



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Otomobil last. dış. san. kauçuk
vulk. pek. olarak kar. siyahı

Doktora Tezi

Enver Demirhan

3 2
YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

361
83

70

OTOMOBİL LASTİĞİ DIŞINDAKİ SANAYİDE KAÇUK VULKANİZASYONUNDA
PEKİŞTİRİCİ OLARAK KARBON SİYAHİ YERİNE VEYA BİRLİKTE
KULLANILABİLECEK DAHA UCUZ VE UYGUN KALİTEDE
DOLGU PİGMENTLERİNİN ARAŞTIRILMASI VE SEÇİMİ

DOKTORA TEZİ

Yük. Müh. Enver DEMİRHAN

İSTANBUL 1989

EL KH
R 361

83

Fen Bilimleri Enst.

Fen Bilimleri Enst.

:..12/12/1990.....

.....

:...20,000 TL.....

: 1/28

:..47.406.....

: ..54.....37.8.242.....

.....



YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OTOMOBİL LASTİĞİ DIŞINDAKİ SANAYİDE KAUKUK VULKANİZASYONUNDA
PEKİŞTİRİCİ OLARAK KARBON SİYAHİ YERİNE VEYA BİRLİKTE
KULLANILABİLECEK DAHA UCUZ VE UYGUN KALİTEDE
DOLGU PİGMENTLERİNİN ARAŞTIRILMASI VE SEÇİMİ

83

DOKTORA TEZİ

Yük. Müh. Enver DEMİRHAN

İSTANBUL 1989



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	xi
İÇİNDEKİLER	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xiv
KİMLİK BİLGİLERİ	xv
TABLO LİSTESİ	xvi

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yönetimini kabul eden değerli hocam Sayın Prof.Dr.Salih DİNÇER'e çalışmalarım süresince gösterdiği yakın ilgi ve kıymetli katkılar için teşekkür eder, sonsuz saygılar sunarım.

Ayrıca matematik modeli kurma çalışmalarında yardımcı olan Kocaeli Mühendislik Fakültesi'nden Sayın Yrd.Doç.Dr.Halil İbrahim SARAÇ'a da teşekkür ederim.



İ Ç İ N D E K İ L E R

	SAYFA
TEŞEKKÜR	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
SİMGE LİSTESİ	viii
TABLO LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ	x
BÖLÜM 1.GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.KAYNAK TARAMASI	3
2.1.Lâstik Teknolojisi	3
2.1.1.Doğal Kauçuk	3
2.1.2.Sentetik Kauçuklar	4
2.1.2.1.Stiren-Butadien Kauçukları	4
2.1.2.2.Akrilonitril-Butadien Kauçukları	4
2.1.2.3.Kloropren (Neopren) Kauçuğu	5
2.1.2.4.Etilen-Propilen Kauçukları	5
2.1.2.5.Butadien Kauçuğu	6
2.1.2.6.İsopren Kauçuğu	6
2.1.2.7.Silikon Kauçukları	6
2.1.2.8.Butil Kauçukları	7
2.2.Vulkanizasyon	7
2.2.1.Vulkanizasyon Yapıcılar	10
2.2.2.Hızlandırıcılar	10
2.2.3.Aktivatörler	10
2.2.4.Antioksidantlar	10
2.2.5.Yumuşatıcılar	11
2.3.Pekiştirme ve Dolgu Pigmentleri	11
2.4.Karbon Siyahı	15
2.4.1.Karbon Siyahı Özellikleri	15
2.4.2.Karbon Siyahının Kauçuğa Etkileri	16
BÖLÜM 3.MATERYAL, YÖNTEM VE DENEYSEL ÇALIŞMA	18
3.1.Kullanılan Maddeler	18
3.1.1.Stiren-Butadien Kauçuğu (SBR 1502)	18
3.1.2.Karbon Siyahı (HAF)	18
3.1.3.Kükürt	18

	<u>SAYFA</u>
3.1.4. Stearik Asit	18
3.1.5. Santikür	18
3.1.6. Çinko Oksit	18
3.1.7. Çinko Kromat	19
3.1.8. Barit	19
3.1.9. Kalsit	19
3.1.10. Kaolen	19
3.1.11. Talk	19
3.1.12. Silis	19
3.1.13. Demir Oksit	19
3.1.14. Grafit	19
3.1.15. Titan Dioksit	19
3.1.16. Linyit	20
3.1.17. Taş Kömürü	20
3.1.18. Silisik Asit	20
3.2. Kullanılan Aletler	20
3.2.1. Kauçuk Merdane	20
3.2.2. Pişirme Presi	20
3.2.3. Çekme Cihazı	23
3.2.4. ASTM C Kalıbı	23
3.2.5. Sertlik Ölçme Cihazı	23
3.2.6. Mooney Viskozimetresi	23
3.3. Deneysel Yöntem	23
3.4. Deneysel Çalışma	25
3.4.1. Karışım Hazırlama	25
3.4.2. Karışım Levhalarının Vulkanizasyonu	26
3.4.3. Vulkanize Edilmiş Levhaların Çekme Deneyleri	27
3.4.4. Vulkanize Edilmiş Levhaların Sertlik Ölçümü	28
3.4.5. Mooney Ölçümü	28
BÖLÜM 4. BULGULAR VE TARTIŞMA	29
4.1. Bulgular	29
4.2. Tartışma	29
BÖLÜM 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	54
5.1. Sonuçlar	54
5.2. Öneriler	55



	<u>SAYFA</u>
KAYNAKLAR	56
EKLER	60
Ek 1 Deneylerde Kullanılan Çeşitli Maddelerin Özellikleri	60
Ek 2 Deneylerde Kullanılan Çeşitli Test Cihazlarının Şekilleri	64
Ek 3 Dolgu Pigmentlerinin Deney ve Modellerinin Sonuçları	68
Ek 4 Deneylerde Kullanılan Katkı Maddelerinin Fıatları ve Reçete Maliyeti Hesabı	81
Ek 5 Dolgu Pigmenti Seçimi İçin Geliştirilen Bilgisayar Programı, Akış Diyagramı, Hesaplama Yöntemi ve Örnek Hesaplama Sonuçları	83

ÖZGEÇMİŞ



INVESTIGATION AND SELECTION OF MORE ECONOMICAL AND TECHNICALLY
SUITABLE REINFORCING FILLERS TO BE USED TOGETHER WITH OR
INSTEAD OF CARBON BLACK FOR MONTIRE RUBBER APPLICATIONS

Ö Z E T

Doğal ve sentetik kauçuk, otomobil lâstiği imali dışındaki lâstik sanayiinde, çeşitli mekanik parçalar, hortum, ayakkabı tabanı, kimya proseslerinde korozyona mukavim ekipman içi kaplamalar ve sızdırmaz conta v.s. imalinde vulkanize edilerek kullanılmaktadır. Kauçuğun vulkanizasyonunda, reçeteye kükürtten başka karbon siyahı ve diğer katkı maddeleri ilâve edilmektedir. Karbon siyahı vulkanize olmuş kauçuğa, yani lâstiğe dayanıklılık kazandırır. Ancak karbon siyahı pahalı bir dolgu maddesi olduğundan, fiyatı ucuzlatmak ve lâstiğe istenilen özelliği kazandırmak amacıyla, reçetelere karbon siyahı yanında, başka bazı dolgu maddeleri katılmaktadır.

Çalışmamızda, karbon siyahı yerine veya birlikte kullanılabilecek iç piyasadan temini kolay ve ucuz inorganik dolgu pigmentlerinin araştırılması ve seçimi yapılmıştır. Bu amaçla SBR 1502 sentetik kauçuğu içeren standart bir reçete ve karbon siyahının pekiştirme özelliği de baz alınarak, çeşitli inorganik pigmentler karbon siyahı ile birlikte veya yalnız kullanılarak bir seri vulkanizasyon deneyleri yapılmıştır. Deneylerde hazırlanan lâstik örneklerinin %300 uzamada modulus, çekme gerilimi, % uzama ve sertlik özellikleri ölçülmüştür. Elde edilen deney sonuçlarından matematik modeller geliştirilmiştir. Matematik modeller yardımıyla, istenilen amaca uygun lâstik özelliklerini sağlayan ucuz dolgu pigmentleri seçilmiştir.



INVESTIGATION AND SELECTION OF MORE ECONOMICAL AND TECHNICALLY
SUITABLE REINFORCING FILLERS TO BE USED TOGETHER WITH OR
INSTEAD OF CARBON BLACK FOR NONTIRE RUBBER APPLICATIONS

A B S T R A C T

Besides tire production, natural and synthetic rubber in vulcanized form are used to prepare various rubber goods such as mechanical goods, hoses, soles, linings to avoid corrosion in chemical processes, gaskets, etc. In the vulcanization of rubber, carbon black and other ingredients are used in the compounding recipes as well as sulphur. Carbon black gives strength to the vulcanized rubber. But carbon black is an expensive filler, therefore other fillers individually or with carbon black, are used in the vulcanization processes to reduce the cost of rubber products while maintaining their desired properties.

In our work, inorganic fillers to be used instead of or together with carbon black, which could be obtainable locally with lower prices, are investigated and selection criteria are developed. Properties of SBR 1502 obtained from a standard recipe containing carbon black are taken as reference. Carbon black in this reference recipe is replaced with various fillers partially and or totally to see their effects on the resultant properties which are determined with the measurement of tensile strength, modulus at 300% elongation, % elongation at break and hardness. Based on the test results, a mathematical model is developed to predict the most technically and economically suitable inorganic fillers for various rubber products.



SİMGE LİSTESİ

SAYFA

3.1	Standart Çizim Şekilleri	24
4.1	Mühüratın Çizim Şekli ve Yapılan	31
	Vulkanizasyon	
4.2	Mühüratın Çizim Şekli ve Yapılan	33
	Vulkanizasyon	
	Matematiksel Modeller	
4.3	Y, y : Bağımlı Değişken	38
	x : Özellik	
4.4	z : Maliyet	42
4.5	σ : Modulus	43
4.6	$\checkmark$: Çapraz Bağ Yoğunluğu	44
4.7	T : Mutlak Sıcaklık	45
	R : Gaz Sabiti	
4.8	λ : Uzama Oranı Katsayısı	46
4.9	Çizim Şekli ve Yapılan	
4.10	Çizim Şekli ve Yapılan	50
4.11	Çizim Şekli ve Yapılan	51
4.12	Çizim Şekli ve Yapılan	52
4.13	Çizim Şekli ve Yapılan	53
4.14	Çizim Şekli ve Yapılan	54
4.15	Çizim Şekli ve Yapılan	55
4.16	Çizim Şekli ve Yapılan	56
4.17	Çizim Şekli ve Yapılan	57
4.18	Çizim Şekli ve Yapılan	58
4.19	Çizim Şekli ve Yapılan	59
4.20	Çizim Şekli ve Yapılan	60
4.21	Çizim Şekli ve Yapılan	61
4.22	Çizim Şekli ve Yapılan	62
4.23	Çizim Şekli ve Yapılan	63
4.24	Çizim Şekli ve Yapılan	64
4.25	Çizim Şekli ve Yapılan	65
4.26	Çizim Şekli ve Yapılan	66
4.27	Çizim Şekli ve Yapılan	67
4.28	Çizim Şekli ve Yapılan	68
4.29	Çizim Şekli ve Yapılan	69
4.30	Çizim Şekli ve Yapılan	70
4.31	Çizim Şekli ve Yapılan	71
4.32	Çizim Şekli ve Yapılan	72
4.33	Çizim Şekli ve Yapılan	73
4.34	Çizim Şekli ve Yapılan	74
4.35	Çizim Şekli ve Yapılan	75
4.36	Çizim Şekli ve Yapılan	76
4.37	Çizim Şekli ve Yapılan	77
4.38	Çizim Şekli ve Yapılan	78
4.39	Çizim Şekli ve Yapılan	79
4.40	Çizim Şekli ve Yapılan	80
4.41	Çizim Şekli ve Yapılan	81
4.42	Çizim Şekli ve Yapılan	82
4.43	Çizim Şekli ve Yapılan	83
4.44	Çizim Şekli ve Yapılan	84
4.45	Çizim Şekli ve Yapılan	85
4.46	Çizim Şekli ve Yapılan	86
4.47	Çizim Şekli ve Yapılan	87
4.48	Çizim Şekli ve Yapılan	88
4.49	Çizim Şekli ve Yapılan	89
4.50	Çizim Şekli ve Yapılan	90
4.51	Çizim Şekli ve Yapılan	91
4.52	Çizim Şekli ve Yapılan	92
4.53	Çizim Şekli ve Yapılan	93
4.54	Çizim Şekli ve Yapılan	94
4.55	Çizim Şekli ve Yapılan	95
4.56	Çizim Şekli ve Yapılan	96
4.57	Çizim Şekli ve Yapılan	97
4.58	Çizim Şekli ve Yapılan	98
4.59	Çizim Şekli ve Yapılan	99
4.60	Çizim Şekli ve Yapılan	100



T A B L O L İ S T E S İ

	<u>SAYFA</u>
3.1 Standart Karışım Reçetesi	24
4.1 Muhtelif Dolgu Pigmentleri İle Yapılan Vulkanizasyon Deney Sonuçları	31
4.2 Muhtelif Dolgu Pigmentleri İle Yapılan Vulkanizasyon Deney sonuçlarına Ait Matematik Modeller	35
4.3 Muhtelif Dolgu Pigmentleri İle Yapılan Vulkanizasyon Reçete Maliyetleri	38
4.4 Dolgu Pigmentlerine Ait Fiat Modelleri	42
4.5 Çeşitli Lâstik Ürünlerin Özellikleri	43
4.6 Tank İçi Kaplama Özelliklerini (Minimum) Sağlayan Dolgu Pigmentleri	44
4.7 Sızdırmaz Conta Özelliklerini (Minimum) Sağlayan Dolgu Pigmentleri	46
4.8 Su Hortumu Özelliklerini (Minimum) Sağlayan Dolgu Pigmentleri	48
4.9 Ayakkabı Tabanı Özelliklerini (Minimum) Sağlayan Dolgu Pigmentleri	50
4.10 Diyafram Özelliklerini (Minimum) Sağlayan Dolgu Pigmentleri	51
4.11 Çeşitli Mekanik Ürünlerin (Vib.Takozu v.s.) Özelliklerini (Min.) Sağlayan Dolgu Pigmentleri	53
E.1.1 SBR Türü Sentetik Kauçuğun Özellikleri	60
E.1.2 HAF Türü Karbon Siyahı Özellikleri	61
E.1.3 Taş Kömürü ve Linyit Kömürü Özellikleri	62
E.1.4 Silisik Asit Özellikleri	63
E.4.1 Vulkanizasyon Deneylerinde Kullanılan Katkı Maddelerine Ait Fiat Listesi	81



Ş E K İ L L İ S T E S İ

	<u>SAYFA</u>
3.1 Kauçuk Merdane	21
3.2 Pişirme Presi	22
E.2.1 Çekme Testi Cihazı	64
E.2.2 "Dumbbell" Test Parçası	65
E.2.3 Sertlik Ölçme Cihazı	66
E.2.4 Mooney Disk Viskozimetresi	67
E.3.1 Kalsit dolgu pigmenti için elde edilen Matematik modeller ve deney sonuçları	68
E.3.2 Kaolen dolgu pigmenti için elde edilen matematik modeller ve deney sonuçları	69
E.3.3 Talk dolgu pigmenti için elde edilen matematik modeller ve deney sonuçları	70
E.3.4 Demir oksit dolgu pigmenti için elde edilen matematik modeller ve deney sonuçları	71
E.3.5 Silisik asit dolgu pigmenti için elde edilen matematik modeller ve deney sonuçları	72
E.3.6 Titandioksit dolgu pigmenti için elde edilen matematik modeller ve deney sonuçları	73
E.3.7 Linyit kömürü dolgu pigmenti için elde edilen matematik modeller ve deney sonuçları	74
E.3.8 Barit dolgu pigmenti için elde edilen matematik modeller ve deney sonuçları	75
E.3.9 Çinko kromat dolgu pigmenti için elde edilen matematik modeller ve deney sonuçları	76
E.3.10 Çinko oksit dolgu pigmenti için elde edilen matematik modeller ve deney sonuçları	77
E.3.11 Silis dolgu pigmenti için elde edilen matematik modeller ve deney sonuçları	78
E.3.12 Grafit dolgu pigmenti için elde edilen matematik modeller ve deney sonuçları	79
E.3.13 Taş kömürü dolgu pigmenti için elde edilen matematik modeller ve deney sonuçları	80



B Ö L Ü M 1



G İ R İ Ş

Doğal ve sentetik kauçuklar orijinal haliyle sıcakta yumuşak, soğukta sert ve kırılğan olması nedeniyle mühendislik yönünden az önem taşırlar. Kauçuğa kuvvet kazandırmak, onu daha geniş sıcaklık aralıklarında kullanılabilir hale getirmek için vulkanize edilmektedir. Kauçuğun vulkanize edilebilme özelliği, onun birçok sanayi dalında, çok çeşitli amaçlar için kullanılan lâstik ürünlerinin imaline imkân vermektedir.

Kauçuğun sanayide kullanılmaya başlamasından sonra, birçok plâstik madde geliştirilmiş ve kauçuğun yerine kullanılmak istenmiştir. Ancak plâstiklerin fiyatının daha ucuz ve işlenebilirliklerinin kolay olmasına rağmen; kısa ömürleri, kimyasal dirençleri ve işlenebilirlik sıcaklıklarının sınırlı olması v.s. nedenleriyle kauçuklara göre daha az avantajlara sahiptirler. Kauçukların güncelliğini korumasının en önemli nedenlerinden biri de, gelişen teknolojinin gereksinimlerine cevap verebilecek yeni tür sentetik kauçukların üretiminin geliştirilmesidir. İlk bakışta lâstiğin birim fiyatının, plâstiklere oranla pahalı görülmesine karşın, hizmet ömrü dikkate alındığında, birim fiyatı çok daha ucuz olmaktadır.

Vulkanizasyon işlemi genelde kükürtle yapılmakta olup karışım reçetelerinde kauçuk polimeri ve kükürtden başka, imal edilecek lâstik özelliklerine göre dolgu pigmenti, hızlandırıcı, yumuşatıcı v.s. gibi katkı maddeleri de bulunmaktadır.

Dolgu pigmentleri, kauçuğa istenilen özellikleri kazandırmak ve fiyatı ucuzlatmak için kullanılmaktadır, organik veya inorganik bileşiklerdir. Dolgu pigmentleri arasında en iyi pekiştirici özelliğe sahip karbon siyahı olduğundan, kauçuk teknolojisinde çok miktarda kullanılmaktadır. Ancak karbon siyahı, genelde petrol esaslı hammaddelerden, pahalı teknoloji ile elde edildiğinden, birim fiyatı diğer dolgu pigmentlerine göre daha pahalıdır. Bu durum lâstik imalinde dezavantaj yaratmaktadır. İmalâtçılar ürün maliyetini düşürmek için, karbon siyahı ile birlikte diğer ucuz inorganik dolgu maddelerini kullanma yolunu tercih etmektedirler.



Çalışmamızda lâstik imalinde pahalı bir pekiştirici dolgu pigmenti olan karbon siyahı yerine veya birlikte kullanılabilecek inorganik pigmentlerin araştırılması ve seçimi yapılmıştır. Bu amaçla SBR 1502 sentetik kauçuğu içeren standart bir vulkanizasyon reçetesi yardımıyla ve karbon siyahının pekiştirme özelliği de baz alınarak, çeşitli inorganik pigmentleri karbon siyahı ile birlikte veya yalnız kullanılarak laboratuvar ölçülerinde hazırlanan kauçuk karışımlarının vulkanizasyonu yapılmıştır. Vulkanizasyon her dolgu pigmenti ile değişik dolgu oranlarında tekrarlanmıştır. Elde edilen lâstik örneklerinin, çekme gerilimi, %300 uzamada modulus, % uzama, sertlik değerleri ölçülmüştür.

Deney sonuçları yardımıyla matematik modeller geliştirilmiştir. Ayrıca her dolgu pigmentinin piyasa fiyatı ile karışım reçetelerinin maliyetleri hesaplanmış ve fiyat modelleri kurulmuştur. Matematik ve fiyat modelleri kullanılarak istenilen lâstik ürününün minimum özelliklerini sağlayan ucuz dolgu pigmentlerinin seçimi çalışmaları yapılmıştır.



B Ö L Ü M 2



KAYNAK TARAMASI

2.1. Kauçuk Teknolojisi

Doğal ve sentetik kauçuklar orijinal haliyle sıcakta yumuşak, soğukta sert ve kırılgan olması nedeniyle mühendislik yönünden az önem taşır. Kuvvet kazandırmak ve daha geniş sıcaklık aralıklarında istenilen amaca uygun olarak kullanılabilir hale getirmek için kauçuk vulkanize edilmektedir.

Kauçuk teknolojisinde, kauçuk polimerine, istenilen reçete oranlarına göre çeşitli dolgu maddeleri (pekiştirici dolgu pigmentleri, vulkanize edici, hızlandırıcı, yumuşatıcı v.s.) ilâve edilerek karışımlar hazırlanır. Bu karışımlar elde edilecek ürüne göre ön şekillendirme işlemine tabî tutulur. Bu safhadan sonra vulkanize edilerek lastik ürün elde edilir.

Lastik imalât safhasında aşağıdaki makinalar kullanılmaktadır:

- | | |
|---------------------------------------|--|
| 1. Karışım Hazırlama | : Vals, Dahili Karıştırıcı |
| 2. Ön Şekillendirme ve
Konfeksiyon | : Vals, Kalender, Ekstruder, Konfeksiyon
Makinaları |
| 3. Vulkanizasyon | : Pres, Otoklav, Sürekli Vulkanizasyon
Tesisleri |

Genel olarak doğal kauçuk ve sentetik kauçuklar, başlıca otomobil lâstiği imalinde, bunun dışında otomotiv sanayiinde mekanik parçalar ve ürünler, kimya sanayiinde kaplamalar (yumuşak ve sert), sızdırmaz conta, nakil bandı, muhtelif cins hortum, merdane, giyim eşyası (yağmurluk), çizme, ayakkabı tabanı v.s. gibi birçok yerde kullanılmaktadır.

2.1.1. Doğal Kauçuk

Doğal kauçuk tropik bölgelerde yetişen "hevea brasiliensis" ağacından elde edilir (1). Ağaca açılan kanallardan süt beyazı rengindeki lateks sıvısı kaplara toplanır. Toplanan lateks, fabrikalara nakledilerek, filtre işleminden sonra iki metodla koagüle edilip, iki ayrı tipte ham kauçuk elde edilir.



Birinci metodda lateks büyük tanklara alınır. %15 konsantrasyona kadar su ile seyreltilir. Formik asit veya asetik asit ile koagüle edilir, levha haline getirilir, vals'den geçirilerek suyu sıkılır, odun dumanı ile ısıtılan hava ile kurutulur ve balyalanır. Bu metodla elde edilen doğal kauçuk kahve renklidir. Buna "Smoked Sheet" denir.

İkinci metodda ise, lateks aynı şekilde koagüle edilir. Yalnız kurutma daha düşük sıcaklıkta (35°C) yapılarak, ısı ile bozunmaların önüne geçilir. Bu metodla elde edilen doğal kauçuk açık sarı renklidir. Buna da "Pale Crepe" denir.

Doğal kauçuğun sentetik kauçuklara göre işlenebilirliği ve vulkanizasyon ürünlerinin fiziksel özellikleri (yırtılma direnci, bükülme direnci v.s.) daha iyidir; yalnız ısı, ozon ve yağ karşı dirençleri daha düşüktür(2). Doğal kauçuk başlıca oto, uçak, bisiklet lâstikleri imalinde kullanılmaktadır.

2.1.2. Sentetik Kauçuklar

Sentetik kauçuklar, monomer haldeki çeşitli organik bileşiklerin polimerizasyonu sonucu elde edilen elastomerik maddelerdir. Teknolojide çeşitli amaçlar için kullanılan pekçok türde sentetik kauçuk üretilmektedir. Bunlardan bazıları aşağıda tanımlanmıştır (1,2,3,4,5).

2.1.2.1. Stiren-Butadien Kauçukları (SBR)

Stiren ve butadien'in emülsiyon içinde beraberce polimerizasyonu ile sıcakta (50°C) veya soğukta (5°C) üretilmektedir. Soğuk ve sıcak SBR türleri vardır.

SBR, kristal bir yapı göstermediğinden, doğal kauçuğa benzemektedir. Saf polimerin vulkanizasyon özellikleri doğal kauçuk ile karşılaştırıldığında, çekme dayanımı biraz düşük, aşınma direnci biraz iyi fakat daha az elastiktir. Isı ve yağ direnci daha iyidir. Stiren-butadien kauçukları, oto lastiği, taşıyıcı bantlar, hortum, ayakkabı, ökçe, lâstik kaplı dokuma yer döşemesi, oyuncak, elektrik kablosu, açık renkli şeffaf ürünler, tıbbî cihaz, endüstriyel tatbikatlar ve sünger v.s imalinde kullanılırlar.

2.1.2.2. Akrilonitril-Butadien Kauçukları (NBR)

Akrilonitril ile butadien'in sıcakta (40°C) veya soğukta (10°C) olmak üzere emülsiyon ortamda beraberce polimerizasyonu ile üretilmektedir.



Polimer yapısındaki ($-C\equiv N$) gruplarından dolayı yağlara ve solventlere karşı direnci çok büyüktür. Soğuk ve Sıcak türleri vardır.

NBR yağa dayanıklı hortum, petrol endüstrisi için çeşitli lāstik parça, matbaacılık için merdane, sızdırmaz conta, kılıf, o-ring, lāstik kaplı dokuma, kauçuk levha, yağa dayanıklı ayakkabı ökçesi, fuel oil tankları kaplaması, otomobil parçaları (yağ hortumu v.s), yağa dayanıklı kayış, yağ transfer boruları, hidrolik hortum v.s imalinde kullanılmaktadır.

2.1.2.3.Kloropren(Neopren) Kauçuğu (CR)

2-Klorobutadien monomerinin $30-50^{\circ}C$ 'de emülsiyon polimerizasyonu ile elde edilir.Kristal bir yapıya sahiptir.Vulkanizasyon ürünleri yüksek çekme dayanımına sahiptir.Bünyesindeki ($-Cl$)'dan dolayı ısı, hava ve ozona karşı diğer çifte bağlı kauçuk türleri arasında en iyi dirence sahiptir. Neopren kauçukları; elektrik kabloları, kömür ocakları için taşıyıcı bant, oto fan kayışı, oto yakıt hortumu, oto fren hortumu, diğer oto parçaları, basınçlı hava hortumu, pencere camı fitili, diyafram, sünger, vibrasyon izolatörü, su altı elbiseleri imalinde ve kâğıt endüstrisinde (merdane), matbaacılıkta (merdane), limanlarda kullanılmaktadır.

2.1.2.4.Etilen-Propilen Kauçukları (EPM, EPDM)

Etilen ve propilen'in Ziegler-Natta katalizörü varlığında beraberce polimerizasyonu ile elde edilir.Bu kauçukların vulkanizasyon ürünlerinin çekme dayanımı, NR, SBR, CR kauçuklarınıninkine benzerlik gösterir. Yırtılma dayanımları NR ve CR'den düşüktür. Isı, hava ve ozon'a karşı dirençleri mükemmeldir, elektrik dirençleri, butil kauçuk'dan daha yüksektir, bu bakımdan iyi bir izolasyon malzemesidir.Yağ dirençleri CR'den düşük,fakat NR ve SBR ile aynıdır.Düşük sıcaklık özellikleri NR ve SBR'den daha iyidir. Asitlere, alkalilere ve polar solventlere karşı dayanımı mükemmeldir. Sepesifik graviteleri diğer kauçuklara göre düşüktür.Etilen-propilen kauçuklarının üstün özelliklerinden dolayı oto, bisiklet lastikleri, su geçirmez levhalar, percere çerçeveleri, radyatör hortumu, oto ısıtıcı hortumu, deniz botu, yağmurluk, çamaşır makinası hortumu, körük, kimyasallara dayanıklı hortum, ısıya dayanıklı konveyör, muhafaza,merdane alçak ve yüksek voltaj kablo izolatörleri, muhtelif motor, makinalarda kullanılan kablo ceketleri gibi birçok yerde kullanılırlar.



2.1.2.5. Butadien Kauçuğu (BR)

Cis-butadien'in Ziegler-Natta tipi stereoregüler katalizörleri etkisiyle çözelti polimerizasyonu sonucunda elde edilirler. Çözelti olarak susuz hidrokarbon solventler kullanılmaktadır.

BR, yüksek elastik ve aşınma özelliklerine sahiptir. Bünyesindeki "cis" miktarının artmasıyla bu özellikler artar.

Vulkanizasyon ürünü özellikleri, SBR ve NR'ye göre mukayese edilirse, sıçraması daha üstün, ısı birikimini önleme ve düşük sıcaklıklara dayanımı daha iyi, çekme dayanımı yönünden NR ve SBR kadar iyidir. Yırtılma dayanımı NR ve SBR'den daha düşüktür.

Butadien kauçuğu, NR ile harmanlanarak kullanılırsa işlemesi kolaylaşır, çekme ve yırtılma dayanımı iyi olan ürünler yapılabilir.

Butadien kauçuğu en çok oto lastiği imalinde, taşıyıcı kayış, V-kayışı, kauçuk merdane, kılıf, kızdırmazlık malzemeleri, tekstil kaplama, contalar, vibrasyon önleyici, ayakkabı döşeme malzemesi, golf topu, elektrik kablosu, hortum ve endüstriyel parçalar v.s. gibi birçok yerde kullanılırlar.

2.1.2.6. İsopren Kauçuğu (IR)

İsopren'in, solvent ve Ziegler katalizörleri (Alkil Alüminyum, titanyum tetraklorür veya alkil lityum serisi) varlığında polimerize edilir. İsopren kauçuğu, doğal kauçukla aynı moleküler yapıya sahiptir. Bu nedenle fiziksel özellikleri doğal kauçuğa benzemektedir. Onun kullanıldığı yerlerde kullanılabilmektedir.

2.1.2.7. Silikon Kauçukları

Silikon kauçukları molekül zincirinde siloksan bağları (-Si-O-Si-) bulunmaktadır. Bu kauçukların yüksek ve düşük sıcaklıklara dayanımı, elektrik özellikleri çok iyidir. Moleküldeki yan zincir gruplarına göre, birçok cinsleri vardır.

Metalik silikon ve alkil klorürler 300°C'de reaksiyona sokulur ve dialkil klorosilan bileşiği elde edilir. Bu bileşiğin polimerize edilmesi ile silikon kauçuğu elde edilir. Silikon kauçukları -80°C ile +250°C arasında elastik özellik gösterirler. Silikon kauçuklarının ısıya



dayanıklı sızdırmaz contalar, elektrikli cihazlarda kullanılan kablolar, otomobil parçaları, bujilerde, O-ring, motor bloku ve yatakları için sızdırmaz conta, plâstik imalât için merdane, tıpta çeşitli malzeme v.s. gibi pek çok kullanma alanları vardır.

2.1.2.8. Butil Kauçuğu (IIR)

İsobutilen ve isopren'in -100°C sıcaklıkta, susuz alüminyum klorür katalizörü varlığında beraberce polimerizasyonu ile elde edilir. Butil kauçuğu vulkanizasyon ürünlerinin ısı, hava ve ozon dirençleri mükemmeldir. Kimyasallara, bilhassa asitlere ve alkalilere, deterjanlara karşı dayanıklıdır. Elektrik direnci mükemmeldir. Gaz geçirgenliği küçüktür. Çekme dayanımı CBR, den yüksek, NR, SBR, CR'den düşüktür. Butil kauçuğu oto iç lâstikleri, elektrik kablo kılıfları, makina ve motor taşıyıcı parçaları, asit, buhar, ısıtıcı hortumlar, diyafram, sızdırmaz fitil, lâstik top, lâstik bot ve taşıyıcı bant v.s. imalinde kullanılır.

Sentetik kauçuk olarak kullanılan diğer elastomerlerin bazılarının isimleri aşağıda sıralanmıştır:

Akrilik Kauçukları	(ACM)
Kloro Polietilen	(CPE)
Klorosülfonatlı Polietilen	(CSM)
Epiklorhidrin Kauçuğu	(CHR)
Fluro Kauçuk	
Polisülfid Kauçukları	

2.2. Vulkanizasyon

Vulkanizasyonun keşfi 1839'da Amerika'da Charles Goodyear tarafından yapıldı. Fakat o zamanlar ekonomik kriz nedeniyle, ticarî alanda çok az gelişme gösterdi. 1843'de İngiltere'de Thomas Hancock aynı çalışma için bir patent aldı. Bu tarihten sonra sanayi uygulamaları yaygınlaşmıştır. Kauçuk, kükürt ile karıştırılarak ısıtılmış, karışımda bir değişiklik olduğu gözlenmiştir. Vulkanizasyon Latince ateş ve kükürdün birleşmesi anlamına gelmektedir (4).

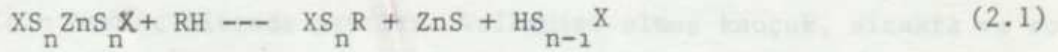
Vulkanizasyonun keşfiyle 1850'den itibaren kauçuktan birçok ürün yapılmıştır. Bu konuda Goodyear (1800-1860) ve Hancock (1785-1865) tarafından birçok yayınlar yazılmıştır.



Vulkanizasyon, uzun zincirli polimer moleküller arasında çapraz bağ oluşturan bir kimyasal reaksiyondur. Kauçuk ile toz kükürt normal şartlar altında karıştırılır. Kükürt süratle kauçuk içinde dağılır. Bu dağılmış kükürt, doymamış çifte bağ ihtiva eden uzun zincir şeklindeki kauçuk moleküllerini -C-S-C- bağları ile birbirine bağlamaktadır. Polimer molekülleri adeta bir balık ağı gibi birbirine bağlanır. Vulkanizasyon kısa sürede tamamlanmaktadır. Reaksiyon sonunda, polimerin serbestçe hareket eden molekülleri hareket edemezler, kristalleşmeye meyli azalır. Geniş bir sıcaklık aralığında sabit bir modulus ve sertlik özelliği gösterir. Vulkanizasyon reçetelerinde kükürtden başka pekiştirici dolgu pigmentleri (karbon siyahı v.s.), aktivatör (çinko oksit), hızlandırıcı, yumuşatıcı v.s. kullanılmaktadır.

Kükürtle yapılan vulkanizasyon kinetiği çok kompleksdir. Bu konuda birçok çalışma yapılmıştır. Porter (6) kükürt atomunun çapraz bağlanmada, mono, di veya polisülfür şeklinde hatta siklik şeklinde bağlandığını iddia etmiştir. Reaksiyona girmeyen kükürdün çoğu siklik yapıdadır.

Vulkanizasyonun ilk kademesinde kükürt çinko oksit ile reaksiyona girerek çinko pertiyo tuzunu oluşturur. Bu tuz kauçuk polimeri ile reaksiyona girerek,



ara bileşik oluşturur. Burada (X) tiyokarbomat veya benzotiazol grupları olabilir. Ara bileşik tekrar kauçuk polimeri ile reaksiyona girer (7).



Çapraz bağlanma reaksiyonu metal oksitleri ve yağ asitleri ile hızlandırılmaktadır (8). Başka bir teoriye göre çapraz bağlanma kademesinde, hızlandırıcı (organik sülfür anyonu veya radikali), polisülfürle (S₈) katılma bileşiği oluşturur. Bu katılma bileşiği polimer zincirine kükürt atomu vasıtasıyla bağlanır (9).

Vulkanizasyon özelliklerine, çapraz bağ yoğunluğu ve çapraz bağlardaki kükürt atomları sayısı etkilidir. Çapraz bağ yoğunluğu yükselirken,



modulus yükselir, kopmada uzama düşer. Çapraz bağ yoğunluğu, birim hacimdeki (cm^3), çapraz bağ sayısı olarak tanımlanmaktadır (bu birim hacimdeki aktif zincir sayısının yarısına eşittir). Kinetik teoriye göre modulus ile çapraz bağ yoğunluğu arasındaki ilgi aşağıdaki eşitlikte ifade edilmiştir (10):

$$\sigma = RT \sqrt{\left(\lambda - \frac{1}{\lambda^2}\right)} \quad (2.3)$$

Burada

σ = Modulus

$\sqrt{}$ = Çapraz bağ yoğunluğu

λ = Uzama oranı (%100 için 2, %300 için 3 v.s)

R = Gaz sabiti

T = Mutlak sıcaklık

Vulkanizasyondan önceki karışım hazırlama safhasında, modulus'un teşekkül ettiği bir başlangıç periyodu vardır. Buna "Scortch" zamanı denir. Vulkanizasyon zamanı ile "Scortch" zamanı toplamı pişme zamanını verir. Karışımın çekme ve modulus değerleri, pişme süresinde yükselir. Her karışım reçetesi için önceden bir pişme zamanı belirlenir. Vulkanizasyon hızı ısı tatbikatı ile artırılabilir. Isıtma işlemi bozunmayı önlemek için basınç altında yapılır. Vulkanize olmuş kauçuk, sıcakta ve soğukta esnektir. Yani elastik bir özellik kazanmıştır. Vulkanize olmuş kauçuğa "lâstik" denilmektedir.

Bir vulkanizasyon reçetesinde genel olarak aşağıdaki maddeler bulunur:

Kauçuk polimeri

Vulkanizasyon yapıcı (çapraz bağlayıcı)

Hızlandırıcı

Aktivatör

Antioksidant

Pekiştirici dolgu pigmenti

Yumuşatıcılar ve diğerleri

Bunlardan kauçuk polimerleri hakkındaki bilgiler önceki pragraflarda verilmiştir.



2.2.1. Vulkanizasyon Yapıcılar

Bunlara aynı zamanda çapraz bağlayanlar da denilir. En çok kullanılan vulkanizasyon yapıcısı kimyasal madde kükürttür. Kükürttten başka kullanılanlar

Sülfür monoklorür

Selenyum

Telleryum

Disülfidler

p-kinon dioksim

Polisülfid polimerler

Alkit fenol sülfidler

Çinko oksit

Benzoil peroksit

2.2.2. Hızlandırıcılar

Vulkanizasyonda reaksiyonu hızlandırarak zamanı kısaltmak, vulkanizasyon ürününün fiziksel özelliklerini iyileştirmek için kullanılırlar. Vulkanizasyonda hızlandırıcı olarak kullanılan bazı organik bileşikler şunlardır:

Aldehit aminler

Tiokarbomatlar

Disülfidler

Guanidinler

Tiazoller

2.2.3. Aktivatörler

Hızlandırıcıları aktive etmek ve neticede daha iyi kalitede bir ürün elde etmek için kullanılırlar. Bunlardan en çok kullanılanı çinko oksit ve stearik asittir.

2.2.4. Antioksidantlar

Kauçuğun vulkanizasyon esnasındaki oksidasyonuna mani olmak için vulkanizasyon reçetesine ilâve edilir. Ayrıca lâstiği atmosfer şartlarına (güneş ışığı, ozon v.s), eskimeye karşı korur. En çok kullanılan organik bileşiklerden bazıları; monoaminler (fenilnaftilaminler, difenilaminler v.s), diaminler (fenilendiamin), fenolik fosfatlar.



2.2.5. Yumuşaticılar

Vulkanizasyondan evvel karışımın kolayca işlenebilmesi, kalıplanması ve vulkanizasyon sonrası lâstiğe istenilen elâstikiyet v.s.özellikler verilmesi için yumuşaticılar kullanılır. Bunlardan bazıları; petrol türevlerinden elde edilen yağlar, tabii ve sentetik reçineler, tabii yağlar, kömür katranı v.s.

2.3. Pekiştirme ve Dolgu Pigmentleri

Kauçuk sanayiinin ilk yıllarından beri, çeşitli dolgu pigmentleri istenilen amaçlar için kauçuğu pekiştirmede kullanılmaktadır. Bu amaçlar, ürün fiyatını ucuzlatmak, renk vermek, yoğunluğu arttırmak, elâstikiyeti arttırmak, işleme kolaylığı sağlamak, çekme dayanımını ve sertliğini arttırmak v.s. olabilir. Kauçuğun pekiştirilmesinin, lâstik teknolojisinde önemli bir yeri vardır. Hatta vulkanizasyon kadar önemlidir.

Mühendislikte beton yapımında çelik çubukların kullanılması pekiştirme işlemine örnek teşkil eder. Çelik çubuk çok yüksek çekme mukavemetine sahip olduğundan, bu mukavemet betona verilerek, esneme ve darbe dayanımı arttırılmış olur. Benzer tarzda kauçuk, dolgu pigmenti ile karıştırılırsa, kauçuk polimeri devamlı faz gibi hareket eder ve katı dolgunun dayanımını alır (11).

Ogunniyi'n makalesinde (11) Vodra pekiştirmeyi, kauçuğun kuvvetlendirilmesi olarak tarif etmiş. Eğer dolgu tanesi ile kauçuk polimeri arasında bir bağ oluşursa, bu durumda kauçuk polimeri solvent ile ekstrakte edilemez. Bu olaya "dolgu maddesi kauçuğu pekiştirdi" denilir. Yine aynı makalede (11) Studebaker pekiştirmeyi, bir elastomerin istenilen amaç için bazı katkı maddeleriyle birleşerek, bir veya birkaç özelliğinin artırılması olarak tariflemiştir. Dannenberg (12) de pekiştirme için, "lâstik eşyanın kullanma ömrünün uzatılmasıdır", demiştir. Pekiştirici dolgu maddesi kauçuğun modulus, çekme gerilimi, yırtılma ve aşınma direnci v.s.özelliklerinin iyileştirilmesi olarak Boonstra (13) tarafından tarif edilmiş ve sınıflandırılmıştır.

Pekiştirme konusunda birçok çalışma yapılmış, mekanizma tam aydınlatılamamıştır. Bu konuda bir çok teori ileri sürülmüştür. Kauçuğa ilâve edilen dolgu, bir enerji vermektedir. Bu enerjiye " yırtılma enerjisi" denilmektedir (14).



Genelde polimerler dolgu pigmentleri ile karıştırılırsa, polimerin vizkozitesi yükselir ve modulus, çekme gerilimi, yırtılma ve aşınma direnci, elâstikiyet gibi özellikleri değişir (15). Bu değişmelerin büyüklüğü, ilâve edilen dolgu pigmentinin fizikokimyasal özelliğine ve miktarına bağlıdır. Bu özellikler tane büyüklüğü, yüzey aktivitesi ve tane yapısıdır. Tane büyüklüğü düştükçe, modulus, çekme gerilimi ve aşınma dayanımı gibi mekanik özelliklerde artma olur. Dolgu pigmentinin yüzey alanı tane büyüklüğü ile ilgilidir. Tane büyüklüğü düştükçe yüzey alanı, artar. Ogunniyi'n makalesinde (11) Hepburn, pekiştirmede en düşük dolgu yüzeyi alanının $6 \text{ m}^2/\text{cm}^3$, en büyük ise $300-400 \text{ m}^2/\text{cm}^3$ oranında olduğunu ifade etmiştir.

Kauçuğa dolgu maddesi ilâvesi, elde edilecek vulkanizasyon özellikleri maksimum değere erişinceye kadar yapılabilir. Maksimum ilâveden sonra dolgu maddesi seyreltme vazifesi görür. Vulkanizasyon özellikleri kötüye gitmeye başlar, zira kauçuk polimer yapısı belli miktarda dolguyu tutabilir.

Pekiştirmeye etki eden diğer bir faktör de dolgu pigmentinin yapısıdır. Yapı, küresel biçimdeki taneciklerin bir araya gelerek oluşan yığınlaşmanın derecesinin bir ölçüsüdür. Örneğin karbon siyahı yığınsal yapıdadır. Bu yığın ne kadar büyük ise, yapı o derece kuvvetlidir, yığın ne kadar küçük ise yapı o derece zayıftır. Aynı tanecik boyutuna sahip iki ayrı dolgu maddesi, eğer tanecik şekilleri arasında fark yoksa, aynı pekiştirme derecesine sahip olabilirler.

Dolgu maddesinin yüzeyinin fiziksel ve kimyasal özelliği yani yüzey aktivitesi pekiştirmede önemli rol oynarlar. Dolgu yüzeyinin fiziksel adsorpsiyon aktivitesi, kimyasal aktivitesinden daha önemlidir. Mamafih dolgu yüzeyindeki kimyasal gruplar, vulkanizasyon reaksiyonuna etkilidir. Asidik karakterli dolgular (kanal siyahı gibi) reaksiyon hızını yavaşlatır, bazik olanlar ise hızlandırırlar. Bu sebepten asidik karakterli dolgular ile yapılan vulkanizasyonlara gecikmeyi önleyici aminler veya glikoller ilâve edilmektedir.

Karıştırma işlemi esnasında, polimer zincirleri mekaniksel olarak koptuğu zaman uçlarda serbest radikaller teşekkül eder. Bu radikaller dolgu pigmenti yüzeyindeki aktif gruplara bağlanır, "bağlı kauçuk"



teşekkül eder. Bağlı kauçuk, başlangıçta yüksektir, daha sonra azalır. Bağlı kauçuk, vulkanize olmamış karışımda, dolgu ile bağlanmış olan ve bir solvent ile ekstrakte edilemeyen kauçuk miktarıdır (16).

Kauçuk polimeri cinsi de pekiştirmede rol oynar. Bir kauçuk cinsi için iyi sonuç veren dolgu maddesi, diğer cins kauçuk için uygun sonuç vermeyebilir. Örneğin, öğütülmüş kireç taşının, doğal kauçuğun pekiştirmesinde etkili olmadığı, buna karşılık SBR'de etkili olduğu gözlenmiştir.

Dolgu pigmentleri elde ediliş kaynağına göre organik veya inorganik bileşimde olabilirler. Pekiştirme özelliğine göre pekiştirici veya pekiştirici olmayan diye sınıflandırılabilir. Bu sınıflamalar kesin değildir. Benzer kaynaklardan elde edilen dolgu maddeleri elde ediliş şekillerine göre fonksiyonları değişik olabilir. Lastik teknolojisinde en çok kullanılan dolgu pigmentleri elde ediliş metodlarına göre sınıflandırılmışlardır (17).

a) Öğütülmüş Doğal Pigmentler

1. Kalsiyum Karbonat (Kireçtaşı, tebeşir, mermer, ıstıridye kabuğu v.s)
2. Kalsiyum ve Magnezyum Silikatlar (Talk, dolomit)
3. Amorf Silis
4. Sülfatlar (Barit v.s)
5. Metal Oksitler (Al, Fe, v.s)
6. Bitümlü Kömür
7. Petrol Koku

b) Aritılmış Doğal Pigmentler

1. Kaolin
2. Diatome Toprağı

c) Çöktürülmüş Sentetik Pigmentler

1. Kalsiyum Karbonat
2. Silika (Hi-Sil, Ultrasil)
3. Sodyum Alüminyum Silikat
4. Alüminyum Silikat (Zeolex)
5. Kalsiyum Silikat (Silene, Extrasil, Vulkasil)
6. Alüminyum Oksit (Hidrat)



d) Dumanlı İşlemlerle Elde Edilen Pigmentler

1. Karbon Siyahı
2. Silika (Aerosil)
3. Çinko Oksit
4. Magnezyum Oksit
5. Alüminyum Oksit

e) Yüzeyleri Aktive Edilmiş Pigmentler

1. Yüzeyi Kaplanmış kalsiyum karbonat, talk, kil ve silikalar
2. Kalsine edilmiş kil
3. Aminler, bazlar, hızlandırıcılar ile aktive edilmiş kil
4. Silan bileşikleriyle aktive edilmiş kil
5. Reçine katkılı kil (amino plast)
6. Polimer katkılı kalsiyum karbonat (karboksilli polibutadien)

En çok kullanılan pekiştirici dolgu pigmentleri karbon siyahı ve çöktürülmüş silikalardır. Yüksek derecede pekiştirme gerektirmeyen yerlerde, silikatlar, killeri, kalsiyum karbonat ve diğer mineraller kullanılabilir. Bunlar pekiştirici olmayan pigmentlerdir. Şimdiye kadar tecrübeler göstermiştir ki, hiçbir dolgu pigmenti karbon siyahı kadar pekiştiricilik özelliğine sahip değildir. Bu onun spesifik özelliklere sahip olmasından ileri gelmektedir. Karbon siyahı hakkında bilgiler ayrıca açıklanmıştır.

Çöktürülmüş silikalar, tabiatta bol ve ucuz olarak bulunan kum'un alkaliler ile suda çözünen silikatlar halinde dönüştürülmesi ve çöktürülmesi yolu ile elde edilirler; çok küçük taneli (20-100 nm) bileşikler olup yüzey aktiviteleri yüksektir. Yüzey aktiviteleri merkaptosilan bileşikleriyle ile daha da artırılabilir. Bu durumda merkaptosilan, silikat ve kauçuk molekülleri arasında kimyasal bağlar oluşmaktadır. Böylece pekiştirme özelliği daha da artırılmış olur (18). Çöktürülmüş silikalar çok küçük taneli olması nedeniyle, yüzey aktiviteleri oldukça yüksektir. Vulkanizasyonda kükürdün reaksiyonunu geciktirir.

Çinko oksit silika tarafından çekildiğinden aktivitesi azalmaktadır ve bu da reaksiyonun gecikmesine neden olmaktadır. Silika karışımlarına glikoller ve ikinci hızlandırıcı ilâve edilerek bu gecikmenin önüne geçilmektedir. Çöktürülmüş silikalar pekiştirme özelliği yanında, polimerin



bozunmasına mani olduklarından, lâstik eşyanın ömrünü azaltırlar. Üstün performans gösteren lâstik ürünü imalinde kullanılırlar (19).

Daha düşük pekiştirme istenilen yerlerde, karbon siyahı yerine çok ince öğütülmüş petrol kokları da dolgu pigmenti olarak kullanılabilmektedir (20).

Kimyasal olarak modifiye edilmiş killer ile elastomerik polimerlerin pekiştirildiği görülmüştür. Killer sert ve yumuşak diye ikiye ayrılırlar. Sert killer $22 - 26 \text{ m}^2/\text{gr}$ yüzey alanına, yumuşak killer ise $8 - 15 \text{ m}^2/\text{gr}$ yüzey alanına sahiptirler. Modifiye killerin karbon siyahı ve silikaya göre ısı ile yaşlandırılma özellikleri daha iyidir. Bu nedenle endüstride ve mekanik eşya yapımında kullanılırlar (21).

2.4. Karbon Siyahı

Karbon siyahının pekiştirici bir pigment olarak keşfi, 1904 yılında İngiltere'de Mote, Mathews ve diğer bilginler tarafından yapılmıştır (22). Bu gelişmenin oto lâstiği imaline girmesi 1910 yılında olmuştur. Zira lâstiğin kullanma ömrünü uzatmıştı. O zamandan beri karbon siyahı kauçuk endüstrisinde kullanılan en iyi bir pekiştirici dolgu pigmentidir. Genelde kauçukların çekme gerilimi, yırtılma ve aşınma dayanımlarını artırmaktadır.

Karbon siyahı, sıvı veya gaz hidrokarbonların ısı ile parçalanması sonucunda elde edilir. Fırın, termal, kanal, lamba gibi elde ediliş prosesleri vardır. Endüstride karbon siyahı en çok fırın metodu ile elde edilmektedir. Fırın metodunda, doğal gaz veya aromatik esaslı sıvı petrol atıkları, içi refrakter kaplı, $0,15 - 0,75 \text{ m}$ çaplı ve $1,5 - 6,0 \text{ m}$ uzunluğundaki reaktörlerde, kısmî olarak yakılır. Elde edilen karbon siyahı siklon ve torba filtreler vasıtasıyla, gaz akımından ayrılır. Pelle-tize işleminden sonra kurutulur. Verim %25-70 arasında, tane büyüklüğüne bağlı olarak değişmektedir. Tane büyüklüğü $14 \text{ nm} - 90 \text{ nm}$ arasında değişmektedir (23).

2.4.1. Karbon Siyahının Özellikleri

Karbon siyahının 5 önemli özelliği, (a) tane büyüklüğü veya yüzey alanı, (b) yapısı, (c) yüzeyinin fiziksel karakteri, (d) yüzeyinin kimyasal karakteri ve (e) tane porozitesidir (23). Tane büyüklüğü elektron



mikroskobu ile ölçülmektedir. Taneler esas olarak küresel biçimdedir. Adsorbsiyon ölçüm metodları (Azot ve İyod) ile yüzey alanı tayin edilmekte, buradan tane ebadı belirlenebilmektedir. Tane büyüklüğü küçüldükçe, yüzey alanı büyümektedir. Karbon siyahı yapısında; tanecikler uzun zincirler oluşturarak tıpkı üzüm salkımı biçiminde yığılmaktadır. Yığınlar normalin altında veya üstünde oluşuna göre, yapıda zayıf veya kuvvetli olabilmektedir.

Karbon atomları tanecik içinde tabakalar şeklinde bulunmaktadır. Bu tabakalar birbirine paralel olarak bulunmaktadır. Karbon atımları özelliği kauçuk pekişmesine tesir etmektedir. Esasen, karbon atomu inaktiftir. Eğer rezonans halinde serbest elektronlar mevcutsa çok fazla aktif özellik gösterir. Fırın prosesi ile elde edilen karbon siyahları yüksek yüzey aktifliği gösterirler, kauçukla "bağlı kauçuk" oluştururlar.

Karbon siyahı %90 - 99 oranında elementel karbon ihtiva eder. Diğer önemli bileşikler hidrojens ve oksijendir. Hidrojen hidrokarbon bileşiklerinden, karbon siyahının elde ediliş esnasında, oksijen ise yüzeyde sonradan oluşmaktadır. Yüzeyde bulunan organik gruplar; fenolik, ketonik ve laktonlarla birlikte karboksil gruplarıdır.

Karbon siyahı içinde, kullanılan hammaddeye göre çok az kükürt bulunur. Bu kükürt kimyasal olarak bağli olduğundan inerttir. Çapraz bağlanma reaksiyonu vermemektedir.

Karbon siyahı elde ediliş prosesinde, yüksek sıcaklıkta okside edici gazlar, karbon atomunu oksitleyerek taneciklerde poroz bir yapı oluştururlar. Porozite azot adsorbsiyon metodu ile tayin edilmektedir.

2.4.2. Karbon Siyahının Kauçuğa Etkileri

Karbon siyahı kauçuk için en önemli bir dolgu pigmentidir. Karbon siyahı yüzey gruplarının özelliği vulkanizasyona tesir etmektedir. Vulkanizasyon reaksiyonu öncesi, karbon siyahının kauçuk içine karıştırılma işlemi sırasında, kauçuk polimer zincirleri kopar, polimer uçlarındaki serbest radikaller meydana gelir, bu radikaller karbon siyahının polar kısmıyla birleşir, böylece karbon-polimer bağ oluşur. Buna "bağli kauçuk" denir. Bağli kauçuk solventlerde çözünmez, karışımda kauçuğun bir kısmı bağli kauçuk oluşturur (24).



Genel olarak, daha küçük tane büyüklüğüne sahip karbon siyahı ile daha zayıf işlenebilirlik, daha yüksek pekişme elde edilir. Pekişmede kauçuğun çekme, yırtılma ve aşınma dayanımı gibi özelliklerinde iyileşme gözlenmektedir.

Karbon siyahı, kauçuğun kükürtle vulkanizasyonunu hızlandırır, aynı zamanda şebeke yapısının tamamlanmasını çabuklaştırır. Vulkanizasyon başlangıcındaki $(R-S_x-S-R)$ polisülfidler, reaksiyon sonunda monosülfidler $(R-S-R)$ haline dönerler. İşte karbon siyahı bu dönüşme zamanını kısaltmaktadır. Aynı zamanda eski hale dönmeyi önleyen bir inhibitör rolünü oynar (25).



MATERYAL, YÖNTEM VE DENEYSEL ÇALIŞMA

3.1. Kullanılan Maddeler

3.1.1. Stiren-Butadien Kauçuğu (SBR 1502 türü)

Deneylerimizde kullandığımız SBR 1502, Türkiye'de Petrokimya A.Ş. tarafından Yarımca Kompleksinde, butadiene 1:3 ve stiren monomerlerinin emülsiyon polimerizasyon sisteminde +7°C'de beraberce polimerizasyonu ile elde edilen bir sentetik kauçuk türüdür. Özellikleri Tablo E.1.1'de verilmiştir.

3.1.2. Karbon Siyahı (HAF türü)

HAF pekiştirici dolgu pigmenti olarak kullandığımız bir karbon siyahı türü olup, Türkiye'de Petrokimya A.Ş. tarafından Yarımca Kompleksinde, aromatik yağın fırın metodu ile termal parçalanmasıyla elde edilmektedir. Özellikleri Tablo E.1.2'de verilmiştir.

3.1.3. Kükürt

Vulkanizasyon yapıcı olarak kullandığımız toz kükürt, Türkiye'de bazı kuruluşlarca üretilmektedir. Yurt dışından da ithal edilmektedir.

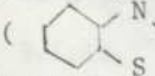
3.1.4. Stearik Asit

Vulkanizasyonda dispersant ve aktivatör olarak kullanılan stearik asit ($C_{17}H_{35}COOH$), bir organik yağ asididir. Bitkisel ve hayvanî yağların sabunlaştırılmasıyla elde edilirler. Türkiye'de bazı kuruluşlarca üretilmektedir. Yurt dışından da ithal edilmektedir.

3.1.5. Santikür

Vulkanizasyon reaksiyonunda hızlandırıcı olarak kullanılan

(TBBS) , N-tersiyer butil 2- benzotiazol sulfonamid

() adlı organik bileşiğin ticarî adıdır.

Yurt dışından temin edilmektedir.

3.1.6. Çinko Oksit

Vulkanizasyonda aktivatör ve dolgu pigmenti olarak kullanılan çinko oksit (ZnO), yaklaşık 40 mikron tane büyüklüğünde yurt içinden temin edilmiştir.



3.1.7. Çinko Kromat

Dolgu pigmenti olarak kullanılan çinko kromat ($ZnCrO_4$) yaklaşık 40 mikron tane büyüklüğünde, yurt içinden temin edilmiştir.

3.1.8. Barit

Dolgu pigmenti olarak kullanılan barit ($BaSO_4$), yaklaşık 40 mikron tane büyüklüğünde, yurt içinden temin edilmiştir. Yurdumuzda bol miktarda üretilmektedir.

3.1.9. Kalsit

Tabiat'da kireçtaşı olarak bilinen, kalsit ($CaCO_3$), 40 mikron tane büyüklüğüne kadar öğütülmüş halde yurt içinden temin edilmiştir. Dolgu pigmenti olarak kullanılmıştır.

3.1.10. Kaolen

Dolgu pigmenti olarak kullanılan kaolen, bir silikat bileşiğinden ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$), yurdumuzda tabii halde bol miktarda vardır. Deneylerde yaklaşık 40 mikron tane büyüklüğünde kullanılmıştır.

3.1.11. Talk

Talk da bir silikat bileşiği ($3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$) olup, yurdumuzda bol miktarda tabii halde bulunmaktadır ve üretilmektedir. Deneylerimizde dolgu pigmenti olarak 40 mikron tane büyüklüğünde kullanılmıştır.

3.1.12. Silis

Tabiat'da bol miktarda saf, kum, midye kabuğu, diatome toprağı v.s. şeklinde bulunan SiO_2 'dir. Öğütülerek (yaklaşık 40 mikron) dolgu pigmenti olarak kullanılmıştır. Yurt içinden temin edilmiştir.

3.1.13. Demir Oksit

Dolgu pigmenti olarak kullanılan Demir Oksit (FeO), takriben 40 mikron tane iriliğinde, yurt içinden temin edilmiştir.

3.1.14. Grafit

Yaklaşık 40 mikron tane ebadında, öğütülmüş olarak yurt içinden temin edilen grafit (saf karbon) dolgu pigmenti olarak kullanılmıştır.

3.1.15. Titandioksit

Titandioksit (TiO_2) yurt dışından ithal yolu ile temin edilmektedir. Dolgu pigmenti olarak takriben 40 mikron tane iriliğinde kullanılmıştır. Pahalı bir maddedir.



3.1.16. Linyit

Dolgu pigmenti olarak denenmek üzere, Çan ilçesinden çıkarılan, düşük kalorili linyit kömürü örneği, yaklaşık 40-50 mikron tane ebadına kadar, laboratuvar şartlarında öğütülmüş ve deneylerde kullanılmıştır. Bazı özellikleri laboratuvar analizleri ile belirlenmiştir (Bkz. Tablo E.1.3).

3.1.17. Taş Kömürü

Ülkemizde Zonguldak bölgesinde çıkarılan taş kömürü tozunun dolgu pigmenti olarak kullanılabilirliği denenmek üzere, temin edilen taş kömürü örneği laboratuvarında ince toz haline (yaklaşık 40-50 mikron) getirilerek deneylerde kullanılmıştır. Bazı özellikleri laboratuvar analizleri ile belirlenmiştir (Bkz. Tablo E.1.3).

3.1.18. Silisik Asit (Çöktürülmüş Silika)

Yurt dışı piyasasında Hİ-SİL 233, Ultrasil ticarî adı ile bilinen ve muadilinin yurt içinde üretildiği tespit edilen çöktürülmüş silisik asit örneği temin edilip dolgu pigmenti olarak deneylerde kullanılmıştır.

Silisik asidin özellikleri Tablo E.1.4'de verilmiş olup, vulkanizasyonda asidik özellik göstermektedir. Hızlandırıcının tutulmaması için karışım reçetelerine, silisik asit miktarının ~%5'i oranında diglikol ilâveleri yapılmıştır (26).

Silisik asit; su camı (sodyum silikat) çözeltilerinden, konsantre hidroklorür asitle çöktürülerek elde edilmektedir (27).

3.2. Kullanılan Aletler

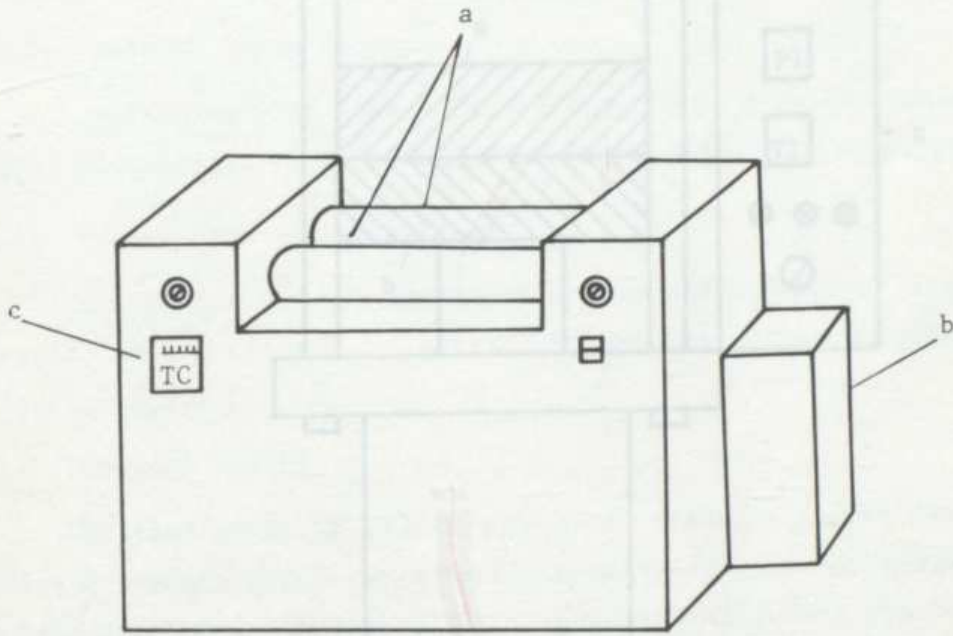
3.2.1. Kauçuk Merdane

Vulkanizasyon reçetesinde verilen katkı maddeleri ile dolgu pigmentini kauçuk içinde homogen bir şekilde karıştırılması (compounding) için laboratuvar tipi "Planters" marka merdaneli karıştırıcı kullanılmıştır (Bkz. Şekil 3.1).

3.2.2. Pişirme Presi

Merdaneli karıştırıcıda hazırlanan ve levha haline getirilen karışımın vulkanize edilmesinde, "Darragon" markalı laboratuvar tipi elektrikli pişirme presi kullanılmıştır (Bkz. Şekil 3.2).





Şekil 3.1 Kauçuk Mordane

a- Silindirler, b- Elektrik Motoru,
c- Otomatik Sıcaklık Kontrolü



3.2.3. Çekme Cihazı

Vulkanize edilen lâstik levhaların, %300 uzamadaki modulus, kopma dayanımı, % uzama değerlerini ölçmek üzere "Lhomargy" marka çekme cihazı kullanılmıştır (Bkz.Şekil E.2.1).

3.2.4. ASTM C Kalıbı

Vulkanize edilen lâstik levhalardan, çekme deneyleri için "dumbbell" şeklinde numuneler kesmek için kullanılmıştır(Bkz.Şekil E.2.2).

3.2.5. Sertlik Ölçme Cihazı

Vulkanize olan lâstik levhaların, Shore A skalası cinsinden, sertliğini ölçmek için el tipi "Shore" Durometresi kullanılmıştır(Bkz.Şekil E.2.3).

3.2.6. Mooney Disk Viskozimetresi

Ham polimerin veya karışımın Mooney viskozitesini kontrol etmek amacıyla "Sondes-Place R.I." markalı Mooney disk viskozimetresi kullanılmıştır(Bkz.Şekil E.2.4).

3.3. Deneysel Yöntem

SBR 1502 sentetik kauçuk içeren bir standart reçete (Bkz.Tablo 3.1) yardımıyla karbon siyahı veya birlikte muhtelif cins inorganik pigmentleri ile karışımlar hazırlanmıştır. Bu karışımlar laboratuvar tipi pişirme presi vasıtasıyla sabit şartlarda (145°C , 100 kg/cm^2 ve 35 dk.'da) vulkanize edilmiştir.

Vulkanizasyon işlemi her dolgu pigmentinin aşağıda belirtilen oranlara göre hazırlanan karışım reçeteleri için uygulanmıştır:

Reçete No	Karbon Siyahı	Dolgu Pigmenti
	Oranı	Oranı
1	50 pphr	0 pphr
2	40 "	10 "
3	33,33 "	16,67 "
4	25 "	25 "
5	16,67 "	33,33 "
6	8 "	42 "
7	0 "	50 "



Tablo 3.1

Standart Karışım (Compounding)

Reçetesi (28)

	Karışım Oranı (pphr)
Stiren-Butadien Kauçuğu (SBR 1502)	100
Karbon Siyahı (HAF)	50
Çinko Oksit	3
Stearik Asit	1
Santikür (TBBS)	1
Kükürt	1,75

Vulkanizasyon Şartları

Pişme Sıcaklığı, °C	: 145
Pişme Basıncı, kg/cm ²	: 100
Pişme Süresi, dk.	: 35



Reçetelerde toplam pigment oranı 50 pphr'de sabit tutulmuştur, yani karbon siyahının azalan miktarı kadar dolgu pigmenti artırılmıştır. Reçetelerde kauçuk polimeri ve diğer katkı maddeleri oranları sabit tutulmuştur. Reçetelerde pphr, dolgu pigmenti ve diğer katkı maddelerinin oranı olup, ağırlıkça 100 kısım kauçuk polimeri başına ağırlık kısmı olarak tarif edilmiştir.

Her vulkanizasyon işlemi sonunda elde edilen lâstik örneklerinde;

- % 300 uzamada modulus, (kg/cm²)
- Çekme gerilimi, (kg/cm²)
- % uzama
- Sertlik (Shore A)

ölçümleri yapılmıştır.

3.4. Deneysel çalışma (29,30,31,32)

3.4.1. Karışım Hazırlama

Vulkanizasyonu yapılacak reçeteye göre, kauçuk ve kimyasal maddelerden ayrı ayrı tartımlar alınarak, karıştırma işlemi aşağıdaki sıraya göre yapılmıştır.

Laboratuvar merdaneli karıştırıcısının silindir sıcaklığı otomatik kontrolör aralığıyla (TIC) 50 ± 5 °C'e, silindirler arası açıklık ise 0,3 cm'ye ayarlanarak silindirler döndürülür. Silindirler farklı hızda dönmektedirler (ön 24 rpm, arka 34 rpm). Takriben 1000 gr polimer silindirler arasında 5 defa geçirilir. Bu geçirmeler sırasında kauçuk kendi üzerine rulo yapıp ve silindire sardırılmaksızın geçirilerek homogen hale getirilir. Bundan sonra silindir sıcaklığı 50 ± 2 °C'e, açıklık ise 0,10 cm'ye ayarlanır. Gerekli miktardaki kauçuk, dönen silindirlerden öndekine (daha yavaş hızda dönene) levha haline gelinceye kadar sardırılır. Dönme devam ederken, levha bir bacak yardımıyla ve elle 3/4 kesmeler yapılır. 7 dk. sonra silindirler durdurulur. Kauçuk kesilerek silindirlerden çıkarılır. Reçetede istenen miktar kadar kesilip tartılır. Tekrar silindirler döndürülerek, tartılan ve homogen hale gelmiş kauçuk ön silindirlere sardırılır. Silindirler dönmeye devam ederken aşağıdaki sıraya göre katkı maddeleri ilâve edilerek homogen bir karıştırma işlemi yapılır.

- Kükürt ilâvesi, bu kademe için süre 2 dk.dır.
- Stearik asit ilâvesi, bu kademe için süre 2 dk.dır.



Her katkı maddesi ilâvesinde bıçak ve elle 3/4 kesmeleri yapılır. Bundan sonra azar azar karbon siyahı ilâve edilir. Takriben karbon siyahının yarısı ilâve edilip kauçuğu iyice karıştırıldıktan sonra silindirler arası açıklık 0,125 cm'ye ayarlanır. Yukarıda da izah edildiği gibi yine 3/4 kesmeler yapılır. Bütün karbon siyahı tamamı ilâve edildikten sonra, silindir aralığı 0,14 cm'ye getirilir. İlâve etme süresi toplam 10 dk.dır.

Bu kademedan sonra dolgu pigmenti de (reçetede belirtilen miktar kadar) azar azar ilâve edilir. Yine 3/4 kesmeler yapılarak iyice karışması sağlanır. Silindirler altına düşen maddeler süpürülerek, karışıma ilâve edilir. İlâve etme süresi 5-10 dk.dır.

Bu kademedan sonra son olarak çinko oksit ve santikür ilâve edilir. İlâve etme süresi 3 dk.dır. Homogen bir karışım elde edilmek üzere, silindirler 2 dk. daha dinlendirilir. Silindir açıklığı, yeniden ayarlanarak, karışım 0,6 cm. levha haline getirilecek şekilde ön silindirlerlere sardırılır. Karışım silindirlerden çıkartılır.

Numune tartılır ve tartım kaydedilir. Her iki silindirin sıcaklıkları kayıt edilir. Silindir sıcaklıkları 50 ± 5 'e, açıklık da, 0,22-0,26 cm kalınlığında levha elde edilecek şekilde ayarlanarak, karışım 10 defa daha silindirlerden geçirilerek vulkanizasyona hazır homogen bir levha elde edilir. Elde edilen bu levhalar şartları kontrollü odada (23 ± 1 °C sıcaklık ve 45 ± 5 nisbî rutubet olan) vulkanizasyon öncesi 1 - 3 saat bekletilir.

3.4.2. Karışım Levhalarının Vulkanizasyonu

Uygun ebatta kesilmiş 0,2 - 0,3 cm. et kalınlığındaki levhalar önce bir kalıba yerleştirildikten sonra, sıcaklığı önceden $145 \pm 0,5$ °C'e ayarlanmış pres'in tablaları arasına konur, pres'in basıncı 100 kg/cm²'ye çıkartılır (basınçlandırma bir hidrolik sistem vasıtasıyla olmaktadır). Karışım levhaları 35 dk. süreyle vulkanize edilir.

Vulkanizasyon süresi basınç maksimum değere ulaştığı andan itibaren kronometre çalıştırılır, zaman vulkanizasyon işleminin sonunda basıncın kaldırıldığı ana kadar, 1 saniye hassasiyetle ölçülür.

Vulkanizasyon işlemi tamamlanmış levhalar kalıptan çıkartılarak, hemen oda sıcaklığında bir su banyosunda soğutulur. Sudan çıkartılıp,



kurutulan levhalar şartları kontrollü odada (23 ± 1 °C sıcaklık ve 45 ± 5 nisbî rutubet olan) en az 5, en çok 72 saat bekletilir.

3.4.3. Vulkanize Edilmiş Levhaların Çekme Deneyleri

3.4.2.'de Vulkanize edilmiş ve şartlandırılmış levhalardan, ASTM C kalıbı kullanılarak "dumbbell" şeklinde numuneler kesilip, herbir numunenin ortadaki dar kısmının kalınlığı ölçülür. Numunenin kalınlığının aynı olmasına dikkat edilir (tek bir numunede tesbit edilen maksimum ve minimum kalınlık değerleri arasındaki fark 0,008 cm.den fazla olmamalıdır. Kalınlık dağılımı muntazam olan numunenin uçları çekme cihazının kısıkaçları arasına sıkıştırılır. Cihazın sarkacı serbest bırakılır. Motor çalıştırılarak, alt kısıkaç ve taşıyıcı aşağı doğru harekete başlatılır. Gerilme kuvveti test numunesine iletilince kuvvet göstergesinin hareket ibresi izlenmeye başlanır. Numunenin koptuğu anda motor durdurulur. Kuvvet göstergesindeki değerler (modulus ve çekme gerilimi) okunur. Bu değerler kayıt edilir. Uzama şeridinden kopma anındaki % uzama okunur. Kaydediciden kopma anındaki yatay ve düşey yöndeki bölme sayıları tesbit edilir. Ayrıca % 300 uzamadaki bölme sayısı belirlenir.

Hesaplama

Kaydedicide yatay yönde 1 bölme, $5,15 \text{ kg/cm}^2$ 'ye , dikey yönde 1 bölme, 20 % uzamaya tekabül etmektedir.

$$a) \%300 \text{ Modulus} = M \times 5,15 \text{ kg/cm}^2$$

$M = \%300 \text{ uzama için kaydedicide okunan yatay bölme sayısı}$

$$\text{veya}$$
$$\%300 \text{ Modulus} = \frac{F_M \times 1,02}{0,635 \times d}$$

formülünden hesaplanır.

$F_M = \%300 \text{ uzamada kuvvet göstergesinde gözlenen (daN), d = Numune kalınlığı (cm)}$

$$b) \% \text{ Uzama} = \text{Uzama şeridinden okunan \% değer}$$

veya

$$\% \text{ Uzama} = \text{Kaydedicide okunan dikey bölme sayısı} \times 20$$

$$c) \text{ Çekme Gerilimi} = K \times 5,15 \text{ kg/cm}^2$$

$K = \text{Kopma anındaki kaydedicide okunan yatay bölme sayısı}$



veya

$$\text{Çekme Gerilimi} = \frac{F_K \times 1,02}{0,635 \times d}$$

formülünden hesaplanır.

F_K = Kopma anındaki kuvvet göstergesinden gözlenen değer (daN)
(1 daN = 1,02 kg/cm², dir)

3.4.4. Vulkanize Edilmiş Levhaların Sertlik Ölçümü

Vulkanize edilmiş levhaların, Shore A skalası cinsinden sertliği, "Shore Durometer" cihazı yardımıyla ölçülmüştür. Aletin iğnesi lastik levha üzerine bastırılıp, ibrenin gösterdiği değer sertlik değeri olarak okunmuştur. Deney herbir lâtik levha için tekrar edilmiştir.

3.4.5. Mooney Ölçümü

Deneylerde kullanılan ham polimerin (SBR 1502) Mooney viskozitesi yaklaşık aynı Mooney değerinde olması gerektiğinden, her vulkanizasyon deneyinden önce Mooney disk viskozimetresi cihazı vasıtasıyla polimerin Mooney değerleri 100 °C sıcaklıkta 47-48 ML/(1+4)' olarak ölçülmüştür.



INSTRUKTION FÜR DEN VERWENDE

1.1. Einleitung

Die vorliegende Instruktion hat zum Zweck, die Anwendung der in der Anlage 1 aufgeführten Geräte und Vorrichtungen zu erläutern. Die Instruktion ist in drei Teile gegliedert: 1. Allgemeine Angaben, 2. Beschreibung der Geräte und Vorrichtungen, 3. Anwendung der Geräte und Vorrichtungen. Die Instruktion ist für den Benutzer der Geräte und Vorrichtungen bestimmt. Die Instruktion ist in deutscher Sprache abgefasst. Die Instruktion ist in der Anlage 1 aufgeführt.

B Ü L L E T I N

Die vorliegende Instruktion hat zum Zweck, die Anwendung der in der Anlage 1 aufgeführten Geräte und Vorrichtungen zu erläutern. Die Instruktion ist in drei Teile gegliedert: 1. Allgemeine Angaben, 2. Beschreibung der Geräte und Vorrichtungen, 3. Anwendung der Geräte und Vorrichtungen. Die Instruktion ist für den Benutzer der Geräte und Vorrichtungen bestimmt. Die Instruktion ist in deutscher Sprache abgefasst. Die Instruktion ist in der Anlage 1 aufgeführt.

Die vorliegende Instruktion hat zum Zweck, die Anwendung der in der Anlage 1 aufgeführten Geräte und Vorrichtungen zu erläutern. Die Instruktion ist in drei Teile gegliedert: 1. Allgemeine Angaben, 2. Beschreibung der Geräte und Vorrichtungen, 3. Anwendung der Geräte und Vorrichtungen. Die Instruktion ist für den Benutzer der Geräte und Vorrichtungen bestimmt. Die Instruktion ist in deutscher Sprache abgefasst. Die Instruktion ist in der Anlage 1 aufgeführt.

Die vorliegende Instruktion hat zum Zweck, die Anwendung der in der Anlage 1 aufgeführten Geräte und Vorrichtungen zu erläutern. Die Instruktion ist in drei Teile gegliedert: 1. Allgemeine Angaben, 2. Beschreibung der Geräte und Vorrichtungen, 3. Anwendung der Geräte und Vorrichtungen. Die Instruktion ist für den Benutzer der Geräte und Vorrichtungen bestimmt. Die Instruktion ist in deutscher Sprache abgefasst. Die Instruktion ist in der Anlage 1 aufgeführt.

1.2. Anwendung

Die vorliegende Instruktion hat zum Zweck, die Anwendung der in der Anlage 1 aufgeführten Geräte und Vorrichtungen zu erläutern. Die Instruktion ist in drei Teile gegliedert: 1. Allgemeine Angaben, 2. Beschreibung der Geräte und Vorrichtungen, 3. Anwendung der Geräte und Vorrichtungen. Die Instruktion ist für den Benutzer der Geräte und Vorrichtungen bestimmt. Die Instruktion ist in deutscher Sprache abgefasst. Die Instruktion ist in der Anlage 1 aufgeführt.



BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Bulgular

Bölüm 3.3'de açıklanan deneysel yöntemle göre standart bir reçete bazında her dolgu pigmenti için karbon siyahıyla birlikte değişik reçete oranlarında karışımlar hazırlanarak vulkanizasyon işlemleri yapılmıştır. Vulkanizasyon işlemlerinden elde edilen lâstik örneklerinin çekme gerilimi (kg/cm^2), %300 uzamada modulus (kg/cm^2), % uzama ve sertlik (Shore A) özellikleri ölçülmüştür. Deney sonuçları Tablo 4.1'de gösterilmiştir. Perlit dolgu pigmenti olarak reçetede kullanılmış, ancak gözenekli bir yapıya sahip olduğundan vulkanizasyon yapılamamıştır.

Vulkanizasyon deney sonuçlarından yararlanılarak, her dolgu pigmenti için çalışılan özelliklerden biri verildiğinde, diğer özelliklerin ve dolgu pigmenti miktarının ayrı ayrı hesaplanabildiği matematik modeller geliştirilmiştir (Bkz.Tablo 4.2). Deney sonuçları ile modelden elde edilen sonuçlar Şekil E.3.1-13'de karşılaştırılmıştır.

Dolgu pigmentleri ile reçeteyi teşkil eden diğer katkı maddelerinin piyasa fiyatları belirlenerek (Bkz.Tablo E.4.1), her dolgu pigmentinin değişik oranlardaki reçete maliyetleri Ek 4.2'de açıklanan yöntemle göre hesaplanarak sonuçlar Tablo 4.3'de verilmiştir. Reçete maliyet değerlerinden yararlanılarak fiyat modelleri kurulmuştur (Bkz.Tablo 4.4).

Dolgu pigmenti seçimi çalışmalarında kullanmak üzere değişik lâstik ürünlerinden tank içi kaplama, hortum, sızdırmaz conta, diyafram, ayakkabı tabanı ve mekanik ürünlerin özellikleri literatür araştırmalarından elde edilmiştir (Bkz.Tablo 4.5).

Matematik ve fiyat modelleri kullanılarak, çeşitli lâstik ürünlerin minimum özelliklerini sağlayan dolgu pigmentleri seçimi çalışmaları yapılmıştır. Her lâstik ürünü için belirlenen dolgu pigmentleri ve hesaplanan özellikleri, reçete maliyet fiyatına göre sıralanarak, tablolarda verilmiştir (Bkz.Tablo 4.6-11).

4.2. Tartışma

Vulkanizasyon deney sonuçları incelendiğinde, reçetede dolgu pigmenti oranı arttıkça, %300 modulus, çekme gerilimi ve sertlik değerlerinin



azaldığı, % uzama değerlerinin ise,

a) kalsit, talk, kaolen, demir oksit, titandioksit, linyit, silisik asit'de artış gösterdiği,

b) barit, çinko oksit, çinko kromat, silis, grafit, taş kömüründe bir maksimuma kadar arttığı sonra azaldığı görülmüştür.

Literatür ve deneysel çalışmalarımız sonucunda dolgu pigmentleri içinde en iyi pekiştirme özelliği (çekme gerilimi baz alınır) karbon siyahı ile elde edilmektedir. Karbon siyahından sonraki sırada da çöktürülmüş silikalar yer almaktadır. Nitekim vulkanizasyon deneylerinde, silisik asidin çekme gerilimi, diğer dolgu pigmentlerinininkine oranla daha yüksektir.

Literatür taramalarında kauçuk teknolojisinde istenilen amaca uygun dolgu pigmentlerinin matematik modelleri yardımı ile seçimine rastlanmamıştır. Halbuki deneysel ve teorik çalışmalarımız sonunda elde edilen matematik modellerin uygunluğu incelenmiş ve korelasyonların %92-99 arasında olduğu görülmüştür.

Matematik ve fiat modelleri yardımıyla, lâstik ürünlerine uygun dolgu pigment seçimi çalışmalarında, her dolgu pigmenti için, deneysel veriler içinde kalmak şartıyla lâstiğin birden fazla minimum özelliği ve sertlik (minimum ve maksimum) değerleri kullanılmıştır. Seçimi yapılan her dolgu pigmenti için, bir veya daha fazla reçete oranı, %300 modulus, çekme gerilimi, % uzama, sertlik değerleri ve reçete maliyetleri hesaplanmıştır. Her dolgu pigmenti böylece kendi içinde fiat açısından karşılaştırılmış (Bkz. Tablo 4.6-11) ve en ucuz reçete maliyeti saptanmıştır.



Tablo 4.1
Muhtelif Dolgu Pigmentleri İle Yapılan
Vulkanizasyon Deney Sonuçları

Dolgu Pigmenti	Reçetede Oranı* (pphr)	% 300 Modulus (kg/cm ²)	Çekme Gerilimi (kg/cm ²)	% Uzama	Sertlik (Shore A)
Kalsit (CaCO ₃)	0	157	216	367	71
	10	93	194	462	66
	16,67	77	174	485	65
	25	41	143	598	69
	33,33	32	105	613	58
	42	20	61	624	52
	50	11	20	628	47
Barit (BaSO ₄)	0	157	216	367	71
	10	104	193	475	65
	16,67	66	177	542	60
	25	49	130	570	56
	33,33	30	74	526	51
	42	19	56	410	50
	50	15	16	305	49
Talk (3MgO.4SiO ₂ . H ₂ O)	0	157	216	367	71
	10	101	206	498	64
	16,67	67	200	585	60
	25	48	158	665	59
	33,33	32	113	721	58
	42	18	70	786	52
	50	9	26	851	47



Tablo 4.1(devam)

Dolgu Pigmenti	Reçetede Oranı* (pphr)	% 300 Modulus (kg/cm ²)	Çekme Gerilimi (kg/cm ²)	% Uzama	Sertlik (Shore A)
Kaolen	0	157	216	367	71
(Al ₂ O ₃ .2SiO ₂ . 2H ₂ O)	10	92	183	460	65
	16,67	60	177	584	59
	25	37	162	650	56
	33,33	25	137	862	54
	42	18	90	890	53
	50	12	46	911	52
Demir	0	157	216	367	71
Oksit	10	92	190	480	65
(FeO+Fe ₂ O ₃)	16,67	59	172	555	60
	25	35	151	725	55
	33,33	21	128	893	50
	42	13	82	1134	44
	50	6	37	1350	39
Çinko	0	157	216	367	71
Kromat	10	106	169	420	67
(ZnCrO ₄)	16,67	75	150	454	65
	25	60	113	462	62
	33,33	46	88	467	59
	42	11	49	353	56
	50	-	16	255	53
Titandioksit	0	157	216	367	71
(TiO ₂)	10	106	200	464	66
	16,67	73	196	536	63
	25	50	134	537	60
	33,33	32	77	539	57
	42	21	52	565	55
	50	12	26	584	54



Tablo 4.1(devam)

Dolgu Pigmenti	Reçetede Oranı* (pphr)	% 300 Modulus (kg/cm ²)	Çekme Gerilimi (kg/cm ²)	% Uzama	Sertlik (Shore A)
Silis (SiO ₂)	0	157	216	367	71
	10	101	197	515	68
	16,67	69	177	536	65
	25	55	139	580	63
	33,33	32	101	650	60
	42	21	56	517	57
	50	13	15	382	55
Grafit (C)	0	157	216	367	71
	10	112	196	475	69
	16,67	83	184	547	68
	25	65	138	542	67
	33,33	49	99	535	67
	42	36	60	477	65
	50	25	32	425	63
Çinko Oksit (ZnO)	0	157	216	367	71
	10	111	192	435	64
	16,67	82	177	484	59
	25	58	131	495	57
	33,33	36	87	510	56
	42	24	52	433	52
	50	15	19	366	49
Taş Kömürü	0	157	216	367	71
	10	98	174	475	67
	16,67	62	146	546	64
	25	47	109	578	61
	33,33	32	73	602	58
	42	23	44	510	57
	50	15	18	426	56



Tablo 4.1(devam)

Dolgu Pigmenti	Reçetede ki Oranı * (pphr)	% 300 Modulus (kg/cm ²)	Çekme Gerilimi (kg/cm ²)	% Uzama	Sertlik (Shore A)
Linyit	0	157	216	367	71
Kömürü	10	92	163	492	64
(Çan)	16,67	50	128	576	58
	25	34	89	625	55
	33,33	21	54	674	52
	42	13	31	790	44
	50	6	10	894	39
Silisik	0	157	216	367	71
Asit	10	116	202	452	69
(SiO ₂ .2H ₂ O)	16,67	93	195	530	68
	25	72	180	570	66
	33,33	64	166	610	64
	42	45	159	715	63
	50	36	146	800	61

* Reçetede toplam dolgu pigmenti oranı 50 pphr tutulmuştur. İlgili pigmentin 50 pphr'dan eksik olan kısmı karbon siyahı ile tamamlanmıştır.



Tablo 4.2

Muhtelif Dolgu Pigmentleri ile Yapılan
Vulkanizasyon Deney Sonuçlarına Ait
Matematik Modelleri

Kalsit

$$\begin{aligned} Y &= 97,7618 - 19,1405 \ln x_1 \\ Y &= 57,2137 - 0,2448 x_2 \\ Y &= -62,6434 + 0,1630 x_3 \\ Y &= 151,1026 - 2,1070 x_4 \end{aligned}$$

Korelasyon Katsayısı

$$\begin{aligned} R_1 &= 0,995 \\ R_2 &= 0,990 \\ R_3 &= 0,934 \\ R_4 &= 0,989 \end{aligned}$$

Kaolen

$$\begin{aligned} Y &= 96,8955 - 19,3708 \ln x_1 \\ Y &= 67,7855 - 0,2943 x_2 \\ Y &= -28,3379 + 0,0795 x_3 \\ Y &= 619,9992 - 146,3242 \ln x_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_1 &= 0,997 \\ R_2 &= 0,970 \\ R_3 &= 0,976 \\ R_4 &= 0,952 \end{aligned}$$

Talk

$$\begin{aligned} Y &= 92,2257 - 17,8163 \ln x_1 \\ Y &= 58,4010 - 0,2344 x_2 \\ Y &= -41,5080 + 0,1045 x_3 \\ Y &= 156,1590 - 2,2290 x_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_1 &= 0,993 \\ R_2 &= 0,971 \\ R_3 &= 0,990 \\ R_4 &= 0,974 \end{aligned}$$

Demir Oksit

$$\begin{aligned} Y &= 80,0368 - 15,5719 \ln x_1 \\ Y &= 64,2447 - 0,2794 x_2 \\ Y &= -222,7893 + 37,7340 \ln x_3 \\ Y &= 110,7748 - 1,5584 x_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_1 &= 0,997 \\ R_2 &= 0,983 \\ R_3 &= 0,999 \\ R_4 &= 0,999 \end{aligned}$$

Silisik Asit

$$\begin{aligned} Y &= 173,0491 - 34,2859 \ln x_1 \\ Y &= 152,7661 - 0,7060 x_2 \\ Y &= -43,5579 + 0,1192 x_3 \\ Y &= 354,6948 - 4,9910 x_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_1 &= 0,997 \\ R_2 &= 0,997 \\ R_3 &= 0,992 \\ R_4 &= 0,998 \end{aligned}$$



Tablo 4.2(devam)

Titan Dioksit

$$\begin{aligned} Y &= 100,2991 - 19,5076 \ln x_1 \\ Y &= 54,0073 - 0,2231 x_2 \\ Y &= 9,5605 \cdot 10^{-62} x_3^{22,8402} \\ Y &= 723,2089 - 170,1629 \ln x_4 \end{aligned}$$

Korelasyon Katsayısı

$$\begin{aligned} R_1 &= 0,998 \\ R_2 &= 0,976 \\ R_3 &= 0,944 \\ R_4 &= 0,995 \end{aligned}$$

Linyit Kömürü

$$\begin{aligned} Y &= 80,1250 - 15,7212 \ln x_1 \\ Y &= 48,6536 - 0,2367 x_2 \\ Y &= -37,6311 + 0,0997 x_3 \\ Y &= 112,9115 - 1,6015 x_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_1 &= 0,996 \\ R_2 &= 0,990 \\ R_3 &= 0,992 \\ R_4 &= 0,993 \end{aligned}$$

Barit

$$\begin{aligned} Y &= 103,6637 - 20,4445 \ln x_1 \\ Y &= 53,7183 - 0,2309 x_2 \\ * Y_{0-25} &= -42,9119 + 0,1143 x_3 \\ * Y_{25-50} &= 77,9167 - 0,0891 x_3 \\ Y &= 521,0207 - 122,6527 \ln x_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_1 &= 0,997 \\ R_2 &= 0,988 \\ R_3 &= 0,976 \\ R_3 &= 0,985 \\ R_4 &= 0,978 \end{aligned}$$

Çinko Kromat

$$\begin{aligned} Y &= 46,1324 - 0,3207 x_1 \\ Y &= 54,4402 - 0,2548 x_2 \\ * Y_{0-25} &= -87,4711 + 0,2358 x_3 \\ * Y_{25-50} &= 76,205 - 0,1005 x_3 \\ Y &= 199,0727 - 2,8095 x_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_1 &= 0,980 \\ R_2 &= 0,999 \\ R_3 &= 0,963 \\ R_3 &= 0,939 \\ R_4 &= 0,999 \end{aligned}$$

Çinko Oksit

$$\begin{aligned} Y &= 108,3237 - 20,9823 \ln x_1 \\ Y &= 54,7889 - 0,2363 x_2 \\ * Y_{0-33,33} &= -79,1252 + 0,2098 x_3 \\ * Y_{33,33-50} &= 92,2542 - 0,1157 x_3 \\ Y &= 595,6907 - 140,5404 \ln x_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_1 &= 0,997 \\ R_2 &= 0,992 \\ R_3 &= 0,945 \\ R_3 &= 0,999 \\ R_4 &= 0,981 \end{aligned}$$

Silis

$$\begin{aligned} Y &= 102,9371 - 20,1407 \ln x_1 \\ Y &= 55,5247 - 0,2349 x_2 \\ * Y_{0-33,33} &= -46,3817 + 0,1197 x_3 \\ * Y_{33,33-50} &= 73,8896 - 0,0622 x_3 \\ Y &= 819,1206 - 191,9831 \ln x_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_1 &= 0,997 \\ R_2 &= 0,989 \\ R_3 &= 0,968 \\ R_3 &= 0,999 \\ R_4 &= 0,981 \end{aligned}$$



Tablo 4.2(devam)

Grafit

$$\begin{aligned} Y &= 140,3122 - 27,7056 \ln x_1 \\ Y &= 58,1072 - 0,2484 x_2 \\ * Y_{0-16,67} &= -33,9852 + 0,0926 x_3 \\ * Y_{16,67-50} &= 149,7985 - 0,2304 x_3 \\ Y &= 473,2844 - 6,6723 x_4 \end{aligned}$$

Korelasyon Katsayısı

$$\begin{aligned} R_1 &= 0,999 \\ R_2 &= 0,989 \\ R_3 &= 0,999 \\ R_3 &= 0,922 \\ R_4 &= 0,978 \end{aligned}$$

Taş Kömürü

$$\begin{aligned} Y &= 108,6060 - 21,6595 \ln x_1 \\ Y &= 52,9329 - 0,2481 x_2 \\ * Y_{0-33,33} &= -50,2133 + 0,1309 x_3 \\ * Y_{33,33-50} &= 90,3305 - 0,0947 x_3 \\ Y &= 836,8099 - 196,7946 \ln x_4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_1 &= 0,997 \\ R_2 &= 0,998 \\ R_3 &= 0,960 \\ R_3 &= 0,999 \\ R_4 &= 0,983 \end{aligned}$$

Modellerde :

Y = Dolgu pigmenti oranı, pphr (karbon siyahı dışında kullanılan dolgu pigmentinin 0 - 50 pphr değerini vermektedir.)

$$x_1 = \% 300 \text{ Modulus, kg/cm}^2$$

$$x_2 = \text{Çekme Gerilimi, kg/cm}^2$$

$$x_3 = \% \text{ Uzama}$$

$$x_4 = \text{Sertlik, Shore A}$$

* % Uzama değerleri için kullanılacak model aralıkları



Tablo 4.3
Muhtelif Dolgu Pigmentlerine Ait
Vulkanizasyon Reçete Maliyetleri

Dolgu Pigmenti	Reçetede ki Miktarı (kg/kg SBR)	Reçete Maliyeti A.B.D.Doları/kg SBR
Kalsit	0	1,830
	0,100	1,785
	0,167	1,755
	0,250	1,717
	0,333	1,680
	0,420	1,641
	0,500	1,605
	0,580	1,570
Kaolen	0	1,830
	0,100	1,788
	0,167	1,759
	0,250	1,724
	0,333	1,688
	0,420	1,652
	0,500	1,618
	0,580	1,585
Barit	0	1,830
	0,100	1,790
	0,167	1,763
	0,250	1,730
	0,333	1,697
	0,420	1,662
	0,500	1,630
	0,580	1,598



Tablo 4.3(devam)

<u>Dolgu Pigmenti</u>	<u>Reçetede ki Miktarı (Kg/kg SBR)</u>	<u>Reçete Maliyeti A.B.D.Doları/kg SBR</u>
Demir Oksit	0	1,830
	0,100	1,970
	0,167	2,063
	0,250	2,180
	0,330	2,296
	0,420	2,418
	0,500	2,530
Çinko Kromat	0	1,830
	0,100	2,045
	0,167	2,189
	0,250	2,367
	0,333	2,545
	0,420	2,733
	0,500	2,905
Titandioksit	0	1,830
	0,100	2,170
	0,167	2,397
	0,250	2,680
	0,333	2,962
	0,420	3,258
	0,500	3,530
Linyit Kömürü	0	1,830
	0,100	1,773
	0,167	1,735
	0,250	1,687
	0,333	1,640
	0,420	1,591
	0,500	1,545



Tablo 4.3(devam)

<u>Dolgu Pigmenti</u>	<u>Reçetede ki Miktarı (kg/kg SBR)</u>	<u>Reçete Maliyeti A.B.D.Doları/kg SBR</u>
Silis	0	1,830
	0,100	1,792
	0,167	1,767
	0,250	1,736
	0,333	1,705
	0,420	1,672
	0,500	1,642
Talk	0	1,830
	0,100	1,788
	0,167	1,759
	0,250	1,724
	0,333	1,688
	0,420	1,652
	0,500	1,618
Grafit	0	1,830
	0,100	1,818
	0,167	1,811
	0,250	1,802
	0,333	1,793
	0,420	1,783
	0,500	1,774
Çinko Oksit	0	1,830
	0,100	1,946
	0,167	2,023
	0,250	2,120
	0,333	2,216
	0,420	2,317
	0,500	2,410



Dolgu
Pigmenti



Tablo 4.4
Dolgu Pigmentlerine Ait
Fiat Modelleri

Kalsit	$z = -0,446y + 1,829$
Kaolen	$z = -0,420y + 1,829$
Barit	$z = -0,398y + 1,830$
Silis	$z = -0,375y + 1,830$
Talk	$z = -0,420y + 1,829$
Grafit	$z = -0,111y + 1,829$
Linyit Kömürü	$z = -0,565y + 1,829$
Taş Kömürü	$z = -0,536y + 1,830$
Çinko Oksit	$z = 1,157y + 1,832$
Demir Oksit	$z = 1,400y + 1,829$
Çinko Kromat	$z = 2,150y + 1,828$
Titan Dioksit	$z = 3,401y + 1,829$
Silisik Asit	$z = 0,649y + 1,829$

Modellerde;

z = Reçete maliyeti, A.B.D.Doları/kg SBR

y = Karbon siyahının dışındaki dolgu pigmenti
miktarı, kg/kg SBR (Reçetede pigmentin
pphr rakamı (Y) 100'e bölünerek bulunmuştur.)



Tablo 4.5

Çeşitli Lâstik Ürünlerin
Özellikleri (33,34,35,36)

Kullanma Yeri	Modulus $\text{kg/cm}^2, \text{min}$	Çekme Gerilimi $\text{kg/cm}^2, \text{min}$	Uzama $\%$ min	Sertlik Shore A
Tank İçi Kaplama (lining)	35	100	350	60 ± 5
Sızdırmaz Contalık Levha	30	90	400	55 ± 5
Hortum (Çamaşır Makinası)	13	23	550	52 ± 5
Ayakkabı Tabanı	51	119	510	57 ± 5
Diyafram (Kontrol Valfi)	37	110	400	60 ± 5
Mekanik Ürünler (Vibrasyon Takoza v.s.)	58	140	450	55 ± 5



Tablo 4.6 (devam)

Tablo 4.6

Tank İçi Kaplama (Lining) Özelliklerini (Minimum)
Sağlayan Dolgu Pigmentlerine Ait Hesaplama Sonuçları

Dolgu Pigmenti*	Reçetede Oranı (pphr)	% 300 Modulus (kg/cm ²)	Çekme Gerilimi (kg/cm ²)	% Uzama	Sertlik (Shore A)	Reçete Maliyeti**
Taş	15,31	74	152	501	65	1,679
Kömürü	28,12	41	100	598	60	1,748
Linyit	24,23	35	103	620	55	1,692
Kömürü	16,82	56	134	546	60	1,734
	8,81	93	168	466	65	1,779
Kalsit	29,71	35	112	567	58	1,696
	24,68	46	133	536	60	1,719
	14,15	79	176	471	65	1,766
Talk	28,88	35	126	674	57	1,708
	22,42	50	154	612	60	1,734
	11,27	94	201	505	65	1,782
Barit	30,62	36	100	531	55	1,708
	18,83	63	151	540	60	1,755
	9,02	102	194	454	65	1,794
Kaolen	28,02	35	135	708	57	1,711
	20,89	51	159	619	60	1,741
	9,18	93	199	472	65	1,790
Silis	31,32	35	103	649	61	1,712
	17,71	69	161	535	65	1,763
Grafit	33,26	48	100	506	65	1,792

Tablo 4.6(devam)

Dolgu Pigmenti*	Reçetede Oranı (pphr)	% 300 Modulus (kg/cm ²)	Çekme Gerilimi (kg/cm ²)	% Uzama	Sertlik (Shore A)	Reçete Maliyeti**
Çinko	9,02	114	194	420	65	1,936
Oksit	20,26	66	146	474	60	2,066
	31,15	40	100	525	56	2,192
Demir	9,47	93	196	471	65	1,960
Oksit	17,27	56	168	579	60	2,069
	24,67	35	142	705	55	2,173
Silisik Asit	30,27	64	174	619	65	2,025
	24,82	36	101	616	55	1,608
Çinko	16,45	93	149	452	65	2,183
Kromat	28,96	54	100	468	61	3,070
	32,66	30	100	583	56	1,983
Titan	12,88	88	184	519	65	2,264
Dioksit	26,50	44	123	535	60	2,730
	30,94	35	103	539	58	2,879
	32,42	30	153	612	60	2,734

* Dolgu pigmentleri, reçete maliyetlerine göre en ucuzdan en pahalıya doğru sıralanmıştır; dolgu pigmentinin 50 pphr'dan eksik kısmı karbon siyahı ile tamamlanmıştır.

** A.B.D.Doları/kg SBR



Tablo 4.7 (devam)

Tablo 4.7

Sızdırmaz Conta Özelliklerini (Minimum)

Sağlayan Dolgu Pigmentlerine Ait Hesaplama Sonuçları

Dolgu Pigmenti*	Reçetede Oranı (pphr)	% 300 Modulus (kg/cm ²)	Çekme Gerilimi (kg/cm ²)	% Uzama	Sertlik (Shore A)	Reçete Maliyeti**
Taş	30,60	37	90	617	60	1,666
Kömürü	24,30	42	133	535	60	1,730
Çinko	32,93	32	90	505	53	1,699
Linyit	26,65	30	93	645	54	1,678
Kömürü	24,82	34	101	626	55	1,688
	16,82	56	134	546	60	1,734
Kalsit	32,66	30	100	585	56	1,683
	24,68	46	133	535	60	1,719
Talk	31,62	30	114	700	56	1,696
	22,42	50	153	612	60	1,734
Kaolen	31,01	30	125	747	56	1,698
	20,89	51	159	619	60	1,741
Barit	32,93	32	90	505	53	1,699
	29,51	38	105	534	55	1,713
	18,83	63	151	540	60	1,755
Silis	34,38	30	90	635	59	1,701
	33,07	32	95	663	60	1,705
Çinko	20,26	66	146	473	60	2,066
Oksit	32,49	37	94	532	55	2,207
	33,52	35	90	507	54	2,219

Tablo 4.7(devam)

Dolgu Pigmenti*	Reçetede Oranı (pphr)	% 300 Modulus (kg/cm ²)	Çekme Gerilimi (kg/cm ²)	% Uzama	Sertlik (Shore A)	Reçete** Maliyeti
Demir	17,27	56	168	579	60	2,069
Oksit	25,06	34	140	712	55	2,180
	27,07	30	133	751	53	2,207
Çinko	30,50	49	94	458	60	2,483
Kromat	31,51	46	90	459	59	2,505
Titan	26,50	44	123	535	60	2,730
Dioksit	33,92	30	90	547	57	2,982

* Dolgu pigmentleri, reçete maliyetlerine göre en ucuzdan en pahalıya doğru sıralanmıştır; dolgu pigmentinin 50 pphr'dan eksik kısmı karbon siyahı ile tamamlanmıştır.

** A.B.D.Doları/kg SBR



Tablo 4.8
Su Hortumu Özelliklerini (Minimum) Sağlayan
Dolgu Pigmentlerine Ait Hesaplama Sonuçları

Dolgu Pigmenti*	Reçetede Oranı (pphr)	% 300 Modulus (kg/cm ²)	Çekme Gerilimi (kg/cm ²)	% Uzama	Sertlik (Shore A)	Reçete Maliyeti**
Kalsit	48,66	13	35	682	48	1,612
	41,53	19	64	637	52	1,643
	31,00	32	107	574	57	1,690
Linyit	37,74	15	46	755	47	1,615
Kömürü	29,63	25	80	674	52	1,661
	21,62	41	114	594	57	1,706
Taş Kömürü	38,24	25	59	550	57	1,624
Kaolen	47,21	13	70	950	50	1,631
	41,83	17	88	882	52	1,653
	28,40	34	133	713	57	1,709
Talk	46,52	13	50	842	49	1,633
	40,25	18	77	782	52	1,659
	29,10	34	125	675	57	1,706
Silis	39,67	23	67	550	57	1,681
Barit	28,91	38	107	550	55	1,715
	25,12	46	124	592	57	1,730
Demir	21,94	42	151	655	57	2,136
Oksit	29,73	25	123	806	52	2,245
	37,53	15	95	991	47	2,354



Tablo 4.8(devam)

Dolgu Pigmenti	Reçetede Oranı (pphr)	% 300 Modulus (kg/cm ²)	Çekme Gerilimi (kg/cm ²)	% Uzama	Sertlik (Shore A)	Reçete Maliyeti**
Titan	35,23	28	84	542	57	3,027
Dioksit	37,23	25	75	550	56	3,095

* Dolgu pigmentleri, reçete maliyetlerine göre en ucuzdan en pahalıya doğru sıralanmıştır; dolgu pigmentinin 50 pphr'dan eksik kısmı karbon siyahı ile tamamlanmıştır.

** A.B.D.Doları/kg SBR



Tablo 4.9
Ayakkabı Tabanı Özelliklerini (Minimum) Sağlayan
Dolgu Pigmentlerine Ait Hesaplama Sonuçları

Dolgu Pigmenti *	Reçetede Oranı (pphr)	% 300 Modulus (kg/cm ²)	Çekme Gerilimi (kg/cm ²)	% Uzama	Sertlik (Shore A)	Reçete** Maliyeti
Linyit	18,31	51	128	561	59	1,725
	13,61	68	148	514	62	1,752
Kalsit	22,50	51	142	522	61	1,728
	20,48	57	150	510	62	1,737
Talk	22,17	51	154	609	60	1,735
	17,96	64	172	569	62	1,753
Barit	23,71	51	132	579	58	1,736
	15,38	75	166	510	62	1,768
Silis	23,74	51	135	585	62	1,741
Kaolen	20,73	51	160	617	60	1,742
	16,09	65	175	558	62	1,761
Taş	23,44	51	119	562	62	1,763
Kömürü	22,42	51	153	612	62	1,744
Demir	14,15	68	179	533	62	2,027
Oksit	18,81	51	162	603	59	2,092
Çinko	25,82	51	128	500	57	2,131
Oksit	25,82	51	128	500	57	2,131
Titan	20,92	58	148	535	62	2,540
Dioksit	23,59	51	136	538	61	2,631

* Dolgu pigmentleri, reçete maliyetlerine göre en ucuzdan en pahalıya doğru sıralanmıştır; dolgu pigmentinin 50 pphr'dan eksik kısmı karbon siyahı ile tamamlanmıştır.

** A.B.D.Doları/kg SBR



Tablo 4.10

Diyafram Özelliklerini (Minimum) Sağlayan
Dolgu Pigmentlerine Ait Hesaplama Sonuçları

Dolgu Pigmenti*	Reçetede Oranı (pphr)	% 300 Modulus (kg/cm ²)	Çekme Gerilimi (kg/cm ²)	% Uzama	Sertlik (Shore A)	Reçete Maliyeti**
Kalsit	28,64	37	116	560	58	1,701
	24,68	45	132	535	60	1,719
	14,15	79	176	471	65	1,766
Linyit	22,61	39	110	604	56	1,701
Kömürü	16,82	56	134	546	60	1,734
	8,81	93	168	466	65	1,779
Taş	25,64	46	110	579	61	1,692
Kömürü	15,31	74	151	500	65	1,748
Talk	27,89	37	130	664	57	1,712
	25,78	41	110	644	58	1,720
	22,42	50	153	612	60	1,734
Kaolen	26,94	37	139	695	57	1,715
	20,89	50	159	619	60	1,741
	9,18	92	199	472	65	1,791
Barit	28,31	40	110	557	56	1,717
	18,83	63	151	540	60	1,755
	9,02	102	193	454	65	1,794
Silis	29,68	38	110	635	61	1,718
	17,71	69	161	535	65	1,763
Çinko	9,02	114	194	420	65	1,936
Oksit	20,26	66	146	474	60	2,066
	28,79	44	110	514	56	2,165

Tablo 4.10(devam)

Dolgu Pigmenti*	Reçetede Oranı (pphr)	% 300 Modulus (kg/cm ²)	Çekme Gerilimi (kg/cm ²)	% Uzama	Sertlik (Shore A)	Reçete Maliyeti**
Silisik	30,27	64	173	619	65	2,026
Asit	49,24	37	146	778	61	2,149
Demir	17,27	56	168	579	60	2,070
Oksit	23,80	37	145	689	56	2,162
Çinko	16,45	93	149	452	65	2,183
Kromat	26,41	61	110	457	61	3,980
Titan	12,88	88	184	519	65	2,264
Dioksit	26,50	44	123	535	60	2,730
	29,46	38	110	538	59	2,830

* Dolgu pigmentleri, reçete maliyetlerine göre en ucuzdan en pahalıya doğru sıralanmıştır; dolgu pigmentinin 50 pphr'dan eksik kısmı karbon siyahı ile tamamlanmıştır.

** A.B.D.Doları/kg SBR



Tablo 4.11

Çeşitli Mekanik Ürünlerin (Vibrasyon Takoğu v.s.)
Özelliklerini (Minimum) Sağlayan Dolgu Pigmentlerine
Ait Hesaplama Sonuçları

Dolgu Pigmenti*	Reçetede Oran (pphr)	% 300 Modulus (kg/cm ²)	Çekme Gerilimi (kg/cm ²)	% Uzama	Sertlik (Shore A)	Reçete Maliyeti**
Linyit Kömürü	15,28	61	140	533	60	1,733
Talk	19,88	58	164	587	61	1,745
Barit	20,64	58	143	556	59	1,748
	18,83	63	151	540	60	1,755
Kaolen	18,24	58	168	585	61	1,752
Demir Oksit	16,80	58	170	572	60	2,064
Çinko	20,66	66	146	474	60	2,066
Oksit	21,70	62	140	481	59	2,083

* Dolgu pigmentleri, reçete maliyetlerine göre en ucuzdan en pahalıya doğru sıralanmıştır; dolgu pigmentinin 50 pphr'dan eksik kısmı karbon siyahı ile tamamlanmıştır.

** A.B.D.Doları/kg SBR



SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

1. Deneyisel ve teorik çalışmalarımız sonucunda standart bir reçete esas alınarak karbon siyahından sonra, kauçuk vulkanizasyonlarında en iyi pekiştirme özelliği veren dolgu pigmentinin çöktürülmüş silikalar olduğu belirlenmiştir. Çöktürülmüş silikalar kullanılarak yapılan lâstik özellikleri, diğer inorganik dolgu pigmentleri ile yapılanlara göre daha üstündür. Bu nedenle çöktürülmüş silikalar amaca göre karbon siyahı yerine kullanılabilmektedirler. Ancak çöktürülmüş silikalar pahalı teknoloji ile elde edildiğinden karbon siyahına göre fiatları pahalıdır ve daha çok renkli eşya yapımında kullanılmaktadır.

2. Geliştirdiğimiz matematik ve fiat modelleri yardımı ile lâstik ürünü minimum özelliklerini sağlayan ucuz inorganik dolgu pigmentleri seçimi yapılarak, sonuçlar aşağıda belirtilmiştir.

a) Kimyasal proseslerde tank içi kaplama için reçete maliyeti bazında ucuzdan pahalıya doğru pigmentler şöyle sıralanmaktadır: taş kömürü, linyit kömürü, kalsit, talk, barit, kaolen, silis, grafit, karbon siyahı, çinko oksit, demir oksit, silisik asit, çinko kromat, titan dioksit.

b) Boru donanımlarında sızdırmaz conta için reçete maliyeti bazında ucuzdan pahalıya doğru pigmentler şöyle sıralanmaktadır: taş kömürü, linyit kömürü, kalsit, talk, kaolen, barit, silis, karbon siyahı, çinko oksit, demir oksit, çinko kromat, titan dioksit.

c) Çamaşır makinalarında kullanılan su hortumu için reçete maliyeti bazında ucuzdan pahalıya doğru pigmentler şöyle sıralanmaktadır: kalsit, linyit kömürü, taş kömürü, kaolen, talk, silis, barit, karbon siyahı, demir oksit, titan dioksit.

d) Ayakkabı tabanı için reçete maliyeti bazında ucuzdan pahalıya doğru pigmentler şöyle sıralanmaktadır: linyit kömürü, kalsit, talk, barit, silis, kaolen, taş kömürü, karbon siyahı, demir oksit, çinko oksit, titan dioksit.

e) Kimya proseslerinde, akış, basınç, sıcaklık ve seviye kontrol



valflerinde diyafram olarak kullanılan lâstik levha için reçete maliyeti bazında ucuzdan pahalıya doğru pigmentler şöyle sıralanmaktadır: kalsit, linyit kömürü, taş kömürü, talk, kaolen, barit, silis, karbon siyahı, çinko oksit, silisik asit, demir oksit, çinko kromat, titan dioksit.

f) Otomotiv sanayiinde, çeşitli mekaniksel parça olarak kullanılan lâstik için reçete maliyeti bazında ucuzdan pahalıya doğru pigmentler şöyle sıralanmaktadır: linyit kömürü, talk, barit, kaolen, karbon siyahı, demir oksit, çinko oksit,

5.2. Öneriler

1. Kauçuk teknolojisinde çok miktarda pekiştirici olarak kullanılan karbon siyahı, genelde petrol esaslı ham maddelerden pahalı teknoloji ile elde edildiğinden birim fiatı oldukça pahalıdır. Petrol fiatları değiştiği için karbon siyahı fiatı değişmektedir. Bu durum lâstik imalatını maliyet yönünden olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle vulkanizasyon reçetelerinde karbon siyahı yanında ucuz dolgu pigmentleri de kullanılması gerekmektedir.

2. Taş kömürü ve linyitin kalori değerleri (Bkz.E.1.3) nedeniyle katı yakıt olarak kullanılması dikkate alındığında, yurt içi piyasasında karbon siyahına göre daha ucuz ve bol miktarda bulunan kalsit, talk, kaolen, barit, karbon siyahıyla birlikte kauçuk teknolojisinde genel amaçlar ve fiatı ucuzlatmak için dolgu olarak kullanılabilir.

3. Demir oksit, çinko kromat, çinko oksit, titan dioksit pahalı dolgu pigmentleri olduğundan ancak renk verme v.s. gibi özel amaçlar için karbon siyahı ile birlikte kullanılabilir.

4. Dolgu pigmenti seçiminin matematik ve fiat modelleri yardımıyla yapılması işlemi lâstik imalatı bakımından önem arz etmektedir. Böylece matematik modelleme ile lâstik imalatında kullanılan ve özelliklerine etki eden diğer pisme hızı ve zamanı v.s. gibi önemli parametrelerin optimizasyonu yapılabilecektir. Zira lâstik imalatçısı, yeni bir ürün imal edeceği zaman elinde o ürüne ait bilgiler yoksa, ancak bu bilgileri imalat esnasında deneme yanılma metodu ile elde edecektir. Bu da para ve zaman kayıplarına neden olacaktır. Halbuki yeni ürün imal edilmeden önce, laboratuvar ölçülerinde denenip, deney sonuçları ile modeller geliştirilirse, istenilen lâstik özellikleri ve imalat şartları önceden belirlenebilir. Böylece imalat riskleri asgariye indirilmiş olur.



KAYNAKLAR

Borron, H., Introduction to Rubber Technology, Reinhold, New York, 1954.

Deer's Practical Selection Handbook, The Int. Tech. Information Inc., Part 2, Japan, 1956.

Smithy, G.D., Synthetic Rubber, John Wiley, New York, 1954.

Slaw, C.H., and Hargrave, G., Rubber Technology and Manufacture, 2nd ed., Butterworths, London, 1953.

Seachley, D.C., Synthetic Rubbers: Their Chemistry and Technology, Applied Science, London, New York, 1952.

KAYNAKLAR

Vorster, H., "The Chemistry and Technology of Vulcanization", Slaw, C.H., and Hargrave, G., Rubber Technology and Manufacture, 2nd ed., Butterworths, London, 1953, 1957.

Wiegand, F., An Introduction to Industrial Organic Chemistry, Applied Science, London, 315, 1954.

Wydach, J.A., Rubber Chemistry, Applied Science, London, 125, 1978.

York Deiner, Encyclopedia of Chemistry, 2nd ed., Wiley-Interscience, New York, 20, 249, 1947.

Bochasts, G.F., "Vulcanization of Rubber", Slaw, C.H., and Hargrave, G., Rubber Technology and Manufacture, 2nd ed., Butterworths, London, 199, 1953.



K A Y N A K L A R

1. Morton, M., Introduction to Rubber Technology , Reinhold, New York, 1964.
2. User's Practical Selection Handbook, The Int.Tech.Information Ins., Part 2, Japan, 1976.
3. Whitby, G.S., Synthetic Rubber , John Wiley, New York, 1954.
4. Blow, C.M., and Hepburn, C., Rubber Technology and Manufacture 2nd.e., Butterworth, London, 1982.
5. Blackley, D.C., Synthetic Rubbers : Their Chemistry and Technology , Applied Science, London, New York, 1983.
6. Porter, M., "The Chemistry and Technology of Vulcanisation", Blow, C.M. and Hepburn, C., Rubber Technology and Manufacture 2nd.e., Butterworth, London, 175, 1982.
7. Wiseman, P., An Introduction to Industrial Organic Chemistry, Applied Science, London, 312, 1976.
8. Brydson, J.A., Rubber Chemistry , Applied Science, London, 195, 1978.
9. Kirk Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology , Wiley-Interscience, New York, 20, 349, 1982.
10. Boonstra, B.B., "Reinforcement by Filler", Blow, C.M. and Hepburn, C., Rubber Technology and Manufacture 2nd.e., Butterworth, London, 299, 1982.



11. Ogunniyi, D.S., "Filler Reinforcement in Rubber", Elastomerics, 120, (8), 24, 1988.
12. Dannenberg, E.M., "The effects of surface chemical interactions on the properties of filler-reinforced rubbers", Rubber Chemistry and Technology, 48, 412, 1975.
13. Boonstra, B.B., "Reinforcement by Filler", Blow, C.B. and Hepburn, C., Rubber Technology and Manufacture, 2nd.e., Butterworth, London, 271, 1982.
14. Mark, H.F., Gaylord, N.G., Bikales, N.M., Encyclopedia of Polymer Science and Technology, John Wiley, New York, 12, 42, 1970.
15. Patel, A.C. and Byers, J.T., "Filler Characterization to Select Loadings for Balanced Rubber Properties", Elastomerics, 114, (12), 29, 1982.
16. Dannenberg, E.M., "Bound Rubber and Carbon Black Reinforcement", Rubber Chemistry and Technology, 59, 512, 1986.
17. Dannenberg, E.M., "Filler Choices in the Rubber Industry", Elastomerics, 113, (12), 30, 1981.
18. Wagner, M.P., "Precipitated Silicas", Elastomerics, 113, (8), 40, 1981.
19. Fetterman, M.Q., "The Unique Properties of Precipitated Silica in the Design of High Performance Rubber", Elastomerics, 116, (9), 18, 1984.
20. Seng, R.H., Patgett, W.M., "Micro Pulverized Delayed Petroleum Coke", Elastomerics, 113, (8), 49, 1981.
21. Florea, T.G., "Elastomer Reinforcement with Chemically Modified and Specialty Clays", Elastomerics, 118, (7), 22, 1986.



22. Stern, H.J., Rubber:Natural and Synthetic, Maclaren and Sons Ltd., London, 1967.
23. Horn, J.B., "Materials for compounding and reinforcement". Blow, C.M. and Hepburn, C., Rubber Technology and Manufacture. 2nd.e., Butterworth, London, 202, 1982.
24. Donnet, J.B. and Voet, A., Carbon Black, Marcel Dekkar Inc., New York, 272, 1976.
25. Ünal, N. Karbon Siyahı Hakkında Genel Bilgi, Petkim, 48, 1980.
26. Whitby, G.S., Synthetic Rubber, John Wiles, New York, 407, 1954.
27. Stecken, G. and Seeberger, E., "Pure silic acid for use as a strengthener-filler in elastomerics", Chemical Abstracts, 76, 55, 1972.
28. ASTM, Rubber Evalulation of SBR , 37, D 3185, 1980.
29. ASTM, Rubber Properties in Tension , 37, D 412, 1980.
30. ASTM, Viscosity and Vulcanization Characteristics , 37, D 1646, 1980.
31. ASTM, Rubber Property-Durometer Hardness , 37, D 2240, 1980.
32. ASTM, Rubber-Materials, Equipment and Procedures for Mixing Standard, Compounds and Preparing Standard, Vulcanized Sheets , 37, D 3182, 1980.
33. Polysar Technical Report, No.62:9B, Polymer Corp.Ltd., Sarnia, Canada, 1973.
34. Winspear, G.G., The Vanderbilt Rubber Handbook, R.T.Vanderbilt Comp.Inc., New York, 1958.

35. Kaplama, Conta, Diyafram için Lâstik Spesifikasyonları, Petkim, Yarımca, 1987.
36. ASTM, Rubber Products in Automotive Applications, 37, D 2000, 1980.
37. Teknik Bülten, Petkauçuk Özellikleri, Petkim, Yarımca, 1980.
38. Teknik Bülten, Petkara Özellikleri, Petkim, Yarımca, 1980.
39. Aryas, Y., Egesil BM 30 Özellikleri, Ege Kimya San. ve Tic.A.Ş., İstanbul, 1988.
40. Chemical Marketing Reporter, U.S.A., 235,(10), 1989.
41. Kalaycıoğlu, S., Sözlü Muhabere, Kalaycıoğlu Kimya Firması, İstanbul, 1989.
42. Aydar, N., Sözlü Muhabere, Teknokimya Firması, Yarımca, 1989.



Demir E K L E R

Madislerin Gecikmesi



Tablo E.1.1

SEN 1502 Türü Sanayinin
Kullanılan Özellikleri 17

Yüksek Hızlı,	Yaz (max)	1.0
Yüksek Küt,	Yaz (max)	1.5
Yüksek Sıkış,	Yaz (max)	1.5
Organik Katı,	E k 1	1.5

Deneylerde Kullanılan Çeşitli

Maddelerin Özellikleri



Tablo E.1.1

SBR 1502 Türü Sentetik
Kauçuğun Özellikleri(37)

Uçucu Madde,	%ağ.(max)	:	1,0
Toplam Kül,	%ağ.(max)	:	1,5
Serbest Sabun,	%ağ.(max)	:	0,5
Organik Asit,	%ağ.	:	5-7
Bağlı Stiren,	%ağ.	:	21,5-25,5
Mooney Viskozitesi(ML/1+4)'100°C:			45-57



Tablo E.1.2

HAF Türü Karbon Siyahı

Özellikleri(38)

I ₂ Ads,	mg/g	: 76 - 88
DBP Abs,	cc/100 g	: 95 - 114
Yoğunluk,	g/lt	: 335 - 410
30 Mesh (Elek üstü),	%ağ.(max)	: 0,001
325 Mesh (Elek üstü),	%ağ.(max)	: 0,1
Kükürt,	%ağ.(max)	: 1,0
Nem,	%ağ.(max)	: 2,5



Tablo E.1.3

Sililik Asit Özellikleri(38)

Tablo E.1.3

Taş Kömürü ve Linyit Kömürü (Çan)

Özellikleri*

	<u>Linyit Kömürü</u>	<u>Taş Kömürü</u>
Kalorifik Değeri, KCal/kg	4395	7138
Kükürt, % ağı.	1,6	0,57
Kül, % ağı.	23,45	16,88

* Taş Kömürü ve Linyit Kömürü (Çan) özellikleri laboratuvar analizleri ile belirlenmiştir.



Tablo E.1.4
Silisik Asit Özellikleri(39)

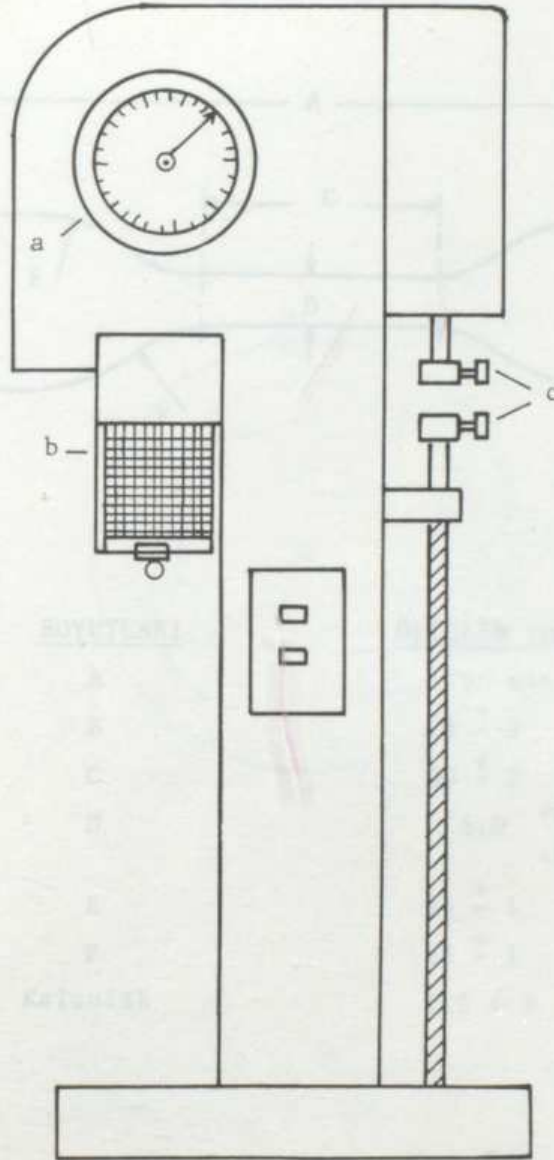
Kızdırma Kaybı	(900°C)	%	12
Nem	(105°C)	%	7
SiO ₂ (kuru baz)		%	87
Na ₂ SO ₄		%	1,6
Al ₂ O ₃		%	0,2
Fe ₂ O ₃		%	0,05
Serbest Ağırlık	g.cm ⁻³		1,8-2,0
Özgöl Ağırlık	g.cm ⁻³		2,0
Yüzey Alanı	m ² /g		160-190
pH (%5 Süspansiyon)			6,5(±0,3)
Yağ Emiciliği	ml/100 g (DOP)		230-260
İncelik	325 mesh	%	5



E k 2

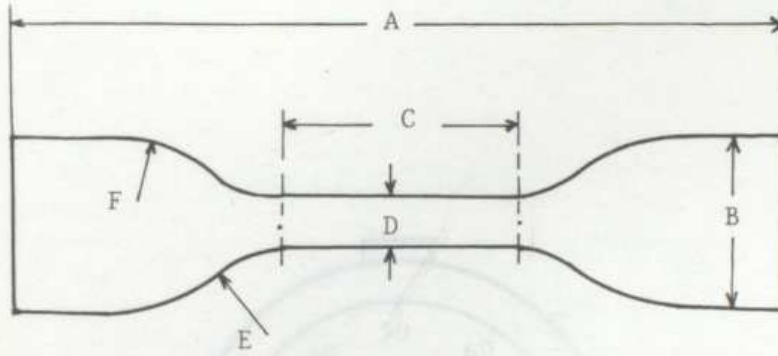
Deneylerde Kullanılan
Çeşitli Test Cihazlarının Şekilleri





Şekil E.2.1 Çekme Testi Cihazı
a- Kuvvet Göstergesi, b- Kaydedici
c- Test Parçası Kıskaçları

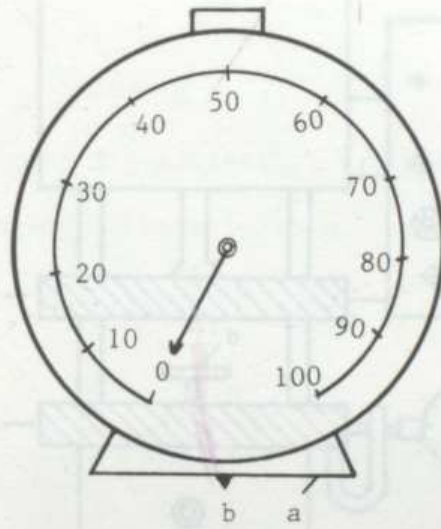




BOYUTLARI	ÖLÇÜLER (mm)
A	115 min
B	25 $\pm$ 1
C	33 $\pm$ 2
D	6,0 $\begin{matrix} +0,4 \\ -0,0 \end{matrix}$
E	14 $\pm$ 1
F	25 $\pm$ 1
Kalınlık	1,5 - 3

Şekil E.2.2 "Dumbbell" Test Parçası

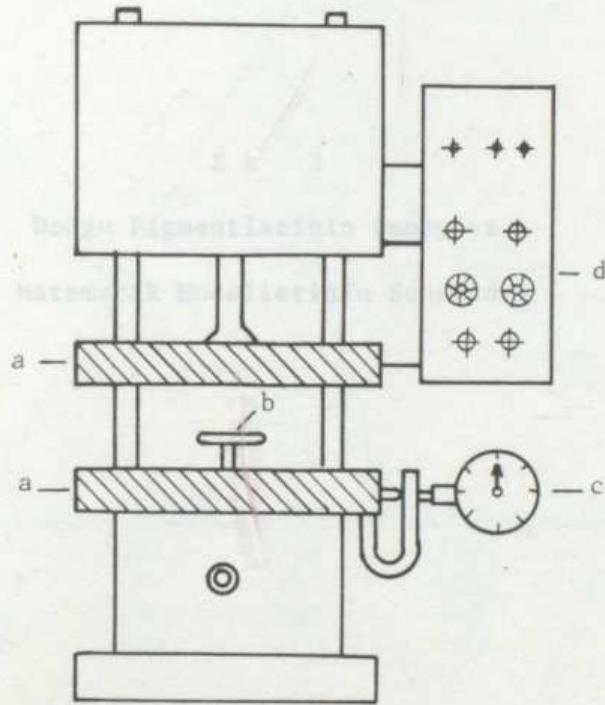




Şekil E.2.3 Sertlik Ölçme Cihazı (Shore Durometre)

a- Bastırma Ayağı, b- İğne





Şekil E.2.4 Mooney Disk Viskozimetresi
a- Isıtıcı Tablalar (alt ve üst), b- Rotor,
c- Mooney Göstergesi, d- Sıcaklık Kontrol Paneli

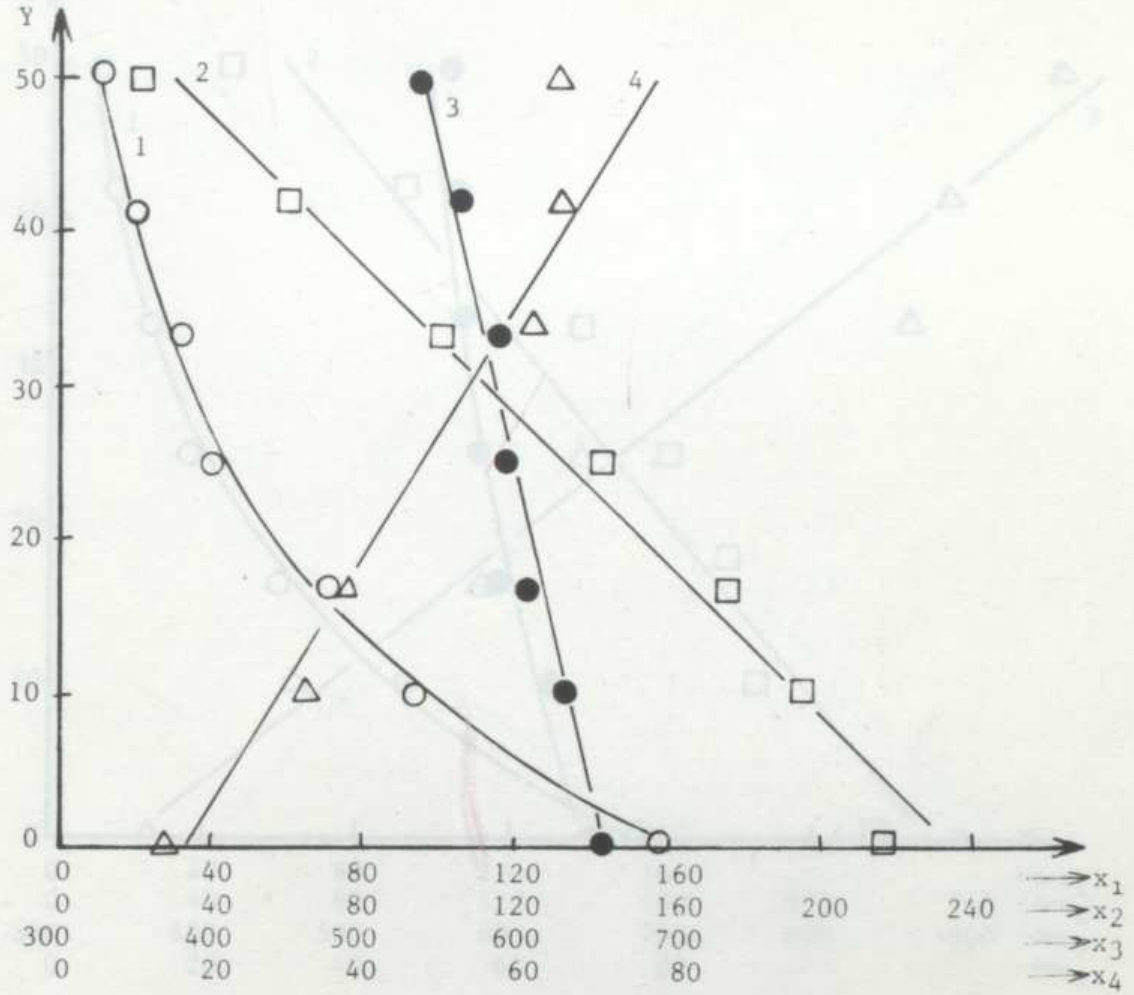




Tablo 3.3.4. Dolgu pigmentlerinin deney ve matematik modellerinin sonuçları

Dolgu Pigment	Deney Sonucu	Matematik Sonucu
1 - 120 dolgu pigmenti	100	100
2 - 120 dolgu pigmenti	100	100
3 - 120 dolgu pigmenti	100	100
4 - 120 dolgu pigmenti	100	100
5 - 120 dolgu pigmenti	100	100
6 - 120 dolgu pigmenti	100	100

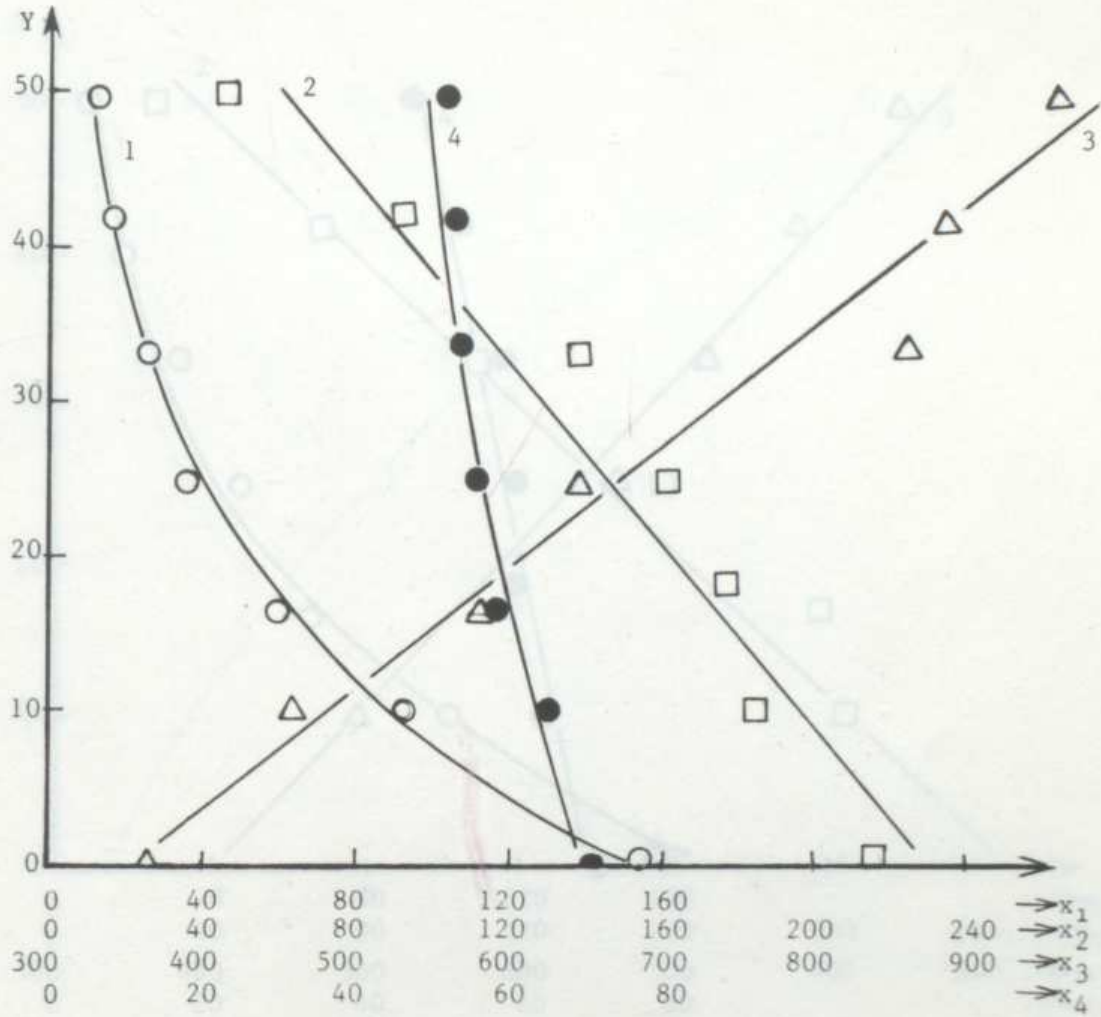




Şekil E.3.1. Kalsit dolgu pigmenti için elde edilen matematik modeller ve deney sonuçları

	Model Sonucu	Deney Sonucu
x_1 - %300 Modulus (kg/cm^2)	1	○
x_2 - Çekme Gerilimi (kg/cm^2)	2	□
x_3 - % Uzama	3	△
x_4 - Sertlik (Shore A)	4	●
Y - Pigment Oranı (pphr)		

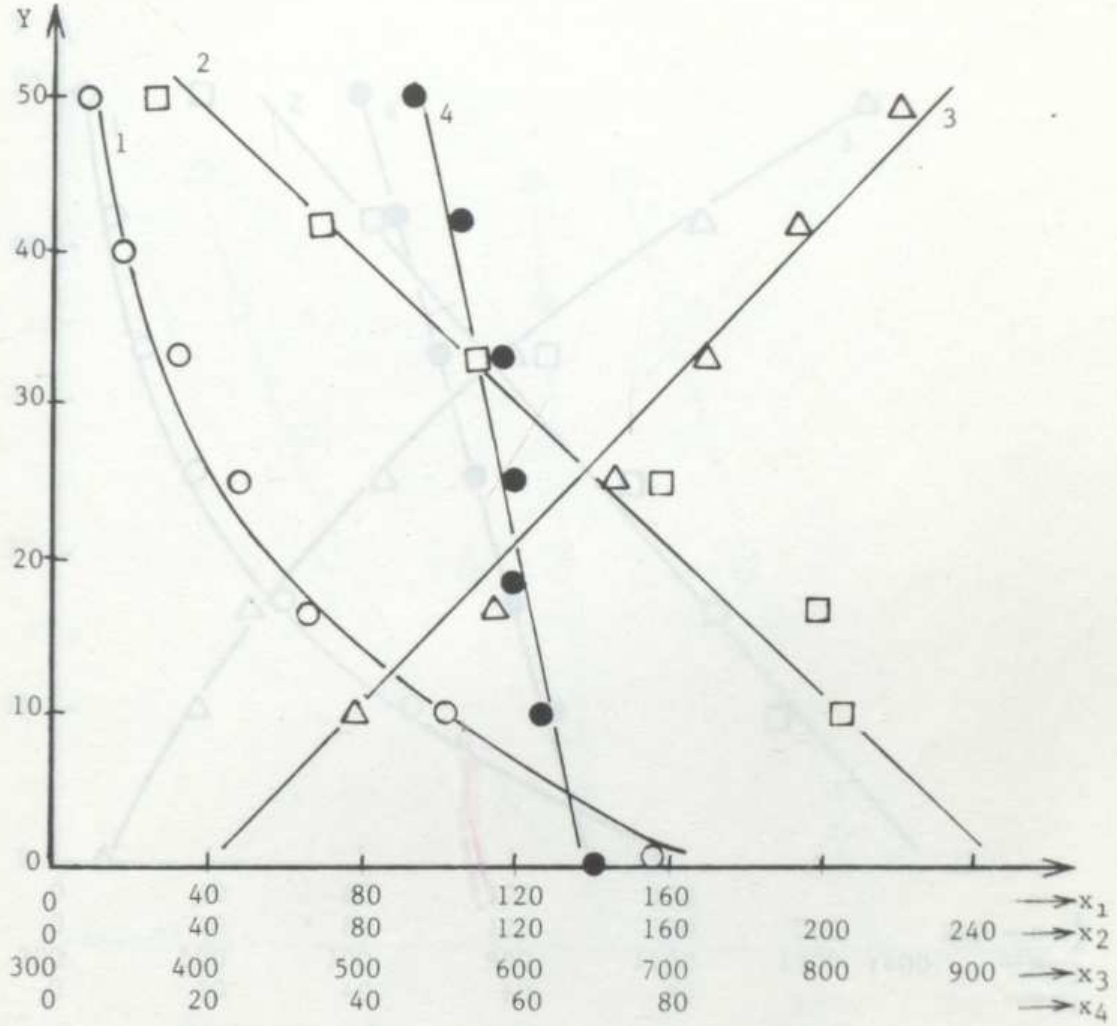




Şekil E.3.2. Kaolen dolgu pigmenti için elde edilen matematik modeller ve deney sonuçları

	Model Sonucu	Deney Sonucu
x_1 - Z300 Modulus (kg/cm^2)	1	○
x_2 - Çekme Gerilimi (kg/cm^2)	2	□
x_3 - % Uzama	3	△
x_4 - Sertlik (Shore A)	4	●
Y - Pigment Oranı (pphr)		

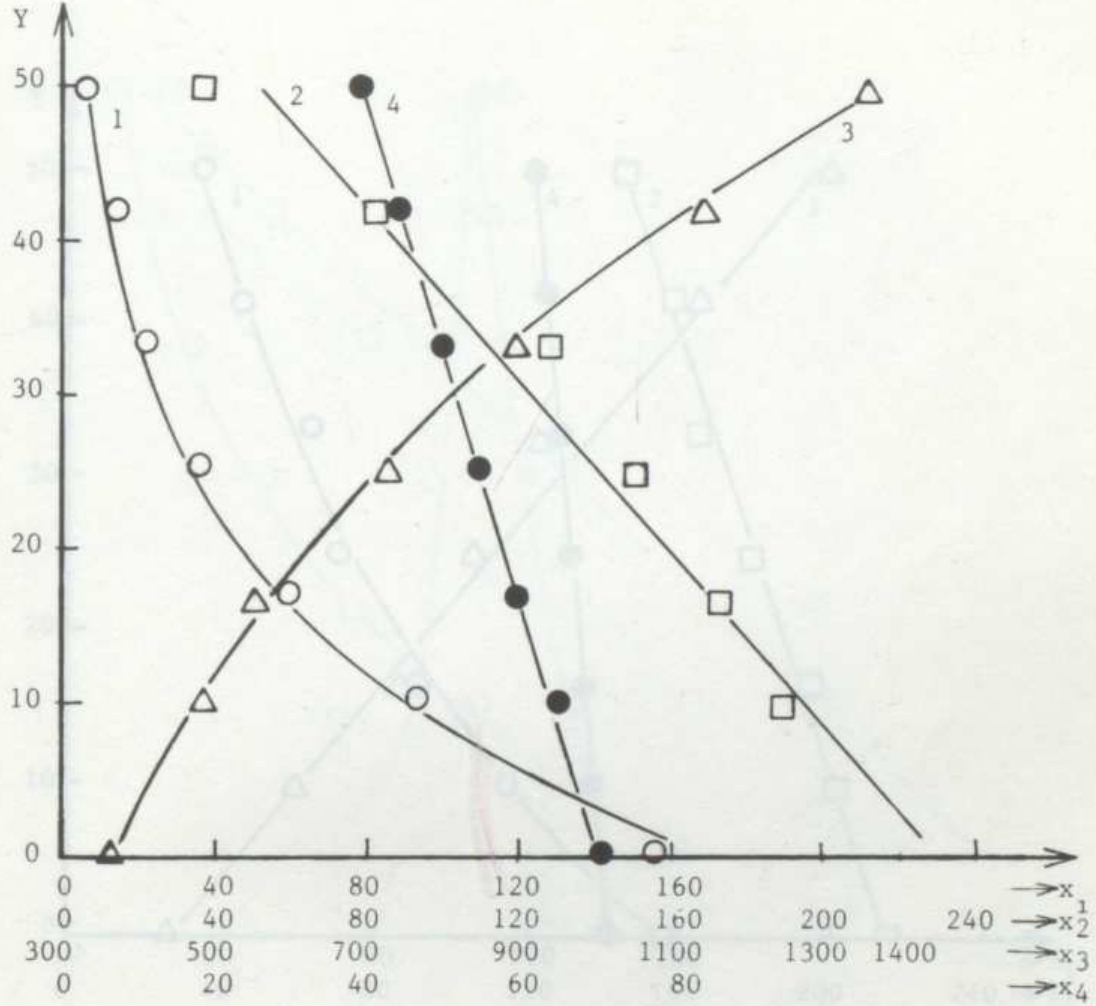




Şekil E.3.3. Talk dolgu pigmenti için elde edilen matematik modeller ve deney sonuçları

	Model Sonucu	Deney Sonucu
x_1 - Z300 Modulus (kg/cm^2)	1	○
x_2 - Çekme Gerilimi (kg/cm^2)	2	□
x_3 - % Uzama	3	△
x_4 - Sertlik (Shore A)	4	●
Y - Pigment Oranı (pphr)		

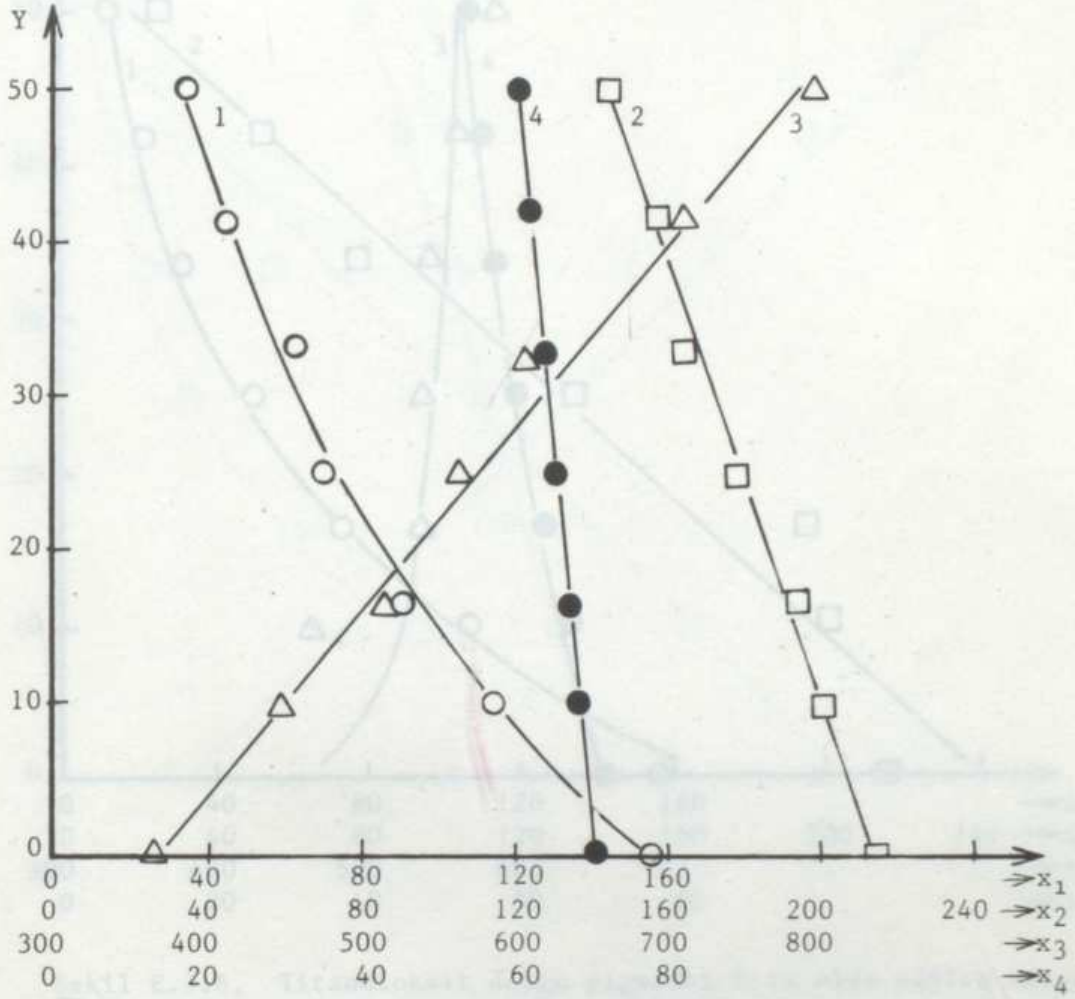




Şekil E.3.4. Demir oksit dolgu pigmenti için elde edilen matematik modeller ve deney sonuçları

	Model Sonucu	Deney Sonucu
x ₁ - %300 Modulus (kg/cm ²)	1	○
x ₂ - Çekme Gerilimi (kg/cm ²)	2	□
x ₃ - % Uzama	3	△
x ₄ - Sertlik (Shore A)	4	●
Y - Pigment Oranı (pphr)		

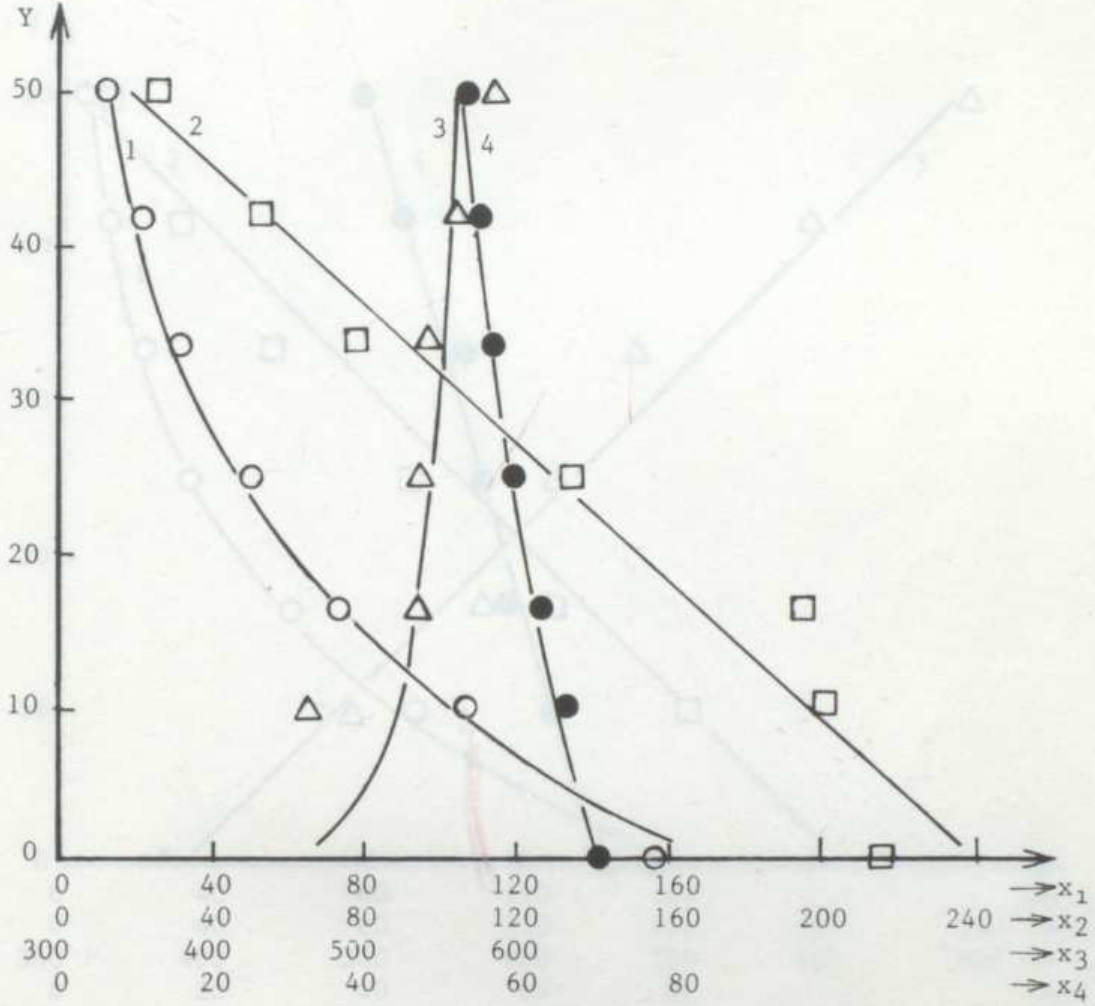




Şekil E.3.5. Silisik asit dolgu pigmenti için elde edilen matematik modeller ve deney sonuçları

	Model Sonucu	Deney Sonucu
x_1 - %300 Modulus (kg/cm^2)	1	○
x_2 - Çekme Gerilimi (kg/cm^2)	2	□
x_3 - % Uzama	3	△
x_4 - Sertlik (Shore A)	4	●
Y - Pigment Oranı (pphr)		

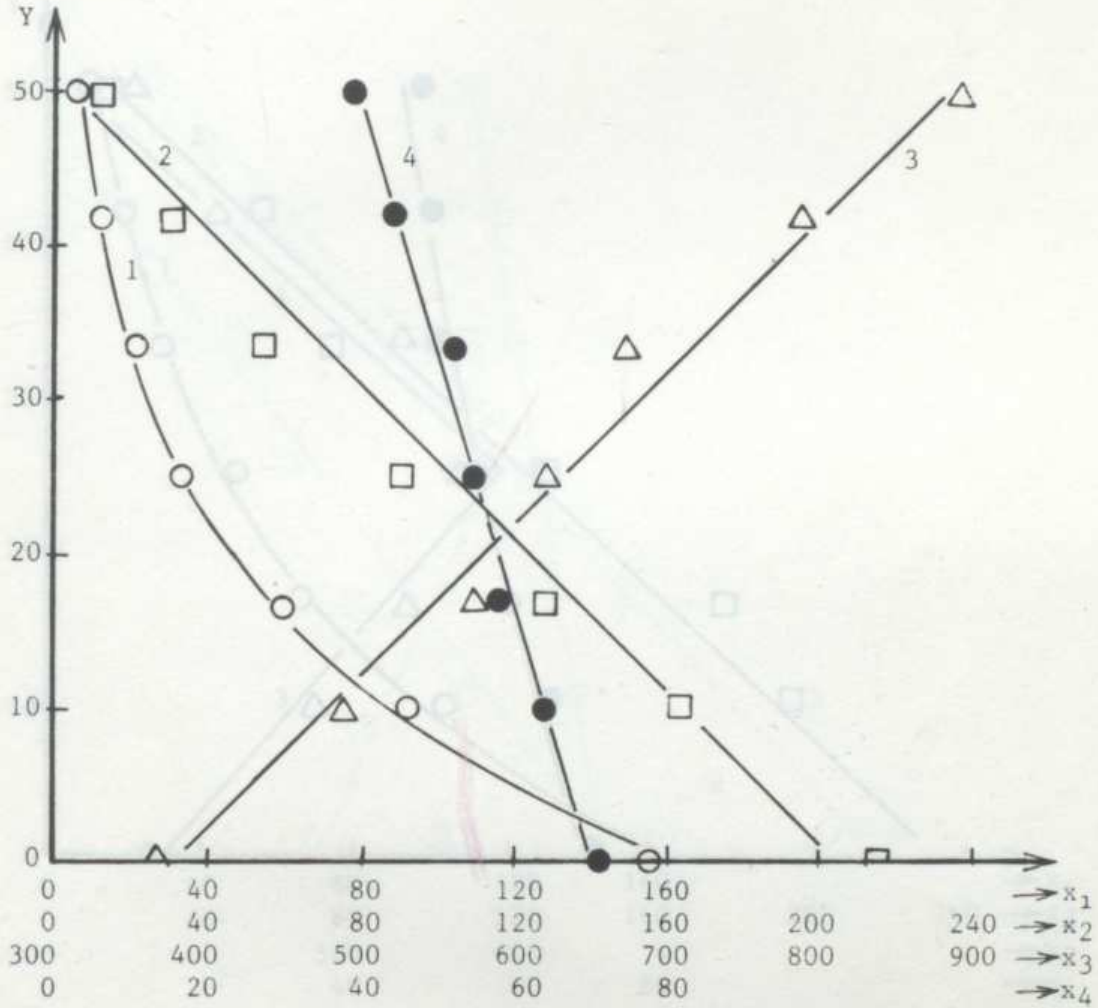




Şekil E.3.6. Titandioksit dolgu pigmenti için elde edilen matematik modeller ve deney sonuçları

	Model Sonucu	Deney Sonucu
x_1 - %300 Modulus (kg/cm^2)	1	○
x_2 - Çekme Gerilimi (kg/cm^2)	2	□
x_3 - % Uzama	3	△
x_4 - Sertlik (Shore A)	4	●
Y - Pigment Oranı (pphr)		

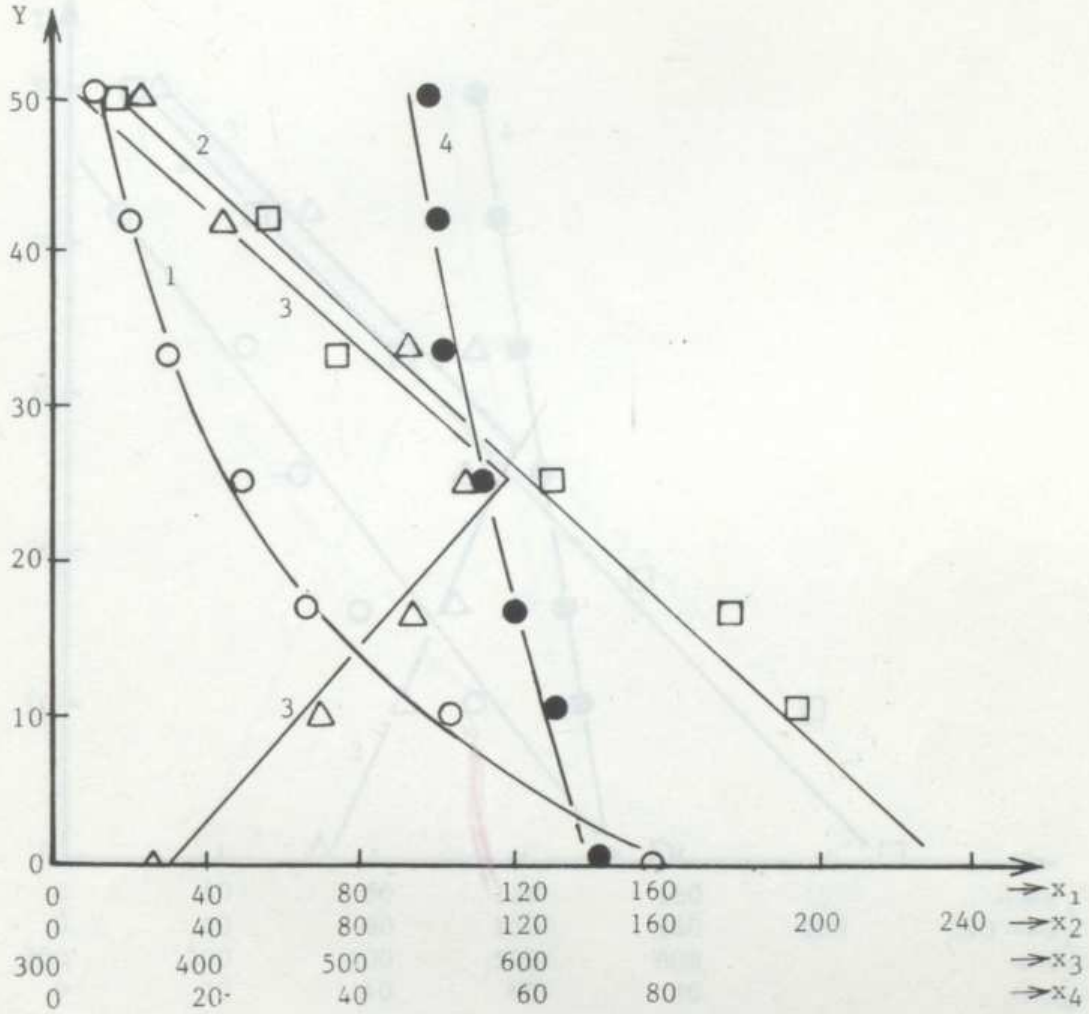




Şekil E.3.7. Linyit kömürü dolgu pigmenti için elde edilen matematik modeller ve deney sonuçları

	Model Sonucu	Deney Sonucu
x_1 - Z300 Modulus (kg/cm^2)	1	○
x_2 - Çekme Gerilimi (kg/cm^2)	2	□
x_3 - % Uzama	3	△
x_4 - Sertlik (Shore A)	4	●
Y - Pigment Oranı (pphr)		

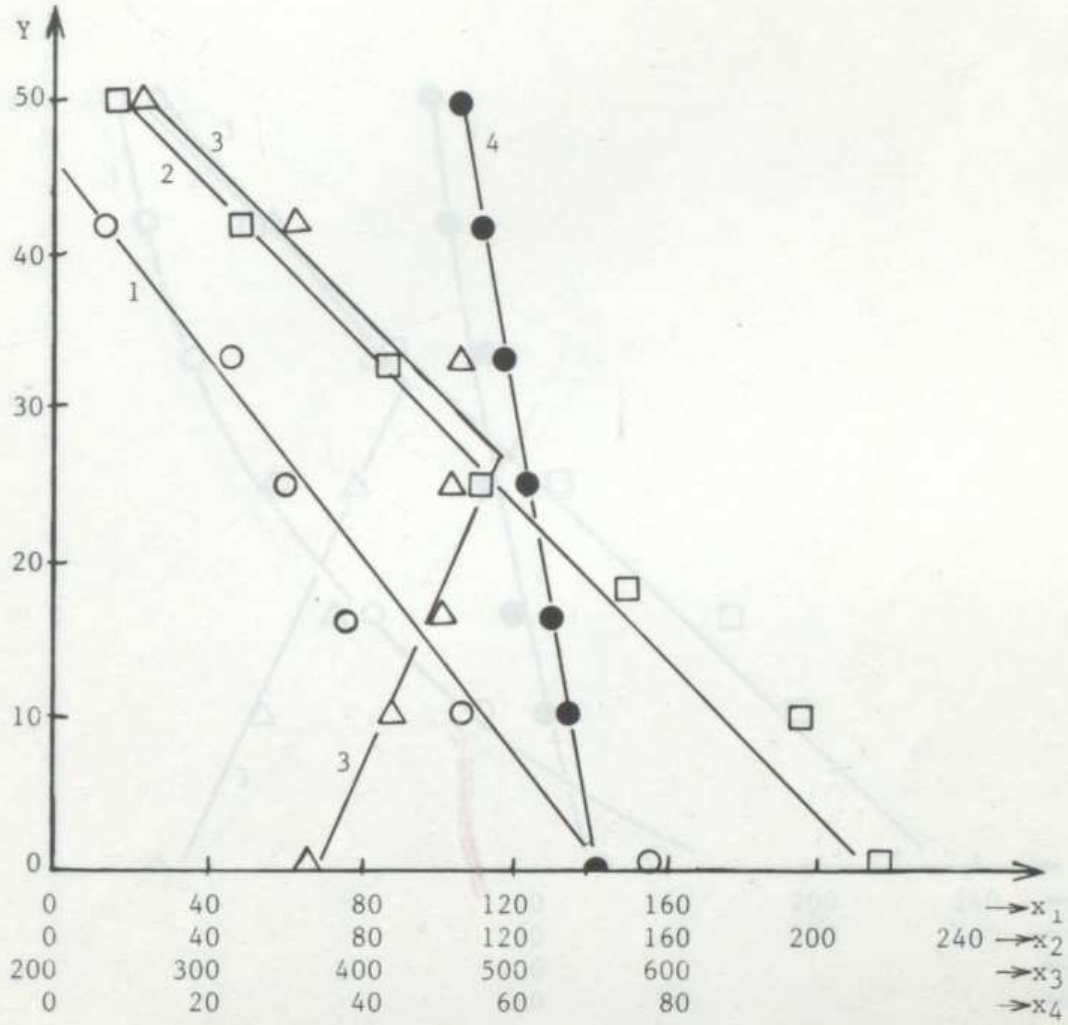




Şekil E.3.8. Barit dolgu pigmenti için elde edilen matematik modeller ve deney sonuçları

	Model Sonucu	Deney Sonucu
x_1 - %300 Modulus (kg/cm^2)	1	○
x_2 - Çekme Gerilimi (kg/cm^2)	2	□
x_3 - % Uzama	3	△
x_4 - Sertlik (Shore A)	4	●
Y - Pigment Oranı (pphr)		

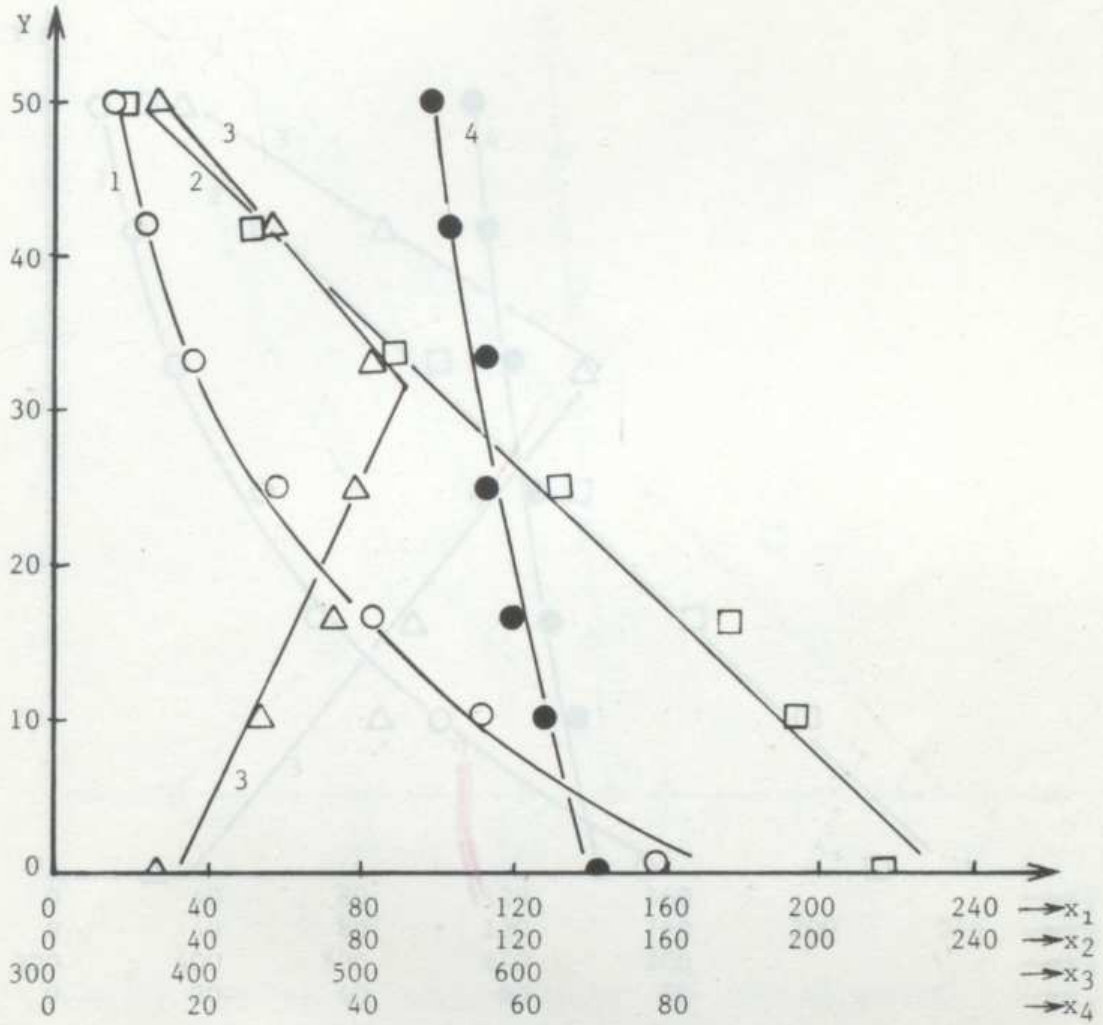




Şekil E.3.9. Çinko kromat dolgu pigmenti için elde edilen matematik modeller ve deney sonuçları

	Model Sonucu	Deney Sonucu
x_1 - Z300 Modulus (kg/cm^2)	1	○
x_2 - Çekme Gerilimi (kg/cm^2)	2	□
x_3 - % Uzama	3	△
x_4 - Sertlik (Shore A)	4	●
Y - Pigment Oranı (pphr)		

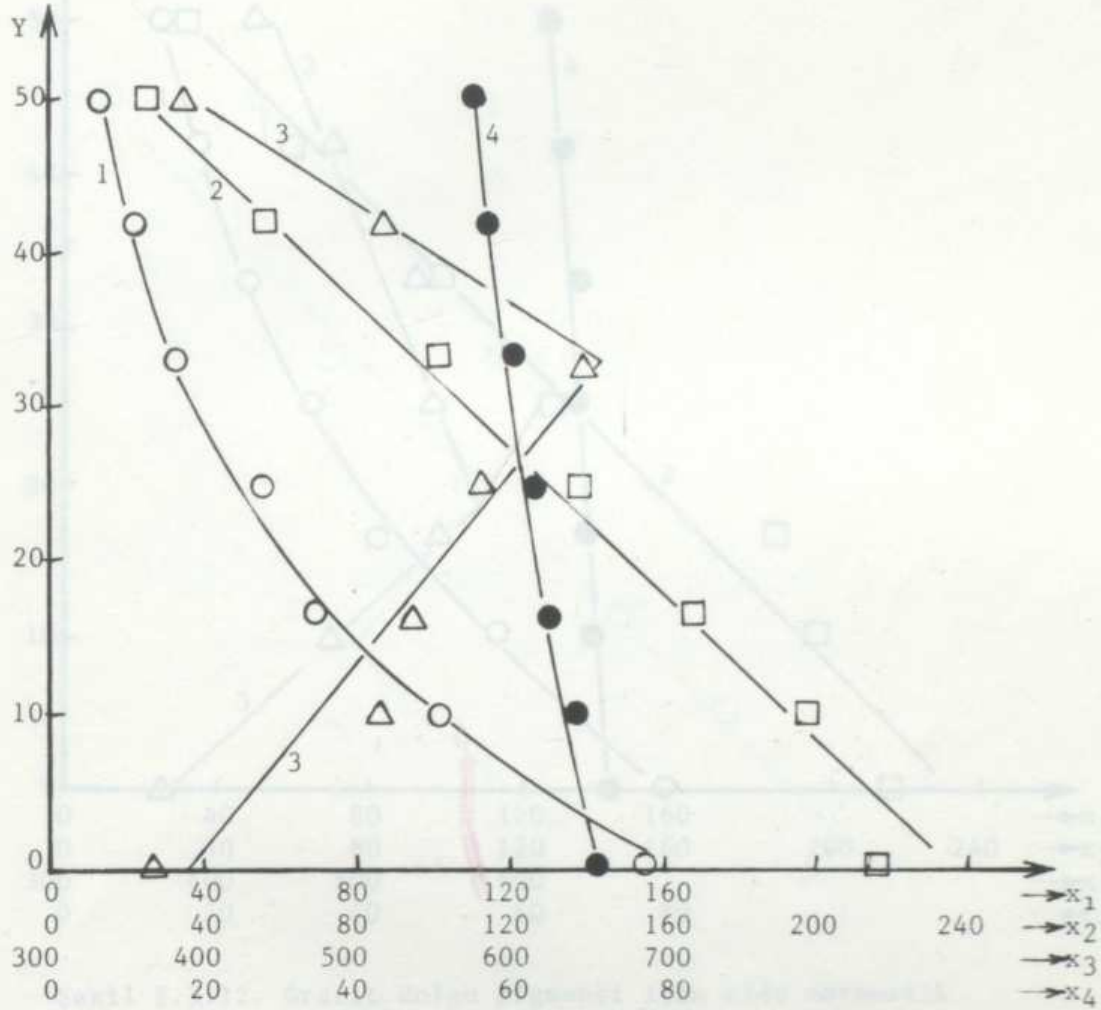




Şekil E.3.10. Çinko oksit dolgu pigmenti için elde edilen matematik modeller ve deney sonuçları

	Model Sonucu	Deney Sonucu
x_1 - %300 Modulus (kg/cm^2)	1	○
x_2 - Çekme Gerilimi (kg/cm^2)	2	□
x_3 - % Uzama	3	△
x_4 - Sertlik (Shore A)	4	●
Y - Pigment Oranı (pphr)		

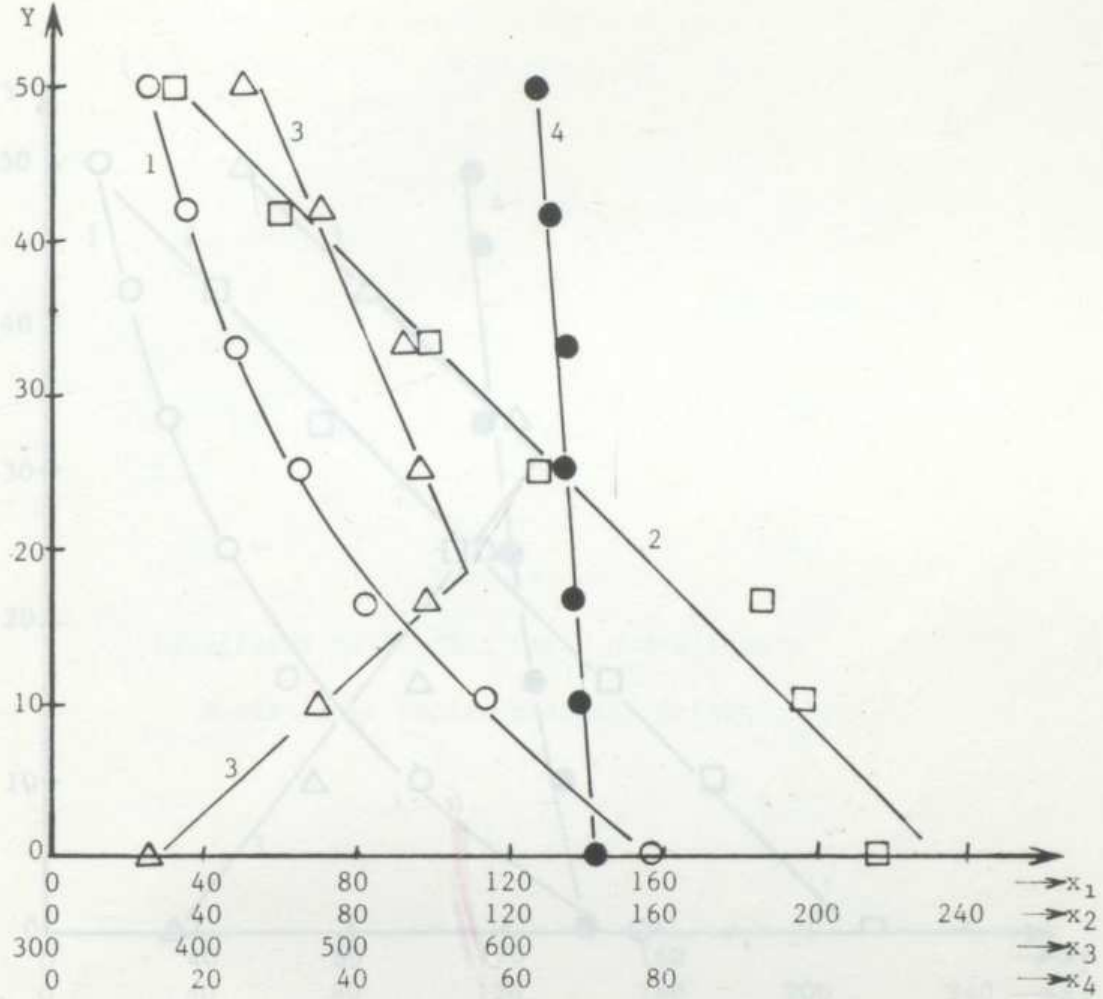




Şekil E.3.11. Silis dolgu pigmenti için elde edilen matematik modeller ve deney sonuçları

	Model Sonucu	Deney Sonucu
x_1 - %300 Modulus (kg/cm^2)	1	○
x_2 - Çekme Gerilimi (kg/cm^2)	2	□
x_3 - % Uzama	3	△
x_4 - Sertlik (Shore A)	4	●
Y - Pigment Oranı (pphr)		

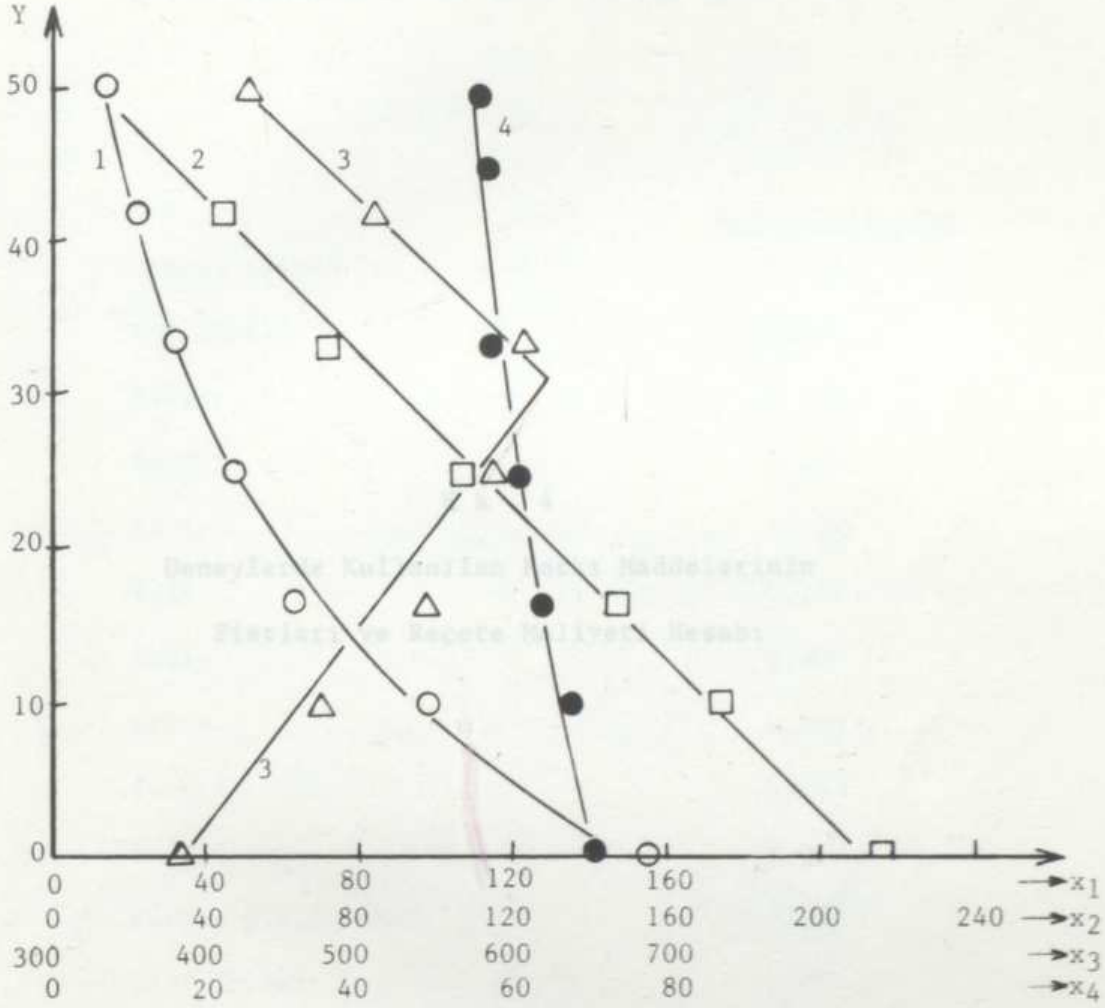




Şekil E.3.12. Grafit dolgu pigmenti için elde matematik modeller ve deney sonuçları

	Model Sonucu	Deney Sonucu
x_1 - Z300 Modulus (kg/cm^2)	1	○
x_2 - Çekme Gerilimi (kg/cm^2)	2	□
x_3 - % Uzama	3	△
x_4 - Sertlik (Shore A)	4	●
Y - Pigment Oranı (pphr)		





Şekil E.3.13. Taş kömürü dolgu pigmenti için elde edilen matematik modeller ve deney sonuçları

	Model Sonucu	Deney Sonucu
x_1 - Z300 Modulus (kg/cm^2)	1	○
x_2 - Çekme Gerilimi (kg/cm^2)	2	□
x_3 - % Uzama	3	△
x_4 - Sertlik (Shore A)	4	●
Y - Pigment Oranı (pphr)		



Tablo E.4.1

Vulkanizasyon Deneylerinde Kullanılan
Katkı Maddelerine AİT Fiyat Listesi (40.41.42)

	A. B. D. Doları/kg
Kinyil Kautük	0.030
Tet Kautük	0.065
Polist	0.150
Sülfür	0.165
Ek 4	0.175
Deneylerde Kullanılan Katkı Maddelerinin	0.175
Fiatları ve Reçete Maliyeti Hesabı	
Borik	0.200
Salis	0.225
Esterik Asit	0.407
Grasit	0.425
Karbon Siyahı (40)	0.450
Silika toz	1.100
SBK - 1502	1.200
Çinko Oksit	1.700
Demir Oksit	2.000
Çinko Sulfat	1.750
Titan Dioksit	2.200
Sarımsık (T. B. S. S.)	2.200



Ek 4.2

Tablo E.4.1

Vulkanizasyon Deneylerinde Kullanılan
Katkı Maddelerine Ait Fiyat Listesi* (40,41,42)

Standart Reçete	Grafi	Ağırlığı	Fiyatı	Tutarı
	(pphr)	(kg)	(A.B.D.Doları/kg)	(A.B.D.Doları)
SBR 1502	100	1	1,000	1,000
Karbon Siyahı (HAF)	50	0,5	A.B.D.Doları/kg	0,500
Çinko Oksit	9	0,09	0,030	0,027
Taş Kömürü	1	0,01	0,065	0,00065
Kalsit	1	0,01	0,150	0,00015
Kükürt	1	0,01	0,165	0,000165
Kaolen	1	0,01	0,175	0,000175
Talk	1	0,01	0,175	0,000175
Barit	1	0,01	0,200	0,0002
Silis	1	0,01	0,225	0,000225
Stearik Asit	1	0,01	0,467	0,000467
Grafit	1	0,01	0,489	0,000489
Karbon Siyahı (HAF)	1	0,01	0,600	0,0006
Silisik Asit	10	0,100	1,250	0,00125
SBR - 1502	16,67	0,167	1,000	0,001667
Çinko Oksit	25	0,25	1,760	0,0044
Demir Oksit	33,33	0,333	2,000	0,00666
Çinko Kromat	40	0,400	2,750	0,011
Titan Dioksit	50	0,500	4,000	0,020
Santikür (T.B.B.S)			47,000	

* Mart 1989



Ek 4.2

Reçete Maliyeti Hesapları

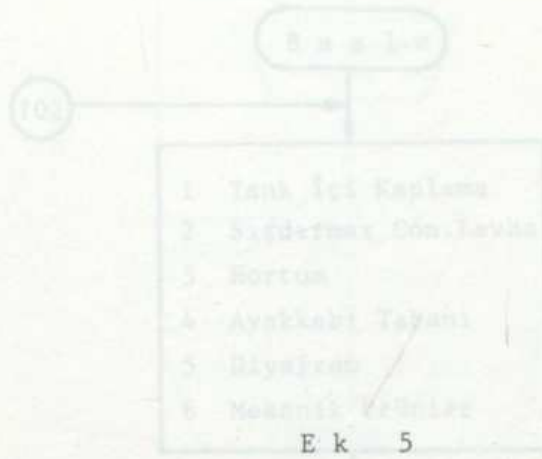
Standart Reçete	Oranı (pphr)	Ağırlığı (kg)	Fiatı (A.B.D.Doları/kg)	Tutarı (A.B.D.Doları)
SBR 1502	100	1	1,000	1,000
Karbon Siyahı (HAF)	50	0,5	0,600	0,300
Çinko Oksit	3	0,03	1,760	0,0528
Stearik Asit	1	0.01	0,467	0,00467
T.B.B.S	1	0,01	47,000	0,47
Kükürt	1,75	0,0175	0,165	0,0028
				1,830

Standart reçete maliyeti hesabında 100 pphr = 1 kg olarak alınmıştır. Hesaplanan reçete maliyeti 1 kg SBR bazına göredir. Reçetede ki karbon siyahı fiyatı (f_1) ve dolgu pigmenti fiyatına (f_2) denirse; değişik dolgu pigmenti oranlarına göre reçete maliyetleri aşağıda belirtildiği şekilde herbir dolgu pigmenti çeşidi için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

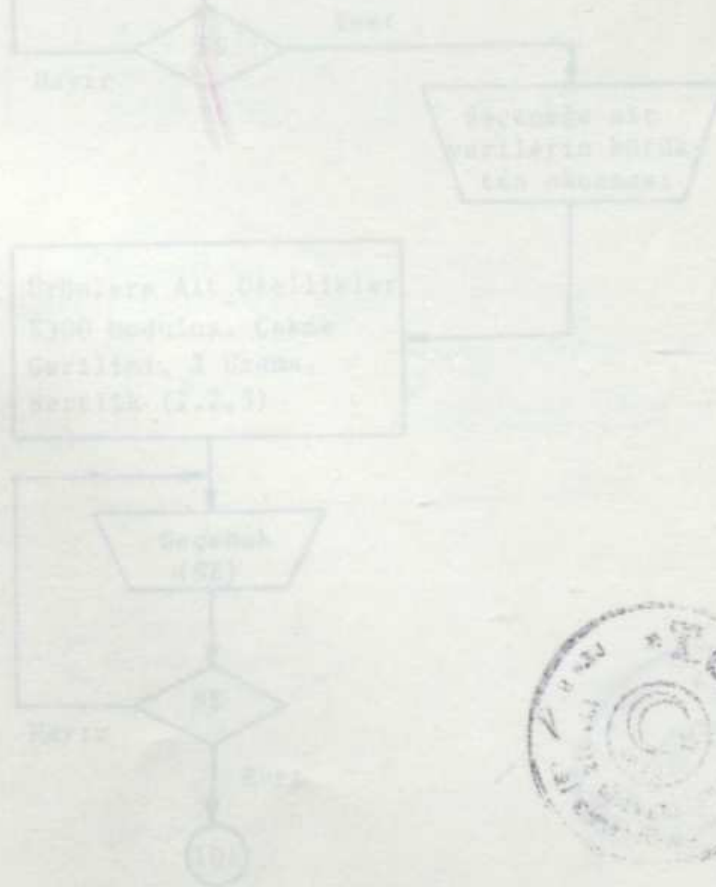
Dolgu Pigmenti Oranı (pphr)	Ağırlık (kg)	Reçete Maliyeti (A.B.D.Doları/kg SBR bazında)
0	0	$1,53 + 0,5f_1$
10	0,100	$1,53 + 0,4f_1 + 0,1f_2$
16,67	0,167	$1,53 + 0,333f_1 + 0,167f_2$
25	0,25	$1,53 + 0,25f_1 + 0,25f_2$
33,33	0,333	$1,53 + 0,167f_1 + 0,333f_2$
42	0,420	$1,53 + 0,08f_1 + 0,42f_2$
50	0,500	$1,53 + 0,5f_2$



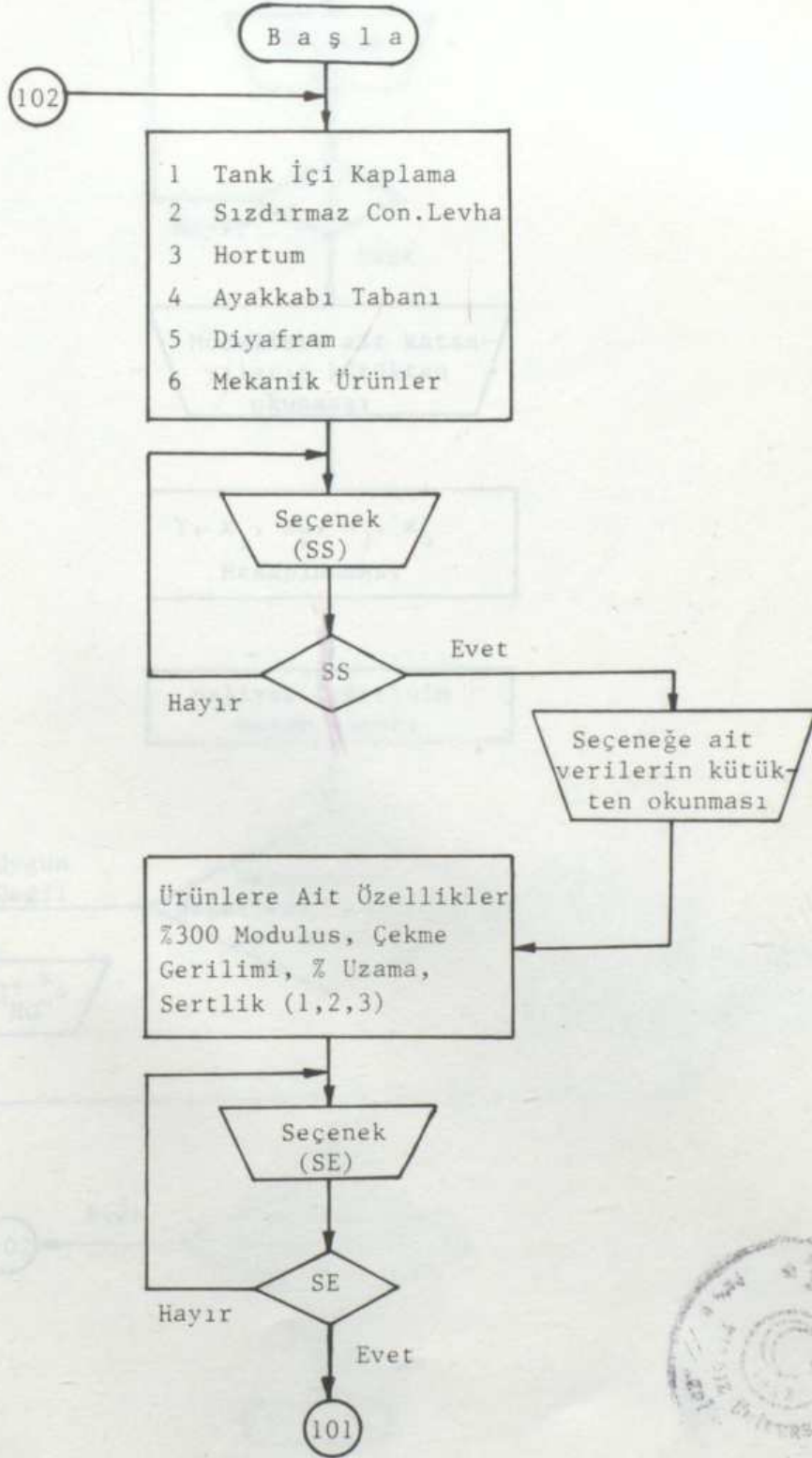
Bilgisayar Programının Akış Diyagramı

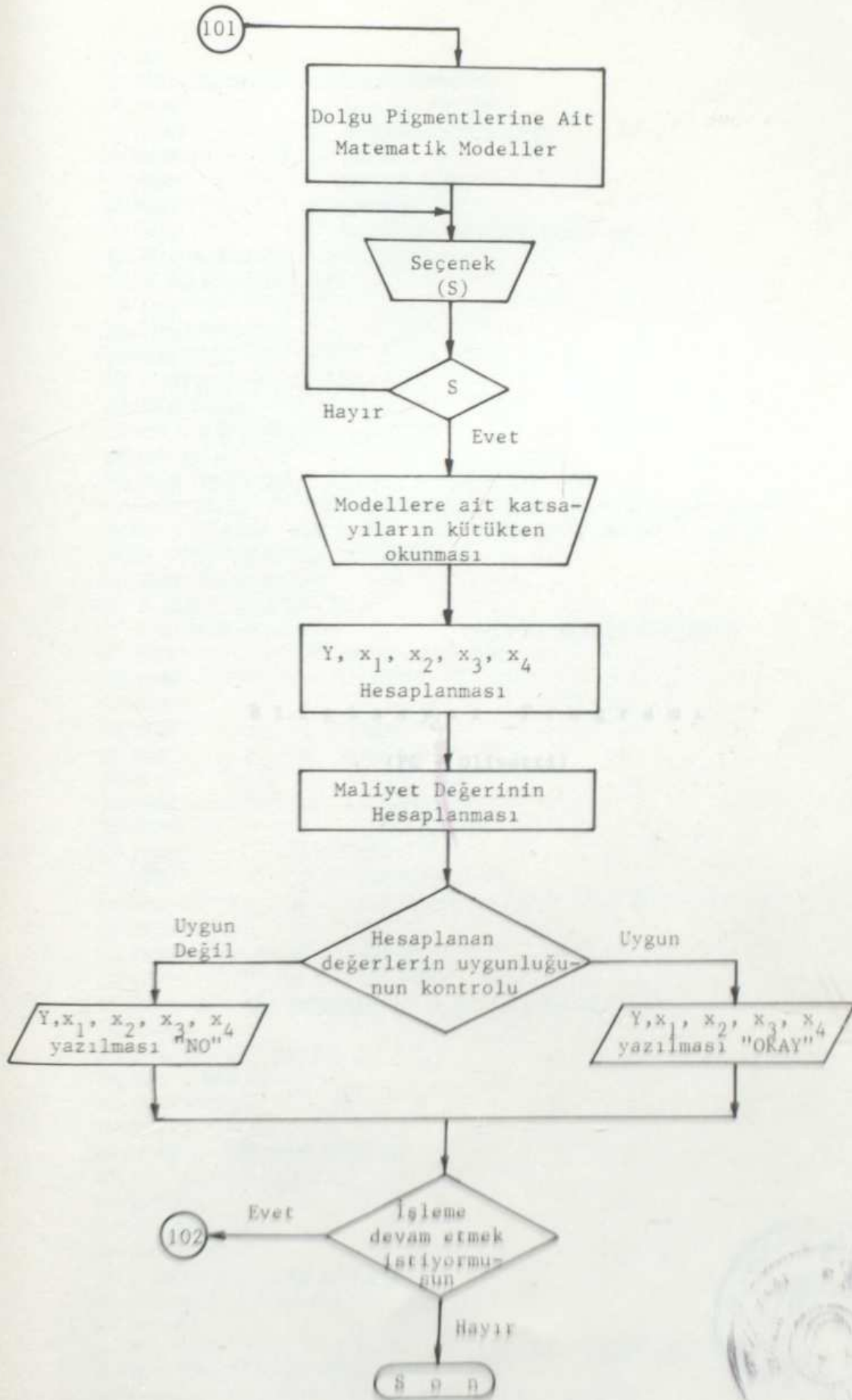


Dolgu Pigmenti Seçimi İçin Geliştirilen Bilgisayar Programı, Akış Diyagramı, Hesaplama Yöntemi ve Örnek Hesaplama Sonuçları



Bilgisayar Programına Ait
Akış Diyagramı






```
10 DIM X(10)
20 CLS
30 PRINT "SECENEKLER":PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
40 PRINT"      1  TANK ICI KAPLAMA"
50 PRINT"      2  SIZDIRMAZ CONTALIK LEVHA"
60 PRINT"      3  HORTUM"
70 PRINT"      4  AYAKKABI TABANI"
80 PRINT"      5  DIYAFRAM"
90 PRINT"      6  MEKANIK URUNLER":PRINT:PRINT:PRINT
100 PRINT"SECENEGİNİZ <1-2-3-4-5-6>";:INPUT S
110 IF S<1 OR S>6 THEN 100
120 SS=S
130 Y$="KY"+STR$(S)
140 OPEN "I",S, Y$
150 IF EOF(S) THEN CLOSE S:GOTO 190
160 INPUT #S,X1$
170 FOR T= 1 TO 6:INPUT #S, X(T):NEXT T
180 GOTO 150
190 PRINT TAB(20)"LASTIK UFUNLERİNE AIT ÖZELLİKLER":PRINT
200 PRINT TAB(20)" 1 - % 300 MODULUS":PRINT TAB(20)" 2 - ÇEKME GERİLİMİ":PRINT
210 PRINT TAB(20)" 3 - % UZAMA":PRINT TAB(20)" 4 - SERTLİK 1":PRINT TAB(20)" 5 - SERTLİK 2"
220 PRINT TAB(20)" 6- SERTLİK 3"
230 INPUT "SECENEGİNİZ";SE
240 IF SE<1 OR SE >6 THEN 210
250 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT"      MATEMATİK MODELLER":PRINT:PRINT
260 PRINT"      SECENEKLER":PRINT:PRINT
270 PRINT"      1  FALSİT"
280 PRINT"      2  FADLEN"
290 PRINT"      3  TALK"
300 PRINT"      4  DEMİR OKSİT"
310 PRINT"      5  SİLİSİT ASİT"
320 PRINT"      6  TİTAN DİOKSİT"
330 PRINT"      7  LİNYİT KÖMÜRÜ"
340 PRINT"      8  BARI"
350 PRINT"      9  ÇİRD KÖMÜR"
360 PRINT"     10  ÇİRD OKSİT"
370 PRINT"     11  SİLİS"
380 PRINT"     12  GRAFİT"
390 PRINT"     13  TAŞ KÖMÜRÜ"
400 PRINT:PRINT:PRINT"SECENEKLERİNİZ <1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13>";
410 INPUT S
420 IF S<1 OR S>13 THEN 390
430 IF S> 7 THEN 470
440 Y$="M"+STR$(S)
450 OPEN "I",S, Y$
460 IF EOF(S) THEN CLOSE S:GOTO 520
470 INPUT #S,A,B,C,D,E,F,G,H
480 GOTO 440
490 Y$="M"+STR$(S)
500 OPEN "I",S, Y$
510 IF EOF(S) THEN CLOSE S:GOTO 520
520 INPUT #S,A,B,C,D,E,F,G,H,I,J
530 GOTO 490
540 ON S GOTO 570,1090,570,1090,570,1100,570,1350,1440,1520,1520,1610,1520
550 ON SE GOTO 540,550,560,570,570,570
560 Y=A+B*X(1E):X1=E*F/(Y-A)/B:X2=(Y-C)/D:X3=(Y-E)/F:X4=(Y-G)/H:GOTO 580
570 Y=C+D*X(1E):X1=E*F/(Y-A)/B:X2=(Y-C)/D:X3=(Y-E)/F:X4=(Y-G)/H:GOTO 580
580 Y=E+F*X(1E):X1=E*F/(Y-A)/B:X2=(Y-C)/D:X3=(Y-E)/F:X4=(Y-G)/H:GOTO 580
590 Y=G+H*X(1E):X1=E*F/(Y-A)/B:X2=(Y-C)/D:X3=(Y-E)/F:X4=(Y-G)/H:GOTO 580
600 ON S GOTO 590,1110,1140,1190,1220,1210,1160,1120,1180,1200,1130,1150,1170
```



```
590 Y1=-.446*(Y/100)+1.829:GOTO 600
600 PRINT:CLS
610 IF S=1 THEN PRINT TAB(20)"KALSIT":PRINT
620 IF SS=1 THEN PRINT TAB(10)" TANK ICI KAPLAMA ":PRINT
630 IF S=2 THEN PRINT TAB(20)"KAOLEN":PRINT
640 IF SS=2 THEN PRINT TAB(10)" SIZDIRMAZ CONTALIK":PRINT
650 IF S=3 THEN PRINT TAB(20)"TALK":PRINT
660 IF SS=3 THEN PRINT TAB(10)" HORTUM":PRINT
670 IF S=4 THEN PRINT TAB(20)"DEMIR OKSIT":PRINT
680 IF SS=4 THEN PRINT TAB(10)" AYAKKABI TABANI":PRINT
690 IF SE=1 THEN PRINT TAB(10)" MODULUS ":PRINT
700 IF SE=2 THEN PRINT TAB(10)" CEKME GERILIMI":PRINT
710 IF SE=3 THEN PRINT TAB(10)" UZAMA ":PRINT
720 IF SE=4 THEN PRINT TAB(10)" SERTLIK 1":PRINT
730 IF SE=5 THEN PRINT TAB(10)" SERTLIK 2":PRINT
740 IF SE=6 THEN PRINT TAB(10)" SERTLIK 3":PRINT
750 IF S=5 THEN PRINT TAB(20)"SILISIK ASIT":PRINT
760 IF SS=5 THEN PRINT TAB (10)" DIYAFRAM":PRINT
770 IF S=6 THEN PRINT TAB(20)"TITAN DIOKSIT":PRINT
780 IF SS=6 THEN PRINT TAB(10)" MEKANIK URUNLER":PRINT
790 IF S=7 THEN PRINT TAB(20)"LINYIT KOMURU":PRINT
800 IF S=8 THEN PRINT TAB(20)"BARIT":PRINT
810 IF S=9 THEN PRINT TAB(20)"CINKO KROMAT":PRINT
820 IF SE=1 THEN X1=X(SE)
830 IF SE=2 THEN X2=X(SE)
840 IF SE=3 THEN X3=X(SE)
850 IF X2>X(2) AND X3>X(3) AND X4>X(4) AND X4<X(6) THEN OK=1
860 IF X1>X(1) AND X3>X(3) AND X4>X(4) AND X4<X(6) THEN OK=1
870 IF X1>X(1) AND X2>X(2) AND X4>X(4) AND X4<X(6) THEN OK=1
880 IF X1>X(1) AND X2>X(2) AND X3>X(3) THEN OK=1
890 IF SE=4 OR SE=5 OR SE=6 THEN X4=X(SE)
900 IF S=10 THEN PRINT TAB(20)"CINKO OKSIT":PRINT
910 IF S=11 THEN PRINT TAB(20)"SILIS":PRINT
920 IF S=12 THEN PRINT TAB(20)"GRAFIT":PRINT
930 IF S=13 THEN PRINT TAB(20)"TAS KOMURU":PRINT
940 PRINT TAB(1)"MAT.MOD.DEG.":TAB(14)"MODULUS":TAB(28)"CEKME GER.":TAB(42)"UZAM
A":TAB(56)"SERTLIK":TAB(70)"MALİYET"
950 PRINT TAB(1)Y:TAB(14)X1:TAB(28)X2:TAB(42)X3:TAB(56)X4:TAB(70)Y1
960 IF OK=1 THEN PRINT TAB(80)"OKAY"
970 IF OK=0 THEN PRINT TAB(80)"NO"
980 D=D+1
990 IF D=3 THEN 1040
1000 IF S=8 AND SE=3 THEN 1410
1010 IF S=9 AND SE=3 THEN 1490
1020 IF (S=10 OR S=11 OR S=13) AND SE=3 THEN 1580
1030 IF S=12 AND SE=3 THEN 1670
1040 INPUT "DEVAM ETMEK ISTIYOR MUSUNUZ (E/H)";G$
1050 IF G$<>"E" AND G$<>"H" THEN 1040
1060 IF G$="E" THEN 30
1070 END
1080 ON SE GOTO 1230,1240,1250,1260,1260,1260
1090 ON SE GOTO 1270,1280,1290,1300,1300,1300
1100 ON SE GOTO 1310,1320,1330,1340,1340,1340
1110 Y1=-.42*(Y/100)+1.829:GOTO 600
1120 Y1=-.398*(Y/100)+1.83:GOTO 600
1130 Y1=-.375*(Y/100)+1.83:GOTO 600
1140 Y1=-.42*(Y/100)+1.829:GOTO 600
1150 Y1=-.111*(Y/100)+1.829:GOTO 600
1160 Y1=-.565*(Y/100)+1.829:GOTO 600
1170 Y1=-.536*(Y/100)+1.83:GOTO 600
```



```

1170 Y1=-.536*(Y/100)+1.83:GOTO 600
1180 Y1=1.157*(Y/100)+1.832:GOTO 600
1190 Y1=1.4*(Y/100)+1.829:GOTO 600
1200 Y1=2.15*(Y/100)+1.828:GOTO 600
1210 Y1=3.401*(Y/100)+1.829:GOTO 600
1220 Y1=.649*(Y/100)+1.829:GOTO 600
1230 Y=A+B*LOG(X(SE)):X2=(Y-C)/D:X3=(Y-E)/F:X4=EXP((Y-G)/H):GOTO 580
1240 Y=C+D*X(SE):X1=EXP((Y-A)/B):X3=(Y-E)/F:X4=EXP((Y-G)/H):GOTO 580
1250 Y=E+F*X(SE):X1=EXP((Y-A)/B):X2=(Y-C)/D:X4=EXP((Y-G)/H):GOTO 580
1260 Y=G+H*LOG(X(SE)):X1=EXP((Y-A)/B):X2=(Y-C)/D:X3=(Y-E)/F:GOTO 580
1270 Y=A+B*LOG(X(SE)):X2=(Y-C)/D:X3=EXP((Y-E)/F):X4=(Y-G)/H:GOTO 580
1280 Y=C+D*X(SE):X1=EXP((Y-A)/B):X3=EXP((Y-E)/F):X4=(Y-G)/H:GOTO 580
1290 Y=E+F*LOG(X(SE)):X1=EXP((Y-A)/B):X2=(Y-C)/D:X4=(Y-G)/H:GOTO 580
1300 Y=G+H*X(SE):X1=EXP((Y-A)/B):X2=(Y-C)/D:X3=EXP((Y-E)/F):GOTO 580
1310 Y=A+B*LOG(X(SE)):X2=(Y-C)/D:X3=(Y-E)/(1/F):X4=EXP((Y-G)/H):GOTO 580
1320 Y=C+D*X(SE):X1=EXP((Y-A)/B):X3=(Y-E)^(1/F):X4=(Y-G)/H:GOTO 580
1330 Y=E+F*LOG(X(SE)):X1=EXP((Y-A)/B):X2=(Y-C)/D:X4=(Y-G)/H:GOTO 580
1340 Y=G+H*LOG(X(SE)):X1=EXP((Y-A)/B):X2=(Y-C)/D:X3=(Y-E)^(1/F):GOTO 580
1350 ON SE GOTO 1360,1380,1400,1420,1420,1420
1360 Y=A+B*LOG(X(SE)):X2=(Y-C)/D:X4=EXP((Y-I)/J)
1370 GOSUB 1700:GOTO 580
1380 Y=C+D*X(SE):X1=EXP((Y-A)/B):X4=EXP((Y-I)/J)
1390 GOSUB 1700:GOTO 580
1400 D=1:Y=E+F*X(SE):X1=EXP((Y-A)/B):X2=(Y-C)/D:X4=EXP((Y-I)/J):GOTO 580
1410 Y=G+H*X(SE):X1=EXP((Y-A)/B):X2=(Y-C)/D:X4=EXP((Y-I)/J):GOTO 580
1420 Y=I+J*LOG(X(SE)):X1=EXP((Y-A)/B):X2=(Y-C)/D:X4=EXP((Y-I)/J)
1430 GOSUB 1700:GOTO 580
1440 ON SE GOTO 1450,1470,1480,1500,1500,1500
1450 Y=A+B*X(SE):X2=(Y-C)/D:X4=(Y-I)/J
1460 GOSUB 1700:GOTO 580
1470 Y=C+D*X(SE):X1=(Y-A)/B:X4=(Y-I)/J:GOSUB 1700:GOTO 580
1480 D=1:Y=E+F*X(SE):X1=(Y-A)/B:X2=(Y-C)/D:X4=(Y-I)/J:GOTO 580
1490 Y=G+H*X(SE):X1=(Y-A)/B:X2=(Y-C)/D:X4=(Y-I)/J:GOTO 580
1500 Y=I+J*X(SE):X1=(Y-A)/B:X2=(Y-C)/D:X4=(Y-I)/J
1510 GOSUB 1700:GOTO 580
1520 ON SE GOTO 1530,1550,1570,1570,1570,1570
1530 Y=A+B*LOG(X(SE)):X2=(Y-C)/D:X4=EXP((Y-I)/J)
1540 GOSUB 1720:GOTO 580
1550 Y=C+D*X(SE):X1=EXP((Y-A)/B):X4=EXP((Y-I)/J)
1560 GOSUB 1720:GOTO 580
1570 D=1:Y=E+F*X(SE):X1=EXP((Y-A)/B):X2=(Y-C)/D:X4=EXP((Y-I)/J):GOTO 580
1580 Y=G+H*X(SE):X1=EXP((Y-A)/B):X2=(Y-C)/D:X4=EXP((Y-I)/J):GOTO 580
1590 Y=I+J*LOG(X(SE)):X1=EXP((Y-A)/B):X2=(Y-C)/D:X4=EXP((Y-I)/J)
1600 GOSUB 1720:GOTO 580
1610 ON SE GOTO 1620,1640,1660,1680,1680,1680
1620 Y=A+B*LOG(X(SE)):X2=(Y-C)/D:X4=(Y-I)/J
1630 GOSUB 1740:GOTO 580
1640 Y=C+D*X(SE):X1=EXP((Y-A)/B):X4=(Y-I)/J
1650 GOSUB 1740:GOTO 580
1660 D=1:Y=E+F*X(SE):X1=EXP((Y-A)/B):X2=(Y-C)/D:X4=(Y-I)/J:GOTO 580
1670 Y=G+H*X(SE):X1=EXP((Y-A)/B):X2=(Y-C)/D:X4=(Y-I)/J:GOTO 580
1680 Y=I+J*LOG(X(SE)):X1=EXP((Y-A)/B):X2=(Y-C)/D:X4=(Y-I)/J
1690 GOSUB 1740:GOTO 580
1700 IF Y<25 THEN X3=(Y-E)/F
1710 IF Y>50 THEN X3=(Y-G)/H:RETURN
1720 IF Y<33.33 THEN X3=(Y-E)/F
1730 IF Y>33.33 THEN X3=(Y-G)/H:RETURN
1740 IF Y<16.67 THEN X3=(Y-E)/F
1750 IF Y>16.67 THEN X3=(Y-G)/H:RETURN
1760 K=0

```



Dolgu Pigmenti Seçimi İçin
Hesaplama Yöntemi

Geliştirdiğimiz bilgisayar programı yardımıyla bir dolgu pigmentinin istenilen lâstik ürünü minimum özelliklerine uygunluğunun belirlenmesi için aşağıdaki hesaplamalar yapılmıştır.

1. Dolgu pigmentine ait matematik modellerde, lâstik ürünü özelliklerinden (%300 modulus, çekme gerilimi, % uzama, sertlik) birisi kullanılarak, o dolgu pigmentine ait reçete oranı (pphr) hesaplanmıştır.
2. Hesaplanan dolgu pigmenti reçete oranı yardımıyla matematik modellerden diğer lâstik özellikleri hesaplanmıştır. Örneğin, lâstik ürününün %300 modulus değeri, matematik modelinde kullanılarak, reçete oranı hesaplanmış, hesaplanan reçete oranından diğer lâstik özellikleri; çekme gerilimi, % uzama, sertlik değerleri hesaplanmıştır.
3. Dolgu pigmentine ait fiat modelinde, hesaplanan dolgu pigmenti reçete oranı kullanılarak, dolgu pigmentinin reçete maliyeti hesaplanmıştır.
4. Hesaplamalar (1, 2, 3 no.lu) istenilen lâstik ürününe ait özelliklerin herbiri için tekrarlanmıştır. Hesaplarla bulunan sonuçların, lâstik ürünü minimum özelliklerine uygunluğu kontrol edilmiştir. Uygun olanlara "OKAY", olmayanlara "NO" yazılmıştır. Örnek hesaplama sonuçları sayfa 89-91'de gösterilmiştir.



KALSIT

TAM İÇİ KAPLAMA

MODULUS

MAT.MOD.DEG.	MODULUS	CEMME GER.	UZAMA	SERTLİK	MALİYET
29.71067	35	112.349	566.5894	57.61363	1.69649

OLAY

KALSIT

TAM İÇİ KAPLAMA

CEMME GERİLİMİ

MAT.MOD.DEG.	MODULUS	CEMME GER.	UZAMA	SERTLİK	MALİYET
32.7337	29.88657	100	505.1356	56.17880	1.683008

NO

KALSIT

TAM İÇİ KAPLAMA

UZAMA

MAT.MOD.DEG.	MODULUS	CEMME GER.	UZAMA	SERTLİK	MALİYET
-5.593799	221.368	256.565	350	74.36924	1.853947

NO

KALSIT

TAM İÇİ KAPLAMA

SERTLİK 1

MAT.MOD.DEG.	MODULUS	CEMME GER.	UZAMA	SERTLİK	MALİYET
35.21759	26.24725	87.85339	600.3741	55	1.67193

NO

KALSIT

TAM İÇİ KAPLAMA

SERTLİK 2

MAT.MOD.DEG.	MODULUS	CEMME GER.	UZAMA	SERTLİK	MALİYET
24.6826	45.51494	132.8885	535.7427	60	1.718716

OLAY

KALSIT

TAM İÇİ KAPLAMA

SERTLİK 3

MAT.MOD.DEG.	MODULUS	CEMME GER.	UZAMA	SERTLİK	MALİYET
14.1476	78.92075	175.5236	471.1104	65	1.765902

OLAY



KALSİT

SIZDIRMAZ CANTALIK

MODULUS

MAT.MOD.DEG.	MODULUS	CEKME GER.	UZAMA	SERTLIK	MALİYET
32.6612	30	100.2962	584.6908	56.21329	1.683331

OKAY

KALSİT

SIZDIRMAZ CANTALIK

CEKME GERİLİMİ

MAT.MOD.DEG.	MODULUS	CEKME GER.	UZAMA	SERTLIK	MALİYET
35.1817	26.29852	90	600.154	55.01704	1.67209

NO

KALSİT

SIZDIRMAZ CANTALIK

UZAMA

MAT.MOD.DEG.	MODULUS	CEKME GER.	UZAMA	SERTLIK	MALİYET
2.556599	144.6068	223.2725	400	70.50118	1.817598

NO

KALSİT

SIZDIRMAZ CANTALIK

SERTLIK 1

MAT.MOD.DEG.	MODULUS	CEKME GER.	UZAMA	SERTLIK	MALİYET
45.7526	15.13839	46.81824	665.0061	50	1.624943

NO

KALSİT

SIZDIRMAZ CANTALIK

SERTLIK 2

MAT.MOD.DEG.	MODULUS	CEKME GER.	UZAMA	SERTLIK	MALİYET
35.21759	26.24725	89.85339	600.3741	55	1.67193

NO

KALSİT

SIZDIRMAZ CANTALIK

SERTLIK 3

MAT.MOD.DEG.	MODULUS	CEKME GER.	UZAMA	SERTLIK	MALİYET
24.6826	45.51494	132.8885	535.7423	60	1.718216

OKAY



KAOLEN

SIZDIRMAZ CANTALIK

MODULUS

MAT.MOD.DEG.	MODULUS	CEKME GER.	UZAMA	SERTLIK	MALİYET
31.01157	30	124.9538	746.5345	55.9728	1.698751

OKAY

KAOLEN

SIZDIRMAZ CANTALIK

CEKME GERILIMI

MAT.MOD.DEG.	MODULUS	CEKME GER.	UZAMA	SERTLIK	MALİYET
41.2985	17.63957	90	875.9296	52.19157	1.655546

NO

KAOLEN

SIZDIRMAZ CANTALIK

UZAMA

MAT.MOD.DEG.	MODULUS	CEKME GER.	UZAMA	SERTLIK	MALİYET
3.462099	124.3891	218.5641	400	67.59275	1.014459

NO

KAOLEN

SIZDIRMAZ CANTALIK

SERTLIK 1

MAT.MOD.DEG.	MODULUS	CEKME GER.	UZAMA	SERTLIK	MALİYET
47.57556	12.75722	69.67122	954.8563	50	1.629183

NO

KAOLEN

SIZDIRMAZ CANTALIK

SERTLIK 2

MAT.MOD.DEG.	MODULUS	CEKME GER.	UZAMA	SERTLIK	MALİYET
33.62933	26.20784	116.059	779.4621	55	1.687757

NO

KAOLEN

SIZDIRMAZ CANTALIK

SERTLIK 3

MAT.MOD.DEG.	MODULUS	CEKME GER.	UZAMA	SERTLIK	MALİYET
20.69769	50.56824	159.3202	619.3143	60	1.74123

OKAY



Ö Z G E Ç M İ Ş

1944 yılında Kırıkkale'de doğdum, ilk, orta ve lise öğrenimimi Kırıkkale'de tamamladım. 1968 yılında A.Ü.Fen Fakültesi Kimya Mühendisliği bölümünden Kimya Yüksek Mühendisi olarak mezun oldum. 1968-1970 yılları arasında Milli Savunma Bakanlığında yedek subay olarak askerlik hizmetimi tamamladım. 1970-1972 yılları arasında MKEK, Barut Fabrikasında Etüd ve Plânlama Mühendisi olarak çalıştıktan sonra, 1972'de Petkim Petrokimya A.Ş.'nin Yarımca tesislerindeki Stiren Butadien Sentetik Kauçuğu fabrikasında İşletme Mühendisi olarak göreve başladım. Görevim sırasında sentetik kauçuk prosesi konusunda, 3 ay süreli teorik ve pratik eğitim görmek üzere 1973 yılında Kanada'nın Sarnia şehrinde bulunan Polysar Ltd. firmasına gönderildim. 1976 yılında da yine aynı firmanın Fransa-Strasburg'da bulunan fabrikalarında sentetik kauçuğu (SBR) üretiminde karşılaşılan darboğazların giderilmesi konusunda kısa süreli incelemelerde bulundum. Ayrıca yurt içinde mesleğimle ilgili konularda çeşitli kurs ve seminerlere katıldım. 1977 yılından sonra Petkim Petrokimya A.Ş.'nin Proses Mühendisliği bölümünde Şef, Başmühendis ve Müdür Muavini görevlerinde bulundum. 1987 yılından bu zamana kadar Teknik Kontrol Müdürü görevini sürdürmekteyim.



