

**GRAFİT TOZUNUN KAUCUK KARIŞIMLARIN ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**Ezgi ERBEK CÖMEZ<sup>1</sup>, Halit Levent HOŞGÜN<sup>2\*</sup>, Selda ÖZTÜRK<sup>3</sup><sup>1</sup> Haksan Otomotiv Mam. San. Ve Tic. A.Ş., BURSA, ORCID No : <https://orcid.org/0000-0001-6283-6960><sup>2</sup> Bursa Teknik Üniversitesi, Kimya Mühendisliği, BURSA, ORCID No : <https://orcid.org/0000-0002-6699-666X><sup>3</sup> Haksan Otomotiv Mam. San. Ve Tic. A.Ş., BURSA, ORCID No : <https://orcid.org/0000-0002-4719-790X>

Anahtar Kelimeler	Öz
Etilen Propilen Dien Monomer (EPDM) Mekanik Özellikler Vulkanizasyon Grafit	<i>Kauçuk ürünler vulkanizasyonun keşfedilmesiyle beraber günümüzde farklı alanlarda sıkça kullanılmaya başlanmıştır. Bu ürünler beyaz eşya, otomotiv, uçak ve roket sanayi, inşaat ve demir yolu gibi sektörlerde değerli yere sahiptirler. Kauçuk ürünlerin fazla kullanımı kauçuk çeşitliliğinin önemini de arttırmaktadır. Her kauçuk tipinin kendine has özellikleri bulunmaktadır ve kullanım yerlerine göre özel katkı malzemeleri ilaveleriyle bu özellikler daha da geliştirilebilmektedirler. Etilen Propilen Dien Monomer (EPDM) kauçuğu kendine has özelliklerinden dolayı tercih edilen kauçuklar arasındadır ve özel katkı malzemeleri kullanılarak yetersiz yönlerinin geliştirilebilmesi mümkün bir kauçuk türüdür. Bu çalışmanın amacı EPDM karışımına toz grafit katkı malzemesinin ilavesi ile mekanik özelliklerine etkisinin incelenmesidir. Bunun için çalışma kapsamında iki farklı türde kauçuk karışımları oluşturulmuştur. Karışım reçetelerine özel katkı malzemesi olarak toz grafit (EPDM GP) 10 phr oranında eklenmiş, saf karışım reçetesiyle (EPDM 0) reolojik ve mekanik değerleri karşılaştırılmıştır. Kauçuk karışımlarının reolojik değerleri, viskoziteleri, sertlikleri, modül değerleri, kopma mukavemetleri, uzama miktarları, yoğunlukları, külleri, yanma davranışları ve çapraz bağ yoğunlukları analiz edilmiştir. Grafit katkısının kauçuğun mekanik değerlerine olumlu etki ettiği belirlenmiştir. Grafitin karışıma katılmasıyla kauçuk karışımın yanma eğiliminin arttırdığı görülmektedir. Bununla birlikte kauçuk karışıma grafitin eklenmesi çapraz bağ yoğunluklarını (CLD) da arttırmaktadır.</i>

**INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF GRAPHITE POWDER ON RUBBER COMPOUNDS**

Keywords	Abstract
Ethylene Propylene Diene Monomer (EPDM) Mechanical Properties Vulcanization Graphite	<i>Rubber products have been widely used in different fields since the discovery of vulcanization. These products have significant value in sectors such as appliances, automotive, aviation and aerospace, construction, and railways. The extensive use of rubber products increases the importance of rubber diversity. Each type of rubber has unique characteristics, and these properties can be further enhanced by adding special additives based on their specific applications. Ethylene Propylene Diene Monomer (EPDM) rubber is one of the preferred types of rubber due to its distinctive properties, and it can be improved in its weak aspects by using special additives. The aim of this study is to investigate the effect of adding graphite powder to EPDM rubber compounds on their mechanical properties. Two different types of rubber compounds were prepared within the scope of the study. Graphite powder (EPDM GP) was added to the compound recipes at a ratio of 10 phr as a special additive, and the rheological and mechanical values were compared with the pure compound recipe (EPDM 0). The rheological properties, viscosity, hardness, modulus, tensile strength, elongation, density, ash content, combustion behavior, and cross-link density of the rubber compounds were analyzed. It was determined that the addition of graphite had a positive effect on the mechanical properties of the rubber. The incorporation of graphite into the compound increased the tendency of the rubber compound to burn. Additionally, adding graphite to the rubber compound also increased the cross-link density (CLD).</i>

Araştırma Makalesi

Research Article

Başvuru Tarihi : 19.09.2023

Submission Date : 19.09.2023

Kabul Tarihi : 29.12.2023

Accepted Date : 29.12.2023

\* Sorumlu yazar : [hlevent.hosgun@btu.edu.tr](mailto:hlevent.hosgun@btu.edu.tr)<https://doi.org/10.31796/ogummf.1362839>Bu eser, Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) hükümlerine göre açık erişimli bir makaledir.This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## 1. Giriş

Kauçuk ürünler kolay işlenebilme, aşınmaya karşı kuvvetli dayanım, yüksek esneklik, düşük deformasyon, düşük yayılma, yüksek yırtılma dayanımı gibi özelliklere sahiptir. Aynı zamanda polar çözücülere karşı da dayanıklıdır (Akyüz, 2020). Kauçuk malzemeler sahip oldukları özellikler sayesinde farklı endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılan malzemelerdir. Örneğin, otomotiv endüstrisinde; araç lastiklerinin, alçak basınç hortumlarının, araba gövde bağlantılarının ana bileşeni kauçuk malzemedir. Kauçuk malzemeler, fiziksel ve kimyasal özellikleriyle artık günümüzün vazgeçilmez bir mühendislik malzemesi olmuştur (Boşnak, 2010).

Kauçuk malzemelerin fonksiyon alanındaki performansını birçok faktör etkilemektedir. Bunlardan biri kauçuk karışımları içerisinde kullanılan hammaddelerdir. Kauçuk karışımı, kauçuk ve diğer hammaddeler ile katkı maddelerinden oluşan, vulkanize edilebilen bir karışımdır. Kauçuk karışımları içerisinde kauçuk ana kalem oluşturmakta ancak kauçuğun dışında birçok hammadde de bulunmaktadır. Bu hammaddelerin büyük bir bölümünü dolgu maddeleri oluşturmaktadır. Dolgu maddelerinin, kauçuk karışımının özelliklerine etkileri, başlıca iki özelliğinin ölçülmesi ile izlenmektedir. Bu özellikler, kopma dayanımı ve modül değerleridir. Kauçuğun modül değeri ne kadar yüksek ise, kauçuğun kopma dayanımında bir o kadar çok enerjiye ihtiyaç duyulacaktır (Saraç, 2013). Bu dolgu maddelerinin yanı sıra karışımın özelliklerini iyileştirmek için özel katkı malzemeleri de kullanılabilir. Kauçuk malzemeler hidrokarbon içerikli olduklarından dolayı yanma eğilimleri çok yüksektir. Günümüzde sanayileşmenin artmasıyla birlikte nüfusun da artması yangın riskleri de arttırmış, dolayısıyla da alev geciktirici ürünlerin kullanımına ihtiyaç olmuştur (Katircioğlu, 2018). Bu bakımdan alev geciktirici malzemeler de özel katkı malzemesi olarak günümüzde kullanılabilir.

Kauçuk karışımlarında kullanılabilen bir diğer özel katkı malzemesi de grafitir. Grafit yaygın olarak kullanılan bir katı yağlayıcıdır. Grafit doğada bol miktarda bulunabilir ve iletken polimer kompozitlerin hazırlanmasında iletkenlik artırıcı bir dolgu maddesi olarak kullanılır. Ayrıca grafit katkılı kauçuk karışımlarının düşük kalıcı deformasyona sahip olduğu bilinmektedir (İsmail ve Khalaf, 2010).

Bu çalışmada kauçuk karışımında Etilen Propilen Dien Monomer (EPDM) kullanılarak 2 ayrı çeşit kauçuk karışım oluşturulmuştur. Bu karışımlar;

- İçerisinde toz grafit olmayan kauçuk karışım (EPDM-0),
- İçerisine 10 per hundred rubber (phr) oranında toz grafit eklenmiş kauçuk karışımıdır (EPDM-GP).

Bu karışımların reolojik, mekanik özellikler, çapraz bağ yoğunlukları ve yanmazlık kriterleri incelenerek karşılaştırmaları yapılmıştır.

## 2. Bilimsel Yayın Taraması

İsmail ve Khalaf (2010), stiren butadien kauçuk/grafit tozu kompozitlerinin fiziksel, mekanik özelliklerini ve morfolojik davranışlarını incelemiştir. Çalışma dahilinde grafit tozunun ağırlık fraksiyonları ve partikül boyutları karşılaştırılmıştır. Karışım içerisinde kullanılan grafit miktarındaki artışın maksimum torku, kopma dayanımını arttırdığını buna karşı uzama miktarını azalttığı görülmüştür. Ayrıca grafitin tane boyutundaki küçülme kopma dayanımını arttırdığı ve denge şişme değerlerini azalttığı bulunmuştur. Dielektrik değerler de incelenmiş, artan grafit içeriği ile beraber dielektrik kaybı ve geçirgenlik değerlerinin arttığı bulunmuştur (İsmail ve Khalaf, 2010).

Alam ve arkadaşları (2022), doğal kauçukta silika ve grafit tozunun dağılım ve güçlendirme davranışları incelemiştir. Çalışma içeriğinde silika ve grafit karışım içerisinde farklı miktarlarda hem tek başına kullanılmış hem de bu iki dolgu malzemesi karışım olarak reçete içeriğinde denenmiştir. Sonuç olarak en kuvvetli sonuçların aynı oranında ikili karışımda sergilendiği bulunmuştur. %100 modül değerinin %110, kopma dayanımı değerlerinin %15 arttığı görülmüştür ve tek başına kullanılan dolgu sistemlere kıyasla daha kuvvetli yaşlandırma direnci ve mekanik özellikler sergilediği görülmüştür. Ayrıca karışımın çok kuvvetli dolgu dispersiyonuna sahip olduğu görülmüştür (Alam, Kumar, Potiyaraj, Lee ve Choi, 2022).

Yang ve arkadaşları (2006), farklı form ve boyutta 4 farklı özelliklerdeki grafit tozunun 20, 40 ve 60 phr miktarlarında akrilonitril butadien kauçuğa ilavesiyle elde edilen karışımların özelliklerini araştırmıştır. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizi sonucunda genişletilmiş grafitin kauçuk ile disperse olmadığı ve homojen olarak küçük parçalara ayrılmadığı görülmüştür. Kopma dayanımının beklenildiği üzere en küçük boyuta sahip grafitte olduğu görülmüştür. Grafit tozunun karışım içerisindeki oranının artmasıyla kauçuğun tribolojik özellikleri de iyileşmiştir. En büyük parçacık boyutuna sahip grafit tozu ile yapılan karışım en düşük sürtünme katsayısını ve en iyi aşınma değerini vermiştir (Yang, Tian, Jia, Zhang ve Li, 2006).

Mansour ve arkadaşları (2010), Akrilonitril butadien kauçuk (NBR) ve polivinil klorür (PVC) karışımlarının termal iletkenlik, termal yayılım ve özgül ısı kapasitelerini ölçmüşlerdir. Grafit tozunun NBR ve PVC (70/30) karışım içeriğine eklenmesi karışımın termal özelliklerini iyileştirdiği görülmüştür. Elde edilen karışımlardan hazırlanan test numunelerinin ısı iletkenlik değerleri de Maxwell-Eucken, Cheng-Vachon, Lewis-Nielsen, geometrik ortalama ve Agari-Uno modellerine göre araştırılmış ve karşılaştırması yapılmıştır. Çalışma sonucunda Agari-Uno modeli ile

NBR/PVC (30/70)/grafit kompozitlerindeki tüm karışım oranları ve bütün grafit içerikleri için en etkili termal iletkenliği değeri verdiği görülmüştür (Mansour, Ghoury, Shalaan, Eraki ve Bary, 2010).

Obaid (2016), Stiren butadien (SBR) özelliklerini incelemek için %0-25 oranlarında grafit tozunu karışıma eklemiştir. Çalışma sonucunda grafit tozunun karışım içerisindeki miktarının artmasıyla sertliğin, kopma dayanımının, modül değerlerinin arttığı bulunmuştur. Ayrıca yapılan elektriksel iletkenlik testlerinde karışım içerisindeki grafit miktarının artmasıyla beraber elektrik iletkenliğinin arttığı görülmüştür (Obaid, 2016).

### 3. Yöntem

#### 3.1. Hammaddeler

EPDM kauçuk için Arlanxeo firmasından tedarik edilen Keltan 6471 kauçuğu çalışmalarda kullanılmıştır. Dolgu malzemelerinden karbon siyahı için FEF N-550 ve Grafit kullanılmıştır. FEF N-550 Orion firmasından temin edilmiştir. ThermoFisher Scientific markaya sahip toz grafit malzemesi Bursa Teknik Kimya firmasından alınmıştır. Karışım reçetelerinde aktivatör görevinde aktif çinko oksit (ZnO) ve stearik asit kullanılmıştır. Çinko oksit oranı %95 olan aktif çinko oksit kullanılmış ve Melos firmasından tedarik edilmiştir. Stearik asit olarak ise Werba chemical firmasından temin edilen Werbablend FA 10 kullanılmıştır. Proses kolaylaştırıcı olarak Lotte firmasından PEG 4000 (polietilen glikol-4000), kaydırıcı özelliğin artırılabilmesi için Özşahin firmasından doymuş yağ asitleri ve sabunları karışımı olarak belirtilen Struktol EM-16 kimyasalı kullanılmıştır. Karışım içerisinde yumuşatıcı olarak EPDM ile uyumlu olan parafinik yağ kullanılmıştır ve yağ Petrol Ofisi firmasından tedarik edilmiştir. Kükürt (S-80) Mixland firmasından tedarik edilmiştir. Tüm reçetelerde hızlandırıcı grubunda kullanılan Çinko bis (dibenzilditiokarbamat) (ZBEC), N-Tersiyer Bütil 1-2-Benzotiyazol Sülfenamid (TBBS) ve 2,2'-Ditiobisbenzotiyazol disülfür (MBTS) Mixland firmasından tedarik edilmiştir.

Çalışma kapsamında iki farklı kauçuk reçetesi hazırlanmıştır. Hiçbir özel katkı malzemesi eklenmemiş karışıma EPDM 0, toz grafit malzemesi eklenmiş karışıma EPDM GP kısaltma isimleri verilmiştir. Reçete içerikleri Tablo 1'de belirtilmiştir.

Tablo 1. Karışım Reçeteleri

Hammadde	EPDM 0 Miktar (phr)	EPDM GP Miktar (phr)
Keltan 6471	115	115
Fef N-550	120	120
Grafit	0	10
Aktif Çinko	3,50	3,50
Stearik Asit	1	1
PEG 4000	5	5
StruktolEM 16	2	2
Promet 46	120	120
ZBEC	2	2
TBBS	2	2
MBTS	1,80	1,80
S-80	1,50	1,50

#### 3.2. Karışımın Hazırlanması

Tüm karışımlar 3L ölçeğinde laboratuvar tipi banbury ve mil (Werner Pfeedener-Almanya) prototip makinelerinde yapılmıştır. Banbury'e ilk önce kauçuk matris atılmıştır. Kauçuğun parçalanması için 30-35 sn karışıma devam edilmiştir. Kauçuğun ardından karbon siyahı ve reçete içeriğinde varsa özel dolgu malzemesi (grafit) eklenmiştir. Hemen ardından kimyasal grubu (ZnO, Stearik Asit, PEG 4000, Struktol EM16) karışıma ilave edilip malzemelerin kauçukla karışması için 30-40 sn daha karışıma devam edilmiştir. Üstüne proses yağlayıcısı-parafinik yağ ilave edilmiştir. Bu şekilde karışım 4-5 dk daha karıştırılmıştır. Oluşan kauçuk karışımı üzerine 110 °C'de hızlandırıcı grubu (ZBEC, TBBS, MBTS) eklenerek karışım 120 °C'de açık mil'e indirilmiştir. Banburyden açık mile inen karışıma sonra kükürt ilave edilerek 5 dk süresince karıştırılmıştır.

Tüm karışımlar ISO 2393 normuna göre hazırlanmıştır.

#### 3.3. Test Plakalarının Hazırlanması

2, 3 ve 6 mm kalınlığa sahip test plakalarının elde edilmesi için karışım 170 °C 15 dk vulkanizasyona tabi tutulmuştur.

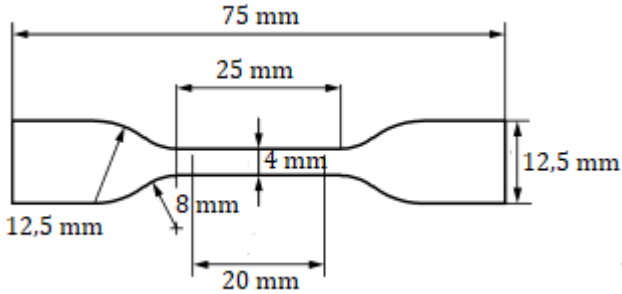
#### 3.4. Reolojik, Mekanik ve Yanmazlık Özelliklerin Belirlenmesi

Çalışma kapsamında sertlik birimi olarak Shore-A (Sh-A) ölçeği kullanılmıştır. Sertlik tayini için ISO 48-4 standardı baz alınarak yapılmıştır. Kopma mukavemeti, uzama ve modül değerlerinin tayini DIN 53504 standardına göre yapılmıştır. Bu testler için Şekil 1 de gösterilen S2 ölçülerinde numuneler kullanılmış, bu ölçüleri elde edebilmek için 2 mm kalınlıktaki test plakasından numuneler kesilmiştir. Yoğunluk tayini Precisia marka test cihazı ile TS ISO 2781 şartnamesine

göre yapılmıştır. Çalışmada karışımların viskozite değerleri Ektron marka cihaz ile 1+4 kriterinde ve 125 °C de tayin edilmiştir. Karışımların içerisindeki inorganik madde miktarını hesaplamak için kül testleri TS ISO 247-1 şartnamesine göre yapılmıştır. Numunelerin çapraz bağ yoğunlukları (CLD) Flory-Rehner Denklem 1 kullanılarak ve ASTM D6814-02 standardına göre hesaplanmıştır. Karışımların reolojik özellikleri ise Alpha MDR 2000 cihazında belirlenmiştir. Vulkanizasyon kriterleri olarak 190 °C 2dk baz alınmıştır. Yanma dayanımlarının tayini için yatay yanma baz alınarak ASTM D635 standardına göre testler gerçekleştirilmiştir. Sertlik tayini, kopma mukavemeti, uzama ve modül değerlerinin tayini, kül ve yoğunluk tayini için testler üç ayrı test numunesi üzerinden gerçekleştirilmiştir. Viskozite tayini, çapraz bağ yoğunluğu tayini, reolojik özelliklerin tayini ve yanma dayanımları tayinleri için her test özelinde birer adet numune kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

$$V_e = \frac{-[\ln(1-V_r) + V_r + X_1 V_r^2]}{[V_1(V_r^3 - V_r)/2]} \quad (1)$$

Burada  $V_e$  çapraz bağ yoğunluğu,  $V_r$  şişmiş numunenin hacim fraksiyonu,  $X_1$  polimer-çözücü etkileşim parametresi,  $V_1$  çözücünün molar hacmi'dir.



Şekil 1. DIN 53504 standardı S2 numune ölçüleri

## 4. Bulgular

### 4.1. Karışımların Reolojik Özellikleri ve Viskozite Değerleri

Karışımların reolojik sonuçları ve viskozite değerleri Tablo 2'de belirtilmiştir.

Tablo 2. Reolojik özellikler ve viskozite değerleri

Karışım	MU (Mooney)	ML (lb-in)	MH (lb-in)	ts <sub>2</sub> (mm:ss)	t <sub>90</sub> (mm:ss)
EPDM 0	16,74	0,58	5,50	0:53	1:37
EPDM GP	15,77	0,56	5,58	0:55	1:38

### 4.2 Karışımların Mekanik Özellikleri

#### 4.2.1 Sertlik, Kopma Mukavemeti, Uzama ve Modül Değerleri

EPDM 0, EPDM GP karışımların sertlik, kopma mukavemeti ve uzama değerleri Tablo 3'de, modül değerleri Tablo 4'te belirtilmiştir.

Tablo 3. Karışımların sertlik, kopma mukavemeti ve uzama değerleri

Karışım	Sertlik (Sh-A)	Kopma Muk. (MPa)	Uzama (%)
EPDM-0	54 ± 0,6	9,80 ± 0,2	542 ± 7,1
EPDM-GP	54 ± 0,6	11,40 ± 0,2	575 ± 6,8

Tablo 4. Karışımların modül değerleri

Karışım	%50 Modül (MPa)	%100 Modül (MPa)	%300 Modül (MPa)
EPDM-0	1,00 ± 0,3	1,70 ± 0,3	4,90 ± 0,2
EPDM-GP	1,10 ± 0,2	2,00 ± 0,2	5,80 ± 0,3

#### 4.2.2. Kül ve Yoğunluk Değerleri

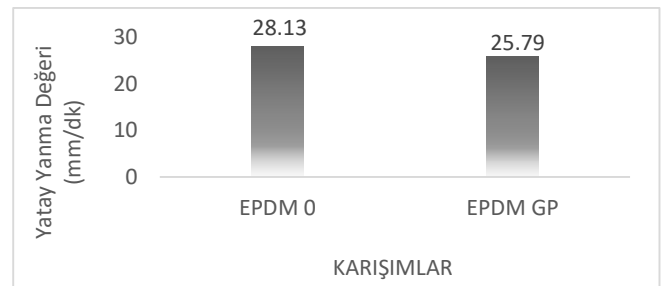
EPDM 0, EPDM GP karışımların yoğunluk ve kül değerleri Tablo 5'te belirtilmiştir.

Tablo 5. Karışımların yoğunluk ve kül değerleri

Karışım	Kül (%)	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )
EPDM 0	1,10 ± 0,02	1,07 ± 0,01
EPDM GP	1,10 ± 0,02	1,08 ± 0,01

#### 4.2.3. Yanmazlık Değerleri

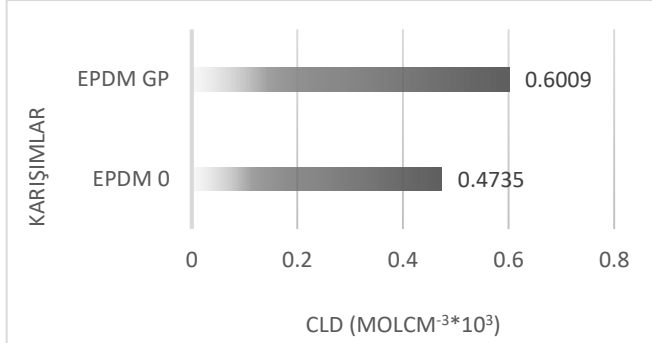
EPDM 0, EPDM GP karışımlara ait yatay yanma sonuçları Şekil 2'te belirtilmiştir.



Şekil 2. Yatay yanma test değerleri

#### 4.2.4. Çapraz Bağ Yoğunlukları

EPDM 0, EPDM GP karışımların CLD değerleri Şekil 3'de belirtilmiştir.



Şekil 3. Karışımlara ait çapraz bağ yoğunlukları

#### 5. Tartışma

Karışımların reolojik verilerinde bulunan ML değerleri ile viskozite tayini sonucu elde edilen viskozite değerleri birbirleriyle uyumlu çıkmıştır. ML değeri ve viskozite, grafit tozunun karışıma eklenmesiyle azalma göstermiştir. MH değeri vulkanizasyon eğrisinin stabil duruma geldiği durumda karışımın maksimum tork değeri olarak ifade edilmektedir. Grafit tozunun katılmasıyla karışımın tork değerinin yükseldiği görülmektedir. Bu durum toz grafitin karışımın kuvvet karşısında mukavemetini arttırdığını gösterebilmektedir. Vulkanizasyon sürelerine bakıldığında ise  $t_{s2}$  ve  $t_{90}$  sürelerinde az miktarda bir ötelenme olmuştur. Bu durum özellikle enjeksiyon prosesi ile çalışan üretimlerde, kullanılan karışımın kalıbın içerisine tamamen doldurulması konusunda olumlu bir etki yaratmaktadır.

Karışımların sertlikleri incelendiğinde EPDM 0, EPDM GP karışımlarının sertlikleri benzerdir. Bu durum ile grafit tozunun diğer aktif özellik taşıyan karbon katkılı malzemeler kadar sertliğe etki etmediği sonucu çıkarılabilmektedir.

Grafit tozunun eklenmesiyle karışımların kopma mukavemetleri ve uzama değerleri daha kuvvetli mekanik değerlere ulaştığı görülmektedir.

%50, %100 ve %300 modül değerleri incelendiğinde toz grafitin karışıma eklenmesiyle azda olsa bir yükselme görülmüştür. Elde edilen yüksek modül değerleri ise yapılan değişik ile çapraz bağlanmanın artması sonucunu çıkarabilmektedir.

Tüm karışımların kül miktarları aynı çıkmıştır. Bu veri 950 °C altında grafitin tamamen yandığı sonucunu çıkarabilmektedir. Yoğunluklar incelendiğinde karışıma toz grafit eklenmesiyle karışım içerisindeki dolgu miktarındaki artış görülmüştür.

EPDM 0 karışımı ile EPDM GP karışımının yanmazlık özellikleri karşılaştırıldığında yanmazlık değeri 28,13 mm/dk değerinden 25,79 mm/dk değerine düşmüştür. Bu değer alevin sönme hızını belirtmektedir. Grafit tozunun eklenmesiyle alev daha erken sömüştür bu da yanmazlık özelliğinin iyileştiğini göstermektedir.

Karışımların CLD değerleri incelendiğinde, karışıma toz grafitin katılmasıyla çapraz bağ yoğunluğunun arttığı görülmektedir. Bu veri modül değerlerinde de ortaya çıkmıştır. EPDM 0 karışımının modül değerleri EPDM GP karışımının modül değerlerinden düşük bulunmuştur.

#### 6. Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında kauçuk karışımlarına etkisini incelemek için özel katkı maddesi olarak grafit tozu karışıma katılmış, elde edilen karışımın özellikleri katkı ilavesiz karışım ile karşılaştırılmıştır.

Çalışma için birçok sektörde kullanımı yaygın olan EPDM kauçuk seçilmiştir. EPDM kauçuk karışım üzerinde etkilerini gözlemlemek için EPDM baz reçetesi (EPDM 0) oluşturulmuş, bu reçeteye ek olarak toz grafit malzemesi 10 phr oranında eklenmiş reçete (EPDM GP) oluşturularak, karışımların reolojik, akış, mekanik özellikleri incelenmiştir.

Karışımların reolojik ve viskozite değerlerine bakıldığında toz grafitin hem reolojik verilere hem de viskozite değerine etki ettiği, reolojik değerlerin viskozite değerleri ile paralel sonuçlar verdiği görülmüştür.

Karışımların mekanik değerlerine bakıldığında iki karışımın sertlik değeri hariç diğer mekanik değerlere grafit tozunun etki ettiği görülmüştür. Çapraz bağ yoğunluğu değerleriyle modül değerlerindeki değişimler birbirini desteklediği belirlenmiştir.

Karışımların kül miktarları değişmezken, grafit tozu katılmasıyla yoğunlukta bir miktar yükselme yaşanmıştır.

Karışıma grafit tozunun katılması yanmazlık özelliğini olumlu etkilemiş, alevin daha erken sönmeye yardımcı olmuştur.

#### Araştırmacıların Katkısı

Bu araştırmada; Ezgi ERBEK CÖMEZ, çalışmanın kavramsal ve tasarım süreçlerinin yönetilmesi, literatür çalışması, fikrinsel içeriğin belirlenmesi, veri toplama, veri analizi, testlerin gerçekleştirilmesi, makale taslağının oluşturulması, son onay ve tam sorumluluk; Halit Levent HOŞGÜN, çalışmanın kavramsal ve tasarım süreçlerinin yönetilmesi, literatür çalışması, fikrinsel içeriğin belirlenmesi, veri toplama, veri analizi, son onay ve tam sorumluluk; Selda ÖZTÜRK, çalışmanın kavramsal ve tasarım süreçlerinin yönetilmesi, fikrinsel içeriğin belirlenmesi, veri analizi, son onay ve tam sorumluluk konularında katkı sağlamıştır.

### Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

### Kaynaklar

- Akyüz, S. (2020). *Tabii Kauçuk NR / Stiren Bütadien Kauçuk (SBR) Esaslı Burçların Üretimi ve Test Yöntemleri* (Yüksek Lisans Tezi). Bursa Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Alam, N., Kumar, V., Potiyaraj, P., Lee, D. & Choi, J. (2022). Mutual Dispersion of Graphite–Silica Binary Fillers and Its Effects on Curing, Mechanical, and Aging Properties of Natural Rubber Composites. *Polymer Bulletin*, 79, 2707–2724. doi: <https://doi.org/10.1007/s00289-021-03608-x>
- Boşnak, B. (2010). *Kauçuktan Yarı Mamül Üretim Teknolojileri* (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- İsmail, M. N. & Khalaf, A. I. (2010). Styrene–Butadiene Rubber/Graphite Powder Composites: Rheometrical, Physicomechanical, and Morphological Properties. *Journal of Applied Polymer Science*, 120, 298–304. doi: <https://doi.org/10.1002/APP.33101>
- Katircioğlu, D. (2018). Alev Geciktirici Mineral Dolgu Maddeleri. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(3) 1175-1179. doi: <https://doi.org/10.28948/ngumuh.502401>
- Mansour, S., Ghoury, E., Shalaan, E., Eraki, M. & Bary, E. (2010). Thermal Properties of Graphite-Loaded Nitrile Rubber/ Poly(vinyl chloride) Blends. *Journal of Applied Polymer Science*, 116, 3171–3177. doi: <https://doi.org/10.1002/app.31153>
- Obaid, M. N. (2016). Effect of Addition of Graphite on Some Properties of Styrene-Butadiene Rubber (SBR). *International Journal of Advance Research*, 4(1). ISSN 2320-9186.
- Saraç, S. (2013). *İnorganik Katkılı Kauçuk Malzemenin Özelliklerinin İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yang, J., Tian, M., Jia, Q., Zhang, L. & Li, X. (2006). Influence of Graphite Particle Size and Shape on the Properties of NBR. *Journal of Applied Polymer Science*, 102, 4007–4015. doi: <https://doi.org/10.1002/app.24844>