



**BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ  
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJESİ  
SONUÇ RAPORU**

**PROJE ADI**

**ATIK LASTİKLERİN KİMYASAL YÖNTEMLE  
BOZUNDURULMASI VE ELDE EDİLEN ÜRÜNLERİN  
KARAKTERİZASYONU**

**PROJE NO:** 2015-01.BŞEÜ.03-02

**PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ:** Doç.Dr. Çağlayan AÇIKGÖZ

**ARAŞTIRMACILAR:** Öğr.Grv. Şenay BALBAY

**BAŞLAMA TARİHİ :**15.07.2015

**BİTİŞ TARİHİ** : 21.02.2017

**BİLECİK ŞEYH EDEBALI ÜNİVERSİTESİ  
BİLECİK, 2017**

# ATIK LASTİKLERİN KİMYASAL YÖNTEMLE BOZUNDURULMASI VE ELDE EDİLEN ÜRÜNLERİN KARAKTERİZASYONU

## ÖZET

Proje çalışmasında, ucuz ve piyasada kolay bulunan kimyasal maddeler kullanılarak, atık lastiklerin düşük enerji tüketimi ile bozundurulmasını ve elde edilen ürünün hammadde olarak yeniden kullanılmasını sağlayan ekonomik bir yöntemin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Deneysel çalışmalar atmosferik ortamda farklı sıcaklık (130-150 °C), farklı miktarlarda numune oranları (6 – 25 g), farklı miktarlarda NaOH (5 – 10 g) ve CH<sub>3</sub>OH (200 – 150 ml) çalışılarak katı ürün verimi belirlenmiştir. Kimyasal bozundurulma sonucu elde edilen katı ürünün aktifleştirilme işlemi, 1 M HCl ve 1 M NaOH kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bozundurma sonrası elde edilen katı ürünün elementel analizi, kalorifik değeri, yoğunluğu, FT-IR, SEM, XRD analizleri ile kimyasal, fiziksel ve morfolojik yapısı belirlenmiştir. Uygun şartlarda elde edilen katı ürünün, literatürde sunulmuş olan çalışmalarda verilen piroliz charı, kömür, aktif karbon, CNT, karbon siyahı verileri ile karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, atık lastiğin vulkanizasyon işlemi sonucu oluşan C-S-C veya C-S-S-C bağları kırılımının gerçekleştirildiği kimyasal bozundurma sonucu elde edilen katı ürünün; elementel analiz ve ısıl değer sonuçları taş kömürü, FT-IR analizleri; kömür, aktif karbon, piroliz charı, BET ve yoğunluk analizleri; kömür ve karbon siyahı, SEM görünümleri; aktif karbon, karbon siyahı, CNT, piroliz charına daha çok benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Atık Lastik, Kimyasal Bozundurma, Geri kazanım

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

TABLolar DİZİNİ .....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	iv
1. GİRİŞ.....	1
2. PROJENİN AMACI ve KAPSAMI .....	7
3. PROJENİN ÖZGÜN DEĞERİ .....	7
4. PROJENİN YAYGIN ETKİSİ .....	7
5. LİTERATÜR ÖZETİ.....	8
6. MATERYAL VE METOT.....	11
7. SONUÇLAR.....	12
8. TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	26
KAYNAKLAR .....	26
MALİ ETKİNLİKLER.....	29
BİLİMSEL ETKİNLİKLER.....	29

## TABLolar DİZİNİ

Sayfa

Tablo.1 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> içersinde atık lastiğın hamurlaşması .....	12
Tablo.2 Sabit reaksiyon sıcaklığı, sabit organik ve inorganik kimyasal madde miktarlarında kullanılacak atık lastik miktarları .....	13
Tablo.3 Sabit reaksiyon sıcaklığı, sabit reaksiyon süresi ve sabit atık numune miktarında metanol kimyasal madde oranları sonuçları.. .....	14
Tablo.4 Sabit reaksiyon sıcaklığı, sabit reaksiyon süresi ve sabit atık numune miktarında NaOH kimyasal madde oranları sonuçları .....	15
Tablo.5 Sabit reaksiyon süresi ve sabit atık numune miktarında reaksiyon sıcaklıkları sonuçları .....	16
Tablo.6 Atık lastik, katı ürünün proximate-elementel analizi değerleri ve literatürde verilen piroliz charı, aktif karbon, grafit, petrokok ve kömür sonuçları .....	17
Tablo.7 Atık lastik, katı ürünün kısa analiz değerleri ve literatürde verilen taş kömürü ve linyit kömürü sonuçları .....	18
Tablo.8 Atık lastik, katı ürünün proximate-elementel analizi değerleri ve literatürde verilen piroliz charı sonuçları.. .....	19
Tablo.9 Katı ürünün BET yüzey alanı, yoğunluk ve pH analizi değerleri ve literatürde verilen piroliz charı, aktif karbon, grafit ve kömür değerleri.....	20
Tablo.10 Atık lastik, katı ürünün FT-IR analizi spektrum değerleri ve literatürde verilen piroliz charı, aktif karbon, grafit ve kömür değerleri .....	23

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil.1 Atık Lastiğın Dünyada Değerlendirilme Yöntemleri .....	2
Şekil.2 Kimyasal bozundurma deneysel akış diyagramı .....	11
Şekil 3. Katı ürünün SEM görünümüleri. ....	20
Şekil 4. Literatürde verilen aktif karbon, karbon siyahı, kömür ve piroliz charı SEM görünümüleri .....	21
Şekil 5. Atık lastik ve elde edilen katı ürünlerin FT-IR spektrumları .....	22
Şekil 6. Kimyasal bozundurma sonucu elde edilen katı ürünlere ait X-ışını difraksiyonu.....	24
Şekil 7. Sıvı ürün FT-IR görünümü.....	26

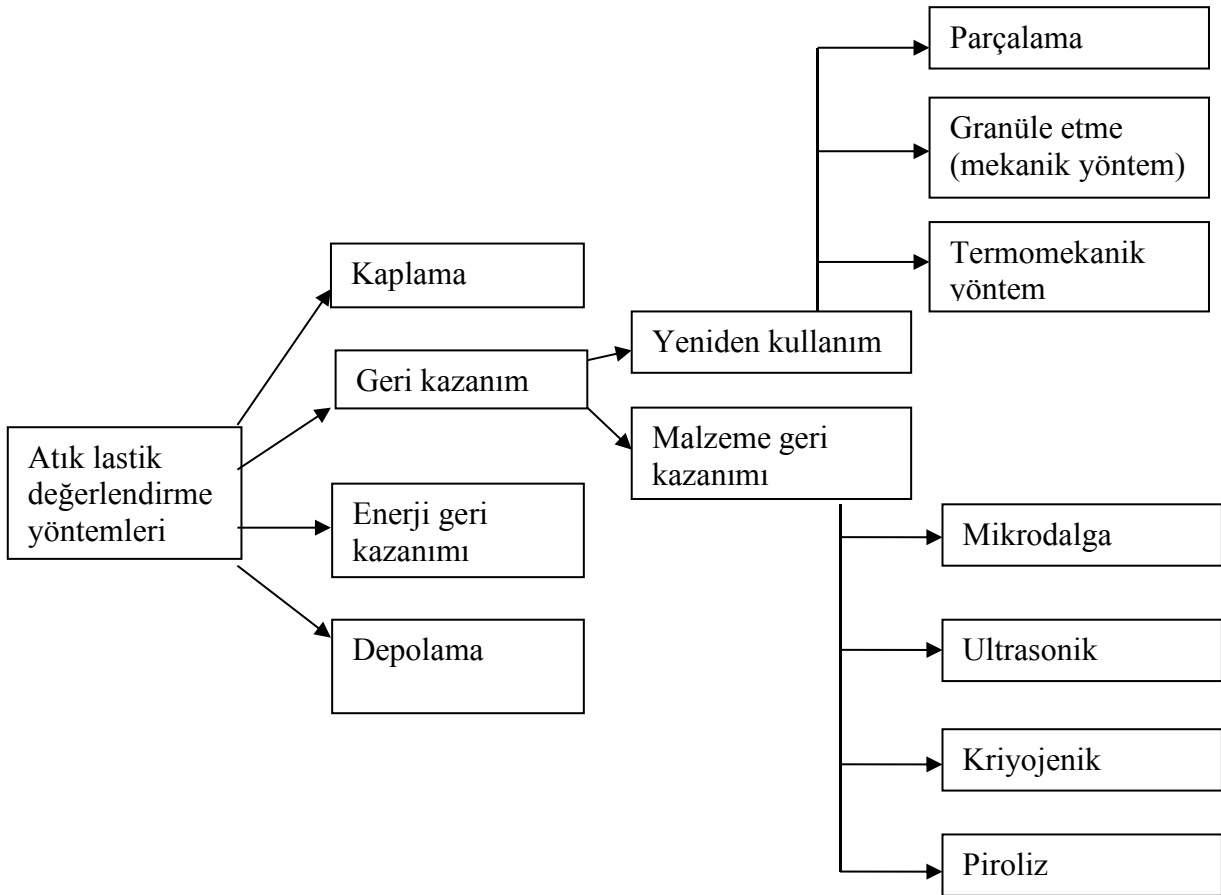
## 1.GİRİŞ

Otomotiv sektörü ülkemiz ve dünya ekonomisi için çok önemli bir itici güçtür. Türkiye ve dünya için lastik sektörü de otomotiv sektöründen doğrudan etkilenmektedir. Artan nüfus miktarına bağlı olarak, otomotiv üretimi ve doğal olarak lastik üretimi de sürekli bir artış eğilimindedir (Altın ve diğ., 2013). Lastiklerin de belirli bir kullanım ömrünün olduğu göz önünde bulundurulursa, her yıl üretilen atık lastik miktarının da sürekli bir artış eğiliminde olduğu bir gerçektir. Atık lastiklerin doğrudan çevreye verilmesi, özellikle alıcı ortama geçen kimyasal sızıntılar ve taşıdığı yangın riski ile çevre ve insan sağlığı için ciddi bir sorun teşkil etmektedir. Lastik atıkları diğer atıklardan ayrı olarak depolandığı zaman, tehlikeler daha belirgin hale gelir. Bütün lastikler arasında yangın başlamasına neden olabilecek yeterli oksijen bulunur (Indigo dergisi). Bu yığınlar, günlerce söndürülmesi mümkün olmayan yangınların çıkış nedenidir. Bu yangınlarla atmosfere siyah bir bulut halinde tonlarca dioksin-furan gibi zehirli gazlar yayılmaktadır. Atmosfere yayılan bu kirleticiler insan sağlığını direk olarak tehdit etmenin yanı sıra yakın çevredeki toprak ve suların kirlenmesine sebep olmaktadır (Atık Yönetimi ve Bilgilendirme Kitapçığı). Atık lastiklerin yakılması veya yanması ile doğan çevre zararlarını ortadan kaldırmak için dünyada birçok giderme, uzaklaştırma ve geri kazanarak yararlanma şekilleri kullanılmakta ve geliştirilmektedir. Lastikler yakıt olarak, basta çimento endüstrisi olmak üzere, kireç fırınlarında, buhar kazanlarında, kağıt endüstrisinde ve elektrik üretiminde kullanılmaktadır. Lastikler bir bütün halinde yakıldığı gibi, boyut küçültülerek de yakılmaktadır (Yakaboylu, 2010). Atık lastiklerin parçalama ve öğütme işlemine tabi tutulması sonucunda; yaklaşık % 73 oranında granül kauçuk malzemesi, %19 oranında çelik tel ve %8 oranında da tekstil ve diğer maddeler geri kazanılmaktadır. Madde geri kazanım sonucu elde edilen kauçuk granülü; kauçuk imalatında, oyun parkı ve halı saha zeminlerinde, otoyol yapımında asfalt katkısı, yüzey kaplama malzemesi, lastik karo taşı üretimi gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır.

Avrupa'da yıllık 2.6 milyon ton atık lastik geri dönüştürülmektedir.( European Tyre & Rubber Manufacturers, 2015) Her yıl dünyada toplamda bir milyar lastiğin (yaklaşık 17 milyon ton) üretildiği tahmin edilmektedir(Global Reporting Initiative, The World Business Council for Sustainable Development, 2015). Türkiye'de ise üretilen yıllık ömrünü tamamlamış lastik miktarı yaklaşık 300.000 ton civarındadır. Ayrıca lastik üretimi sırasında ıskarta olarak çıkan atık lastik miktarı yaklaşık aylık 2000 tondur( Erdem Geri Dönüşüm San., 2015).

2014 yılı Ekim ayı verilerine göre Türkiye’de toplam 9.806.661 adet otomobil, 427.051 adet minibüs, 211.781 adet otobüs, 3.053.100 adet kamyonet, 775.387 adet kamyon, 2.834.489 adet motosiklet ve 1.619.124 adet traktör trafiğe kayıtlıdır. Bu verilere göre ülkemizde trafiğe kayıtlı motorlu kara taşıt sayısı 18.767.989 adettir(TÜİK, 2015). Bu motorlu kara taşıt sayısına bağlı olarak Türkiye’de hali hazırda 75.071.956 adet lastik aktif olarak kullanılmaktadır.

Ömrünü tamamlamış lastiklerin geri kazanılması yöntemleri günümüzde giderek çeşitlenerek yaygınlaşmaktadır. Ömrünü tamamlamış lastiklerin başarılı yönetimi sonucunda hammadde olarak değerlendirilmesi ve çevresel etkileri minimize edilmesi başta anılabilecek nihai hedeflerdir. Şekil 1’de atık lastiğin dünyada değerlendirilme yöntemleri gösterilmiştir.



Şekil 1. Atık Lastiğin Dünyada Değerlendirilme Yöntemleri

Uygulanan bütün fiziksel geri kazanım yöntemlerinin ortak noktası, atığa dışarıdan herhangi bir fiziksel etki yapılmasıyla boyutunun küçültülmesi ve içerdiği çapraz bağlara zarar verilmesidir. Bütün geri kazanım yöntemlerinde sadece çapraz bağlara değil, ana zincirdeki C-C bağlarına da bir miktar zarar verileceğinden, geri kazanım ürününün özelliklerinin, başlangıçtaki malzemenin özelliklerine kıyasla daha kötü olması sonucu da kaçınılmazdır.

Yöntemin uygulanabilir olup olmadığına, üründen beklenen özellikler ve geri kazanım işleminin maliyeti analiz edilerek karar verilir(Acar Bozkurt, 2011).

### **Parçalama Yöntemi**

Lastikler bir parçalayıcıdan geçirilir ve çoğu durumda çelik ve tekstil çıkarılmaz, ama malzeme ayırımını içeren ek bir proses gerekebilir. Parçalama aynı zamanda tüm lastiğin öğütme ve granüle etme işlemleri için ilk adım olabilir(Acar Bozkurt, 2011).

### **Mekanik Parçalama (Granüle Etme) Yöntemi**

Atık lastiklerin parçalanarak boyutlarının küçültülmesi işlemi tamamen mekanik prensiplere göre yapılmaktadır. Atık lastikler, birinci aşamada genellikle 5cm boyutunda parçalanır. Bu işlemle, atık lastiğin hacmi azaltılır ve böylece depolama hacminin yanında, taşıma maliyetleri de düşürülmüş olur. Bu işlemin en büyük faydası, ufaltılmış lastiklerin standart yükleyiciler ile yüklenebilmesi kolaylığı sağlamasıdır. Ön parçalama işleminde kullanılan makinelerin büyük çoğunluğu, düşük devirlerde karşılıklı olarak dönen iki milden oluşmaktadır. Bu tip sistemlerde, millerde oluşan yüksek tork yardımıyla her türlü atık lastik kolaylıkla parçalanabilmektedir. Atık lastik içerisindeki çelik teller, parçalayıcı ve öğütücü makinelerdeki yırtılma ve aşınmanın %70'ni oluşturduğu için, atık lastikleri parçalama işlemi başlamadan önce, çelik tel kısımlarının ayrıştırılması gereklidir. Atık lastikler ön parçalayıcıda 5 cm boyutunda kesildikten sonra, çapı 10 mm'den daha küçük olan granül haline getirilmektedir. Granül oluştuktan sonra, manyetik bir sistem kullanılarak atık lastiğin içerisindeki çelik teller, sallama ve rüzgâr elekleri yardımıyla da elyaflar ayıklanmaktadır. Bazı uygulamalarda kullanılmak üzere; tane çapı daha küçük olan lastikler elde etmek için, ardışık öğütme işlemi de uygulanabilmektedir( Sugözü ve Mutlu, 2009).

### **Termomekanik Yöntem**

Bu yöntemle geri kazanımda lastik kırıntıları, iki silindirli bir karıştırıcı içinde ezilir. Ezilme sırasında sürtünme nedeniyle ısınma meydana gelir. Mekanik etkinin ve ısınmanın yardımıyla malzeme yumuşar ve kısmen devulkanize olur. Yumuşayan kısım dar bir silindir aralığından geçer, henüz yumuşamamış ve bağ yapısı bozulmamış olan kısım ise geçemez. Bu işleme devam edilerek kısmen devulkanize olmuş malzeme, rejenere lastik olarak geri kazanılır. Bu işlem ayrıca karışıma bazı devulkanizasyon yağları da ilave edilerek yapılabilir. Bu durumda verim daha yüksektir. Başlangıçtaki malzemenin özelliklerine daha yakın bir ürün elde etmek için ise vulkanize olmuş atık, bir çözücü içerisinde ısıtılarak şişirilir ve daha sonra silindirden geçirilir(Acar Bozkurt, 2011).

### **Mikrodalga Tekniği**

Mikrodalga tekniğinde, vulkanize olmuş atıktaki C-S ve S-S bağlarını parçalamak üzere, belirli frekansta ve belirli enerji düzeyinde mikrodalga uygulanır. Bu dalgaların enerjisi, C-C ana zincirine zarar vermeyecek düzeydedir.

Mikrodalga tekniğinin uygulanabilmesi için atığın polar yapıdaki kauçuk türlerinden oluşması gerekmektedir. Bu nedenle etilen-propilen dien terpolimeri (EPDM) hortumlar, butil hortumlar ve ağırlıklı olarak doğal kauçuktan (NR) oluşan lastik taban bölümü atıkları mikrodalga tekniği ile verimli bir şekilde geri kazanılabilmektedir. Geri kazanım ürünleri, yeni hazırlanan karışımlara belirli oranlarda karıştırılarak birlikte tekrar vulkanize edilebilir. Bu yolla daha ucuza elde edilen vulkanize edilmiş ürünler, başlangıçtaki ürüne oldukça yakın özellikler göstermektedir.

Uygun yapıdaki vulkanize olmuş atıkların devulkanizasyonu için gereken mikrodalgalar, 260 0C'nin üzerinde bir ısı enerjisi oluşumuna neden olmaktadır. Isıtılan ürün, çekme makinesi (ekstruder) yardımıyla işlenebilmektedir(Acar Bozkurt, 2011).

### **Ultrasonik Yöntem**

Ultrasonik yöntemde de mikrodalga tekniğinde olduğu gibi vulkanize lastik atıkların C-S ve S-S bağlarını kırarak, başlangıçtaki lastik karışımına yakın özelliklere sahip bir ürün elde etmek üzere dışarıdan bir enerji verilmesi esastır. Ultrasonik yöntemin mikrodalga tekniğine göre en önemli üstünlüğü polar olmayan kauçuk türlerinden oluşan atıklara da uygulanabilmesidir.

Ultrasonik enerji yolu ile oluşturulan ultrasonik alan, çeşitli genliklerde ve yüksek frekanslarda titreşimler yaratarak, molekül yapısında parçalanmaya neden olur. Bu özellikten yararlanılarak atık yapısındaki çapraz bağlar parçalanabilir.

Ultrasonik devulkanizasyon, devulkanize edilecek atığın türüne bağlı olarak farklı şekillerde tasarlanmış plastik çekme makinelerinde (ekstruder) gerçekleştirilir. 120 ° C 'de sabit vida sıcaklığında yumuşatılan atık, ultrasonik enerjinin uygulandığı odadan geçirilerek devulkanize edilir(Acar Bozkurt, 2011).

### **Nitrojenle Parçalama (Kriyojenik Öğütme) Yöntemi**

Nitrojenle parçalama yönteminde, atık lastiği parçalama işlemi düşük sıcaklıklarda yapılmaktadır. Gevrek yani kırılğan hale getirilen lastik, daha sonra mekanik olarak parçalanmaktadır. Nitrojenle parçalama yöntemiyle lastik geri kazanımı işleminde, lastik veya lastik parçacıkları 80°C'nin altında soğutulmakta ve lastiğe cam gibi kırılğanlık özelliği verilmektedir. Soğutma işlemi uygulandıktan sonra, lastiği ezerek veya kırarak lastik boyutu küçültme işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu tür boyut küçültme işleminde ortam sıcaklığında

yapılan boyut küçültme işlemine kıyasla, daha az enerjiye ve daha az makineye gerek duyulmaktadır. Nitrojenle parçalama işleminin bir diğer avantajı da, atık lastik içerisindeki çelik ve elyaf kısmının ayrılmasının kolaylığı ve bunun sonucunda da daha temiz bir ürünün elde edilebilmesidir. Ancak sıvı azot fiyatının yüksek olması, bu sistemin zayıf yanlarından biri olarak ortaya çıkmaktadır.

5 cm'lik lastik parçalar; donma tüneline sürekli olarak  $-120^{\circ}\text{C}$  ve daha düşük sıcaklığa düşürüldükten sonra, yüksek devirde çalışan çekiçli öğütme kısmına dökülürler. Çekiçli öğütme işleminde, parçacıklar geniş bir boyutta olup, elyaf ve çelikten ayrılmışlardır. Malzeme daha sonra kurutulmakta ve belirli parçacık boyutlarında sınıflandırılmaktadır. Atık lastiklerin çok ince ve temiz olmasının istenmesi durumunda, nitrojenle lastik parçalama yöntemi, daha ekonomik olmaktadır( Sugözü ve Mutlu, 2009).

### **Piroliz**

Piroliz işlemi, hidrokarbonların oksijensiz ortamda ısıtılması işlemidir. Bu işlemde, sıcaklığın etkisiyle kimyasal bağlar kopar ve yerine düşük molekül ağırlığına sahip yeni bileşikler oluşur. Isıl bozundurma ile ilk önce katı ve gaz ürün elde edilir. Elde edilen gaz ürün yoğunlaştırılarak sıvı ürün ve gaz ürün haline dönüştürülür. Sıvı ürün suda çözünen fraksiyon ve yağ fraksiyonu olmak üzere 2 kısımdan meydana gelir. Lastik pirolizinde suda çözünen fraksiyon yağ fraksiyonuna göre oldukça düşüktür (Yakaboylu, 2010).

Piroliz işleminde etkili olan parametreler:

- Isıtma hızı
- Sıcaklık
- Basınç
- Katalizör kullanımı ve seçimi
- Ürünlerin tepkime koşullarında alıkonma süresi ve
- Reaktör tipidir

Piroliz işlemi çalışma koşullarına göre:

- Düşük sıcaklıkta piroliz  $< 400\text{ }^{\circ}\text{C}$   $<$  Yüksek sıcaklıkta piroliz
- Düşük basınçta piroliz  $< 75\text{ kPa}$   $<$  Yüksek basınçta piroliz
- Düşük ısıtma oranlı piroliz  $< 105\text{ W/m}^2$   $<$  Yüksek ısıtma oranlı piroliz olarak adlandırılır

Piroliz işleminde sıcaklık arttıkça sıvı ürün bozularak gaz ürün oluşturur. Katı ürün düşük ısıtma oranı, düşük sıcaklık ve uzun alıkonma süresinde artmaktadır. Sıvı ürün ise, orta sıcaklıklarda düşük basınç ile artar. Vakum altında gerçekleştirilen pirolizde ise, ısıl bozunma sonucunda oluşan hidrokarbonların tepkimede kalma süresi çok düşük olduğu için istenmeyen ikincil reaksiyonların oluşma ihtimali azalmaktadır.

Atık lastik pirolizinde oluşan katı, sıvı ve gaz ürünlerden katı ürün çoğu zaman karbon siyahı ya da char olarak adlandırılır ve bu ürün lastik üretiminde kullanılan karbon siyahı, lastik içerisinde bulunan elastomerlerin bozunması ile ortaya çıkan char ve lastiğin içerisinde bulunan ZnO gibi inorganik maddelerden oluşmaktadır.

Araştırmalar, lastik yapısında bulunan elastomerlerin char dönüşümünün çoğunlukla % 4'ten daha az olduğunu ve bu char içerisinde inorganik maddenin olmadığını göstermiştir. Sıvı ve gaz ürün ise, lastiğin içerisinde bulunan organik maddelerin sıcaklık etkisiyle bozunmasından oluşmaktadır. Yüksek sıcaklığın etkisiyle bozunma sonrasında oluşan gaz ürünün yoğunlaşan kısmı sıvı ürünü, yoğunlaşmayan kısmı ise, gaz ürünü oluşturmaktadır (Yakaboğlu, 2010).

Piroliz uygulamaları, çoğunlukla yüksek miktarda karbon siyahı elde etmek amacıyla yapılır. Bunun en bilinen örneği Tosco-II yöntemidir.

Tosco-II yönteminde atık lastikler, 480-549 °C'lerde piroliz edilmektedir. Elde edilen yağ buharı bir fraksiyonlayıcıda yoğunlaştırılarak kazanılmakta ve sıvı yakıt (fuel oil) olarak kullanılmaktadır. Gaz, seramik bilyaları ısıtmak üzere direkt olarak yakılmaktadır. Bu yöntem ile çalışan bir pilot tesiste günde 13,5 ton atık lastik piroliz edilerek, 0,5-0,6 m<sup>3</sup> yağ, 1270-1540 kg karbon siyahı ve 190-220 kg çelik elde edilmektedir.

Karbon siyahı ise çelik ve diğer kirleticilerden ayrıldıktan sonra, pellet haline getirilerek kullanıma hazırlanmaktadır. Elde edilen karbon siyahının takviye edici özelliği düşük olduğundan sadece dolgu maddesi olarak kullanılması uygundur (Acar Bozkurt, 2011).

Vulkanizasyon uzun kauçuk zincirlerinin çapraz bağlanarak üç boyutlu elastik bir yapı oluşturması işlemidir. Vulkanizasyon bir çapraz bağlanma işlemidir. Polimerin, karbon atomları arasındaki çapraz bağ köprüleri oluşturur. R-Sx-R tipinde bir bağ yapısı söz konusudur. Bu işlem genelde kükürt yardımıyla bazen de peroksit gibi farklı bir kimyasalla da olabilir. Vulkanizasyon elastomer karışımlarının fiziksel özelliklerini iyileştiren kimyasal bir süreçtir. Vulkanizasyon ilk defa 1939 yılında Charles Goodyear'ın, doğal kauçuğun kükürt ile reaksiyon vererek soğukta kırılğan olmayan sıcakta ise yapışkan olmayan bir maddeye dönüştüğünü keşfetmesiyle bulunmuştur. Daha sonra bu çalışmaları ilerleten Hancock 1843 yılında İngiliz kükürt vulkanizasyonunun patentini almıştır (Global Reporting Initiative, 2015).

Devulkanizasyon, ana zincir yapısındaki C-C bağlarından daha zayıf olan ve zincir yapılarının arasında yer alan S-S ve S-C çapraz bağlarını kırma işlemidir. Devulkanizasyon esasında vulkanizasyonun tersidir. Devulkanizasyon konusunda yapılan ilk çalışmalar eski tarihlere dayansa da, atık kauçuk miktarının artması ve oluşturdukları sorunların giderek çoğalması nedeniyle son yıllarda konuya ilgi daha da artmıştır. Kauçuğun devulkanizasyonundaki esas zorluk, kauçuğun malzeme olarak sahip olduğu faydalı özelliklerinden ödün vermeden geri

dönüşümün sağlanabilmesidir. Yani ana zincir yapısına zarar vermeden ve depolimerizasyon yapmadan sadece vulkanizasyonla oluşan çapraz bağı koparmaktır(Indigo dergisi, 2015).

## **2.PROJENİN AMACI ve KAPSAMI**

Önerilen proje çalışmasında, atık araba lastiği numunelerinin çapraz bağlarının organik ve inorganik kimyasallar kullanarak bozundurulma şartları belirlenmiştir. Deneysel çalışmalar atmosferik ortamda farklı sıcaklık, farklı reaksiyon süresi, farklı miktarlarda numune ve kimyasal madde oranları çalışılarak katı ürün verim yüzdeleri hesaplanmıştır. Her deney en az üç kez tekrarlanmıştır. Bozundurma sonrası elde edilen katı ürünün kimyasal ve fiziksel özellikleri analitik cihazlarla belirlenmiştir. Katı ürününün yeniden kullanılabilirliği üzerine çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Optimum şartlarda elde edilen katı ürünün, kömür, karbon siyahı, aktif karbon, piroliz charı, grafit ile kimyasal, fiziksel ve morfolojik benzerlikleri araştırılmıştır. Aynı zamanda kauçuk üretiminde dolgu maddesi olarak kullanılabilirliği, adsorblama kapasitesi belirlenerek aktif karbon yerine kullanılabilirliği, kompozit malzeme üretiminde grafit yerine kullanılabilirliği yapılacak olan deneysel çalışmalar ile belirlenmiştir.

## **3.PROJENİN ÖZGÜN DEĞERİ**

Ön çalışmaları tarafımızdan yapılmış olan atık lastiğin kimyasal olarak bozundurulması ve katı ürün eldesi ile ürün karakterizasyonu çalışmalarının benzerine literatürde rastlanmamıştır. Geliştirmek istediğimiz yöntemin literatürdeki devulkanizasyon yöntemlerinden üstünlüğü; devulkanizasyon sürecinin düşük sıcaklıkta, atmosferik basınçta ve kısa sürede gerçekleştirilmesidir. Atık lastiğin organik ve inorganik kimyasallarla bozundurulması devulkanizasyonu çalışmasında kullanılan kimyasalların kolay bulunan ve ucuz kimyasallar olması prosesin ekonomikliği açısından ümit vericidir.

Proje çalışmasının sonunda, atık lastikten hammadde üretimi için yeni, farklı ve ekonomik bir yöntem ortaya konacaktır. Önerilen tez çalışması ile bu yöntemin geliştirilmesi literatüre ve ekonomiye büyük katkı sağlayacaktır. Çalışmanın patentinin/fikri mülkiyet haklarının alınması düşünülmektedir.

## **4.PROJENİN YAYGIN ETKİSİ**

Her yıl dünyada toplamda bir milyar lastiğin (yaklaşık 17 milyon ton) üretildiği tahmin edilmektedir. Avrupa'da yıllık 2.6 milyon ton atık lastik geri dönüştürülmektedir(LASDER, 2015). Türkiye'de ise üretilen yıllık ömrünü tamamlamış lastik miktarı yaklaşık 300.000 ton

civarındadır. Ayrıca lastik üretimi sırasında ıskarta olarak çıkan atık lastik miktarı yaklaşık aylık 2000 tondur. Artan nüfus miktarına bağlı olarak, otomotiv üretimi ve doğal olarak lastik üretimi de sürekli bir artış eğilimindedir (European Tyre & Rubber Manufacturers, 2015). Ömrünü tamamlamış lastiklerin geri kazanılması yöntemleri günümüzde giderek çeşitlenerek yaygınlaşmaktadır. Atık lastiklerin bozundurulması hammadde olarak değerlendirilmesi çok büyük önem arz etmektedir.

Yapılacak bu proje çalışmasında; ucuz ve piyasada kolay bulunan kimyasal maddeler kullanılarak, atık lastiklerin düşük enerji tüketimi ile bozundurulmasını, elde edilen ürünün hammadde olarak yeniden kullanılmasını sağlayan ekonomik bir yöntemin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

## 5.LİTERATÜR ÖZETİ

Mangili ve arkadaşları, difenil disülfid(DD) devulkanizasyon ajanı varlığında süperkritik CO<sub>2</sub> kullanarak 180 0C sıcaklık, 15 MPa basınç, 180 dakika işlem süresi ve DD/kauçuk = 1/10 kamyon lastiğinin devulkanize ettiler. Uygulama boyunca çapraz bağ ayrılması oluşmuş ve esas olarak DD kimyasalı ana zincirden daha fazla çapraz bağ ile reaksiyona girdiği fikrini desteklemişlerdir (Mangili ve diğ., 2014).

Araştırmacılar Nitril Bütadien Rubber (NBR) vulkanizatlarının ağ karakterizasyonunda Tiol-amin kimyasal probunun kullanılması adlı çalışma yaptılar. Çalışmada disülfid ve polidisülfid çapraz bağları, 23 0C'de 72 saat reaksiyon süresinde azot gazı altında piperidin içerisinde 1 M hexan-1-tiol ile işleme tabi tutularak kırılmıştır. Dahası polisülfid çapraz bağları, 2 saat reaksiyon süresinde toluen içerisinde 0,4 M piperidin ve 0,4 M hexan-1-tiol ile reaksiyona sokularak kırılmıştır. Çapraz bağ kırılması ile NBR ağlarının önemli miktarının serbest kalmasıyla sonuçlanmıştır (Kiroski ve diğ.).

Moore ve Trego, yukarıda bahsedilen çalışmaya benzer çalışma yaptılar. Yaptıkları çalışmada etilen-propilen kauçuğu vulkanizat ağlarının kırılması için sodyum di-n-bütil fosfitin benzen solüsyonu içerisinde azot gazı altında 25 0C'de 24 saat reaktanlar ısıtıldı. Etilen-propilen kauçuğunun kürlenmiş vulkanizatların çapraz bağı, trifenilfosfin ve sodyum di-n-bütil fosfit kimyasalı varlığında belirlenmiştir (Moore ve Trego, 1964)

Dubkov ve ark., 180-230 0C'de 6-12 saat reaksiyon süresinde 2-5 MPa değişen basınçta CHCl<sub>3</sub> – aseton karışımı ve lastik kauçuğu kırıntıları içeren azot oksitli reaktörde çalıştılar.

Sonuç olarak vulkanizat yıkımının derecesi C=C bağlarının dönüşümü ile artmıştır (Dubkov ve diğ., 2012).

MacFarlane ve diğ., yükseltilmiş sıcaklık, reaktif hidrojen kaynağı, kauçuğu şişirme solventi kullanarak vulkanize edilmiş kauçuğun hydro devulkanizasyonu için bir devulkanizasyon prosesi tanımlar. Bu proses üç basamaktan oluşur. İlk basamakta başlatıcı katalizör ile şişirici solvent karıştırılır. Vulkanize edilmiş kauçuk, bu karışım ile karıştırılır. Prosesin uygulandığı reaktör, kontrollü oksijensiz ortamda ve azalan basınç altında kesikli yada sürekli akış reaktörüdür. İkinci ve üçüncü basamakta ise sırasıyla 50-450 0C sıcaklık ve 50-250 0C sıcaklıkta çalışıldı. Son iki basamağın reaksiyon süresi 90-180 dakikadır. Başlatıcı katalizör, bir geçiş metalinin organometalik bileşiğidir ve çalışmada molibden etil hexanoat kullanılmıştır. Şişirici solvent olarak ise n-heptan, p-xylene, decalin ve toluen kullanılmıştır. Sonuç olarak 250 0C sıcaklık ve 90 dakika reaksiyon süresinde ağırlıkça % 98 polimerik ürün elde edilmiştir(McFarlane ve diğ., 2006).

Benko ve arkadaşları, geri kazanılmış kauçuk kırıntılarının yüzeyi, karbondioksit ve 2-bütanol varlığında  $3.4 \times 10^6$  Pa basıncından daha düşük basınç altında yaklaşık 150 0C'den 300 0C'ye değişen sıcaklıkta kauçuk kırıntıları ısıtılarak devulkanize edilmiştir (Benko ve diğ., Benko and Falls).

Pilard ve diğ., periyodik asid (kimyasal bozundurma ajanı) varlığında, atmosfer basıncı, 24 saatden 48 saate değişen reaksiyon süresinde ve 17 0C'den 35 0C'ye değişen reaksiyon sıcaklığında atık lastiğin kimyasal bozundurmasını yapmışlardır. Çalışma sonunda periyodik asit ile oksidatif kırılma uygulayarak karbonil telefilik oligomerler elde etmişlerdir(Pilard ve diğ, 2012).

Hofman ve Pietrzak'ın yaptıkları çalışmalarında 550 – 800 0C sıcaklıkta KOH ve CO<sub>2</sub> ile atık lastiklerin pirolizi yöntemiyle adsorbentler elde etmişlerdir. Bu adsorbentleri NO<sub>2</sub> 'nin adsorpsiyonu için kullanmışlardır. Elde edilen adsorbentlerin yapısal ve asid-baz özellikleri üzerine modifikasyon proseslerinin güçlü etkiye sahip olduğunu bulmuşlardır (Hofman ve Pietrzak, 2011).

Zhang ve arkadaşları, atık lastik granüllerini 3.5 – 10 kPa vakum basıncı altında piroliz işlemi uygulamışlardır. Pirolizin özellikleri üzerine Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ve NaOH asit katkıları ve sıcaklığın etkileri araştırılmıştır. Pirolitik char, ticari karbon siyahı ile karşılaştırılabilir bir yüzey alanına sahip olduğu görülmüştür, ancak charın % kül değeri çok daha yüksektir (Zhang ve ark, 2008).

Qu ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada atık lastiklerin yağlayıcı madde (LBO) ile ZSM-5 zeolit varlığında katalitik pirolizi 430°C’de azot atmosferinde gerçekleştirilmiştir. Katalizörün katalitik etkisini artırmak için ortama LBO ilave edilmiştir. LBO ilavesi ile lastiğin katalitik bozunma oranının keskin bir artış gösterdiği bulunmuştur. Piroliz işlemi sonucu elde edilen sıvı ürün GC-MS tekniği kullanılarak karakterize edilmiştir. Lastiğin LBO ve ZSM-5 ile katalizlenmiş piroliz işleminden elde edilen ürünlerin yüksek bir bozunma oranına sahip olduğu görülmüştür (Qu ve ark, 2006).

Kershaw tarafından atık lastiklerin süperkritik çözücüler ile ekstraksiyonu incelenmiştir. Ekstraksiyon işlemi çözücü olarak n-bütanol veya toluen kullanılarak 350°C’de yapılmıştır. Daha düşük sıcaklıklarda süperkritik akışkan olarak etanol kullanıldığında ekstraksiyon veriminin önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. Ekstraksiyon sonucunda elde edilen sıvı kısım GC-MS tekniği kullanılarak incelenmiştir. Analiz sonucunda sıvı kısmın temel bileşeninin isopiren oligomerlerinden oluştuğu görülmüştür. Düşük sıcaklıklarda fiziksel bozunma daha az olduğundan katı ürün miktarının daha fazla olduğu görülmüştür. Kütle denkliği gaz ürün miktarının düşük olduğunu göstermiştir (Kershaw, 1998).

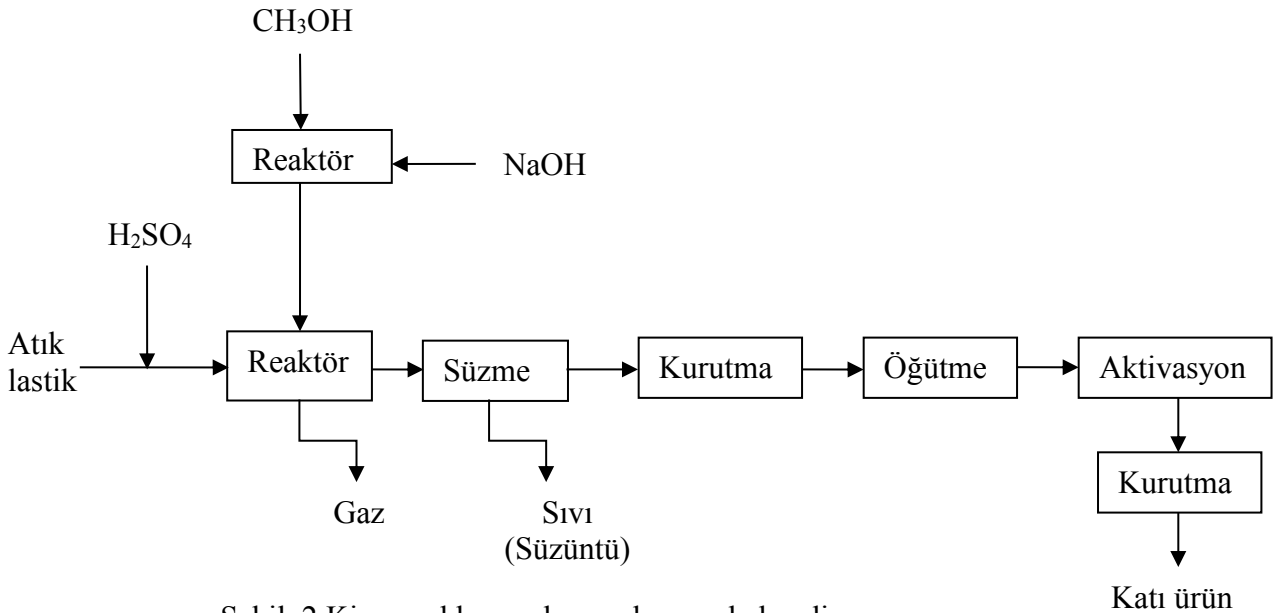
Lastik atıkların kimyasal yöntemle geri kazanımı 1881 yılında N. Chapman Mitchell’in “Asitli Kazanda Isıtma Yöntemi” ile başlamıştır. Bu yöntemde öğütülmüş atık, derişik sülfürik asit veya muriatik asit çözeltisi içinde saatlerce kaynatılarak içerdiği tekstil bileşenleri gibi safsızlıkları çözeltiye aktarıldıktan sonra yıkanmış ve yüksek basınçlı buhar ile ısıtılarak devulkanize edilmiştir.

Alkali ile ısıtma yönteminde ise yüksek basınç altında seyreltik kostik çözeltisi içersinde yaklaşık 20 saat süreyle ısıtılmıştır. Bu yöntemle tek adımda safsızlıklar giderilerek, serbest kükürt oluşumu engellenmiş ve devulkanizasyon gerçekleştirilmiştir.

Asit ve alkali yöntemlerinde sadece çok iyi öğütülmüş NR atıkları verimli bir şekilde geri kazanılabilmektedir. Çözeltilerin temizlenerek tekrar kullanılmasının mümkün olmaması, ürünün yıkanması ve kurutulması sırasında çok yüksek miktarda su ve enerji tüketilmesi, önemli boyutlarda su ve hava kirliliğine yol açması nedenleriyle bu yöntemlerden vazgeçilmiştir (Karaağaç, 2003).

## **6.MATERYAL VE METOT**

Deneysel çalışmalar için kullanılacak lastik kırıntıları, lastik tamiri yapan bir işletmeden temin edilmiştir. Lastik kırıntılarının max. boyutları, 3,5 mm çapında ve 2,5 mm boyundadır. Deneysel çalışmalar atmosferik ortamda farklı sıcaklık (130-150 °C), farklı miktarlarda numune oranları (3-25 g), farklı kimyasal madde miktarları çalışılarak katı ürün verimi belirlenmiştir. Tüm çalışmalar üç kez tekrarlanmıştır. Bozundurma sonrası elde edilen katı ürünün elementel analizi, kalorifik değeri, yoğunluğu belirlenmiştir. Şekil.2’ de verilen akış diyagramında görüldüğü gibi, atık lastik ve sülfürik asit reaktör içerisinde karıştırılmıştır. Bu karışım reaktör içerisinde belirli süre ısıtılmıştır. Daha sonra metil alkol ve sodyum hidroksit karışımı reaktöre eklenerek reaksiyon gerçekleştirilmiştir. Reaksiyon tamamlandıktan sonra sıvı ve katı faz birbirinden ayrılmıştır. Atık lastiğin kimyasal bozundurulmasıyla elde edilen katı ürünün aktifleştirilme işlemi 1 M HCl ve 1 M NaOH kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil .2 Kimyasal bozundurma deneysel akış diyagramı

Karakterizasyon çalışmalarında atık lastik ve katı ürün numunelerinin kısa ve elementel analizi (nem, kül, kükürt, sabit karbon, uçucu madde, ısıl değer, C, H, N, O) ile fonksiyonel yapısını belirlemek amacıyla FTIR ve katı ürünün minerolojik analizi (XRD) mikroyapısı ve morfolojisi (SEM-EDX), pH ve yoğunluğu belirlenmiştir.

Elementel analiz, BET yüzey alanı, yoğunluk, FT-IR, XRD, SEM analizleri Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında (MARAL) gerçekleştirilmiştir. Atık lastik ve katı ürünün elementel analizi, LECO CHNS 628 model elementel analizöründe ve FT-IR analizleri, Perkin Elmer Spectrum 100 model fourier dönüşümlü kızılötesi spektrometresi (FT-IR) ile belirlenmiştir. Bazı katı ürünlerin en yüksek ısıl değerleri (HHV-MJ/kg), Beckman's formülü ile hesaplanmıştır.  $HHV (MJ/kg) = 0.352C + 0.944H + 0.105(S$

O). Katı ürünün yoğunluk analizleri, Atomik Gaz Piknometresi (Micromeritics Accupyc II 1340) ve XRD analizleri, Panalytical Empyrean model yüksek sıcaklık X-ışını difraktometresi (HT-XRD) analiz cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Katı ürünün gözenek yapısı ve yüzey morfolojisi SEM-ZEISS Supra 40VP taramalı elektron mikroskobu ve BET yüzey alanı ise Micromeritics ASAP 2020 model boyut analiz cihazı ile belirlenmiştir. Atık lastik ve bazı katı ürünlerin ısı değerleri ise Anadolu Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölümünde kullanılan kalorimetre bombasında belirlenmiştir. Uçucu madde, kül ve nem analizleri ASTM standartlarına göre belirlenmiştir.

## 7.SONUÇLAR

### 7.1 Atık lastik miktarının belirlenmesi

DeneySEL çalışmaların 1. Aşamasında 100 ml % 96 derişime sahip H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> içerisinde yaklaşık olarak hamurlaşacak atık lastik miktarı belirlenmiştir.

Çalışmanın bu aşamasında 20 gram atık lastiğın hamurlaşabileceği % 96 – 80 – 60 derişimlerde sülfürik asit miktarı belirlenmiştir. 20 gram atık lastiğın 200 ml % 96 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> içinde reaksiyona girebilecek kıvamda hamurlaştığı gözlenmiştir (Tablo.1). Çalışmalara 10 gram atık lastik / 100 ml % 96 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> oranı referans alınarak devam edilmiştir.

Tablo.1 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> içerisinde atık lastiğın hamurlaşması

Atık lastik/ H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	% 96 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		% 80 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		% 60 H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	
	Deney Kodu	Hamurlaşma süresi (dk)	Deney Kodu	Hamurlaşma süresi (dk)	Deney Kodu	Hamurlaşma süresi (dk)
20 / 100	SB-1	10*	SB-4	—	SB-7	—
20 / 150	SB-2	25*	SB-5	—	SB-8	—
20 / 200	SB-3	35	SB-6	—	SB-9	—
20/ 250	SB-4	35	SB-7	—	SB-10	—

—: Hamurlaşma gözlenmedi

√ : Hamurlaşma gözlendi

\*: Reaktör içinde katılaştı

Tablo.2 Sabit reaksiyon sıcaklığı, sabit organik ve inorganik kimyasal madde miktarlarında kullanılacak atık lastik miktarları

	(SB-54)	(SB-55)	(SB-56)	(SB-57)	(SB-58)
	Isıtma: etüv	Isıtma: etüv	Isıtma: etüv	Isıtma: etüv	Isıtma: etüv
	Sıcaklık:140 °C	Sıcaklık:140 °C	Sıcaklık:140 °C	Sıcaklık:140 °C	Sıcaklık:140 °C
	çözünme süresi: 20 dk	çözünme süresi: 20 dk	çözünme süresi: 20 dk	çözünme süresi: 20 dk	çözünme süresi: 20 dk
	Aktivasyon : 1 M NaOH + 1 M HCl	Aktivasyon : 1 M NaOH + 1 M HCl	Aktivasyon : 1 M NaOH + 1 M HCl	Aktivasyon : 1 M NaOH + 1 M HCl	Aktivasyon : 1 M NaOH + 1 M HCl
	100 ml H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> - 200 ml MeOH - 10 g NaOH - lastik mik:6 g	100 ml H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> - 200 ml MeOH - 10 g NaOH - lastik mik:10 g	100 ml H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> - 200 ml MeOH - 10 g NaOH - lastik mik: 12 g	100 ml H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> - 200 ml MeOH - 10 g NaOH - lastik mik: 15 g	100 ml H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> - 200 ml MeOH - 10 g NaOH - lastik mik: 25 g
<b>Verim (%)</b>	84,1	85,85	89,4	90,46	98,35
<b>Sbt karbon(%)</b>	33,95	37,95	42,68	45,1	55,37
<b>Uçucu mad (%)</b>	52,98	51,73	47,55	45,01	32,22
<b>Kül (%)</b>	7,73	5,54	5,38	5,6	7,23
<b>Nem (%)</b>	5,34	4,78	4,39	4,29	5,18
<b>C (%)</b>	68,1	68,41	66,89	66,18	62,41
<b>H (%)</b>	6,57	6,04	5,8	5,93	5,57
<b>N (%)</b>	0	0	0	0	0
<b>O<sup>a</sup> (%)</b>	21,33	20,84	23,9	23,71	27,24
<b>S (%)</b>	4	4,71	3,41	4,18	4,78
<b>GHV<sup>b</sup> (Mj/kg)</b>	28,35	28,09	26,87	31,12*	24,87

<sup>a</sup> ağırlık farkından

hesaplandı <sup>b</sup>Beckman's formülü ile hesaplandı

Bu amaçla çalışmanın devamında 6 - 10 - 12 – 15 - 25 g atık lastik miktarları çalışılmıştır. Bu deneysel çalışmada; kül, elementel C ve H oranları karşılaştırıldığında; 10 - 12 – 15 g atık lastik miktarı çalışma sonuçlarının birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Sonuç olarak tüm aşamalarda devulkanizasyon çalışmaları için en uygun atık lastik miktarının 15 g olduğu belirlenmiştir(Tablo.2).

## 7.2 Uygun kimyasal madde oranlarının belirlenmesi

### 7.2.1 Uygun CH<sub>3</sub>OH oranlarının belirlenmesi

Çalışmanın bu aşamasında kauçukta vulkanizasyon işlemi sonucu oluşan C-S-C veya C-S-S-C bağlarının en iyi kırılımını belirlemek ve maksimum katı ürün elde etmek amacıyla uygun olan CH<sub>3</sub>OH kimyasalı oranlarının belirlenmesine çalışıldı. Çalışmanın sonunda % 48 sabit karbon ve % 90 maksimum katı ürün verimi elde edilerek uygun CH<sub>3</sub>OH miktarının 200 ml olduğu belirlenmiştir(Tablo.3).

Tablo.3 Sabit reaksiyon sıcaklığı, sabit reaksiyon süresi ve sabit atık numune miktarında metanol kimyasal madde oranları sonuçları

	<b>(SB-59)</b>	<b>(SB-60)</b>	<b>(SB-61)</b>
	Isıtma: etüv	Isıtma: etüv	Isıtma: etüv
	Sıcaklık:140 °C	Sıcaklık:140 °C	Sıcaklık:140 °C
	çözünme süresi: 20 dk	çözünme süresi: 20 dk	çözünme süresi: 20 dk
	Aktivasyon : 1 M NaOH + 1 M HCl	Aktivasyon : 1 M NaOH + 1 M HCl	Aktivasyon : 1 M NaOH + 1 M HCl
	100 ml H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> - 200 ml MeOH - 10 g NaOH - lastik mik: 15 g	100 ml H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> - 175 ml MeOH - 10 g NaOH - lastik mik: 15 g	100 ml H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> - 150 ml MeOH - 10 g NaOH - lastik mik: 15 g
<b>Verim (%)</b>	90,92	88,2	86,56
<b>Sbt karbon(%)</b>	48,28	43,21	46,41
<b>Uçucu mad (%)</b>	40,41	45,31	43,07
<b>Kül (%)</b>	5,39	7,04	5,39
<b>Nem (%)</b>	5,92	4,44	5,13
<b>C (%)</b>	65,52	66,02	66,68
<b>H (%)</b>	5,89	5,93	6,65
<b>N (%)</b>	0	0	0
<b>O<sup>a</sup> (%)</b>	24,21	23,84	22,45
<b>S (%)</b>	4,38	4,21	4,22
<b>GHV<sup>b</sup> (Mj/kg)</b>	26,54	26,78	27,83

<sup>a</sup> ağırlık farkından hesaplandı

<sup>b</sup>Beckman's formülü ile hesaplandı

### 7.2.2 Uygun NaOH oranlarının belirlenmesi

Çalışmanın bu aşamasında kauçukta vulkanizasyon işlemi sonucu oluşan C-S-C veya C-S-S-C bağlarının en iyi kırılımını belirlemek ve maksimum katı ürün elde etmek amacıyla uygun olan NaOH kimyasalı oranlarının belirlenmesine çalışıldı. Çalışmanın sonunda % 44 sabit karbon ve % 90 maksimum katı ürün verimi elde edilerek uygun NaOH miktarının 10 g olduğu belirlenmiştir(Tablo.4).

Tablo.4 Sabit reaksiyon sıcaklığı, sabit reaksiyon süresi ve sabit atık numune miktarında NaOH kimyasal madde oranları sonuçları

	(SB-62)	(SB-63)	(SB-64)
	Isıtma: etüv	Isıtma: etüv	Isıtma: etüv
	Sıcaklık:140 °C	Sıcaklık:140 °C	Sıcaklık:140 °C
	çözünme süresi: 20 dk	çözünme süresi: 20 dk	çözünme süresi: 20 dk
	Aktivasyon : 1 M NaOH + 1 M HCl	Aktivasyon : 1 M NaOH + 1 M HCl	Aktivasyon : 1 M NaOH + 1 M HCl
	100 ml H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> - 200 ml MeOH - 10 g NaOH - lastik mik: 15 g	100 ml H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> - 200 ml MeOH - 7,5 g NaOH - lastik mik: 15 g	100 ml H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> - 200 ml MeOH - 5 g NaOH - lastik mik: 15 g
<b>Verim (%)</b>	90,2	91,38	90,23
<b>Sbt karbon(%)</b>	44,68	42,28	42,77
<b>Uçucu mad (%)</b>	43,76	46,62	46,91
<b>Kül (%)</b>	6,62	5,92	5,39
<b>Nem (%)</b>	4,94	5,18	4,93
<b>C (%)</b>	68,34	68,86	68,28
<b>H (%)</b>	6,61	6,51	6,83
<b>N (%)</b>	0	0	0
<b>O<sup>a</sup> (%)</b>	20,7	19,95	20,76
<b>S (%)</b>	4,35	4,68	4,13
<b>GHV<sup>b</sup> (Mj/kg)</b>	28,58	28,78	28,74

<sup>a</sup> ağırlık farkından hesaplandı

<sup>b</sup>Beckman's formülü ile hesaplandı

### 7.3. Uygun çalışma sıcaklığının belirlenmesi

Çalışmanın bu aşamasında kauçukta vulkanizasyon işlemi sonucu oluşan C-S-C veya C-S-S-C bağlarının en iyi kırılımını belirlemek amacıyla ve maksimum katı ürün elde etmek amacıyla

uygun olan reaksiyon sıcaklığı belirlenmesine çalışıldı (Tablo.5). 130 °C sıcaklık çalışmasında % 94 maksimum katı ürün verimi elde edilmiştir. Ancak bu sıcaklıkta lastiğin H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> içerisinde çözünme süresi 40 dk olarak belirlenmiştir. 130 °C sıcaklık çalışmasında elde edilen sonuçlar ile 140 °C sıcaklık çalışmasında elde edilen sonuçlar yaklaşık olarak benzerdir. 140 °C sıcaklıkta lastiğin H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> içerisinde çözünme süresi 20 dk olarak belirlenmiştir. Zaman ve enerji tasarrufu sağlamak amacıyla uygun sıcaklığın 140 °C olduğu belirlenmiştir.

Tablo.5 Sabit reaksiyon süresi ve sabit atık numune miktarında reaksiyon sıcaklıkları sonuçları

	<b>(SB-65)</b>	<b>(SB-66)</b>	<b>(SB-67)</b>
	Isıtma: etüv	Isıtma: etüv	Isıtma: etüv
	Sıcaklık:130 °C	Sıcaklık:140 °C	Sıcaklık:150 °C
	çözünme süresi: 40 dk	çözünme süresi: 20 dk	çözünme süresi: 15 dk
	Aktivasyon : 1 M NaOH + 1 M HCl	Aktivasyon : 1 M NaOH + 1 M HCl	Aktivasyon : 1 M NaOH + 1 M HCl
	100 ml H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> - 200 ml MeOH - 10 g NaOH - lastik mik: 15 g	100 ml H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> - 200 ml MeOH - 10 g NaOH - lastik mik: 15 g	100 ml H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> - 200 ml MeOH - 10 g NaOH - lastik mik: 15 g
<b>Verim (%)</b>	94,42	91,92	82,51
<b>Sbt karbon(%)</b>	45,85	44,67	38,39
<b>Uçucu mad (%)</b>	42,62	44,41	52,49
<b>Kül (%)</b>	5,74	5,83	5,38
<b>Nem (%)</b>	5,79	5,09	3,74
<b>C (%)</b>	65,72	66,05	70,35
<b>H (%)</b>	6,69	6,7	7,35
<b>N (%)</b>	0	0	0
<b>O* (%)</b>	22,87	22,93	22,5
<b>S (%)</b>	4,72	4,32	4,8
<b>GHV<sup>b</sup> (Mj/kg)</b>	27,54	27,62	28,08

<sup>a</sup> ağırlık farkından hesaplandı

<sup>b</sup>Beckman's formülü ile hesaplandı

#### 7.4. Katı ürün elementel analiz sonuçlarının literatürde verilen piroliz charı, aktif karbon, karbon siyahı ve kömür ile karşılaştırılması

Tablo.6 Atık lastik, katı ürünün proximate-elementel analizi değerleri ve literatürde verilen piroliz charı, aktif karbon, grafit, petrokok ve kömür sonuçları

Wt, %	Atık Lastik	Katı ürün	Rusya menşei Kalorifer kömürü	Karbon siyahı	Aktif karbon	Grafit	Piroliz Charı (Portofino (3))	Petrokok
Sabit karbon	28,31	45,8	71,93	96,5	84,75	98,4	71,99	-
Uçucu madde	64,75	43,23	15,99	1,9	10,44	0,7	5,65	9,13
Kül	6,94	6,1	11,59	0,3	3,17	0,69	21,92	1
Nem	0	4,87	0,495	1,3	1,64	0,2	-	9,68
C	84,77	67,21	77,32	98,7	63,011	96,37	71,62	-
H	8,07	5,82	4,51	0,4	1,83	0,06	1,98	-
N	1,88	0,1	2,14		-	1,42	0,14	-
O <sup>a</sup>	3,96	21,97	14,85		33,32		24,66	-
S	1,32	4,9	1,177	0,6	1,84	<0,001	1,6	6,01
GHV (Mj/kg)	38,2*	27,36	30,04	35,18	20,6	-	24,66	30,26*

\* kalori bombasında analiz edildi

<sup>a</sup> ağırlık farkından hesaplandı

Atık lastik ve katı ürünün proximate-elementel analizi ve literatürde verilen piroliz charı, aktif karbon, karbon siyahı, petrokok ve kömür değerleri ile karşılaştırılması tablo.6'de verilmiştir. Ayrıca tablo.7'de literatürde verilen taş kömürü ve linyitin kısa analiz değerleri ile tablo.8'de literatürde verilen piroliz charı kısa ve elementel analiz değerlerinin elde edilen katı ürün değerleri ile karşılaştırılması verilmiştir. Literatürde verilen linyit kömürü, taş kömürü ve antrasit ısı değerleri sırasıyla < 19,28 ; 22,54 – 32,20 ; >29,27 Mj/kg 'dır. Sonuçlar karşılaştırıldığında elde edilen katı ürünün değerleri, literatürde verilen piroliz charı, taş kömürü ve aktif karbon değerlerine çok yakın olduğu görülmektedir.

Tablo.7 Atık lastik, katı ürünün kısa analiz değerleri ve literatürde verilen taş kömürü ve linyit kömürü sonuçları

	Lastik	Katı ürün	Taş Kömürü				Linyit Kömürü			
			Türkiye	ABD	Ukrayna	Kanada	Çan	Saray	Tunçbilek	Yatağan
<b>Uçucu mad (%)</b>	64,75	28,97	26,8	25,5	25,9	25,2	39,8	45,79	34,71	33,19
<b>Kül (%)</b>	6,94	9,9	10,4	9,8	8,7	10,2	8,63	13,52	13,91	25,26
<b>Nem (%)</b>	0	4,47	7,8	6,8	10,8	9,6	10,91	14,6	11,42	2,68
<b>Sbt karbon(%)</b>	28,31	56,65	55	57,9	54,6	55	40,66	26,09	39,96	38,87

Tablo.8 Atık lastik, katı ürünün proximate-elementel analizi değerleri ve literatürde verilen piroliz charı sonuçları

	Ağırlıkça, %	Atık Lastik	Katı ürün	Portofino (10)	Lopez (13)	Acevedo (9=a)	Acevedo (9=b)	Mui (12=a)	Mui (12=b)	Antoniou (32)	Gupta (34)	Napoli (35=b)
Proximate analiz	Sabit karbon	28,99	61,03	71,99	-	-	-	-	-	-	-	-
	Uçucu madde	63,03	29,045	5,65	-	-	-	-	-	-	-	-
	Kül	7,98	5,86	21,92	7,3	17,2	20,4	13,09	19,42	4,4	10,89	-
	Nem	0	4,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Elementel analiz	C	86,89	61,05	71,62	86,9	77,4	73,9	77,96	76,05	78,5	78,76	88,8
	H	8,34	3,55	1,98	0,8	0,4	0,4	1,58	1,21	0,5	1,06	3,8
	N		2,68	0,14	0,5	0,4	0,4	0,19	0,2	0,3	0,29	0,2
	O <sup>a</sup>	3,65	25,39	24,66	8,5	19,52	22,76	14,51	20,06	18,3	17,93	6,2
	S	1,12	7,33	1,6	3,3	2,28	2,54	5,76	2,48	2,4	1,96	1
	GHV <sup>b</sup> (Mj/kg)	38,2	25	24,66	30,80	25,81	24,27	28,01	26,07	26,43	27,05	34,30

a Calculated from weight difference , b Higher Heating Value, 10 (temperature 1000 C ), 13 (temperature 500 C ), 9 (a=rotary oven (RO)), 9 (b=fixed bed (FB)), 12 (a=untreated(8 h)), 12 (b=treated with sulphuric acid (16 h)), 30 (Horizontal furnace (800 C)), 34 (treated at 500 C ), 35 (b= Char,380 C)

## 7.5. Katı ürün ve literatürdeki char çalışmalarının yoğunluk, BET değerlerinin karşılaştırılması

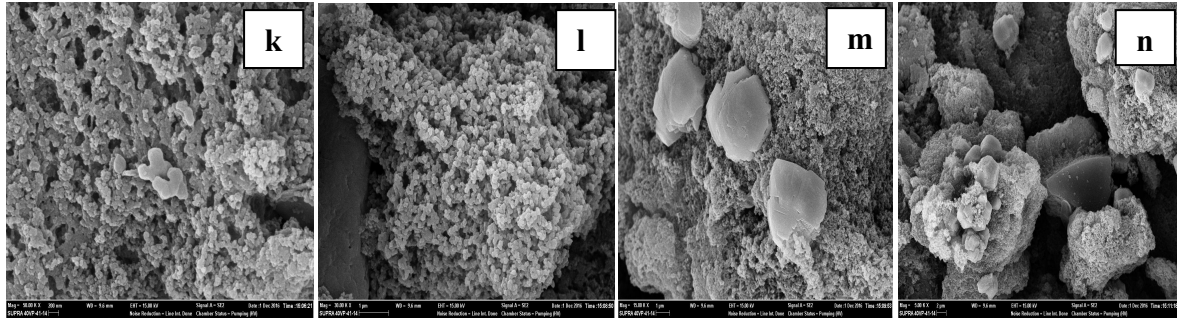
Katı ürünün BET yüzey alanı ve yoğunluk analizi değerleri ve literatürde verilen piroliz charı, aktif karbon, grafit, CNT ve kömür değerleri karşılaştırılması tablo.9’da verilmiştir. Katı ürünün BET yüzey alanı ve yoğunluk değerleri, kömür ve karbon siyahı değerlerine daha yakın olduğu belirlenmiştir.

Tablo.9 Katı ürünün BET yüzey alanı, yoğunluk ve pH analizi değerleri ve literatürde verilen piroliz charı, aktif karbon, grafit ve kömür değerleri

	Katı ürün	Piroliz charı	Kömür	Aktif karbon	Karbon siyahı	Grafit	CNT
BET yüzey alanı (m <sup>2</sup> /g)	26,33	8-68	9,34	564	40	422-499	2-662
Yoğunluk (g /cm <sup>3</sup> )	1,36	0,4 - 0,18	1,1-2,2	1,77	1,86	2,11	0,03-0,11
pH	9,07	-	-	9,5	8,43	-	-

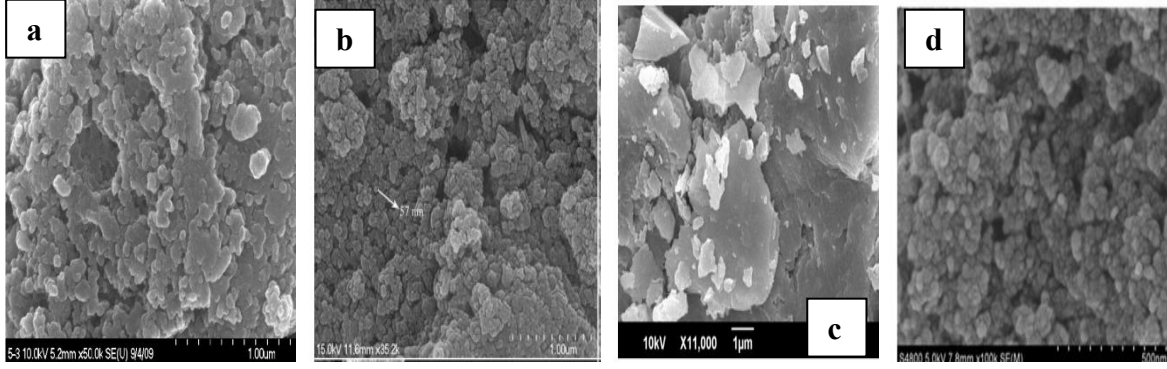
## 7.6. Katı ürün ve literatürdeki char çalışmalarının SEM görünüm karşılaştırılması

Kimyasal bozundurma çalışmaları sonucunda elde edilen katı ürünün, iki farklı fazda ve gözenekli bir yapıda olduğu görülmüştür (şekil.3).



Şekil.3 Katı ürünün SEM görüntüleri. ( k:50.000, l:30.000, m:15.000, n:5000)

Literatürde verilen piroliz charı, aktif karbon, karbon siyahı ve kömür SEM görüntüleri şekil 4’de verilmiştir. Katı ürünün; aktif karbon, karbon siyahı ve piroliz charına daha çok benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

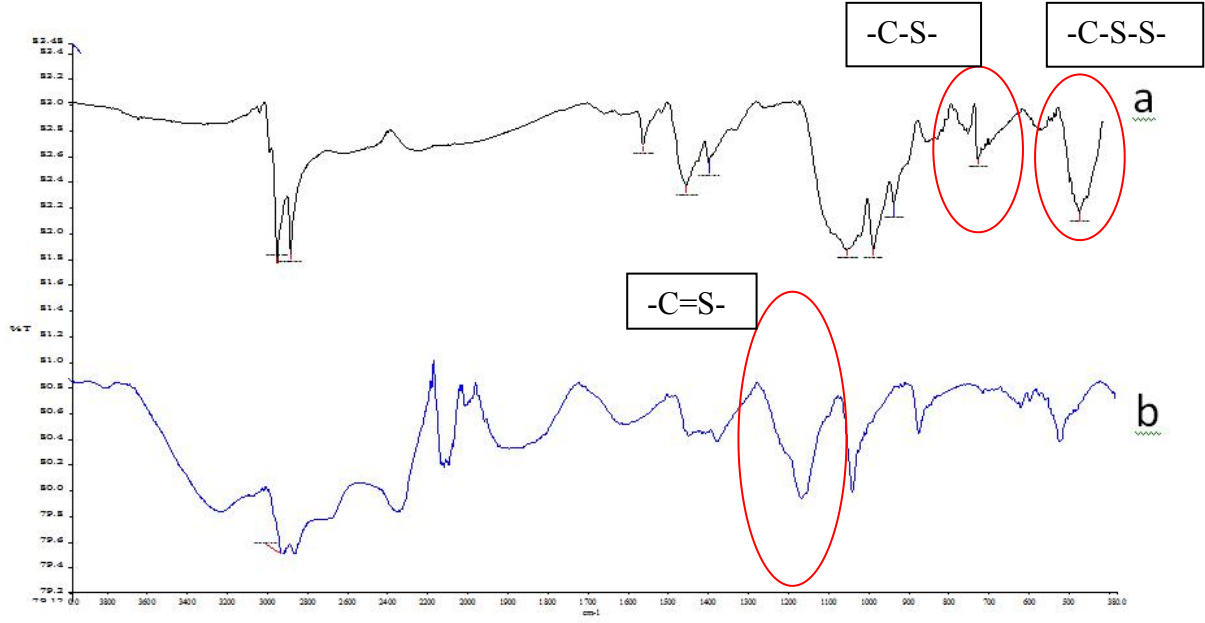


Şekil.4 Literatürde verilen aktif karbon, karbon siyahı, kömür ve piroliz charı SEM görünüşleri (a: aktif karbon, b: karbon siyahı, c: kömür, d: piroliz charı)

### 7.7. Katı ürün ve Atık lastiğin FT-IR analizlerinin karşılaştırılması

Atık lastik içerisinde vulkanizasyon işlemi sonucu oluşan C-S-C veya C-S-S-C bağları kırıldığı ve devulkanizasyon olayının gerçekleştiği, elde edilen katı ürünler ve atık lastiğin FT-IR spektrumlarının karşılaştırıldığı şekil 5’de görülmektedir. 450-600  $\text{cm}^{-1}$  band aralığı  $\text{C}\alpha - \text{C}\beta - \text{S} - \text{S} - \text{C}\alpha' - \text{C}\beta'$  yapısında S-S bağlarının titreşim pikini ve 694  $\text{cm}^{-1}$  bandı C – S – C bağında C – S titreşim pikini verir. Atık lastik spektrumunda 438  $\text{cm}^{-1}$  bandı, S-S bağlarının titreşim pikini ve 694  $\text{cm}^{-1}$  bandı C – S titreşim pikini göstermektedir. Bu pikler elde edilen katı ürün spektrumlarında görülmemektedir. 1100-1200  $\text{cm}^{-1}$  band aralığı C=S bağı titreşim pikini gösterir. Elde edilen katı ürün spektrumlarında görülen 1161 - 1162  $\text{cm}^{-1}$  bandları C=S bağı titreşim pikleridir.

Sonuç olarak atık lastikte bulunan C-S-C ve C-S-S-C bağlarının, devulkanizasyon reaksiyonu sonucu elde edilen katı ürünlerde C=S bağına dönüştüğü belirlenmiştir.



Şekil 5. Atık lastik ve elde edilen katı ürünlerin FT-IR spektrumları (a: atık lastik, b: katı ürün)

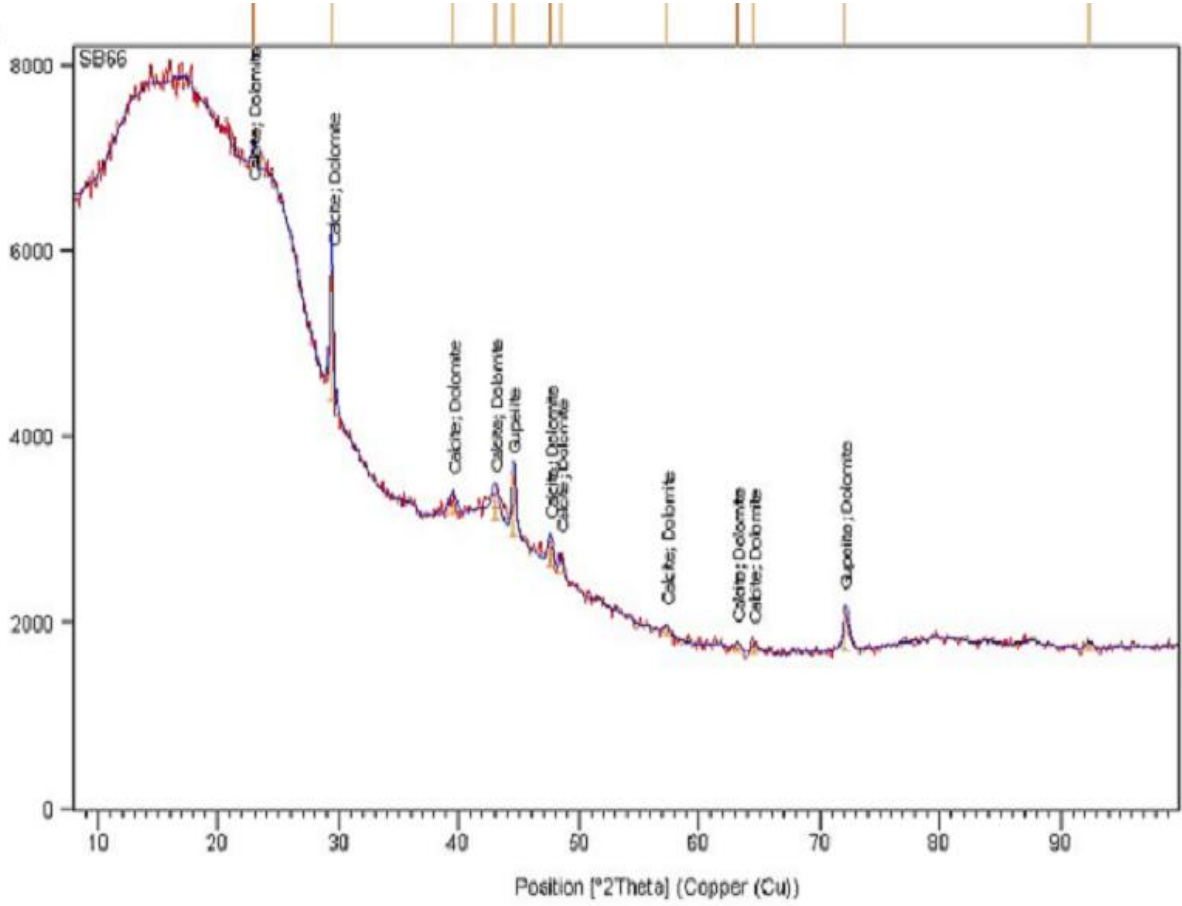
Katı ürünün FT-IR analiz sonuçları, literatürde verilen piroliz charı, aktif karbon, karbon siyahı ve kömür ile karşılaştırılması tablo.10'da verilmiştir. Katı ürünün spektrum değerlerinin; kömür ve aktif karbona benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Tablo.10 Atık lastik, katı ürünün FT-IR analizi spektrum değerleri ve literatürde verilen piroliz charı, aktif karbon, grafit ve kömür değerleri

Atık Lastik (cm <sup>-1</sup> )	Katı ürün (cm <sup>-1</sup> )	Piroliz Charı (cm <sup>-1</sup> )	Kömür (cm <sup>-1</sup> )	Aktif Karbon (cm <sup>-1</sup> )	Karbon siyahı (cm <sup>-1</sup> )	Grafit (cm <sup>-1</sup> )	Açıklama
-	3318,82	3500	-	3230	3400	3410	O-H titreşim piki
2915,6	2919,54	2915	2920	-	-	-	alifatik C-H bağı titreşim piki
2847,75	2850,57	2847	2850	2891	-	-	alifatik C-H bağının simetrik titreşim piki
-	-	1915	-	1710	-	1720	Karboksilik gruplarda C=O titreşim piki
-	-	-	-	-	1705	-	yüzeyde tutunan oksijenin C-O titreşim piki
-	1618,31	-	-	-	-	1620	Karboksilik gruplarda C=O titreşim piki
1536,28	-	-	1600	1567	-	-	Aromatik halkada C=C bağı titreşim piki
1427,93	1443,25	-	-	-	-	-	C-H bağlarının deformasyon titreşim piki
-	-	-	1398	1400	-	-	C-C titreşim piki
1371,51	1374,38	-	-	-	-	1380	C-O titreşim piki
-	1164,88	-	-	-	-	-	C=S bağı titreşim piki
		1146	-	-	-	-	C-O titreşim piki
1024,44	1034,75	-	1034	1068	-	1070	C=C titreşim piki
-	869,3	-	-	852	-	-	C-H titreşim piki
438,89	-	-	-	-	-	-	C <sub>α</sub> - C <sub>β</sub> - S - S - C <sub>α'</sub> - C <sub>β'</sub> yapısında S-S piki

### 7.8 Katı ürüne ait XRD analiz sonuçları

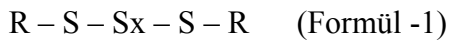
XRD cihazıyla yapılan kalitatif analizde; çalışmalar sonunda elde edilen katı ürüne ait X-ışını difraksiyonu spektrumu şekil 6'da verilmiştir. Elde edilen katı üründe lastik üretiminde kullanılan CaCO<sub>3</sub> ve kimyasal bozundurma reaksiyonu sonucu oluşan Ca türevi bileşikler bulunduğu görülmüştür.



Şekil 6. Kimyasal bozundurma sonucu elde edilen katı ürüne ait X-ışını difraksiyonu

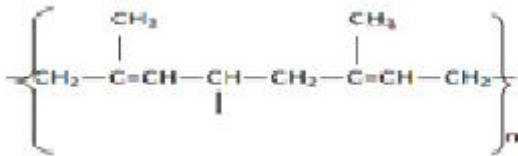
### 7.8. Devulkanizasyon sırasında gerçekleşen reaksiyonlar

Vulkanize kauçuğun genel yapısı formül I ile gösterilmiştir;



x; 0,1,2,3..

R grubu;

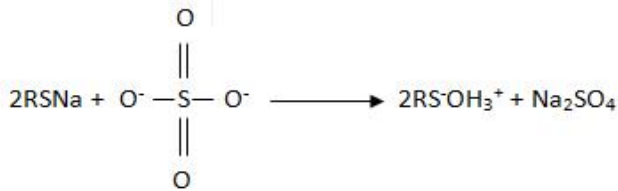
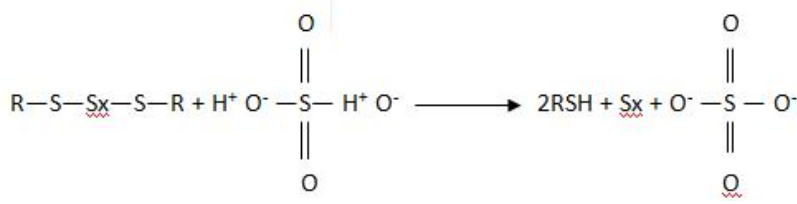


1.İşlem adımında; atık lastiğin çapraz bağlarının, sülfürik asit ile şişirilmesi ve

2.İşlem adımında; metil alkolün sodyum hidroksit ile tepkimesi,



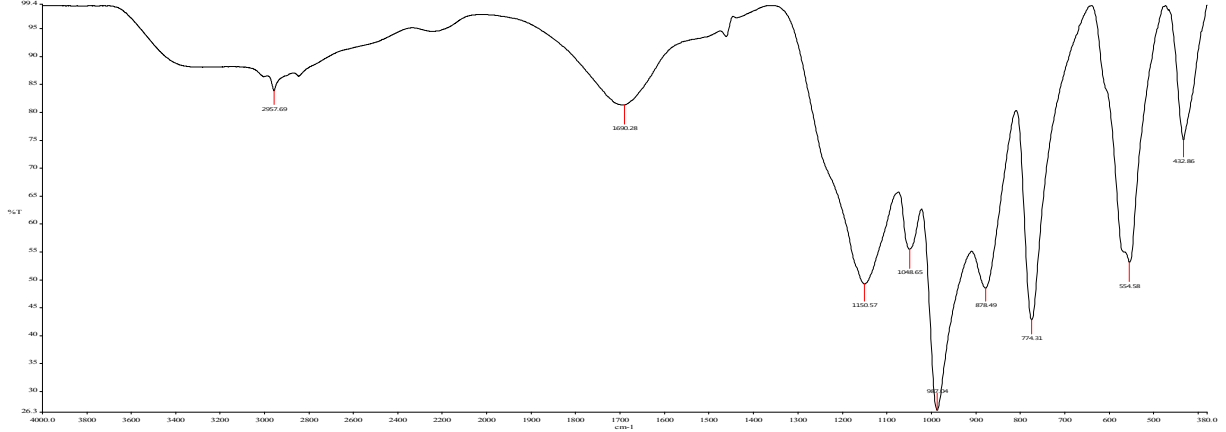
3. İşlem adımında; Birinci ve ikinci tepkime sonucunda elde edilen ürünlerin uygun reaktörde reaksiyona maruz bırakılması halinde gerçekleşen tepkimeler (söz konusu tepkimeler aynı anda veya ard arda gerçekleşmektedir) ,



Kaynama noktası 64,7 °C olan metil alkol ve diğer içeriği bilinmeyen gaz ürünler burada bahsi geçen gaz ürün olup, reaksiyon sıcaklığı olan 100-150 °C’de gaz olarak açığa çıkar ve ayrışır.

Isı etkisi ve sülfürik asit yardımıyla kükürt çapraz bağları kırılarak sülfürik asitte bulunan hidrojen iyonları kükürt bağları yerine bağlanır. Sülfürik asit içerisinde bulunan sülfat iyonu, sodyum hidroksitte bulunan sodyum iyonu ile iyonik bağ oluşturarak sodyum sülfat tuzu oluşturur.

4.İşlem adımında; Süzme işlemi sonrasında, elde edilen katı ürün ile sodyum sülfat tuzunun ısı etkisiyle çözülmüş halde bulunduğu sıvı ürün birbirinden ayrılır. Sıvı ürünün FT-IR görünümü şekil.7’de verilmiştir.



Şekil.7 Sıvı ürün FT-IR görünümü

## 8.TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Proje çalışmasında, atık lastiğin vulkanizasyon işlemi sonucu oluşan C-S-C veya C-S-S-C bağları kırılımının gerçekleştirildiği kimyasal bozundurma çalışmaları karşılaştırılarak en uygun şartlarda elde edilen katı ürünün, literatürde sunulmuş olan çalışmalarda verilen piroliz charı, kömür, aktif karbon, CNT, karbon siyahı verileri ile karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir.

Sonuç olarak, katı ürünün; elementel analiz ve ısıl değer sonuçları taş kömürü, FT-IR analizleri; kömür, aktif karbon, piroliz charı, BET ve yoğunluk analizleri; kömür ve karbon siyahı, SEM görüntüleri; aktif karbon, karbon siyahı, CNT, piroliz charına daha çok benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

### KAYNAKLAR

Acar Bozkurt, P., Atık Lastik-Kömür Karışımlarının Piroliz ve Kritik Üstü Ekstraksiyonla Değerli Ürünlere Dönüştürülmesi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Ankara, (2011)

Altın, M., Koca, A., Solmaz, H., Yılmaz, E., Türkiye’de Otomobillerden Kaynaklanan Lastik Atık Miktarının İncelenmesi, Politeknik Dergisi, Cilt:16, Sayı: 2, s.51-56 (2013)

Atık Yönetimi ve Bilgilendirme Kitapçığı,

[http://www.ekolojikenerji.com.tr/images/pdf/atik\\_yonetim.pdf](http://www.ekolojikenerji.com.tr/images/pdf/atik_yonetim.pdf) (27.01.2015)

Benko, D.A, Beers, R.N., Lee, S. and Clark, K.L, Devulcanization of Cured Rubber, U.S. Pat. No. US 6992116 B2

Benko, D.A. and Falls, M, Devulcanization of Cured Rubber, EP 1435372 A1

Dubkov, K.A. , Semikolenov, S.V. , Ivanov, D.P. , Babushkin, D.E. , Panov, G.I. , Parmon, V.N. , Reclamation of waste tyre rubber with nitrous oxide, Polymer Degradation and Stability 97, 1123 – 1130 (2012)

Erdem Geri Dönüşüm San. Ltd.Şti., Erdem Geri Dönüşüm Sistemi, <http://www.erdemgeridonusum.com/index.php/sistemimiz> ( 27.01.2015)

European Tyre & Rubber Manufacturers, End of waste status, <http://www.etrma.org/tyres/ELTs/end-of-waste-status> (27.01.2015)

Global Reporting Initiative, Tires, <https://www.globalreporting.org/resourcelibrary/17-Tires.pdf> (27.01.2015)

Hofman, M., Pietrzak, R., Adsorbents obtained from waste tires for NO<sub>2</sub> removal under dry conditions at room temperature, Chemical Engineering Journal, 170, 202-208 (2011)

Indigo Dergisi, Problemin Adı Hurda Lastik, <http://indigodergisi.com/> (27.01.2015)

Karaağaç, B., Lastik Sanayi Takviye Malzemeleri Hurdalarının Kriyojenik Yöntemle Geri Kazanımı, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Kocaeli, (2003)

Kershaw, J. , Supercritical fluid extraction of scrap tyres. Fuel, Vol. 77, 1113-1115 (1998)

Kiroski, D., Sims, J. , Gregory, A. L. , Packham, D. E., The Use of Thiol-Amine Chemical Probes in Network Characterisation of NBR Vulcanizates, School of Materials Science, University of Bath, Bath, BA2 7AY, U.K.

LASDER/Lastik Sanayicileri Derneği, <http://www.lasder.org.tr> (27.01.2015)

Mangili, I., Collina, E., Anzano, M., Pitea, D., Lasagni, M., Characterization and supercritical CO<sub>2</sub> devulcanization of cryo-ground tire rubber: Influence of devulcanization process on reclaimed material, *Polymer Degradation and Stability*, 102, 15-24 (2014)

McFarlane, R.A, Lott, R.K. and Huang, H., Catalytic Devulcanization of Rubber, U.S. Pat. No. US 2006/0116431 A1 (2006)

Moore, C.G., Trego, B.R., Characterization of Vulcanizates. Part-IV. Triphenylphosphine and Sodium Di-n-butyl site in Natural Rubber, cis-1,4-Polyisoprene, Ethylene-Propylene Rubber Vulcanizate Networks, *Applied Polymer Science* vol:8, pp 1957-1983 (1964).

Pilard, J. F., Campistron, I., Sadaka, F. and Laguerre, A., Method for Preparing Telechelic Oligomers From Tire Waste, U.S. Pat. No. US 2012/0323037 A1 (2012)

Qu, W., Zhou, Q., Wang, Y., Zhang, J., Lan, W., Wu, Y., Yang, J. and Wang, D., Pyrolysis of Waste Tire on ZSM-5 Zeolite With Enhanced Catalytic Activities, *Polymer Deg. and Stability*, Vol. 1, 2389-2395 (2006)

Sugözü, İ., Mutlu, İ., Atık Taşıt Lastikleri ve Değerlendirme Yöntemleri , *Taşıt Teknolojileri Elektronik Dergisi* Cilt: 1, No: 1, (35-46) (2009)

The World Business Council for Sustainable Development, End-of-Life Tires <http://www.wbcds.org/work-program/sector-projects/tires/end-of-life-tires.aspx> (27.01.2015)

Türkiye İstatistik Kurumu, Kullanım Amacına Göre Motorlu Kara Taşıt Sayısı, [http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?tb\\_id=52&ust\\_id=15](http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?tb_id=52&ust_id=15) (27.01.2015).

Yakaboylu, O., Atık Lastik Yönetimi ve Atık Lastik Pirolyzi Model Tesisi İçin Yapılabilirlik Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Ankara, (2010)

Zhang, X., Wang, T., Ma, L., Chang, J., Vacuum Pyrolysis of Waste Tires with Basic Additives, *Waste Management*, 28, 2301-2310, (2008)

## **MALİ ETKİNLİKLER**

## Proje Bütçesi Harcama Bilgileri

S. No	Malzemenin Tanımı ve Açıklaması	Birimi	Miktarı	Fiyatı (TL)
1	Porselen kroze 101/40 HALDENWANGER	Adet	20	234,54
2	Metil alkol, Tekkim	Litre	150	1164,9
3	Sülfürik asit, Tekkim	Litre	100	516,1
4	HYDROCHLORIC ACID FUMING 37% EMSURE®	Litre	50	917,8
5	LDPE ŞİŞE,GENİŞ BOYUN,250 ML	Adet	200	270,8
6	MANYETİK BALIK,STANDART,15X4,5 MM	Adet	10	43,37
7	BEHER 1 LT	Adet	50	408,55
8	BALON JOJE 1000 ML NS14,5/23	Adet	10	342,97
9	BALON JOJE 500 ML NS14,5/23	Adet	10	237,5
10	PP TARTIM KABI,30 ML	Adet	50	153,7
11	PP TARTIM KABI,50 ML	Adet	50	185,85
12	Nitrik asit, Merck	Litre	5	462
13	Adi Filtre kağıdı, 40X40	paket	5	190
14	Amonyum testi, Merck(ölçüm aralığı: 2-150 NH4-N)	kutu	1	370
15	55 mm Filtre kağıdı, Whatman Marka	paket	3	120
<b>TOPLAM (KDV HARİÇ)</b>				<b>5618</b>

Bütçenin kalan 3360 TL'lik miktarı, analizler için merkezi araştıma laboratuvarına aktarılmıştır.

## BİLİMSEL ETKİNLİKLER

Balbay, S., Acıkgöz, C., Evaluation of The Absorption Capacity of The Solid Product(Char) Obtained from The Waste Tyre Rubber via Chemical Degradation to Remove Linear Alkyl Benzene Sulphonic Acid (Labsa) from Aqueous Solution, Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Conference on Environmental Science and Technology, 3-5 Eylül 2015, poster

Balbay, Ş., Açıköz, Ç., Adsorption Behaviors for Sequestration of Anionic Surfactant (Linear Alkyl Benzene Sulphonic Acid, LABSA) from Aqueous Solution on The Solid Product(CHAR) Obtained from The Waste Tyre Rubber via Chemical Devulcanization, International Congress on Energy and Environment Engineering and Management, 22-24 Temmuz 2015, sözlü sunum

Balbay, Œ., Aıkgöz, ., Comparison of Solids Product Obtained from Waste Tyre Rubber via Chemical Degradation with Pyrolysis Solid Product(Chars), 2nd International Conference on Recycling and Reuse, 4-6 Haziran 2014, poster

Balbay, Œ., Aıkgöz, ., Chemical degradation of waste tyre rubber, EurAsia Waste Management Symposium 2014, 28-30 Nisan 2014, poster