

Doç.Dr. Bülent
YEŞİLATA
Doç.Dr.Hüsamettin
BULUT
Yrd.Doç.Dr. Paki
TURGUT
Yrd.Doç.Dr.Feridun
DEMİR

Özet:

Yıllık üretilen ve hurdaya atılan taşıt lastik miktarının fazlalığı; geri kazanım ve yeniden kullanım açısından alternatif çözümler oluşturulmasını zorunlu kılmaktadır. Atık lastiğin yeniden değerlendirilmesi için, öncelikle atık lastiğin boyutlarını küçültecek olan endüstriyel işlemlerin yapılması gerekmektedir. Bu işlemler, başta makina mühendisleri olmak üzere, endüstri, kimya, çevre ve inşaat gibi mühendislik dallarını da içeren çok disiplinli bir ekip çalışması gerekmektedir. Bu çalışmada, makina mühendisliği alanını ilgilendiren boyutuyla, bu endüstriyel işlemler ve sonrasında elde edilen farklı boyutlardaki lastik parçalarının özellikleri hakkında detaylı bilgiler verilmektedir. Ayrıca; özgün uygulama olarak, atık otomobil lastiklerinin binalarda yalıtım iyileştirmede kullanımı için, laboratuvarımızda uygulanan bir yöntemin aşamaları sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler:

Atık taşıt lastiği, geri kazanım, mekanik parçalama, binalarda yalıtım.

Atık Taşıt Lastiklerinin Geri Kazanımı ve Yalıtım Amaçlı Kullanımı

1. GİRİŞ

Büyük bir çoğunluğunu karayollarında kullanılan araçların oluşturduğu, atık lastiklerle ilgili problemler her geçen gün hızla artmaktadır. Ömrünü tamamlamış taşıt lastikleri, günümüzde bol olmasının yanında, değersiz bir atık konumundadırlar. Ayrıca; çevre kirliliğine sebebiyet vermekte ve insan sağlığı ile doğal dengeyi olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Bu sorunları ortadan kaldırmanın en etkin yolundan biri; atık lastiklerin yeniden işlenerek, endüstride farklı uygulamalarda kullanılması olarak gösterilmektedir. Tüm bir lastiğin, çeşitli endüstriyel işlemlerden geçirilerek, farklı boyut ve geometrilerde alternatif bir malzeme olarak kullanımı; başta ABD olmak üzere, birçok gelişmiş ülkede atık lastiklerin yönetimi ile ilgili sorunları büyük ölçüde azaltmıştır [1].

Ulaşımın yüzde 95'inin karayoluyla yapıldığı ülkemizde, milyonlarca araçtan elde edilen atık lastiğin büyük bir çoğunluğu; yasadışı yollarla çöplük, deniz ve nehirlere atılmaktadır. Atık lastiklerin çok az bir kısmı ise, çimento veya tuğla üretim fabrikalarında pişirme işlerinde yakıt olarak kullanılmaktadır. Ancak bu uygulamalarda da, fabrikaların baca filtrelerinde biriken tozların filtrelerin ömrünü kısalttığı yönünde bir görüş hakimdir. Bu nedenle, atık lastikler genellikle doğaya atılarak veya açık havada yakılarak çok büyük çevre sorunları oluşturmaktadır. Atık lastikler yanıcı madde oldukları için, atık lastiklerin depolanması işleminde özel güvenlik tedbirlerinin alınması zorunluluğu ortaya çıkmakta ve bu durumda da depolama maliyetleri artmaktadır [2-5].

Ülkemizde her yıl oluşan 110.000 ton atık lastiğin yeniden değerlendirilmesine yönelik, bazı potansiyel uygulama önerileri literatürde mevcuttur. Kullanılmış atık lastiklerin; sönümleyici eleman olarak kullanımı (tarım, oyun yeri salıncağı, iskelelerde gemi tamponu olarak v.s), malzeme olarak değerlendirilmesi (lastik kaplama, kauçuk haline getirme v.s), enerji geri kazanımında kullanımı (çimento fabrikası ve ısı santrallerinde yakıt olarak), hammaddesel değerlendirme (petrole benzer yağlar ve kimyasal maddeler elde edilmesi), yığılma yapıların depreme karşı güçlendirilmesi ve sismik yalıtım amaçlı kullanımı,

başlıca önerilen potansiyel uygulamalar arasındadır [1, 6-8].

2. Atık Lastiğin Geri Kazanım Yöntemleri

Atık lastiğin geri kazanımı; atık lastiğin parçalanarak, çelik, fiber ve diğer kirleticilerden ayrılmasıdır. Atık lastiklerin kazanılabilecek temel ürünlerin yüzdesel değerleri Tablo 1'de verilmektedir. Atık bir lastiğin yararlı bir başka endüstriyel ürün olarak kullanılabilmesi için; boyutlarının küçültülmesi gereklidir. İşlem sekli-

Atık lastiklerin parçalanarak boyutlarının küçültülmesi işlemi tamamen mekanik prensiplere göre yapılmaktadır. Atık lastikler, birinci aşamada genellikle 5 cm boyutunda parçalanır. Bu işlemle, atık lastiğin hacmi, ? oranına kadar azaltılır ve böylece depolama maliyetleri de düşürülür. Bu işlemin en büyük faydası, atık lastiklerin standart yükleyiciler ile yüklenebilmesi olabilir. Ön parçalama işleminde kullanılan makinaların büyük çoğunluğu, düşük devirler -

ne ve boyutuna göre; tüm bir lastikten, beş farklı boyutta atık lastik eldesi mümkün olup, bu duruma yönelik şema Şekil 1'de gösterilmiştir.

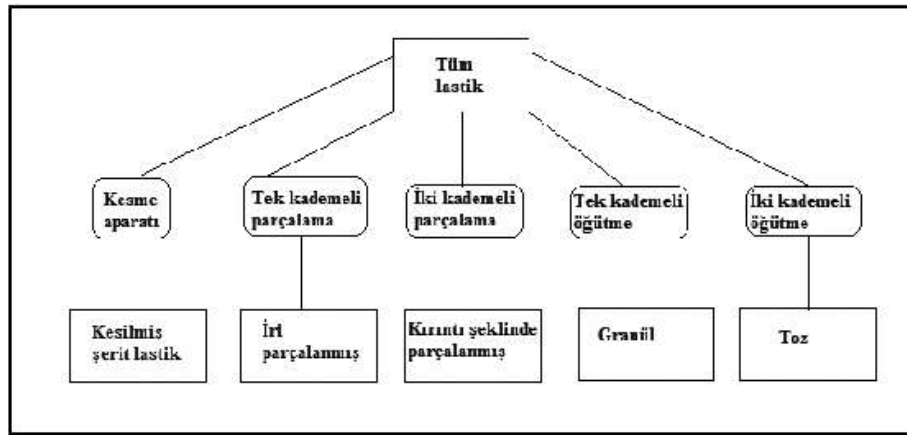
Atık lastiklerin boyutlarının küçültülmesinde kullanılan yöntemleri; kullanılan makine ve makine gruplarının çalışma teknolojileri açısından iki temel başlıkta incelemek mümkündür: mekanik parçalama yöntemi ve nitrojenle parçalama yöntemi [9,10]. Her iki yöntemin uygulanışı ile ilgili teknik detaylar aşağıda belirtilmiştir.

2.1. Mekanik Parçalama Yöntemi

de karşılıklı olarak dönen iki milden oluşmaktadır. Bu tip sistemlerde, millerde oluşan yüksek tork yardımıyla her türlü atık lastik kolaylıkla parçalanabilmektedir. Şekil 2'de atık lastik parçalayan bir makinenin iç kısmı gösterilmektedir. Atık lastik içerisindeki çelik teller, parçalayıcı ve öğütücü makinalardaki yırtılma ve aşınmanın %70'ini oluşturduğu için, atık lastikleri parçalama işlemi başlamadan önce, çelik tel kısımlarının ayrıştırılması gereklidir.

Günümüzde, atık lastik parçalama teknolojisi iyi durumda olup, Kuzey Amerika'dan Batı Avrupa'ya ka-

Tablo 1. Atık lastikten elde edilen ürünlerin yüzdesel değerleri [9].			
Ürün	Kamyon Lastiği	Endüstriyel araçların lastikleri	Otomobil lastiği
Kırıntı kauçuk	70%	78%	70%
Çelik	27%	15%	15%
Elyaf ve diğer atıklar	3%	7%	15%



Şekil 1. Parçalama şekline ve boyutuna göre atık lastiklerin sınıflandırılması.

Makale

dar birçok şirket tarafından bu makineler üretilmektedir. Atık lastik parçalayıcı makinelerin birçoğu, yaklaşık 150–200 kW gücündeki elektrik motorlarıyla çalıştırılmakta, malzeme girişi ve uflanma boyutuna bağlı olarak 2 ton/saat parçalama kapasitesine sahip olabilmektedirler.

Şekil 3'de gösterilen mekanik bir atık lastik parçalama tesisinde; işlemlerin tümü çevre sıcaklığı veya daha yüksek sıcaklıklarda yapılmakta olup, lastiği kırık duruma getirecek bir soğutma işlemi uygulanmamaktadır. Atık lastikler ön parçalayıcıda 5 cm boyutunda kesildikten (A) sonra, çapı 10 mm'den daha küçük olan granül haline getirilmektedir (B). Granül oluştuktan sonra, manyetik bir sistem kullanılarak atık lastiğin içerisindeki çelik teller, sallama ve rüzgâr elekleri yardımıyla da elyaf ayrılacaktır (C). Bazı uygulamalarda kullanılmak üzere; tane çapı daha küçük olan lastikler elde etmek için, ardışık öğütme işlemi de uygulanabilmektedir (D).

2.2. Nitrojenle Parçalama Yöntemi

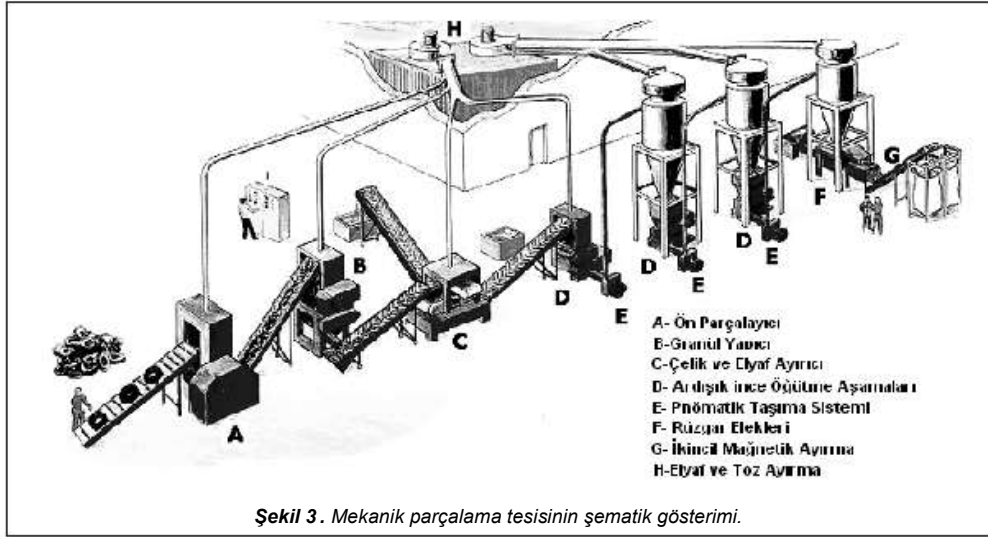


Şekil 2. Atık lastik parçalamada kullanılan bir makinenin iç kısmı

ya lastik parçacıkları -80 °C'nin altında soğutulmakta ve lastiğe cam gibi kırılabilirlik özelliği verilmektedir. Soğutma işlemi uygulandıktan sonra, lastiği ezerek veya kırarak lastik boyutu küçültme işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu tür boyut küçültme işlemi; ortam sıcaklığında yapılan boyut küçültme işlemine kıyasla, daha az enerjiye ve daha az makineye gereksinim duymaktadır. Nitrojenle parçalama yönteminin bir di-

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 ve -

ğer avantajı da, atık lastik içerisindeki çelik ve elyafın 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. Nitrojenle lastik parçalama tesisi, şematik olarak Şekil 4'te



Şekil 3. Mekanik parçalama tesisinin şematik gösterimi.

gösterilmektedir.

Bu sistemde, başlangıçta yapılan işlemler, ortam şartlarında çalışan mekanik tesiste yapılanlarla yaklaşık aynıdır. 5 cm'lik lastik parçalar; donma tanelinde (B) sürekli olarak -120°C ve daha düşük sıcaklığa düşürüldükten sonra, yüksek devirde çalışan çekiçli öğütme kısmına (C) dökülürler. Çekiçli öğütme işleminde, parçacıklar geniş bir boyutta olup, elyaf ve çelikten ayrılmışlardır. Malzeme daha sonra kurutulmakta (E) ve belirli parçacık boyutlarında sınıflandırılmaktadır (F). Atık lastiklerin çok ince ve temiz olmasının istenmesi durumunda, nitrojenle lastik parçalama yöntemi, daha ekonomik olmaktadır. Atık lastik geri kazanım işlemlerindeki temel parametrelerin nitrojenle parçalama ve mekanik yöntemler açısından karşılaştırılması Tablo 2'de verilmektedir.

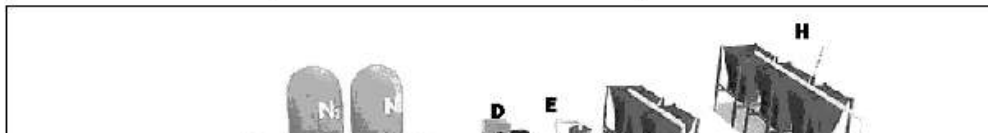
3. Parçalanmış Atık Lastik Özellikleri

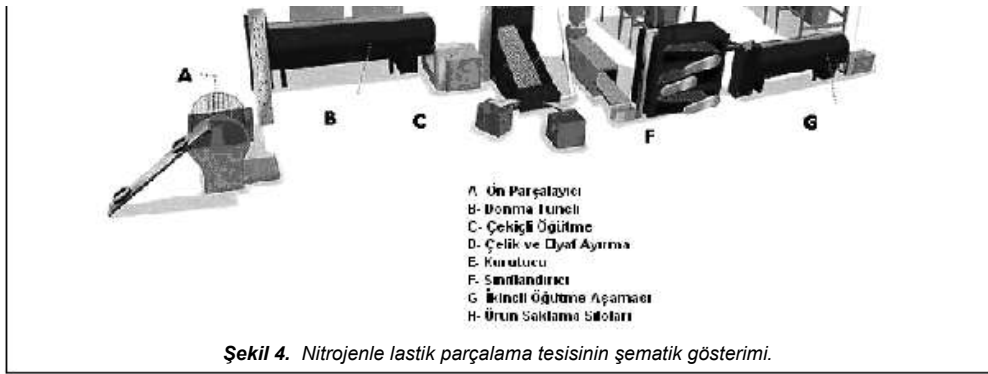
Bir önceki kısımda bahsedildiği üzere; atık lastiğin yeniden değerlendirilmesi için, atık lastiğin boyutlarını küçültülecek olan endüstriyel işlemlerin yapılması gerekmektedir. Boyut küçültme işlemi, belirlenen amaç doğrultusunda, iki aşamadan oluşmaktadır: i) kauçuk kısım içerisindeki elyaf ve çeliğin ayrıştırılması, ii) kauçuk parçaların pazarda satılabilir boyutlara indirgenmesi. Farklı boyutlara indirgenmiş atık lastiklerin teknik özelliklerinde bazı değişimler söz konusudur [9-11].

3.1. Bütün ve Şerit Lastikler

Tipik bir otomobil atık lastiğinin ağırlığı 9,1 kg'dır. Atık lastiğin yaklaşık olarak 5,4 kg ile 5,9 kg ağırlıklar arasında değişen kısmının, %35'i doğal ve %65'i

Tablo 2. Mekanik ve nitrojenle atık lastik parçalama yöntemlerinin karşılaştırılması [9].		
Parametre	Mekanik Parçalama Yöntemi	Nitrojenle Parçalama Yöntemi
Çalışma sıcaklığı	Çevre sıcaklığı veya daha yüksek (maksimum sıcaklık 120 °C)	- 80 °C veya daha düşük (minimum sıcaklık -100 °C)
Boyut küçültme prensibi	Kesme, yırtma, makaslama	Gevrek lastik parçalarını kırmak
Parçacık şekilleri	Süngerli ve kaba	Düz ve pürüzsüz
Parçacık boyutu dağılımı	Parçacık boyutunda dar bir dağılım, öğütme aşamasına göre sınırlı boyut küçültümü	Sadece tek bir işlemlerle, parçacık boyutunda geniş bir dağılım eldesi (0.2 mm ile 10 mm arasında)
Bakım maliyeti	Yüksek	Düşük
Elektrik tüketimi	Yüksek	Düşük
Sıvı azot tüketimi	Yok	Bir kilogram lastik için 0.5-1kg sıvı azot





Şekil 4. Nitrojenle lastik parçalama tesisinin şematik gösterimi.

Makale

sentetik olan geri kazanılabilir kauçuktan meydana gelmektedir. Çelik kuşaklı radyal lastikler, ABD' de üretilen ve lastik piyasasına en çok hakim olan lastik tipidir. Tipik bir kamyon lastiği 18,2 kg ağırlığında olup, bu ağırlığın %60 ile %70'ni geri kazanılabilir kauçuk içermektedir. Kamyon lastiklerinin büyük çoğunluğu, çelik kuşaklı radyal lastikler olmasına rağmen, halen naylon veya polyester kuşak malzemesi içeren çapraz katmanlı tipte olan bir takım kamyon lastikleri de bulunmaktadır.

Atık lastiklerden elde edilen şerit lastikler, lastik kesme makinelerinden elde edilmektedir. Bu kesme makinelerinde, atık lastikler yanak ve sırt kısmı olarak iki farklı duruma dönüştürülür. Atık lastiklerin ısı değerleri 28,000 kJ/kg ile 35,000 kJ/kg arasında değişmektedir. Uygun şartlarda, atık lastiklerin yakılması mümkün olup, ısı enerjisi elde edilmesi gereken uygulamalarda kullanılabilir.

3.2. Parça ve Kırıntı Lastikler

Çoğunlukla, lastiklerin parçalanması veya kırıntı haline getirilmesi birinci ve ikincil parçalama işlemleri gerektirmektedir. Bir lastik parçalama makinesi, salınım veya ileri geri hareket eden kesme ağızlarıyla makaslama hareketi yapabilmekte ve böylece kesme işlemi etkili bir şekilde gerçekleştirebilmektedir. Üretici firma, makinenin modeline ve bıçak ağızına bağlı olarak, birincil parçalama işleminde lastik parçalarını, 300–460 mm uzunluğunda ve 100–230 mm genişliğinde boyutlara getirebilmektedir. Atık lastik boyutlarının, 76 mm ile 13 mm arası boyutlarda değişen kırıntı lastik boyutuna getirmek için; birincil ve ikincil parçalama işlemi olarak adlandırılan iki aşama gerektirmektedir. İkincil parçalama işleminde, birincil parçalama işlemine göre daha eşit boyutta olan ince lastik taneleri elde edilmektedir.

Parçalanmış atık lastiklerin yüzeyleri genellikle düzgün olmasına rağmen, şekil olarak düzensiz kaba parçalardan oluşmaktadır. Bu durumdaki atık lastik parçalarının içerisinde, keskin çelik tel parçaları bulunmaktadır. Kaba olarak parçalanmış lastik parçalarının uzunlukları, 25 mm'den büyük 460 mm'den küçük olmaktadır. Genellikle, büyük çoğunluğunun boyları

100 ile 200 mm arasında değişmektedir. Parçalanmış lastiğin gevşek birim ağırlığı, parça boyutuna ve şekline bağlı olarak 390 kg/m³ ile 535 kg/m³ arasında değişmektedir. Sıkışık birim ağırlığı ise, 650 kg/m³ ile 840 kg/m³ arasındadır.

Kırıntı lastikler, parça lastiklerden daha düzgün ve uniform boyutlardadır (76 mm ile 13 mm). Kırıntı lastiklerin boyutları, kullanılan makina ve işlem şartlarına bağlı olarak granül boyutlarında olabilmektedir. Kırıntı lastiğin gevşek birim ağırlığı 320 kg/m³ ile 490 kg/m³ arasında değişmektedir. Sıkışık birim ağırlıkları ise, 570 kg/m³ ile 730 kg/m³ arasında olmaktadır. Kırıntı lastiklerin ağırlıkça su emme değerleri ise, %2 ile %3,8 arasında değişmektedir. Parça lastiklerin kesilme kuvvetleri ile ilgili hemen hemen hiç veri bulunmamasına rağmen, kırıntı lastiklerin içsel sürtünme açıları 19o ile 26o arasında ve kohezyon değerleri de 4,3 kPa ile 11,5 kPa aralığında değişmektedir. Kırıntı lastiklerin su geçirgenlik katsayıları 1,5 ile 15 cm/s arasındadır.

Kırıntı lastikler, ısı yalıtım performanslarının iyi olması nedeniyle, dolgu malzemesi olarak altyapı uygulamalarında kullanılmakta ve tabii zemin malzemesine kıyasla, daha düşük donma derinliklerinin oluşmasına katkı sağlayabilmektedir. Parça ve kırıntı lastikler normal çevre koşullarında reaktif değildirler. Parça ve kırıntı lastiklerin temel kimyasal bileşeni, doğal ve sentetik kauçuklardır. Ancak ek bileşen olarak karbon siyahı, sülfür polimer, yağ, parafin pigment, bez, boncuk veya kuşak malzemeleri içermektedir.

3.3. Granül ve Toz Lastik

Granül kauçuğun tane boyutları 0.85 mm ile 9.5 mm arasında değişmektedir. Bunun yanında, boyut küçültme makinelerinde uygulanan uygulamada kullanılan yerlere göre, tane büyüklükleri 0.15 mm ile 19 mm arasında da olabilmektedir. Granül lastik üretimi, granül makinesi veya öğütme değirmeni makineleriyle yapılmaktadır. Granül makinesi, düzgün şekilli ve küçük yüzey alanına sahip küp şeklinde parçaları üretmektedir. Manyetik ayırıcılar kullanılarak, çelik teller granül lastik içerisinde toplanmaktadır. Ayrıca granül lastik parçaları içerisindeki cam fiberler veya

normal fiberler, hava püskürten ayırıcılar yardımıyla çıkarılmaktadır. Granül lastik parçaları, çift çevrimli manyetik ayırmaya maruz bırakıldıktan sonra, çeşitli boyutlarda sınıflandırılmış olarak torbalar içerisinde de belirli ağırlıklarda piyasaya sunulmaktadır.

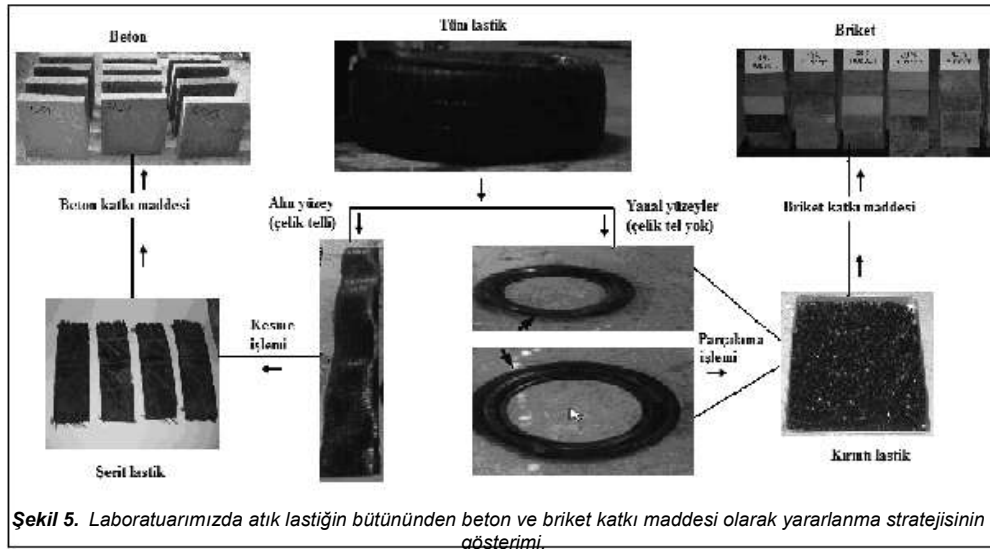
Toz lastiklerin tane boyutları ise, 0,075 mm ile 4,75 mm arasında değişmektedir. Soğuk asfalt içerisine karıştırılan toz kauçuğun tane boyutları genellikle 0,15 mm ile 0,6 mm arasında olmaktadır. Sıcak karışım asfaltında kullanılan toz lastiklerin boyutları ise, genellikle 4.75 mm'den daha küçük olmaktadır. Toz lastiğin yoğunluğu, elyaf, çelik tel ve diğer maddeleri içermemesi durumunda yaklaşık olarak 1150 kg/m^3 kadar olmaktadır.

Atık lastikleri granül ve toz lastiğe çeviren üç yöntem bulunmaktadır. Bunlardan krank mili işlemi çok kullanılan ve yaygın bir yöntemdir. Krank mili yönteminde, yüzeyi dişli ve dönen çelik tamburlar arasından atık lastik geçirilerek parçalanmakta ve böylece lastik boyutu küçültülmektedir. Bu işlemle, düzensiz şekle ve geniş yüzey alanına sahip parçalanmış lastik taneleri elde edilmektedir. Elde edilen lastik tanelerinin boyutları, 0,5 mm ile 5 mm arasında olup, bu boyut parça ve yan yüzeylerden ise iki adet halkasal parçalarda elde edilen lastiğe genellikle granül-toz lastik adı verilmektedir. İkinci işlem, bir kısmı sabit ve bir kısmı

da dönen bir mil üzerine monte edilmiş çelik plakaların (sabit ve hareketli plakalar arasındaki mesafe oldukça küçük) lastiğe çarpması ve sabit plaka ile hareketli plaka arasında lastiğin sıkıştırıp makaslanması esasına dayanmaktadır. Lastik bu şekilde makaslanarak, 0,5 mm ile 9,5 mm arasında granül-toz lastik parçaları elde edilebilmektedir. Üçüncü işlemde ise mikro değirmenler kullanılarak, 0,075 mm ile 0,5 mm boyutları arasında, çok ince toz lastikler üretilmektedir. Bazı uygulamalarda, lastik boyutunun küçütülmesi işleminde nitrojenle parçalama yöntemi de kullanılmaktadır. Bu yöntemde, daha önce bahsedildiği üzere, lastik tanelerini daha gevrek duruma getirip kolay kırılmalarını sağlamak için, sıvı azot kullanılmakta ve bu işlemle lastiğin sıcaklığı $-87 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar indirilmektedir. Bu teknik bazen son öğütme işleminde de kullanılmaktadır.

4. Özgün Uygulama

Laboratuvarımızda atık otomobil lastiklerine uygulanan geri kazanım işlemi; lastiğin tüm bölümlerinden yararlanmayı hedeflemektedir [12]. Şekil 5'te gösterildiği üzere, atık bir otomobil lastiğinin uygun şekilde kesilmesi sonucu ortaya, üst yüzeyden düzlemsel bir kesilmesi sonucu ortaya, üst yüzeyden düzlemsel bir



Şekil 5. Laboratuvarımızda atık lastiğin bütününden beton ve briket katkı maddesi olarak yararlanma stratejisinin gösterimi.

kauçuk içerdiğinden, bir parçalama makinası ile kırın- tı lastik haline getirilebilmektedir.

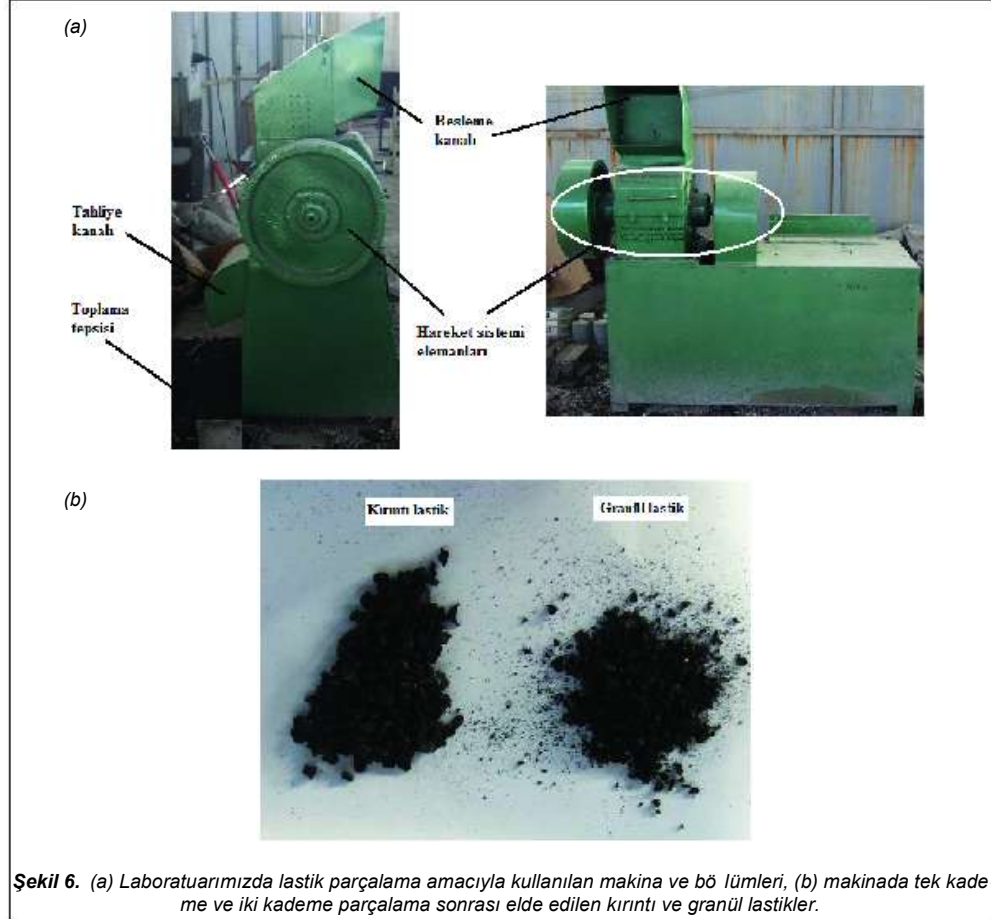
Bu amaçla laboratuvarımızda, Şekil 2'de gösterilen parçalama mekanizmasına benzer mantıkla çalışan bir makina kullanılmaktadır. Söz konusu lastik parça

yutta elde edilen lastik numuneler, Şekil 6(b)'de gösterilmiştir.

Bu uygulamada özgün olan plan; atık otomobil lastiğinden elde edilen düzlemsel parçayı, yapıların taban ve tavan döşemeleri üzerine, uygun aralıklarla ser -

lama makinası ve bölümleri, Şekil 6 (a)'da gösterilmiştir. Dört parçaya ayrılmış halkasal yanak yüzeyler, makinanın besleme kanalından içeriye alınmakta ve ilk kademe parçalama sonrası elde edilen kırıntı lastikler, tahliye kanalından, toplama tepsisine dökülmektedir. Daha küçük boyutlarda granül lastiklerin eldesi için, makina içerisindeki kesici bıçaklar arasındaki mesafe azaltılarak, kırıntı lastiklere, ikinci kademe parçalama işlemi uygulanmaktadır. Her iki bo-

mek suretiyle, yalıtımda iyileşme sağlamaktadır. Bu yaklaşım; yeni binalarda taze beton dökülmesi esnasında, eski binalarda ise, mevcut tavan yüzeyine serilip, üzerine şap uygulanmak kaydıyla kullanımı mümkün kılmaktadır. Yan yüzeylerden elde edilen halkasal kesitler ise; içerisinde çelik tel içermemesi avantajı nedeniyle, beton agregası boyutlarında direkt olarak parçalanabilmekte ve briket yapımında kullanılmaktadır.



Şekil 6. (a) Laboratuvarımızda lastik parçalama amacıyla kullanılan makina ve bölümleri, (b) makinada tek kademe ve iki kademe parçalama sonrası elde edilen kırıntı ve granül lastikler.

Atık otomobil lastiklerinin çelik içeren kısımları üzerinde, herhangi bir kesme işlemi yapılmadan yapılar da kullanılması; ekonomik olmasının yanında, zaman kaybını da önlemektedir. Bu durumda, çelik tel içeren kısmın, binaların tavan ve taban döşemelerinde ısı yalıtımını iyileştirmek amacıyla tek parça halinde serilmesi arzu edilmekle birlikte, lastikte oluşan kasılmalar nedeniyle, yüzeye düzgün oturması temin edilememektedir. Kasılma probleminin çözümü getirmek amacıyla; tam boy düzlemsel lastikler, genişliği sabit kalacak şekilde, basit bir kesme makinası ile daha kısa parçalara indirgenmektedir.

5. Değerlendirme ve öneriler

Bu çalışmada; atık lastiklerin geri kazanımı ile ilgili teknolojiler ve elde edilen farklı boyutlardaki atık lastiklerin özelliklerine yönelik temel bilgiler irdelenmiştir. Ayrıca; atık lastiğin değerlendirilmesi amacıyla, ta-

le gelmiştir. Atık lastiğin çevre ve ekonomi boyutu göz önüne alındığında; kullanım ve geri kazanma stratejilerinin çok iyi planlanması gerekmektedir. Bu amaçla, izlenmesi gereken hiyerarşik aşamalar Tablo 3'te verilmiştir.

2) Bir uygulama örneği olarak bu çalışmada sunulduğu üzere; atık bir otomobil lastiğinin tümünü, düşük maliyetli endüstriyel işlemler kullanımıyla, yeniden kullanılabilir boyutlara indirmek mümkündür. Bu doğrultuda, küçük ölçekli işletmeler ve laboratuvarlar için uygulanması önerilen yaklaşım şu şekildedir:

- lastiğin çelik telli sırt yüzeyinin (tel ayrıştırma işlemi uygulanmadan) basit bir kesme aparatı ile istenilen uzunluklarda kesilerek şerit halinde kullanımı,
- çelik telsiz yanak yüzeylerinin ise hali hazırda plastik endüstrisinde de kullanılan öğütme makinaları yardımıyla, kırıntı, granül ya da toz haline indirgenerek kullanımı.

ur. Ayrıca, atık lastiğin değerlendirilmesi amacıyla, ra boratuarımızda kullanılan özgün yaklaşım ve teknoloji, bir uygulama örneği olarak kısaca tanıtılmıştır. Bu çerçevede yapılan değerlendirme ve öneriler aşağıda sunulmaktadır:

1) Atık lastiğin geri kazanımına yönelik uygulamaların ülkemizde yaygınlaştırılması; hem ekonomik, hem de çevresel faktörlerden dolayı artık zorunlu ha

Teşekkür

TÜBİTAK Mühendislik Araştırma Grubu (MAG) tarafından '105M021' Nolu Proje kapsamında sağlanan desteğe teşekkür ederiz.

Kaynaklar

[1] Gönüllü, M.T., "Atık Lastiklerin Yönetimi", Katı Atık Geri Dönüşüm Teknolojileri Semineri, 9 Haziran

Tablo 3. Çevresel ve ekonomik tercihe göre atık lastik yönetim stratejileri [9].		
Sıra	Önerilen Hiyerarşi	Önerilen Uygulama
1	Orijinal ürünün mümkün olduğunca uzun süreli kullanımının sağlanması	Üretici firmaların maksimum dayanıklılık için uygun tekerlek geometrisini ve lastik bileşenlerini tasarlaması; kullanıcının maksimum servis ömrünü sağlamak için asfik havasını her zaman uygun basınçta koruması, hasarlı bölgelerin yeniden kaplama ile düzeltilmesi.
2	Malzemenin orjinal içeriğini bozmadan geri kazanım	Atık lastiklerin parçalanarak, çelik ve fiberlerinin ayrıştırılması ve daha sonra lastik malzeme olarak markette satışının sağlanması.
3	Tüm lastik olarak, enerji geri kazanımında kullanılması	Atık lastiklerin parçalanmadan çimento fabrikalarında yardımcı yakıt olarak yakılması.
4	Mekanik yolla parçalanmış lastiklerin enerji geri kazanımında kullanılması	Lastik parçalarının güç santrallerinde, kağıt ve çimento fabrikalarında kömür yardımcı yakıt olarak kullanılması
5	Atık lastiğin kimyasal yapısını değiştirerek enerji geri kazanımında kullanılması	Piroliz işlemi ve süperkritik ayrıştırma işlemi gibi yüksek sıcaklık uygulamaları sonrasında direkt yakıt olarak kullanımı
6	Olası geri kazanım uygulamaları için geçici depolarda biriktirilmesi	Sadece lastik malzeme bulunan depolarda uygun önlemler alınarak korunması
7	Şimdi veya gelecekte kullanılmamak üzere atılması tirilmesi ya da özenle bertaraf edilmesi.	Hurdalıklarda veya açık arazilerde önlem alınarak biriktirilmesi

- 2004, İSO, İstanbul.
- [2] TMMOB, Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği, Lastik Sanayi ve Petlas, Sektörel Rapor Dizisi: 6 Aralık 1994, Ankara.
- [3] Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin (ÖTL) Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete (Tarih: 25/11/2006, Sayı: 26357).
- [4] Ünlü, H., Otomotiv Endüstrisinde Oluşan Tehlikeli Atıkların Geri Kazanım, Y. Lisans tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (2006).
- [5] Bursa Çevre Merkezi (BCM), "Lastiklerin Geri Kazanımı", 03 Ağustos 2007 tarihinde <<http://www.bcm.org.tr/pdf/lastiklerin%20geri%20kazanimi.pdf>> linkinden ulaşıldı.
- [6] Kimya Sanayi Özel İhtisas Komisyonu (KSÖİK), Araç Lastiği Çalışma Grubu Raporu, Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013), Ankara (2006).
- [7] Korkmaz, S. Z., Korkmaz, H. H., Türer, A. "Elastik Art-Germe Şeritleriyle, Yiğma Yapıların Güçlendirilmesi", YDGA2005: Yiğma Yapıların Deprem Güvenliğinin Artırılması Çalışmayı Bildirileri, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Kültür Kongre Merkezi, Ankara, sy: 1-12 (2005).
- [8] Özden, B. Türer, A., "Ucuz Araba Lastiği Yastığı (ALY) Kullanarak Sismik İzolasyon", YDGA2005: Yiğma Yapıların Deprem Güvenliğinin Artırılması Çalışmayı Bildirileri, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Kültür Kongre Merkezi, Ankara, sy: 1-8 (2005).
- [9] Reschner, K., "Scrap Tire Recycling: A Summary of Prevalent Disposal and Recycling Methods", 30 Mayıs 2007 tarihinde <http://www.entireengineering.de/str/Scrap_Tire_Recycling.pdf> linkinden ulaşıldı.
- [10] Hammer, C., Gray, T. A., "Designing Building Products Made With Recycled Tires", Contractor's Report to the Board, California Integrated Waste Management Board (CIWMB), Publication No: 433-04-008 (2004).
- [11] American Society for Testing and Materials, D5603-01 Standard Classification for Rubber Compounding Materials—Recycled Vulcanizate Particulate Rubber, ASTM International (1998).
- [12] Yeşilata, B., Turgut, P., Bulut, H. ve Demir, F., "Atık Otomobil Lastiklerinin Bina Yapı Elemanlarında Yalıtım İyileştirme Amacıyla Kullanılabilirliğinin Araştırılması", TÜB TAK-MAG Projesi (105M021), Başlangıç tarihi: 1 Eylül 2005.

