifiye bitüm hazırlanması			Kauçuk esaslı granüler ürünler plent tesisine direkt ilave edilmiştir.	ton	-	-	
4300	İnşaat bünyesine giren B 50/70 bitüm zati bedeli <sup>(2)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız)			= $[6,15/106,15]*0,09812*0,85$ =0,00483 ton (4,83 kg)	ton	0,00483	1.205,00	5,82
07.006/K	Bitümün rafineriden asfalt plentine nakli (Kar ve Genel Masrafsız) F=K*(0,0007xM+0,01)xA / K=245 TL, M=125 KM, A=1			F=245*(0,0007+125+0,01)*1 F=23,89 TL	ton	0,00483	23,89	0,12
KATKI KMB/TecRoad	Modifiye edici katkı malzemesinin zati bedeli <sup>(3)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız)			= $[6,15/106,15]*0,09812*0,15$ =0,00085 ton (0,850 kg = 850 gr)	ton	0,00085	7.600,00	6,46
ELYAF	Elyaf (Selülozik fiber) katkı malz.zati bedeli <sup>(4)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız)			Elyaf'a gerek yok	ton	-	-	
07.006/K	Bitümlü sıcak karışımın asfalt plentinden yola nakli <sup>(1)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız) F=K*(0,0007xM+0,01)xA / K=245 TL, M=10 KM, A=1			F=10*(0,0007+10+0,01)*1 F=4,17 TL	ton	0,09812	4,17	0,41
TOPLAM:								19,06
KÂR VE GENEL MASRAF %25 :								4,77
TL/ m <sup>2</sup> - FİYATI :								23,83
TL/ton - FİYATI :								242,87
Uskumruköy Taş Ocağı ve Kauçuk Modifiye Bitümlü “ [UTO + KMB]” Aşınma Tabakası TMA Tip-1 Dizaynı								
Dizayn		Agrega+Bağlayıcı	Wa Optimum Bitüm		Katkı Mad.		Elyaf	
			Oran	Simge	Oran	Simge	Oran	Simge
6	Kauçuklu	(UTO+KMB)	%'e 6,15	KMB	B % 15	TR*	-	-
*tecRoad, direkt asfalt plentine; bitümlü sıcak karışıma B 50/70 bitümün % 15'i ( B % 15) kadar ilave edilmiş ve katılan tecRoad kadar optimum normal bitüm miktarından düşülmüştür.								
<b>Dp = 2,453 ton/m<sup>3</sup></b>								
(1) 1 m <sup>2</sup> - 4 cm sıkışmış kalınlık = $[0,04*1*1]*2,453 = 0,09812$ ton =98,12 kg (Σ Sıcak Karışım)								
(2) B 50/70 Tüpraş/İzmit Fiyatı (09.2017) (KDV Hariç) : <b>1.205 TL/ton</b>								
(3) Kauçuk Modifiye Bitüm (TecRoad) (09.2017) (KDV Hariç) : <b>1.900 €/ton</b>								
(4) Elyaf (Viatop-Premium) Fiyatı (09.2017) (KDV Hariç): <b>720 €/ton</b> € - Kur: <b>4,00 TL</b>								
<b>Birim Fiyat Tarifi:</b> Polimer ve kauçuk modifiye bitüm ile, 4 cm sıkışmış kalınlıkta, 1 m <sup>2</sup> TMA aşınma tabakası (Tip-1) yapılması işlerine ait "Birim Fiyat Tarifi" sayfası ekinde sunulmuştur.								

GENEL FİYAT ANALİZİ									
Poz No:	Analizin Adı :					Ölçü Birimi			
<b>B - 13 / NB / ÇTO</b>	<b>Katkısız bitüm (NB) ile, 13 cm sıkışmış kalınlıkta , 1 m<sup>2</sup> klasik asfalt betonu (AB) binder tabakası yapılması (Çiftalan Taş Ocağı kullanılarak)</b>					<b>m<sup>2</sup></b>			
						<b>2017 Yılı Rayiçleri İle</b>			
Poz No:	C İ N S İ				Birim	Miktarı	Br. Fiyatı	Tutarı	
<b>1.TABAKA</b>	<b>7 cm kalınlıkta ilk tabakanın imal edilmesi</b>								
KGM/6307	7 cm sıkışmış kalınlıkta 1 m <sup>2</sup> asfalt betonu binder tabakası yapılması (kırılmış ve elenmiş ocak taşı ile) (Kar ve Genel Masrafsız)				m <sup>2</sup>	1,00000	8,18	8,18	
4300	İnşaat bünyesine giren B 50/70 bitüm zati bedeli <sup>(3)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız)				= $[4,45/104,45]*0,17052$ =0,00726 ton (7,26 kg)	ton	0,00726	1.205,00	8,75
07.006/K	Bitümün rafineriden asfalt plentine nakli (Kar ve Genel Masrafsız) F=K*(0,0007xM+0,01)xA / K=245 TL, M=125 KM, A=1				F=245*(0,0007+125+0,01)*1 F=23,89 TL	ton	0,00726	23,89	0,17
07.006/K	Bitümlü sıcak karışımın asfalt plentinden yola nakli <sup>(1)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız) F=K*(0,0007xM+0,01)xA / K=245 TL, M=10 KM, A=1				F=245*(0,0007+10+0,01)*1 F=4,17 TL	ton	0,17052	4,17	0,71
<b>2.TABAKA</b>	<b>6 cm kalınlıkta ikinci tabakanın imal edilmesi</b>								
KGM/6306	6 cm sıkışmış kalınlıkta 1 m <sup>2</sup> asfalt betonu binder tabakası yapılması (kırılmış ve elenmiş ocak taşı ile) (Kar ve Genel Masrafsız)				m <sup>2</sup>	1,00000	7,05	7,05	
4300	İnşaat bünyesine giren B 50/70 bitüm zati bedeli <sup>(3)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız)				= $[4,45/104,45]*0,14616$ =0,00623 ton (6,23 kg)	ton	0,00623	1.205,00	7,51
07.006/K	Bitümün rafineriden asfalt plentine nakli (Kar ve Genel Masrafsız) F=K*(0,0007xM+0,01)xA / K=245 TL, M=125 KM, A=1				F=245*(0,0007+125+0,01)*1 F=23,89 TL	ton	0,00623	23,89	0,15
07.006/K	Bitümlü sıcak karışımın asfalt plentinden yola nakli <sup>(1)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız) F=K*(0,0007xM+0,01)xA / K=245 TL, M=10 KM, A=1				F=245*(0,0007+10+0,01)*1 F=4,17 TL	ton	0,14616	4,17	0,61
<b>TOPLAM:</b>								<b>33,13</b>	
<b>KÂR VE GENEL MASRAF %25 :</b>								<b>8,28</b>	
<b>TL/ m<sup>2</sup> - FİYATI :</b>								<b>41,41</b>	
<b>TL/ton - FİYATI :</b>								<b>130,76</b>	
<p>Çiftalan Taş Ocağı, Asfalt Betonu (AB) Binder Tabakası Dizaynı</p> <p><b>Optimum Bitüm (Wopt) =%e 4,45</b> <span style="float: right;"><b>Dp = 2,436 ton/m<sup>3</sup></b></span></p> <p>Toplam Karışım: <b>100 gr</b> kuru agrega karışımı + <b>4,45 gr</b> normal bitüm = <b>104,45 gr</b> toplam karışım</p> <p>(1) 1 m<sup>2</sup> - 7 cm sıkışmış kalınlık = <math>[0,07*1*1]*2,436 = 0,17052</math> ton</p> <p>(2) 1 m<sup>2</sup> - 6 cm sıkışmış kalınlık = <math>[0,06*1*1]*2,436 = 0,14616</math> ton</p> <p>1 m<sup>2</sup> - 13 cm sıkışmış kalınlık = <math>[0,13*1*1]*2,436 = 0,31668</math> ton (Σ Sıcak Karışım)</p> <p>(3) B 50/70 Tüpraş/İzmit Fiyatı (09.2017) (KDV Hariç) : <b>1.205 TL/ton</b></p>									
<b>Birim Fiyat Tarifi:</b> Katkısız bitüm (NB) ile, .....cm sıkışmış kalınlıkta, 1 m <sup>2</sup> klasik asfalt betonu (AB) aşınma, binder, bitümlü temel tabakası yapılması işlerine ait "Birim Fiyat Tarifi" sayfası ekinde sunulmuştur.									

GENEL FİYAT ANALİZİ								
Poz No:	Analizin Adı :					Ölçü Birimi		
<b>B - 7 / NB / ÇTO</b>	<b>Katkısız bitüm (NB) ile, 7 cm sıkışmış kalınlıkta , 1 m<sup>2</sup> klasik asfalt betonu (AB) binder tabakası yapılması (Çiftalan Taş Ocağı kullanılarak)</b>					<b>m<sup>2</sup></b>		
						<b>2017 Yılı Rayiçleri İle</b>		
Poz No:	C İ N S İ				Birim	Miktar	Br. Fiyatı	Tutarı
KGM/6307	7 cm sıkışmış kalınlıkta 1 m <sup>2</sup> asfalt betonu binder tabakası yapılması (kırılmış ve elenmiş ocak taşı ile) (Kar ve Genel Masrafsız)				m <sup>2</sup>	1,00000	8,18	8,18
4300	İnşaat bünyesine giren B 50/70 bitüm zati bedeli <sup>(3)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız)				ton	0,00726	1.205,00	8,75
07.006/K	Bitümün rafineriden asfalt plantine nakli (Kar ve Genel Masrafsız) F=K*(0,0007xM+0,01)xA / K=245 TL, M=125 KM, A=1				ton	0,00726	23,89	0,17
07.006/K	Bitümlü sıcak karışımın asfalt plantinden yola nakli <sup>(1)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız) F=K*(0,0007xM+0,01)xA / K=245 TL, M=10 KM, A=1				ton	0,17052	4,17	0,71
TOPLAM:								17,81
KÂR VE GENEL MASRAF %25 :								4,45
<b>TL/ m<sup>2</sup> - FİYATI :</b>								<b>22,26</b>
<p>Çiftalan Taş Ocağı, Asfalt Betonu (AB) <b>Binder Tabakası</b> Dizayını</p> <p><b>Optimum Bitüm (Wopt) =% 'e 4,45</b> <span style="float: right;"><b>Dp = 2,436 ton/m<sup>3</sup></b></span></p> <p>Toplam Karışım: <b>100 gr</b> kuru agrega karışımı + <b>4,45 gr</b> normal bitüm = <b>104,45 gr</b> toplam karışım</p> <p>(1) 1 m<sup>2</sup> - 7 cm sıkışmış kalınlık = [0,07*1*1]*2,436 = 0,17052 ton (Σ Sıcak Karışım)</p> <p>(2) B 50/70 Tüpraş/İzmit Fiyatı (09.2017) (KDV Hariç) : <b>1.205 TL/ton</b></p>								
<b>Birim Fiyat Tarifi:</b> Katkısız bitüm (NB) ile, .....cm sıkışmış kalınlıkta, 1 m <sup>2</sup> klasik asfalt betonu (AB) aşınma, binder, bitümlü temel tabakası yapılması işlerine ait "Birim Fiyat Tarif" sayfası ekinde sunulmuştur.								



GENEL FİYAT ANALİZİ								
Poz No:	Analizin Adı :					Ölçü Birimi		
<b>BT - 13 / NB / ÇTO</b>	<b>Katkısız bitüm (NB) ile, 13 cm sıkışmış kalınlıkta , 1 m<sup>2</sup> klasik asfalt betonu (AB) bitümlü temel tabakası yapılması (Çiftalan Taş Ocağı kullanılarak)</b>					<b>m<sup>2</sup></b>		
<b>2017 Yılı Rayiçleri İle</b>								
Poz No:	C İ N S İ			Birim	Miktar	Br. Fiyatı	Tutarı	
<b>1.TABAKA</b>	<b>7 cm kalınlıkta ilk tabakanın imal edilmesi</b>							
KGM/6213* [7 cm /13 cm]	7 cm sıkışmış kalınlıkta 1 m <sup>2</sup> bitümlü temel tabakası yapılması (kırılmış ve elenmiş ocak taşı ile) (Kar ve Genel Masrafsız)			m <sup>2</sup>	1,00000	7,69	7,69	
4300	İnşaat bünyesine giren B 50/70 bitüm zati bedeli <sup>(3)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız)			= $[4,05/104,05]*0,17171$ =0,00668 ton (6,68 kg)	ton	0,00668	1.205,00	8,05
07.006/K	Bitümün rafineriden asfalt plentine nakli (Kar ve Genel Masrafsız) $F=K*(0,0007 \times M + 0,01) \times A$ / K=245 TL, M=125 KM, A=1			$F=245*(0,0007+125+0,01)*1$ F=23,89 TL	ton	0,00668	23,89	0,16
07.006/K	Bitümlü sıcak karışımın asfalt plentinden yola nakli <sup>(1)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız) $F=K*(0,0007 \times M + 0,01) \times A$ / K=245 TL, M=10 KM, A=1			$F=245*(0,0007+10+0,01)*1$ F=4,17 TL	ton	0,17171	4,17	0,72
<b>2.TABAKA</b>	<b>6 cm kalınlıkta ikinci tabakanın imal edilmesi</b>							
KGM/6213* [6 cm /13 cm]	6 cm sıkışmış kalınlıkta 1 m <sup>2</sup> bitümlü temel tabakası yapılması (kırılmış ve elenmiş ocak taşı ile) (Kar ve Genel Masrafsız)			m <sup>2</sup>	1,00000	6,59	6,59	
4300	İnşaat bünyesine giren B 50/70 bitüm zati bedeli <sup>(3)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız)			= $[4,05/104,05]*0,14718$ =0,00573 ton (5,73 kg)	ton	0,00573	1.205,00	6,90
07.006/K	Bitümün rafineriden asfalt plentine nakli (Kar ve Genel Masrafsız) $F=K*(0,0007 \times M + 0,01) \times A$ / K=245 TL, M=125 KM, A=1			$F=245*(0,0007+125+0,01)*1$ F=23,89 TL	ton	0,00573	23,89	0,14
07.006/K	Bitümlü sıcak karışımın asfalt plentinden yola nakli <sup>(1)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız) $F=K*(0,0007 \times M + 0,01) \times A$ / K=245 TL, M=10 KM, A=1			$F=245*(0,0007+10+0,01)*1$ F=4,17 TL	ton	0,14718	4,17	0,61
<b>TOPLAM:</b>							<b>30,86</b>	
<b>KÂR VE GENEL MASRAF %25 :</b>							<b>7,72</b>	
<b>TL/ m<sup>2</sup> - FİYATI :</b>							<b>38,58</b>	
<b>TL/ton - FİYATI :</b>							<b>120,98</b>	
<p>Çiftalan Taş Ocağı, <b>Bitümlü Temel Tabakası</b> Dizayını</p> <p><b>Optimum Bitüm (Wopt) =%e 4,05</b> <span style="float: right;"><b>Dp = 2,453 ton/m<sup>3</sup></b></span></p> <p>Toplam Karışım: <b>100 gr</b> kuru agregaya karışımı + <b>4,05 gr</b> normal bitüm = <b>104,05 gr</b> toplam karışım</p> <p>(1) 1 m<sup>2</sup> - 7 cm sıkışmış kalınlık = <math>[0,07*1*1]*2,453 = 0,17171</math> ton</p> <p>(2) 1 m<sup>2</sup> - 6 cm sıkışmış kalınlık = <math>[0,06*1*1]*2,453 = 0,14718</math> ton</p> <p>1 m<sup>2</sup> - 13 cm sıkışmış kalınlık = <math>[0,13*1*1]*2,453 = 0,31889</math> ton (Σ Sıcak Karışım)</p> <p>(3) B 50/70 Tüpraş/İzmit Fiyatı (09.2017) (KDV Hariç) : <b>1.205 TL/ton</b></p>								
<p><b>Birim Fiyat Tarifi:</b> Katkısız bitüm (NB) ile, .....cm sıkışmış kalınlıkta, 1 m<sup>2</sup> klasik asfalt betonu (AB) aşınma, binder, bitümlü temel tabakası yapılması işlerine ait "Birim Fiyat Tarifi" sayfası ekinde sunulmuştur.</p>								

GENEL FİYAT ANALİZİ									
Poz No:	Analizin Adı :					Ölçü Birimi			
<b>BT - 19 / NB / ÇTO</b>	<b>Katkısız bitüm (NB) ile, 19 cm sıkışmış kalınlıkta , 1 m<sup>2</sup> klasik asfalt betonu (AB) bitümlü temel tabakası yapılması (Çiftalan Taş Ocağı kullanılarak)</b>					<b>m<sup>2</sup></b>			
						<b>2017 Yılı Rayıçları İle</b>			
Poz No:	C İ N S İ				Birim	Miktarı	Br. Fiyatı	Tutarı	
<b>1.TABAKA</b>	<b>10 cm kalınlıkta ilk tabakanın imal edilmesi</b>								
KGM/6210	10 cm sıkışmış kalınlıkta 1 m <sup>2</sup> bitümlü temel tabakası yapılması (kırılmış ve elenmiş ocak taşı ile) (Kar ve Genel Masrafsız)				m <sup>2</sup>	1,00000	11,04	11,04	
4300	İnşaat bünyesine giren B 50/70 bitüm zati bedeli <sup>(3)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız)				= $[4,05/104,05]*0,24530$ =0,00955 ton (9,55 kg)	ton	0,00955	1.205,00	11,51
07.006/K	Bitümün rafineriden asfalt plantine nakli (Kar ve Genel Masrafsız) $F=K*(0,0007 \times M + 0,01) \times A$ / K=245 TL, M=125 KM, A=1				$F=245*(0,0007+125+0,01)*1$ F=23,89 TL	ton	0,00955	23,89	0,23
07.006/K	Bitümlü sıcak karışımın asfalt plantinden yola nakli <sup>(1)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız) $F=K*(0,0007 \times M + 0,01) \times A$ / K=245 TL, M=10 KM, A=1				$F=245*(0,0007+10+0,01)*1$ F=4,17 TL	ton	0,24530	4,17	1,02
<b>2.TABAKA</b>	<b>9 cm kalınlıkta ikinci tabakanın imal edilmesi</b>								
KGM/6209	9 cm sıkışmış kalınlıkta 1 m <sup>2</sup> bitümlü temel tabakası yapılması (kırılmış ve elenmiş ocak taşı ile) (Kar ve Genel Masrafsız)				m <sup>2</sup>	1,00000	9,97	9,97	
4300	İnşaat bünyesine giren B 50/70 bitüm zati bedeli <sup>(3)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız)				= $[4,05/104,05]*0,22077$ =0,00859 ton (8,59 kg)	ton	0,00859	1.205,00	10,35
07.006/K	Bitümün rafineriden asfalt plantine nakli (Kar ve Genel Masrafsız) $F=K*(0,0007 \times M + 0,01) \times A$ / K=245 TL, M=125 KM, A=1				$F=245*(0,0007+125+0,01)*1$ F=23,89 TL	ton	0,00859	23,89	0,21
07.006/K	Bitümlü sıcak karışımın asfalt plantinden yola nakli <sup>(1)</sup> (Kar ve Genel Masrafsız) $F=K*(0,0007 \times M + 0,01) \times A$ / K=245 TL, M=10 KM, A=1				$F=245*(0,0007+10+0,01)*1$ F=4,17 TL	ton	0,22077	4,17	0,92
<b>TOPLAM:</b>								<b>45,25</b>	
<b>KÂR VE GENEL MASRAF %25 :</b>								<b>11,31</b>	
<b>TL/ m<sup>2</sup> - FİYATI :</b>								<b>56,56</b>	
<p>Çiftalan Taş Ocağı, <b>Bitümlü Temel Tabakası</b> Dizaynı</p> <p><b>Optimum Bitüm (Wopt) = %'e 4,05</b> <span style="float: right;"><b>Dp = 2,453 ton/m<sup>3</sup></b></span></p> <p>Toplam Karışım: <b>100 gr</b> kuru agrega karışımı + <b>4,05 gr</b> normal bitüm = <b>104,05 gr</b> toplam karışım</p> <p>(1) 1 m<sup>2</sup> - 10 cm sıkışmış kalınlık = <math>[0,10*1*1]*2,453 = 0,24530</math> ton</p> <p>(2) 1 m<sup>2</sup> - 9 cm sıkışmış kalınlık = <math>[0,09*1*1]*2,453 = 0,22077</math> ton</p> <p>1 m<sup>2</sup> - 19 cm sıkışmış kalınlık = <math>[0,19*1*1]*2,453 = 0,46607</math> ton (Σ Sıcak Karışım)</p> <p>(3) B 50/70 Tüpraş/İzmit Fiyatı (09.2017) (KDV Hariç) : <b>1.205 TL/ton</b></p>									
<p><b>Birim Fiyat Tarifi:</b> Katkısız bitüm (NB) ile, .....cm sıkışmış kalınlıkta, 1 m<sup>2</sup> klasik asfalt betonu (AB) aşınma, binder, bitümlü temel tabakası yapılması işlerine ait "Birim Fiyat Tarifi" sayfası ekinde sunulmuştur.</p>									

GENEL FİYAT ANALİZİ					
Poz No:	Analizin Adı :				Ölçü Birimi
<b>PMT / ÇTO&amp;UTO</b>	<b>20 cm sıkışmış kalınlıkta , 1 m<sup>2</sup> plent-miks temel yapılması (Çiftalan&amp;Uskumruköy Taş Ocağı kullanılarak)</b>				<b>ton</b>
<b>2017 Yılı Rayiçleri İle</b>					
Poz No:	C İ N S İ	Birim	Miktarı	Br. Fiyatı	Tutarı
KGM/6100/3	Plent-miks temel yapılması (kırılmış ve elenmiş ocak taşı ile (Kar ve Genel Masrafsız)	ton	1,00000	26,77	26,77
07.006/K	Plent-miks temelin plentten serim yerine taşınması (Kar ve Genel Masrafsız) F=K*(0,0007xM+0,01)xA / K=245 TL, M=10 KM, A=1	ton	1,00000	4,17	4,17
07.005/K	PMT için gerekli suyun serim yerine taşınması (Kar ve Genel Masrafsız) F=K x 0,00017 x √ M x 1 / K=245 TL, M=5 KM, A=1	ton	0,10000	2,95	0,30
TOPLAM:					31,24
KÂR VE GENEL MASRAF %25 :					7,81
<b>TL/ ton - FİYATI :</b>					<b>39,05</b>
<b>TL/m<sup>2</sup> - FİYATI :</b>					<b>18,60</b>
<p>D p (ton/m<sup>3</sup>) <math>\cong</math> 2,381 (Üstyapı Proje Tasarımı-YTÜ) [26]</p> <p>(1) 1 m<sup>2</sup> - 20 cm sıkışmış kalınlık = [0,20*1*1]*2,381 = 0,4762 ton</p>					
<b>Birim Fiyata Dahil Olan Masraflar :</b>					
<p>Gerekli makine ve teçhizatın; iş başında temini, montajı ve demontajı, taşın ocaktan çıkarılması, konkasöre verilecek ebatta kırılması, vasıtalara yüklenmesi, ocak - konkasör arasında taşınması, boşaltılması, konkasöre verilmesi, şartnamesinde belirtilen veya İdarece istenilen granülometriyi elde edecek şekilde konkasörle kırılması ve elenmesi, munzam elemeler ve granülometri ayarlama işlerinin yapılması, konkasör altının boşaltılması, kırılmış ve elenmiş agreganın; vasıtalara yüklenmesi, agreganın plent sahasına taşınması, plent sahasında boşaltılması ve depo edilmesi, depo yerinden taşıma vasıtalarına yüklenmesi, plent silosuna kadar taşınarak boşaltılması, silolardaki agreganın iyi bir biçimde akması için gerektiğinde el ile şişlenmesi, silolardan karışım plentine verilmesi, suyun temini ve plente taşınması, su tanklarına doldurulması, belli oranda karıştırıcıya verilmesi, agregası ve suyun karıştırıcıda karıştırılması, karıştırıcıdan çıkan malzemenin taşıma vasıtalarına yüklenmesi, plente ve kantarda bekletilmesi, araştırma ve teknik nezaret işlerinin yapılması, karışımın İdarece istenilecek kapasitedeki otomatik kart basan kantarla tartılması, karışımın serilme yerine taşınması, taşıma kamyonlarının sırası gelinceye kadar bekletilmeleri, finişerle beraber çalışmalarını ve karışımın taşıma vasıtalarından finişere boşaltılması, İdarece verilen röper, eksen, enkesit ve kotlara uygun olarak finişerle serilmesi, meydana gelen hataların el ile düzeltilmesi, enine ve boyuna ek yerlerinin yapılması, temizlenmesi ve düzeltilmesi, sıkıştırılması, reglaj ve ek yerlerinin yapılması için gerekli suyun iş başında temini ve kullanılması, karışımın demir merdaneli ve lastik tekerlekli silindirelerle sıkıştırılması ile aşağıda "Birim Fiyata Dahil Olmayan Masraflar"dışında kalan diğer bütün işlerin yapılması için gerekli olan her türlü işçilik, malzeme, makine, alet ve araç giderleri ile yüklenici karı ve genel masraflar.</p>					
<b>Birim Fiyata Dahil Olmayan Masraflar:</b>					
Yoktur.					

GENEL FİYAT ANALİZİ					
Poz No:	Analizin Adı :				Ölçü Birimi
<b>PMAT / ÇTO&amp;UTO</b>	<b>20 cm sıkışmış kalınlıkta , 1 m<sup>2</sup> plent-miks alttemel yapılması (Çiftalan&amp;Uskumruköy Taş Ocağı kullanılarak)</b>				<b>ton</b>
<b>2017 Yılı Raiçleri İle</b>					
Poz No:	C İ N S İ	Birim	Miktarı	Br. Fiyatı	Tutarı
KGM/6100/3-1	Plent-miks alttemel yapılması (kırılmış ve elenmiş ocak taşı ile (Kar ve Genel Masrafsız)	ton	1,00000	23,50	23,50
07.006/K	Plent-miks alttemelin plentten serim yerine taşınması (Kar ve Genel Masrafsız) F=K*(0,0007xM+0,01)xA / K=245 TL, M=10 KM, A=1	ton	1,00000	4,17	4,17
07.005/K	PMAT için gerekli suyun serim yerine taşınması (Kar ve Genel Masrafsız) F=K x 0,00017 x √ M x 1 / K=245 TL, M=5 KM, A=1	ton	0,10000	2,95	0,30
TOPLAM:					27,97
KÂR VE GENEL MASRAF %25 :					6,99
TL/ ton - FİYATI :					<b>34,96</b>
TL/m <sup>2</sup> - FİYATI :					<b>16,23</b>
<p style="text-align: center;">D p (ton/m<sup>3</sup>) <math>\cong</math> 2,321      (Üstyapı Proje Tasarımı-YTÜ) [26]</p> <p style="text-align: center;">(1) 1 m<sup>2</sup> - 20 cm sıkışmış kalınlık = [0,20*1*1]*2,321 = 0,4642 ton</p>					
<b>Birim Fiyata Dahil Olan Masraflar :</b>					
<p>Gerekli makine ve teçhizatın; iş başında temini, montajı ve demontajı, taşın ocaktan çıkarılması, konkasöre verilecek ebatta kırılması, vasıtalara yüklenmesi, ocak - konkasör arasında taşınması, boşaltılması, konkasöre verilmesi, şartnamesinde belirtilen veya İdarece istenilen granüloetriyi elde edecek şekilde konkasörle kırılması ve elenmesi, munzam elemeler ve granüloetri ayarlama işlerinin yapılması, konkasör altının boşaltılması, kırılmış ve elenmiş agreganın; vasıtalara yüklenmesi, agreganın plent sahasına taşınması, plent sahasında boşaltılması ve depo edilmesi, depo yerinden taşıma vasıtalarına yüklenmesi, plent silosuna kadar taşınarak boşaltılması, silolardaki agreganın iyi bir biçimde akması için gerektiğinde el ile şişlenmesi, silolardan karışım plentine verilmesi, suyun temini ve plente taşınması, su tanklarına doldurulması, belli oranda karıştırıcıya verilmesi, agrega ve suyun karıştırıcıda karıştırılması, karıştırıcıdan çıkan malzemenin taşıma vasıtalarına yüklenmesi, plentte ve kantarda bekletilmesi, araştırma ve teknik nezaret işlerinin yapılması, karışımın İdarece istenilecek kapasitedeki otomatik kart basan kantarla tartılması, karışımın serilme yerine taşınması, taşıma kamyonlarının sırası gelinceye kadar bekletilmeleri, finişerle beraber çalışmaları ve karışımın taşıma vasıtalarından finişere boşaltılması, İdarece verilen röper, eksen, enkesit ve kotlara uygun olarak finişerle serilmesi, meydana gelen hataların el ile düzeltilmesi, enine ve boyuna ek yerlerinin yapılması, temizlenmesi ve düzeltilmesi, sıkıştırılması, reglaj ve ek yerlerinin yapılması için gerekli suyun iş başında temini ve kullanılması, karışımın demir merdaneli ve lastik tekerlekli silindirelerle sıkıştırılması ile aşağıda "Birim Fiyata Dahil Olmayan Masraflar"dışında kalan diğer bütün işlerin yapılması için gerekli olan her türlü işçilik, malzeme, makine, alet ve araç giderleri ile yüklenici karı ve genel masraflar.</p>					
<b>Birim Fiyata Dahil Olmayan Masraflar:</b>					
Yoktur.					

## Birim Fiyat Tarifleri

**Katkısız bitüm (NB) ile, .....cm sıkışmış kalınlıkta, 1 m<sup>2</sup> klasik asfalt betonu (AB) aşınma, binder, bitümlü temel tabakası yapılması işlerine ait "Birim Fiyat Tarifi"**

**Birim Fiyata Dahil Olan Masraflar:**

Gerekli makine ve teçhizatın; iş başında temini, montajı ve demontajı, taşın; ocaklardan çıkarılması, konkasöre verilecek ebatta kırılması, vasıtalara yüklenmesi, ocak-konkasör arasında taşınması, boşaltılması, konkasöre verilmesi, şartnamesinde belirtilen veya İdarece istenilen granülometriyi elde edecek şekilde konkasörle kırılması ve elenmesi, gerektiğinde ilave filler ve doğal kum temini, munzam elemeler ve granülometri ayarlama işlerinin yapılması, konkasör altının boşaltılması, agreganın vasıtalara yüklenmesi, plent sahasındaki depo yerine taşınması ve boşaltılması, depo yerinde taşıma vasıtalarına yüklenmesi, plent silosuna kadar taşınarak boşaltılması, kurutulması, ısıtılması, elenerek gruplara ayrılması, karıştırıcıya aktarılması, buhar jeneratörü için gerekli suyun iş başında temini, bitümlü malzemenin; bedeli, temin yerinden depo tankına kadar taşınması, taşıma dolayısıyla soğuyan bitümlü malzemenin emiş derecesine kadar ısıtılması, depo tankına aktarılması, depo tankında emiş derecesine kadar ısıtılması ve servis tankına aktarılması, depo ve servis tankında depolanması, tatbik derecesine kadar ısıtılması, miksere istenilen miktarda püskürtülmesi, agrega ve bitümlü malzemenin şartnamesine göre karıştırılması, kaplama yapılacak yol yüzeyinin ve kaplama anında ek yerlerinin süpürülmesi ve çıkan süprüntü malzemesinin platform dışına atılması veya tretuvar üzerine konulması, süprüntü malzemesinin vasıtalara yüklenmesi, taşınması ve boşaltılması, bitümlü yapıştırıcının; bedeli, depolanması, distribütöre aktarılması, tatbik derecesine kadar ısıtılması ve püskürtme borusu ile veya borunun yavaşmadığı yerlerde el ile püskürtülmesi, bitümlü yapıştırıcının temin yerinden plent sahasına ve yol boyuna taşınması, bitümlü sıcak karışımın taşıma vasıtalarına yüklenmesi, işbaşına (serim yerine) taşınması, taşıma vasıtalarının; sırası gelinceye kadar plente ve serim yerinde bekletilmesi, finişerle beraber çalışarak karışımın elektronik duyargalı finişere boşaltılması, serilmesi, demir merdaneli ve lastik tekerlekli silindirlerle sıkıştırılması, gerektiğinde ek yerlerinin ısıtılması, kesilmesi, tanzimi, geometrik standardın temini için aletli ölçmelerin yapılması, elektronik duyargalı finişer için yan baz hattının yerleştirilmesi, kot almaya yarayacak ayarlı ofset hattının teşkili, aplikasyon, nivelman vs. yapılması, araştırma ve teknik nezaret işlerinin yapılması ile aşağıda "Birim Fiyata Dahil Olmayan Masraflar"dışında kalan diğer bütün işlerin yapılması için gerekli olan her türlü işçilik, malzeme, makine, alet ve araç giderleri ile yüklenici karı ve genel masraflar.

**Birim Fiyata Dahil Olmayan Masraflar:**

Yoktur.

**Katkısız bitüm (NB) ile, 4 cm sıkışmış kalınlıkta, 1 m<sup>2</sup> TMA aşınma tabakası (Tip-1) yapılması işine ait "Birim Fiyat Tarifi"**

**Birim Fiyata Dahil Olan Masraflar:**

Gerekli makine ve teçhizatın; iş başında temini, montajı ve demontajı, taşın; ocaklardan çıkarılması, konkasöre verilecek ebatta kırılması, vasıtalarla yüklenmesi, ocak-konkasör arasında taşınması, boşaltılması, konkasöre verilmesi, şartnamesinde belirtilen veya İdarece istenilen granülometriyi elde edecek şekilde konkasörle kırılması ve elenmesi, gerektiğinde ilave filler ve doğal kum temini, munzam elemeler ve granülometri ayarlama işlerinin yapılması, konkasör altının boşaltılması, agreganın vasıtalarla yüklenmesi, plent sahasındaki depo yerine taşınması ve boşaltılması, depo yerinde taşıma vasıtalarına yüklenmesi, plent silosuna kadar taşınarak boşaltılması, kurutulması, ısıtılması, elenerek gruplara ayrılması, karıştırıcıya aktarılması, buhar jeneratörü için gerekli suyun iş başında temini, elyaf katkı maddesinin iş başında temini, bitümlü malzemenin; bedeli, temin yerinden depo tankına kadar taşınması, taşıma dolayısıyla soğuyan bitümlü malzemenin emiş derecesine kadar ısıtılması, depo tankına aktarılması, depo tankında emiş derecesine kadar ısıtılması ve servis tankına aktarılması, depo ve servis tankında depolanması, tatbik derecesine kadar ısıtılması, mikserde istenilen miktarda püskürtülmesi, katkı maddelerinin el ile mikserde ilave edilmesi, agrega ve bitümlü malzemenin şartnamesine göre karıştırılması, kaplama yapılacak yol yüzeyinin ve kaplama anında ek yerlerinin süpürülmesi ve çıkan süprüntü malzemesinin platform dışına atılması veya tretuvar üzerine konulması, süprüntü malzemesinin vasıtalarla yüklenmesi, taşınması ve boşaltılması, bitümlü yapıştırıcının; bedeli, depolanması, distribütöre aktarılması, tatbik derecesine kadar ısıtılması ve püskürtme borusu ile veya borunun yanaşmadığı yerlerde el ile püskürtülmesi, bitümlü yapıştırıcının temin yerinden plent sahasına ve yol boyuna taşınması, bitümlü sıcak karışımın taşıma vasıtalarına yüklenmesi, işbaşına (serim yerine) taşınması, taşıma vasıtalarının; sırası gelinceye kadar plentte ve serim yerinde bekletilmesi, finişerle beraber çalışarak karışımın elektronik duyargalı finişere boşaltılması, serilmesi, demir merdaneli ve lastik tekerlekli silindirlerle sıkıştırılması, gerektiğinde ek yerlerinin ısıtılması, kesilmesi, tanzimi, geometrik standardın temini için aletli ölçmelerin yapılması, elektronik duyargalı finişer için yan baz hattının yerleştirilmesi, kot almaya yarayacak ayarlı ofset hattının teşkili, aplikasyon, nivelman vs. yapılması, araştırma ve teknik nezaret işlerinin yapılması ile aşağıda "Birim Fiyata Dahil Olmayan Masraflar"dışında kalan diğer bütün işlerin yapılması için gerekli olan her türlü işçilik, malzeme, makine, alet ve araç giderleri ile yüklenici karı ve genel masraflar.

**Birim Fiyata Dahil Olmayan Masraflar:**

Yoktur.

**Polimer (PMB) ve kauçuk modifiye bitüm (KMB) ile ,4 cm sıkışmış kalınlıkta , 1 m<sup>2</sup> TMA aşınma tabakası (Tip-1) yapılması işlerine ait "Birim Fiyat Tarifi"**

**Birim Fiyata Dahil Olan Masraflar:**

Gerekli makine ve teçhizatın; iş başında temini, montajı ve demontajı, taşın; ocaklardan çıkarılması, konkasöre verilecek ebatta kırılması, vasıtalarla yüklenmesi, ocak-konkasör arasında taşınması, boşaltılması, konkasöre verilmesi, şartnamesinde belirtilen veya İdarece istenilen granülometriyi elde edecek şekilde konkasörle kırılması ve elenmesi, gerektiğinde ilave filler ve doğal kum temini, munzam elemeler ve granülometri ayarlama işlerinin yapılması, konkasör altının boşaltılması, agreganın vasıtalarla yüklenmesi, plent sahasındaki depo yerine taşınması ve boşaltılması, depo yerinde taşıma vasıtalarına yüklenmesi, plent silosuna kadar taşınarak boşaltılması, kurutulması, ısıtılması, elenerek gruplara ayrılması, karıştırıcıya aktarılması, buhar jeneratörü için gerekli suyun iş başında temini, elyaf katkı maddesinin iş başında temini, bitümlü malzemenin; bedeli, temin yerinden depo tankına kadar taşınması, taşıma dolayısıyla soğuyan bitümlü malzemenin emiş derecesine kadar ısıtılması, depo tankına aktarılması, depo tankında emiş derecesine kadar ısıtılması, modifiye bitüm üretimi için; bitümlü malzemenin emiş derecesinden tatbik derecesine kadar ısıtılması, servis tankında asfalt pompası ile modifiye bitüm hazırlama tankına aktarılması, modifiye edici katkı maddesinin plent yanında araçlardan boşaltılması ve istifi ile istenen miktar ve şartlarda modifiye bitüm plentine boşaltılması, katkı maddesinin, bitüm ile birlikte özel plentte 185 °C sabit sıcaklıkta homojen bir karışım elde edilinceye kadar karıştırılarak parçalayıcı değirmenden geçirilmesi, servis tankına aktarılması, özel servis tankında depolanması, mikserde istenilen miktarda püskürtülmesi, katkı maddelerinin el ile mikserde ilave edilmesi, agrega ve bitümlü malzemenin şartnamesine göre karıştırılması, kaplama yapılacak yol yüzeyinin ve kaplama anında ek yerlerinin süpürülmesi ve çıkan süprüntü malzemesinin platform dışına atılması veya tretuvar üzerine konulması, süprüntü malzemesinin vasıtalarla yüklenmesi, taşınması ve boşaltılması, bitümlü yapıştırıcının; bedeli, depolanması, distribütöre aktarılması, tatbik derecesine kadar ısıtılması ve püskürtme borusu ile veya borunun yanaşmadığı yerlerde el ile püskürtülmesi, bitümlü yapıştırıcının temin yerinden plent sahasına ve yol boyuna taşınması, bitümlü sıcak karışımın taşıma vasıtalarına yüklenmesi, işbaşına (serim yerine) taşınması, taşıma vasıtalarının; sırası gelinceye kadar plentte ve serim yerinde bekletilmesi, finişerle beraber çalışarak karışımın elektronik duyargalı finişere boşaltılması, serilmesi, demir merdaneli ve lastik tekerlekli silindirlerle sıkıştırılması, gerektiğinde ek yerlerinin ısıtılması, kesilmesi, tanzimi, geometrik standardın temini için aletli ölçmelerin yapılması, elektronik duyargalı finişer için yan baz hattının yerleştirilmesi, kot almaya yarayacak ayarlı ofset hattının teşkili, aplikasyon, nivelman vs. yapılması, araştırma ve teknik nezaret işlerinin yapılması ile aşağıda "Birim Fiyata Dahil Olmayan Masraflar"dışında kalan diğer bütün işlerin yapılması için gerekli olan her türlü işçilik, malzeme, makine, alet ve araç giderleri ile yüklenici karı ve genel masraflar.

**Birim Fiyata Dahil Olmayan Masraflar:**

Yoktur.

## ÖZGEÇMİŞ

İrfan Şanlıer, 13.06.1978 tarihinde Trabzon'un Of ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise tahsilini Trabzon'da tamamladı. 1994 yılında Of Şehit Ahmet Türkkkan Lisesi'nden mezun oldu. 1996 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. 2000 yılında üniversiteden mezun oldu. 2000-2003 yılları arasında özel sektörde şantiye mühendisi ve kesin hesap mühendisi olarak görev yaptı. 2003 Kasım tarihinde Karayolları 12. Bölge/Erzurum Müdürlüğü'ne atandı. 2008 Mart ayında Karayolları 1.Bölge/İstanbul Müdürlüğü'ne tayin oldu ve halen bu bölgede çalışma hayatına devam etmektedir. Bu süreç içerisinde bir çok yol ve köprü yapım projelerinde kontrol mühendisi, kontrol şefi olarak görev yaptı. 29-30 Eylül 2017 tarihinde Azerbaycan'ın başkenti Bakü'de düzenlenen ISITES 2017-5.Uluslararası Mühendislik ve Bilim Alanında Yenilikçi Teknolojiler Sempozyumu'nda tezi ile ilgili makale sunumunu yaptı. İrfan Şanlıer, evli ve bir kız çocuk babasıdır.