İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE İÇİN KULLANILMIŞ LASTİK YÖNETİMİ ARAŞTIRMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Müh. Berna BATIR

Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Programı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı : Y. Doç. Dr. İbrahim DEMİR

MAYIS 2002

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE İÇİN KULLANILMIŞ LASTİK YÖNETİMİ ARAŞTIRMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Müh. Berna BATIR
501001943

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13.05.2002
Tezin Savunulduğu Tarih : 3.06.2002

Tez Danışmanı : Y.Doç.Dr. İbrahim DEMİR
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. İlhan TALINLI.)
Doç.Dr.Turgut ONAY (B.Ü.)

MAYIS 2002

ÖNSÖZ

Bu çalışma, ülkemizde önemli bir sorun haline gelen kullanılmış lastiklerin yaratacağı çevre sorunlarını azaltmak için çeşitli yöntemlerin araştırılması amacıyla hazırlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda lastiğin yapısı, çevresel etkileri, geri kazanım yöntemleri, lastik atıklarının yönetimi ile ilgili ulusal ve uluslar arası mevzuatlar ile ülkemizdeki atık yönetiminin mevcut durumu ve geleceğe dönük öneriler ortaya konmuştur. Çalışmam esnasında yardımını ve desteğini esirgemeyen başta hocam Yard. Doç. Dr. İbrahim Demir olmak üzere, aileme, dostlarım İrem Karataşlı ve Bülent Yetiştirici'ye en içten teşekkürlerimi sunarım.

Berna Batır

Mayıs, 2002

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR **vi**
TABLO LİSTESİ **vii**
ŞEKİL LİSTESİ **viii**
ÖZET **iv**
SUMMARY **x**

1. GİRİŞ **1**
1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı 1

2. LASTİK VE SEKTÖRÜN YAPISI HAKKINDA GENEL BİLGİLER **3**
2.1. Lastiğin Tarihçesi 3
2.2. Lastiğin Tanımı ve İşlevleri 4
2.3. Lastiğin Yapısı ve Sınıflandırılması 5
2.3.1. Yapılarına göre 5
2.3.2. Ebat ve Kullanım Yerlerine Göre 7
2.3.3. Tip ve Yerlerine Göre 7
2.4. Türkiye'de ve Dünyada Araba Lastik Sektörü 8
2.4.1. Dünyada araç lastik sektörü 8
2.4.2. Türkiye'de araç lastik sektörü 9
2.4.3. Üretim 10
2.4.4. Lastik yapımında kullanılan hammaddeler 11
2.4.4.1. Ham (doğal) kauçuk 11
2.4.4.2. Latex 12
2.4.4.3. Yapay(suni) kauçuk 13
2.4.4.4 Rejenere Lastik 14
2.4.5. Üretim yöntemi-teknoloji 16
2.4.5.1. Karıştırma 17
2.4.5.2. Haddeleme (Calendering) 17
2.4.5.3. Çekme 18
2.4.5.4. Tekerlek Lastiği Ön Montajı 19
2.4.5.5. Tekerlek Lastiği Montajı 19
2.4.5.6. Şekil verme ve vulkanizasyon (pişirme) 20
2.4.5.7. İç Lastik İmalatı 21

2.4.6. Üretim maliyetleri 21

3. KULLANILMIŞ ARAÇ LASTİKLERİNİN TANIMLANMASI VE YÖNETİMİ 23

3.1. Lastiklerin Bileşimi ve Genel Özellikleri 23

3.1.1. Lastiğin kimyasal kompozisyonu 23

3.1.2. Termal(ısısal)özellikler 24

3.2. Potansiyel Çevresel Riskler 25

3.2.1. Lastiklerden kaynaklanan çevresel riskler 26

3.2.2.1. Ekotoksisite 26

3.2.2.2. Sızıntı 26

3.2.2. Yönetimi olmayan lastiklerin potansiyel riskleri 27

3.2.2.1. Açık havada yakılmasından kaynaklanan risk 27

3.2.2.2. Kontrolsüz gerçekleştirilen stok yığınlarından kaynaklanan risk 27

3.3. Farklı Kategorilerde Kullanılmış Lastiklerin Tanımlanması 27

3.4. Kısmen Yıpranmış Lastiklerin Yönetimi 29

3.4.1. Tekrar diş açma 29

3.4.2. Tekrar kaplama

3.5. Hurda Lastiklerin Yönetimi 31

3.5.1. Yeniden kullanım 31

3.5.2. Malzeme geri kazanımı 32

3.5.2.1. Parçalama 32

3.5.2.2. Granüle etme 33

3.5.2.3. Rejenere kauçuk üretimi 33

3.5.2.4. Piroliz 33

3.5.3. Enerji geri kazanımı 34

3.5.3.1.Çimento fırınları 34

3.5.3.2. Kireç fırınları 35

3.5.3.3. Buhar üretimi 35

3.5.3.4. Elektrik gücü üretimi 35

3.5.3.5. Atık yakma 35

3.5.5. Düzenli depolama(landfilling) ve stoklama 36

3.5.5.1. Düzenli depolama 36

3.5.5.2. Stoklama 36

3.5.5.3 Lastik depolaması sonucu oluşabilecek hava, su ve toprak kirliliği 36
3.5.6 Kullanılmış lastikleri stoklama ya da düzenli depolama esnasındaki çevresel riskleri en aza indirme 38
3.5.6.1 Stoklama 39
3.5.6.2 Düzenli Depolama 39
3.5.6.3 Hurda Lastiklerin Depolanmasında Dikkat Edilecek Hususlar 39
3.7 Atık Lastik Yönetiminde Uluslararası Mevzuatlar 41

4 HURDA LASTİKLERİN GERİ KAZANIM TEKNOLOJİLERİ 44
4.1. Enerji Geri Kazanımı(yakma) 44
4.1.1 Lastiğin yakıt olarak kullanım alanları 47
4.1.2. Çimento fırınları 49
4.2.Malzeme Geri Kazanımı 55
4.2.1. Parçalama ve granüle etme 53
4.2.2 Öğütülmüş Lastik Kauçuk Özelliklerini Geliştirmek için Teknolojiler 57
4.3. Termoliz (piroliz) 58
4.3.1 Hurda Lastik Pirolizi Üzerine Çalışmalar 62

5. TÜRKİYE'DE KULLANILMIŞ LASTİKLERİN MEVCUT DURUMU 64
5.1. Ülkemizdeki Kullanılmış Lastiklerin Değerlendirilmesi 64
5.1.1. Yeniden kullanım 64
5.1.2. Tekrar kaplama 65
5.1.3 Rejenere 65
5.2. Ülkemizde kullanılmış lastik miktarları 66
5.3 Atık Lastik Yönetiminde Ulusal Mevzuatımız 68

6. SONUÇ VE ÖNERİLER 70
6.1 Ülkemizde Kullanılmış Lastik Yönetimi İçin Öneriler 70

KAYNAKLAR 72

EKLER 78

ÖZGEÇMİŞ 87

KISALTMALAR

LEY : Lastikten elde edilen yakıt
RMA : A.B.D'deki lastik üreticileri birliği
MPCA : Minnesota kirliliği kontrol ajansı

TABLO LİSTESİ

		Sayfa No
Tablo 2.1.	Dünya Lastik Üretimi	9
Tablo 2.2.	Dünya Lastik Satışları	9
Tablo 2.3.	Sektördeki kuruluşların dış lastik üretim miktarları	10
Tablo 2.4.	Araç lastiği sektöründeki maliyet payları	21
Tablo 3.1.	Araç lastikleri bileşimi	23
Tablo 3.2.	Lastik içindeki Basel Konvansiyonunda belirtilen tehlikeli Maddeler	24
Tablo 3.3.	Yakıtların enerji içeriklerinin kıyaslanması	25
Tablo 3.4	Lastiğin ekotoksik test sonuçları	26
Tablo 3.5.	Kullanılmış Lastiklerle İlgili EC Direktifleri (Basel, 1998).	42
Tablo 3.6	Kullanılmış Lastiklerle İlgili AT Ülkelerindeki Uluslararası Mevzuatlar	43
Tablo 4.1	Hurda Lastik Kullanım Teknolojilerinin Özeti	46
Tablo 4.2.	Lastik bileşenlerinin net kalorifik değerleri	47
Tablo 4.3.	Çeşitli lastiklerin, lastik yakıtın ve kömürün analizleri (Granger ve Clark, 1991)	48
Tablo 4.4.	Kömür ve üç kauçuk numunenin külündeki başlıca kimyasal elemanlar (Granger ve Clark,1991)	48
Tablo 4.5.	Enerji Geri Kazanımı	50
Tablo 4.6	Blue Circle Cauldon çimento fırınında lastik deneme yakışında oluşan emisyonlar	52
Tablo 4.7.	Hurda Lastiklerin Çimento Fırınlarında Yakılması	53
Tablo 4.8.	Granüle etme işlemlerine genel bir bakış (Basel Convention, 1999)	55
Tablo 4.9.	Kriyojenik öğütme	58
Tablo 4.10.	Çevre sıcaklığında öğütme	59
Tablo 4.11.	Piroliz sonucu oluşan ürünler	61
Tablo 4.12.	Piroliz Prosesi (Basel Convention, 1999)	63
Tablo 5.1	Ülkemizde 2000 senesindeki kullanılmış lastik miktarları	66
Tablo 5.2.	Kullanılmış lastik kullanım şekillerinin miktarları (2000)	67
Tablo 6.1	Avrupa Birliği'nin kullanılmış lastik yönetimindeki hedefleri ile Türkiye'deki mevcut durumun kıyaslanması	70
Tablo 6.2.	Çimento fabrikalarında yakılabilir hurda lastik miktarları	71

ŞEKİL LİSTESİ

		Sayfa No
Şekil 2.1.	Lastiğin yapısı	5
Şekil 2.2.	Konvansiyonel lastik	6
Şekil 2.3.	Radyal lastik	6
Şekil 2.4.	Lastik imalatının safhaları	22
Şekil 3.1.	Kullanılmış lastiğin geçirdiği evreler	28
Şekil 3.2.	Stok yığını	37
Şekil 4.1.	Hurda lastiklerin dağılım şekilleri, ABD 1996 (Amari T. Ve diğerleri, 1999)	45
Şekil 4.2.	LEY kullanım dağılımı, ABD 1996	49
Şekil 4.3.	Bir çimento fırınındaki enerji geri kazanımı (EPA, 1994)	53
Şekil 4.4.	Hurda Lastiklerin Parçalanması (EPA, 1994)	55
Şekil 4.5.	Piroliz prosesine örnek	61
Şekil 5.1.	Kullanılmış lastiklerin mevcut dağılım yüzdeleri (2000)	67
Şekil 6.2	Türkiye için önerilen kullanılmış lastik yönetimi	72

TÜRKİYE İÇİN KULLANILMIŞ LASTİK YÖNETİMİ ARAŞTIRMASI

ÖZET

Bu çalışmada ülkemizde yeni bir sorun haline gelen kullanımış lastiklerin yönetimi için uygun bir sistem araştırılmıştır. Kullanılmış lastikler sadece ülkemizde değil dünyada da büyük çevresel problemlere yol açmaktadır. Lastiklerin geri kazanılmasından önce tüketimlerinin azaltılması gerekmektedir, bu yüzden tüketiciler bilinçlendirilmeli ve ucuz, kalitesiz lastik ithalatı yasaklanmalıdır. Toplu taşımanın kullanımı arttırılmalı, raylı sistemlere geçilmelidir.

Tezin birinci bölümünde, çalışmanın önemi, amaç ve kapsamı açıklanmıştır. İkinci bölümde, lastik ve sektörün yapısı hakkında genel bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde kullanımış lastikler tanımlanmış ve yönetimleri açıklanmıştır. Kullanılmış lastikler kısmi yıpranmış ve hurda lastikler olmak üzere iki farklı kategoride ele alınmıştır. Kullanılmış lastiklerle ilgili Avrupa Birliği direktiferinden bahsedilmiş ve uluslararası kullanılmış lastik mevzuatları incelenmiştir.

Dördüncü bölümde hurda lastiklerin geri kazanım teknolojileri tartışılmıştır.

Beşinci böllümde Türkiye'de kullanılmış lastiklerin mevcut durumu belirtilmiştir. Türkiye'deki kullanılmış lastikler kontrolsüz bir şekilde yakılmakta ya da vahşi depolamaya gitmektedir. Türkiye'deki atık lastik mevzuatı incelenmiştir.

Sonuç bölümünde Türkiye için kullanılmış lastik yönetimi oluşturulmuştur. Kullanılmış lastiklerin tekrar kaplanmasının ve malzeme geri kazanımının arttırılması, enerji geri kazanımı olarak çimento fırınlarında yakılması sonucuna varılmıştır. Tekrar kaplanamayan ya da geri kazanılamayan kullanlmış lastikler ise son alternatif olarak düzenli depolama sahasına götürülmelidir.

INVESTIGATION OF USED TYRE MANAGEMENT IN TURKEY

SUMMARY

In this study a feasible system has been investigated for the recycling of used tyres in our country. Used tires disposal has been one of the major environmental problems in all over the world. Reycling uf used tires is not easy because of their complex and stabile structure. There have been lots of studies and investigations about minimizing this problem. Firstly the consumption of used tires must be reduced, and the owners must be educated and the import of poor quality tires must be forbidden.

In the first section of the thesis, the importance, aim and the extent of the study was explained. In the second section of the thesis general information about the structure and sector of tires was given.

In the third section the identification and management of used tires was explained. Used tyres are divided into two different types; part worn tires and scrap tires. International legislations and regulations were explained.

In the fourth section the recycling technologies of used tires were discussed.

In the fifth section present situation of used tires in Turkey was explained. Used tires have been burned in open air or dumped. Turkey's legislation and regulation investigated.

Consequently used tyre management was suggested for Turkey. Retreading and material recyclng of used tires must be increased. Used tires must be burned cement kilns as energy recovery. The used tires which can not be recycled must be stored in landfills.

1. GİRİŞ

1.1 Giriş ve çalışmanın amacı

Günümüzde kullanılmış lastikler büyük bir çevresel sorun haline gelmiştir. Tahminlere göre Avrupa Topluluğu'nda senede 2.5 milyon, Kuzey Amerika'da 2.5 milyon ve Japonya'da 1 milyon ton kullanılmış lastik üretilmektedir [1]. Lastiklerin kompleks yapısı geri kazanılmalarını zorlaştırmaktadır. Lastiklerin ana yapısı olan kauçuk kimyasal olarak çapraz bağlı bir polimerdir, bu yüzden ne eriyebilir ne de çözülebilir sonuç olarak başka şekillere sokulması oldukça zordur. Ayrıca lastikler kauçuk, karbon siyahı, çelik kordu ve diğer organik ve inorganik bileşenlerden oluşan kompleks bir karışımdır.

Lastik geri kazanımı için tekrar kaplama, rejenere, yakma, öğütme gibi farklı alternatifler mevcuttur. Kaplama, kullanılmış lastik geri kazanımı için malzeme ve enerjiden kazanarak kaynağı en verimli değerlendirme stratejisidir. Geri kullanımın yanında hurda lastikler tam olarak ya da boyutları küçültülmüş şekilde inşaat mühendisliği uygulamalarında, zirai kullanımlarda ve kompozit malzemelerin üretiminde geri kazanılabilirler. Bütün kullanılmış lastikler, fiziksel formlarının, esneklik etkilerinin ve uzun ömürlülüklerinin iskelelerde ve cadde bariyerlerinde gibi yararlı olduğu yerlerde kullanılabilirler. Lastiklerin öğütülmesiyle elde edilen kauçuk, asfalt yapımında dolgu malzemesi olarak veya ürün kalitesine göre saf bir şekilde ya da taze kauçukla karıştırılarak yeni ürünlerin imalatında kullanılabilir. Enerji geri kazanımı için yakma kullanılmış lastiklerin değerlendirilmesinde dünyada en çok kullanılan diğer alternatif bir yöntemdir.

Ülkemizde taşıt üretiminin artmasına paralel olarak, araç lastiği üretimi de giderek artmaktadır. 2000 yılında iç pazarda yaklaşık 126 000 ton araç lastiği satılmıştır. Bu satışların 40,000 tonu araç üreticilerine, 86,000 tonu da doğrudan yenileme pazarına gerçekleşmiştir. Bu veriler ışığında kullanım ömrünü doldurmuş atık lastiklerin yıllık miktarı 90,000 ton olarak tahmin edilmektedir. Bu rakamlara ithal edilen lastikler dahil değildir. İthal edilen lastik miktarının yukarıdaki rakamın yaklaşık %20-25'i

kadar olduğu tahmin edilmektedir. Böylece 2000 yılında kullanım ömrünü dolduran atık lastik miktarı 120,000 ton civarına ulaşmaktadır.

Ülkemizde atık lastiklerin yarattığı çevresel sorunlar, ne yazık ki ya bilinmemekte, ya da önemsenmemektedir. Bu lastikler, Anadolu'nun bir çok yöresinde yakıt olarak kullanılmakta veya vahşi depolama şeklinde gelişigüzel doğaya atılmaktadır. Bu durum çevre açısından kabul edilebilir değildir. Konunun önemi nedeniyle, ülkemizdeki lastik üreticileri (Pirelli, Goodyear ve Brisa) bir çalışma gurubu kurarak (Lastik Üreticileri Teknik Komitesi, LÜTEK), atık lastik yönetimini gündemine almıştır (Deniz,V. ve Alataş, C.).

Tezin hazırlanmasındaki amaç, Türkiye için uygun bir kullanılmış lastik yönetimi oluşturmaktır. Bu amaç doğrultusunda lastiğin yapısı, çevresel etkileri, geri kazanım yöntemleri, lastik atıklarının yönetimi ile ilgili ulusal ve uluslar arası mevzuatlar ile ülkemizdeki atık yönetiminin mevcut durumu ve geleceğe yönelik öneriler ortaya konmuştur.

2. LASTİK VE SEKTÖRÜN YAPISI HAKKINDA GENEL BİLGİLER

2.1. Lastiğin Tarihçesi

Tekerleğin Sümerler tarafından icadının üzerinden bugün beş bin yıldan fazla bir süre geçmiştir. Zaman içinde kullanım alanlarında tekerlek devamlı gelişmiştir. Bu gelişme bugün kullandığımız lastik tekerleğinin hammaddesi olan kauçuğun bulunması ve kullanım alanlarının araştırılması çalışmaları ile hızlanmış, 19. yüzyıl sonu ile 20.yüzyılda en üst düzeye ulaşmıştır.

Kristof Kolomb 1493'teYeni Dünyaya, Amerika'ya yaptığı ikinci seyahati sırasında, kauçuğu gören ilk Avrupalıdır. Bu tarihlerde kauçuk güneş ve yağmur tanrılarına adak olarak kullanılıyor, ilaç yerine geçiyor ve sakız gibi çiğneniyordu.

1736-1774 yılları arasında Güney Amerika'da incelemeler yapmak için bulunan bir Fransız bilim adamı, yerlilerin *hevea* adını verdikleri ağaçtan bir sıvı elde ettiklerini kaydetmiştir. Amazon sakinleri bu ağaçlara *Kaa* (=odun) *O-Çu* (sızan, ağlayan) diyorlardı, kauçuk buradan türemiştir.

Kauçuk hammaddesine dayalı lastik sanayi 1800 yılına kadar küçük uygulamalarla devam etmiştir. İlk uygulamalar iki Fransız'ın lastik silgi imal ederek piyasaya sürdükleri 1770 yılında başlar. Bundan sonra 1823 yılında Charles Machintosh, kurduğu fabrikada, kauçuğun benzinli çözeltisini kullanarak çift yüzlü empermeabl yapmıştır. Ancak; bu tarihlerde üretilen kauçuk eşya pek hoş olmayan bir koku yapmakta ve sıcaklık değişimlerine karşı çok hassas davranmaktaydı.

1832 yılında Alman kimyacı Büdersdorff, daha sonra Hollandalı Geuns ve Nathaniel, çözelti halinde, kükürt ile pişirilen kauçuğun, çözücünün uçurulmasından sonra yapışkanlığını kaybettiğini gözlemlemişlerdir. Ancak endüstriyel uygulamaları yapılamamıştır. 1836 yılında hamur makinesinin geliştirilmesi ve 1939'da Goodyear tarafından ortaya atılan vulkanizasyon işlemi kauçuğa geniş uygulama alanı ve önem kazandırmıştır.

20.yüzyılın başına kadar Brezilya dünya doğal kauçuk üretimini tekeline almıştır. Daha sonraki yıllarda Güneydoğu Asya'da kauçuk ağaçları yetiştirilmiştir. Doğal

kauçuk üretimi yapamayan ülkeler bunun yerini alabilecek maddelerin bulunmasına çalıştılar. 1930 yılında Almanlar taşkömürünün hidrojenleştirilmesiyle "Buna" adı verilen S ve N elostomerlerini bularak sentetik kauçuk üretimini gerçekleştirmişlerdir. S (stiren) tipi ve N (nitril) tipi kauçukların üretimini petrokimyayı ilgilendirir.

Bugün doğal kauçuk üretiminde söz sahibi ülkeler Güneydoğu Asya ülkeleridir. Son yıllarda sentetik kauçuk üretimi doğal kauçuk üretimine geçmiştir.

Türkiye'de kauçuk bitkileri yetiştirme denemelerine 1923 ve takip eden yıllarda yapılmıştır. Kök-sakız ve Guayule bitkilerinin dikimi yapılmış ve deneme üretiminin yapılmasına geçilmişse de; iklimin uygun olmamasından dolayı yetişmemiştir. II.Dünya Savaşı yıllarında bir Türk Ziraat Yüksek Mühendisi ham kauçuğu yabani enginardan elde etmiş ve bir pilot tesis kurmuş olmakla birlikte savaş sonrası ithal kauçukla rekabet edememiştir. Türkiye'de lastik sanayisinin kuruluşu, 1927 yılında çıkan sanayii teşvik kanunu ve 1929 yılında kabul edilen gümrük himayeleri kanununa dayanır. İlk fabrika 1932 yılında faaliyete geçmiştir. Bu fabrika İstanbul'da 1700 çift galoş ve lastik çizme/gün kapasitesiyle üretim yapmaktaydı. İki yıl sonra otomobil iç ve dış lastikleri yapmaya başlamıştır. Daha sonra çeşitli ekonomik nedenlerle üretime ara verilmiştir. Son yıllarda otomobil sanayideki gelişmeye paralel olarak lastik sanayi gelişme göstermiştir. 1950li yıllarda daha çok otomobil tekerleklerini kaplam şeklinde kendisini gösteren lastik sanayii, iç tüketim ve dış satıma yönelik değişik ürünleri üretir hale gelmiştir.

İçinde bulunduğumuz çağda kauçuk ve dolayısıyla lastik gerçekten önemli bir maddedir. Motorlu araçlardan otomobilin ağırlığının yaklaşık üçte birini lastik gereçler oluşturur. Traktör ve yol inşa makinelerinde, palet yerine lastik tekerler geçmiştir. Demiryolu traversleri vagonlardaki sarsıntıyı azaltmak için lastik yastıklarla donatılmaktadır. Uçakların çok yükseklere çıktığında, kanatlarında oluşacak buzlanmayı lastikten imal edilmiş tertibat önlemektedir [3].

2.2. Lastiğin Tanımı ve İşlevleri

Belli bir zaman içinde, belli bir ısı ve basınç altında pişirilmiş, genellikle içinde bulunan hava ile motorlu veya motorsuz kara nakil vasıtasının yere sürtünmesi

suretiyle hareketini başlatan, süratlendiren ve durmasını sağlayan, kullanım yerlerine göre çeşitli ebat ve tiplerdeki ve çeşitli yapılardaki kauçuk hava yastığıdır [4].

Buna göre lastiğin genel olarak işlevleri:

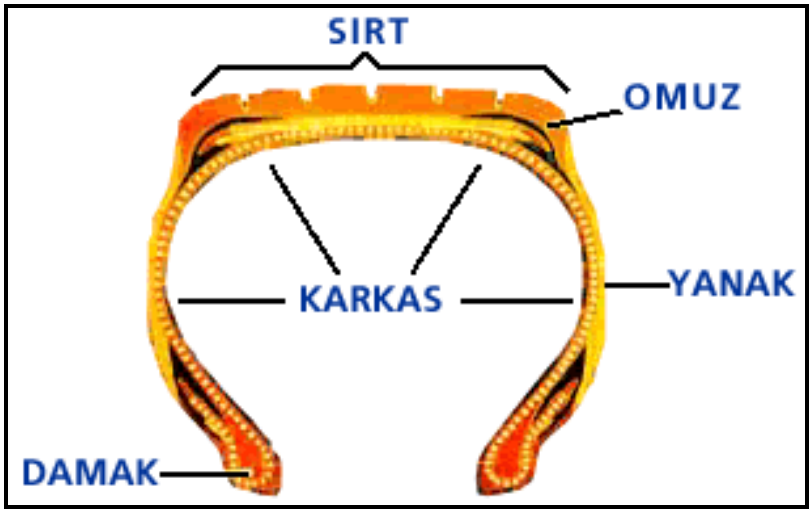
- Yük taşımak
- Güç iletimi
- Hareketi başlatma ve durdurmak
- Gidiş ve viraj yönlerini muhafaza etmek
- Bir süspansiyon tabakası oluşturarak rahat araç sürüşünü sağlamaktır.

2.3. Lastiğin Yapısı ve Sınıflandırılması

Tekerlek lastiği konstrüksiyon açısından iki ana bölümde incelenir. Lastiğin yapısı Şekil 2.1'de gösterilmiştir [4].

1. Karkas veya gövde

2. Sırt ve yanaklar

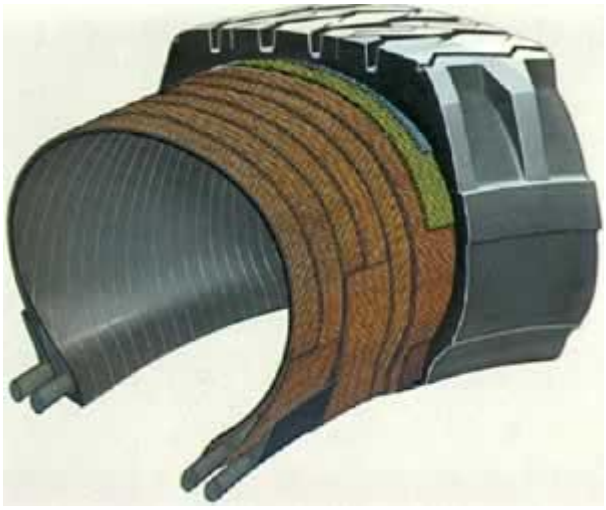


Şekil 2.1 Lastiğin Yapısı

2.3.1. Yapılarına göre

Lastikler yapılarına göre iki çeşittir:

1. Konvansiyonel Lastik: Bünyeyi oluşturan bez katlardaki ipliklerin, Şekil 2.2'de görüldüğü gibi bir damaktan diğerine 30^0-40^0 açı ile uzandığı lastik türüdür.



Şekil 2.2 Konvansiyonel Lastik

2. Radyal Lastik**:** Kord bezi ipliklerinin bir damaktan diğerine lastik merkez çizgisinin 90^0 açı ile keserek gittiği ve bez katlarının üstünde yaklaşık 15^0'lik kuşaklar /belt) bulunan lastik türüdür.



Şekil 2.3 Radyal Lastik

Konvansiyonel lastikler yeni ve modern araçlarda yetersiz kalmıştır. 1960 yılında radyal lastik geliştirilmiş ve hizmete sunulmuştur. Radyal lastiğin konvansiyonel lastiğe nazaran şu üstünlükleri vardır;

1) Yol tutuş kabiliyeti daha yüksektir. Güçlü araçların yüksek hızlarda ihtiyaç duyduğu önemli bir özelliktir. Radyal lastikler zeminle iyi temas sağlayarak yol tutuş kabiliyetini arttırır. Radyal lastiklerde yere tüm basma gerçekleşmektedir.

2) Araçlara konfor sağlar. Radyal yapıda yanaklar asfalt zeminde emasör gibi çalışarak kavislerden etkilenmeyi azaltır. Aracın yıpranmasını geciktirir ve yolcularına rahat seyahat etme imkanı sağlar.

3) Frenleme duruş mesafesini en aza indirir: Emniyet yönünden frenleme mesafesi çok önemlidir. Çelik kuşaklı radyal yapı yolu tamamen kavrayarak araçta daha kısa fren mesafesini gerçekleştirir.

4) Araçta verimli bir hız artışı sağlar. Motorda üretilen gücü asgari kayıplarda, lastikler hıza çevirme yeteneğine sahiptir.

5) Darbe ve delinmelere karşı dayanıklıdır: Çelik kuşakları ve üstün özellikteki lastik karışımlarıyla hazırlanan radyal lastikler yüksek mukavemete sahiptir. Dış etkilere oldukça dayanıklıdır.

6) Ekonomik lastiklerdir**:** Çapraz katlı lastiklerle kıyaslandığında radyal ömrü iki katına varan kilometre randımanı vermesi ve % 74 civarında yakıttan tasarruf sağlaması ile km/yol başına düşük maliyet gösterir.

3. Bias Belted Lastik: İplikleri, konvansiyonel lastikte olduğu gibi 30-40^0 lik açı ile merkez çizgisini kesen lastik türüdür. Radyal lastikte olduğu gibi kuşağı vardır ancak bu kuşakların açısı 25-30$^{0'}$dir [4].

2.3.2. Ebat ve Kullanım Yerlerine Göre

Lastikler ebat ve kullanım yerlerine 4 sınıfa ayrılmaktadırlar. Bu sınıflar aşağıda gösterildiği gibidir [4];

- Binek
- Kamyon-Otobüs
- Kamyonet-Minibüs
- Traktör
- İş makinesi

2.3.4. Tip ve Yerlerine Göre

Lastikler tip ve yerlerine göre aşağıda gösterildiği gibi yol tipi, arazi tipi ve yol ve arazi tipi olmak üzere üç farklı şekildedir.

- Yol tipi (düz): Genellikle aracın ön tekerleklerinde kullanılır. Desenindeki dişler ve oluklar, lastiğin çevresi boyunca dolanır.

- Arazi tipi (kar): Genellikle aracın arka tekerleklerinde kullanılır. Yüke daha dayanıklı ve çekiş gücü fazladır. Deseni oluşturan diş ve oluklar lastik merkez çizgisinden omuzlara doğru uzanır. Kötü yol şartlarında ve yol dışı hizmetler için tavsiye edilir.

- Yol ve arazi tipi: Bünyesinde her iki desenin özellik ve üstünlüklerini taşıdığından, genel hizmetlerden hem ön, hem de arka tekerleklerden kullanılır.

2.4. Türkiye'de ve Dünyada Araç Lastik Sektörü

2.4.1. Dünyada araç lastiği sektörü

Dünya Lastik Endüstrisi, son 10 yıl içinde global bir kimlik kazanmıştır. Bu yeni kimliğin tam olarak yapılanmasının önümüzdeki yıllarda da devam edeceği düşünülmektedir. Bu yapılanma içinde son 10 yıla damgasını vuran en önemli gelişme, sektördeki büyük firmaların, gerek kapasite, gerekse de teknoloji olarak kendilerinden geri olan firmaları satın alarak Dünya pazar paylarını artırmak eğiliminde olmalarıdır. Üç büyük üretici (Bridgestone, Michelin ve Goodyear) Dünya pazarının %54'üne hakim durumdadırlar ve bu hakimiyet büyüme eğilimindedir. Bu üç büyük firmayı takip eden üç firmanın ise Dünya pazar payı toplam % 16.dır. Pazarın geri kalan kısmı ise, çoğunluğu yerel özellik taşıyan yüzden fazla firma arasında paylaşılmaktadır.

Sektör şu anda belli bir doyuma ermiş olup, uzun dönemde, %2'nin üzerinde bir büyüme öngörülmemektedir. Binek araç ve otobüs/kamyon lastiklerinin büyük bölümü kaplama pazarında satılmaktadır. Bu lastiklerin sadece % 20'si yeni araçlarda orijinal ekipman olarak kullanılmaktadır.

Dünya Lastik Pazarı, Kuzey Amerika, Batı Avrupa ve Japonya gibi gelişmiş bölgelerde konsantre olmuştur. Bu üç bölge binek lastiklerinde % 75, otobüs/kamyon lastiklerinde % 50 paya sahiptir. Binek lastiklerinde önümüzdeki 6 sene için ortalama % 1,5 büyüme öngörülür iken, otobüs/kamyon lastiklerinde ortalama % 1,8 büyüme beklenmektedir. Dünyadaki 198 yılına ait lastik üretim miktarları ve satışları aşağıdaki Tablo 2.1 ve Tablo 2.2'te gösterilmiştir [5].

Tablo 2.1 Dünya Lastik Üretimi,1998 (Milyon Adet) [5]

LASTİK CİNSİ	**ÜRETİM MİKTARI**
Binek Lastikleri	700
Otobüs/Kamyon Lastikleri	249
Tarım Lastikleri	16
TOPLAM	965

Tablo 2.2 Dünya Lastik Satışları, 1998 (Milyon Adet) [5]

	Binek Lastikleri	**%**	**O/K Lastikleri**	**%**
Otomotiv Endüstrisi	217,7	31	50,6	20
Kaplama Pazarı	482,4	69	198,2	80
Toplam	700,1	100	248,8	100

2.4.2. Türkiye'de araç lastik sektörü

Kauçuk ürünleri sanayisini iki ana grupta incelemek mümkündür.

- Araç lastiği sanayi

- Lastik eşya sanayi

Araç lastiği endüstrisinde üretilen temel ürünler aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır [5].

1 .Binek Konvansyonel Lastikler

2 .Binek Radyal Lastikler

3 .Kamyonet/Minibüs Konvansyonel Lastikler

4 .Kamyonet/Minibüs Radyal Lastikler

5 .Kamyon-Otobüs Konvansyonel Lastikler

6 .Kamyon-Otobüs Radyal Lastikler

7 .Traktör-Ön Lastikler

8 .Traktör-Arka Lastikler

9 .İş Makinesi Lastikler

10.İç Lastik

11.Bisiklet Motosiklet Dış Lastik

12.Bisiklet Motosiklet İç Lastik

13. Sırt Kauçuğu, Tamir Malzemeleri ve Kaplanmış Araç Lastiği

2.4.3. Üretim

Ülkemizde oto lastiği sanayiinin doğuşu otomotiv endüstrisindeki gelişmelere paralel olarak 1954 yılında Yabancı Sermayeyi Teşvik Kanunu'nun yürürlüğe girmesiyle olmuştur. 1962 yılına kadar hammadde ve mamulleri ithal etmek durumunda kalan Lastik Sanayii, bu tarihten sonra yabancı sermayenin yatırım yapması ve otomotiv sektöründeki güçlenme ile kısa sürede gelişmiş, artan piyasa ihtiyacı ile ekonomiye katkıları açısından önemli sanayi dallarından biri haline gelmiştir.

Türkiye'de Araç Lastiği Sektöründe faaliyet gösteren kuruluşlar otomotiv tekerlek lastiği üreticisi 4 büyük firma (Brısa Brıdgestone Sabancı Lastiksan. ve T C. A. Ş-Goodyear Lastikler T.A.Ş.-Türk Pirelli Lasti Kler A.Ş-Petlas Lastik Sanayi ve Ticaret A.Ş.), Bisiklet ve Motosiklet Lastiği üreticisi 2 firma (Anlaş Anadolu Lastik Sanayii ve Ticaret A.Ş. - Transko Lastik Sanayii Ve Ticaret Ltd. Şti .) dan ibarettir. Sektördeki kuruluşların dış lastik üretim miktarları Tablo 2.3'de gösterilmiştir. Ayrıca 40-50 kadar orta ve büyük ölçekli lastik kaplama tesisi ile sayısı 450 civarında atölyeler şeklinde faaliyet gösteren lastik kaplama tesisi bulunmaktadır [5].

2.4.4. Lastik yapımında kullanılan hammaddeler

Lastik yapımında kullanılan hammaddeler;

- Ham kauçuk

- Yapay kauçuk

- Rejenere lastik

- Latekstir.

Tablo 2.3 Sektördeki kuruluşların dış lastik üretim miktarları [5]

ADET/YIL	BRİSA	GOODYEAR	PİRELLİ	PETLAS
Binek Konvansiyel			136.000	
Binek Radyal	3.035.097	3.421.403	3.400.000	303.000
Kamyonet/Minibüs Konvansiyonel	598.923	193.540	255.000	
Kamyonet Radyal	864.469	840.516	300.000	191.500
Kamyon-Otobüs Konvansiyel	148.349	98.108	128.000	297.000
Kamyon-Otobüs Radyal Çelik Kuşak	472.500	493.050	580.000	174.000
Traktör Ön	189.134	181.978	104.000	127.000
Traktör Arka	185.926	192.790	310.000	120.000
İş Makineleri Lastikleri	18.388	30.233	3.900	13.000
Endüstriyel Lastikleri				
Toplam Dış Lastik	5.512.786	5.451.618	5.216.900	1.225.500

2.4.4.1. Ham (doğal) kauçuk

Ham kauçuk, $(C_5H_8)_n$ genel formülü ile gösterilen bir karbonlu hidrojen olup, bitkisel bir sıvının bileşiminde bulunur. Ham kauçuk; Hevea Brasiliensis, Manilot, Fieus Elastiea, Ökse otu, Kök sakız, Guayola ve deve dikeni gibi bitkilerden elde edilir. Ancak, bunların hepsinden kauçuk eldesi ekonomik değildir. En önemli bitki, Güney Amerika'da yetişen Hevea Brasiliensis ağacıdır. Boyları 10-20 m, çapları ise 50-80 cm. olmakla beraber 50 m boy ve 2,50 m çaplı ağaçlar, Amazon kenarında yetişmiş durumdadırlar. Orta boyda bir ağaç günde 20 gram, bir mevsimde 2000 gram kadar ürün verir. Bununla birlikte günde 200 gram ve yılda 12 kg. veren ağaçlara da rastlanır. Bu ağaçlardan kauçuk ihtiva eden sıvıyı almak için ağaç gövdesine kabuklar kesilerek, izler açılır. Beyaz ve yapışkan olan bu sıvıya latex denir.

Toplanan Latex süsüldükten sonra 2500-3000 litrelik depolarda toplanır. Buradan alınan latex %12-20 kuru kauçuk ihtiva edecek tarzda sulandırıldıktan sonra havuzlara alınır. %1 asetik veya %0,5 formik asit ilavesiyle pıhtılaşmış hale sokulur. Pıhtılaşmış ham kauçuktan krep veya RSS imal edilir.

Krep imalinde kullanılan pıhtılaşmış kauçuk, ön ve arka valsleri değişik çevresel hızda dönen makinelerden geçirilir. Daha sonra dumanlamaya ihtiyaç duyulmayacak şekilde ileri derecede yıkama ve tasviyeye tabi tutulur. 40-45^0 C 'de 5-6 gün kurutulur. RSS(Ribbed Smoked Sheets) imali için kullanılan makinelerde ön ve arka valslerin hızları eşittir. Bu makinelere sürekli su gönderilerek pıhtılaşmış kauçuğun

yıkanması sağlanır. 3-4 mm. Kalınlığında yapraklar haline sokulur. 45-60^0 C ‘de 2-4 gün bekletilmeyi takiben küflenmeyi önlemek için kreozotlu maddeler yakılarak dumanlanıp, balyalanır.

Bunlardan başka özel kauçuk cinsleri ve ticari şekilleri ile sayıları çok kabarık olan yabani kauçuklar mevcuttur.

2.4.4.2. Latex

Doğada latex veren bitkilerin sayısı beş yüze yaklaşır. Fiziksel yapısı bitkiden bitkiye göre değişir. Latex süt görünümünde olup, bileşiminde %8,7 kadar kauçuk bulundurur. Kauçuk ve beraberinde bulunan reçine kollaidal olarak sulu ortamda dağılmış durumdadır. Kauçuk bitkisinin cinsine göre, kauçuk tanelerinin şekilleri değişiklik gösterir. Kauçuk tanelerinin boyutları, 0,3-0,5 mm arasında değişir. %40 kuru kauçuk hidrokarbonu ihtiva eden latex’in bir gramında bu taneciklerden 7,4.10^{12} kadar vardır. Taze iken pH’ı 7 dolaylarında olan sıvının tanecikleri negatif yüklüdürler. Bu durum doğal ürünlerin büyük bir kısmında mevcuttur. PH = 4,7 nin altına düşerse yük işaret değiştirir. Özel olarak yük değişimine maruz bırakılan latex, mensucat alanında yaygın olarak kullanılır. Buna pozitif latex veya pozitex denilir.

Hevea cinsi bitkiler, verimlilik açısından tohum seleksiyonu, kruazman ve aşı ile ıslah edilirler. Yüksekliği 20 m’yi bulan bu ağaçlar açık kahverengi ve düz kabuklu olup, 6-7 yaşından sonra ürün vermeye başlarlar. Bir ağaçtan yılda, 2,5 – 5 kg. kauçuk oluşturacak kadar latex alınır. Uzak doğuda hektar başına 250-300 ağaç düşecek tarzda plantasyonlar bulunur.

Bahsedilen ağaçların kabukları uygun tarzda çizilerek latex’in sızması sağlanır. Ancak; sonra kendiliğinden sızma durduğu için yarayı tazelemek gerekir. Çizme tarzı ve mevsimi ile ağacın yaşına göre latex %30-40 kauçuk ihtiva eder.

Latex sızdırılmasını takiben 12 saat içinde, sütün bozulmasına benzer tarzda, bozularak pıhtılaşır. Bunu önlemek için genelde %0,5-1 oranında Amonyak ilavesi yapılır. Bunun yanında formaldehit, sodyum bisülfid v.s. maddelerde kullanılır.

Nakliye masrafı ve maliyeti sebepsiz yere artırmamak için latex’in ihtiva ettiği su çeşitli yollarla, kolloidal şartları bozmaksızın,azaltılır. Kullanılmak istenildiğinde yeniden gerektiğince seyreltilir. Su azaltma yöntemleri buharlaştırma, santrifüjleme ve dövme, kaymak lama ve süzme olarak adlandırılmaktadır. Kullanılmak istenildiğinde önce gerektiği kadar sulandırılan latex’e akseleratör, oksit giderici,

kükürt, yumuşatıcı, dolgu,boya, viskozite ayarlayıcı gibi maddeler konularak, bilyalı veya kolloid değirmenlerinde öğütülür veya emülsiyonlanır. Daha sonra eşyaya dönüştürülmek üzere daldırma,sürme, kalıplama ve elektrodepozisyon yöntemleri uygulanır. Şekillendirmeyi takiben pıhtılaştırma, yıkama, kurutma ve pişirme işlemleri uygulanır. Böylece latex ürünleri elde edilmiş olur. Latex ürünleri, kauçuk makinelerden geçip hırpalanmadığı için, daha sağlam ve elastikidirler. Latex ürünleri olarak; hijyenik malzeme, latex köpüğü yastıklar,iplikler, oyuncaklar, ayakkabılar, boyalar, conta ve rondelalar, bina içi döşemeleri,yol kaplamaları, kağıt ve mensucat sanayii, ciltçilik, yapıştırıcılar, v.s.'i sayabiliriz.

2.4.4.3. Yapay(suni) kauçuk

Çok kısa ve kaba olarak yapay kauçuk, gerek kimyasal bileşim gerek kimyasal özellik bakımından doğal kauçuğa az veya çok benzer organik maddelerdir, şeklinde tarif edilebilir.

İlk defa 1879'da isoprenin kauçuğa benzer bir maddeye dönüştürülebildiği gözlenmiş olmakla beraber fabrikasyon denemeleri 1912 yılında İngiltere'de laboratuar ölçütlerinde yapılmıştır. Ancak önemli çalışmalar 1930-1933 yıllarında Almanya'da olmuştur. Almanya'da adını polibütadien'in elde edilmesinde kullanılan teknikten alan Bunaların(Bütadien-Natrium) yanında Amerika ve Rusya'da da üretim yapılır hale gelmiştir. Almanya'da, önceleri Buna S ve Buna N denilen yapay kauçuklarına günümüzde SBR (Stiren-Bütadiene Rubber) denilmektedir. Bunlardan başka ABR (Acrylonitrile-Bütadiene Rubber), CR(Chloroprene Rubber), IIR (Isobutylen-Isoprener Rubber) ve Silikon olarak adlandırılan yapay kauçuklar mevcuttur.

Dünya yapay kauçuk üretimi, doğal kauçuk üretiminden daha hızlı bir tempo ile artmaktadır. Bu durum ham kauçuk fiyatlarındaki hızlı artışa engel olmaktadır. Fiyatları dengede tutmak için bugün küçük dalgalanmalarla beraber %60 doğal ve %40 yapay kauçuk üretim alanları önerilmektedir.

Yapay elastomerlerin meydana getirilmelerini sağlayan reaksiyonlara genel olarak polimerizasyon denilir. Reaksiyonların kinetik ve mekanizmaların farklılığı ürünler üzerinde önemli değişimler oluşturur. Bunları üç grupta toplamak mümkündür.

1.) Kondensasyon Polimerleşmesi

Polisülfür ve silikon kauçukları bu yoldan imal edilirler. Oluşturulacak yapıyı önceden tasarlamak ve molekül ağırlığını kontrol etmek mümkündür. Oluşan reaksiyonlar ile iki monomer, aradan H_2O, HCI, NaCl veya NH_3 gibi basit bir terkibin ayrılmasıyla birleşir ve polimer molekülleri oluşur.

2). İyon Katılma Polimerleşmesi

a) Fridel – Crafts katalizi ile polimerlendirme:

Butil kauçukları bu yöntemle imal edilir. Burada reaksiyon BF_3 veya $AICI_3$ ile başlatılır ve saniyenin kesirleri mertebesinde son bulur. Monomerlerden herhangibir şey ayrılmaz. Bu nedenle yapı farkı ile, tertip aynen kalır.

b) Alkali Metal Katalizi ile Polimerlendirme:

İsoprene ve bütadienin sodyum veya potasyum tarafından katalize edilmesi suretiyle elde edilirler.

c) Alfin Katalizi ile Polimerlendirme

Bir alkol ve bir olefine bağlı organik sodyum bileşiği olan alfin katalizi ile oluşan kitle polimerlendirmeleridir. Polimerlerin molekül ağırlığı bir-iki milyon mertebesindedir.

3) Serbest Radikal Katılma Polimerleşmesi

a) Kitle ve Çözelti Polimerlendirmeleri

İlk yapay kauçuklar, mevcut gayri sarfiyatların tesiri ile oluşan veya ultraviyole ışınların etkisiyle oluşturulan serbest radikalleri içeren sıvı monomerlerden hazırlanmıştır.

b) Süspansiyon Polimerlendirmeleri:

Çözücü olmayan bir ortamda süspansiyon haline getirilen monomer, serbest radikallerle kitle polimerleşmesine tabi tutulur.

c) Emülsiyon Polimerleşmesi

Burada monomer veya monomerler, sabun eriyiği yardımıyla sulu ortamda emülsifiye edilir. Karışım, potasyum persülfat veya organik peroksitler gibi polimerlendiriciler vasıtasıyla reaksiyona sokulur. Mevcut maddeler ortalama olarak

%60–75 polimerleşince işlem durdurulur, kalan monomerlerden kurtarılan latex pıhtılaştırılır.

2.4.4.4 Rejenere lastik

Ucuz maliyet, az enerji harcama ile kolay karışma, üretimde verilen şeklin muhafazası, çabuk pişirme, aşırı vulkinazasyona dayanım, daha az oksitlenme meyli gibi özelliklerden dolayı lastik endüstrisinin ham kauçuktan sonra müracaat ettiği madde rejeneredir.

Rejenerasyon, lastikleri yeniden işlenebilir ve şekillendirilebilir hale getirilmesini sağlayan işlemdir. Lastiklerden kauçuğun ayrılması veya üretilmesi söz konusu değildir. Rejenerasyon bir devülkanizasyon olarak düşünülmemelidir. Zira; plastik özelliği sağlayan şebeke bozulmakla beraber, vulkanizasyon kükürdü bir başka tarzda fakat sürekli bağlı kalır.

Komplex vulkanizasyon, kükürt bağlanması yanında polimerleşme ile beraber gittiği halde rejenerasyon depolimerizasyon ile karışmış haldedir.

Rejenerasyon işlemleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılmışıtır:

1.) Kalevi Yöntem

Prensip olarak selülozun suda çözünebilen hidroselüloza dönüştürülmesiyle elyaftan temizlenen lastik tozu yumuşatıcı maddelerin yardımıyla ısı ve basınç tesiri altında plastikleşmesi söz konusudur. Üstün özellikli ve kopma mukavemeti yüksek ürün eldesi mümkün olduğundan dünya üretiminin %90'ı bu yöntemle yapılır.

2.) Nötral Yöntem

Kalevi yöntemle rejenerasyonda bazı güçlükler çıkaran bazı sentetik elastomerlerin rejenere edilmesinde kullanılan yöntemdir. Burada sudkostik yerine %1'lik çinko veya kalsiyum klorür çözeltileri kullanılır. Nötral yöntem , klaviye nazaran daha az yapışkan ve yanmaya karşı emniyetli ürünler verir.

3.) Asit Yöntem

Eski bir yöntem olup, bugün hala kullanılmaktadır. Lastik ayakkabı ve çizme hurdalarının rejenere edilmesinde kullanılır. Bunların bünyelerinde bulunan tebeşir tozunu da bertaraf eder. 8-10 luk sülfürik asit kullanılır. Bu tip rejenereler kablo imali için uygundur.

4.) Otoklav Yöntemi

Tekerlek iç lasitkleri ve mekanik parçaların hamurlarında kullanılır. Partilerhalinde uygun bir cihazda yüksek kaynama noktalı yumuşatıcıların ilavesiyle geniş tavalara sığ olarak yayılır ve otoklavlara sürülür. Direkt buharın (10-13 kg/cm^2 ve 183-194^{0}C) etkisine maruz kalan lastik rejenere olur.

5.) Bemelmans Yöntemi

Bu yöntemle rejenere edilmiş lasitklerin dış görünüşleri değişmemiş kalmakla birlikte iç kısımları süngerimsi bir yapı şeklini alır ve selülozlar karbonize edilir. Suda soğutulan rejenere lastik kurutulup rafine edilir. Bu yöntemde siyah renkliler istisna bütün hurdalar renklerini korur. Amonyak veya %1 amonyum bikarbonat ile %2 naftalin kullanılır.

6.) Fraser Yöntemi

Ekonomik bir yöntem olup, iyi özellikli ürün verir. Bezli hurdaların soy bir atmosfer içinde yüksek sıcaklığa maruz bırakılmaları prensibine dayanır.

7.) Mekanik Yöntem

Daha çok yanmış hamurların geri kazanılmasında kullanılır.

8.) Çözme Yöntemi

Aşırı depolimerleşme, pahalı ve yüksek maliyetli tesisler gerektirdiği için çok ender kullanılan yöntemdir. Prensip olarak, rejenerasyon sıcaklığına getirilmiş lastik, ham kauçuğun çözücüleri içinde dağıtılır. Termik plastikleştirme çözücü bir ortamda olur denilebilir.

9.) Nervastral Yöntemi

Ghez adı altında da tanınır. Sepetlere doldurulan hurdaların iki saat kadar erimiş mineral veya bitümen içinde tutulması işlemin esasını oluşturur.

Türkiye'de, rejenerasyon için otoklav yöntem, termik yöntem ve Fraser yöntemleri genelde kullanılmakta olmasına rağmen bu konudaki bilgi eksikliği kendisini aşırı derecede depolmerize olmuş ürünlerde hissettirmektedir. Türkiye'de rejenerasyona gereken önem verilmemiştir. Hatta; II.Dünya savaşı yıllarında tamamen terkedilmiş daha sonraki yollarda yeniden filiz vermiştir [4].

2.4.5 Üretim Yöntemi-Teknoloji

Tekerlek lastiği imalatında görülen başlıca safhalar şunlardır [5]:

1. Karıştırma (mixing)

2. Haddeleme (calendering)

3. Çekme (extrusion)

4. Lastik elemanlarının ön montajı

5. Lastik elemanlarının monte edilmesi

6. Şekil verme ve vulkanizasyonu

Tabii kauçuk, kesme (bale cutting) makinesinde istenen ebatta kesilir. Dış ve iç lastik elemanlarının diğer hammaddeleri belirli oranlarda karışımlara girecek şekilde hazırlanır.

2.4.5.1. Karıştırma

Sırt, yanak, gövde ve iç lastiği oluşturan hammaddelerin karışımları içinde homojen bir biçimde dağılmasını sağlamak karışıma istenen yumuşaklığı verebilmek, dispersiyon ve viskozite dereceleri aynı olan karışımları meydana getirmek amacı ile, karıştırılmaları gerekmektedir.

Karıştırma işlemi Banbury Mixer, Intermix Rolling Mixer veya Roll Mills adıyla anılan karıştırıcılarda yapılır. Banbury Mixer, karışımların istenen yumuşaklık derecesine daha kısa bir süre içinde ulaşmalarını sağladığından lastik imalatında en çok kullanılan karıştırıcı türüdür. Bu tip karıştırıcılar 300-350 voltta çalışırlar. Tipik bir bancury mixer,içinde spiral biçimde iki rotor bulunan etrafı tamamen kapalı bir karıştırma odacığı ile, karışım elemanlarının miksere boşaltıldığı bir hopper ve karıştırıcıdan çıkan karışımın boşaltıldığı kapaktan meydana gelir.

Kort bezinin kaplanmasında kullanılan gövde karışımı i1e yanak lastiği sırt lastiği, iç lastik tüpü ve damak teli kaplayıcısı karışımları, bu karıştırıcıda hazırlanır. Banbury mixerden çıkan gövde karışımı sıcak haddelemeden sonra haddelemeye (calendering) gönderilirken diğer karışımlar sıcak haddeden geçirilerek, ardından çekme işlemine tabi tutulur.

Tekerlek lastiğinin kalitesi üzerinde karıştırma işleminin yeterli olmasının büyük etkisi vardır. Hammaddelerin çok fazla karıştırılması, hazırlanan hamurun çekme

dayanımını azaltır, yırtılmaya dayanıklılık vb. özelliklerini ortadan kaldırır. Bu durum özelikle çok az karıştırmayı gerektiren sentetik kauçuk için gereklidir.

2.4.5.2. Haddeleme (Calendering)

Haddeleme genel olarak:

- Banbury mixer'de karıştırılmış olan gövde karışımının levha haline getirilmesi,

- Pick cord dokuma veya atkısız kort dokuma halindeki kort benzinin gövde karışımı i1e kaplanması,

- Kaplanmış malzemenin ezilmesi,

olmak üzere üç ayrı işlemden meydana gelir. Gövde karışımı, üç merdaneli bir haddeleme tezgahında levha haline getirilir. Tezgahın üst iki merdanesi şekil verici, alt merdanesi ise, taşıyıcı niteliktedir. Levhaların haddelenmesi merdanelerin ısı dereceleri çok soğuk olması veya levhanın birden soğutulması, levha yüzeyinin pürüzlenmesine yol açar. Levhada görülen damarlarda hadde merdanelerinin en uygun dereceye ısıtılmamasından ileri gelir. Haddelenecek tür karışım ve hammaddelerin merdaneler üzerinde ısıtılmış olmaları gerekmektedir.

Kaplama, üç veya dört merdaneli haddeler üzerinde yapılır. Üç merdaneli haddeler kort bezinin bir yüzünü, dört merdaneli haddeler ise, her iki yüzünü kaplamada kullanılır.

Kaplanmış malzemenin ezilmesi (frictionning), kord bezi i1e onu kaplayan malzeme arasındaki haddeleme hız farkı ve merdane açıkları yüzünden ortaya çıkan boşlukların malzemenin kendisi ile doldurulması işlemidir.

2.4.5.3. Çekme

Çekeme işlemi çekilmesi istenen ürün profilini verecek kalıbın budinöze bağlanması ile meydana gelen düzenle yapılır. Ürüne göre hazırlanmış özel kalıplar kullanılır.

Çekilecek malzeme lastik veya damar teli, sıcak veya soğuk olarak budinöze verilebilir. Ancak, soğuk malzeme olan budinözler sıcak malzeme ile çalışanlardan farklıdır. Soğuk malzeme olan budinöz için gerekli güç daha fazladır. Yeni tip budinözlerde malzeme içinde bulunabilecek hava kabarcıklarını ve nemi önlemek için vakum sistemleri bozulmaktadır.

Vulkanize olmamış lastik karışımlarının fazla miktarda esnek eleman içermeleri, karışımların çekme kalıbından geçerken büyük bir genişleme gücüne maruz kalmalarına yol açar. Bu nedenle kalıbın ölçüsü, karışımın genişleme özelliğine özetliğine göre saptanır.

Damak telinin izolasyonu için kullanılan budinözlerde, yanda besleme kapağı bulunur. İzole edilecek damak telleri, budinöz burgusuna dik olarak yan besleme kapağından içeri verilir. Kapak, karışımın 90^0 saparak damak te1lerinin tamamen kaplanmasını sağlayacak şekilde düzenlenmiştir.

2.4.5.4. Tekerlek Lastiği Ön Montajı

Lastik elemanlarına, lastik montajına gitmeden önce mümkün olduğu nispette son şekilleri verilir.

Kaplanmış damak teli, damak çemberi makinesinde sarılarak lastik tekerlek ebadına uygun boyutta bir çember elde edilir. Bu çemberin üzeri bir sarma makinesinde özel dokunmuş bez ile, bir veya daha fazla kat ha1ide sarılarak kaplanır. Bu sargı işleminin sonunda, damak çemberinin gövdeye bağlantısını arttıracak ilave bir kat sargı yapılarak, bunun uçları, gövde katları arasına yerleştirilmek üzere serbest bırakılır. Haddeleme (calendaring) kademesinde elde edilen gövde katları, çapraz kesme ile belli açı, genişlik ve uzunlukta kesilir. Çekme kademesinde elde edilen sırt ve yanak malzemesi ise, belli ebatlarda kesilerek montaja hazır duruma getirilir.

2.4.5.5. Tekerlek lastiği montajı

Tekerlek lastiği sönebilen ve dönebilen bir tambur üzerine monte edilir Birinci gövde katı, tambur üzerine yuvarlanarak Yerleştirilir uçlar iki kort genişliğinde olmak üzere birbirlerinin üstüne yapıştırılır. İkinci kat kordu ilk kata 90 açıda gelmek üzere ilk katı üzerine yapıştırılır

Daha önce montajı yapılan damak teli çemberlerinin birisi bir ucuna, diğeri ise öteki ucuna yakın olarak gövde katları üzerine gelecek şekilde yerleştirilir. Bu arada damak teli çemberlerinin son kat sargı bezinin uçları da gövde katı üzerine yapıştırılır.

Damak tellerinin üzerine gövde katlarının uç parçaları katlanır. Katan iki gövde katı, i1k katlarda olduğu gibi kordun yönü değiştirilerek, ilk katların üzerine yapıştırılır, uçları damak telleri üzerine katlanır. Gövde katlarının üzerine takviye katları,

çekişe karşı direnci fazla yönleri birbirleri üzerindeki katlarda çapraz gelecek şekilde ve sırtın yo1 i1e temas yüzeyi altına gelmek üzere yerleştirilir.

Şekil verildikten sonra, uygun ebatlarda kesilmiş olan, birbirlerine yapışık haldeki yanak ve sırt lastiklerinin uçları birleştirilerek bir bant haline getirilir ve gövdenin üstüne yapıştırılır.

Çapraz katlı lastiğin üretiminde çeşitli bölümlerde hazırlanan sırt kat bezleri, damak telleri gibi parçaları imalat makinelerinde birleştirilerek ham lastik meydana getirilir. Bu işlem ebada göre değişen sürelerde ancak tek makine üstünde bir etapta tamamlanır.

Radyal lastik üretiminde ise, lastiği meydana getiren parçalar iki ayrı imalat makinesi üstünde yapılır. Birinci makinede damak telleri ve kat bezleri birleştirilerek, yanaklar yerlerine konur. İkinci makine üzerinde ise kuşak ve sırt yerleştirilir ve lastik tamburdan çıkarılırken oval şekil alır. Çapraz katlı lastikte karkası oluşturan kord bezleri bir damak telinden diğerine farklı açılar (32^0 i1e 42^0 arasında) i1e radyal lastikte ise kort bezleri lastiğin dönüş yönüne yaklaşık 90 1ik bir açı ile uzanırlar. Diğer bir önemli fark radyal lastikte çok küçük açılar i1e üst üste yarleşen ve esnemesi sağlanmış olan kuşağın sırt altında lastiğin gövdesini çevrelemesidir.

2.4.5.6. Şekil verme ve vulkanizasyon (pişirme)

Monte edilmiş tekerlek lastiği, tamburdan çıkarıldığında silindir şeklinde olup, optimum esneklik ve dayanıklılığa sahip değildir. Bu nedenle, tekerlek lastiğine son şeklinin verilmesi ve pişirme işleminin yapılması gerekir, Gerekli kalite kontrolü yapıldıktan sonra, koni biçiminde dönen bir tambur üzerine konan lastiğe yapışmayı önlemek için kimyasal bir madde püskürtülür. Tamburdan çıkarılmış, montajı tamam tekerlek lastiği; pişirme işleminin yapıldığı pres içine,yerleştirilir. Burada lastiğin iç kısmını özel bir torba kaplamaktadır. Bu torba, sıcaklığa çok dayanıklı olup, sıcak su veya buhar i1e doldurularak şişirilecek özelliktedir. Lastiğin dış kısmında ise tekerleğin son dış şeklinin kalıbı yer almaktadır. Sırtta bulunan dış şekilleri bu kalıp ile sağlanır.

Şekil verme ve pişirme işlemleri safhasına, torbanın şişirilmesi ve lastik taslağının dış kalıp içine basınçla yerleştirilmesi ile başlanır. Torba içini dolduran maddenin ilettiği ısıyla pişirme yapılır. Pişirme süresi lastik gövdesinin ve sırt kısımlarının kalınlıkları ile doğru orantılı olarak artar. Örneğin, bir binek arabası lastiği için

pişirme süresi 30-40 dakika ise bir traktör arka lastiği için birkaç saatlik pişirme süresi gerekmektedir. Lastik soğutulduktan sonra kalıptan çıkarılır ve böylece şekil verme ve pişirme işlemi safhası sona erer.

2.4.5.7. İç lastik imalatı

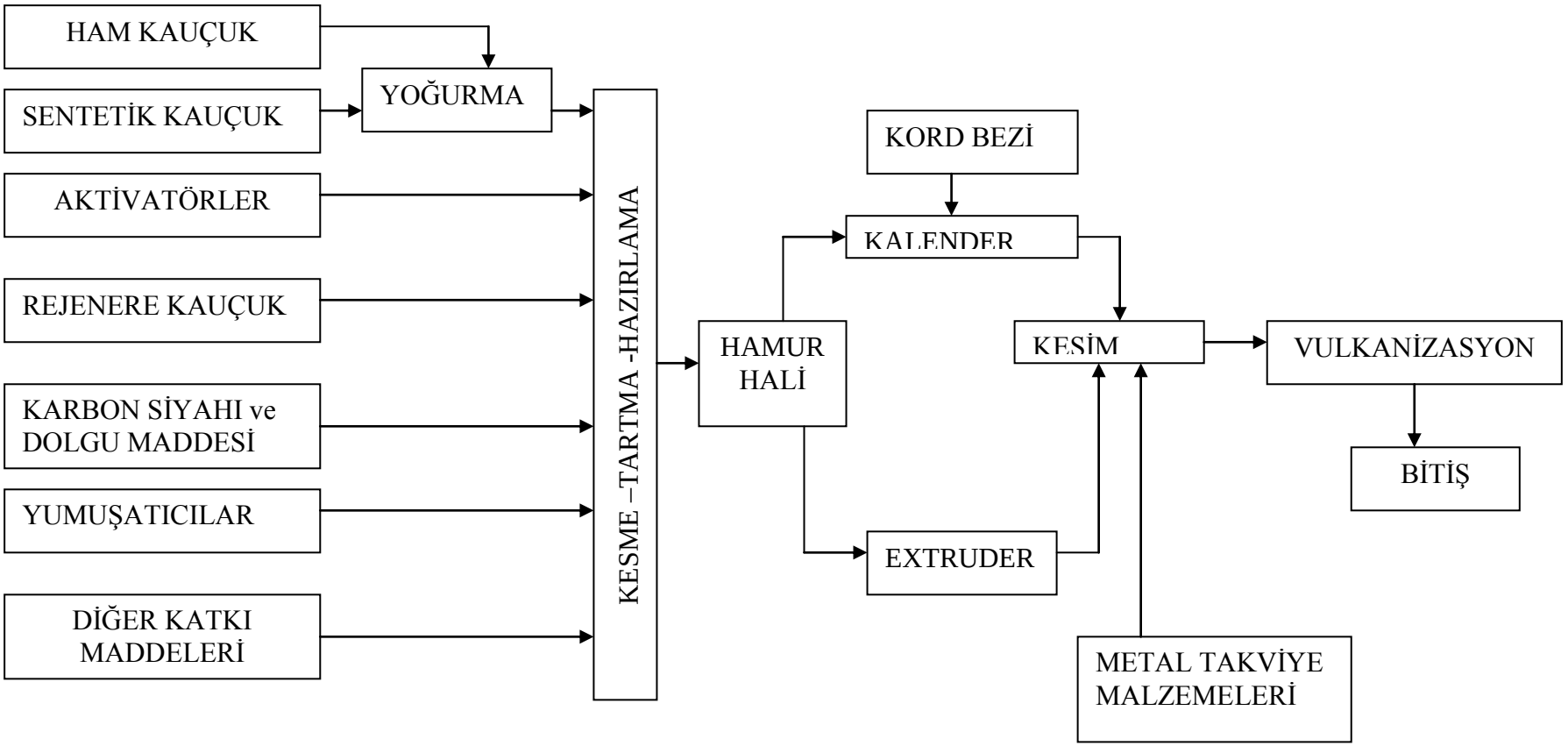
Budinozden boru şeklinde çekilen iç lastik, istenen boyda kesilerek, uçları yapıştırılır. Tüp üzerine supap yeri açılır,açılan supap yeri üzerine gelen kısma, supap genişliğinde bir delik bulunan kauçuk parçası yapıştırılır. Supabı takılan iç lastik, şişirildikten sonra vulkanize edilir. Tekerlek lastiği yapım sürecini gösteren akım şeması ve bisiklet-motosiklet lastiği imalat akım şeması Şekil 2.4'te verilmiştir [4].

2.4.6 Üretim maliyetleri

Araç Lastiği ile Bisiklet-Motosiklet lastiklerinin birim maliyetleri içinde etkili olan başlıca girdilerin maliyet içindeki payları aşağıdaki Tablo 2.4'de verilmiştir [5].

Tablo 2.4 Araç lastiği sektöründeki maliyet payları

	BİSİKLET VE MOTOSİKLET LASTİĞİ %	**ARAÇ LASTİĞİ %**
Hammadde :	65	56
Enerji :	5	6
İşçilik :	8	18
Amortisman :	4	5
Genel Giderler :	18	15



Şekil 2.4 Lastik İmalatının Safhaları [4]

3. KULLANILMIŞ ARAÇ LASTİKLERİNİN TANIMLANMASI VE YÖNETİMİ

3.1. Lastik Bileşimi ve Genel Özellikleri

Araç lastikleri, karmaşık yapıda ve kauçuk esaslı malzemelerdir. Kullanım esnasında yol ile lastik arasındaki sürtünme kuvvetleri nedeniyle lastikler aşınır, bu aşınmanın sonucu lastik ağırlığı %10-20 azalır. Bu miktar oto lastikleri için yaklaşık 1kg, kamyon lastikleri için yaklaşık 8-10 kg civarındadır. O halde kullanılan her lastik için yukarıda belirtilen miktarlarda lastik emisyonları doğaya karışmaktadır.

Araç lastiklerinin ağırlıkları, ebat, desen, yapı gibi değişkenlere bağlı olmakla birlikte Avrupa'da bir oto lastiğinin ağırlığı yaklaşık 6,5 kg ve kamyon lastiğinin ise 53 kg' dır [6].

3.1.1. Lastiğin Kimyasal Kompozisyonu

Yaklaşık olarak araba lastiklerinin %80'i ve kamyon lastiklerinin %75'i kauçuk bileşiğidir. Araç lastiklerinin bileşimi aşağıdaki Tablo 3.1'de gösterilmiştir [6].

Tablo 3.1 Araç lastikleri bileşimi

MALZEME	**OTOMOBİL LASTİĞİ**	**KAMYON/OTOBÜS LASTİĞİ**
Kauçuk/Elastomer	%47	%45
Karbon Siyahı/Silika	%21,5	%22
Metal	%16,5	%25
Tekstil	%5,5	-
Çinko oksit	%1	%2
Kükürt	%1	%1
Katkı Maddeleri	%7,5	%5

Lastikler ağırlıkça %1,5 düzeyinde aşağıdaki Tablo 3.2'de listelenen bileşik ya da elementleri içerirler [6].

Tablo 3.2 Lastik içindeki Basel Konvansiyonunda belirtilen tehlikeli maddeler

KİMYASAL ADI	NOTLAR	MİKTAR (AĞ.%)
Bakır Bileşikleri	Çelik takviye malzemeler (çelikkord) içinde alaşım şeklinde	~ %0,02
Çinko Bileşikleri	Çinko oksit, lastik ortamında	~ % 1
Kadmiyum	Çinko oksitte safsızlık olarak	~ %0,001 max
Kurşun ve Bileşikleri	Çinko oksitte safsızlık olarak	~ % 0,005
Katı asit veya asidik çözelti	Stearik asit (katı)	% 0,3
Organik halojen bileşikleri	Halobütül kauçuklar	Halojen miktarı % 0,10 max

3.1.2. Termal (ısısal) Özellikleri

Araç lastiklerinin ısıl değeri bileşenlerinden ötürü yüksektir, bir lastiğin net kalorifik değeri 32-34 MJ/kg'dır. 1 ton lastik yaklaşık 1 ton iyi kalite kömüre veya 0,7 ton fuel oile eşdeğerdir. Bu özelliği nedeniyle ülkemizde açık havada ve kireç ocaklarında kontrolsüz olarak yakılmaktadır. Bu durum önemli bir çevresel etki yaratmaktadır. Tablo 3.3'de lastikten elde edilen yakıtın ve diğer yakıtların enerji içerikleri arasında kıyaslama yapılmıştır [6].

Tablo 3.3 Yakıtların enerji içeriklerinin kıyaslanması

YAKIT	CİNSİ	ISI İÇERİĞİ
Gaz	Doğal	46 MJ/kg
LEY*	Lastikten elde yakıt	32 MJ/kg
Kömür	Kok kömürü	24 MJ/kg
Kömür	Taş kömürü	29 MJ/kg
Odun	Islak odun	10 MJ/kg

* LEY lastikten elde edilen yakıt anlamında kullanılmıştır.

Lastiğin yanma ürünleri, herhangi bir hidrokarbonun yanmasında olduğu gibi, karbondioksit, su ve inert kalıntılardır. Lastikteki kükürt miktarı (yaklaşık %1), düşük sülfür içerikli kömür veya fuel oildaki kadar azdır. Bu nedenle yanma esnasında ancak diğer yakıtların yanması esnasında çıkan kadar kükürt di oksit çıkar [6].

Lastiğin tutuşması çok zordur, kendiliğinden tutuşma olasılığı yoktur. Harici herhangi bir tutuşma 330-350^{0}C sıcaklıkta sürdürülebilir. Herhangi bir nedenle tutuşan lastik 650^{0}C'de tamamen yanar ve kül ve cüruf bırakır. Lastiğin kendiliğinden tutuşma olasılığı çok düşük olmasına rağmen, herhangi bir nedenle başlayan lastik yangınlarını söndürmek çok zordur [6]. Literatürde aylarca süren lastik yangınlarından bahsedilmektedir [7]. Nitekim, 28 Temmuz 2001 Ankara'da anız yakılması sonunda yakınlardaki bir lastik deposuna sıçrayan yangın Ankara itfaiyesini yaklaşık 12 saat uğraştırmıştır. Deponun yanındaki sanayi sitesi ciddi bir tehlike atlatmıştır. [2].

3.2. Potansiyel Çevresel Riskler

3.2.1. Lastiklerden kaynaklanan çevresel riskler

Araç lastiklerinin çevresel etkilerini belirlemek amacıyla ekotoksik ve sızıntı yöntemleriyle çeşitli çalışmalar yapılmıştır [6].

3.2.1 1 Ekotoksisite

Lastik kaplamadan açığa çıkan toz halindeki kauçuk ile ilgili ISO standart test metotlarını kullanarak testler yapılmıştır. 1995'te Lille Pasteur Enstitüsü'nde ve 1996'da Lyon Pasteur Enstitüsü'nde yapılan bu ekotoksik testlerin sonuçları Tablo 3.4'te verilmiştir, sonuç olarak lastiğin oldukça kararlı ve toksik etkisinin çok düşük olduğu bulunmuştur [6].

3.2.2.2. Sızıntı

ABD'deki Lastik Üreticileri Birliği (RMA)'nin isteği üzerine Radiant Corporation tarafından EPA yöntemleri kullanılarak yapılan çalışmada parçalanmış lastiklerle temas halindeki içme sularında herhangi bir kirlilik tespit edilmemiştir [6].

Tablo 3.4 Lastiğin ekotoksik test sonuçları

Test Tipi	Tür	Organizma	EC 50 (Maruz kalma süresi)	LC 50 (Maruz kalma süresi)	Test Metodu
Gelişme	Alg	S.Capricornutum	>13 000 mg/l (72sa)		NF EN 28692/ ISO 8692
Yaşam	Küçük balık	Daphnia magnia	>69 000 mg/l (24sa)		NF T 90 301/ ISO 6341
Ölüm	Balık	Brachydano Reio		>58 000 mg/l (24sa)	NF T 90 303/ ISO 7346-1

1989'da Minnesota Kirliliği Kontrol Ajansı(MPCA) tarafından yapılan bir çalışmada da çok asidik ve çok bazik olmayan koşullarda önemli bir kirlilik tespit edilmemiştir. Parçalanmış lastik depo sahası ve stok yığını sahasının iki çıkışından toprak ve yer altı suyu numuneleri alınmış ve analiz edilerek laboratuar sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlar şu şekilde elde edilmiştir [6];

- Asidik solüsyonlara maruz kalan lastik numuneleri, nötr ya da bazik solüsyonlara maruz kalanlara göre daha yüksek konsantrasyonlarda metal sızdırırlar.
- Nötr solüsyonlarda (pH=7), lastik numuneleri endişe edilecek hiçbir kirletici sızdırmamıştır.
- pH 3.5'a maruz kalan numuneler Minesota Sağlık Bölümü tarafından izin verilebilir sızıntı suyu limitlerini aşan metal konsantrasyonları üretmiştir
- Baryum, kadmiyum, krom, kurşun, selenyum ve çinko konsantrasyonları yüksek olan metallerdir.
- Parçalanmış lastiklerin depolandığı sahalardan alınan toprak numuneleri, tabi alanlardan alınan toprak numuneleriyle karşılaştırıldığında kirlilik gözlemlenmemiştir.

1997'de Maine Üniversitesi Çevre ve İnşaat Mühendisliği tarafından yayınlanan bir çalışmada, içme suları ile temas halinde olan lastik kırpıntılarının içme suyu standartlarında herhangi bir bozulmaya neden olmadığı tespit edilmiştir [8].

3.2.2.Yönetimi olmayan lastiklerin potansiyel riskleri

3.2.2.1. Açık havada yakılmasından kaynaklanan risk

Atık lastikler, kimyasal olarak kararlı olmaları nedeniyle toksik etki göstermemelerine rağmen açık alanlarda kontrolsüz olarak yakılmaları sonucu hava, su ve toprak kirliliğine yol açarak çevre için önemli bir sorun teşkil ederler. Çünkü yanma esnasında siyah duman, uçucu organik bileşenler, dioxinler ve karbon monoksit, mono ve poliaromatik hidro-karbon (PAH) açığa çıkar. Fenoller, poliaromatik hidrokarbonlar, çinko ve demir içeren metaller yer altı sularına ve nehirlere sızabilirler. Yangını kontrol etmede kullanılan su ya da yağmur suyu bu kirleticilerin toprağa geçmesine ya da civardaki su kütlelerine akmasına sebebiyet verir. Ayrıca yanma kalıntıları flora ve fauna için zararlıdır [6].

3.2.2.2. Yönetimi olmayan stok yığınlarından kaynaklanan risk

Atık lastik yığınları ve depoları, lastik boşluklarında yağmur suyunu tutarak, belirli iklim koşullarında hastalıkları insanlara taşıma riski olan sivrisinekler ve benzer böcekler için uygun ortam oluştururlar. Yönetimi oluşturulmayan stok yığınlarının potansiyel yangın tehlikeleri vardır, harici herhangi bir tutuşmayla büyük yangınlar çıkabilir.

3.3. Farklı Kategorilerde Kullanılmış Lastiklerin Tanımlanması

Bir lastiğin kullanım ve kullanım sonrası geçirdiği safhalar Şekil 3.1' de gösterildiği gibi özetlenebilir. Kullanılmış lastikler hemen hemen dünyanın her yerinde, ülkeler ve kıtalararasında taşınmaktadır. Kullanılmış lastikler ya olduğu gibi, ya da kaplandıktan sonra yeniden kullanılmaktadır. Bazı ülkeler yeniden kullanılabilecek, ya da kaplanabilecek lastiklerin ithalatına izin vermekte iken, yeniden kullanılamayacak,ya da kaplanamayacak lastiklerin ithalatını ise yasaklamıştır. Ülkemizde her türlü kullanılmış lastiğin ithalatı yasaktır. Bu oldukça sevindirici bir durumdur [2].

Kısmen yıpranmış bir lastik için aşağıdaki durumlar söz konusu olabilir [6].

a) Lastik diş dibi derinliği 1,6mm (TWI=Taban aşınma indeksi) oluncaya kadar güvenle kullanılabilir. Bu nedenle diş derinliği 1,6mm'den büyük olan lastikler kısmen aşınmış lastikler olup, her türlü ticareti serbesttir.

b) Tabanı aşınmış olmasına rağmen, eğer lastiğin gövde yapısında herhangi bir kusur yoksa lastik kaplanabilir. Ancak kaplanabilecek lastiklerin seçimi için kriterler konulmuş ve uygulanmaktadır. Kaplama işlemi daha çok kamyon lastiklerine uygulanmaktadır.

c) Olduğu gibi kullanılamayan veya kaplanma olanağı olmayan lastikler ise ömrünü tamamlamış olup, atık lastik olarak değerlendirilmelidir.

3.4. Kısmen Yıpranmış Lastiklerin Yönetimi

Kullanılmış bir lastiğin ömrünü uzatmak için aşağıdaki işlemler düşünülmüştür:

- Tekrar diş açma
- Tekrar kaplama

3.4.1. Tekrar diş açma

Tekrar diş açma kamyon lastiklerinin ömrünü uzatabilir. Bu işlem araba lastikleri için uygulanabilir değildir, çünkü oluklardaki diş dibi derinliği yeterli değildir.

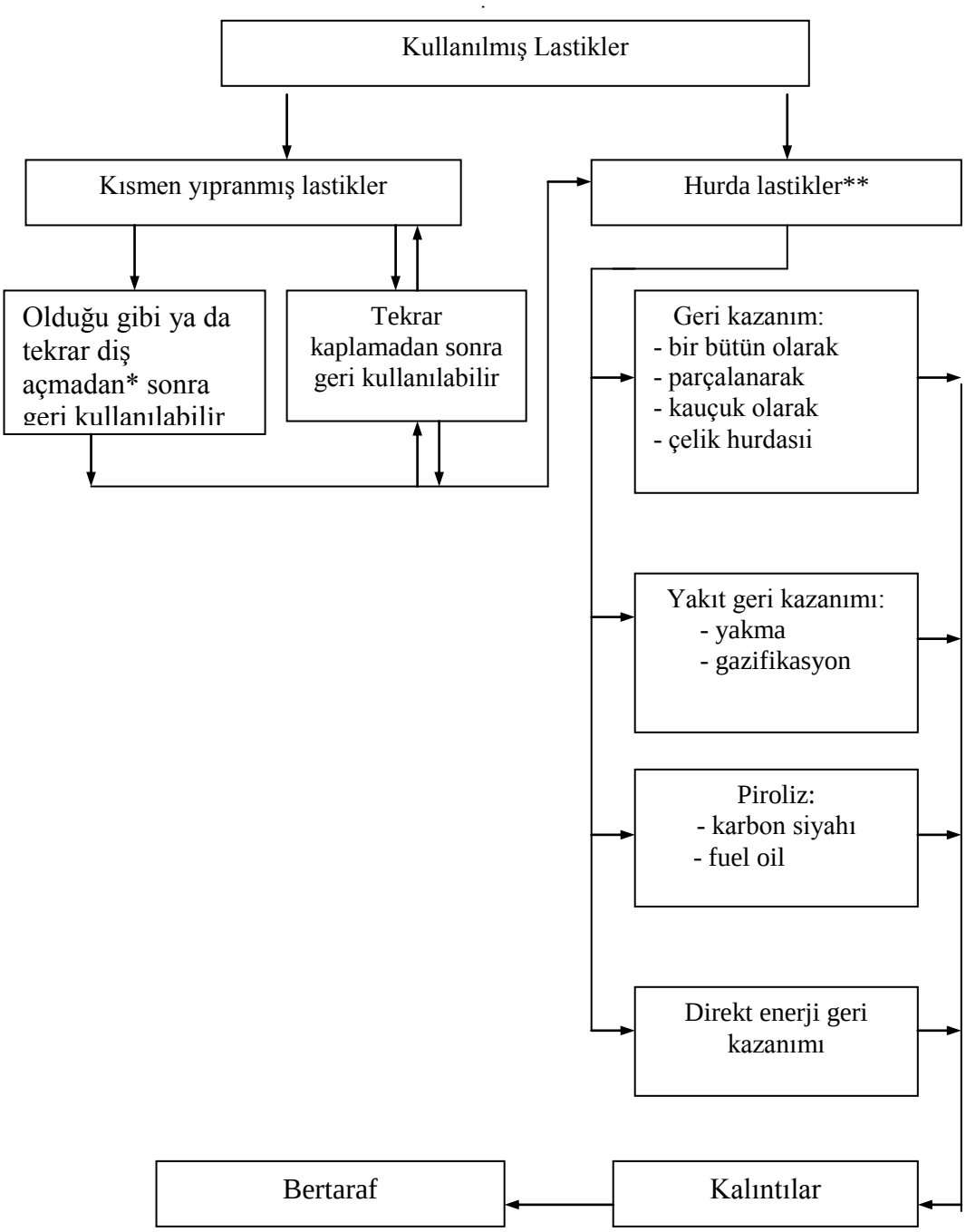
3.4.2. Tekrar kaplama

Tekrar kaplama yapılması, özelliklerini kaybetmeyen lastikler üzerine taban desenlerinin yeniden işlenmesi demektir. Tekrar kaplama lastik kullanımını maximize eder ve lastik ömrünü pratik olarak uzatır. Üzerinden tekrar kaplamada orijinal malzemenin %80'lik kısmı geri kullanım için kullanılabilir haldedir. Zarar

görmemiş araba ve kamyon lastikleri seçilerek tekrar kaplama şirketlerine satılır. Orijinal dişlerden geriye kalan ne varsa tıraşlama prosesi ile çıkarılır ve yeni patentli bir diş kaplamaya vulkanize edilir. Tekrar kaplama üretimi OECD ülkelerinde oldukça gelişmiş ve oturmuş bir endüstridir.

Piyasadan temin edilen veya müşterinin getirdiği lastiklerin kaplanabilmesi için lastiğin sadece sırt ve yanak tabakasının aşınmış olmaması gerekir. Yanakta ya da sırtta yarık, çatlak gibi özürleri bulunan lastikler kaplanmaz. Kaplanacak lastiğin, kaplama işleminden önce temizlenmesi gerekir. Sırt bölgesi, kord bezine bir kaç mm.

kalıncaya kadar tornalanarak, sırtta kalan kauçuk tabakası alınır. Sırtın pürüzsüz olmasını sağlamak amacıyla da spiral türü tezgahlarda tesviyesi yapılır. Lastik kaplamacılığında, pişirme işlemi sırasında uygulanan çalışma sıcaklığına göre,



Şekil 3.1 Kullanılmış lastiğin geçirdiği evreler

* Tekrar sadece kamyon lastikleri için

** Kullanım ömrü sona ermiş

- Sıcak kaplama,
- Soğuk kaplama,

olarak iki yöntem kullanılır [6].

Sıcak kaplama tekniğinde, temizlenmiş lastiğin sırt ve kısmen yanak bölgesine (benzin+kauçuk) karışımı olan ve .Soriyon Hamuru. adı verilen yapıştırıcı sürülür. Üzerine düz kauçuk şeridi sarılarak Profilli kalıplara yerleştirilir. Bu haldeyken 150^0C sıcaklıkta, çalışan preslere alınan kalıplar pişirme işlemine tabi tutulur. Türüne göre 1,5-4 saat süren bu işlem esnasında lastiğin sırt kısmı ka1ıptaki şekli (profili) alır.

Lastik kaplama sanayiinin başlangıcından bu yana uygulanmakta olan sıcak kaplama tekniğinin aşağıdaki sakıncaları ortaya çıkmıştır;

- Yenilenen kauçuk tabakasının pişirilme işlemi esnasında, lastiğin yenilenmeyen kısmına, yani karkasına da yüksek ısı tatbik edilmekte, bu ısı karkası zayıflatıcı ve tahrip edici bir etki yapmaktadır.

- Kalıpta yapılan pişirme işlemi sırasında her ayrı lastik ebadı ve deseni için ayrı kalıp kullanılmakta, bu ise büyük ölçüde kalıp yatırımı gerektirmektedir.

- Lastik sanayiinde belli standardizasyon olması nedeniyle aynı ebat lastiklerde bile markalara göre boyut farklılıkları ortaya çıkmaktadır. Bunun sonucu olarak özelikle her bir ebat ve desen i1e profil ve her marka lastik için ayrı katıp bulundurulması ekonomik olmadığından aynı ebattaki değişik marka lastikler tek bir kalıpta pişirilmektedir. Bu işlem sırasında yapı olarak kalıba göre küçük olan karkaslar genişletilerek, büyük lastikler ise sıkıştırılarak deforme edilmektedir. Bu deformasyon karkasın yapısını oluşturan kord bezi katlarının zayıflamasına neden olur.

Sıcak kaplama tekniğinin yukarıda sıralanan sakıncaları "Soğuk Kaplama" tekniğinin doğmasına neden olmuştur. Bu yeni tekniğe göre, temizlenmiş lastiğin sırt kısmına önceden kalıplanarak şekillendirilmiş bir kauçuk şeridi sarılır. Yüksek basınç ve ısı tatbiki ile gövde ile ilişkisi olmadan pişirilen bu kauçuk şerit, yoğun bir malzeme olup aşınma ve kopma özellikleri bakımından yeni lastik nitelikleri taşıyabilmektedir. Tekrar kaplanmış lastikler yeni lastiklerle aynı güvenlik ve performans standartlarına sahiptir. Lastiklerin tekrar kaplanmasının depolama sahalarındaki kullanım alanı artması yanında daha birçok avantajı vardır. Yeni lastik

üretimi için kullanılan yağ korunur ve hem satıcı hem de üretici için ekonomik faydalar sağlar. Bu lastikler yeni lastiklerle karşılaştırıldığında aynı mesafe yolu teklif ederken, maliyet olarak da %50 daha ucuzdur. Sonuç olarak, eğer kullanılmış lastikler tekrar kaplanırsa, lastik yığınlarının yanma riskinin elimine edilmesinde yardımcı olur.

A.B.D.'de 1900'ün üzerinde lastik kaplayıcı çalışmaktadır. Ancak bu rakam, yolcu arabalarının lastiklerinde kaplama oranlarının azalması nedeniyle düşmektedir. Bu düşüşün sebebi , yeni lastiklerin daha ucuz olması ve yeniden kaplanmış lastiklere oranla daha emniyetli oluşlarıdır [9].

3.5. Hurda Lastiklerin Yönetimi

Atık lastik yönetimi temel olarak yerel ekonomik ve endüstriyel koşullara bağlı olmakla birlikte aşağıdaki yöntemler genellikle kullanılmaktadır [10].

- Yeniden kullanım (product recycling/reuse)
- Malzeme geri kazanımı (material recycling)
- Enerji kazanımı (energy recovery)
- Depolama (landfill)

3.5.1. Yeniden Kullanım

Birçok lastik üzerindeki tırtıkları aşınmadan atılmaktadır. Bunlar bir lastik deposunda toplanıp kullanılmış lastik piyasasında tekrar satışa sunulabilir. Kullanılmış ve tekrar satılabilecek lastiklerin ayrılması, depolama sahasına giden lastik oranını %5-10 arasında azaltmaktadır. Kullanımı sona ermiş lastikler bir bütün olarak, kesilmiş ya da kalıba sokulmuş formda malzeme karakteristiklerinden, absorpsiyon özelliklerinden şekillerinden vs. yararlanarak çeşitli uygulamalarda kullanılabilirler.

Örneğin, bütün lastikler sıkça sahil koruma projelerinde kullanılırlar. Bütün lastikler ile yapay kayalıkların, erozyon bariyerlerin, deniz duvarlarının ve dalga kıranların yaratılmasında büyük başarılar elde edilmiştir.

Hem deniz hem de tatlı su limanlarında, lastikler bot siperleri gibi kullanılmaktadır. Kullanılmış lastiklerin yeniden kullanımı ekonomik bir yoldur. Aşağıda hurda

lastiklerin bütün, kesilmiş ya da kalıba sokulmuş olarak bazı kullanım alanları sıralanmıştır;

- İnşaat Mühendisliği uygulamalarında (otoyollarda emniyet bariyeri, ses tutucu bariyer vb., ASTM D 6270-98 B)
- Limanlarda bariyer ve dalgakıran yapımında
- İnşaat temellerinde yalıtım malzemesi ve yol dolgularında
- Eğimli arazilerde teras yapımında
- Depolama alanlarının yapımında kaplama malzemesi olarak
- Spor alanlarında, tartan pist, tenis kortu vb.
- Termoplastik ve lastik karışımlarında

3.5.2. Malzeme Geri Kazanımı

3.5.2.1. Parçalama

Hurda lastikler öğütmenin ilk adımı gibi taşımayı kolaylaştırmak, ya da bazı uygulamalarda kullanım için parçalanabilirler. Lastikler bir parçalayıcıdan geçirilir ve çoğu durumlarda çelik ve tekstil çıkarılmaz, ama malzeme ayırımını içeren ek bir proses içerebilir. Hurda lastiklerin düzenli depolama sahalarında depolanmasına izin veren ülkeler çoğunlukla, boşluk alan ihtiyaçlarını en aza indirmek ve depo sahasının üstünün kapatılmasıyla lastiklerin yüzeye doğru yükselme potansiyellerini azaltmak için lastiklerin parçalanmış olmasını istemektedirler. Lastik parçası yakma için ikincil bir yakıt, granüle etme prosesinde bir ilk adım ya da depolama sahaları için günlük örtü olarak kullanılabilir.

3.5.2.2. Granüle etme

Kullanımı sona ermiş lastikler ve lastik tıraşları, kauçuk kırpıntısı ya da granülü üretmek için kullanılabilirler. Kullanımı sona ermiş lastikleri granüle etmek için iki metot vardır [6].

- Çevre sıcaklığında öğütme: Kullanımı sona ermiş lastikler parçalanır ve daha sonra öğütme değirmeninin içine beslenirler. Öğütmeden sonra malzeme kauçuk granülü, çelik ve tekstil olmak üzere ayrılır; granüle farklı dane büyüklüklerinde elekten geçirilir. Tekrar kaplanmış lastik imalat proseslerinden elde edilen kabuklar ve

perdahlar öğütülür ve elde edilen kauçuk direk olarak yeni, tekrar kaplanmış lastikler üretmek için kullanılan bileşikler olarak geri kazanılabilir.

- Çok düşük derecede öğütme(cryogenic method): Bu proseste kullanımı sona ermiş lastik ve kauçuk kırıntısı donma noktasının altına soğutulmak zorundadır. Soğukta lastiklerin parçalanması, pek fazla yaygın olamayan bir metottur. Soğuk lastik parçaları**,** - 1000 C'de azotun ilavesiyle kolay kırılgan hale getirilerek üretilir ve daha sonra çekiçli değirmenle ezilerek lastik içindeki kauçuk, tekstil ve çelik parçalanır. Bu proses liflerin, metalin ve kauçuğun hızlı ayırımına olanak verir Azot ilavesi pahalıdır ve üretilen her 1kg. parçalanmış kauçuk için 0.51 kg. azot gerekmektedir. Bu proses değerli materyallerin yapımında kullanılabilecek yüzeyi düzgün parça kauçuk üretir.

Birim maliyetlerde toplam maliyetlerin içinde işçilik ve güç maliyetleri de hesaba katılır. Masrafla gelir arasındaki oran öğütülmüş kauçuk ve birimden diğer çıktılar için geçerli fiyat düşünülerek hesaplanır. Geniş maliyet farklılıkları, özellikle işçilik için, bölgesel değişimlere bağlı olarak kabul edilebilir.

Kauçuk granülü bir çok ürün uygulamalarında kullanılabilir. Tablo 3.10'da tipik bir öğütme biriminin özelliklerini ve kauçuk granüllerinden üretilen ürünlerin bir listesini gösterir.

3.5.2.3. Rejenere kauçuk üretimi

Rejenere kauçuk, boyutu küçültülmüş kullanımı sona ermiş lastikler, yağ, su ve kimyasallardan oluşan bir karışımın kimyasal işlemi ile üretilir. Son bileşik son ürün ihtiyaçlarına göre katkı maddelerin katıldığı ileri bir termo mekanik prosese verilir. Malzeme kalın parçalara preslenir, kesilir ve taşınmak üzere sarılır. Yeni bileşiklerle karıştırılmış rejenere kauçuk kalıplanmış levhaların geniş bir aralığında kullanılabilir.

3.5.2.4. Piroliz

Piroliz organik bileşiklerin tümünü tamamen ya da kısmi oksijen yokluğunda ısıtma ile kimyasal dönüşümüdür. Kullanılmış lastiklerin pirolizi ile karbon siyahı, yağ (tasfiye edilmesi gerekir) ve hurda çelik elde edilebilir. Lastikler ele alındığında, yani lastikler piroliz sonucu karbon siyahı, gaz, çelik ve yağa dönüşür ve daha sonra bunlar eritilir. Tasfiyeden sonra bir aktif karbon olarak kullanılabilir.

3.5.3. Enerji Geri Kazanımı

Kullanılmış lastikler alternatif fosil olmayan ek yakıtın yerine geçerler. Kullanılmış lastikler kömürden elde edilen aynı ısı enerjisini temin ederler. Bütün ya da parçalanmış kullanılmış lastikler buhar, elektrik, çimento, kireç, kağıt, çelik üretiminde ve çöp yakma tesislerinde asıl ya da ikincil yakıt olarak kullanılabilirler. Kullanılmış lastiklerin toplamı çevre açısından güvenlidir ve uygun emisyon kontrol cihazları gerektiği gibi yerleştirildiğinde ve bakımı yapıldığında, sülfür oksitlerin ya da nitrojen oksitlerin atmosferine ilave emisyon bırakmaz. Aynı firmanın Staffordshire'da ikinci bir fabrika kurma çalışmaları devam etmektedir. Çimento fabrikalarında kullanım, klinker içinde doğrudan kullanılabilmesi ve önemli bir enerji tasarrufu sağlaması nedeniyle tüm dünyada en yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Çimento fabrikalarında kömürle birlikte ikincil yakıt olarak atık lastik kullanıldığı takdirde emisyon değerlerinde iyileşmeler tespit edilmiştir. Atık lastiklerin çimento üretiminde kullanılmasında darboğaz, başka bir deyişle en önemli sorun atık lastiklerin toplanması ve fabrikaya sürekli olarak ulaştırılabilmesidir. Lastik Üreticileri Teknik Komitesi (LÜTEK) ülkemizde de atık lastiklerin çimento fabrikalarında değerlendirmesi konusunu bazı çimento üreticileri ile birlikte incelemekte ve fizibilite çalışması yapmaktadır. Çevre Bakanlığı da "Çimento Fabrikalarında Atıkların Alternatif veya Ek Yakıt Olarak Kullanımlarında Uyulacak Genel Kurallar" hakkında tebliğ hazırlamıştır.Hurda lastikten enerji geri kazanımın yaygın beş metodu vardır [2].

3.5.3.1.Çimento fırınları

Bütün ya da parçalanmış lastikler boyut ve metoduna göre alternatif, ilave bir yakıt olarak çimento fırınlarında kullanılabilirler. Fırındaki yüksek işletme sıcaklığı lastiklerin tam yanmasına ve fırın çalışmasını kötü bir şekilde etkilemeden çelik kordonlarının oksidasyonuna olanak verir. Bu yüzden çelik takviyesinin çıkarılmasına gerek duyulmaz.

Avrupa, Kanada, Japonya ve Amerika'daki birçok işletmede bütün veya parçalanmış lastiklerin yakıt olarak kullanımı ile ilgili kayıtlar mevcuttur. Çimento üretimi için 1500^0C (2600^0F) sıcaklık gereklidir. Aynı zamanda çimento ocakları coğrafik koşullardan dolayı da kullanım için uygundur. Çünkü hem ocaklar hem de lastik istifleri, merkezi yerleşimden uzaktır [6]

3.5.3.2 Kireç fırınları

Kullanılmış lastikler $CaCO_3$'ün kalsinasyonunda kullanılan fırınlarda tek başına ya da diğer malzemelerle(ör.,tahta, kağıt) beraber kullanılabilirler. Fırının işletilmesi ve faaliyetleri çimento fırınlarınkinden daha basittir ama yakacağın tipi elde edilen $CaCO_3$'ün kalitesini büyük ölçüde etkiler. Neden

3.5.3.3 Buhar üretimi

Buhar geri kazanımıyla kontrollü yakma başlıca lastik ve tekrar kaplama endüstrilerinde kullanılır. Üretilen buhar farklı endüstriyel uygulamalarda kullanılabilir, ör., kauçuk endüstrisinde, tesis içi buhar vulkanizasyon prosesinde kullanılır.

3.5.3.4 Elektrik gücü üretimi

Yakıt maliyetlerini en aza indirmek için bazı elektrik gücü tesisleri kullanılmış lastikleri yakmaya göre dizayn edilmiştir. Yakma sırasında, lastikler hareketli bir ızgara üzerinde yanarak ilerler. Bu durum lastiklerin aşağısından ve yukarısından hava akışını sağlar bu da ızgarayı soğuk tutarak yanmaya yardım eder. Izgara cüruf ve külün, saha dışına çıkması için hunilerden taşıyıcı sisteme geçmesine olanak verir. Metal meydana çıkarma sistemi lastik kordonlu lastiklerin yanmasını reddeder. Her yakıcının kendi kazanı vardır. Kazan, buhar türbin jeneratörünü çalıştırmak için buhar üretir.

3.5.3.5 Atık yakma

Kullanılmış lastikleri evsel atıklarla karıştırarak küçük miktarlarda yakma dizayn karakteristiklerinin izin verildiği yerlerde uygulama yapılabilir. Fırındaki lastik ağırlığının toplam ağırlığa oranının %10'dan fazla olmaması halinde yanma kötü bir şekilde etkilenmez. Evsel atığın net kalorifik değerindeki düşmeleri lastikler dengeler. Atığın kalorifik değerinin ortalamadan yüksek olduğu zamanlar, fırın sıcaklığı optimumun üzerine çıkınca edilmemelidir.

3.5.5. Düzenli depolama ve stoklama

3.5.5.1. Düzenli depolama

Düzenli depolama, diğer yöntemlerin uygulanmadığı durumlarda en son başvurulması gereken yöntemdir. Depolama sahasına kullanılmış lastiklerin boşaltılması sadece, malzeme ve enerji geri kazanım için diğer çözümlerin uygulanamayacağı durumlarda tavsiye edilir. Bazı ülkelerde kullanılmış lastiklerin sahada depolanması yasaklanmıştır.

Halen EC ülkelerinde lastiğin olduğu gibi depolanmasına 2003 yılına kadar izin verilmiştir. 2003 yılından sonra ancak parçalandıktan elendikten sonra depolanabilecektir. 2006 yılından sonra atık lastiklerin depolanması kesinlikle yasaktır. Bu nedenle son yıllarda geri kazanımla ilgili çalışmalar artmıştır. Avrupa Komisyonu, 2000 yılı için atık lastiklerin en az %65'inin geri kazanılmasını veya enerji üretiminde kullanılmasını öngörmüştür.

Lastikler depolama sahasının örtüsüne zararı önlemek, kıyı şeridi erozyonunu önlemek, drenaj borularını korumak ve depo sahasından sızan sıvı ve gazların düzenli akışına olanak vermek için etkili bir şekilde kullanılabilirler. Depo sahalarında kullanılmış lastiklerin boşaltımının avantajları arasında düşük yatırım, işletme maliyetleri, yönetim kolaylığı ve daha iyi depolama için kullanılmış lastiklerin kullanım olanağı sayılabilir [6].

3.5.5.2. Stoklama

Hurda lastiklerinin stoklanması (Şekil 3.3) taşıma, yerleştirme ve yangın önlenmeleri gibi yatırımlar gerektirir. Doğru yapılan bir kontrol ile hurda lastikleri stoklama sadece kullanılmış lastikler bir geri kazanım işlemine götürülmeden önce geçici olarak uygulanabilir.

3.5.5.3 Lastik depolaması sonucu oluşabilecek hava, su ve toprak kirliliği

Lastiklerin kontrollü veya kontrolsüz şekilde depolanmalarından dolayı ortaya çıkabilecek yangınlar çevrede hava, su ve toprak kirliliğine yol açarlar (Basel Convention, 1999).



Şekil 3.3 Stok yığını

Hava Kirliliği:

Bir lastiğin tam yanması sonucu oluşan ürünler CO_2, su buharı ve inert kalıntılardır, fakat bir lastiğin açık havada yanması çok yüksek ısıdan başka, değişen zehirlilik derecelerinde kalın siyah duman yayan tamamlanmamış yanmadır. Çok sayıda zararlı madde çevreye yayılır. Stoklama esnasında yangın çıkmasını etkileyen çeşitli faktörler arasında lastik tipi, yanma oranı, yığın boyutu, çevre sıcaklığı ve nem sayılabilir. Yangın sonucu oluşan bileşimlerin konsantrasyonları yangının nasıl çıktığına bağlı olarak değişirler. En yüksek konsantrasyonu olanlar CO_2, CO ve SO_2'dir. Bunlardan başka dioxinler, polisiklik aromatik hidrokarbonlar ve fenoller verilebilir. Fenoller, polisiklik aromatik hidrokarbonlar ve çinko ve demir içeren metaller yer altı suyuna ve nehirlere sızabilirler.

Birçok lastik deneme yakışlarıyla karakterize edilmiştir, kül (karbon, çinko oksit, titanyum dioksit, silikon dioksitler gibi), sülfür bileşikleri, genelde yağ akışında rastlanan polinükleer aromatik hidrokarbonlar, aromatik naftenik ve parafinik yağlar, karbon ve nitrojen oksitleri, partiküller ve toluen, ksilen, benzen gibi elementleri içeren çeşitli hidrokarbonlar içermektedirler.

Hidrokarbonik ürünleri içeren bütün yangınlarda olduğu gibi, en büyük tehdidi karbon monoksit ve sülfür oksitler oluştururlar.

Su kirliliği:

Kauçuğun tamamlanmamış yanması, yangın suyuyla söndürüldüğünde suyla taşınan çeşitli kimyasal bileşimlerin parçalarının tekrar birleşmesinin takip ettiği pirolitik bozunmaya sebep olur. Bu şartlar altında her zaman kadmiyum ve kurşunun izlerini taşıyan çinko tuzları gibi, yanma kalıntılarının belirli bileşimleri için de geçerlidir.

Bu maddeler flora ve faunaya zararlı olabilir, bu yüzden su ortamına zarar vermemeleri için yangını söndürmede kullanılan su içinde verimli bir şekilde seyreltilirler. Aksi takdirde, bertaraf etmeden önce suyun arıtılması gerekir.

Toprak kirliliği:

Bir yangından sonra bir yıl boyunca saha üzerinde kalan kalıntılar iki farklı şekilde toprak kirliliğine yol açarlar.

- Bir an süren kirlenme sıvı bozunmasının ürünlerinin toprağın son tabakasının geçirimli olduğu durumlarda, toprağın içine işlemesiyle oluşur.

- Aşamalı kirlenme yağmur suyu ve başka su girişlerinden sonra kül ve yanmamış kalıntıların sızması yoluyla meydana gelir. Önceki bölümden bilinen bileşenler tekrar gözükür.

3.5.6 Kullanılmış Lastikleri Stoklama ya da Düzenli Depolama Esnasındaki Çevresel Riskleri En Aza İndirme

Hurda lastik depo alanlarının doğru bir şekilde yönetilmesiyle herhangi bir istenmeyen koşulda çevreye verebilecekleri zararlar minimize edilmiş olunur. Bunun için gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir.

3.5.6.1 Stoklama

Lastik stok yığınlarının ağır ya da tesadüfen tutuşmasına karşı önlemler alınmalıdır. En büyük risk, yangının hız kazanıp bütün depo edilen lastiklere yayılabilmesini engelleyememektir. Böyle bir durumda hava, su ve toprak olmak üzere farklı tiplerde kirlilikler meydana gelebilir.

3.5.6.2 Düzenli Depolama

Düzenli depolamada da hurda lastikler sahaya belirli kurallara göre alınırlar ve oluşabilecek olumsuzlukları engellemek için gerekli tedbirler alınmalıdır. Yangın riskini önlemek için aşağıdaki kurallar izlenebilir:

- Potansiyel yangın kaynağı olan atık alınması önlenmeli
- Yangın riski oluşturabilecek sigara içmek ya da bunun gibi herhangi bir aktivite yasaklanmalı

Eğer alanların değişkenliği yangının yayılmasına yardımcı olursa ya da kemiriciler ve zararlı böcekler (sivrisinekler) için uygun ortam oluştururursa, lastiklerin şekilleri ve esnekliği önlemler alınmasını zorunlu kılar.

3.5.6.3 Hurda Lastiklerin Depolanmasında Dikkat Edilecek Hususlar

Hurda lastik yangınlarının önlenmesi ve yönetiminde uygulanabilir yerel şartlar, teknikler ve kanunlarla uyum sağlayan kılavuzu geliştirmek için bir model olarak verilmiştir [6].

1) Faaliyetin çevresi 3 metre yüksekliğinde zincir bağlı çitle çevrilir (yerel kanunlara uygulanabilir uygunlukta). Faaliyet girişinin yanına iş saatleri ve düzenlemelerle açıkça görülebilecek işaretler konmalıdır. Tesisin açık olduğu zamanlarda sahada her zaman eğitimli güvenlik görevlisi ya da saha yöneticisi bulunmalıdır (bazı sahalarda kapalı saatlerde güvenlik köpekleri kullanmaktadır).

2) Her bir lastik depolama sahasında ya da yığınında acil araç giriş rotaları oluşturulmalı, yığının hiçbir kısmı giriş caddesinden 46 m'den daha fazla uzaklıkta olmamalıdır. Yığınlara giriş rotalarının genişliği en az 18 m uzunluğunda olmalıdır.

3) Tesis kapandığında her çıkış noktasını koruyan çit kapıları olmalıdır. Bütün kapıların 6m açık genişliği olabilir. Kapılar yangın bölümü ihtiyaçlarıyla uygun hızlı giriş dizaynına sahip olmalıdır.

4) Bütün caddeler ve girişler, yangın söndürme ekipmanıyla zorlanan yükleri desteklemek için dizayn edilebilirler. Giriş yolları bütün iklim şartları altında girişe olanak vermek için dizayn edilen malzemeyle düzleştirilmelidir.

5) Bütün acil durum araç giriş yerlerinin 4m uzunlukta ya da geniş yangın söndürme cihazlarının geçişine izin verecek boyutta dik açıklıklarının bulunması gerekir. Acil durum aracının girişi için dönme yarıçapı 14m olmalıdır.

6)Girişler iyi bakılmalı ve her zaman yangın bölümü için girilebilir kalmalı.

Depolama Sahası Dizaynı:

1) Lastik yığınlarının sırasıyla yükseklikleri 6m, boyu 76m ve genişlikleri 6m olmalıdır. Lastik yığınlarının kenarları çevre çitinden 15m uzaklıkta olmalıdır ve bu alanda yıkıntı ya da bitki topluluğu bulunmamalıdır. Lastikler yığın kenarlarından aşağıya doğru kayma eğilimi gösterdikçe ve yangın kuşaklarına yakın olmalı, bütün yangın kuşakları en az 18 m genişliğinde olmalıdır.

2) Yığınların dış çevrelerinden 61m boyunca uzayan alanlarda ağaçlardan, bitkilerden ya da bitki topluluklarından hiçbiri olmamalıdır. Binalar, araçlar ya da tutuşabilir malzemeler gibi maruz kalmalar lastik yığınlarından en az 61m uzakta olmalıdır. Yığınlar ya da depolama alanları enerji hatlarının yanına ya da aşağısına yerleştirilmemelidir.

3) Hurda lastikler bataklıklarda, ovalarda, vadilerde, kanyonlarda ya da adımlı derecelendirilmiş yüzeylerde depolanmamalıdır.

4) Yığının 30.5m uzaklığında açık havada bir şeyin yakılmasına ve hiçbir kaynağın ya da ısı üreten aletin yığının 7m yakınında olmasına izin verilmemelidir. Sigara içilmesine seçilen alanlarda izin verilmelidir. Tesiste aydınlatma çubukları yerleştirilebilir, yalnız bunların yığından uzakta olmaları gerekmektedir.

Su Temini Dizaynı:

1) Lastiklerin hacmi 140m^3'ü geçtiği zaman, su teminin 6 saatlik periyotta dakikada 4m^3 su temin edebilecek kadar yeterli olmalıdır.

2) Depolama alanının civarında dere, göl ya da bir su kütlesi varsa, yangın departmanı bağlantı yerlerini belirleyebilir.

3) Tüm su temini sistemleri yerel yetkililer tarafından iyi karşılanmalıdır (yangın müdürü, yangın şefi).

4) Depolama sahasında çalışan her bir yakıt-ateşli araç yüksek performanslı portatif yangın söndürücülerle donatılmalıdır.

Lastik depolanmasında aşağıdaki yerleştirme önlemleri de alınmalarıdır;

- Yerleştirmeye en büyük lastiklerle başlanmalı ve boşluklar iç malzeme ya da atıklarla doldurulmalıdır.

- Her tabaka sonraki hareketleri önlemek için mümkün olduğunca doldurulmalıdır.

3.7 Atık Lastik Yönetiminde Uluslararası Mevzuatlar

Atık lastikler, EPA tarafından 1990 yılından beri kontrol altında tutulmaktadır. Bizim de taraf olduğumuz Bazel Sözleşmesi'nde atık lastik yer almaktadır [2]

Bazel Sözleşmesi'nin Şubat 1998'de yapılan 4. toplantısında mevcut atık lastik listesine 2 yeni ek (Annex VIII – List A ve Annnex IX- List B) yapılması kararı alınmıştır [11].

Bu toplantı sonucu yayınlanan dökümanda;

- Ek 8, liste A'da (Annex VIII-List A) zararlı atıkların listesi verilmiştir.

- Ek 9, liste B'de (Annnex IX- List B) yer alan atıklar ise, ek 8 liste A'da verilen maddelerden, ek 3'de verilen tehlikeli özellikleri gösterecek miktarlarda içermediği takdirde zararlı olmayan atıklar verilmiştir.

Atık lastikler, Bazel Sözleşmesine göre düzenlenmiş atık lastiklerden;

- Ek 8 liste A'da (Annex VIII,Liste A) yer almamaktadır.
- Ek 9 liste B'de (Annex IX, Liste B) ise B3 organik, inorganik ve metal içeren atıklar listesinde B3140 altında tanımlanmıştır.

Basel Konvansiyonundaki B grubu listesinin açıklanması; Zararlı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nde "Atık üreticisinin yükümlülüğü (madde 9-e)" deki gibidir.

Bu guruptaki atıklar zararlı değil, özel atık olarak değerlendirilmektedir.

Bazel Sözleşmesi'ndeki "Technical Guidelines on the Identfication and Management of Used Tires" adlı teknik tebliğin hazırlanma aşamasında kullanılmış lastiklerin zararlı atık olmadığı belirtilmiştir. Bu yayında özetle;

1. Liste A'da belirtilen tehlikeli maddelerin lastik içindeki payı lastik ağırlığının %1.5 kadarıdır (Tablo 3.2).
2. Ekotoksisite açısından yapılan testlerde herhangi bir zehirliliğe rastlanmamıştır.
3. Düzenli depolama açısından değerlendirildiğinde Lastik Üreticileri Birliği'nin (RMA-USA) yapmış olduğu analiz sonuçlarına göre toprak ve yeraltı suyu kirliliği yaratmadığı gözlenmiştir.
4. Dış ortamda kontrolsüz yakma, istenmeyen çevreye duyarlı olamayan bir uygulamadır.
5. Depolama ve istifleme sırasında uygun korunmadığı durumlarda iklim koşullarına bağlı olarak zararlı ve kemiriciler üreyebilir.
6. Depolama aşamasında kolaylıkla tutuşmama özelliğine rağmen söndürülmesi çok zor olduğu için özel yangın güvenlik önlemlerine gereksinim vardır denilmektedir.

Avrupa topluluğu ülkelerinde kullanılmış lastiklerin yönetimi ve mevcut düzenlemeleri aşağıda Tablo 3.5 ve Tablo 3.6'da özetlenmiştir.

Tablo 3.5 Kullanılmış Lastiklerle İlgili EC Direktifleri [11]

Depolama Landfill (1999/31/EC)	Nisan 99'da kabul edildi. 2003'ten itibaren lastiğin olduğu gibi depolanması yasaklanmaktadır. 2006'dan itibaren parçalanarak depolanması da yasaklanmıştır.
Hurda taşıtlar End of life vehicles (2000/53/EC)	Eylül 2000'de kabul edildi. Lastikler araçtan sökülecektir.
Atık Yakma Yakma of waste	Aralık 2000'de kabul edildi. Çimento klinkerleri için emisyon limitleri düşürüldü. (NO_x)

Tablo 3.6 Kullanılmış lastiklerle ilgili AT ülkelerindeki ulusal mevzuatlar [11]

ÜLKELER	YASAL DÜZENLEME	AÇIKLAMA
AVUSTURYA	YOK	
BELÇİKA	VAR	Üretici ve/veya ithalatçı firmalar ücretsiz olarak geri toplamak zorunda
DANİMARKA	VAR	Ücretsiz olarak geri toplamak zorunlu Maliyeti yeni lastik fiyatına ekleniyor.
FİNLANDİYA	VAR	Ücretsiz olarak toplamak zorunda
FRANSA	VAR	Üretici ve/veya ithalatçı firmalar ücretsiz olarak geri toplamak zorunda
ALMANYA	VAR	Atığın bertarafı denetleniyor.
YUNANİSTAN	VAR	
İRLANDA	YOK	
İTALYA	VAR	Evsel Atıklarla birlikte yakılması tavsiye edilmiştir.
LUXEMBURG	YOK	
HOLLANDA	HAZIRLANIYOR	Üretici ve/veya ithalatçı firmalar ücretsiz olarak geri toplamak zorunda
PORTEKİZ	YOK	
İSPANYA	YOK	
İSVEÇ	VAR	"Gönüllü" kuruluşlar tarafından ücretsiz toplanmaktadır.
İNGİLTERE	YOK	

4. HURDA LASTİKLERİN GERİ KAZANIM TEKNOLOJİLERİ

Lastik üretiminde kullanılan materyaller olağanüstü kuvvetlidir ve binlerce mil asfalt yoldaki barasif temasa dayanıklı olacak şekilde dizayn edilirler. Eski lastikler tekrar kaplansa bile, üzerlerindeki bireysel bileşikler bağlı olarak kalır. Teknik olarak, lastiğin kullanım süresi dolduğunda tüm kauçuk, çelik ve kumaş geri kazanılabilir. Eski lastiklerin geri kazanımı için çeşitli teknikler mevcuttur, Tablo 4.1'da hurda lastiklerin geri kazanım teknolojilerinin özeti gösterilmektedir [12]. Bunlar aşınmış lastiğin tekrar kaplanmasından lastik içindeki kauçuk, çelik ve tekstilin parçalanmasına kadar olanları içerir. İdeal olarak lastik geri kazanımındaki öncelik, lastiklerin orijinal uygulamalar için kullanılması ve son olarak ise enerji eldesi için yakılmasıdır. Lastiklerin depolama sahasında yer kaplamaması için yakma tercih edilmekte ve lastik diğer ürünlere dönüştürülmektedir.

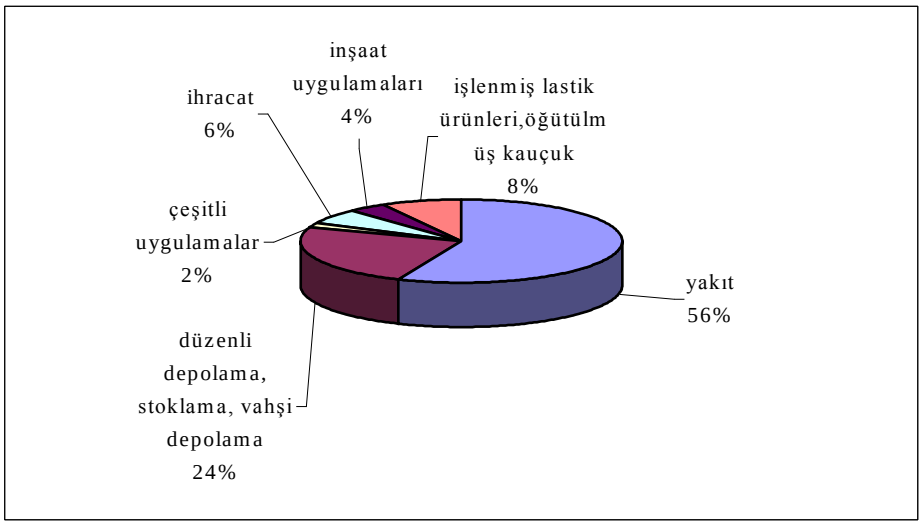
Eski lastiklerin geri kazanım ile sağlanan enerji tasarrufu ve yağ, kauçuk, çelik, tekstil gibi hammaddelerin korunmasının yanısıra bertaraf esnasında oluşan çeşitli problemler de önlenir.

4.1. Enerji Geri Kazanımı(yakma)

Enerji kazanım teknolojilerinde lastikler, fosil olmayan ilave bir yakıt olarak elektrik üretiminde, çimento ve kağıt fırınlarının yakıt ihtiyacının karşılanması gibi birçok alanda kullanılırlar. Hurda lastiklerinin yakılmasının gelişmiş ülkelerde kullanımının yanısıra gelişmekte olan ülkelerde de kullanılmaktadır. İskandinavya, ABD ve Japonya gibi birçok ülkede kullanılmış lastiklerden ve endüstriyel atıklardan enerji kazanımında yararlanma baş sıralardadır.

Atık lastiklerin termik değerlendirilmesi depolamaya oranla daha fazla tercih edilir. Bazı işletmelerdeki yakma ünitelerinde lastikler bütün olarak veya parçalanmış olarak yakılırlar. Lastiklerin yakıta dönüşümünün ekonomikliği, lastiğin tekrar rafine edilmesinden önce yakma tesisine karıştırılmasına bağlıdır.

Yakma fırının tipine göre lastikler hem parçalanmış şekilde hem de bütün olarak yakıt olarak kullanılabilirler. Parçalama işlemindeki amaç, daha küçük parçalar ve yakıta dönüşüm için tel ve kablolardan ayırmak için ızgaradan geçirilmiş ve ayrılmış üniform parçalar elde etmektir. Hurda Lastik Yönetim Meclisinin raporlarına göre Şekil 3.5'te gösterildiği gibi 1996 yılında ABD'de hurda lastiklerin %57den fazlası yakıt olarak kullanılmıştır [13].



Şekil 4.1 Hurda lastiklerin dağılım şekilleri, ABD 1996 [12]

Tablo 4.3'de lastiklerin yakıt değeri dikkate alınarak lastiklerin kompozisyonu kömürün kompozisyonuyla karşılaştırılmıştır. Babcock ve Wilcox Şirketi parçalanmış lastiklerin üç tipiyle testler gerçekleştirmiştir [14]: 1.25 cm kauçuk "fuzz", 5cm kauçuk parçaları çelik takviyeli ve takviyesiz. Analiz sonuçlarına göre, lastik numuneleri kömürle karşılaştırıldığında daha az neme, daha az bağlı karbona ve önemli derecede daha fazla yanabilir maddeye sahiptir. Test edilmiş parçalanmış lastik numunelerinin ısı içeriği kömürün ısı değerinden %10-16 daha yüksektir. Lastikten elde edilen yakıt (LEY) külü %1.2-1.3 sülfür içermektedir. Bu yaklaşık olarak US doğu kömür sülfür içeriğinin yarısıdır ve düşük sülfür –batı kömürleriyle aynıdır.

Ağırlıkça %11 kül üreten kömür yakılmasıyla kıyaslanan LEY numuneleri sırasıyla ağırlıkça %16, %23 ve %9 kül kalıntısına sahiptir. Geri kazanılabilen kavrulmuş çelik lastikten yakıt elde etmekte yüksek değerlerde küle sebep olur. LEY külü ile kömür külü arasında önemli farklılıklar vardır. Tablo 4.4'te kömür ve LEY kül numunelerindeki başlıca bileşenler gösterilmiştir.

Tablo 4.1 Hurda Lastik Kullanım Teknolojilerinin Özeti

YAKMA/PİROLİZ		
Tesis tipi	**Yakma kabı**	**Karakteristikleri**
Çimento tesisi	Döner fırın	Parçalanmış ya da bütün lastik. Kömür ya da kokkömürü ile ateşlenebilir.
Kağıt fabrikaları, Elektrik hizmeti, Genel endüstri	Yayıcı odun süngüsü (spreader stoker)	Boyut[a] 2.5-10 cm' ye küçültülür. Kömür ya da odun ile ateşlenebilir.
Elektrik Hizmetleri	Siklon Kazan	Boyut 2.5x2.5 cm' ye ya da daha küçük boyuta küçültülür. Kömürle ateşlenebilir.
Elektrik Hizmetleri	Toz Kömürlü Kazan	Boyut 0.8-2.5 cm' ye küçültülür. Kömürle ateşlenebilir
Elektrik Hizmetleri	Akışkan Yataklı Kazan	Boyut 5-25 cm' ye küçültülür. Kömürle ateşlenebilir. Teli tolere eder
Enerji Üretimi	Kömürcü Kazanı	Bütün şeklindeki lastikler kullanabilir. Kömür, gaz ve odun atığıyla ateşlenebilir.
Lastik Piroliz Tesisi	İnert atmosferde yüksek sıcaklıklı proses ile yakıt ve karbon maddelerini üretmek için boyut küçültülmesi gerektirir.	
MALZEME GERİ KAZANILMASI		
Uygulama	**Proses Tanımı**	**Karakteristikleri**
Kauçuk Bağlı Ürünler	Belirli bir şekle sokulur ve yapıştırıcıyla tutturulur	Spesifik ürün
Kauçuk Islahlı Asfalt	Asfalt özelliklerini iyileştirmek için asfaltla karıştırılır	Spesifik ürün
Kalıba sokulmuş ve kalıptan çekilmiş plastikler/kauçuk	Özelliklerini artırmak ya da iyileştirmek için diğer polimerlere eklenir	Tel ve tekstil çıkarılmalı
Yeni Lastik İmalatı	Yeni lastiklerde dolgu malzemesi olarak kullanılır.	Spesifik ürün
İŞLEME TEKNOLOJİLERİ		
Teknoloji	**Proses Tanımı**	
Devulkanizasyon	Diğer polimerlere kimyasal olarak bağlanma yeteneğini arttırmak için sülfür-karbon bağlanmasını ters çevirir	
Yüzey değişimi	Kauçuk yüzeyini poliüretan, latex ve diğer polimerlerle birleşmesi için hazırlar.	

[a] 5cm'ye küçültmenin maliyeti : 20$/ton

Vulkanizasyonun oranını kontrol etmek için kauçukla karıştırma işlemi sırasında eklenen çinko oksit (ZnO), külden geri kazanılabilen yüksek konsantrasyonlarda çinkoya (Zn) dönüşür. Genelde, LEY' den kalan kül kalıntıları, standart kömür yakmadan açığa çıkan külden daha az ağır metal içeriğine sahiptir, böylece az olan katı atık boşaltım derdi azaltılmış olur. Sonuç olarak, yakıt olarak kauçuk lastikleri kullanılması birçok kömürle karşılaştırıldığında daha düşük NO_x emisyonları oluşturur.

Emisyon kontrol metotlarının gelişmesi ile kontrollü yakma uygulanabilir bir enerji kaynağı haline gelmiştir. Enerji geri kazanımı için kontrollü yakma metodunun teknolojik verileri Tablo 4.5'te ele alınmıştır [6]. Buna rağmen, bir çok ülke kömürün sürekli olarak başlıca yakıt kaynağı olarak kullanılmasından kaygı duymaktadır. Bununla birlikte, araştırmalar PCAH'nin tehlike limitinin aşağısında olduğunu bildirmiştir..

Bir lastiğin net kalorifik değeri 32-34 MJ/kg'dır. Buna göre 1 ton lastiğin net kalorifik değeri 1 ton kömüre ya da 0,7 ton fuel oil'e eş değerdir. Lastiğin bileşenlerinin net kalorifik değerleri Tablo 4.2'de verilmiştir [6].

Tablo 4.2 Lastik bileşenlerinin net kalorifik değerleri

Bileşen	**Net kalorifik değer**
karbon siyahı	93 MJ/kg
proses yağı	42 MJ/kg
elastomer	55 MJ/kg

4.1.1. Lastiğin Yakıt Olarak Kullanım Alanları

Lastiklerin yakıt olarak kullanımında en çok kullanılan yöntem lastiklerin döner yakıt ateşli çimento fırınlarında çimento üretimi için yakılmasıdır, bu yöntem ABD'de 1996 yılında LEYin kullanım alanlarında Şekil 4.2'da gösterildiği gibi %29.8'lik paya sahiptir [12].

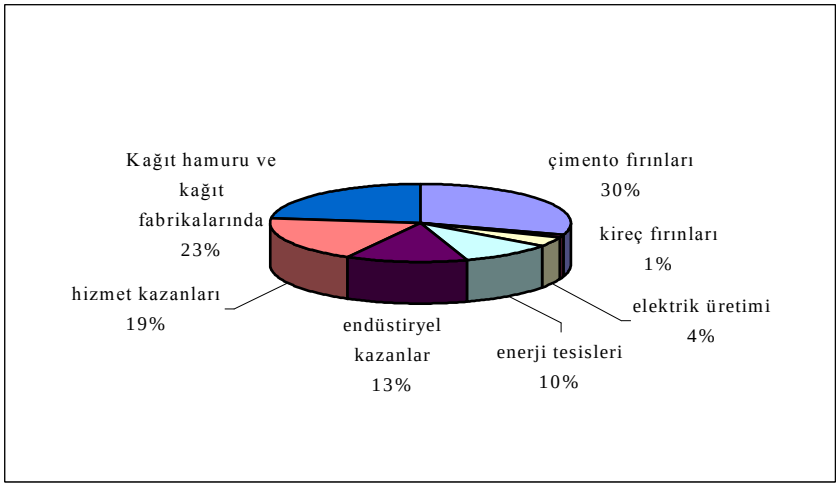
Tablo 4.3 Çeşitli lastiklerin, lastik yakıtın ve kömürün analizleri [14]

	Enerji İçeriği (MJ/kg)	Bileşenler (%ağ.) Nem	Kül	S	C	H	N	O	Uçucular
Lastik Tipi[a]									
Fiberglas	32.47	0.00	11.70	1.29	75.80	6.62	0.20	4.39	
Çelik kuşaklı	26.67	0.00	25.20[b]	0.91	64.20	5.00	0.10	4.40	
Naylon	34.64	0.00	7.20	1.51	78.90	6.97	<0.10	5.42	
Polyester	34.28	0.00	6.50	1.20	83.50	7.08	<0.10	1.72	
Kevlar kuşaklı	39.20	0.00	2.50	1.49	86.50	7.35	<0.10	2.11	
Lastik Yakıt Tipi[c]									
Kauçuk "fuzz", 1.25cm	32.10	2.26	16.48	1.30	69.74	6.30	0.45	3.40	64.66
Kauçuk, 5 cmw/metal	31.05	0.75	23.19	1.33	67.00	5.81	0.25	1.64	54.23
Kauçuk, 5 cm w/o metal	32.58	1.02	8.74	1.23	72.15	6.74	0.36	9.67	67.31
Kömür	28.23	7.76	11.05	2.30	67.69	4.59	1.13	5.47	34.05

[a] Pope (1991)
[b] Çelik içerir
[c] Granger ve Clark (1991)

Tablo 4.4 Kömür ve üç kauçuk numunenin külündeki başlıca kimyasal elemanlar (Granger ve Clark,1991)

Kömür analizi (%)	Kömür	Kauçuk 1.25cm fuzz"	Kauçuk 5cm W/ metal	Kauçuk 5cm W/o
Silikon(SiO_2)	47.98	18.21	5.16	22.00
Alüminyum (AlO_2)	20.70	6.99	1.93	9.09
Demir (Fe_2O_3)	18.89	30.93	0.35	1.45
Titanyum (c)	0.82	6.01	0.14	2.57
Kalsiyum (CaO)	3.30	5.99	0.56	10.64
Magnezyum (MgO)	0.79	0.73	0.10	1.35
Sodyum (Na_2O)	0.48	1.07	0.13	1.10
Potasyum (K_2O)	2.06	0.55	0.14	0.92
Sülfür (SO_3)	4.33	8.35	0.99	15.38
Fosfor (P_2O_3)	0.62	0.56	0.10	1.03
Çinko (ZnO)	0.02	20.60	5.14	34.50
Metal			85.28	
Toplam	100.0	100.0	100.0	100.0
$(CaO+MgO+Na_2O+K_2O+So_3+P_3O_5+ZnO)/(SiO_2+Al_2O_3+TiO_2)$	0.37	1.26	11.98[a]	0.46



Şekil 4.2 LEY kullanım dağılımı, ABD 1996

LEY'in ikinci en geniş kullanım alanı kağıt hamuru ve kağıt fabrikalarıdır. Kağıt hamuru ve kağıt fabrika kazanları için LEY'in başlıca kullanımı kurutma için bir ısı kaynağı ve elektrik gücü için buhar eldesi sağlamak içindir. LEY kağıt yapımında bir harç malzemesi olarak kireç taşının kireç haline getirilmesinde de kullanılır. Çimentodan farklı olarak kağıt özellikleri LEY emisyonlarına maruz kaldıklarından dolayı kötü bir şekilde etkilenirler bu yüzden ayrı bir yakma odasına ihtiyaç duyulur. LEY'in diğer kullanımları hizmet kazanlarında (%19), endüstriyel kazanlarda (%13), enerji olanaklarında(%10) ve elektrik üretiminde (%4) ve daha güncel olarak, bakır tasfiye ocakları ve demir döküm ocakları LEY kullanmaya başlamıştır [13].

Genelde lastiklerin fırın aralıklarına yerleştirilebilmeleri için boyutlarının küçültülmesi gerekir. Boyut küçültmenin yanında, mevcut faaliyetlerde kullanımı her tek tip fırın için bazı fiziksel işleme ihtiyaç gösterebilir.Örneğin, lastiklerde yer alan tel büyük fırınlarda mekanik sorunlara yol açabilir. Hava emisyon düzenlemelerine uymak için, hava kirliliği önleme ekipmanı gerekli olabilir.

Bu gereksinmelere rağmen, hurda lastiklerin yakıta çevrilmesi yüksek ısı değerleri, temiz yanabilirlik, ve kolay taşınımından (ör., nakil, depolama) dolayı oldukça kolaydır.

4.1.2. Çimento fırınları

Çimento fırınlarında, ince ince öğütülmüş kireçli (ör., kireçtaşı), killi (ör. kil) ve silisli (ör., kum) malzemeler, klinkeri üretmek için 1500-1600^{0}C'ye kadar ısıtılırlar. Parçalanmış ya da bütün bir şekilde kullanılan hurda lastikler çimento klinkerleri

Tablo 4.5 Enerji Geri Kazanımı

Enerji Geri Kazanımı İçin Yakma	
Besi stoğu	Bütün, parçalanmış hafif, ağır yük lastikleri
Yıllık kapasite	±20,000ton/yıl
Enerji kullanımı	50kwsa/ton
İş gücü	Otomatik: vardiya başına 1işçi
Ekipman	Taşıyıcılar İsteğe bağlı önişleme ekipmanı Önısıtıcı/önkalsinatör fırını Ocak Fırın Egzos gazı temizleyicileri Elektrostatik çöktürücü filtrasyon sistemleri
İşlem sayısı	2 (isteğe bağlı ön-işlem)
Üretim	Girdi: 12-13ton/sa Buhar ton/sa 38.6 Çalışma basıncı bar g 70 Süper ısı sıcaklığı ^{0}C 520 Besi suyu sıcaklığı ^{0}C 109 Mutlak yoğunlaştırıcıda basınç mbar 135 Harici sıcaklık ^{0}C 12 Turbo-jeneratör MW 9.7
Prosesler	Otomatik besleme ve çalıştırma İsteğe bağlı ön kesme ya da parçalama
Ürün karakteristikleri	Yüksek kaliteli, temiz yanma enerjisi Kömürden daha iyi ve temiz ve diğer ısıtan yakıtlarla eşit
Kullanımları	Buhar: saha ısıtılması ya da diğer tesislerle paylaşım Çelik: yüksek kaliteli hurdayla aynı özelliğe sahip ve geri kazanılabilir Çelik oksit: kimyasal endüstri Kalsiyum tuzları: kimyasal endüstri
Emisyonlar	SO_x 6kg/sa NO_x 10kg/sa Kül: 250kg/sa diğer: 20kg/sa
Yorumlar	Filtrelerin, gaz temizleyicilerinin az bakımı Fosil yakıtlarından %20 daha fazla ısı değeri Diğer yakıtlardan %40 daha az kül ve %20 daha az emisyon İsveç,Almanya, Belçika, ABD, Japonya, Güney Kore ve İngiltere'de kullanılıyor

üretimi için mükemmel yakıtlardır. Fırındaki yüksek sıcaklıklar ve oksitleyici atmosfer lastiklerin ve yanma sırasında oluşan uçucu maddelerin tam yanmasını sağlar. Bundan başka, yanmadan kaynaklanan uçucu gaz haline gelmiş olan demir oksit, besi karışımına ilave demir ekleme maliyetlerini azaltarak çimento ürünü için yararlıdır [15].

Amerika'da her sene büyük miktarda yanabilir atık yakıt gibi yakılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan atık yakıtları zararlı solventler, atık yağları ve lastiklerdir. Atık yakıtları yakmak için uygun görülen çimento fırınlarının sayısı 1985'ten beri önemli ölçüde artmıştır. Örneğin 1990'da, çimento fırınlarındaki yakıt tüketiminin %6.8'i zararlı atıklardır. Enerji geri kazanımı beton için kullanılan Portland çimentosu üretimi gibi yoğun enerji gerektiren proseslerde bilhassa değerlidir (Şekil 4.3).

Sebepleri:

- Klinker içinde doğrudan kullanılabilmesi- Önemli bir enerji tasarrufu sağlaması
- Çimento fabrikalarında kullanıldığı takdirde emisyon değerlerinde iyileşmelerin tespit edilmesidir. Çimento fırınlarında yakıt yakma diğer fırınlara göre daha az emisyonla sonuçlanır.

Kireç taşı, kil,kum ve demir filizi gibi ham maddeler bir eksen etrafında döner uzun bir fırının arka (daha yüksek) ucunun içine ıslak ya da kuru spesifik oranlarda beslenirler. Yakıt ön (daha aşağı) uçta yakılır, bu yüzden fırındaki sıcak yanma gaz akışı katılarla aynı yöndedir. Ham malzemeler fırının ön ucuna doğru gittikçe ısınırlar, dehidrasyona uğrarlar, kireç haline gelirler ve daha sonra yanarlar ve çimento cürufu oluşturmak için kristalleşirler. Proses, fırının ön ucundaki 2200^0C ($3,990^0$F)'den fazla maksimum gaz sıcaklıklarıyla son derece yüksek enerji yoğunluğuna sahiptir. Bu, pek çok zararlı atık yakma fırınının çalıştığı 1480^0C ($2,700^0$F)'den önemli ölçüde daha yüksek bir sıcaklıktır ve çimento fırınlarının gaz tutma süreleri diğer fırınlara göre daha uzundur. Çimento fırınlarında yakıt yakma diğer fırınlara göre daha az emisyonla sonuçlanır [16].

Yakılacak atık yakıta bağlı olarak, karıştırma, nötralizasyon, kurutma, danecik boyutlandırma, termal ayırma, piroliz ve ya da daneleme gibi ön arıtma gerekli olabilir [17]. Atığın tipine bağlı olarak, atık yakıtları çimento fırınlarına beslemede birkaç farklı teknoloji kullanılmaktadır [18]. Petrol ve petrokimyasal atıklar genelde

havalı şekilde beslenir. Hurda lastiklerin çimento fırınlarında kullanımına ait detaylar Tablo 4.7'de gösterilmiştir [6].

Atıkların çimento fırınlarında enerji geri kazanımı aşağıdaki parametrelere bağlıdır**;**

- Enerji içeriği
- Fiziksel karakteristikler
- Kimyasal kompozisyon

Avantajları :

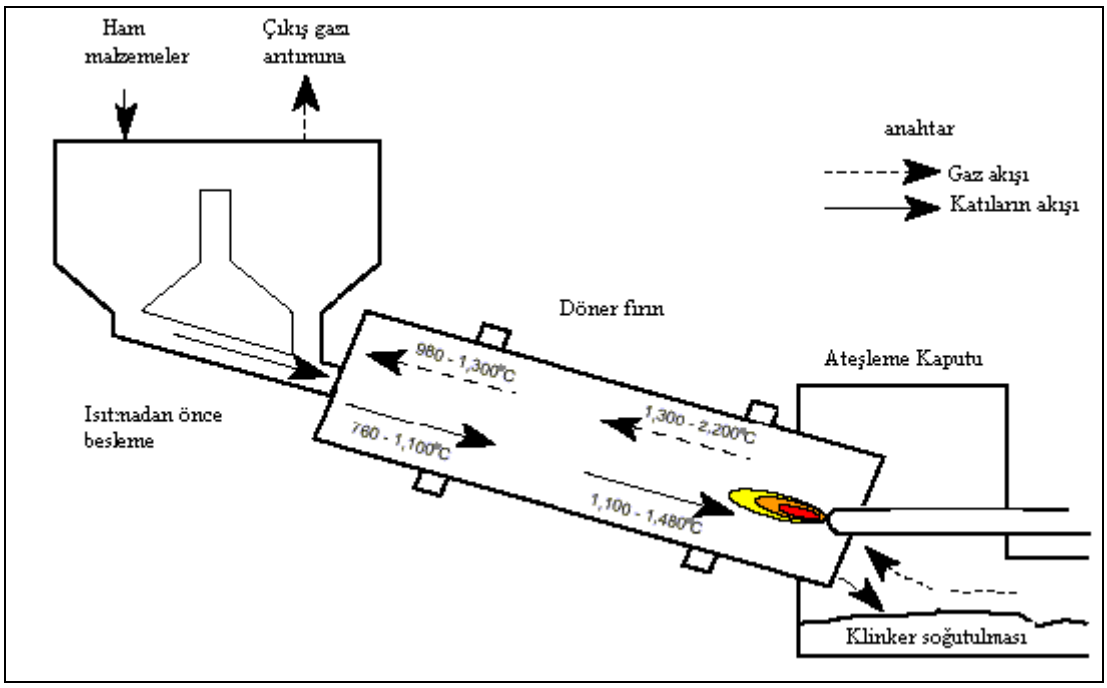
- LEY çimento fırınında yakıt olarak kullanılan kömürden daha temiz yanar ve daha az nitrojen oksit (NO_x) emisyonları oluşur. İngiltere'deki Blue Circle Cauldon adındaki bir çimento fırınında gerçekleştirilen deneme yakışı sonucu oluşan emisyonlar Tablo 4.6'da gösterilmiştir [7].

Tablo 4.6 Blue Circle Cauldon çimento fırınında lastik deneme yakışında oluşan emisyonlar

KİRLETİCİ	**YAKIT (KÖMÜR-mg/m^3)**	**%15 EK YAKIT OLARAK LASTİK KULLANIMI**	**YÜZDE DEĞİŞİMİ**
partiküller	60	60	Değişim yok
nitrojen oksitler	1180	800	-32
sülfür dioksit	500	500	Değişim yok
karbon monoksit	985	948	-4
klor ve florin	1.13	1.0	-12
Uçucu organik bileşenler	129	68	-47
dioxinler	0.12	0.03	-75

- Yüksek sıcaklıklarda çalışan çimento fırınları hurda lastiklerin tam yanmasına ve uçucu olmayan metaller gibi yüksek sıcaklığa dayanan kirleticilerin klinkerin kristalimsi yapısında hareketsizleşmesine sebep olurlar [19].

- Klinker, hidroklorik asit (HCl) için gaz temizleyici gibi davranır ve klorlanmış solventleri yakma, ek bir ham harç gibi kalsiyum klorit ($CaCl_2$) ekleme ya da satın alma ihtiyacını ortadan kaldırarak, düşük–alkali çimento üretimini olanaklı kılabilir. Belli durumlarda, LEY yakma çimento klinker tavlamasını arttırır, daha güçlü ve daha iyi öğütülme özelliklerine sahip bir ürün verir.



Şekil 4.3 Bir çimento fırınındaki enerji geri kazanımı [16]

- Lastiklerdeki güçlendirici kemerlerdeki çeliğin, yanma işleminden önce çıkarılmasına gerek yoktur, çünkü demir Portland çimento üretiminde zorunlu bir harçtır. Lastikleri yakma ile taşocağı kayasının demir(Fe) içeriğinin temini için demir filizi satın alma ihtiyacı azaltılmış ya da ortadan kaldırılmış olur.

- Yakıt masrafı azaltılmış olur.

Dezavantajları

Atık yakıt geri kazanım programı yakıt masraflarını azaltsa da, spesifik olumsuzlukları da vardır**.**

- Hurda lastiklerin taşınmasında zorluklar mevcuttur.

- Çimento fırınlarında hurda lastik yakılması sonucu büyük miktarlarda çimento fırın tozu oluşabilir.

Tablo 4.7. Hurda Lastiklerin Çimento Fırınlarında Yakılması

Çimento Fırınlarında Kontrollü Yakma	
Besi stoğu	Bütün, kesik ya da dilimlenmiş hafif kullanım, ağır yük lastikleri
Yıllık kapasite	+20,000ton/yıl
Enerji kullanımı	30-50kwsa/ton
İş gücü	Otomata alınmış: Vardiya başına 1 insan
Üretim	Girdi: 12ton Çıktı: 32MJ/kg 800kcal/kg klinker ya da 120kcal/kg çimento
İşlem sayısı	2-3
Prosesler	Tüm lastiklerin ayrılması ve/ya da dilim ön işlemesi Otomatik taşıyıcılarla doğrudan doğruya, sürekli besleme Kontrollü yakma Bacaların ve ızgaraların sürekli temizlenmesi Seçime bağlı: Isı kazanımı ve sirkülasyon sistemi Seçime bağlı: Elektrik üretimi ve kullanımı
Ürün karakteristiği	Lastik malzemelerinden, özellikle metal ve kimyasallardan iyileştirilmiş çimento sertliği. Lastiklerden sülfür dioksit ve nitrojen oksitler çimentoda kullanılan ve kalitesini geliştiren kireç tarafından etkisiz hale getirilirler.
Kullanımları	İnşaattaki bütün çimento uygulamaları vb. Tesis işlemlerinde ısı ve enerji
Emisyonlar	SO_x 10kg/sa NO_x 6kg/sa Kül: 250kg/sa other: 20kg/sa inert dolgu malzemeleri
Yorumlar	Lastikler ısınma kalitelerini yükseltir Bir çok bölgede çimento fırınları yeni emisyon düzenlemelerine uymalı Sürekli tesislerin sayısı emisyon standartlarını değiştirmeden dolayı son üç sene içerisinde azalmıştır Çimento fırınları hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde kullanılmaktadır. Başlıca endişeler, tesisi optimum seviyelerde çalıştırmak için ihtiyaç duyulan ham maddenin devamlı akışı ve temizlik, filtrelerin değişimi, ve egzos gazı temizleyicisi için yüksek bakım masraflarıdır.

4.2.Malzeme Geri Kazanımı

4.2.1. Parçalama ve granüle etme

Kullanılmış lastiklerin en çevresel kullanım yolu tekrar kaplama olsa da, lastikler hurda haline geldiğinde atılmaları gerekir. Sonuçta, lastiklerin uygun bir yönetim sistemi ile bertaraf edilmesi zorunludur. Bir alternatif, diğer prosesler için lastiklerin parçalanarak kauçuk kırpıntısı haline getirilmesidir. Hurda lastiklerin boyutları küçültülerek ve öğütülerek düşük yoğunluklu dolgu malzemesine ihtiyaç duyulan beton ya da asfaltta, yeni plastiklerin üretiminde kullanılırlar.

Hurda lastikler Şekil 4.4'te gösterildiği gibi çeşitli parçalama makinelerinden geçirilerek gereksinim duyulan boyutlara küçültülürler. Lastik kırpıntıları ve parçaları paspas, endüstriyel proses filtresi ve kazanlar için yakıt materyali olarak kullanılırlar. Parçalama aynı zamanda tüm lastiğin öğütme ve granüle etme işlemleri için ilk adım olabilir. Yakıt ilaveleri veya benzer uygulamalarda hurda lastik parçaları kullanılır. Parçalamanın başlıca sebepleri aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

- Öğütmenin ilk adımını oluşturmak
- Taşımayı kolaylaştırmak
- Bazı uygulamalarda kullanmak (örneğin yakma için ikincil bir yakıt olarak)
- Düzenli depolamaya izin veren ülkelerde boşluk alan ihtiyacını en aza indirmek ve depo sahasının üstünün kapatılmasıyla lastiklerin yüzeye doğru yükselme potansiyellerini azaltmaktır.

Hurda lastikleri granüle etme teknolojisinin verileri Tablo 4.8'de gösterilmiştir.İki çeşit granüle etme yöntemi mevcuttur, bunlar dondurarak (kriyojenik) öğütme (Tablo 4.9) ve çevre sıcaklığında öğütme (Tablo 4.10) yöntemleridir.

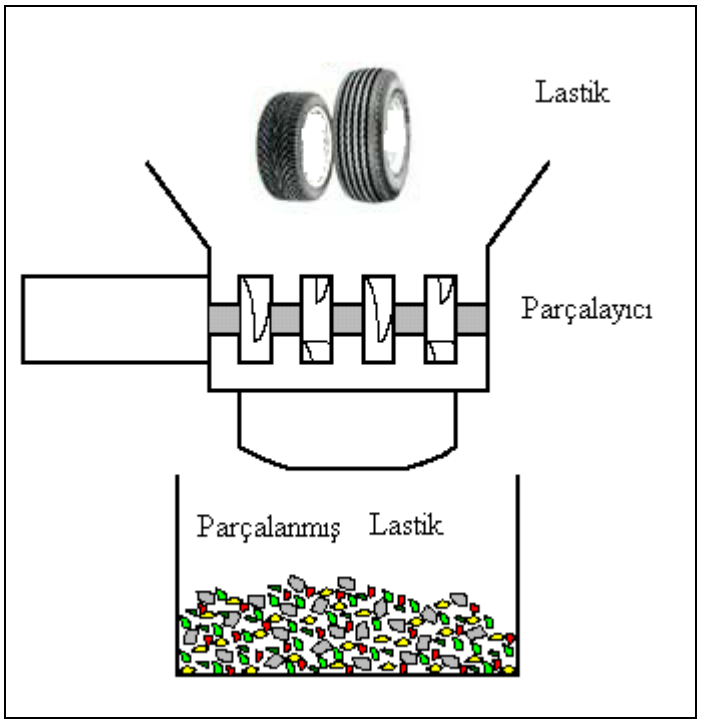
Avantajları:

- Hurda lastikleri asfaltta kullanmanın en önemli avantajı , büyük miktarlarda tüketilirler, böylece atık boşaltım ve fırında yakma kaygıları azaltılmış olunur.

- Betonun gücünün ağırlığına oranında ve çimento temelli malzemelerle karşılaştırıldığında dayanıklılığında artış sayılabilir

Dezavantajları:

- Lastik kaplamalı asfalt için malzemede fiyat artışı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.4 Hurda Lastiklerin Parçalanması [16]

Tablo 4.8 Granüle etme işlemlerine genel bir bakış [6]

Veri	Oda sıcaklığı	Rejenere	Dondurucu
Besleme	Lastikler Üretim atığı	Lastikler, kaplamalar Üretim atığı	Lastikler, parçalar Üretim atığı
Kapasite Enerji	± 20,000ton/yıl 125kwsa/ton	±15,000ton/yıl 120kwsa/ton	±2,000ton/yıl 150kwsa/
Ürün boyutu	<0.5-+25mm	0.425x360mm	<0.5-+5mm
Emisyonlar	Toz: ±0.2kg/sa SO_x= 0 NO_x= 0	Toz: ±0.2kg/sa SO_x= 0 NO_x= 0	Toz: ±0.4kg/sa SO_x= 0 NO_x= 0
Vardiya başına İşçi gücü	Takım başına 5-6 işçi	Takım başına 5 işçi	Takım başına 5-6 işçi
İşlem sayısı	3	2	4(ön işleme dahil)
Bakım, vb.	kesiciler	-	nitrojen
Yatırım maliyetleri*	2	2-4	4-5

*1 ile 5 arasında yatırım maliyeti en fazla olan 5'tir.

1 basit parçalayıcı

2 çevre granülatörü

3 ek ayırma kapasiteli çevre granülatörü

4 temel dondurucu ya da piroliz ekipmanı, ısı ayırıcılar/karıştırıcılar

5. çok prosesli dondurucu ya da piroliz ekipmanı

Farklı boyutlarda lastik granüllerinden imal edilebilen ürünler:

- Kauçuk endüstrisindeki çeşitli uygulamalar için karışım malzemesi
- Kapalı ve açık sporlar sahaları için yüzey ve yer döşemesinde dolgu malzemesi
- Katı lastikler
- Çatı malzemeleri
- Halı altı malzemeleri
- Yapay spor çimi altı
- Termoplastik ve kauçuk karışımları
- Cadde yüzeyleri (bitum ziftini kauçukla değiştirme)
- Sürtünme malzemesinde bileşen
- Gözenekli drenaj boruları
- Çocukların oyun alanları, tenis sahaları
- Tren ve tramvay yol yatakları
- Cadde bariyerleri, kasisler

4.2.2 .Öğütülmüş Lastik Kauçuk Özelliklerini Geliştirmek için Teknolojiler

Kauçuğun bir bileşik olarak stabilitesi vulkanizasyon prosesinden ileri gelir. Bu aynı stabilite geri kazanmayı engeller çünkü vulkanize edilmiş kauçuk partikül yüzeylerinin diğer maddelere bağlanmaları zordur. Bu engeli aşarak öğütülmüş kauçuk pazarını genişletmek için geliştirilen teknolojilerden bazıları aşağıda verilmiştir [12].

1.) Devulkanizasyon:

Devulkanizasyon kauçuğu stabil yapan sülfür-karbon bağını bozar. Genelde kullanılan metotlar geniş period zamanları süresince yüksek sıcaklık ve basınçlara maruz kalmadan ibarettir. Bugünlerde enerji yoğunluklarından, çevresel endişelerden ve sınırlı ekonomik başarılardan dolayı bu metotlar nadiren kullanılmaktadır. Devulkanizasyon teknolojilerini başarılı bir şekilde gerçekleştirmek, geri kazanımla ilişik olan sorunları yok etmeyecektir. Bugünün lastik pazarı bir kaç tipte polimer kombinasyonları içeren bir çok lastik tipinden oluşur. Böylece, ideal bir

devulkanizasyon metodunun sonucunda oluşan maddeler körpe polimerlerle karşılaştırıldığında zayıf kalan bir polimer karışımını içerir. Bu kalite farkı yeni lastik üretimi gibi yüksek son kullanımlar için pazarı sınırlar.

2. Yüzey Değişikliği:

Yüzey değişikliği metotları, vulkanize edilmiş madde içindeki bağları kırmadan öğütülmüş kauçuğu daha reaktif yapmada uygulanır.

Yüzey değişikliği metotlarında iki temel yaklaşım hakimdir;

1. Kimyasal olarak daha aktif yapmak için kauçuğu bağlayıcı maddeyle kaplama

2. Yüzeyi aktif hale getirmek için kauçuk partiküllerini yakıcı bir gazla işleme, böylece maddenin diğer polimerlerle bağ kurmasına olanak verme yaklaşımlarıdır.

Proseslerinde çelik ve tekstil lastikten çıkarılır ve öğütülmüş madde, küçük miktarlarda oksijen ya da sülfür gibi, en az bir diğer reaktif gaz ve florin içeren oksitleyici gaza maruz bırakılır. Yakma reaksiyonlar, maddenin kimyasal olarak yeni polimerlerle bağ yapmasına olanak vererek maddenin yüzey enerjisini arttıran hidroksil (OH) ya da karboksilik asit (CO_2H) gibi polar reaktif grupları oluşturur. Bu proses, serbest radikal polimerler ve kauçuk formülasyonlarına izin vererek kauçuğun yüzeyi üzerinde çok sayıda çift bağ yaratır [20].

4.3. Termoliz (piroliz)

Piroliz de eski lastiklerin yakıta çevrimi için kullanılan metotlardan birisidir. Piroliz işleminde lastikler sıvı ve hidrokarbon üretmek için Şekil 4.5'te gösterildiği gibi havasız ortamda ısıtılırlar [16]. Bu sıcaklıklarda, ısı ile lastiklerin organik kimyasal bağları kırılır, böylece inert atmosferde lastikler düşük moleküler ürünlere bozunur. Lastiklerin piroliz sonucu oluşan ürünler karbon siyahı, gaz, çelik ve yağdır.

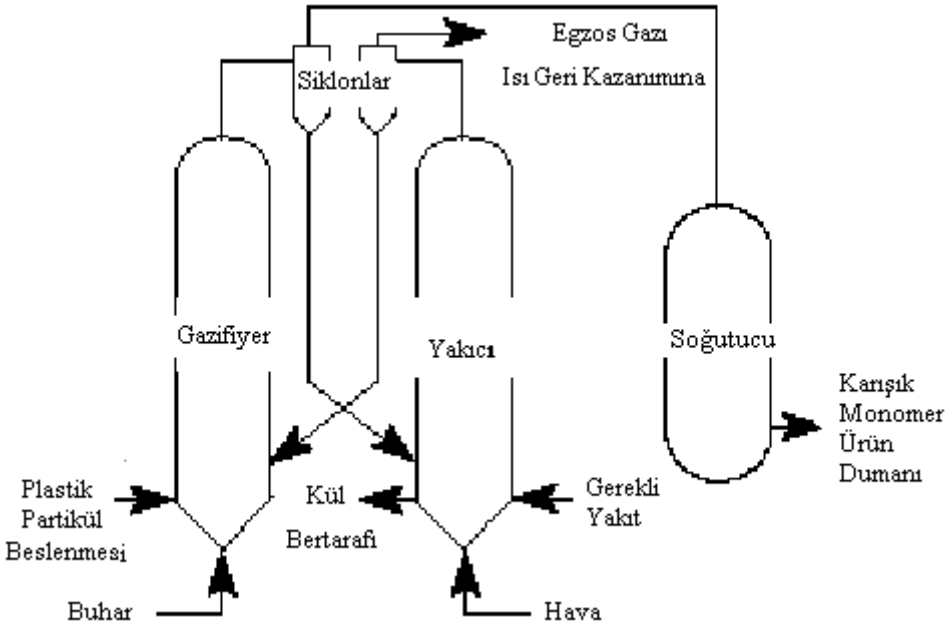
Farklı miktarlardaki her ürün için piroliz ve eritme için farklı bir proses tanımlanır. Sıcaklık arttığında, daha fazla gaz üretilir. Sıcaklık azaldığında, yağ geri kazanılan ilk yakıt olur. Piroliz işleminin gerçekleşmesi için, lastikler 290-540^{0}C arasında ısıtılmalıdır. Piroliz prosesinin özet verileri Tablo 4.12'de ele alınmıştır [6].

Tablo 4.9 Kriyojenik öğütme

Dondurarak Öğütme	
Besi stoğu	Öğütülmüş araba, hafif kullanım, ağır yük lastikleri ve/ya da Üretim atığı ve şeritli kaplama ve/ya da iç tüpler
Yıllık kapasite	±2,000 ton/yıl
Enerji kullanımı	150kwsa/ton
İş gücü	Sınırlı: Vardiya başına 2 işçi takımı
Ekipman	Besleme, boyut küçültme ekipmanı taşıyıcıları Değirmen Isı değiştiricisi Kırıntıları -120^0C'ye soğutma bölümü Eleme ekipmanı
Üretim	Girdi: 1 ton Çıktı: kırıntı – 1ton ayrılmış granülden
İşlem sayısı	Ön işlenmiş malzeme için 2
Prosesler	Besleme taşıyıcıları Parçalama için nitrojen işlemi İstenilen boyuta ileri küçültme Ayırma Dövme ince öğütme Paketleme(torbalama) Verim ayırımı: kauçuk, metaller, tekstiller için %100 Kauçuk granülünün saflığı: kalan maddelerin <%0.05
Ürün karakteristikleri	Kırpmadan çok kesmeden dolayı eşit şekilli parçacıklar
Ürün boyutu	Kaba 2-5mm 0.5-2mm İnce 0-0.5mm
Kullanımları	2-5mm: drenaj, cadde zemin tabanı, oyun sahaları, tramvay/demiryolu tabanı 0.5-2mm: asfalt, yeni üretilen ürünler, halı altı malzemesi
Emisyonlar	SO_x 0 NO_x 0 Toz: 0.4kg/sa diğer:
Yorumlar	Sıvı nitrojen yüksek masraflı Yüksek ürün kazancı Tamamen kokusuz Azaltılmış ekipman aşınmasından dolayı daha az maliyet

Tablo 4.10. Çevre sıcaklığında öğütme

Çevre Sıcaklığında Öğütme	
Besi stoğu	Bütün ya da kesik araba, hafif kullanım, ağır yük lastikleri ve/ya da Üretim atığı ve şeritli kaplamalar ve/ya da İç tüpler
Yıllık kapasite	± 20,000ton/yıl
Enerji kulanımı	125kwsa/ton
İş gücü	Yoğun: +5-6 işçi takımı vardiya başına
Üretim	Girdi: 3.5ton Çıktı: kırıntı – 2.5ton çelik – 1.0 ton
Ekipman	Taşıyıcılar, manyetikli ve hava ayırıcılı mekanik kırpma/öğütme ekipmanı
İşlem sayısı	3
Prosesler	Ayırma, Kesme (seçime bağlı), besleme Dilimleyiciden ilk geçiş – ±<30 mm'ye kadar küçültme Metallerin manyetik ayırımı Tekstillerin hava ayırımı Seçime bağlı: İstenilen boyuta küçültme için ikinci geçiş Paketleme(torbalama), metallerin elden çıkarılması(mümkün satış) Tüyün bertarafı Verim ayırımı: kauçuk, metaller, tekstiller için %100 Kauçuk granülünün saflığı: kalan maddelerin <%0.05
Ürün karakteristikleri	Kırpmadan dolayı düzensiz şekilli partiküller
Ürün boyutları	Kaba 7-25 mm 2-7 mm 0.5-2 mm İnce 0-0.5 mm
Kullanımları	7-15mm: taşıma için hazırlama, yakma malzemesi olan yakıt ses duvarlarında 2-7 mm: drenaj, hafif-ağır cadde yatak dolgusu, oyun sahaları, tramvay ve demiryolu yatakları 0.5-2mm: asfalt, imal edilen ürünler, tabaka altına halı altı malzemesi, tren ve tramvay demiryolları, koşu bandları, ayakkabı tabanları, fren balatası çizgileri, 0-0.5mm: lastikler, iç kaplayıcı,kayış tertibatı, kablolar, sürtünme balatası, lastikler için bileşik harç, kaldırım malzemesi Artı birçok tüketici ve endüstriyel ürünler
Emisyonlar	SO_x 0 NO_x 0 Toz: 0.2kg/sa diğer:
Yorumlar	Bıçak biletmeden ve yer değiştirmeden dolayı yüksek bakım Kokusuz Yüksek kaliteli üründen elde edilen yüksek kazanç



Şekil 4.5 Piroliz prosesi akım şeması

Hurda Lastik Yönetim Konseyi'ne göre (Scrap Tire Management Council) ortalama bir lastik 4 litre yağ, 3 kg karbon siyahı, 1.5 kg gaz ve 1 kg çelik ve kül üretir. Piroliz sonucu oluşan ürünler Tablo 4.11'da gösterilmiştir. Elde edilen yağ ve gaz düşük kaliteli yakıt olarak satılır ve kazanlar ve diğer işletmeler için uygundur. İkincil eriticiler ve dökümhanelerde çelik geri kazanılır [21]

Tablo 4.11 Piroliz sonucu oluşan ürünler

LASTİĞİN PİROLİZİ SONUCU ELDE EDİLEN ÜRÜNLER (%)	
Solventler	3
Ağır yağlar	1
Orta yağlar	2
Hafif yağlar	20
Çelik	12
Piroliz prosesi için yakıt	12
Fazla gaz	13
Katran	37

4.3.1. Hurda Lastik Pirolizi Üzerine Çalışmalar

Lastik atıkların pirolizi üzerine uygulamalarda, yabancı ülkelerde önemli tecrübeler elde edilmiştir [9].

Almanya'da Kiener ve Babcock'un test çalışmalarını müteakip; Kiener, Aalen'de evsel atıklar içindeki lastik atıklar için tesis kurmuştur. Takiben Reutlingen'de daha büyük bir kapasitede (2 ton lastik/saat) bir uygulama yapılmıştır. Bu ikinci uygulamaya Hamburg Üniversitesi bilgi desteğinde bulunmuştur. Bu sistemde 2,7 kg ağırlığına kadar getirilen lastikler akışkan yatakta pirolize tabi tutulmuştur. Yüklenen atıkların iri kıyım olması enerji tasarrufu temin etmiştir. Reaktörden gaz, yağ ve karbon siyahı ürünleri elde edilmiştir. Elde edilen Proje Alman Araştırma Geliştirme Bakanlığı ve bir özel firmanın desteği ile gerçekleştirilmiştir. Tesisin iyi bir şekilde çalıştığı ifade edilmiştir.

Fransa'da ise "Pyralox Process" ismi verilen iki uygulama olmuştur. İlkinde Compagnie General de Chaffre firması lastikleri yakarak beli bir bölgenin merkezi ısıtmasını yapmaya çalışmışlardır. İkinci uygulamada Michelin Tyre Company buhar eldesi için çalışma yapılmıştır. Lastik yakmaya kok ücretinin yüksek bulunmasından yola çıkılmıştır. Bu çalışmalarda yatırım maliyetinin hayli yüksek olması nedeniyle yüksek ölçekli uygulamaların daha rantabl olacağı sonucu doğmuştur.

Fransa'da yine bir lastik geri kazanımı ile ilgili bir çalışma geliştirilmiştir. Anrad firmasının desteklediği projede atık lastikler 90-95^{0}C'deki petrol yağı banyosuna yatırılarak depolimerize dilmektedir. Bu suretle yılda 12000 ton petrol yağı ile 4000 ton hurda lastik işlenerek toplam 15200 ton yanabilir fuel oil gibi bir yağ ve 800 ton çelik ve tekstil elde edilmesi planlanmıştır. Bu çalışmanın yatırımı ve işletme maliyetinin yüksek olacağı düşünülerek ölçeğinin büyük tutulması düşünülmektedir.

İtalyan Fiat firması ile A.B.D. Intenco firmaları birlikte İtalya'nın üç ayrı bölgesinde günde 1000 ton lastiği pirolize tabi tutan tesisler kurulmuş, bu tesislerde pirolitik yağ, gaz, çelik ve karbon siyahı eldesinde bazı sorunlar görülmüştür.

İngiltere'de 1983'de Warren Spring Firması tarafından çapraz akım esnasında 100 ton/gün kapasitede bir tesis kurulmuştur. Günde 40 ton yağ, 35 ton kömür, 10 ton çelik ve 15 ton yakıt gaz elde edilmiştir.

Japonya'da Hyogo Industrial Group gibi firmalar merkezi yönetim/özel teşebbüs birlikteliği ile lastikten karbon siyahı eldesi için tesis kurmuşlardır. Bu amaçla

lastiklerin piroliz öncesi 5μm çapına kadar öğütülmesi gerekmiştir. Bu gereklilik oldukça oldukça önemli bir enerji tüketimine neden olmaktadır.

Kobe sisteminde ise lastikler döner tambur tipindeki reaktörde piroliz edilmiş ve pirolitik yağ, kömür ve gaz elde edilmiştir. Bu sistem 850^0C'de çalıştırılmaktadır

Tablo 4.11 Piroliz Prosesi [6]

Piroliz	
Besi stoğu	Dilimlenmiş araba, hafif kullanım, ağır yük lastikleri
Yıllık kapasite	±15,000ton/yıl
Enerji kullanımı	50kwsa/ton
İş gücü	Orta: vardiya başına 2-3
Ekipman	Piroliz fırını ısıtılması 450-500^{0c}C'de Ocağın ısıtılması 700-800^0C'de Ya da, tek adet bir adım fırını ısıtılması 550-600^0C Gaz temizleyicisi
Üretim	Girdi: 1ton/sa Çıktı: Karbon siyahı 330kg/sa Çelik 120kg/sa Isı yağı 350kg/sa Gaz 148kg/sa Diğer- 52kg/sa
İşlem sayısı	5
Prosesler	İsteğe bağlı: lastiklerin ön işlenmesi Yarı -sürekli ya da sürekli besleme 450-500^0C'ye kadar ısıtma, ocağı 700-800^0C'ye kadar ısıtma ya da, tek bir adım prosesi 550-600^0C Karbon kalıntısı için buhar aktivasyonu Metallerin manyetik ayırımı, tekstilin havayla atılması Yağ filtrasyonu Karbon siyahı, yağ ve çeliğin ambalajlanması
Ürün karakteristikleri	İşlemeden sonra karbon siyahının ticari değeri Daha yüksek aromatik içerikli dizel gibi benzer viskozite ve kalorifik değerli filtre edilmiş yağ Yüksek kalite hurdada olduğu gibi çelik aynı özelliğe sahip
Kullanımları	Karbon siyahı: lastik ve otomotiv endüstrileri, boya ve baskı endüstrileri, tekrar kaplama endüstrileri, çok kirli suyun ön arıtımında, asfalt değiştiriciler ve doldurucular, plastik endüstrisinin boya maddeleri, çelik endüstrisinde tekrar karbonlaştırıcı
Emisyonlar	SO_X 2kg/sa NO_x 2kg/sa Toz: kg/sa diğer:
Yorumlar	Sınırlı bakım

5. TÜRKİYE'DE KULLANILMIŞ LASTİKLERİN MEVCUT DURUMU

Ülkemizde taşıt üretiminin artmasına paralel olarak, araç lastiği üretimi de giderek artmaktadır. 2000 yılında iç pazarda yaklaşık 126 000 ton araç lastiği satılmıştır. Bu satışların 40,000 tonu araç üreticilerine, 86,000 tonu da doğrudan yenileme pazarına gerçekleşmiştir. Bu veriler ışığında kullanım ömrünü doldurmuş atık lastiklerin yıllık miktarı 90,000 ton olarak tahmin edilmektedir. Bu rakamlara ithal edilen lastikler dahil değildir. İthal edilen lastik miktarının yukarıdaki rakamın yaklaşık %20-25'i kadar olduğu tahmin edilmektedir. Böylece 2000 yılında kullanım ömrünü dolduran atık lastik miktarı 120,000 ton civarına ulaşmaktadır [2].

5.1 Ülkemizdeki kullanılmış lastiklerin değerlendirilmesi

Ülkemizde kullanılmış lastikler çeşitli yollarla değerlendirilmektedir;

- İskele siperleri, cadde bariyerleri, koltuk ve sandalye alt malzemesi, ayakkabı tabanı ve taşıma kabı gibi alanlarda yeniden kullanılmaktadır.

- Az yıpranmış olanları tekrar kaplanmaktadır.
- Rejenere kauçuk imalatıyla malzeme geri kazanılmaktadır.
- Anadolu'nun bir çok yöresinde kontrolsüz bir şekilde yakıt olarak kullanılmakta ve vahşi depolamaya gitmektedir.

5.1.1. Yeniden kullanım

Ülkemiz bir deniz ülkesi olduğu için kullanılmış lastikler olduğu gibi en çok iskelelerde, bot siperlerinde kullanılmaktadır. Diğer kullanım alanları ise;

- Çizme, ayakkabı tabanı imalatında
- Cadde bariyerlerinde
- Taşıma kabı
- Koltuk ve sandalye alt malzemesi
- Oyun alanlarında kullanılmaktadır.

5.1.2. Tekrar kaplama

Ülkemizde 40-50 kadar orta ve büyük ölçekli lastik kaplama tesisi ile sayısı 450 civarında atölyeler şeklinde faaliyet gösteren lastik kaplama tesisi bulunmaktadır (DPT, 2001). Sıcak ve soğuk olmak üzere iki çeşit tekrar kaplama yöntemi uygulanmaktadır. Kaplama tesislerinde ortalama olarak senede 1200 adet kullanılmış lastik kaplanabilmektedir. Yani yaklaşık olarak ülkemiz senede 600 000 adet kullanılmış lastik yeniden kaplanabilmektedir. Ülkemizde tekrar kaplama kamyon ve otobüs lastiklerine uygulanmaktadır.

Lastiğin sıcak kaplanması işleminde dişleri aşınmış lastikler kontrolden geçirilir, kalan diş tıraşlanır. Dolgu yapılacak yerler açılarak solüsyonlanır ve dolgu yerleri doldurulur. Sırt kauçuğu lastiğin üzerine uygulanır ve merdaneden geçirilir. Lastik prese girmeye hazırdır, 155^0C'de ebadına göre pişirilir. Lastik kalıptan çıkarılır, çapakları temizlenir.

Soğuk kaplama kamyon lastiklerine uygulanır. Vulkanize edilmiş ve şekillendirilmiş lastik şeridi lastiğe 100-120^{0}C sıcaklıkta geçirilir.

Kaplama ile lastiğin ömrü uzatılmış olur.

- Yeni lastiğin üretimi için gerekli ham madde ve enerjinin %80'nini korur.

- Atılacak atığın miktarını azaltır.

- Yeni bir lastiğe oranla yenilenmiş lastiklerin fiyatları %50-30 daha ucuzdur.**5.1.3 Rejenere**

Rejenere işleminde sentetik kauçuğun pişmemesinden dolayı ham kauçuk esaslı lastikler kullanılır, traktör ve askeriye araç lastikleri prosese alınmaz. Rejenere kauçuk aşağıdaki işlemlerden sonra elde edilir:

- Hurda lastikler şerit makinelerinde kesilir

- Kesilen bu parçalar buhar kazanlarında buhar kazanlarında lastiklerdeki kauçuğun özüne zarar vermeden buhar ısısı ve basıncı ile yumuşatılır

- Lastiğin yumuşamış hali ezme makinelerinde ezilerek kauçuk haline gelir.

Rejenere kauçuğun kullanım alanları:

1. Otomobil, motosiklet, bisiklet, çeşitli çocuk arabası ve el arabalarının ve bilimum lastiklerin ithal edilen doğal kauçuğun miktarının azaltılmasında

2. Otomotiv yan sanayisinde otomobillerin lastikten mamul maddelerinin ana maddesi olarak. (Paspas-lastik, takoz-körük vs.)

3. Ayakkabı sektöründe. (Lastik çizme, ayakkabı pençesi ve ökçesi)

4. Sanayide kullanılan çeşitli lastik hortumlarının imalatında ana madde olarak.

5. Conta yapım sanayisinde

6. Otomobillerin akü kutularının yapımında ana madde olarak

7. Kauçuktan mamul tüm maddelerin yapımındadır.

Ortalama olarak rejenere kauçuk imal eden bir firma ayda 300 ton hurda lastiğin değerlendirilmesine sebebiyet vermektedir. Bu da yaklaşık olarak 3 bin ton etmektedir.

5.2. Ülkemizde kullanılmış lastik miktarları

Ülkemizde 2000 senesinde üretilmiş kullanılmış lastik miktarı 120.000 tondur, bu miktarın lastik çeşitlerine göre tahmini dağılımı Tablo 5.1'de verilmiştir. Çeşitli yollarla değerlendirilen ve değerlendirilemeyen kullanılmış lastik miktarları Tablo 5.2'de ve bu miktarların dağılımı ise Şekil 5.1'de gösterilmiştir.

Tablo 5.1 Ülkemizde 2000 senesindeki kullanılmış lastik miktarları

Kullanılmış lastik cinsi	**Miktar (.000 ton/yıl)**
Kamyon -otobüs	48
Binek	38
Minibüs-kamyonet	13
Traktör ön	15
Traktör arka	6
TOPLAM	120

Türkiye'deki lastik kaplama tesis sayısı 500'dür. Bir kaplama tesisinde ayda ortalama 1200 lastik, senede yaklaşık olarak 600 0000 lastik tekrar kaplanmaktadır.

Ülkemizde tekrar kaplama sadece kamyon ve otobüs lastiklerine uygulanmaktadır,bu durumda kaplama tekniği ile yaklaşık olarak tekrar kullanılacak hurda lastik miktarı [22];

600,000*53kg = 30,000 ton hurda lastiktir.

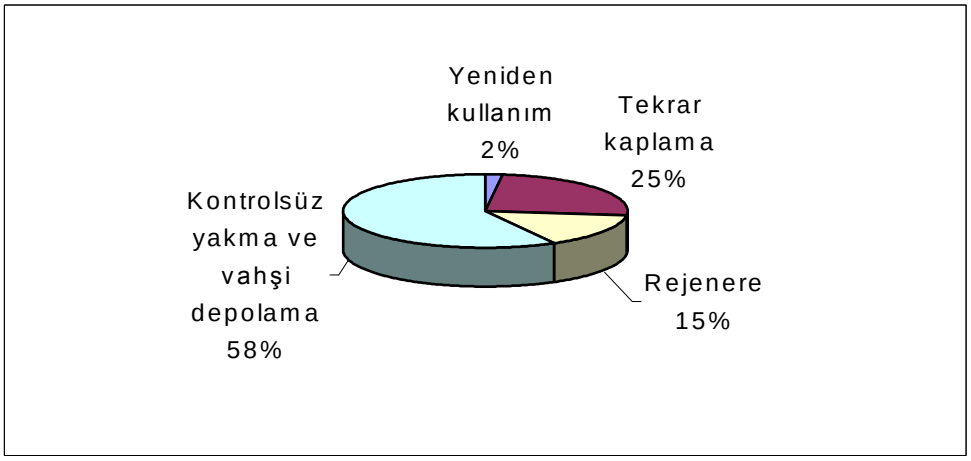
Rejenere kauçuk üretiminde tesis sayısı 6'dır ve ortalama senede 3,000 ton lastik kullanılmaktadır. Senede toplam hurda lastik kullanımı [23];

6*3,000 = 18,000 ton hurda lastiktir.

2000 senesini kriter olarak alırsak, üretilen kullanılmış lastiklerin Türkiye'deki çeşitli şekillerde kulanım miktarları Tablo 5.2'de, bu miktarların yüzde dağılımı ise Şekil 5.1'de verilmiştir.

Tablo 5.2 Kullanılmış lastik kullanım şekillerinin miktarları (2000)

Kullanım şekli	**Miktar (ton)**
Yeniden kullanım	2.400
Tekrar kaplama	30.000
Malzeme geri kazanımı	18.000
Kontrolsüz yakma ve vahşi depolama	69.600
TOPLAM	120.000



Şekil 5.1 Kullanılmış lastiklerin mevcut dağılım yüzdeleri (2000)

5.3 Atık Lastik Yönetiminde Ulusal Mevzuatımız

Ulusal mevzuatımızda Lastik Sanayi tehlikeli atık üreten sanayiler içinde yer aldığından kullanılmış lastikler, "Tehlikeli Atıkların Kontrolü yönetmeliği"nin Ek.5 Y-13 listesinde değerlendirilmekteydi. Oysa Y-13'ün Ek.6 'da verilen atık kaynağı listesinde lastik üretimi yer almadığı gibi, atık türleri arasında kullanılmış lastikler de yer almamaktadır. Ayrıca, yeni ve kullanılmış lastiklerin kimyasal bileşimleri aynı olduğundan Ek 7 de verilen "Tehlikeli Özellikler Listesi'ndeki hiçbir kritere uymamaktadır.

Çevre Bakanlığı, 10.07.2001 tarihinde "Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nde değişiklik yaparak,

- Kullanılmış lastikleri "Özel İşleme Tabi Atıklar" listesine dahil etmiştir (Ek.6).

- Kullanılmış lastik taşınmasına istisna getirmiştir (Madde 49 sonuna Ek madde 1)

- Özel işleme tabi atıkları yakacak tesislere ilişkin teknik ve idari hususlarla ilgili tebliğ çıkarma yetkisi bakanlığa verilmiştir.

- Çevre Bakanlığı tarafından yayınlanan "Çimento fabrikalarında atıkların alternatif veya ek yakıt olarak kullanımlarında uyulacak genel kurallar hakkında tebliğ" çevre bakanlığı tarafından çıkarılmıştır. Bu tebliğde çimento fabrikalarında kullanılmış lastiklerin ek veya alternatif yakıt olarak yakılmasına izin verilmiştir. Lastik Üreticileri Teknik Komitesi (LÜTEK) ülkemizde de atık lastiklerin çimento fabrikalarında değerlendirme konusunu bazı çimento üreticileri ile birlikte incelenmekte ve fizibilite çalışması yapmaktadırlar.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Henüz önemi yeni kavranmakta olan sorun her boyutuyla tartışılmalı, gerçekçi ve uygulanabilir çözümler geliştirilmelidir. Bunun için Çevre Bakanlığı, Lastik Üreticileri, Meslek Odaları ve Üniversiteler birlikte çalışmalıdırlar. Kullanılmış lastiklerin toplanması ile ilgili yöntemler geliştirilmelidir. Ülkemizdeki kullanılmış lastik yönetimi envanteri çıkarılmalıdır. Geri kazanım ve enerji üretimi gibi çevre dostu teknolojileri kullanacak firmalara teşvik sağlanmalıdır. Kullanılmış lastik ithaline kesinlikle izin verilmemelidir. Bu tez kapsamında kullanılmış lastik yönetimi konusunda çeşitli öneriler ortaya konmuştur.

6.1. Ülkemizde kullanılmış lastik yönetimi için öneriler

Ülkemizde değerlendirilemeyen atık lastikler gelişmiş ülkelerin uyguladığı çeşitli yöntemlerle geri kazanılabilir. Avrupa Birliği kullanılmış lastik yönetiminde aşağıdaki tavsiyelerde bulunmuştur [24]

- 2000 senesinde kullanılmış lastiklerin yaklaşık % 100'ü toplanmalı
- 2000 senesinde kullanılmış lastiklerin tonca ağırlığının minimum %25'i tekrar kaplanmalı
- 2000 senesinde kullanılmış lastiklerin tonca ağırlığının minimum %65'i geri kazanılmalı
- 2000 senesinin sonunda enerji geri kazanımı olmadan atık lastik yakmaya ve düzenli depolamaya götürmeye son verilmeli.

Tablo 6.1'de gösterildiği gibi ülkemizdeki mevcut durumla Avrupa Birliği'nin hedeflerini kıyaslayacak olursak, tekrar kaplama bu hedefe uymaktadır, ama bu yüzdeyi her sene arttırmamız gerekmektedir. Ülkemizde malzeme ve enerji geri kazanımına büyük önem verilmelidir, düzenli depolama sahasına giden kullanılmış lastik bulunmamaktadır, bunun aksine vahşi depolanmakta ya da kontrolsüz bir şekilde yakılmaktadır. Düzenli depolama, stok yığınları ve vahşi depolama sahalarına gidecek atık lastik miktarını azaltmak için bu hedefler sağlanmaya çalışılmalıdır.

Tablo 6.1 Avrupa Birliği'nin kullanılmış lastik yönetimindeki hedefleri ile Türkiye'deki mevcut durumun kıyaslanması

SEÇENEK	AĞIRLIK (YÜZDE)	AVRUPA BİRLİĞİ'NİN ÖNERDİĞİ MİNİMUM HEDEF (YÜZDE)
Tekrar kaplama	25	25
Malzeme ve enerji geri kazanımı	15	65
Düzenli depolama ya da stok yığını	-	Düzenli depolamaya hiç gitmeyecek
Kontrolsüz yakma ve vahşi depolama	58	

Lastik çeşitlerine göre değerlendirme yöntemlerine bakacak olursak tüm lastik çeşitleri öncelikli olarak yeniden kullanım alanlarında değerlendirilmelidir. Tablo 5.2'den anlaşılacağı gibi ağırlıkça en büyük paya sahip olan kullanılmış lastik çeşidi kamyon-otobüs lastikleridir. Ülkemizdeki mevcut kaplama sektörü tam kapasiteyle çalışarak kullanılmış kamyon-otobüs lastikleri mümkün olduğunca tekrar kaplanmalıdır, kaplanamayacak durumda olanlardan özellikle rejenere yöntemi ile malzeme geri kazanılmalıdır. Malzeme geri kazanımında kullanılmayan otobüs-kamyon lastikleri enerji geri kazanımında (yakma) kullanılmalıdır. Kullanılmış lastiklerden binek lastiklerinin de tekrar kaplanmasına başlanmalı ve pazarı oluşturulmalıdır, binek ve diğer tüm lastiklerin malzeme geri kazanımına ağırlık verilmelidir.

Avrupa ve Amerika'da son senelerde en çok kullanılan yöntem hurda lastiklerin özellikle çimento fırınlarında enerji geri kazanımı için yakılmasıdır. Ülkemizde ise Tablo 5.1'den anlaşılacağı gibi büyük miktarlarda hurda lastik kontrolsüz bir şekilde yakılmakta ya da vahşi depolamaya gitmektedir. Bu atık lastikler büyük çevre kirliliklerine yol açmaktadırlar. Ülkemizde de çimento sektörü çok gelişmiş olduğu için hurda lastiklerin çimento fırınlarında yakılması alternatif bir yöntem olarak düşünülmelidir. Gerekli araştırmalar yapılmalı ve hurda lastiklerin çimento fırınlarında yakılabilirliği için deneme yakışları yapılmalıdır.

Dünyada çimento fırınlarında ek yakıt olarak hurda lastik kullanılması en çok kullanılan yöntemdir, buna örnek Şekil 6.2'de gösterildiği gibi A.B.D'de 1996

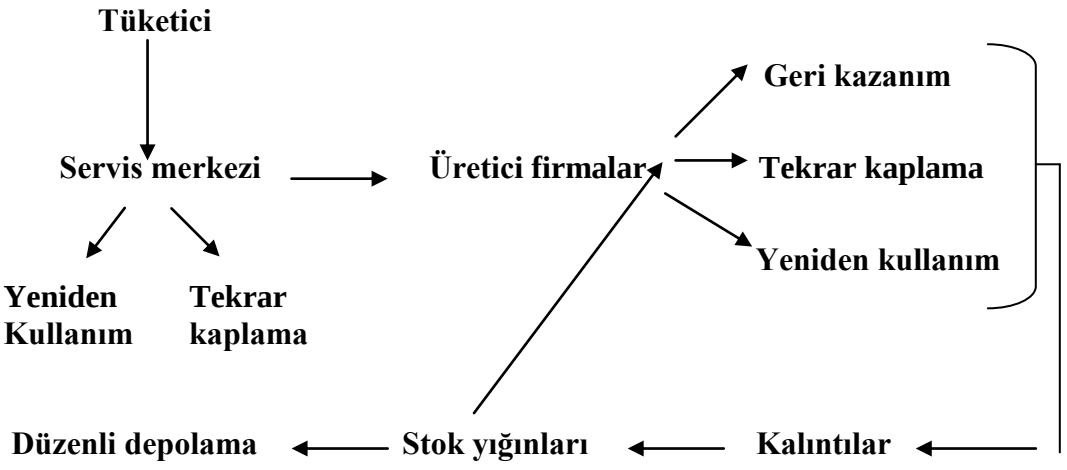
yılındaki yakıt olarak kullanılan hurda lastik yakma yöntemlerinden en büyük paya sahip olan çimento fırınlarıdır. Ülkemizde çimento fırınlarında yakılacak hurda lastik miktarlarını belirlemek amacıyla, ülkemizde trafiği yoğun olan ve çimento üretimi fazla olan şehirler hesaba katılmıştır. Bir fabrikada senede yakılacak hurda lastik miktarlarının belirlenmesinde, çimento fırınının yıllık yakıt ihtiyacının %10'unun ek yakıt olarak yakılabileceği düşünülmüştür. Bir ton klinkeri üretmek için 185 kg kömür yakıt gereklidir [25], kömürün net kalorifik değeri lastiğin net kalorifik değerine eşit olduğundan, 185 kg hurda lastiğe ihtiyaç vardır. Bu ihtiyacın %10'u ek yakıt olarak yakılabileceğinden 1 ton klinker için 18,5 kg hurda lastiğe ihtiyaç duyulmaktadır. Ülkemizde 2000 senesinde klinker üretimi yaklaşık 30.000.000 tondur, yakıt ihtiyacı. ise 5.550.000 ton kömürdür [25], % 10'unu ek yakıt olacağını kabul edecek olursak 555.000 ton hurda lastiğe ihtiyaç vardır. 2000 senesinde ülkemizdeki hurda lastik miktarı ise 120.000 tondur. Çimento sektöründe ek yakıt olarak yakılabilecek hurda lastik miktarı üretilen hurda lastik miktarından çok daha fazladır. Burada önemli olan nokta kullanılmış lastiklerin çimento fabrikalarına teminlerinin sürekli bir şekilde sağlanabilmesidir, bu amaçla Tablo 6.2'de Türkiye'de bulunduğu şehirde trafik yoğunluğu fazla ve çimento üretimi yüksek olan, kullanılmış lastik temininde süreklilik sağlanabilecek fabrikalar seçilerek yakılabilir hurda lastik miktarları bulunmuştur.

Tablo 6.2 Çimento fabrikalarında yakılabilir hurda lastik miktarları (.000 ton/yıl)

Çimento Fabrikası	**Klinker üretim (.000 ton)**	**Yıllık kömür yakıt ihtiyacı**	**%10 ek yakıt olarak hurda lastik kullanımı**
Oyak Adana	2.294	424	42,4
Set Ankara	1.145	212	21,2
Rumeli Güneydoğu	5.80	107	10,7
Nuh	2.000	370	37
Çimentaş	1.520	281	28,1
TOPLAM	12.700	1394	139,4

Tablo 5.3'den anlaşılacağı gibi yukarıda seçilen fabrikalar rahatlıkla ek yakıt olarak belirtilen miktarlarda hurda lastik yakabilmektedirler.

Ülkemizde kullanılmış lastiklerin toplanması lastik üreticisi firmaların sorumluluğunda olmalıdır, toplama işleminde kota sistemi uygulanmalıdır. İlk sene yaklaşık kullanılmış lastik miktarının %10'u toplanarak her sene toplanan miktar belirli oranlarda arttırılmalı ve onuncu senenin sonunda bu oran yaklaşık %100 olmalıdır. Tekrar kaplanamayan, malzeme ve enerji geri kazanımında kullanılamayan kullanılmış lastikler yönetimi oluşturulmuş stok yığınlarında biriktirilmeli birikmenin çok olduğu durumlarda geri kazanım çalışmaları arttırılmalı arta kalanlar ise düzenli depolama sahasına götürülmelidir, on sene sonra ise kullanılmış lastiklerin tümü tekrar kaplama ya da malzeme ve enerji geri kazanımında kullanılarak düzenli depolama sahasına parçalanmış ya da bütün olarak hiçbir lastik götürülmemelidir. Şekil 6.1'de Türkiye için bir kullanılmış lastik yönetimi önerilmiştir, lastik tüketicisi yeni lastiği aldıktan sonra kullanımı sona ermiş lastiği servis merkezine bırakır, servis merkezindekiler ellerindeki kullanılmış lastikleri yakınlarındaki yeniden kullanım alanlarına ve tekrar kaplama firmalarına pazarlayabilirler. Ellerindeki arta kalan kullanılmış lastikler ise üretici firmalar tarafında toplanmalıdır, üretici firmalar da bu lastikleri gerekli yerlere pazarlamalıdır, lastikler geri kazanım işlemine götürülmeden önce stok yığınlarında geçici olarak biriktirilmelidir, pazarlanamayan lastikler de stok yığınlarına ulaştırılmalı birikmeler gözlendiği takdirde geri kazanım çalışmaları arttırılmalı değerlendirilemeyenler son alternatif olarak düzenli depolama sahasına ulaştırılmalıdır, onuncu senenin sonunda hiçbir lastik düzenli depolama sahasına götürülmemelidir.



Şekil 6.2 Türkiye için önerilen kullanılmış lastik yönetimi

Kullanılmış lastik yönetiminde uygulanabilir diğer öneriler;

- Güvenlikten ödün vermeden daha uzun süre dayanıklı ve kaliteli lastikler yapılmalıdır.

- Lastiklerin ömrünü uzatmak için

  - bakımları iyi yapılmalı
  - arabalar daha dikkatli sürülmeli
  - yakın yerlere arabayla seyahat yerine yürüme tercih edilmeli
  - toplu taşıma araçları tercih edilmeli
  - karayolu yerine raylı sistemleri tercih edilmeli
  - lastik basınçları periyodik olarak servis alanlarında periyodik olarak kontrol edilmelidir.

- Hurda araç lastiklerinin kaplanması ve ikinci el satışı özendirilmeli, halk bu konuda bilgilendirilmelidir.

- Yeni ürünlerin imalatında istenen ürün kalitesine göre rejenere kauçuğun tek başına ya da taze kauçukla karıştırılarak kullanımı arttırılmalı, yeni pazarlar yaratılmalıdır.

- Çimento fırınlarında ek veya alternatif atık yakıt olarak hurda lastik kullanımı konusunda üreticiler bilgilendirilmeli, deneme yakışlarıyla kullanıma başlanmalıdır. Emisyon kontrolünde NO_X limitleri düşürülmelidir.

- Hurda lastikler kontrollü bir şekilde stok yığınlarında depolanmalıdır. Stok yığınları Bazel Sözleşmesindeki stok yığın dizaynına uygun olarak yapılmalı ve yangın önlemleri alınmalıdır.

- Hurda lastiklerin düzenli depolama sahasına, lastiklerin yüzeye yükselmesini elimine edecek şekilde lastikler parçalanmış olarak gömülmelidir. Lastiklerin düzenli depolamanın tabanına serilerek sızıntı suyu drenajına yardımcı olması ve lastik parçalarının aralara konarak sızıntı suyu ve gaz akışını kolaylaştırması sağlanmalıdır.

- Stok yığınlarının yerleri yerleşimden uzak, yakma tesislerine ve düzenli depolamaya yakın olmalıdır.- Avrupa ve Amerika'da büyük oranlarda kullanılan hurda lastiklerin, asfalt yapımında dolgu malzemesi olarak kullanılması, elektrik gücü üretimi gibi uygulama teknikleri araştırılmalıdır ve ülkemizde de tatbik edilmelidir. Piroliz ve gazifikasyon teknolojisi konusunda araştırmalara devam edilmeli. Pirolizle hurda lastiklerin son ürünlere dönüştürülmesi çok pahalı

olduğundan şu anda dünyada çok az uygulanmaktadır. Gelecekte ise hammadde kaynaklarının daha fazla azalacağından dolayı ham madde ihtiyacı daha çok ön plana çıkacaktır. Piroliz teknolojisinin Türkiye'de uygulama sistematiği tam olarak oluşturulmalıdır.

- Sulak alanlarda atıksu arıtma uygulamalarında temel malzemesi olarak, deniz dolgularında küçük kayaların yerine , küçük istinat duvarları ve teras yapımında yapı malzeme olarak kullanımı gibi yeni kullanım alanları bulunmalıdır.
- Halk, hurda lastiklerin yönetimi olmadığı takdirde çevreye olabilecek olumsuz etkileri konusunda iletişim araçları(internet, televizyon v.s) ile, okullarda ders programlarına dahil edilerek eğitilmelidir. Tüketici bilinci oluşturulmalıdır.

KAYNAKLAR

[1] **Shulman, V.L.,** 2000, The Recycling in the EU member states, Madrid

[2] **Deniz V. ve Alataş C**., 2001, Atık Lastik Yönetimi, IV. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi

[3] **Özden, M**., 1990, Lastik sektöründe pazarlama faaliyetlerinin incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, , İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[4] **Varol, R.,** 1984, Türkiye'de ana malları sanayi üzerine bir araştırma, *Yüksek Lisans Tezi*, , İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[5] **DPT,** 2001, Kauçuk Ürünleri Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ankara, Türkiye.

[6] **Technical Guidelines on the Identification and Management of Used Tyres,** 1999, http://www.basel.int/COP5/predocs/Eng/99-008e.htm

[7] **UK Environment Agency Tyres Report,** 2001, http//www.environment-agency.gov.uk/commondata/105385//139545.

[8] **Humphrey, D.N. ve Diğerleri.,** 1997, "Water Quality Effcets of Tyre Chip Fills Placed Above Ground Water Tables", ASTM.

[9] **Gönüllü, T.,** 1997, Çeşitli Atıklar İçin Optimum Pirolitik İşletme Parametrelerinin Belirlenmesi, Proje no: KTÇAĞ-131, İstanbul.

[10] **Adhikari, B. De D. ve Miti S.,** 2000, Prog. Polym. Sci., 25, 909-949.

[11] **Guide to Basel Convention Control System for Hazardous Wastes,** 1998, http://www.basel.int/pub/instruct.html.

[12] **Amari T., Nickolas J. Themelis and Iddo K. Wernick,** 1999, Resource recovery from used rubber tires, *Resources Policy*, **25**, 179-188.

[13] **Scrap Tire Management Council (STMC),** 1997, Scrap Tire Use/Disposal Study 1996 Update, STMC, Washington, DC.

[14] **Granger, J.E., Clark, G.A.,** 1991, Fuel characterization of coal /shedded tire blends, Proceedings of the Electric Power Research Institute (EPRI) Conference on Waste Tires as a Utility Fuel, San Jose, CA.

[15] **Ohio Air Quality Development Authority,** 1991**,** Air emissions associated with the combustion of scarap tires for energy recovery, Malcolm Pirnie, Inc., Columbus, OH.

[16] **U.S. Environmental Protection Agency,** 1994, Recycling and Reuse of Material Found on Superfund Sites, Handbook, Cincinnati, Ohio.

[17] **U.S. EPA,** 1990, Current status of the definition of solid waste as it pertains to secondary materials and recycling, Washington, DC.

[18] **Leonard, L:, A.J: Priest, J.L. Means, K.W: Nehring, and J.C. Health**, 1992, California hazardous waste minimization through alternative utilization of abrasive blast material, Proceedings of the 1992 HAZMAT West Annual Conference, Long Beach, CA

[19] **Gossman, D**, 1992, The reuse of petroleum and petrochemical waste in cement kilns, Environ. Prog. 11(1):1-6.

[20] **US Department of Energy**, 1992. Surface-modification technology for scrap tire reuse. USDOE Office of Industrial Technologies, Wash-ington, DC.

[21] **Korkmaz M.,** 2000, Lastiklerin Geri Kazanımı, *Bursa Çevre Merkezi,* http://www.bcm.org.tr/service11-tr-0700.html.

[22] **Hizer, T.,** 2002, Kişisel görüşme

[23] **Kılık, İ.,** 2002, Kişisel görüşme

[24] **European Commission (EC),** 1993, Proposal from the working group to the European Commission for a recommendation on the prevention, recovery and disposal of used pneumatic tyres, EC, Brusseles.

[25] **İncesu, Y.,** 2000, Çimento Sektörü Raporu, T.C. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği.

EKLER

EK-1

Tebliğ

Çevre Bakanlığından:

Çimento Fabrikalarında Atıkların Alternatif veya Ek Yakıt Olarak Kullanılmalarında Uyulacak Genel Kurallar Hakkında Tebliğ

Amaç

Madde 1- Bu Tebliğin amacı, çimento fabrikalarında atıkların alternatif veya ek yakıt olarak kullanımlarına ilişkin teknik ve idari hususları ve uyulması gereken genel kuralları düzenlemektir.

Hukuki dayanak

Madde 2-Bu Tebliğ, 27/08/1995 tarihli ve 22387 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği"nin 17 nci maddesinin 4 üncü fıkrasına dayanılarak hazırlanmıştır.

İthal yasağı

Madde 3-Çimento fabrikalarında alternatif veya ek yakıt olarak kullanılmak üzere atık ithali yasaktır.

Çimento fabrikalarında kullanımı

Madde 4- Çimento fabrikalarında alternatif veya ek yakıt olarak katı atıklar ve tehlikeli atıklar kullanılabilir. Katı atıklar 14/03/1991 tarihli ve 20814 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren "Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği" kapsamında, tehlikeli atıklar ise 27/08/1995 tarihli ve 22387 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği" kapsamında yer alan atıklardır. Tehlikeli atıklar yakılmak istendiğinde, uygulamanın ilk 2 yılında Ek-5'de verilen atıklar kullanılabilecek, 2 yıldan sonra gerektiğinde

mevcut uygulamalar Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği'nin de yer aldığı bir teknik komisyonda değerlendirilerek, uygun görülürse Çevre Bakanlığı'nca liste yenilenecektir.

Hava kalitesinin korunması yönetmeliğinin uygulanması

Madde 5– Alternatif veya ek yakıt olarak katı atık kullanan çimento fabrikaları için Bakanlıktan lisans alma koşulu aranmaz. Ancak baca gazı emisyon limitlerinde, atık toplama, taşıma ve diğer hususlarda 02/11/1986 tarihli ve 19269 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği" ve "Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği" esas, usul ve kriterleri uygulanır.

Çimento fabrikalarında alternatif veya ek yakıt olarak katı atık kullanılmasının planlanması halinde, Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğinin 5 inci ve 10 uncu maddelerinde belirtilen yetkili mercilere bu konuda başvuruda bulunularak izin almak zorunludur.

Tehlikeli atıkların kontrolü yönetmeliğinin uygulanması

Madde 6- Çimento fabrikalarında proseste kullanılmayacak filtre tozları "Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği" esasları doğrultusunda analizleri yapılarak, analiz sonuçları Çevre Bakanlığınca değerlendirildikten sonra, tehlikeli özelliğe sahip olup olmadığına bakılarak aynı Yönetmelik hükümleri doğrultusunda bertaraf edilirler.

Genel kurallar

Madde 7- Çimento fabrikalarında alternatif veya ek yakıt olarak tehlikeli atık yakılması durumunda aşağıda belirtilen genel kurallara uyulacaktır:

a) Ek yakıt olarak tehlikeli atık kullanan çimento fabrikalarında yakıt ısıl gücünün %40'ına eşit veya daha az bir bölümü atık yakılarak sağlanıyorsa, Ek-2'de verilen formülle belirlenecek emisyon limitleri, % 40'ından büyük olması halinde ise, Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nin 25/09/1999 tarihli ve 23827 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Yönetmelik ile değişik 16 ncı Maddesinde belirtilen emisyon limitleri sağlanacaktır (Ek-1). Emisyon ölçüm sıklıkları ve diğer hususlar "Alternatif Yakıt Olarak Tehlikeli Atık Kullanan Çimento Fabrikalarında Uyulması Gereken Emisyon Limitleri, Ek-1" ve "Ek Yakıt Olarak Tehlikeli Atık Kullanan

Çimento Fabrikalarında Uyulması Gereken Emisyon Limitlerinin Hesaplanması, Ek-2"de verilmektedir.

b) İşletme esnasında, fabrikada arıza olması durumunda veya bakım esnasında fabrikada hava, su ve toprak gibi alıcı ortamlara verilebilecek zararlı etkilerin önlenmesi amacıyla gerekli tüm tedbirler çevre mevzuatına uygun olarak alınacaktır.

c) Fabrikalarda atıklara parçalama, rendeleme gibi ön işlem yapılabilecektir. Yanma gazlarının sıcaklığı gerekli minimum sıcaklık olan 1200°C, alıkoyma zamanı ise en az 2 saniye olacaktır. Belirtilen değerlerin altına düşüldüğünde atık beslemesi otomatik olarak durdurulacaktır.

d) Fabrikalarda ek olarak atık kabul ünitesi, atık kontrol ünitesi, laboratuvar, ara depolama ünitesi, atık besleme sistemi bulunacaktır.

e) Atıkların döner fırının hangi yakma bölgesinde (döner fırın kafası, intikal kamarası, kalsinatör) yakılacağı lisans aşamasında belirtilecektir. Ancak tehlikeli atıkların intikal kamarasına beslenmesi; prekalsinasyon ünitesi olan ve perkalsinasyonda en az 1200 ^{o}C sıcaklık ile 2 saniye kalma süresi sağlanabilen çimento fırınlarında yapılabilecektir.

f) Atıkların etiketlenmesi, ambalajlanması, toplanması, taşınması, tesise kabul ve kontrolleri, ara depolanması ve yakılmasında "Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği" hükümlerine uyulacaktır.

g) Çimento fırını, filtreler devre dışında iken çalıştırılmayacaktır. Elde olmayan nedenlerle enerji kesilmesi ve voltaj düşüklüğü ile işletme koşullarına bağlı olarak ani "CO" emisyon konsantrasyonunun yükselmesinden dolayı kısa süreli olarak elektrofiltrenin veriminin düşmesi veya devreden çıkması durumlarında döner fırına atık beslenmesi otomatik olarak durdurulacaktır.

h) Atıklardan kaynaklanabilecek kazalara karşı fabrikada gerekli acil durumlara hazırlık ve müdahale planları hazırlanacak, gerekli sayı ve nitelikte eğitilmiş personel ve ekipman bulundurulacaktır.

i) Çevre Bakanlığından lisans almış tehlikeli atık yakan çimento fabrikaları, lisans aldıkları tarihten itibaren Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nin 9 uncu maddesinin (g) bendi gereğince her yıl bir önceki yıla ait bilgileri içeren Atık Beyan Formunu doldurmak ve her yıl Ocak ayının sonuna kadar ilgili Valilik ile Çevre Bakanlığına sunmakla yükümlüdür.

j) Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nin 11 inci maddesine göre, atıkların taşınması, bu iş için lisans almış kişi ve kuruluşlarca atığın özelliğine uygun araçlarla yapılır. Tebliğin Ek-7'sinde verilen ulusal atık taşıma formları, aynı Yönetmeliğin 12 nci maddesinde belirtilen prosedüre uygun olarak kullanılacaktır. Ancak aynı Yönetmeliğin Ek 1 inci maddesine göre; kullanılmış lastiklerin taşınmasında Yönetmeliğin 11 inci, 12 nci ve 13 üncü madde hükümleri uygulanmaz..

k) Her atık alınışında çimento fabrikalarında belirlenen atık sorumlusu, aşağıda belirtilen belgeleri temin ederek lisans dosyasında muhafaza edecek, üç ayda bir Çevre Bakanlığına ve ilgili Valiliğe gönderecektir.

1. Ulusal atık taşıma formu,

2. Sevk irsaliyesi,

3. Fatura,

4. Kantar fişi

Ön lisans

Madde 8- Kurulması planlanan çimento fabrikalarında alternatif veya ek yakıt olarak tehlikeli atık kullanılacaksa, fabrikanın inşaatına başlanmadan önce Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nin 23 üncü maddesi gereğince Çevre Bakanlığından ön lisans alınacaktır. Ön lisans başvurusunda aşağıda belirtilen bilgi ve belgeler bulunacaktır:

a) Çevresel Etki Değerlendirmesi Olumlu Belgesi, Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinin 23 üncü maddesinin (b), (c), (d) bentlerinde istenen bilgi ve belgeler,

b) Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği, Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ve Gayri Sıhhi Müesseseler Yönetmeliği hükümleri gereğince düzenlenen yer seçimi izni ile Gayri Sıhhi Müesseseler Yönetmeliği kapsamında belirlenecek Sağlık Koruma Bandı Mesafesi,

c) Tesisten kaynaklanacak emisyonlar, emisyonların azaltılması için alınacak tedbirler, teorik emisyon değerleri (mg/Nm^3 $_{(kuru)}$ ve kg/h olarak) ve bu değerlere göre Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği Ek-2'de belirtilen emisyon kütlesel debilerinin aşılması halinde, aşan emisyonlar için hava kirliliği seviyesinin ölçüm ve tespiti kapsamında yapılan hava kalitesi ölçüm sonuçları ve hava kirlenmesine katkı değerleri,

d) Atıksuların toplanması, arıtımı ve deşarjına ilişkin "Su Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği"ne uygun olarak alınacak tedbirler,

e) Tesiste yakılması planlanan atıkların miktarları, türleri ve fiziksel ve kimyasal özellikleri,

f) Tehlikeli atık kabul işlemleri sırasında yapılacak kabul analizleri, fabrikada kullanılacak örnekleme ve analiz yöntemleri, laboratuvarda bu analizleri yapmak amacıyla bulundurulacak cihaz ve ekipmanların listesi ve teknik özellikleri, personel sayısı ve nitelikleri,

g)Tehlikeli atık ara depolama alanının kapasitesi, özelliği, atık konteynerlerinin etiketleme, ambalajlama ve depolama kuralları, boş konteynerlerin bertaraf yöntemleri,

h) Yakılacak atık menüsü ve döner fırına atık besleme hızı,

ı) Sürekli ölçümü yapılacak emisyon kaynakları,

j) Atık hazırlama ve döner fırına besleme ünitesi ile ilgili bilgiler,

k) Acil durum tedbirleri,

l) Çevre Bakanlığınca gerekli görülen diğer bilgi ve belgeler.

Lisans

Madde 9- Tehlikeli atık yakmak isteyen mevcut çimento fabrikaları ile Çevre Bakanlığından ön lisans almış çimento fabrikaları "Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği"nin 24 üncü maddesi gereğince Çevre Bakanlığından lisans almakla yükümlüdürler. Lisans başvurusunda aşağıda belirtilen bilgi ve belgeler bulunacaktır:
a) Mevcut fabrikalar için ÇED Ön Araştırması uygulaması kapsamında alınacak "Çevresel Etkileri Önemsizdir Kararı" veya "ÇED Olumlu Belgesi",

b) Çimento fabrikasının emisyon izni ya da emisyon izin başvurusunun olup olmadığına dair bilgi, emisyon izni var ise emisyon izni yazısının bir örneği, başvuru varsa başvuru yazısı ile emisyon raporunun bir örneğinin ve tesis etki alanında hava kalitesi ölçümleri yapılmışsa hava kalitesi raporunun bir örneğinin Çevre Bakanlığına gönderilmesi,

c) Fabrikanın emisyon izni ya da başvurusu yok ise ya da yapılan ölçümler ile lisans başvurusu arasında 2 yıl ya da daha uzun bir süre varsa, Çevre Bakanlığı'nca uygun görülen bir kurum/ kuruluşta ya da Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği Kalite ve Çevre Kontrol Müdürlüğü'nce Hava Kalitesinin Koruması Yönetmeliği'ne göre tehlikeli atık yakılmasından önce yapılan emisyon ölçümlerinin raporu,

d) Fabrikada kullanılan yakıtların türleri, ısıl değerleri, yakıt analizleri (kükürt, azot, kül, nem, vs.), yakıt besleme hızları (kg/saat); yıllık, aylık, günlük ve saatlik olarak tüketim miktarları,

e) Çimento fabrikasının en yakın yerleşim alanına mesafesi. Gayri Sıhhi Müesseseler Yönetmeliği kapsamında alınacak tesis izni, Bakanlık gerek görürse tesis çevresindeki yerleşim planı,

f) Mevcut emisyon ve atıksu arıtım tesislerinin özellikleri, her birinin yüzde olarak arıtım verimi; emisyonların ölçüm sıklığı,

g) Baca gazı debisi, baca yüksekliği (fiili baca yüksekliği ve Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği Ek-6'ya göre düzeltilmiş baca yüksekliği ayrı ayrı verilecek), baca gazı çıkış hızı, baca gazı sıcaklığı, baca çapı,

h) Atıkların fabrika girişinde ve atık üreticisinden alınmadan önce kontrol ve kabul prosedürleri. Bu amaçla kullanılan laboratuvar analiz ölçüm ve cihazları. Fabrikada lisanslı atık taşıma araçları varsa, lisans belgelerinin ve sürücü eğitim sertifikalarının birer kopyası;

ı) Atık yönetiminden sorumlu kişilerin isim, unvan , adres, telefon ve faksları,

j) Atık ara depolama biriminin kapasitesi, özellikleri, atık konteynerlerin etiket örneği, ara depolama kuralları, atık hazırlama işlemi ve döner fırına atık besleme sistemleri ve atık besleme noktalarına ilişkin bilgi,

k) Atık alınacak tesislerin ya da yerlerin adresleri, atık türleri ve kodları, miktarları, fiziksel ve kimyasal özellikleri, atık kabul kriterleri, bu tesisler ile çimento fabrikası arasında belli bir düzende atık teminine ilişkin varsa anlaşma örneği, yoksa sürekli atık temininin nasıl sağlanacağı,

l) Fabrikada Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ve Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği doğrultusunda yapılacak ölçüm ve kontroller ile hangi parametrelere hangi sıklıkta bakılacağı,

m) Tesiste alınan acil durum tedbirleri hakkında bilgi, bu konuda görevlendirilen personelin isimleri, görevleri ve sorumlulukları, acil durum planı örneği,

n) Deneme yakması planı ve Bakanlıkça onaylanacak plan doğrultusunda hazırlanacak deneme yakması raporu, (Deneme yakmasına ve raporuna ilişkin açıklayıcı bilgi, Tebliğin 8 inci maddesinde ve Ek 6'sında verilmektedir.)

o) Çevre Bakanlığınca gerekli görülen diğer bilgi ve belgeler.

Deneme yakması

Madde 10- "Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği"nin değişik 17 nci maddesi gereğince atıkları yakabilmek için lisans talebinde bulunan çimento fabrikalarında deneme yakmasının yapılması zorunludur. Deneme yakmasının amacı; aynı yönetmeliğin 16 ncı maddesinde verilen ve bu tebliğin Ek-1'inde veya Ek-2 sinde yer alan emisyon sınır değerlerinin atık menüsü ve atık besleme hızına bağlı olarak tesis tarafından karşılanabileceğini göstermektir. Tesis işleticisi deneme

yakmasından önce deneme yakması planını hazırlar ve Bakanlık onayına sunar. Bakanlıkça onaylanan plan doğrultusunda yapılan deneme yakmasından sonra hazırlanacak deneme yakması raporu, lisans müracaatı ile Bakanlığın değerlendirmesine sunulur. Raporunda yer alması gereken bilgi ve belgeler Tebliğ'in Ek-6'sında verilmiştir.

Yeni Lisans

Madde 11- Lisansı iptal edilmiş, lisans süresi dolmuş ya da lisans belgesinde onaylanmış atık menüsünde bulunan parametre limitlerinin üstünde başka atık menüsü kullanılmak istenmesi veya döner fırında atık besleme hızında artış yapacak çimento fabrikaları Çevre Bakanlığına yeniden lisans almak üzere başvuruda bulunacaklardır.

Deneme yakmasında alternatif veya ek yakıt olarak kullanılmak istenen atık menüsü, yakılmak istenen tehlikeli atığın alt ve üst ısıl değerleri, PCB/PCT, ağır metal, klörür, florür, kükürt ve Ek-1 veya Ek-2'de verilen diğer parametreler dikkate alınarak hazırlanacaktır. Lisans belgesinde konsantrasyonlar ve atık besleme hızı üst limitler olarak belirtilecektir.

Denetim

Madde 12- Bakanlıkça yapılan denetimlerde tesisin lisansa uygun olarak çalıştırılmadığının, mevzuatta istenilen şartların sağlanmadığının, ilgili ölçümlerin düzenli yapılmadığının veya kaydedilmediğinin tespit edilmesi halinde işletmeciye tespit edilen aksaklıkların düzeltilmesi için aksaklığın önemine ve kaynağına göre 1 ay ile 1 yıl arasında süre verilir. Bu süre sonunda yapılan kontrollerde aksaklığın devam ettiği tespit edilirse atık yakma faaliyeti geçici olarak durdurulur ve lisansı iptal edilir.

Yürürlük

Madde 13- Bu tebliğ yayımı tarihinde yürürlüğe girer.

Yürütme

Madde 14- Bu tebliğ hükümlerini Çevre Bakanı yürütür.

ÖZGEÇMİŞ

Berna BATIR, 7 Mart 1977 ‘de İstanbul’da doğdu. İlk öğrenimine Sakıp Sabancı Yıldız İlköğretim Okulu’nda başladıktan sonra, orta ve lise öğrenimini 1995 yılında Beşiktaş Atatürk Anadolu Lisesi’nde tamamladı. İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü’nden 1999 yılında “Çevre Mühendisi” olarak mezun oldu. İngilizce ve Almanca olmak üzere iki dil bilmektedir.