



ISSN:1306-3111  
e-Journal of New World Sciences Academy  
2009, Volume: 4, Number: 1, Article Number: 2A0002

**TECHNOLOGICAL APPLIED SCIENCES**

Received: December 2008

Accepted: January 2009

Series : 2A

ISSN : 1308-7223

© 2009 www.newwsa.com

**Kürşat Yıldız**

University of Gazi

kyildiz@gazi.edu.tr

Ankara-Turkiye

**ASFALT BETONU BİNDER TABAKASININDA BİTÜM YÜZDESİNİN İSTATİSTİKSEL  
METOTLA BELİRLENMESİ**

**ÖZET**

Bu çalışmada, asfalt betonu binder tabakasının, karışım dizaynını optimize etmek amacıyla yapılan Marshall dizayn metodunu inceleyerek, bu metotla daha önce yapılmış çalışmaların verileri ve laboratuarda yapmış olduğumuz Marshall dizaynı deney verileri ile, regresyon analizi yapılmıştır. Optimum bitüm muhtevasının belirlenmesi için model denklemleri oluşturulmuş ve elde edilen model denklemleriyle optimum bitüm muhtevası belirlenmeye çalışılmıştır. Model denklemleriyle elde edilen sonuçlarla Marshall deney sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda optimum bitüm yüzdelerinde değişik oranlarda artma ve azalmalar görülmüştür. Bu artma ve azalmaların asfalt betonu binder tabakasının fiziksel özelliklerini önemli derecede etkilediği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Asfalt Betonu, Binder Tabakası, Bitüm Yüzdesi, Tahmin Modeli, Marshall Dizayn

**DETERMINING THE BITUMEN PERCENT OF BINDER LAYER OF ASPHALTIC CONCRETE  
WITH STATISTICAL METHOD**

**ABSTRACT**

In this study, Marshall Design Method that is used to determine the optimum bitumen content of binder layer of asphaltic concrete is investigated. Marshall Design test results that are obtained from the previous studies and current test results in regression analysis. Predictive model equations are formulated and these equations are used to determine the optimum bitumen content. Predictive model equations are formulated and these equations are used to determine the optimum bitumen content. The results of predictive model are compared with Marshall Design test results. As a result, different ratios of decreases and increases in optimum bitumen percents are observed. It was determined that the decreases and increases are highly affects the physical properties of binder layer of asphalt concrete.

**Keywords:** Asphalt Concrete, Binder Layer, Bitumen Percent, Prediction Model, Marshall Design



## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde birçok mühendis bitümlü sıcak karışım metotlarının kullanımında, projeci ve yapımcı personelin güvenilir mühendislik verilerine ihtiyaç duyduklarını ifade etmektedirler. Bu mühendislik verileri için gerekli karışım dizaynları ve ilgili hesaplamalar detaylı bir şekilde açıklanmış ve bu metotlar açıklanırken asfalt kaplama karışımlarının dizaynında deney yöntemlerinin detaylarına çok dikkat edilmesi gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca karışım dizayn deney sonuçları ile şartname talepleri arasındaki ilişkilere dikkat edilmesi gerektiği öne sürülmüştür [1].

Asfalt betonu karışımlarında bitüm yüzdesi, asfalt betonunun fiziksel karakteristikleri ve kaplamanın uzun ömürlü olması açısından önemlidir. Gereğinden fazla bitüm asfalt betonunda stabilite problemlerine neden olurken, gereğinden az bitüm de asfalt betonunun durabilitesini düşürmektedir [2].

Asfalt betonunda kaplama kalınlığını tabakalara ayırarak (aşınma, binder, bitümlü temel gibi) deformasyonlar hesaplanmalı ve toplam deformasyon miktarı göz önüne alınmalıdır. Sıcak bitümlü karışımların stabilitesi son derece karmaşık olup belirli bir değerle ifade etmek mümkün olmamaktadır. Ancak bir takım testler (Marshall, Hveem, vb) ile rölatif bir stabilite değeri tayin edilmektedir [3].

Binder tabakası, asfalt betonu kaplama tabakası içerisinde aşınma tabakasına bir nevi temel oluşturan, aşınma tabakasına göre iri agregaların çoğunlukta olduğu, aşınma tabakası ile temel tabakası arasında bulunan katman olarak tanımlanabilir [4].

## 2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu araştırmanın amacı, bitümlü sıcak karışımların dizayn metotlarından olan Marshall metodunun verileri kullanılarak matematiksel model denklemleri oluşturmak ve oluşturulan bu model denklemlerinden elde edilen bitümlü sıcak karışımların, fiziksel özellikleri ile Marshall metoduyla elde edilen bitümlü sıcak karışımların fiziksel özellikleri karşılaştırmaktır.

## 3. MATERYAL VE YÖNTEM (MATERIAL AND METHOD)

### 3.1. Materyal (Material)

Bu çalışmada asfalt betonu binder tabakası dizaynı amacıyla daha önce yapılmış bir çalışmaya ait Marshall deney sonuçları ile laboratuvarda yapılan Marshall deney kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan asfalt betonu dizayn örnekleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Asfalt betonu binder tabakası dizayn örnekleri  
(Table 1. Design samples of binder layer asphaltic concrete)

Binder Tabakası Dizaynı Yapılan Örnekler	Örneğin Alındığı Çalışma	Örneğin Alındığı Çalışmanın Türü
Binder Tabakası Tip II	B.Yıldırım, A.Şiş	Makale Çalışması
Binder Tabakası Tip II	Örnek Çalışma	Laboratuar deneme Çalışması

Tarafımızdan yapılan laboratuar dizayn denemesi Karayolları Genel Müdürlüğü (K.G.M.) laboratuvarında yapılmış olup, deney otomatik Marshall kompaktörü ve Marshall Test aleti kullanılarak yapılmıştır. Tablo 1'de verilen binder tabakası Tip II gradasyonlarına uygun değişik bitüm yüzdelere ve değişik asfalt çimentosu penetrasyonlarına sahip bitüm kullanılarak elde edilmiş dizayn örnekleri çalışmamızda kullanılmıştır.



### 3.2. Metot (Method)

Bu çalışma, TS 3720 ve ASTM D1559'da belirtilen Marshall Test metodu esas alınarak yapılmıştır. Tablo 1'de verilen binder tabakası dizayn örnekleriyle ilgili serpme grafikleri SPSS 11.0 paket programı kullanılarak çizilmiştir. Bu serpme grafiklerine bağlı olarak regresyon analizi yapılmış ve matematiksel model denklemleri oluşturulmuştur [5, 6, 7 ve 8].

Model denklemleri ile K.G.M. yollar fenni şartnamesinde belirtilen limitler dahilinde kalmak şartıyla her parametre için bitüm yüzdesi hesaplanmış ve aritmetik ortalaması alınarak optimum bitüm yüzdesi belirlenmiştir. Elde edilen bu değerler grafik üzerinde belirlenen optimum bitüm yüzdeleriyle karşılaştırılmıştır. Her iki yöntemle de elde edilen optimum bitüm yüzdelerine bağlı olarak karışımdan beklenen özellikler belirlenmiş ve karşılaştırılmıştır [9].

### 4. BULGULAR ve TARTIŞMA (FINDINGS and DISCUSSIONS)

Bitümlü sıcak karışımların optimum bitüm yüzdesinin belirlenmesinde izlenen yöntem deney sonuçlarına bağlı olarak çizilen grafik yöntemidir. Optimum bitümün belirlenmesi için farklı bitüm yüzdelerinde hazırlanan bitümlü sıcak karışımın Tablo 2'de verilen özelliklere bağlı kalınarak K.G.M. şartname limitlerinde belirtilen bitüm yüzdelerinin aritmetik ortalaması alınarak optimum bitüm yüzdesi belirlenmeye çalışılmaktadır.

Tablo 2. Optimum bitümün belirlenmesi  
(Table 2. Determination of optimum Bitumen)

Karışımın Özelliği	K.G.M. Şartname Limitleri
Pratik Özgül Ağırlık	Max Pratik Özgül Ağırlığa Karşılık gelen (% Bitüm)
Stabilite	Max Stabilite'ye Karşılık Gelen (% Bitüm)
Asfaltla Dolu Boşluk	Şartname limitlerinin ortalamasına karşılık gelen (% Bitüm)
Boşluk	Şartname limitlerinin ortalamasına karşılık gelen (% Bitüm)

Ancak bu değerler grafik üzerinde bulunmaya çalışıldığından her bir parametre için tespit edilen bitüm yüzdeleri tam olarak belirlenememektedir. Bu nedenle dört farklı parametre için bitüm yüzdesine bağlı olarak regresyon analizi yapılmış ve regresyon eğrileri çizilerek bu eğrilere en uygun model denklemi ortaya konulmuştur.

Şartname limitleri içerisinde kalmak şartıyla her bir parametre için bitüm yüzdesi matematiksel olarak hesaplanmış ve aritmetik ortalaması alınarak optimum bitüm yüzdesi belirlenmiştir. Elde edilen bu değerler grafik üzerinden belirlenen bitüm yüzdeleri ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

### 4.1. Örnekler (Samples)

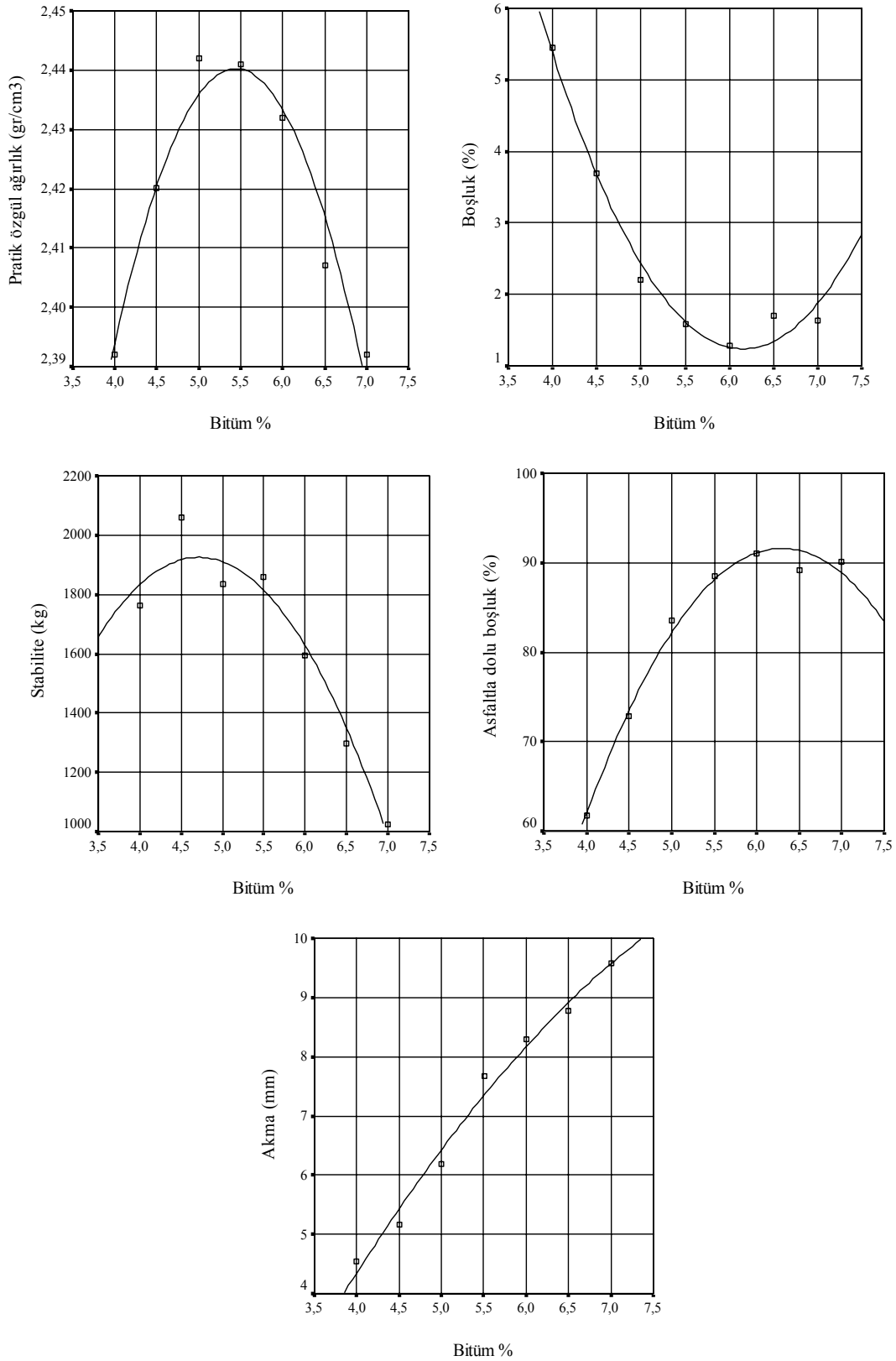
#### Örnek 1. (Sample 1.)

Asfalt betonu dizaynı amacıyla Elazığ belediyesi Hanpınarı şantiyesinden temin edilen agrega, binder tabakası Tip 2'ye göre üç değişik tip (Tip A, Tip B ve Tip C) gradasyonda hazırlanmıştır. Karışımlara ait Marshall deney sonuçları Tablo 3'de verilmiştir [10].

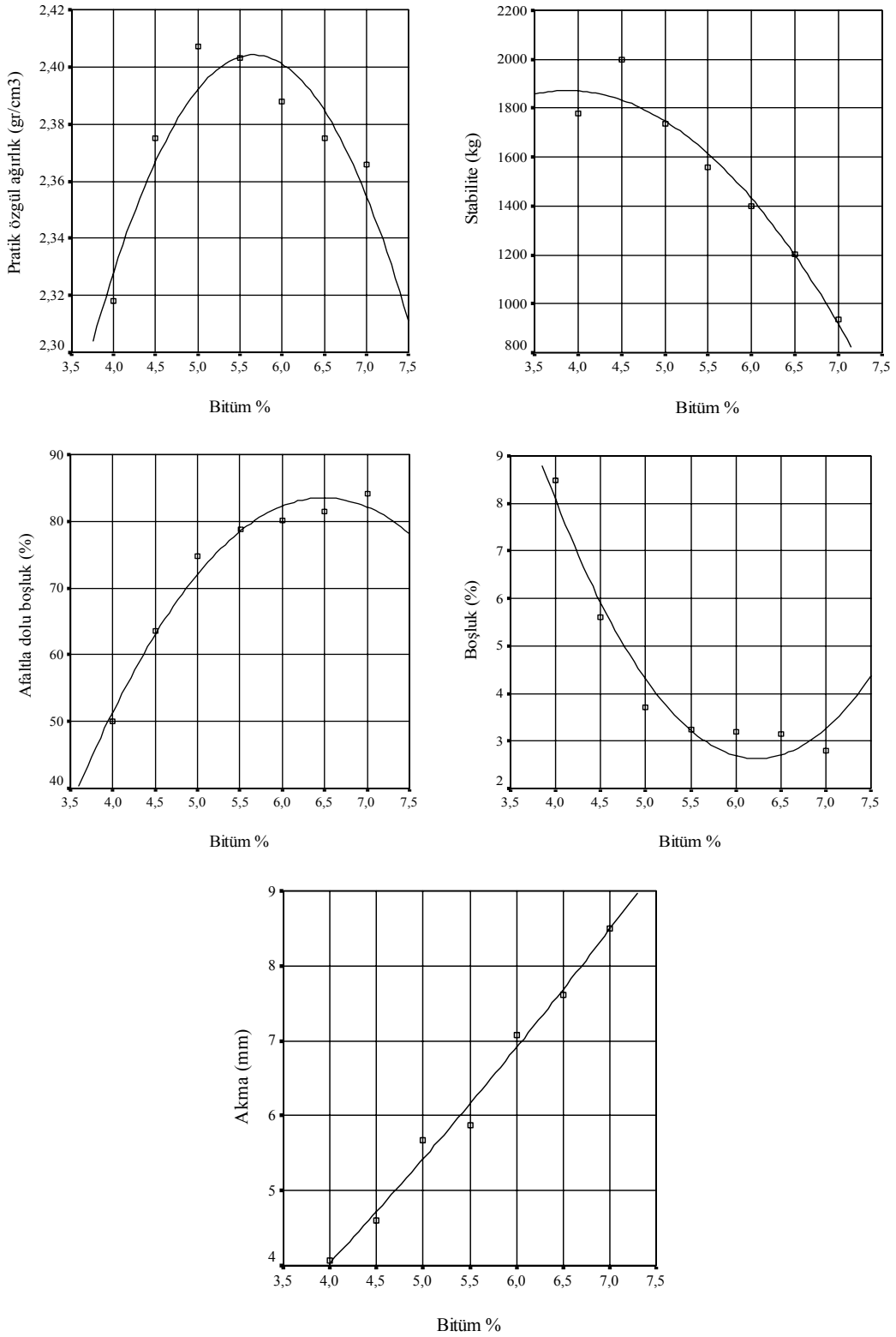
Tablo 3. Marshall deney sonuçları  
(Table 3. Results of Marshall test)

Bitüm%	Prt.Özg. Ağır. (D <sub>p</sub> ) gr/cm <sup>3</sup>			Stabilite (kg)			Asf. Dolu Boşluk% (V <sub>f</sub> )		
	TipA	TipB	TipC	TipA	TipB	TipC	TipA	TipB	TipC
4	2,392	2,318	2,372	1761	1778	2165	61,8	50,1	57,6
4,5	2,420	2,375	2,391	2061	2000	1926	72,9	63,6	66,0
5	2,442	2,407	2,417	1835	1736	1787	83,5	74,8	76,5
5,5	2,441	2,403	2,410	1755	1557	1674	88,5	78,8	80,0
6	2,432	2,388	2,425	1595	1398	1536	91,1	80,2	88,0
6,5	2,407	2,374	2,425	1297	1201	1489	89,2	81,5	92,5
7,0	2,392	2,366	2,412	1025	937	1400	90,1	84,1	93,8
Bitüm %	Boşluk% (V <sub>h</sub> )			Akma (mm)					
	TipA	TipB	TipC	TipA	TipB	TipC			
4	5,45	8,48	6,43	4,5	4,1	3,7			
4,5	3,70	5,60	5,04	5,1	4,6	5,5			
5	2,20	3,70	3,36	6,3	5,7	6,6			
5,5	1,58	3,23	3,00	7,6	5,9	7,2			
6	1,29	3,20	1,78	8,3	7,1	8,6			
6,5	1,71	3,14	1,15	8,7	7,6	9,1			
7,0	1,64	2,80	1,00	9,6	8,5	9,3			

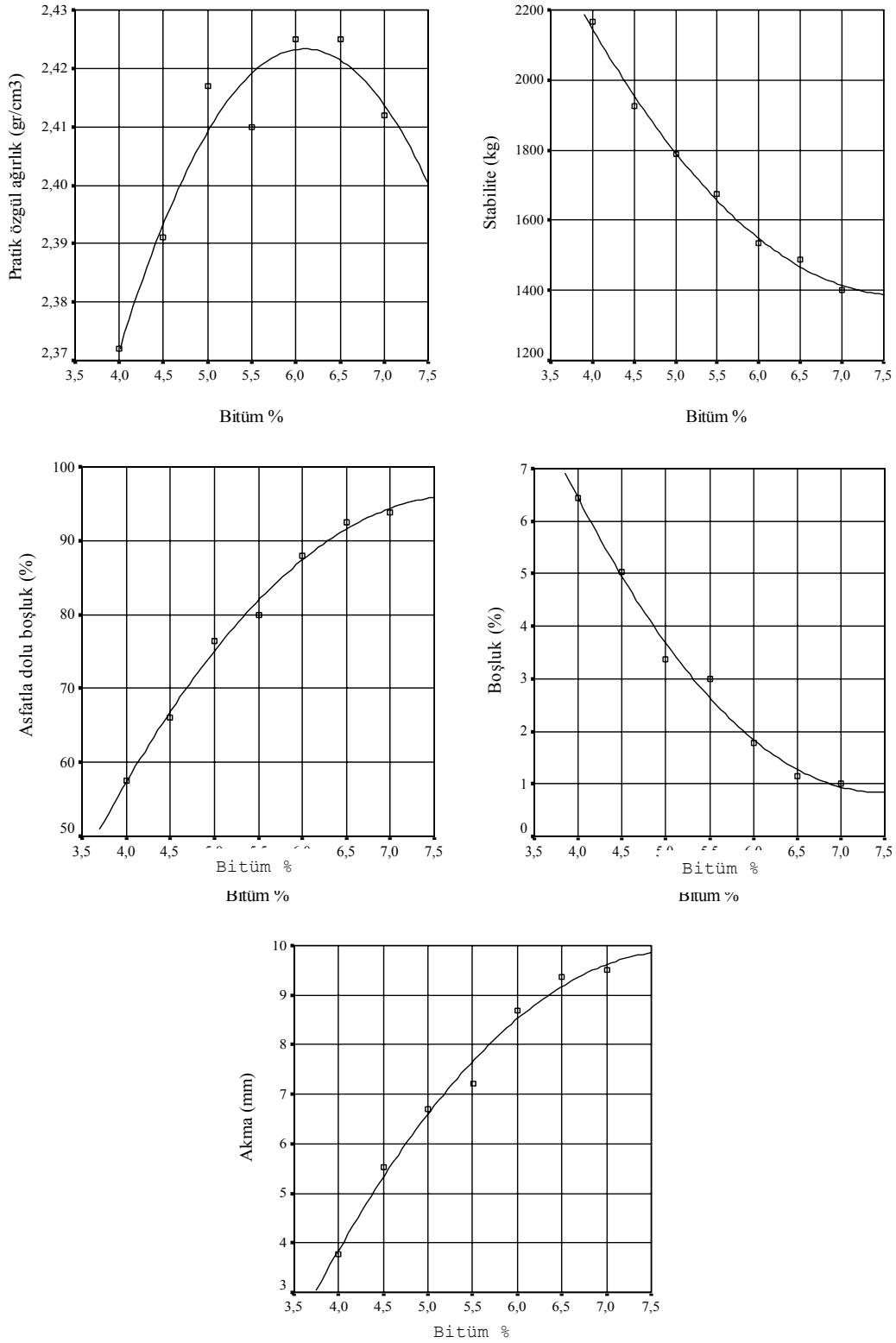
Tablo 3'de verilerin her bir bitüm yüzdesi için serpme diyagramı yapılmış ve uygun regrasyon denklemi belirlenmiştir. Şekil 1, 2 ve 3'de bitüm yüzdesine bağlı olarak pratik özgül ağırlık, stabilite, asfaltla dolu boşluk ve boşluk serpme diyagramı Tip A, Tip B ve Tip C için verilmiş ve grafiklere göre Tablo 4'deki regrasyon denklemleri oluşturulmuştur.



Şekil 1. Tip A Bitüme%-serpme diyagramı  
(Figure 1. Type A Bitumen%- scatter diagram)



Şekil 2. Tip B Bitüme% - serpmé diyagramı  
(Figure 2. Type B Bitüme%- scatter diagram)



Şekil 3. Tip C Bitüme% - serpme diyagramı  
(Figure 3. Type C Bitumen% - scatter diagram)

Tablo 4. Karışım özelliklerinin regresyon denklemleri  
 (Table 4. Regression equation of mixture properties)

Karışımın özelliği	TİP	Regresyon denklemi $Y = b_0 + b_1x + b_2x^2$	$R^2$ ( $\alpha = 0.01$ )
Pratik Özgül Ağırlık	Tip A	$Y = 1,7831 + 0,241x - 0,0222x^2$	0,947
	Tip B	$Y = 1,5232 + 0,3112x - 0,0275x^2$	0,853
	Tip C	$Y = 1,9878 + 0,1429x - 0,0117x^2$	0,925
Stabilite	Tip A	$Y = -2081,1 + 1700,19x - 180,38x^2$	0,949
	Tip B	$Y = 404,714 + 757,929x - 97,857x^2$	0,949
	Tip C	$Y = 4670,29 - 851,90x - 55,2381x^2$	0,995
Asfaltla Dolu Boşluk	Tip A	$Y = -131,48 + 70,924x - 5,6333x^2$	0,988
	Tip B	$Y = -135,06 + 67,4286x - 5,2x^2$	0,975
	Tip C	$Y = -67,750 + 41,9595x - 2,6905x^2$	0,993
Boşluk	Tip A	$Y = 34,9121 - 10,94x + 0,8886x^2$	0,982
	Tip B	$Y = 44,86 - 13,537x + 1,0848x^2$	0,950
	Tip C	$Y = 26,7379 - 6,9288x - 0,4633x^2$	0,990
Akma	Tip A	$Y = -7,4079 + 3,6226x - 0,1710x^2$	0,985
	Tip B	$Y = -0,5600 + 0,9590x + 0,0476x^2$	0,988
	Tip C	$Y = -15,369 + 6,4562x - 0,4124x^2$	0,987

Tablo 4'de verilen denklemler çözümlenmiş ve elde edilen bitüm yüzdeleriyle grafik metoduyla bulunan bitüm yüzdeleri Tablo 5'de karşılaştırılmıştır.

Tablo 5. Optimum bitüm yüzdelerinin karşılaştırması  
 (Table 5. Comparison of optimum bitumen percents)

Karışımın özelliği	Şartname Limitleri	TİP	Grafik Bitüm %	$Y = b_0 + b_1x + b_2x^2$ Hesaplanan Bitüm %
Pratik Özgül Ağırlık	Max	Tip A	5,25	5,44
		Tip B	5,10	5,66
		Tip C	6,25	6,10
Stabilite	Max	Tip A	4,5	4,71
		Tip B	4,5	3,87
		Tip C	4,00	4,00
Asfaltla Dolu Boşluk	70%	Tip A	4,30	4,33
		Tip B	4,90	4,87
		Tip C	6,75	4,68
Boşluk	5%	Tip A	4,10	4,09
		Tip B	4,60	4,76
		Tip C	4,9	4,47
Ort. Opt. Bitüm %		Tip A	4,53%	4,65%
		Tip B	4,77%	4,79%
		Tip C	4,90%	4,81%

Her iki yöntemle elde edilen optimum bitüm yüzdelerinde stabilite, pratik özgül ağırlık, boşluk, asfaltla dolu boşluk ve akma değerleri Tablo 6'da karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.



Tablo 6. Karışımdan beklenen özelliklerin karşılaştırılması  
(Table 6. Comparison of mixture properties expected)

Karışımın özelliği	TİP	"Grafik yöntemi" (Bitüm%)	$Y = b_0 + b_1x + b_2x^2$ Hesaplanan (Bitüm%)
Pratik Özgül Ağırlık	Tip A	2,415	2,43
	Tip B	2,420	2,38
	Tip C	2,410	2,2
Stabilite	Tip A	2060	1925
	Tip B	1950	1790
	Tip C	1820	1857
Asfaltla Dolu Boşluk	Tip A	72,0	76,5
	Tip B	72,0	68,5
	Tip C	76,0	71,5
Boşluk	Tip A	3,60	3,25
	Tip B	4,30	4,09
	Tip C	3,90	4,17
Akma	Tip A	4,6	5,7
	Tip B	4,9	5,1
	Tip C	6,3	6,1

Bu çalışma incelendiğinde gerek  $R^2$  anlamlılık düzeylerinin çok yüksek çıkması, gerekse karışımdan beklenen özelliklerin çok yakın değerlerde seyretmesi deneyin şartname sınırları ve Marshall deney kriterlerine uyulduğunu göstermektedir. Fakat Tip A, Tip B ve Tip C karışımlarının verilerine bağlı olarak çizilen serpmе grafikleri incelendiğinde Tip A ve Tip B'de parabolik eğrilerin net bir şekilde oluştuğu görülmüş ve değerlerin açıkça okunabilmesine olanak sağlamıştır. Tip C'de ise stabilite grafiğinde ise Marshall deney sonuçlarının karakteristiklerine ters düşen bir durum meydana çıkmıştır. Çünkü stabilite için çizilen parabolik fonksiyon belirli bir bitüm yüzdesi aralığı için artan, bu aralığı takip eden aralıkta azalan bir fonksiyon sergilemesi gerekirken, tam tersi bir durum söz konusudur. Bu nedenle Tip C karışımı için deney kriterleri tekrar gözden geçirildiğinde stabilite ve diğer fiziksel özelliklerin temelini oluşturan agrega granülometrisinin, şartname sınırları dışına çıktığı tespit edilmiştir.

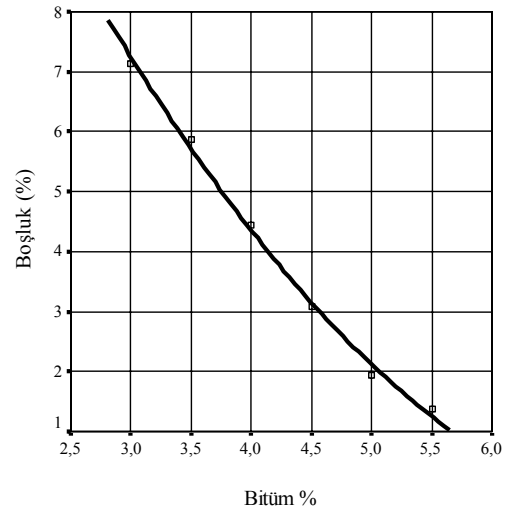
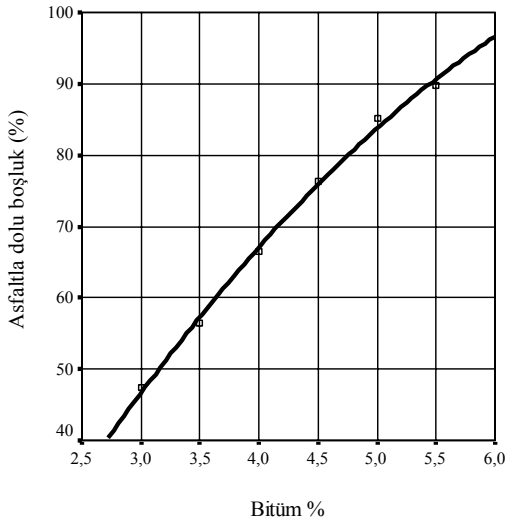
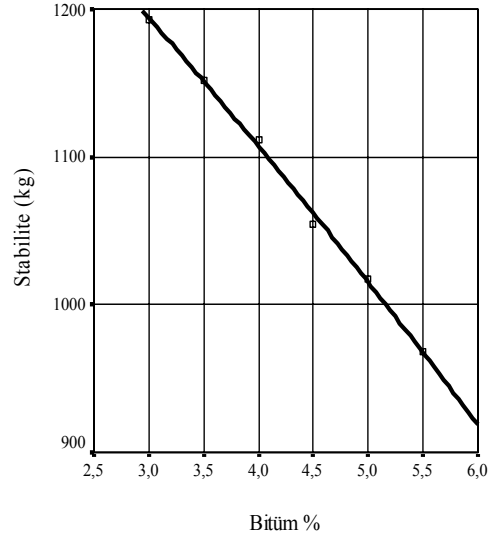
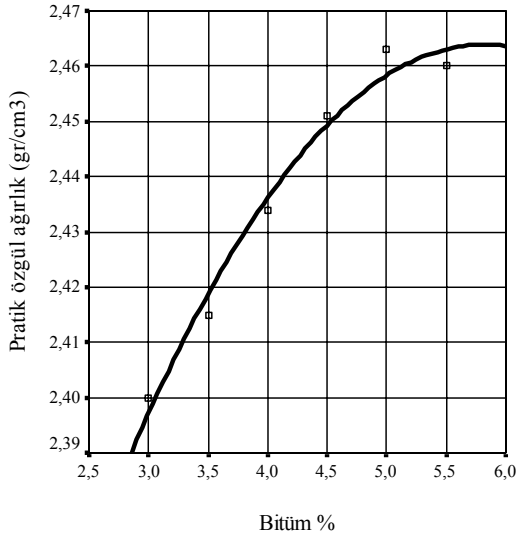
#### Örnek 2. (Sample 2.)

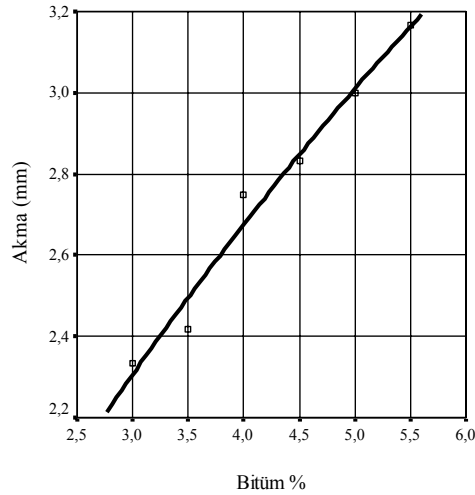
Asfalt betonu dizaynı amacıyla yapılmış olan bu örnekte Adapazarı Taşkısıık taş ocağından KGM. laboratuvarlarına gelen agrega ile binder tabakası Tip 3 gradasyon limitlerine göre her bir numune için 1150 gr agrega hazırlanmış, %3,0-4,0-4,5-5,0-5,5 oranlarında Asfalt çimentosu AÇ 60 penetrasyonlu bitüm katılmıştır. Her bir bitüm yüzdesi için üçer adet Marshall biriketi hazırlanmıştır. Marshall biriketlerinin hazırlanmasında KGM. Fenni şartnamesinde belirtildiği gibi, dizaynın ağır trafik sınıfını (TDY tekerrür sayısı  $> 10^6$ ) temsil etmesi açısından Marshall biriketinin her iki yüzeyine 75 darbe uygulanmıştır. Hazırlanan numuneler bir gün süreyle beklemeye bırakılmıştır. TS 3720'ye göre Marshall deneyi yapılmış ve deney sonuçları Tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7. Marshall deney sonuçları  
(Table 7. Results of Marshall test)

Bitüm%	Prt.Özg. Ağır. ( $D_p$ ) gr/cm <sup>3</sup>	Stabilite (kg)	Asf. Dolu Boşluk % ( $V_f$ )	Boşluk% ( $V_h$ )	Akma (mm)
3,0	2,400	1193,00	47,40	7,13	2,33
3,5	2,415	1152,00	56,40	5,87	2,42
4,0	2,434	1112,00	66,40	4,44	2,75
4,5	2,451	1055,00	76,30	3,08	2,83
5,0	2,463	1017,00	85,10	1,93	3,00
5,5	2,460	968,00	89,80	1,38	3,17

Tablo 7'deki verilerin her bir bitüm yüzdesi için serpme diyagramı yapılmış ve uygun regrasyon denklemi belirlenmiştir. Şekil 4'de bitüm yüzdesine bağlı olarak pratik özgül ağırlık, stabilite, asfaltla dolu boşluk, boşluk ve akma serpme diyagramı verilmiş ve grafiklere göre Tablo 8'deki regrasyon denklemleri oluşturulmuştur.





Şekil 4. Bitüme % - serpmeye diyagramı  
(Figure 4. Bitumen%- scatter diagram)

Tablo 8. Karışım özelliklerinin regresyon denklemleri  
(Table 8. Regression equation of mixture properties)

Karışımın özelliği	Regresyon denklemi $Y = b_0 + b_1x + b_2x^2$	$R^2$ ( $\alpha = 0.01$ )
Pratik Özgül Ağırlık	$Y = 2,1791 + 0,0980x - 0,0084x^2$	0.981
Stabilite	$Y = 1428,63 - 71,257x - 2,2857x^2$	0.998
Asfaltla Dolu Boşluk	$Y = -37,129 + 33,5679x - 1,8786x^2$	0.997
Boşluk	$Y = 19,9366 - 5,2314x + 0,3336x^2$	0.996
Akma	$Y = 0,9852 + 0,4934x - 0,0177x^2$	0.976

Olarak belirlenmiş  $R^2$  değerleri incelendiğinde bitüm yüzdeleri ile karışım özellikleri arasında güçlü bir ilişki olduğu görülmüştür. Regresyon denklemleri çözümlenmiş ve model denklemleri üzerinden şartname sınırları göz önünde bulundurularak her bir karışım özelliği için bitüm yüzdeleri hesaplanmıştır. Aynı zamanda grafikler üzerinden her bir karışım özelliği için bitüm yüzdeleri belirlenmiştir. Her iki yöntemle elde edilen bitüm yüzdelerine göre optimum bitüm hesap edilmiş ve sonuçlar Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Optimum bitüm yüzdelerinin karşılaştırması  
(Table 9. Comparison of optimum bitumen percents)

Karışımın özelliği	Şartname Limitleri	Grafik (bitüm%)	$Y = b_0 + b_1x + b_2x^2$ Hesaplanan (Bitüm%)
Pratik Özgül Ağırlık	Max	5	5.8
Stabilite	Max	3	3
Asfaltla Dolu Boşluk	70%	4.25	4.15
Boşluk	5%	3.75	3.75
Ort. Opt. (Bitüm%)		4	4.175

Tablo 9. incelendiğinde pratik özgül ağırlık ve stabilite değerleri KGM. nün şartnamede öngördüğü kriterler göz önünde bulundurulmuş ve maksimum değerlerine karşılık gelen bitüm yüzdeleri grafik üzerinden okunmuştur. Aynı kriterler asfaltla dolu boşluk ve boşluk içinde söz konusu olup, binder tabakası için belirtilen değerlere karşılık gelen bitüm yüzdeleri grafik üzerinden okunmuştur.

Asfalt betonu karışım özellikleri için oluşturulan regresyon model denklemleri parabolik eğri ifade ettiğinden, pratik özgül ağırlık ve stabilite değerleri için parabolik eğrinin tepe noktasının apsisi bize



pratik özgül ağırlık ve stabilite için bitüm yüzdesini vermektedir. Asfaltla dolu boşluk ve boşluk için şartnamenin öngördüğü değerler regresyon model denkleminde ordinat (y) değeri denkleminde yerine konup hesaplamalar yapıldığında elde edilen apsis değeri, asfaltla dolu boşluk ve boşluk için bitüm yüzdesini vermektedir. Elde edilen bitüm yüzdeslerinin aritmetik ortalaması alınarak optimum bitüm muhtevası tespit edilmiştir. Her iki yöntemle de belirlenen optimum bitüm yüzdesleri kullanılarak stabilite, pratik özgül ağırlık, boşluk, asfaltla dolu boşluk ve akma değerleri her iki yöntemle hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır (Tablo 10).

Tablo 10. Karışımdan beklenen özelliklerin karşılaştırılması  
(Table 10. Comparison of mixture properties expected)

Karışımın özelliği	"Grafik yöntemi" 4.0% Bitüm	$Y = b_0 + b_1x + b_2x^2$ Hesaplanan 4.175% Bitüm
Pratik Özgül Ağırlık	2.43	2.44
Stabilite	1110	1091
Asfaltla Dolu Boşluk	66	70.2
Boşluk	4.3	3.9
Akma	2.67	2.73

Binder tabakası Tip 3'e göre dizaynı söz konusu olan bu çalışmada, optimum bitüm muhtevasının belirlenmesi için gerekli olan pratik özgül ağırlık, stabilite, asfaltla dolu boşluk ve boşluk grafikleri incelendiğinde Tablo 9'da okunan değerlerin, model denklemleri üzerinden okunan değerlere çok yakın olduğu görülmüştür. Bu yakınlık  $R^2$  değerleri kontrol edildiğinde açıkça görülmektedir. Bu deneysel çalışmada optimum bitüm muhtevasındaki bu yakınlık doğal olarak karışımdan beklenen özelliklere de yansımıştır.

##### 5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND SUGGESTIONS)

Karışım dizaynının asıl amacı, karışımı optimize etmek ve yapısal tasarım için gerekli verileri elde etmek amacıyla, gerek "Marshall metodu" ele alınmıştır. Bu amaçla şartnamede belirtilen fiziksel özelliklere sahip agreganın yine şartnamede belirtilen fiziksel özelliklere sahip gradasyon limitleri dâhilinde agreganın hangi oranlarda karıştırılacağı belirtildikten sonra karışımın asfalt miktarının tayin edilmesi üzerinde titizlikle durulması gerektiği görülmüştür.

Asfalt betonu dizaynı amacıyla Elazığ belediyesi Hanpınarı şantiyesinden temin edilen agrega, binder tabakası Tip 2'ye göre üç değişik tipte Tip A, Tip B ve Tip C gradasyonunda hazırlanmış karışımlara ait örneklerde ise, şartname kriterlerine ve bitüm yüzdeslerine göre çizilen grafikler ve grafik üzerinden yapılan okumaların hassas yapılamadığı düşünülmektedir. Bunun sonucunda optimum bitüm yüzdesini ve dolayısıyla bitümlü sıcak karışımdan beklenen özellikleri olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Bu durumun ancak deneyi yapan kişinin deney ölçümlerini hassasiyetle yapması ile aşılabilecektir.

Yapılan deneysel çalışmalarda; daha önce yapılan çalışmalardan elde edilen hatalı sonuçlara neden olan faktörlerin giderilmesi için gereken hassasiyet gösterilmiştir. Bu hususlar Marshall deney prosedürüne ve şartnamede belirtilen kriterlere titizlikle uyulması gerektiğini bir kere daha ortaya koymuştur. Ayrıca hataya sebebiyet veren serpmе grafiklerinden okunan değerlerde de çok titiz davranmak gerektiği yapılan üç değişik dizayn denemesinde de açıkça görülmüştür. Gerek önceki çalışmalarda gerekse yapılan deneysel çalışmalarda hem hatanın kaynaklandığı parametrenin tespitinde hem de karışımın fiziksel özelliklerinin tespitinde model denklemleri üzerinden okunan



değerlerin çok daha sağlıklı sonuçlar ortaya koyduğu belirlenmiştir. Yapılan bu çalışma sonucunda, ülkemizde bitümlü sıcak kaplamaların uzun süre hizmet verebilmesi için, fiziksel özelliklerine etki eden parametrelerin doğru tahmin edilmesi gerektiği anlaşılmıştır. Bu nedenle matematiksel model denklemleri ile elde edilen parametrelerin grafik üzerinden elde edilen parametrelerden çok daha net sonuçlar ortaya koyduğu, gerek daha önce yapılan çalışmalardan gerekse deneysel çalışmalardan açıkça görülmüştür.

#### **KAYNAKLAR**

1. Önal, A. ve Karaca, S., (1990). Asfalt Betonu Karışım Dizayn Metotları. Ankara: K.G.M. Yayınları.
2. E.T.Al, (1996). Asphalt Institute Handbook.
3. Varol, H., (2000). Bitümlü sıcak kaplamalı üst yapıların yapım kriterlerinin araştırılması. Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
4. Yıldız, K., (2003). Marshall dizayn metodu ile optimum bitüm muhtevasının belirlenmesinde deney parametrelerinin sonuca etkisi. Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi. Ankara:Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
5. TS 3720, (1983). Bitümlü Kaplama Karışımlarının Hesap Esasları Marshall ve Hubbart-Field Metotları. Ankara: Türk Standartları Enstitüsü.
6. ASTM D1559., (1998). Test Method for Resistance of Plastic Flow of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus.
7. Mills, C.F., (2000). Statistical Methots", Newyork, USA: Colombia Univercity.
8. Özdamar, K., (1999). SPSS ile Biyoistatistik. Yayın No:3, Eskişehir: Kaan Kitabevi.
9. Yollar Fenni Şartnamesi., (2000). Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü. Yayın No: 170/2, Ankara:
10. Yıldırım, B. ve Şiş, A., (2001). Şartname Sınırlarındaki Agrega Granülometrisinin Asfalt Betonunun Fiziksel Özelliklerine ve Optimum Bitüm Oranına Etkisi. Fırat.Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi Elazığ, Cilt:2 Sayı:3, ss:95-100.