

## BITÜMLÜ BAĞLAYICILAR (ASFALT ÇİMENTOSU)

### ÖZELLİKLERİ & DENEYLERİ

### BITÜMLÜ MALZEMELER-TANIMLAR

Bitüm kelimesinin orijini “BITUMEN” ?

Fransızca’da **“BITUMEN”**

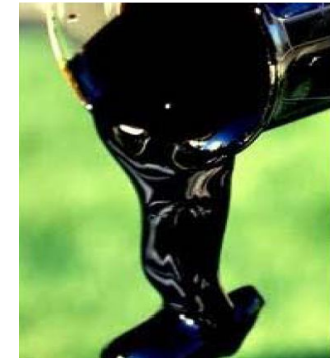
*İngilizce’ye de aynı kelime geçmiştir.*

### BITÜMLÜ BAĞLAYICILAR

- Genellikle koyu, siyah renkte katı, yarı-katı ve sıvı halde bulunabilen yüksek molekül ağırlıklı hidrokarbonlardan oluşan ve karbon disülfürde tamamen çözünen bağlayıcı özellikli madde olarak tanımlanır.
- «Asfalt» ve «Bitüm» terimleri aynı anlamda kullanılabilir.

### BITÜMLÜ BAĞLAYICILARIN GENEL ÖZELLİKLERİ:

- Siyah ve ya koyu kahverengidir.
- Su geçirmezlik ve bağlayıcılık özelliklerine sahiptir.
- Başlıca hidrokarbonlar ve bunların türevlerinden ibaret olan ve karbon disülfürde çözünen çok viskoz bir sıvı veya katı, yarı-katı
- Uçucu değildir ve ısıtıldığı zaman tedricen yumuşar.



## BITUMINOUS MATERIALS-SOURCES

Bitümün başlıca iki kaynağı;

- Doğal
- Rafineri Petrol

Her iki durumda da, bitüm petrolün damıtma işlemi sonucunda oluşan bir üründür.

- Rafineride daha kısa sürelerde,
- Doğada daha uzun süreler boyunca

### Doğal Bitüm

- Göl asfaltları ve
- Kaya asfaltları

## PETROLEUM-BASED ASPHALTS

Asfalt ham petrolün rafineri işlemesindeki atık üründür.

- Bazen varil dibi olarak adlandırılır.

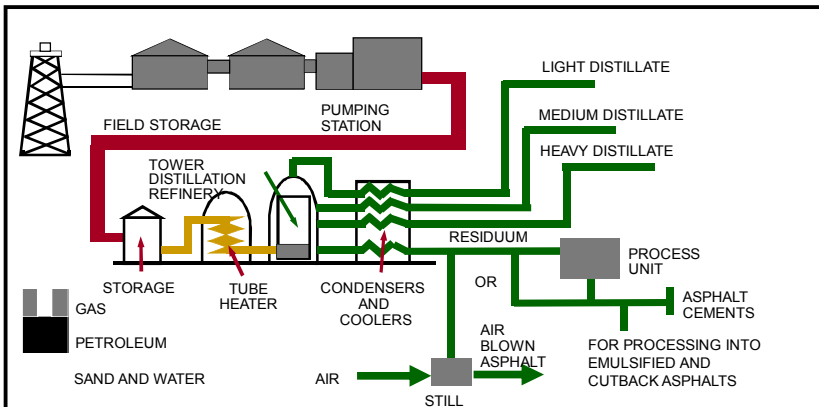
Bitüm Özellikleri:

- Rafineri işlemlerine
- Ham petrolün orijinine (kaynağına) bağlıdır.



Ham Petrol Varili

## REFINERY OPERATION

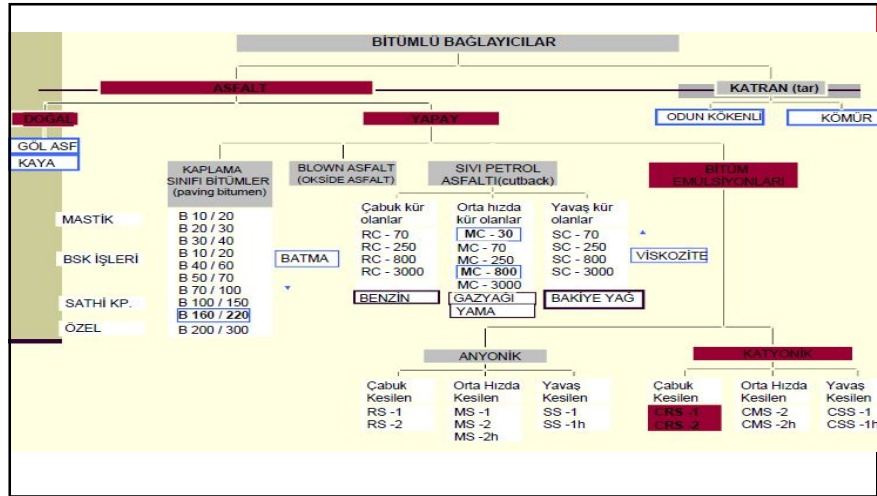


## BİTÜMLÜ BAĞLAYICILAR

Yol Üstyapısında Bağlayıcı olarak kullanılan Bitümlü Bağlayıcılar 2 ana grupta toplanırlar:

**ASFALTLAR (Petrol kökenli)**

**KATRANLAR (Kömür kökenli)**



## ASFALTLAR

Asfaltın kelime anlamı “kırılması güç”tür.

- Rengi koyu kahve renkten-siyaha kadar değişen,
- Aromatik hidrokarbonlardan oluşan,
- Kuvvetli bağlayıcı özelliği olan,
- Kıvamlilik bakımından katı, yarı-katı veya sıvı olabilen,
- Doğal halde bulunan veya ham petrolün arıtılmasından elde edilen,
- Karbondisülfürde çözünen,
- Başlıca hidrokarbonlardan oluşan bir maddedir.

### DOĞAL ASFALTLAR:

- ❖ Mineral maddelerle karışmış halde bulunan kaya ve göl asfaltlarıdır. Konumlarına göre göl ve kaya asfaltı diye adlandırılır.
- ❖ Bitümlü karışımlarda göl ve kaya asfaltları, asfalt çimentosuna katılarak ya da plentte agregaya ilave edilerek, modifiye bitüm ya da modifiye karışım hazırlamakta kullanılır. Doğal asfaltlı karışımlarda, plastik deformasyonlara karşı dayanım ve bitüm agrega adezyonu artmaktadır.

### YAPAY ASFALTLAR:

- ❖ Ham petrolün damıtılmasından elde edilir.

### KATRANLAR (KÖMÜR KÖKENLİ)

Başlıca kömürün veya odunun kapalı bir sistem içerisinde kuru kuruya damıtılmasından elde edilir. Arıtıldıktan sonra kullanılır.

## ASFALT ÇİMENTOSU (BİTÜMLER)

Asfalt çimentosu, akıcı hale gelebilmesi için ısıtılması gereken asfalttır.

Bitümlü sıcak karışımda ve sathi kaplamalarda kullanılmak üzere hazırlanmış petrol kökenli bitümlerdir.

## ASFALT ÇİMENTOSU (BİTÜMLER)

- ❖ Bitümler genellikle penetrasyonlara göre sınıflandırılır.
- ❖ Değişik penetrasyon dereceleri, petrolün artırılması sırasındaki işletmelerle sağlanır.
- ❖ Bu penetrasyon derecelerinin elde edilmesi petrolün damıtılması sırasında belirli koşulların yerine getirilmesi ile mümkün olur.

## ASFALT ÇİMENTOSU (BİTÜMLER)

- ❖ Rafinerizasyon esnasında birkaç ana penetrasyon grubu üretildikten sonra, diğer penetrasyon gruplarını elde etmek için önceden üretilmiş olan grupların karıştırılması sureti ile farklı gruplar elde edilir.
- ❖ Ayrıca bitümler; sıvı petrol asfaltları ve bitüm emülsiyonlarının hazırlanmasında kullanılır.

## ASFALT ÇİMENTOSU (BİTÜMLER)

20- 30 Penetrasyonlu B  
30- 45 Penetrasyonlu B  
35- 50 Penetrasyonlu B  
40- 60 Penetrasyonlu B  
50- 70 Penetrasyonlu B  
70-100 Penetrasyonlu B  
100-150 Penetrasyonlu B  
160-220 Penetrasyonlu B  
250-330 Penetrasyonlu B



İğne Batma  
Miktarı Artar,  
Kıvam azalır

## BITÜMÜN KİMYASAL YAPISI

- Bitümün içsel yapı konfigürasyonu daha ziyade mevcut molekül türünün kimyasal ana yapısı ile belirlenir.
- Bitüm, ağırlıklı olarak sülfür nitrojen ve oksijen atomları ihtiva eden fonksiyonel gruplar ve
- Az miktarda yapısal hidrokarbon moleküllerinin karmaşık kimyasal karışımıdır.

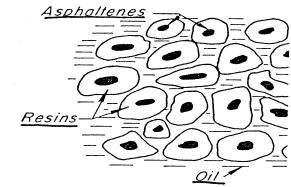
## BITUMINOUS MATERIALS-CHEMISTRY

### Bitüm Kompozisyonu

Bitüm içinde ihtiva edilen organik geniş spektrumlu bileşenler bir dizi halinde ayrılır, yaygın olarak kullanılan bir sınıflandırma :

ASFALTENLER  
REÇİNELER  
YAĞLAR

MALTENLER



KOLLOİDAL YAPI

## Bituminous Materials-Chemistry

### Asfalt Çimento Kompozisyonu

→ Değişen boyutlarda ve polaritede büyük organik moleküller

Karbon	80-87%	Nitrojen	0-1%
Hidrojen	9-11%	Sülfür	0.5 -7%
Oksijen	2-8%	Ağır metaller	0-0.5%

Ağır metaller önemli bir rol oynar

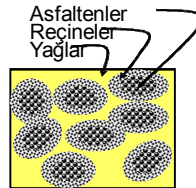
- Polariteye katkı sağlar

→ Moleküler yapı çok karmaşık

- Asfaltener - En büyük polarite
- Reçineler - Orta düzeyde polar
- Yağlar - En küçük, parafin - non- polar

→ Kolloidal model

- Reçine ile çevrili Asfaltener
- Yağlar sürekli bir yapı



## Bituminous Materials-Chemistry

### 1. Oksidasyon

- Oksijen ile reaksiyon
- Karıştırma sırasında hızlı (Mix-Sertleşme)
- Belirtilen sıcaklık asla aşılmamalıdır

### 2. Uçma (buharlaştırma)

- Hafif bileşenlerin buharlaşması

### 3. Polimerizasyon

- benzer moleküllerin kombinasyonu (büyük moleküller oluşturması)
- yağ + yağ: reçine

### 4. Thixotropy

- zamanla viskozitedeki artış

### 5. Ayrışma

- Bitümlü bağlayıcının agrega yüzeyinden ayrılması

### **Bituminous Materials-Chemistry**

- ❖ Bitümün performansına ve yapısal özelliklerindeki farklılıklara sebep olan birçok faktör bulunmaktadır.
- ❖ Sınırlı test sonuçları ve deneyimlerle bitüm kimyası ile performans ilişkisi sırasında daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmakta olup, yine de, derlenen veriler ve yol gözlemlerinden edinilen çalışma kapsamında, bitüm kimyasının performans özellikleriyle ilgili korelasyonu aşağıdaki şekilde yapılmıştır:

### **Kalıcı Deformasyonu Direnç Açısından Bitüm Özellikleri:**

- ❖ Yüksek molekül ağırlıklı bağlayıcılar (elastiklik artışı),
- ❖ Daha fazla asfalten (yüksek bileşim) içerenler
- ❖ Daha az polar-olmayan madde içerenler
- ❖ Daha az parafin içerenler,

### **Termal çatlaklara direnç açısından bitüm özellikleri:**

- ❖ Daha düşük molekül ağırlıklılar
- ❖ Daha az asfalten içerenler
- ❖ Daha fazla polar-olmayan ve doymuş hidro karbonlar içerenler
- ❖ Daha az parafin içerenler,

### **Yorulma çatlağına direnç açısından bitüm özellikleri:**

- ❖ İnce kaplamalarda: daha az polar içeren maddeler
- ❖ Kalın kaplamalarda yüksek polariteli maddeler, daha fazla asfalten içerenler, tercih edilebilir.

## **BITUMINOUS MATERIALS-RHEOLOGICAL**

### **Reoloji**

Reoloji, malzemelerin deformasyon özelliklerinin yük ile değil aynı zamanda yük uygulama süresi ile inceleyen malzeme alanıdır.

Reolojik bir malzeme olan bitümün deformasyonu ve ya şekil değiştirmesi

**Yük**

**Zaman**

**Sıcaklığa (*termoplastik*)**

## **Bitümlü Malzemelerin Reolojik Davranış**

Asfaltın kaynağına dayanan moleküler yapısı ve sıcaklığa bağlı olarak asfaltların değişik reolojik haller göstermektedir:

- **Gevrek elastik**
- **Elasto-plastik**
- **Viskoelastik**
- **Tam viskoz**

## **Bitümlü Malzemelerin Reolojik Davranış**

**Gevrek elastik halde asfalt bir katı cisim gibi davranır, özellikleri elastisite modülü ve dirençle değerlendirilir.**

**Elasto-plastik halde önemli tersinir deformasyonlar oluşur. Bazen bunların yanında tersinir olmayan akmalar da olabilir.**

**Viskoelastik ve tam viskoz halde asfalt bir akışkan gibi davranır.**

## **Bitümlü Malzemelerin Reolojik Davranış**

Her reolojik hal asfaltın belirli moleküler yapısı ile karakterize edilir. Asfaltların yol inşaatındaki temel özellikleri bu moleküler yapıya bağlıdır.

Asfaltlar oldukça düşük sıcaklıklarda billursa yoğun bir yapıya sahiptirler. Gevrek elastik hal billursu yoğun yapıya tekabül eder.

Daha yüksek sıcaklıklarda pıhtılaşmış bir yapı kazanırlar. Elasto-plastik halde asfalt pıhtılaşmış yapıdadır.

Sıcaklığın çok artması ile asfaltlar sıvı hale geçerler. Viskoelastik ve tam viskoz halde ise asfalt yüksek viskoziteli bir sıvının moleküler yapısını kazanır.

### Bitümlü Malzemelerin Reolojik Davranış

Gevrek elastik halden elasto-plastik hale geçiş için sınır sıcaklık değeri asfaltın, Fraas metodu ile bulunan "Kırılma Noktası-Gevreklik Sıcaklığı"dır.

Elasto-plastik halden viskoelastik hale geçişteki sınır sıcaklık değeri ise Halka-Bilya metodu ile saptanan "Yumuşama Noktası"dır.

Farklı asfaltlar için bu sınır değerler aynı olmayabilir. Bu nedenle asfaltların özelliklerini keyfi seçilmiş sıcaklıklarda (örneğin 0°C ve 25 C) karşılaştırmak sakıncalıdır. Bu sıcaklık dereceleri için değişik asfaltlar farklı reolojik hallerde bulunabileceğinden kritik sıcaklıklarda saptanmasını önermiştir.

### Bitümlü Malzemelerin Reolojik Davranış

Asfaltın, karışımların hazırlanmasında ve sonrasında yol kaplamasının yapısında göstereceği özellikleri doğru olarak tahmin edebilmek için bu durumlara tekabül eden sıcaklıklarda asfaltın hangi reolojik halde bulunduğunun bilinmesi gereklidir. Örneğin,

Karışımların hazırlanması ve yola serilmesi sırasında göstereceği davranışı saptamak için tam viskoz haldeki özelliklerini

Yolun uzun ömürlü olmasına etkiyen, kaplamanın yapısı içindeki davranışının saptanabilmesi için hem gevrek-elastik hal hem de elasto-plastik haldeki özellikleri araştırılmalıdır.

### Bitümlü Malzemelerin Reolojik Davranış

Kırılma noktasının (Farass kırılma noktasının) altındaki sıcaklıklarda, yani gevrek-elastik bölgede asfaltın elastisite modülünün sıcaklığa bağlı olarak değişiminin incelenmesi gereklidir.

Elasto-plastik aralıkta ise asfaltın hakim özelliği çekme direncidir. Sıcaklığın artmasıyla, plastik halin üst sınırına yaklaşıldıkça değişik asfaltların çekme direnci değerleri birbirinden çok az fark eder ve en önemli yapısal mekanik özellik viskozite olur.

Visko-elastik ve tam viskoz hal için viskozitenin sıcaklığa göre değişimi incelenmelidir.

### SIVI PETROL ASFALTLARI (KATBEK ASFALTLAR)

**Bir asfaltın kıvamlılığının, çözücüsünün buharlaşarak uçması sonucunda artmaktadır.**

Sıvı petrol asfaltlarının ana maddesi asfalt çimentosudur. Üçe ayrılır:

- ❖ Benzin ilavesi ile Çabuk kür olan RC (Rapid-Curing)
- ❖ Gazyağı ilavesi ile Orta hızda kür olan MC (Medium-Curing)
- ❖ Bakiye yağ ilavesi ile Yavaş hızda kür olan SC (Slow-Curing)



**SIVI PETROL ASFALTLARI (KATBEK ASFALTLAR)**

<u>Yavaş Kür Olanlar</u>	<u>Orta Hızda Kür Olanlar</u>	<u>Çabuk Kür Olanlar</u>
SC-70	MC-30	RC-70
SC-250	MC-70	RC-250
SC-800	MC-250	RC-800
SC-3000	MC-800	RC-3000
	MC-3000	

Kinematik viskozite değerlerini gösteren bu sayılar, asfaltın kıvamlılığının artması, yani viskozitesinin yükselmesi ile büyür. (Yani MC-30 sıvı petrol asfaltı, MC-3000'e göre çok daha ince ve akıcıdır.)

**ÇABUK KÜR OLAN (RC) SIVI PETROL ASFALTLARI:**

- Asfalt çimentosu ile kaynama noktası düşük olan (Yani kolay uçan) bir çözücü (Örneğin: Benzin veya Nafta) karıştırılır.
- Bu sınıftaki sıvı petrol asfaltlarının kıvamlılık derecesi asfalt çimentosuna katılan çözücünün miktarına bağlıdır.
- RC-70 elde etmek için yaklaşık; %55 Asfalt Çimentosu içerisine, %45 Benzin katılır.
- RC-3000 elde etmek için ise yaklaşık; %85 Asfalt Çimentosu içerisine, %15 Benzin katılır.
- RC sınıfı asfaltlar yola uygulandıkları zaman çözücüleri süratle uçar, geride asfalt çimentosu kalır.

**ORTA HIZDA KÜR OLAN (MC) SIVI PETROL ASFALTLARI:**

- Asfalt çimentosu ile orta derecede uçucu bir çözücü (Örneğin: Gazyağı) karıştırılarak elde edilir.
- Yola uygulandığında, çözücüsü RC sınıfı sıvı petrol asfaltlarındaki kadar kolay uçmaz.

**YAVAŞ KÜR OLAN (SC) SIVI PETROL ASFALTLARI (YOL YAĞLARI):**

- Asfalt çimentosunun kaynama noktası yüksek bir yağ ile karıştırılması ile veya doğrudan doğruya ham petrolün damıtılmasından elde edilir.

**SIVI PETROL ASFALTLARININ KULLANIM YERLERİ:**

Astar tabakasında: **MC-30,MC-70**

Yapıştırma tabakasında: **RC-70,RC-250**

Sathi kaplamada: **RC-800,RC-3000**

Soğuk karışımda: **MC-300,MC-800,RC-300,RC-800**

## ASFALT EMÜLSİYONLARI

- ❑ Yol yapımında kullanılan bitümlü bağlayıcıların çoğu normal sıcaklıklarda viskoz, yarı-katı maddelerdir. Gerek yola serme işlemi sırasında, gerekse taşları iyice sarabilmesi için akıcı hale getirilmelidir.
- ❑ Bunun için de bitümlü bağlayıcıyı, ya ısıtarak inceltmek ve akıcı hale getirmek veya gazyağı, benzin vb. malzeme ilavesi ile inceltmek gerekir.
- ❑ Bitümlü bağlayıcıyı bu iki genel hal dışında kullanabilmek için onu emülsiyon olarak kullanmak ise bir başka yoldur.

## ASFALT EMÜLSİYONLARI

### EMÜLSİYON:

Birbiri içerisinde çözünemeyen 2 sıvıdan birinin diğeri içerisinde küçük tanecikler halinde homojen olarak dağılmasıdır.

### ASFALT EMÜLSİYONU:

Asfalt çimentosu küreciklerinin su içi dağılmasından oluşur.

## ASFALT EMÜLSİYONLARI

- Sadece, bitümün su içerisinde dağılması ile meydana gelen emülsiyon uzun ömürlü olmaz. Kısa bir süre sonra asfalt kürecikleri birbirlerine yapışarak sudan ayrılırlar. Bunu önlemek için katkı maddeleri kullanılır.
- Bu katkı maddelerine “emülsiyon verici madde” (emülgatör) denir.
- Emülgatör, asfalt küreciklerinin çevresini bir film halinde sararak onların kendi aralarında birleşip kesilmelerine engel olur.

Bu özelliğe sahip, karayolu yapımında kullanılan 2 tür emülgatör cinsi vardır:

- ❑ Anyonik
- ❑ Katyonik

## ASFALT EMÜLSİYONLARI

- ❑ Bu emülsiyon verici maddeler; normal olarak anyonik veya katyonik grup ile sona eren bir hidrokarbon zincirinden oluşur.
- ❑ Bu grupların bitümde çözünen kısmı eğer pozitif yüklü ise; üretilen asfalt emülsiyonu “katyonik”, negatif yüklü ise “anyonik” olarak adlandırılırlar.

## ASFALT EMÜLSİYONLARI

Bu asfalt emülsiyonlarının viskozitelerine göre türleri:

	<u>Çabuk Kesilen</u>	<u>Orta Hızda Kesilenler</u>	<u>Yavaş Kesilenler</u>
<b>Anyonik Asfalt Emülsiyonu</b>	RS-1 RS-2	MS-1 MS-2 MS-2h	SS-1 SS-1h
<b>Katyonik Asfalt Emülsiyonu</b>	CRS-1 CRS-2	CMS-2 CMS-2h	CSS-1 CSS-1h

## ASFALT EMÜLSİYONLARI

Bir asfalt emülsiyonu, agregaya ile karıştırıldığı veya bir yolun yüzeyine püskürtüldüğünde emülsiyon kesilir, yani asfalt kürecikleri sıvı ortamdan ayrılarak agregaya üzerine yapışırlar. Bu arada serbest kalan su da buharlaşır.

## ASFALT EMÜLSİYONLARI

Asfalt emülsiyonları normal olarak soğuk halde kullanılırlar. İnceltici maddesi sudur.

- ❖ Sıvı petrol asfaltlarına (Katbek asfaltlarına) nazaran daha ucuzdur.
- ❖ Kolay depolanabilir.
- ❖ Kullanılması sıcak asfalta nazaran daha kolay ve emniyetlidir.

Buna karşılık kusurlu yönleri de vardır.

- ❖ Bünyesinde fazla su bulunması, su ile kolayca karışabilmesi en önemli kusurudur. Zira tatbikattan hemen sonra suya maruz kalmaları (yağmur, sel vb.) halinde yıkanıp giderler.
- ❖ Bu durum bilhassa anyonik tipteki asfalt emülsiyonları için çok tehlikelidir.
- ❖ Katyonik tipler için bu mahzur daha azdır.

## ASFALT EMÜLSİYONLARI

Asfalt emülsiyonlarının kullanım yerleri:

<b>Astar tabakasında</b>	SS-1,SS-1h,CSS-1,CSS-2
<b>Yapıştırma tabakasında</b>	RS-1,RS-2,CRS-1,CRS-2
<b>sathi kaplamada</b>	RS-1, CRS-1,CRS-2
<b>soğuk karışmada</b>	MS-2,SS-1

Asfaltın tipi ve sınıfı	Sıcaklık Aralığı minimum-maximum, °C	
	Püskürtme Sıcaklıkları	Karıştırma Sıcaklıkları <sup>(1)</sup>
<b>Sıvı Petrol Asfaltı</b>		
MC-30	30- (2)	-
RC,MC-70	50- (2)	-
RC,MC-250	75- (2)	60-80 <sup>(3)</sup>
RC,MC-800	95- (2)	75-100 <sup>(3)</sup>
RC,MC-3000	110- (2)	80-115 <sup>(3)</sup>
<b>Asfalt Emülsiyonu</b>		
RS-1	20-60	-
RS-2	50-85	-
MS-1	20-70	20-70
MS-2,MS-24	-	20-70
SS-1,1h,CSS-1,1h	20-70 <sup>(4)</sup>	20-70
CRS-1	50-85	-
CRS-2	60-85	-
CMS-2,CMS-2h	40-70	50-60
<b>Asfalt çimentosu</b> tüm sınıflar	Maks 180	Maks 180

## POLİMER MODİFİYE BİTÜMLER (PMB)

- ❑ Modifiye bitümler, normal bitüme (asfalt çimentosuna) kimyasal katkıları eklenerek, bitümün fiziksel ve mekanik özelliklerinin değiştirilmesi ile hazırlanırlar.
- ❑ PMB ya işyerinden uzakta merkezi bir plentte ya da özel mobil ünitelerde, kullanımdan önce, şantiyede üretilirler.

## MODİFİYE BİTÜMLERİN KULLANIM AMAÇLARI:

1. Düşük sıcaklıklar için daha yumuşak karışımlar elde etmek ve çatlakları azaltmak.
2. Yüksek sıcaklıklar için daha sert karışımlar elde etmek ve tekerlek izinde oturmayı azaltmak.
3. Yapım sıcaklıklarında viskoziteyi düşürmek.

## MODİFİYE BİTÜMLERİN KULLANIM AMAÇLARI:

4. İşlenebilirliği ve sıkışmayı iyileştirmek.
5. Karışım dayanımını ve stabilitesini artırmak.
6. Karışımın aşınma dayanımını iyileştirmek ve agrega kopmasını azaltmak.
7. Kaplamanın düşük sıcaklık maliyetini azaltmak.

### **MODİFİYE BİTÜMLERİN KULLANIM AMAÇLARI:**

8. Karışımın yorulma dayanımını iyileştirmek.
9. Marjinal asfalt çimentolarının kalitesini yükseltmek.
10. Yaşlanmış asfalt bağlayıcıyı gençleştirmek.
11. Asfalt bağlayıcının ömrünü uzatmak.

### **MODİFİYE BİTÜMLERİN KULLANIM AMAÇLARI:**

12. Agrega üzerinde daha kalın asfalt filmi oluşturmak.
13. Yapışmayı iyileştirmek ve asfalt çimentosunun agrega yüzeyinden soyulmasını azaltmak.
14. Kusmayı azaltmak.
15. Geliştirilmiş çatlak dolgusu sağlamak.

### **MODİFİYE BİTÜMLERİN KULLANIM AMAÇLARI:**

16. Yaşlanmaya ya da oksidasyona karşı dayanım sağlamak.
17. Kaplama tabakalarının kalınlığını azaltmak.
18. Kaplamanın ömür döngü maliyetini azaltmak.
19. Kaplamanın tüm performansını geliştirmek.

### **MODİFİYE BİTÜMLERDE KULLANILAN ANA KİMYASAL KATKILAR:**

- Karışımın yapılacağı bölgenin iklim koşulları ve yolun trafiği dikkate alınarak, kaplamanın iyileştirmek istenilen özelliklerine uygun modifiye bitüm tipi seçilir.
- Farklı modifiye edici katkıları kullanılarak, istenilen özellikleri sağlayan modifiye bitüm üretimi mümkündür.

## MODİFİYE BİTÜMLERDE KULLANILAN ANA KİMYASAL KATKILAR:

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- methyl acrylate copolymer	EMA
Ethylene- butyl acrylate copolymer	EBA
Polyisobutylene	PIB
Latex	
Plychloroprene, SBR, Natural rubber	
Crumb rubber	

## MODİFİYE BİTÜMLERDE KULLANILAN ANA KİMYASAL KATKILAR:

Modifiye bitüm, kullanılan polimerin erime noktasının üzerinde bir sıcaklıkta bitüm ve polimerin, fazların (bitüm-polimer) tamamen karışımını sağlayacak uygun karıştırıcı ile homojen olarak karıştırılması sonucu üretilir.

## MODİFİYE BİTÜMLERDE KULLANILAN ANA KİMYASAL KATKILAR:

Belirlenen sıcaklığa kadar ısıtılmış bitüm içerisine katkı malzemesi belirlenen oranda katılarak karıştırılır ve genellikle bu karışım bir değirmenden geçirilerek fazların karışması ve homojenlik sağlanır.

## MODİFİYE BİTÜMÜN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

Sıra No	DENEY ADI	STANDARTI	BİRİMİ	PMB 64-28	PMB 70-16	PMB 70-22	PMB 70-28	PMB 76-16	PMB 76-22	PMB 76-28	PMB 82-16
1	PENETRASYON (25°C, 10g/5sn)	TS EN 1426	0,1mm	50-50	30-70	30-30	30-90	20-60	20-70	20-70	10-50
2	YUMUŞAMA NOKTASI	TS EN 1427	°C	52	62	62	62	67	67	67	72
3	KYVETİ ÖLÇÜMLÜ DİKTİLİTE* (25°C'de, 5cm/6s)	TS EN 13287	J	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1
4	ELASTİK GERİ DÖNME (25°C)	TS EN 13284	%	80	60	70	80	60	70	80	60
5	PARLAMA NOKTASI	TS EN ISO 3182	°C	220	220	220	220	220	220	220	220
6	ÖZGÜL AĞIRLIK	TS EN 15326	g/cm <sup>3</sup>	1,0-1,1	1,0-1,1	1,0-1,1	1,0-1,1	1,0-1,1	1,0-1,1	1,0-1,1	1,0-1,1
7	DEPOLAMA STABİLİTESİ <sup>3</sup>										
7.1	YUMUŞAMA NOKTASI FARKI	TS EN 13399	°C	5	5	5	5	5	5	5	5
7.2	PENETRASYON FARKI		0,1mm	12	12	12	12	9	9	9	9
8	DÖNMELE İNCE FİLM ETÜVÜ DENEYİ <sup>2</sup>	TS EN 12807.1									
8.1	KÜTLE KAYBI		%	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,5
8.2	YUMUŞAMA NOKTASI		°C	60	60	60	60	66	66	66	70
8.3	Yumuşama Noktasındaki Değişiklik	TS EN 1427									
	arma		°C	8	8	8	8	8	8	8	8
	azalma		°C	5	5	5	5	5	5	5	2
8.4	KALJICI PENETRASYON	TS EN 1428	%	50	50	50	50	45	45	45	40
8.5	ELASTİK GERİ DÖNME (25°C)	TS EN 13284	%	70	50	60	70	50	60	70	50
8.6	DENAMBA KESME AKUMLI KESME (DSR) (G'>sinδ >2,2kpa)	TS EN 14749 AASFTO T31.5	°C	64	70	70	70	76	76	75	82
9	RTFO-P4 <sup>1</sup> İle Yapılan/Orjinal Modifiye Bitüme Yapılan Deneşler	TS EN 14789 AASFTO R38									
9.1	DSR (G'>sinδ >500kpa)	TS EN 14770 AASFTO T31.5	°C	22	31	28	25	34	31	28	37
9.2	KIRIS EĞME REOMETRESİ (BBR) (ÇS=60N/m <sup>2</sup> , maks=300)	TS EN 14771 AASFTO T31.5 AKTIL04064	°C	-18	-6	-12	-18	-6	-12	-18	-6

\* Bu kısımlar gereklilik durumunda aranacaktır.

<sup>1</sup> Modifiye bitüm depolanmadan kullanılmadıkça, depolama stabilitesi deneyinin yapılması zorunlu değildir.

<sup>2</sup> Yüksek viskoziteli modifiye bitümlerde RTFO deneyi 165° C'den daha yüksek (180° C geçmeyen) sıcaklıkta yapılabilecektir. TFO deneyi idareni izni ile RTFO yerine kullanılacaktır.

NOT: 1,2,4,8,1,8,2,8,4 ve 8,5 sıra nolu deneylerin şartiyede yapılması zorunludur.

### **Aggregate-Asphalt Interaction**

**Adhesion:** property to connect dissimilar materials

**Cohesion:** property to connect similar materials

- tape is adhesive, not cohesive
- Silly putty (oyun hamuru) is cohesive, not adhesive
- Asphalt is adhesive and cohesive

### **AGGREGATE-ASPALT INTERACTION**

#### ADHESION CHARACTERISTICS

Aggregates should be clean, dry, and free from dust

A competition is going on between three different phases:

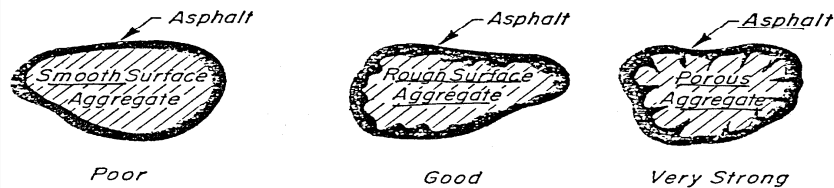
Aggregate

Asphalt

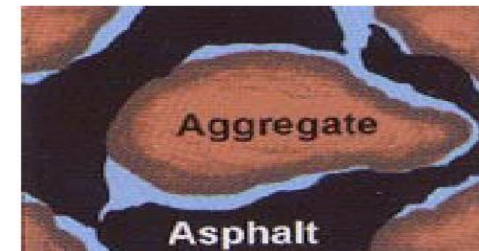
Water

Aggregate are charged either positively or negatively  
Asphalt has got slight negative charge (weak polarity)  
Water is a strong polar liquid

FIGURE 2.12 - EFFECT OF AGGREGATE SURFACE TEXTURE ON ADHESION. (After Hubbard)



### **Stripping**



### **Kohezyon ve Çekme Direnci**

Akmadan kopan gevrek cisimlerin çekme direnci koheziona eşittir.

Teorik olarak kohezyon bir cismin moleküllerini bir arada tutan ve moleküllerin ayrılmasına karşı koyan kuvvetin birim alana düşen miktarıdır.

"Gerçek Kohezyon" olarak tanımlanan bu kuvvet, moleküller arasında mevcut olan fizik bağlardan doğmaktadır.

Kohezyon direncinde moleküllerin birbiri üzerinde kayma yapmadan maddenin kopması söz konusu olduğundan viskozite özelliğinin etkisi yoktur.

### **Kohezyon ve Çekme Direnci**

Asfalt kaplamalarda ortalama film kalınlığı **5-10  $\mu$**  arasındadır.

Film kalınlığı **1-100  $\mu$**  arasında değişmektedir.

Asfalt kaplamalarda çekme gerilmeleri yaklaşık olarak **15-20  $kg/cm^2$**  düzeyindedir.

### **Asfalt kaplamalarda gerilmelerin taşınmasında asfaltın çekme direncinin rolü**

**Değişik özellikteki malzemelerden meydana gelen yol tabakalar yolda kış ve yaz plastik deformasyonlar, çatlaklar ve bozulmalar olmayacak şekilde boyutlandırılmalıdır.**

**Boyutlandırmada yolda oluşan gerilmeler ve kullanılan malzemelerin mekanik özellikleri göz önüne alınır. Dolayısıyla bitümlü bağlayıcıların da değişik koşullar altında gerekli olan gerilmeleri karşılayabilmelidir.**

### **Asfalt kaplamalarda gerilmelerin taşınmasında asfaltın çekme direncinin rolü**

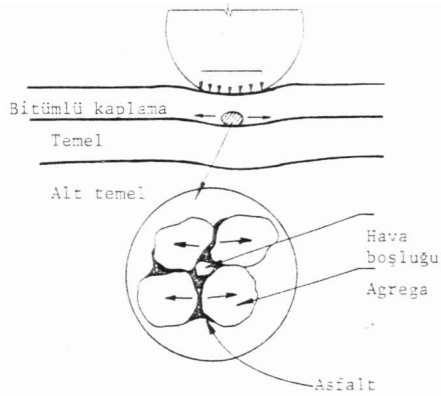
Asfalt kaplama tabakasında basınç, çekme ve kayma gerilmeleri doğmaktadır. Standartlara uygun olarak hazırlanmış bir kuru agrega karışımı her ne kadar basınç cinsinden yüksek gerilmelere dayanabilecek özellikte ise de çekmeye karşı dirençten yoksundur.

Kaplama içinde oluşacak özellikle çekme gerilmelerine dayanabilmesi bitümlü bağlayıcının varlığıyla mümkündür.

Kaplamanın çekmeye karşı direncini asfaltın **kohezyon özelliği** sağlar.



### Asfaltın çekme direncinin rolü

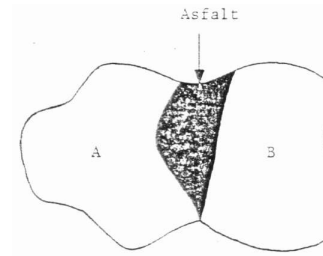


Asfalt, kaplamalardaki agregas danelerini ince bir film halinde sarar ve birbirine bağlar.

Çekme gerilmeleri geniş ölçüde asfalt filmi içinde veya asfalt-ince agregas karışımı içinde oluşur.

### Asfaltın çekme direncinin rolü

Kaplama bozulmadan bu gerilmelerin taşınabilmesi için (A) ve (B) gibi iki agregas danesi arasındaki bağ:



- Asfalt, daneleri iyice sarmalı ve asfalt filmi ile (A) ve (B) daneleri arasında ayrılma olmamalıdır. Ayrılmanın olması **adezyonun** yetersiz olduğunu gösterir.
- Asfalt filmi içinde kopma olmamalıdır. Bu şartın sağlanması asfaltın kendisinin yeterli **çekme direncine** (**kohezyon**) sahip olması mümkündür.

### Asfaltın çekme direncinin rolü

Trafik etkisiyle veya başka nedenlerle kaplamadan sökülmüş olan agregas daneleri üzerinde **asfalt lekeleri yoksa** kaplamanın bozulma sebebi agregas daneleri ile asfalt arasındaki **adezyonun yetersizliğidir**.

Kaplamadan ayrılmış olan agregas daneleri **asfaltla sarılmış** durumda ise asfaltın **düşük kohezyonu** olması, çekme gerilmelerinin asfalt filminin **çekme direncini aşması** kaplamanın bozulmasına yol açmış demektir.

### Bituminous Materials-Rheological

*Deneyler servis koşullarını yansıtmalıdır.*

**Geleneksel**

Penetrasyon Yumuşama Noktası

Düktilite

Viskozite

**Superpave**

Dinamik Kesme Reometresi (DSR)

Kiriş Eğilme Reometresi (BBR)

D (DTT)

### BİTÜMLÜ BAĞLAYICILARA LABORATUVARDA UYGULANAN DENEYLER

Bu deneyler bağlayıcının, şartnamelerde istenilen koşullara uyup uymadığının belirlenmesi için yapılır.

- Penetrasyon
- Yumuşama Noktası (halka ve bilya yöntemi ile)
- Trikloretilende Çözünürlük
- İnce Film Halinde Isıtma Kaybı
- Parlama Noktası (Cleveland açık kap ile)
- Özgül Ağırlık
- Parafin mumu içeriği
- Frass Kırılma Noktası

### PENETRASYON

- ❖ **AMAÇ:** Penetrasyon deneyi bitümlerin sertlik veya kıvamlılıklarını belirlemek için yapılır.
- ❖ Asfalt çimentosu oda sıcaklığında yarı katı maddedir.
- ❖ Yüksek viskozitelerde kıvamlılığını saybold-furol viskozitesi cinsinden tayin etmek mümkün değildir.
- ❖ Asfaltın yol sıcaklığındaki bağlama yeteneği veya bağlayıcılık gücü kıvamlılığına bağlıdır.
- ❖ Asfalt çimentosunun kıvamlılığı arttıkça, karışım içerisindeki taşları birbirine daha kuvvetle bağlayacağı doğaldır.

### PENETRASYON

- ❖ Standart bir iğnenin belirli bir yük altında ve belirli bir süre içinde asfalt numunesi içerisine dikey olarak batma mesafesidir.
- ❖ Deney sırasında numune sıcaklığı sabit tutulur. Deney şartlarının belirtilmediği durumda ağırlık 100 g, sıcaklık 25°C ve zaman 5 sn olarak alınır.



### PENETRASYON

Penetrasyon Birimi=Santimetrenin yüzde biridir.

Aletin göstergesindeki her bir bölüm 0.1 mm'yi gösterir.

**Örneğin:** Deney sonunda okunan değer "100" ise;

Asfaltın penetrasyonu "100"dür.

Yani; iğne asfaltın içerisine (1 cm) batmış demektir.

**NOT:** Penetrasyon değeri kıvamlılıkla ters orantılıdır.

Penetrasyon yükseldikçe asfalt yumuşar.

## YUMUŞAMA NOKTASI DENEYİ

**AMAÇ:** Bitümün sıcaklık değişmelerine karşı olan duyarlılıklarını belirlemek

Bunun ölçmek için en kısa ve en basit yöntem **“yüzük ve bilya yöntemi”** ile yumuşama noktasının bulunmasıdır.

## YUMUŞAMA NOKTASI DENEYİ

Yumuşama noktası, bir su banyosu içine yerleştirilmiş, üzerinde bir bilye bulunan, standart bir kalıp içerisindeki bitümlü maddenin belli bir hızla ısıtılmasıyla, yumuşayan malzemenin tabana değdiği anda termometrede okunan sıcaklıktır. Birimi “°C”dir.



## PARLAMA NOKTASI DENEYİ

**AMAÇ:** Bir malzemenin parlama noktasının bilinmesi, o malzemenin uygulanması sırasında ısıtılırken meydana gelebilecek herhangi bir tutuşma ve yangın tehlikesinin önlenmesi bakımından önemlidir.

**TANIM:** Parlama noktası, bir maddenin buharının alev temasında geçici olarak parladığı, fakat yanmaya devam etmediği en düşük sıcaklıktır.

## CLEVELAND AÇIK KABI İLE PARLAMA VE YANMA NOKTASI DENEYİ:

**Cleveland Cihazı:** Deney kabı, ısıtma levhası, ısıtıcı ve destekten meydana gelir.

**Termometre:** -6 ile +400°C aralığında olmalıdır.



### PARLAMA NOKTASI DENEYİ

- ❖ Cihaz, hava akımı olmayan ve kuvvetli ışık gelmeyen bir yere kurulur.
- ❖ Parlama noktasına yaklaşık  $17^{\circ}\text{C}$  yaklaşıldığı anda, cihazı sarsmamaya ve solunumla yanıcı buharların yok edilmemesine dikkat edilmelidir.
- ❖ Termometre ucu kabın dibinden 6.5 mm yukarıda ve kabın yarıçapının ortasına gelecek şekilde dik olarak asılmalıdır.

### PARLAMA NOKTASI DENEYİ



### ÖZGÜL AĞIRLIK DENEYİ

Bitümlü maddelerin özgül ağırlığı,  $25^{\circ}\text{C}$ 'de hacmi bilinen bir miktarının ağırlığının, aynı sıcaklıkta ve aynı hacimdeki suyun ağırlığına bölünmesinden elde edilen orandır.

### ÖZGÜL AĞIRLIK DENEYİ

#### PİKNOMETRE Yöntemi:

Yüksek viskoziteli sıvı ve yarı-katı bitümlü maddeler ve asfalt emülsiyonları için kullanılır.



## VİSKOZİTE

**Tanım:** Viskozite, akmaya karşı olan direncinin bir ölçüsüdür. Viskozite, kıvamlılığı ifade için kullanılan bir terimdir.

**Amaç:** Asfaltların, uygulama sırasında ısıtıldıkları sıcaklık sınırları içerisindeki akma özelliklerini tayin etmektedir.

## VİSKOZİTE

Kıvamlılık arttıkça, yani asfalt yarı-katı hale yaklaştıkça viskozite değeri de yükselecektir.

Asfaltın viskozitesi sıcaklığa bağlı olarak değişir.

**Sıcaklık yükseldikçe, viskozite değeri küçülür.**  
**Sıcaklık düştükçe, viskozite değeri artar.**

## VİSKOZİTE

Viskoziteyi ölçmek için, sıvı petrol asfaltları için genel olarak 2 yöntem uygulanır:

- ❖ Saybolt Viskozite Deneyi
- ❖ Brookfield Viskozite Deneyi

## SAYBOLT FUROL VİSKOZİMETRESİ

Sıvı asfaltlarının viskozite ölçümlerinde kullanılır. 60 cm<sup>3</sup> sıvı asfaltın, belirli bir çaptaki delikten, belirli bir sıcaklıktaki akma saniye cinsinden değeri, saybolt viskozitesidir.



## BROOKFIELD VİSKOZİMETRESİ

Brookfield viskometresinde bir yay ile aletin motoruna bağlanan, farklı hızda dönüş yapabilen miller bulunmaktadır. Millerin geometrik şekilleri birbirinden farklıdır. Ölçülecek örneğin tipine göre mil seçilir. Milin örnek içinde dönmesiyle oluşan viskoz sürüklenme, kayma geriliminin fonksiyonu olarak aletin göstergesinden okunur. Milin dönüş hızı ( $d/d$ , rpm) genel olarak gerçek kayma hızı yerine, göstergede okunan değer ise gerçek kayma gerilimi yerine kullanılır. Kullanılan milin boyutuna ve hızına bağlı olarak geliştirilen bir faktör yardımıyla okunan değerler vikozeiteye çevrilir.



## BROOKFIELD VİSKOZİMETRESİ

Bu tip viskometrede ölçüm yapılacak örnek tablanın ortasına yerleştirilir ve tabla koninin tam altına gelecek pozisyonda yükseltilir. Ölçülecek örnek sabit tabla ve dönen koni arasındaki dar aralıkta kayar. Koni değişen hızda bir motor tarafından çalışır (Şekil 21.23). Hız gradyanı azaltılıp, arttırılabilir. Koni üzerinde oluşan kayma gerilimi, tork (torque) göstergeden okunur. Hız gradyanı ( $d/d$ ), göstergeden okunan kayma gerilimine karşı grafiğe geçirilir<sup>1,5</sup>.



## DÜKTİLİTE DENEYİ

- ❖ Kelime anlamı “uzama” veya “çekilebilme”dir.
- ❖ Uzama yeteneği fazla olan bitüm, duktilite değeri daha düşük olan bitümlere göre daha üstün bir bağlama yeteneğine sahiptirler.
- ❖ Diğer yandan çok yüksek duktilite değerine sahip bitümler ise, ısı değişimlerine karşı fazla duyarlık gösterirler. Bu nedenle, çeşitli bitümlerin duktilite değerleri sınırlandırılmıştır.

## DÜKTİLİTE DENEYİ

**AMAÇ:** Bitüm numunelerinin uzama yeteneğini ölçmek için yapılan bir deney.

Bitümden yapılmış standard bir briketin (kalıbın), belirli sıcaklık ve hızda kopmadan çekilebildiği uzunluğun cm cinsinden ifadesidir.



DÜKTİLİTE ALETİ



DÜKTİLİTE KALIPLARI

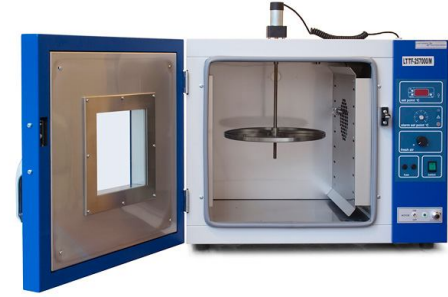
## DÜKTİLİTE DENEYİ

- ❖ Bir bitümün düktilitesini ölçmek için, standart bir kalıba bitümden bir numune dökülür.
- ❖ Sonra numune düktilite cihazındaki yerine konur. Su banyosu  $25^{\circ}\text{C}\pm 0.5'$ e ayarlanmış olmalıdır.
- ❖ Numune bu sıcaklıkta  $5+0.25$  cm/dk hızla çekilir.
- ❖ Numune belli bir uzamadan sonra kopar.
- ❖ Kopma anındaki uzama miktarının cm cinsinden değeri, düktilite değeridir.

## İNCE FİLM HALİNDE ISITMA DENEYİ

**AMAÇ:** Bu deney ısının ve havanın yarı katı asfaltik maddeler üzerindeki etkilerini ölçmeye yarar.

İnce film halinde ısıtma deneyi, 3.2 mm kalınlığındaki bir asfalt filminin, 5 saat süre ile  $163^{\circ}\text{C}$  sıcaklıktaki döner tablalı bir etüvde ısıtılmasından sonra,



## İNCE FİLM HALİNDE ISITMA DENEYİ

Kütle kaybının belirlendiği, Kalıntıda penetrasyon ve yumuşama noktası açısından meydana gelen değişimlerin saptandığı bir deneydir.



## DÖNEL İNCE FİLM HALİNDE ISITMA DENEYİ

**AMAÇ:** Kısa dönem yaşlanmanın etkilerini belirlemek için

Dönel ince film halinde ısıtma deneyi, asfalt filminin, 5 saat süre ile  $163^{\circ}\text{C}$  sıcaklıktaki döner tablalı bir etüvde ısıtılmasından sonra,



## DÖNEL İNCE FİLM HALİNDE ISITMA DENEYİ

Kütle kaybının belirlendiği, Kalıntıda penetrasyon ve yumuşma noktası açısından meydana gelen değişmelerin saptandığı bir deneydir.



## ÇÖZÜNÜRLÜK DENEYİ

**AMAÇ:** Bu deney, içinde mineral madde bulunmayan veya çok az bulunan yol katranları ve petrol asfaltları gibi bitümlü yol malzemelerinin organik çözücüler içerisindeki çözünürlüğün belirlenmesini kapsar.



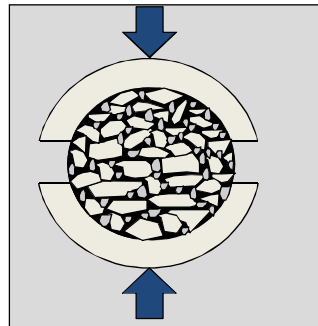
## HOT MIX ASPHALT CONCRETE (HMA) MIX DESIGN

1

### Hot Mix Asphalt Concrete (HMA) Mix Design

- Objective:
  - Develop an economical blend of aggregates and asphalt that meet design requirements
- Historical mix design methods
  - Marshall
  - Hveem
- New
  - Superpave

## MARSHALL MIX DESIGN



### Marshall Mix Design

- In this method, the resistance to plastic deformation of a compacted cylindrical specimen of bituminous mixture is measured when the specimen is loaded diametrically at a deformation rate of 50 mm per minute.
- There are two major features of the Marshall method of mix design.
  - density-voids analysis
  - stability-flow tests

### Marshall Mix Design

- The Marshall stability of the mix is defined as the maximum load carried by the specimen at a standard test temperature of 60°C.
- The flow value is the deformation that the test specimen undergoes during loading up to the maximum load. Flow is measured in 0.25 mm units.
- In this test, an attempt is made to obtain optimum binder content for the type of aggregate mix used and the expected traffic intensity.

### Marshall Design Method

- **Advantages**
  - Attention on voids, strength, durability
  - Inexpensive equipment
  - Easy to use in process control/acceptance
- **Disadvantages**
  - Impact method of compaction
  - Does not consider shear strength
  - Load perpendicular to compaction axis

#### **MARSHALL METODU İLE BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM DİZAYNI**

- ❑ Agregaların kurutulması ve iyi bir karıştırma ve işlenebilirlik için ısıtılması, bitümlü malzemenin ise uygun bir akıcılığa gelmesi amacıyla ısıtılmasından sonra, agrega ve bitümün bir tesiste karıştırılması ile hazırlanan karışımlara bitümlü sıcak karışım (BSK) denilmektedir.
- ❑ Asfalt kaplamaların karışım dizaynının hazırlanması amaçlarını aşağıdaki gibi özetleyebiliriz.
- ❑ Sağlam (durabil) bir üstyapı elde etmek için gerekli bitüm miktarını belirlemek

#### **MARSHALL METODU İLE BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM DİZAYNI**

- ❑ Trafik yükleri altında deformasyon göstermeyecek yeterli dayanımı oluşturmak
- ❑ Sıkıştırılmış tabakada, trafik altında oluşabilecek çok az miktarda sıkışmayı; kuma, akma ve stabilite düşüklüğü olmadan sağlayacak, ancak tabakanın içinde rutubet ve fazla hava barındırmayacak ölçüde boşluğu sağlamak
- ❑ Segregasyona olmadan uygun serimi sağlayacak bir işlenebilirliğine sahip ekonomik bir karışım ve agrega gradasyonunun belirlenmesi

## MARSHALL METODU İLE BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM DİZAYNI

### AGREGA GRUPLARININ GRADASYONU VE ORANLARI

(Kaba, Orta, İnce)(3/4" - 3/8" , 3/8"-No.4 , No.4-0)

- KARIŞIM GRADASYONU → ŞARTNAME
- ÖZGÜL AĞIRLIKLARIN HESAPLANMASI
- KARIŞIM DENEY NUMUNELERİNİN HAZIRLANMASI
- YOĞUNLUK, STABİLİTE, AKMA, BOŞLUK, VFA, VMA HESAPLARI
- OPTİMUM BİTÜM % ve optimum bitümde,
- YOĞUNLUK
- STABİLİTE, AKMA, Vh, VFA, VMA (%)

→ ŞARTNAMEYE UYGUNLUK

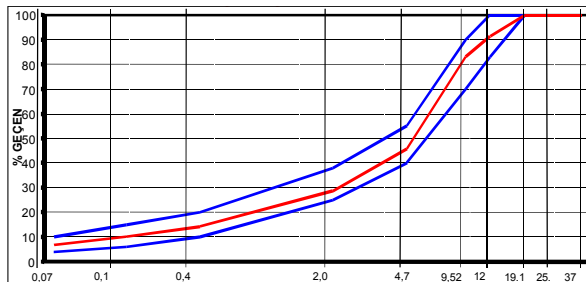
## Marshall Karışım Dizaynının Aşamaları

### 1) AGREGA KARIŞIM ORANLARININ VE KARIŞIM GRADASYONUNUN BELİRLENMESİ

Bitümlü sıcak karışım tabakalarının yapımında kullanılacak agrega; en az üç ayrı dane grubunun (kaba, orta, ince) karışımından oluşmalıdır. Bu grupların yaş metoda göre elek analizleri yapılır ve imalatı düşünülen tabakanın şartname gradasyonunu sağlayacak şekilde karışım oranları hesaplanır.

## Marshall Karışım Dizaynının Aşamaları

ELEK AÇIKLIĞI		10	47	43	0	0	100	DÜZLT	K.T.Ş
mm	inch	MLZ-1 % geçen	MLZ-2 % geçen	MLZ-3 % geçen	MLZ-4 % geçen	MLZ-5 % geçen	KARŞ GRAD	DZYN GRAD	AŞINMA
37,5	1 1/2"	100	100	100			100	100,0	100 100
25,4	1"	100,0	100,0	100,0			100,0	100,0	100 100
19,1	3/4"	100,0	100,0	100,0			100,0	100,0	100 100
12,7	1/2"	12,9	100,0	100,0			91,3	91,3	83 100
9,52	3/8"	1,9	84,9	100,0			83,1	83,1	70 90
4,76	No.4	1,2	6,6	98,9			45,7	45,7	40 55
2,00	No.10	1,2	1,6	64,7			28,7	28,7	25 38
0,42	No.40	1,1	1,5	31,2			14,2	14,2	10 20
0,177	No.80	1,1	1,5	21,7			10,1	10,1	6 15
0,075	No.200	1,0	1,4	13,7			6,6	6,6	4 10



## Marshall Karışım Dizaynının Aşamaları

2) Agrega özgül ağırlıkları ve briket agregası tartımı için gerekli hesapların yapılması, karışım gradasyonunda hazırlanan agregalar üzerinde kaba ve ince özgül ağırlık deneyleri ile filler zahiri özgül ağırlık deneyinin yapılması

3) Beklenen optimum bitüm ile optimum bitümün  $\pm 0.5$  ve  $\pm 1.0$  bitüm değerlerinde, her bitüm yüzdesi için en az 3 briket olmak üzere , şartnameye göre, 2x75 ya da 2x50 (TMA için) darbe uygulanarak briketlerin sıkıştırılması.

### Marshall Karışım Dizaynının Aşamaları

- 4) Karışımın maksimum teorik özgül ağırlık deneyi için, beklenen optimum bitüm yüzdesinde, iki numune hazırlanması ve deneyin yapılması
- 5) Briketlerin yüksekliklerinin ölçülmesi, Briketlerin hacim özgül ağırlıklarının(Dp) belirlenmesi
- 6) Briketler üzerinde Marshall stabilite ve Akma deneyinin yapılması

### Marshall Karışım Dizaynının Aşamaları

- 7) Marshall formuna işlenen tüm deney ve ölçüm sonuçlarına göre, her bitüm yüzdesi için briketlerin ortalama yükseklikleri, Dp'ler (pratik yoğunluk) hesaplandıktan sonra, Dt (teorik özgül ağırlık), Vh (hava boşluğu), VMA (agregalar arası boşluk), Vf (asfaltla dolu boşluk), briket yüksekliğine göre düzeltilmiş stabilite ve ortalama stabilite ve akma değerleri hesaplanır.

### Marshall Karışım Dizaynının Aşamaları

Aşağıdaki grafikler çizilir.

- Bitüm %'si - Dp
- Bitüm %'si - Stabilite
- Bitüm %'si - Akma
- Bitüm %'si - Boşluk
- Bitüm %'si - VMA
- Bitüm %'si - Vf (Asfaltla Dolu Boşluk)

### Preparation of test specimens

- The coarse aggregate, fine aggregate, and the filler material should be proportioned so as to fulfill the requirements of the relevant standards.
- The required quantity of the mix is taken so as to produce compacted bituminous mix specimens of thickness 63.5 mm approximately. 1200 g of aggregates and filler are required to produce the desired thickness.



### Preparation of test specimens



Figure 11.3 Test Specimen Preparation

### Mixing

Place pre-heated aggregate in bowl and add hot asphalt. Place bowl on mixer and mix until aggregate is well-coated.



### Compaction and Extraction



Automatic Marshall Hammer

### Marshall Metodu İle Sıcak Karışım Dizaynı



### Marshall Metodu İle Sıcak Karışım Dizaynı



### Bulk density of the compacted specimen

- The bulk density of the sample is usually determined by weighting the sample in air and in water. It may be necessary to coat samples with paraffin before determining density.



Obtain mass of dry compacted sample

### Bulk density of the compacted specimen

- The specific gravity  $G_{bcm}$  of the specimen is given by:

$$G_{bcm} = \frac{W_a}{W_a - W_w}$$

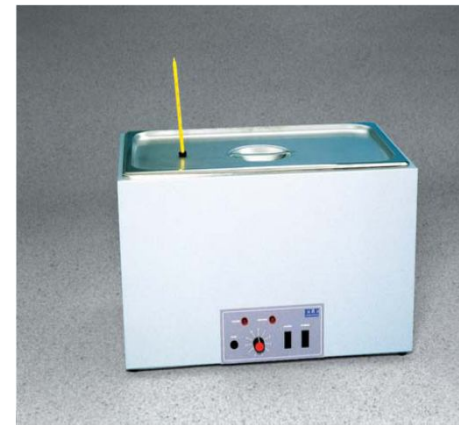
- $W_a$  = weight of sample in air (g)
- $W_w$  = weight of sample in water (g)



Obtain mass of specimen at SSD

### Stability test

- In conducting the stability test, the specimen is immersed in a bath of water at a temperature of  $60^\circ \pm 1^\circ\text{C}$  for a period of 30 minutes.



### Stability test

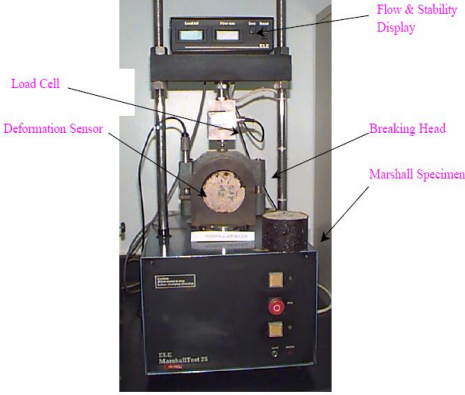


Figure 11.1 Marshall Stability & Flow Test Setup

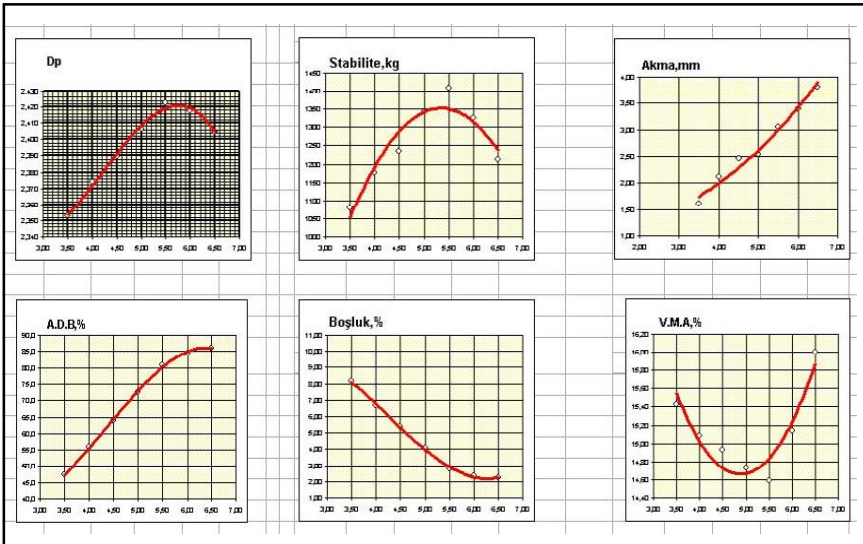
- It is then placed in the Marshall stability testing machine and loaded at a constant rate of deformation of 50 mm per minute until failure. The total maximum in kN (that causes failure of the specimen) is taken as Marshall Stability.

Bitüm Penetrasyonu	: 65	Kaba Agreganın Hacim Özgü Ağırlığı, G <sub>k</sub>	: 2,701	Getirilecek	: 2,701	V=B-C
Bitüm Özgü Ağırlığı, G <sub>b</sub>	: 1,038	Kaba Agreganın Zehirli Özgü Ağırlığı, G <sub>z</sub>	: 2,709	Getirilecek	: 2,700	Dp=AV / D <sub>100</sub> (100-Wa)(100/(G <sub>eff</sub> +W <sub>a</sub> /G <sub>b</sub> ))
Agreganın Bitüm Absorpsiyonu P <sub>a</sub>	: 0,17	İnce Agreganın Hacim Özgü Ağırlığı, G <sub>14</sub>	: 2,691	Karışım Mik <sub>1</sub>	: 11,50	V <sub>W</sub> =G <sub>1</sub> (p <sub>1</sub> /100)G <sub>2</sub>
Agreganın Etkeliliği Özg. Ağırlığı, G <sub>1r</sub>	: 2,700	İnce Agreganın Zehirli Özgü Ağırlığı, G <sub>z</sub>	: 2,712	Darbe Sayısı	: 75	G <sub>s</sub> =100(K <sub>1</sub> /G <sub>1</sub> +K <sub>2</sub> W <sub>1</sub> +K <sub>3</sub> F <sub>1</sub> +K <sub>4</sub> F <sub>2</sub> +K <sub>5</sub> F <sub>3</sub> +K <sub>6</sub> F <sub>4</sub> )
Agreganın Hacim Özg. Ağırlığı, G <sub>10</sub>	: 2,688	Fillerin Zehirli Özgü Ağırlığı, G <sub>1z</sub>	: 2,728			VMA=100-(D <sub>100</sub> (p <sub>1</sub> +100-Wa)/(1+Wa/100))G <sub>10</sub>
Agreganın Zehirli Özg. Ağırlığı, G <sub>10z</sub>	: 2,711					V <sub>W</sub> =(VMA-V <sub>W</sub> )/100(VMA)
						P <sub>100</sub> =100G <sub>10z</sub> (G <sub>1z</sub> -G <sub>10z</sub> )/(G <sub>1z</sub> +G <sub>10z</sub> )

ASFALT BETONU AŞINMA										Alacaatlı Kalker Tasocağı														
No	BITÜM	Sıkakım	YÜKSEKLİKLER,mm				Havada	Sudaki	Doy.Yüz.	Hacim	Hacim	Maks. Ted.	%	Ast. Dol.	Düzeltm.	Düzeltilmiş								
Wa, %	g	°C	1	2	3	ortm.	A	B	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	Dt	V <sub>h</sub>	V <sub>MA</sub>	V <sub>t</sub>	Stabilite									
1	3,50	40,3	135	84,2	84,3	84,3	1193,5	696,2	1203,3	507,1	2,354				1,82	1111	0,919	1088						
2	3,50	40,3	135	84,6	84,3	84,5	1193,5	696,8	1205,8	507,0	2,354				1,78	1111	0,875	1084						
3	3,50	40,3	138	85,9	86,0	86,1	1194,8	702,0	1210,8	508,2	2,351				1,82	1134	0,943	1070						
											2,353	2,561	8,14	15,43	47,3	1,81			1080					
4	4,00	46,0	137	84,1	84,2	84,3	1202,9	708,6	1211,9	505,4	2,380				2,03	1247	0,982	1225						
5	4,00	46,0	135	85,1	85,3	85,2	1199,9	704,6	1210,6	506,0	2,371				2,28	1202	0,960	1164						
6	4,00	46,0	136	85,1	85,4	85,2	1202,8	701,8	1209,1	507,5	2,370				2,03	1202	0,959	1153						
											2,374	2,543	6,67	15,08	55,8	2,11			1177					
7	4,50	51,8	135	84,1	84,2	84,2	1207,7	708,2	1214,1	504,9	2,382				2,28	1270	0,983	1248						
8	4,50	51,8	136	84,5	84,5	84,5	1204,2	704,9	1209,1	504,3	2,388				2,54	1225	0,975	1195						
9	4,50	51,8	137	84,4	84,4	84,6	1203,4	703,5	1207,3	503,8	2,389				2,54	1283	0,978	1282						
											2,389	2,526	5,40	14,93	83,8	2,45			1235					
10	5,00	57,5	137	84,4	84,6	84,5	1216,1	716,4	1221,4	505,0	2,414				2,54	1361	0,975	1328						
11	5,00	57,5	135	84,2	84,7	84,9	1212,6	709,9	1214,5	504,7	2,402				2,28	1383	0,978	1390						
12	5,00	57,5	136	83,6	84,2	83,9	1212,4	710,1	1214,5	504,4	2,404				2,79	1381	0,989	1346						
											2,407	2,509	4,07	14,73	72,4	2,54			1341					
13	5,00	63,3	135	82,5	83,8	83,1	1215,2	713,9	1215,9	502,1	2,420				2,79	1406	1,010	1420						
14	5,50	63,3	136	83,3	83,2	83,3	1217,9	715,6	1216,8	502,3	2,422				3,05	1429	1,005	1426						
15	5,50	63,3	137	83,6	83,9	83,7	1216,8	715,2	1217,1	501,9	2,424				3,30	1393	0,993	1374						
											2,422	2,462	2,80	14,68	80,8	3,05			1410					
16	6,00	66,0	135	83,1	82,9	83,0	1216,7	715,2	1220,3	505,1	2,415				3,30	1315	1,012	1330						
17	6,00	66,0	136	83,8	83,4	83,9	1220,2	717,4	1220,9	503,5	2,423				3,30	1338	0,997	1333						
18	6,00	66,0	137	82,9	82,8	82,9	1221,8	716,4	1222,2	505,8	2,415				3,56	1293	1,015	1313						
											2,418	2,476	2,34	15,14	84,6	3,39			1326					
19	6,50	74,8	137	82,9	83,2	83,0	1216,8	711,1	1217,2	506,1	2,404				3,56	1225	1,012	1239						
20	6,50	74,8	135	83,3	83,1	83,2	1219,2	712,9	1219,5	506,8	2,407				3,81	1202	1,007	1210						
21	6,50	74,8	136	83,2	83,1	83,2	1216,1	713,1	1220,0	506,6	2,403				4,08	1179	1,007	1188						
											2,405	2,460	2,24	16,00	86,0	3,81			1212					
5,00	OPTİMUM BITÜM SONUÇLARI (Grakten)															2,407	2,509	4,00	14,65	72,6	2,80	FİLİT	Stb/akım	1342
5,00	OPTİMUM BITÜM SONUÇLARI (Hesapla - G <sub>eff</sub> - deneyle)															2,407	2,510	4,09	14,7	72,2	2,80	FİLİT	Stb/akım	1342
5,00	OPTİMUM BITÜM SONUÇLARI (Hesapla - G <sub>eff</sub> - hesapla)															2,407	2,508	4,08	14,7	72,8	2,80	FİLİT	Stb/akım	1342
	AŞINMA DEĞERİN KRİTERLERİ															(3-5)	min/14	(06-75)	(2-4)	max/1,5	mm/00			

ÖRNEK



### Marshall Design Criteria

Tablo-407-6 Asfalt Beton Dizaın Kriterleri

ÖZELLİKLER	BİNDER		AŞINMA	
	min.	maks.	min.	maks.
BİRİKET YAPIMINDA UYGULANACAK DARBE SAYISI	75		75	
MARSHALL STABİLİTESİ, Kg.	750	—	900	—
BOŞLUK, %	4	6	3	5
ASFALTLA DOLU BOŞLUK, %	60	75	65	75
AGREGALAR ARASI BOŞLUK, (VMA) %	13	—	14	—
AKMA, mm (10 <sup>-2</sup> inç)	2 (8)	4 (16)	2 (8)	4 (16)
FİLLER/BİTÜM ORANI	—	1,4	—	1,5
BİTÜM (Ağırlıkça, 100 <sup>o</sup> e)	3,5	6,5	4,0	7,0

### Marshall Dizaynıyla İlgili Dikkat Edilecek Hususlar

\*Optimum bitüm yüzdesi belirlenirken, genellikle boşluk değeri göz önünde bulundurulur.

- aşınma tabakası için %4 boşluk
- binder tabakası için %4-%5 boşluk
- bitümlü temel tabakası için %5-%6 boşluk

### Marshall Dizaynıyla İlgili Dikkat Edilecek Hususlar

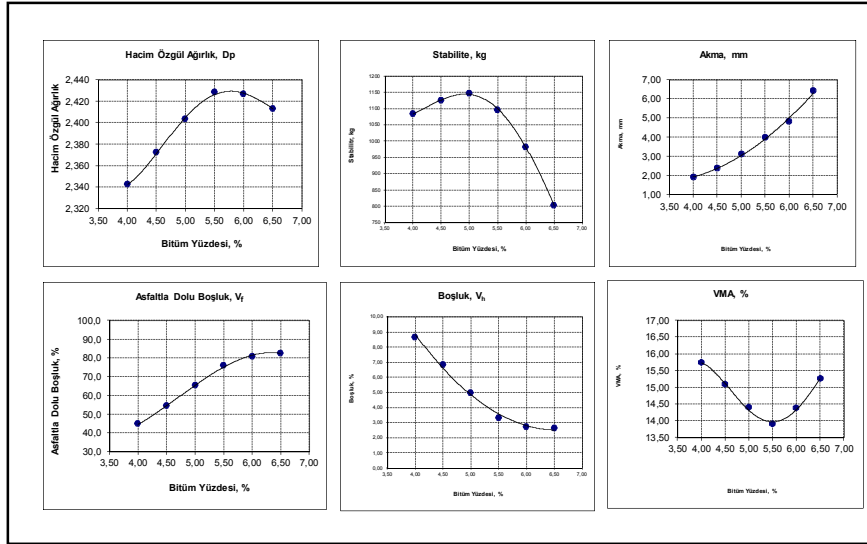
- ❑ Boşluk esas alınarak diğer değerlerin şartname kriterlerine uygun olup olmadığına bakılır.
- ❑ Karışımın kullanılacağı bölgenin iklim koşulları da göz önünde bulundurularak bitüm miktarı belirlenir.
- ❑ Soğuk bölgelerde, durabilite ve düşük sıcaklık çatlaklarına karşı dayanıklı bir tabaka oluşturmak için bitümü daha zengin fakat kusma meydana getirmeyecek karışımlar, sıcak bölgeler için plastik deformasyonu azaltacak ancak yeterli durabiliteyi sağlayacak karışımlar oluşturulmalıdır.

### Marshall Dizaynıyla İlgili Dikkat Edilecek Hususlar

- ❑ Ayrıca yüzey tabakası olan asfalt betonu aşınma tabakasında pürüzlülüğü artırmak ve kaplamayı kaymaya karşı dirençli hale getirmek için;
- ❑ Sert ve pürüzlü agrega kullanımı,
- ❑ Karışım gradasyonunda orta malzemeyi artırarak bir miktar kesiklilik,
- ❑ Ekonomik koşullarda göz önünde bulundurularak, tercih edilmelidir.

Bitüm Penetrasyonu		65		Kaba Agreganın Hacim Öz. Ağ. (G <sup>+</sup> ):		2,641		Kaba agrega yüzdesi, %K		47		Kaplama Tipi		Aşınma Tip-1							
Bitüm Özgül Ağırlığı (G <sup>+</sup> )		1,030		Kaba Agreganın Zahirî Öz. Ağ. (G <sup>+</sup> ):		2,757		İnce agrega yüzdesi, %I		44		Darbe Sayısı		75							
Agrega Bitüm Absorpsiyonu (P <sup>+</sup> ):		0,77		İnce Agreganın Hacim Öz. Ağ. (G <sup>-</sup> ):		2,689		Filler yüzdesi, %F		9		Birikteklî agrega miktarı (g)		1160							
Agrega Karş. Erk. Öz. Ağ. (G <sup>-</sup> ):		2,728		İnce Agreganın Zahirî Öz. Ağ. (G <sup>-</sup> ):		2,752															
Agrega Karş. Hacim. Öz. Ağ. (G <sup>+</sup> ):		2,674		Fillerin Zahirî Öz. Ağ. (G <sup>+</sup> ):		2,774															
Agrega Karş. Zahirî. Öz. Ağ. (G <sup>+</sup> ):		2,756		Maksimum teorik özgül ağırlığı (D <sup>+</sup> )		2,512															
Biriket	No	Bitüm W <sup>+</sup> - %	Wa, g	Sıcaklık °C	Biriket Yükseklikleri, mm				Havada Ağırlık, g A	Suda Ağırlık, g C	Doy.Yüz. K. Ağ., g B	Hacim cm <sup>3</sup> V	Hac.Öz. Ağırlık D <sup>+</sup>	Mak.Teo. Öz.Ağırlık D <sup>+</sup>	Boşluk % V <sup>n</sup>	VMA %	Asf. Dolu Boşluk, % V <sup>f</sup>	Akma (mm)	Stabilite (kg)	Düzeltil. Fakt.	Düzeltilmiş Stabilite (kg)
	1	4,00	46,4	135	63,5	63,5	63,7	63,6	1176,6	682,6	1184,2	501,6	2,346				2,08	1112	0,998	1110	
	2	4,00	46,4	136	63,2	63,2	63,4	63,3	1193,4	696,1	1196,5	500,4	2,385				3,00	1134	1,006	1141	
	3	4,00	46,4	128	63,0	63,1	63,1	63,1	1186,3	686,2	1193,6	507,4	2,338				2,36	1070	1,011	1082	
	4	4,00	46,4	130	64,6	64,7	65,0	64,8	1193,4	691,7	1200,7	509,0	2,345				1,30	1099	0,968	1064	
	5	4,00	46,4	124	63,7	63,8	63,9	63,8	1183,6	682,9	1191,5	508,6	2,327				2,29	1044	0,993	1036	
	6	4,50	52,2	126	63,4	63,3	63,5	63,4	1195,2	694,4	1198,1	503,7	2,373				1,91	1117	1,003	1120	
	7	4,50	52,2	125	62,2	62,2	62,4	62,3	1167,6	679,4	1170,5	491,1	2,378				2,22	1117	1,003	1120	
	8	4,50	52,2	130	62,5	62,7	62,8	62,7	1204,7	705,0	1205,9	500,9	2,405				3,32	1243	1,021	1269	
	9	4,50	52,2	136	63,6	63,8	63,9	63,8	1203,2	697,6	1205,0	507,4	2,371				2,68	1152	0,993	1144	
	10	4,50	52,2	136	63,2	63,2	63,5	63,3	1197,2	693,3	1198,7	505,4	2,369				2,24	1078	1,005	1083	
	11	5,00	58,0	134	62,6	62,7	62,8	62,7	1202,5	705,5	1202,8	497,3	2,418	2,547	6,85	15,08	54,6	2,37	1127		1127
	12	5,00	58,0	135	63,1	63,2	63,4	63,2	1207,1	705,2	1207,7	502,5	2,402				2,49	1174	1,020	1197	
	13	5,00	58,0	124	61,8	61,9	62,0	61,9	1176,7	688,7	1177,4	488,7	2,408				3,20	1197	1,007	1205	
	14	5,00	58,0	137	63,1	63,3	63,4	63,3	1206,0	704,7	1206,5	501,8	2,403				3,37	1086	1,040	1129	
	15	5,00	58,0	137	63,1	63,2	63,2	63,2	1207,2	704,6	1207,7	503,1	2,400				3,09	1165	1,006	1172	
	16	5,50	63,8	134	62,5	62,6	62,7	62,6	1211,8	715,6	1212,1	496,5	2,441	2,529	4,99	14,39	65,4	2,84	1074	1,008	1083
	17	5,50	63,8	138	62,3	62,5	62,7	62,5	1214,4	715,1	1214,8	499,7	2,430				3,12	1147		1147	
																	4,16	1100	1,025	1128	





Hacim Özgül Ağırlık	5,76
Stabilite	5,00
Asfaltla Dolu Boşluk, %	5,28
Boşluk, %	5,34
Optimum Bitüm, %	5,35

Optimum Bitüm Yüzdesinde Karışım Tasarım Değerleri

Hacim Özgül Ağırlık	2,429
Stabilite	1125
Akma, mm	3,65
Asfaltla Dolu Boşluk, %	72,5
Boşluk, %	3,94
VMA, %	14,03